Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών
Τμήματος Οικονομικών Επιστημών
Σχολής Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

2ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο στην Οικονομική των Φυσικών Πόρων και του Περιβάλλοντος: Κλιματική Αλλαγή

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

31 Οκτωβρίου - 1 Νοεμβρίου 2014

«ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ 2011» **11SYN-8-118**

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

η περιφέρεια στο επίκεντρο της ανάπτυξης

Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων
ΕΥΔΕ-ΕΤΑΚ

Ε. Π. Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΝ ΙΙ), ΠΕΠ Μακεδονίας – Θράκης, ΠΕΠ Κρήτης και Νήσων Αιγαίου, ΠΕΠ Θεσσαλίας – Στερεάς Ελλάδας – Ηπείρου, ΠΕΠ Αττικής

Το Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών της Σχολής Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ 2011 και του έργου με τίτλο «Σενάρια εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και πολιτικές καταπολέμησής τους μέχρι το έτος 2030, στους τομείς της Ενέργειας, των Μεταφορών και της Βιομηχανίας στην Ελλάδα» μετά την επιτυχή διοργάνωση του 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Οικονομικής των Φυσικών Πόρων και του Περιβάλλοντος: Κλιματική Αλλαγή στις 26-27 Μαρτίου διοργάνωσε με επιτυχία και το 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο στις 31 Οκτωβρίου - 1 Νοεμβρίου 2014 στις αίθουσες διδασκαλίας του Τμήματος (πρώην Γαλλικό Ινστιτούτο, Γ. Καρτάλη 72).

Το Συνέδριο αποσκοπεί στο να παρουσιάσει τα βασικά θέματα που απασχολούν σήμερα την Οικονομική των Φυσικών Πόρων και του Περιβάλλοντος με έμφαση στην Κλιματική Αλλαγή και στις πολιτικές επίλυσης του προβλήματος τόσο σε επίπεδο Ελλάδος όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Σκοπός του είναι η ανταλλαγή απόψεων και εμπειριών άμεσα συνδεδεμένων με το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η παρουσία των επιστημονικών δραστηριοτήτων των επιστημόνων και ερευνητών που συμμετείχαν και στα δύο συνέδρια επιβράβευσε και ενδυνάμωσε την προσπάθεια αυτή. Οι γεμάτες αίθουσες από τους ακαδημαικούς, τους ερευνητές και τα μέλη των ερευνητικών ομάδων όσο και από τους φοιτητές δεν μπορεί παρά να μας γεμίσει με ικανοποίηση, χαρά και όραμα συνέχισης των προσπαθειών.

Επιστημονικός Υπεύθυνος Συνεδρίου
Καθηγητής Γεώργιος Ε. Χάλκος
Διευθυντής Εργαστηρίου Επιχειρησιακών Ερευνών
Τμήματος Οικονομικών Επιστημών
Σχολής Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Βόλος 38333
Τηλ.: 24210-74920, 24210-74664 Fax: 24210 - 74701
Email: halkos@econ.uth.gr, URL: http://www.halkos.gr/
Email συνεδρίου: envecon_conference@econ.uth.gr
Site συνεδρίου: http://envecon2014.econ.uth.gr/

Περιεχόμενα

Ιστοσελίδα συνεδρίου και επισκέψεις ……. 8
Επιτροπές συνεδρίου…… 9
Συνοπτικό Πρόγραμμα Συνεδρίου 11
Πρόγραμμα Συνεδρίου 12
Παρασκευή 31 Οκτωβρίου 2014

1η Συνεδρία:	11:00-13:00	Αμφιθέατρο	13
Διάλεξη	14:00-15:00	Αμφιθέατρο	14
2η Συνεδρία:	15:00-16:30	Αμφιθέατρο	15
3η Συνεδρία:	15:00-16:30	Αίθουσα 4	16
4η Συνεδρία:	17:00-18:30	Αμφιθέατρο	17
5η Συνεδρία:	17:00-18:30	Αίθουσα 4	18
6η Συνεδρία:	18:30-20:00	Αμφιθέατρο	19

Σάββατο 1 Νοεμβρίου 2014

7η Συνεδρία:	09:00-11:00	Αμφιθέατρο	20
8η Συνεδρία:	09:00-11:00	Αίθουσα 4	21
9η Συνεδρία:	11:30-13:30	Αμφιθέατρο	22
10η Συνεδρία:	11:30-13:30	Αίθουσα 4	23
11η Συνεδρία:	11:30-12:45	Αίθουσα 2	24

Πρακτικά Συνεδρίου 25
Σύνοψη Συνεδρίου 26

Αρθρα Συνεδρίου 31

Ανάλυση μακροχρόνιων σεναρίων μετάβασης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα με ορίζοντα το 2030
Γ. Χάλκος, Η. Κεβόρκ, Γ. Γαλάνη & Π. Τζερεμές …….. 32

Καμπύλες οριακού κόστους ελέγχου ρύπανσης στους τομείς της Ενέργειας και της Βιομηχανίας
Γ. Χάλκος, Ν. Τζερεμές, Σ. Κουρτζίδης & Χ. Τζιουρτζιούμης……. 60

Οι εκπομπές CO_2 ως παγκόσμιος δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης: Οι ιδιομορφίες τους σε όρους αρνητικών εξωτερικών οικονομιών.
Δ. Καΐκα, Χ. Μπαμπάτσου, Ν. Μποέμη & Ε. Ζέρβας…… 80

Καμπύλες οριακού κόστους ελέγχου ρύπανσης του τομέα οδικών μεταφορών στην Ελλάδα
Γ. Χάλκος, Η. Κεβόρκ & Χ. Τζιουρτζιούμης……..... 91

Οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές πτυχές των μελλοντικών επεκτάσεων του μετρό Θεσσαλονίκης
Β. Προφυλλίδης, Γ. Κωνσταντινίδης & Γ. Μποτζώρης……... 116

Αποτελέσματα Διάχυσης, Εξάρτηση Διαδρομής και Παραγωγική Απόδοση των Ευρωπαϊκών κλάδων Μεταφορών σε καθεστώς Τεχνολογικής Ετερογένειας
Κ. Τσεκούρας, Ν. Χατζησταμούλου, Κ. Κουνετάς & D. Broadstock…….. 136

Οικονομική κρίση και επιπτώσεις στις βιώσιμες μετακινήσεις στην Ελλάδα: Ευκαιρία ή απειλή;
Α. Γαλάνης, Ε. Μπουραζάνης, Ι. Καλτσάς & Ν. Ηλιού …….. 164

Η επικύρωση του πρωτοκόλλου του Κιότο και η μεταβλητότητα της χρηματιστηριακής αγοράς
Χ. Κόλλιας & Σ. Παπαδάμου …….. 169

Επιπτώσεις της Οικονομικής Πολιτικής στην Ποιότητα του Περιβάλλοντος: Η Περίπτωση των ΗΠΑ
Γ. Χάλκος & Ε. Παϊζάνος……. 177

(Από-) υλοποίηση υπό επανεξέταση. Εμπειρική ανάλυση των περιπτώσεων των ΗΠΑ, της Ιαπωνίας και της Παγκόσμιας Οικονομίας
Κ. Μπίθας & Π. Καλημέρης …… 190

Η διερεύνηση της δυναμικής αλληλεξάρτησης μεταξύ οικονομικήςανάπτυξης, περιβαλλοντικής ποιότητας και υγείας: Η περίπτωση της Ελλάδας
Β. Πάτσικα, Κ. Κατρακυλίδης & Ι. Κυρίτσης……. 199

Οικονομική μεγέθυνση, ενεργειακή κατανάλωση και εκπομπές CO_2 στις EU15 στη μακροχρόνια περίοδο
Δ. Καΐκα, Χ. Μπαμπάτσου, Δ. Αστερίου & Ε. Ζέρβας …… 210

Η Επίδραση της Ανοιχτής Οικονομίας στη Βιώσιμη Ανάπτυξη: Μια Μακροοικονομική Προσέγγιση
Α. Μαυραγάνη, Μ. Bannert, Κ. Τσαγκαράκης & Ι. Νικολάου…… 222

Μη παραμετρική προσέγγιση για την αξιολόγηση μακροχρόνιων σεναρίων ενεργειακής πολιτικής: Η περίπτωση του Ελληνικού ενεργειακού συστήματος
Γ. Χάλκος, Ν. Τζερεμές & Π. Τζερεμές…… 227

Ενσωματώνοντας την ανεπιθύμητη εκροή στην συνολική αποδοτικότητα του ενεργειακού τομέα των οικονομικών συστημάτων των χωρών της ΕΕ-15
Χ. Μπαμπάτσου, Δ. Καΐκα, Δ. Αστερίου & Ε. Ζέρβας……. 241

Δυναμικά μοντέλα εισροών-εκροών σε περιβαλλοντικά προβλήματα. Μια υπολογιστική προσέγγιση σε CAS λογισμικά
Γ. Χάλκος & Κ. Τσιλίκα…… 252

Η ερμηνεία της κλιματικής αλλαγής στις αναφορές εταιρικής κοινωνικής ευθύνης των ελληνικών τραπεζών
Δ. Μπελιάς & Α. Κουστέλιος …… 259

Ανάλυση της νέας Κοινοτικής Οδηγίας για την υποβολή θεμάτων μη οικονομικού περιεχομένου. Εφαρμογή για Ελληνικές Εταιρείες και θέματα κλιματικής αλλαγής
J. Wallace & O. Stapountzi……. 273

Αναπτύσσοντας ένα διεθνές λογιστικό πρότυπο μέτρησης και παρουσίασης των αερίων του θερμοκηπίου για χρηματοδοτικούς οργανισμούς
Β. Καρατζόγλου…… 284

Πρόβλεψη κινήτρων καταναλωτών στην Ελλάδα για την αγορά εθελοντικών αντισταθμισμάτων άνθρακα μέσω σύγκρισή τους με άλλα πιστοποιημένα προϊόντα
Κ. Παπασπυρόπουλος, Χ. Καραχρήστος, Ι. Παππάς & Δ. Καραμανώλης……. 296

Συνεργασία και ανταγωνισμός στις πολιτικές της κλιματικής αλλαγής: Μετριασμός Εκπομπών και Γεωμηχανική όταν οι χώρες είναι Ασύμμετρες
Β. Μανούση & Α. Ξεπαπαδέας…….. 305

Έλεγχος ρυπαινουσών επιχειρήσεων: Nash και Stackelberg στρατηγικές
Γ. Χάλκος & Γ. Παπαγεωργίου…….. 312

Αβεβαιότητα, υποκειμενικότητα και λήψη συλλογικών αποφάσεων σε περιβαλλοντικά ζητήματα
Η. Πετράκου & Α. Γιαννακόπουλος……... 323

Επισκόπηση των μεθοδολογιών υπολογισμού αξίας των παράκτιων υγροτόπων, υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής
Μ. Κουραντίδου & Δ. Παλάσκας…… 333

Εφαρμόζοντας την πέμπτη αρχή της συστημικής θεωρίας στο παράκτιο τουριστικό σύστημα. Μια προοπτική ωφελειών
Γ. Οικονόμου, Χ. Νεοφύτου & Σ. Ματσιώρη…….. 344

Αξιολογώντας την ικανότητα ανομήλικων καλλιεργειών από ενδημικά πολυετή λιβαδικά φυτά να απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα στην Ελλάδα: Η περίπτωση του είδους Phalaris aquatica L.
Ι. Παππάς, Κ. Παπασπυρόπουλος, Χ. Καραχρήστος, Δ. Καραμανώλης & Α. Χριστοδούλου…… 353

Μέτρηση της οικονομικής αξίας της Αειφόρου Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού: Η Μέθοδος Rank Πλήρης Προτιμήσεις
Ο. Δάβιλα, Φ. Κουντούρη & Θ. Παντελίδης…….. 360

Μεθοδολογία για τη διαχείριση και την αξιολόγηση της αειφόρου ανάπτυξης στην περιοχή του Ασωπού ποταμού με τη χρήση Δυναμικών Μοντέλων.
Θ. Τσάλης, Ι. Νικολάου, Σ. Ρουμελιώτης, Ν. Τζόουνς & Κ. Ευαγγελινός…… 372

Διερευνώντας τη Συνύπαρξη Βιομηχανιών και Τοπικών Κοινωνιών σε Περιβαλλοντικά Υποβαθμισμένες Περιοχές: Η Περίπτωση του Ασωπού Ποταμού
Μ. Προικάκη, Χ. Μαλέσιος, Σ. Ρουμελιώτης, Ε. Τζαγκαρακη, Θ. Τσάλης, Κ. Χούλη, Α. Σκουλούδης, Π. Καπετανάκη, Γ. Αναστασίου, Ν. Jones, Κ. Ευαγγελινός……. 380

Εμπόδια στην ανάληψη πρακτικών καθαρότερης παραγωγής: Μια έρευνα για τις επιχειρήσεις που λειτουργούν στην περιοχή του Ασωπού ποταμού
Α. Σκουλούδης, Ν. Τζόουνς, Σ. Ρουμελιώτης, Κ. Ευαγγελινός & Μ. Προϊκάκη……. 388

Διερεύνηση περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος πολιτών
Γ. Χάλκος & Σ. Ματσιώρη…… 398

Εφαρμογή της Μεθόδου Εξαρτημένης Αξιολόγησης για την υποστήριξη λήψης αποφάσεων και διαμόρφωσης πολιτικών στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων
Α. Γαγλίας, Χ. Τουρκολιάς & Σ. Μοιρασγεντής…….. 410

Ανάλυση κινδύνου για τη ρύπανση των υπόγειων υδάτων
Χ. Κίτσος……... 420

Στατιστικά συμπεράσματα σχετικά με προηγμένες μεθόδους πρωτοβάθμιας απομάκρυνσης στερεών από τα αστικά υγρά απόβλητα
Β. Ζαρίκας & Π. Γκίκας…… 427

Τεχνο-οικονομική μελέτη συστήματος ηλιακής ψύξης με συγκεντρωτικούς ηλιακούς συλλέκτες
Π. Τσεκούρας, Ρ. Χριστοδουλάκη, Γ. Τσεκούρας, Β. Λαμάρης & Π. Λαμάρης…….. 438

Ανασταλτικοί παράγοντες της υιοθέτησης στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία
Ι. Κωστάκης & Ε. Σαρδιανού…….449

Εμπόδια και δράσεις διάδοσης των οικιακών συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας στην Ελλάδα: Ένα μοντέλο ανάλυσης διατεταγμένης παλινδρόμησης
Σ. Καρύτσας & Ι. Κωστάκης……..459

Μελέτη της ικανοποίησης πελατών: Η περίπτωση των οικιακών Φ/Σ στην Ελλάδα.
Α. Μπουλούμπασης …… 465

Περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική ανάλυση της αλλαγής θερινής/ χειμερινής ώρας
Α. Σκούταρη, Α. Πούπκου & Ευθύμιος Ζέρβας…… 475

Έλεγχος του κράτους στη διαχείριση των δασών από δασοπολιτική και νομική άποψη
Δ. Βάσσιος & Π. Λεφάκης …… 484

Ανάλυση κόστους-οφέλους για την υλοποίηση αστικών αναπλάσεων: η περίπτωση του ιστορικού κέντρου της Αθήνας
Σ. Εξάρχου, Χ. Τουρκολιάς & Σ. Μοιρασγεντής…… 496

Ανάπτυξη δικτύου ποδηλατοδρόμων και συστήματος διαχείρισης-μίσθωσης κοινόχρηστων ποδηλάτων στην πόλη της Κομοτηνής
Δ. Κολιδάκης, Α. Γαλάνης & Γ. Μποτζώρης…… 505

Τηλεργασία και αλλαγή των αστικών μεταφορικών συνηθειών την περίοδο της οικονομικής κρίσης: Έρευνα στην πόλη του Βόλου
Α. Γαλάνης, Γ. Μποτζώρης, Α. Σιάπος & Ν. Ηλιού…… 515

Κατάλογος Συμμετεχόντων 525
Συμμετέχοντες Φορείς – Ακαδημαϊκά και Ερευνητικά Ιδρύματα…… 525
Συμμετέχοντες Ακαδημαϊκοί και Ερευνητές…… 527

Ιστοσελίδα συνεδρίου και επισκέψεις

http://envecon2014.econ.uth.gr/main/

"Οικονομική των Φυσικών Πόρων και του Περιβάλλοντος: Κλιματική Αλλαγή"
1ο Πανελλήνιο Συνέδριο, 26-27 Μαρτίου 2014, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος
2ο Πανελλήνιο Συνέδριο, 31 Οκτωβρίου-1 Νοεμβρίου 2014, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος

2ο Συνέδριο

- Αρχική Σελίδα
- Γενικές Πληροφορίες
- Επιτροπές
- Πρόσκληση - Έντυπο Εγγραφής
- Πρόγραμμα και Περιλήψεις Συνεδρίου
- Πρακτικά Εργασιών Συνεδρίου
- Φωτογραφίες 2ου Συνεδρίου
- Οδηγίες Συγγραφής
- Κόστος Συμμετοχής
- Διαμονή
- Χάρτης
- Επικοινωνία

1ο Συνέδριο

- Αναφορά 1ου Συνεδρίου στο EAERE Newsletter
- Πρακτικά Εργασιών 1ου Συνεδρίου
- Πρόγραμμα και Περιλήψεις 1ου Συνεδρίου
- Φωτογραφίες 1ου Συνεδρίου

07111
Αριθμός Επισκεπτών

Διοργάνωση

- Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών
- Πρόγραμμα «Συνεργασία 2011»

Ανακοινώσεις

- Φωτογραφίες 2ου Συνεδρίου
- Πρόγραμμα και Περιλήψεις 2ου Συνεδρίου
- Πρακτικά Εργασιών 2ου Συνεδρίου
- Σημαντικές Ημερομηνίες 3ου Συνεδρίου

ΕΠΙΤΡΟΠΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

- Βαφείδης Δημήτριος, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Γιαννακόπουλος Αθανάσιος, Καθηγητής, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Διακουλάκη Δανάη, Καθηγήτρια ΕΜΠ
- Δονάτος Γεώργιος, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Ζερεφός Χρήστος, Ακαδημαϊκός, Πρόεδρος Διεθνούς Επιτροπής Όζοντος
- Κατρακυλίδης Κων/νος, Καθηγητής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Κοκκώσης Χάρης, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Κούγκολος Αθανάσιος, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Μάττας Κων/νος, Καθηγητής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Μαυράκης Δημήτριος, Καθηγητής, ΚΕΠΑ Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Μπίθας Κων/νος, Καθηγητής, Πάντειο Πανεπιστήμιο
- Ξεπαπαδέας Αναστάσιος, Καθηγητής, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Σαρτζετάκης Ευτύχιος, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
- Σκούρτος Μιχαήλ, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Τσιώνας Ευθύμιος, Καθηγητής, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Χονδρογιάννης Γεώργιος, Καθηγητής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
- Χριστόπουλος Δημήτριος, Καθηγητής, Πάντειο Πανεπιστήμιο
- Κοντογιάννη Αρετή, Αναπ. Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
- Κουντούρη Φοίβη, Αναπ. Καθηγήτρια, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Καμπάς Αθανάσιος, Αναπ. Καθηγητής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Ευαγγελινός Κων/νος, Επικ. Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Κεβόρκ Ηλίας, Επικ. Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Κυρίτσης Ιωάννης, Επικ. Καθηγητής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

- Ματσιώρη Στεριανή, Επικ. Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Τζερεμές Νικόλαος, Επικ. Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

3. ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

- Παπαγεωργίου Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Τσιλίκα Κορίνα, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Γαλάνη Γεωργία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Τζερεμές Παναγιώτης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Κουρτζίδης Σταύρος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Τζιουρτζιούμης Χρήστος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Τζιβινίκος Τρύφωνας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Παιζάνος Επαμεινώνδας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Κίτσου Δήμητρα, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Γεωργούδης Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Βαρζάκα Χρυσαφούλα, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ

- Γεώργιος Θάνος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Συνοπτικό Πρόγραμμα Συνεδρίου

Ημέρα	Ώρα	Συνεδρίες - Θεματολογία
Παρασκευή 31/10/2014	10:00-10:45	Εγγραφή Συνέδρων
	10:45-11:00 Αμφιθέατρο	Καλωσόρισμα Συνέδρων
	11:00-13:00 Αμφιθέατρο	**ΣΥΝΕΔΡΙΑ 1:** Παρουσίαση αποτελεσμάτων ερευνητικού προγράμματος 11SYN-8-118
	13:00-14:00 Αίθουσα 3	Διάλειμμα (Γεύμα)
	14:00-15:00 Αμφιθέατρο	Διάλεξη Καθηγητή Χρήστου Ζερεφού
	15:00-16:30 Αμφιθέατρο	**ΣΥΝΕΔΡΙΑ 2:** Ποσοτικές Μέθοδοι Οικονομικής Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος **Ι**
	15:00-16:30 Αίθουσα 4	**ΣΥΝΕΔΡΙΑ 3:** Οικονομική Αξιολόγηση Περιβάλλοντος – Διαχείριση Αποβλήτων
	16:30-17:00 Αίθουσα 3	Διάλειμμα (καφές, αναψυκτικά)
	17:00-18:30 Αμφιθέατρο	**ΣΥΝΕΔΡΙΑ 4:** Διαχείριση Περιβάλλοντος – Παράκτια Οικοσυστήματα
	17:00-18:30 Αίθουσα 4	**ΣΥΝΕΔΡΙΑ 5:** Αειφορική Ανάπτυξη – Μελέτη Περίπτωσης του Ασωπού
	18:30-20:00 Αμφιθέατρο	**ΣΥΝΕΔΡΙΑ 6:** Βιώσιμες Μεταφορές
	20:00-21:00 Αίθουσα 3	Δείπνο
Σάββατο 1/11/2014	9:00-11:00 Αμφιθέατρο	**ΣΥΝΕΔΡΙΑ 7:** Εξοικονόμηση Ενέργειας – Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
	9:00-11:00 Αίθουσα 4	**ΣΥΝΕΔΡΙΑ 8:** Επιχείρηση και Περιβάλλον
	11:00-11:30 Αίθουσα 3	Διάλειμμα (καφές, αναψυκτικά)
	11:30-13:30 Αμφιθέατρο	**ΣΥΝΕΔΡΙΑ 9:** Ποσοτικές Μέθοδοι Οικονομικής Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος **ΙΙ**
	11:30-13:30 Αίθουσα 4	**ΣΥΝΕΔΡΙΑ 10:** Οικονομία και Περιβάλλον
	11:30-12:45 Αίθουσα 2	**ΣΥΝΕΔΡΙΑ 11:** Αστικά Κοινά – Διαχείριση Δασών
	13:30-14:30 Αίθουσα 3	Γεύμα
	14:30 Αμφιθέατρο	Δεξίωση Λήξης Συνεδρίου

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

Παρασκευή 31 Οκτωβρίου 2014

1η Συνεδρία: 11:00-13:00 Αμφιθέατρο

Θεματική:	Παρουσίαση αποτελεσμάτων ερευνητικού προγράμματος **11SYN-8-118**
Προεδρία:	Καθηγητής Γ. Χάλκος

Ερευνητικό Πρόγραμμα ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ 2011 *11SYN-8-118*
«Σενάρια εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και πολιτικές καταπολέμησής τους μέχρι το έτος 2030, στους τομείς της Ενέργειας, των Μεταφορών και της Βιομηχανίας στην Ελλάδα».
Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ομάδα Εργασίας: Καθηγητής Γεώργιος Χάλκος (Επιστημονικός Υπεύθυνος), Επίκουρος Καθηγητής Ηλίας Κεβόρκ, Επίκουρος Καθηγητής Νικόλαος Τζερεμές

Ερευνητές: Γ. Γαλάνη, Σ. Κουρτζίδης, Π. Τζερεμές, Χρ. Τζιουρτζιούμης

11:00-11:20 Οικονομικά Κλιματικής Αλλαγής: Παρουσίαση και συνεισφορά ερευνητικών αποτελεσμάτων προγράμματος **11SYN-8-118**
Παρουσίαση: Χάλκος Γ.

11:20-11:40 Ανάλυση μακροχρόνιων σεναρίων μετάβασης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα με ορίζοντα το 2030
Παρουσίαση: Γαλάνη Γ. & Τζερεμές Π.

11:40-12:00 Καμπύλες οριακού κόστους ελέγχου ρύπανσης στους τομείς της Ενέργειας και της Βιομηχανίας
Παρουσίαση: Κουρτζίδης Σ. & Τζιουρτζιούμης Χ.

12:00-12:20 Καμπύλες οριακού κόστους ελέγχου ρύπανσης του τομέα οδικών μεταφορών στην Ελλάδα
Παρουσίαση: Κεβόρκ Η.

12:20-12:40 Μη-παραμετρική προσέγγιση για την αξιολόγηση μακροχρόνιων σεναρίων ενεργειακής πολιτικής: Η περίπτωση του Ελληνικού ενεργειακού συστήματος
Παρουσίαση: Τζερεμές Ν.

12:40-13:00 Συζήτηση

Διάλεξη: **14:00-15:00** **Αμφιθέατρο**

Διάλεξη Καθηγητή Χρήστου Ζερεφού
Ακαδημαϊκού, Προέδρου της Διεθνούς Επιτροπής Όζοντος

Υπάρχουν ακόμα περιθώρια σκεπτικισμού για την ανθρωπογενή παρέμβαση στην κλιματική αλλαγή;

Η διάλεξη παρουσιάζει τα νεότερα ευρήματα από την πρόσφατη Έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή, από τα οποία προκύπτει ότι τα περιθώρια σκεπτικισμού σχετικά με την ανθρωπογενή παρέμβαση στην κλιματική αλλαγή έχουν στενέψει σημαντικά. Επίσης, από τις τρέχουσες έρευνες που πραγματοποιούνται στο Κέντρον Ερεύνης Φυσικής της Ατμοσφαίρας και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών και της Επιτροπής Μελέτης για την Κλιματική Αλλαγή της Τραπέζης της Ελλάδος προκύπτει ότι επειδή η ανατολική Μεσόγειος βρίσκεται σε περιοχή υψηλής επικινδυνότητας ως προς τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, η Ελλάδα κατ' εξοχήν πρέπει να παρακολουθεί τις εξελίξεις των βασικών δεικτών της κλιματικής αλλαγής και ταυτόχρονα να προετοιμάζεται για την οικονομικότερη και προσφορότερη προσαρμογή σε αυτήν. Τα ευρήματα της αύξησης της θερμοκρασίας (παγκοσμίως περίπου 0,8 βαθμοί στις τελευταίες δεκαετίες με ανάλογο μέγεθος και στην Ελλάδα) καθώς και η ανακατανομή του υδρολογικού ισοζυγίου και της συχνότητας εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων με σοβαρότατες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι ένα μέρος της θεματολογίας που περιλαμβάνει η διάλεξη.

2η Συνεδρία: 15:00-16:30 Αμφιθέατρο

Θεματική:	Ποσοτικές Μέθοδοι Οικονομικής Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος Ι
Προεδρία:	Καθηγητής Κ. Κατρακυλίδης

15:00-15:20 Οι δυναμικές αλληλεξαρτήσεις μεταξύ της ανάπτυξης της οικονομικής δραστηριότητας και των δεικτών υγείας και περιβαλλοντικής ποιότητας
Πάτσικα Β., Κυρίτσης Ι. & Κατρακυλίδης Κ.
Τμήμα Οικονομικών Επιστημών Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

15:20-15:40 Οι εκπομπές CO_2 ως παγκόσμιος δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης: Οι ιδιομορφίες τους σε όρους αρνητικών εξωτερικών οικονομιών
Καΐκα Δ., Μπαμπάτσου Χ., Μποέμη Ν. & Ζέρβας Ε.
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

15:40-16:00 Δυναμικά μοντέλα εισροών-εκροών σε περιβαλλοντικά προβλήματα. Μια υπολογιστική προσέγγιση σε CAS λογισμικά
Χάλκος Γ. & Τσιλίκα Κ.
Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

16:00-16:20 Ενσωματώνοντας την ανεπιθύμητη εκροή στην συνολική αποδοτικότητα του ενεργειακού τομέα των οικονομικών συστημάτων των χωρών της ΕΕ-15
Μπαμπάτσου Χ.[1], Καΐκα Δ.[2], Αστερίου Δ.[3] & Ζέρβας Ε.[2],
[1]*ΤΕΙ Ιονίων Νήσων, Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας*
[2]*Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο*
[3]*Σχολή Κοινωνικών Επιστημών, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο*

16:20-16:30 Συζήτηση

3η Συνεδρία: 15:00-16:30 Αίθουσα 4

Θεματική:	Οικονομική Αξιολόγηση Περιβάλλοντος – Διαχείριση Αποβλήτων
Προεδρία:	Καθηγητής Γ. Χάλκος

15:00-15:20 Ανάλυση κινδύνου για τη ρύπανση των υπόγειων υδάτων
Κίτσος Χ.
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας

15:20-15:40 Εφαρμογή της Μεθόδου Εξαρτημένης Αξιολόγησης για την υποστήριξη λήψης αποφάσεων και διαμόρφωσης πολιτικών στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων
Γαγλίας Α.[1], Τουρκολιάς Χ.[1] & Μοιρασγεντής Σ.[2]
[1]*Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών Εργαστήριο. Βιομηχανικής & Ενεργειακής Οικονομίας,*
[2]*Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης,*

15:40-16:00 Στατιστικά συμπεράσματα σχετικά με προηγμένες μεθόδους πρωτοβάθμιας απομάκρυνσης στερεών από τα αστικά υγρά απόβλητα
Ζαρίκας Β.[1] & Γκίκας Π.[2]
[1]*. Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών (Τ.Ε.), ΤΕΙ Κεντρικής Ελλάδας*
[2] *Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης*

16:00-16:20 Ανάλυση κόστους-οφέλους για την υλοποίηση αστικών αναπλάσεων: η περίπτωση του ιστορικού κέντρου της Αθήνας
Εξάρχου Σ.[1], Τουρκολιάς Χ.[1] & Μοιρασγεντής Σ.[2]
[1] *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών Εργαστήριο. Βιομηχανικής & Ενεργειακής Οικονομίας,*
[2] *Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης*

16:20-16:30 Συζήτηση

4η Συνεδρία: 17:00-18:30 Αμφιθέατρο

Θεματική:	Διαχείριση Περιβάλλοντος – Παράκτια Οικοσυστήματα
Προεδρία:	Καθηγητής Β. Μιχαηλίδης

17:00-17:20 Επισκόπηση των μεθοδολογιών υπολογισμού αξίας των παράκτιων υγροτόπων, υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής
Κουραντίδου Μ. & Παλάσκας Δ.
ΣΥΣΤΑΔΑ, Συστήματα Ανάπτυξης Δασών και Περιβάλλοντος Ο.Ε.

17:20-17:40 Από τα κύτταρα στις ακτογραμμές-Συμβολή της επιστήμης της Βιολογίας στην οικονομική εκτίμηση των ανθρωπογενών επιδράσεων στα παράκτια οικοσυστήματα και στους φυσικούς πόρους
Μιχαηλίδης Β.
Εργαστήριο Φυσιολογίας Ζώων, Τμήμα Βιολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

17:40-18:00 Εφαρμόζοντας την πέμπτη αρχή της συστημικής θεωρίας στο παράκτιο τουριστικό σύστημα: Μια προοπτική ωφελειών
Οικονόμου Γ., Νεοφύτου Χ. & Ματσιώρη Σ.
Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

18:00-18:20 Διερεύνηση περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος πολιτών
Χάλκος Γ.[1] & Ματσιώρη Σ.[2]
[1] *Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,*
[2] *Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*

18:20-18:30 Συζήτηση

5η Συνεδρία: 17:00-18:30 Αίθουσα 4

Θεματική:	Αειφορική Ανάπτυξη: Μελέτη Περίπτωσης του Ασωπού
Προεδρία:	Επικ. Καθηγητής Κ. Ευαγγελινός

17:00-17:20 Η Ανάπτυξη Μεθοδολογικού Πλαισίου Διπλής Προσέγγισης για την Επιλογή Δεικτών Αειφορίας σε Περιφερειακό Επίπεδο: Η περίπτωση του Ασωπού

Νικολάου Ι.[1], Τσάλης Θ.[1], Τζόουνς Ν.[2] & Ευαγγελινός Κ.[3]
[1] *Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης*
[2] *Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Open University*
[3] *Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου*

17:20-17:40 Μέτρηση της οικονομικής αξίας της Αειφόρου Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού: Η Μέθοδος Rank Πλήρεις Προτιμήσεις

Davila O.G.[1], Κουντούρη Φ.[2] & Παντελίδης Θ.[3]
[1] *SOAS, University of London, UK*
[2] *Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, London School of Economics, UK*
[3] *Πανεπιστήμιο Μακεδονίας*

17:40-18:00 Διερευνώντας τη συνύπαρξη βιομηχανιών και τοπικών κοινωνιών σε περιβαλλοντικά υποβαθμισμένες περιοχές: Η περίπτωση του Ασωπού ποταμού

Ευαγγελινός Κ.[1], Jones N.[2], Ρουμελιώτης Σ.[1], Μαλέσιος Χ.[3], Προικάκη Μ.[1] & Σκουλούδης Α.[1]
[1] *Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου*
[2] *Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Open University*
[3] *Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης*

18:00-18:20 Εμπόδια στην ανάληψη πρακτικών καθαρότερης παραγωγής: Μια έρευνα για τις επιχειρήσεις που λειτουργούν στην περιοχή του Ασωπού ποταμού

Σκουλούδης Α.[1], Τζόουνς Ν.[1], Ρουμελιώτης Σ.[1], Ευαγγελινός Κ.[1] & Προϊκάκη Μ.[1]
[1] *Εργαστήριο Επιχειρησιακής Περιβαλλοντικής Πολιτικής & Διαχείρισης, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου,*
[2] *Τμήμα Κοινωνιολογίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου,*

18:20-18:30 Συζήτηση

6η Συνεδρία: 18:30-20:00 Αμφιθέατρο

Θεματική:	Βιώσιμες Μεταφορές
Προεδρία:	Καθηγητής Β. Προφυλλίδης

18:30-18:50 Οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές πτυχές των μελλοντικών επεκτάσεων του μετρό Θεσσαλονίκης

Προφυλλίδης Β.[1], Γ. Κωνσταντινίδης Γ.[2] & Μποτζώρης Γ.[1]
[1] *Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Συγκοινωνιακών Έργων & Μεταφορών*
[2] *Αττικό Μετρό Α.Ε. – Διεύθυνση Μετρό Θεσσαλονίκης*

18:50-19:10 Οικονομική κρίση και επιπτώσεις στις βιώσιμες μετακινήσεις στην Ελλάδα: Ευκαιρία ή απειλή;

Γαλάνης Α., Μπουραζάνης Ε., Καλτσάς Ι. & Ηλιού Ν.
Εργαστήριο Οδοποιίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,

19:10-19:30 Ανάπτυξη δικτύου ποδηλατοδρόμων και συστήματος διαχείρισης-μίσθωσης κοινόχρηστων ποδηλάτων στην πόλη της Κομοτηνής

Κολιδάκης Δ.[1], Γαλάνης Α.[2]& Μποτζώρης Γ.[3]
[1]*Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών Δήμου Κομοτηνής*
[2]*Εργαστήριο Οδοποιίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*
[3]*Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης*

19:30- 19:50 Τηλεργασία και αλλαγή των αστικών μεταφορικών συνηθειών την περίοδο της οικονομικής κρίσης: Έρευνα στην πόλη του Βόλου

Γαλάνης Α.[1], Μποτζώρης Γ.[2], Σιάπος Α.[1] & Ηλιού Ν.[1]
[1] *Εργαστήριο Οδοποιίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*
[2] *Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης*

19:50-20:00 Συζήτηση

Σάββατο 1 Νοεμβρίου 2014

7η Συνεδρία: 09:00-11:00 Αμφιθέατρο

Θεματική:	Εξοικονόμηση Ενέργειας – Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Προεδρία:	Επικ. Καθηγητής Ν. Τζερεμές

09:00-09:20 Τεχνοοικονομική μελέτη συστήματος ηλιακής ψύξης με συγκεντρωτικούς ηλιακούς συλλέκτες
Τσεκούρας Π.[1], Χριστοδουλάκη Ρ.[2], Τσεκούρας Γ.[1], Βαγγέλης Λαμάρης Β.[3] & Λαμάρης Π.[3]
[1]*Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ & Πολιτικός Μηχανικός ΠΠ,*
[2]*Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών,Εργ. Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής*
[3]*SOLE ABEE, Βιομηχανία Ηλιακών Συσκευών*

09:20-09:40 Ανασταλτικοί παράγοντες της υιοθέτησης στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία
Κωστάκης Ι. & Σαρδιανού Ε.
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Σχολή Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας & Εφαρμοσμένων Οικονομικών, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας & Οικολογίας

09:40-10:00 Εμπόδια και δράσεις διάδοσης των οικιακών συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας στην Ελλάδα: Ένα μοντέλο ανάλυσης διατεταγμένης παλινδρόμησης
Καρύτσας Σ.[1] & Κωστάκης Ι.[2]
[1] *Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Διεύθυνση ΑΠΕ, Τμήμα Γεωθερμικής Ενέργειας*
[2] *Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Σχολή Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας & Εφαρμοσμένων Οικονομικών, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας & Οικολογίας*

10:00-10:20 Προσδιορισμός της ενεργειακού οφέλους στην Ελλάδα από την αλλαγή θερινής/χειμερινής ώρας.
Σκούταρη Α., Πούπκου Α. & Ζέρβας Ε.
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

10:20-10:40 Μελέτη της ικανοποίησης πελατών: Η περίπτωση των οικιακών Φ/Σ στην Ελλάδα.
Μπουλούμπασης Α.
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Σχολή Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας & Εφαρμοσμένων Οικονομικών

10:40-11:00 Συζήτηση

8η Συνεδρία: 09:00-11:00 Αίθουσα 4

Θεματική:	Επιχείρηση και Περιβάλλον
Προεδρία:	Επικ. Καθηγητής Η. Κεβόρκ

09:00-09:20 Η ερμηνεία της κλιματικής αλλαγής στις αναφορές εταιρικής κοινωνικής ευθύνης των Ελληνικών τραπεζών
Μπελιάς Δ. & Κουστέλιος Α.
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

09:20-09:40 Ανάλυση της νέας Κοινοτικής Οδηγίας για την υποβολή θεμάτων μη οικονομικού περιεχομένου. Εφαρμογή για Ελληνικές Εταιρείες και θέματα κλιματικής αλλαγής
Wallace J. & Stapountzi O.
Environmental, Social and Governance Office, Allianz Climate Solutions

09:40-10:00 Αναπτύσσοντας ένα διεθνές λογιστικό πρότυπο μέτρησης και παρουσίασης των αερίων του θερμοκηπίου για χρηματοδοτικούς οργανισμούς
Καρατζόγλου Β.
Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας –

10:00-10:20 Πρόβλεψη κινήτρων καταναλωτών στην Ελλάδα για την αγορά εθελοντικών αντισταθμισμάτων άνθρακα μέσω σύγκρισή τους με άλλα πιστοποιημένα προϊόντα
Παπασπυρόπουλος Κ.[1], Καραχρήστος Χ.[2], Παππάς Ι.[1] & Καραμανώλης Δ.[1,3]
[1]*Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Οικονομικής,*
[2]*Υλωρική Ε.Ε., Εταιρία Μελετών, Θεσσαλονίκη*
[3]*Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστική και Τηλεπισκόπησης, ΑΠΘ*

10:20-10:40 Δημιουργώντας αντισταθμίσματα άνθρακα στη Μεσογειακή περιοχή από πολυετή λιβαδικά φυτά: η περίπτωση της καλλιέργειας του είδους *Phalaris aquatica* L
Παππάς Ι.Α.[1], Παπασπυρόπουλος Κ.Γ.[1], Καραχρήστος Χ.Ν.[1,*], Καραμανώλης Δ.[2] & Χριστοδούλου Α.[1]
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος,
[1]*Εργαστήριο Δασικής Οικονομικής,*
[2]*Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης*
[*]*Φ. Φασούλας-Ν. Μαντζιος Ε.Ε, "Υλωρική", Θεσσαλονίκη*

10:40-11:00 Συζήτηση

9η Συνεδρία: 11:30-13:30 Αμφιθέατρο

Θεματική:	Ποσοτικές Μέθοδοι Οικονομικής Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος **ΙΙ**
Προεδρία:	Καθηγητής Α. Γιαννακόπουλος

11:30-11:50 Αποτελέσματα Διάχυσης, Εξάρτηση Διαδρομής και Παραγωγική Απόδοση των Ευρωπαϊκών κλάδων Μεταφορών σε καθεστώς Τεχνολογικής Ετερογένειας

Τσεκούρας Κ.[1], Χατζησταμούλου Ν.[1], Κουνετάς Κ.[1] & Broadstock D.[2,3,4]

[1] *Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών*

[2] *Team for Integrated Energy & Environmental Research Studies (TIERS), Southwestern University of Finance and Economics, China;*

[3] *Surrey Energy Economics Centre, University of Surrey, UK.*

[4] *Invited Researcher under the Thales Research Framework.*

11:50-12:10 Περιβαλλοντική Πολιτική σε ένα Υπόδειγμα Οικονομικής Μεγέθυνσης Ωθούμενης από τη Γνώση

Ψαριανός Ι.Ν.

Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

12:10-12:30 Συνεργασία και ανταγωνισμός στις πολιτικές της κλιματικής αλλαγής: Μετριασμός Εκπομπών και Γεωμηχανική όταν οι χώρες είναι Ασύμμετρες

Μανούση Β. & Ξεπαπαδέας Α.

Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Οικονομικών Σπουδών

12:30-12:50 Έλεγχος ρυπαινουσών επιχειρήσεις: Nash και Stackelberg στρατηγικές

Χάλκος Γ. & Παπαγεωργίου Γ.

Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

12:50-13:10 Αβεβαιότητα, υποκειμενικότητα και λήψη συλλογικών αποφάσεων σε περιβαλλοντικά ζητήματα

Πετράκου Ε.[1] & Γιαννακόπουλος Α.[2]

[1]*Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου*

[2] *Τμήμα Στατιστικής, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

13:10-13:30 Συζήτηση

10η Συνεδρία: 11:30-13:30 Αίθουσα 4

Θεματική:	Οικονομία και Περιβάλλον
Προεδρία:	Καθηγητής Κ. Μπίθας

11:30-11:50 Οικονομική μεγέθυνση, ενεργειακή κατανάλωση και εκπομπές CO_2 στις EU-15 σε μακροχρόνια περίοδο
Καΐκα Δ.[1], Μπαμπάτσου Χ.[1], Αστερίου Δ.[2] & Ζέρβας Ε[1].
[1] *Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο*
[2] *Σχολή Κοινωνικών Επιστημών, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο*

11:50-12:10 Η επικύρωση του πρωτοκόλλου του Κιότο και η μεταβλητότητα της χρηματιστηριακής αγοράς
Κόλλιας Χ. & Παπαδάμου Σ.
Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,

12:10-12:30 (Από-) υλοποίηση υπό επανεξέταση. Εμπειρική ανάλυση των περιπτώσεων των ΗΠΑ, της Ιαπωνίας και της Παγκόσμιας Οικονομίας
Μπίθας Κ. & Καλημέρης Π.
Ινστιτούτο Αστικού Περιβάλλοντος και Ανθρώπινου Δυναμικού, Τμήμα Οικονομικής & Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο

12:30-12:50 Η Επίδραση της Ανοιχτής Οικονομίας στη Βιώσιμη Ανάπτυξη: Μια Μακροοικονομική Προσέγγιση
Μαυραγάνη Α.[1], Bannert M.[2], Τσαγκαράκης Κ.[1] & Νικολάου Ι[1]
[1]*Εργαστήριο Οικονομικά των Επιχειρήσεων και της Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης,*
[2]*KOF Swiss Economic Institute*

12:50-13:10 Επιπτώσεις της Οικονομικής Πολιτικής στην Ποιότητα του Περιβάλλοντος: Η Περίπτωση των ΗΠΑ
Χάλκος Γ. & Παϊζάνος Ε.
Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

13:10-13:30 Συζήτηση

11η Συνεδρία: 11:30-12:45 Αίθουσα 2

Θεματική:	Αστικά Κοινά – Διαχείριση Δασών
Προεδρία:	Επικ. Καθηγήτρια **Σ**. Ματσιώρη

11:30-11:50 Οι χώροι αστικού πρασίνου ως κοινά: Μελέτη περίπτωσης στην πόλη του Βόλου

Αρβανιτίδης Π. & Νασιώκα Φ.
Τμήμα Οικονομικών Επιστημών Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

11:50-12:10 Έλεγχος του κράτους στη διαχείριση των δασών από δασοπολιτική και νομική άποψη

Βάσσιος Δ.[1] & Λεφάκης Π.[2]
[1] *Δήμος Θεσσαλονίκης, Διεύθυνση Αστικού Σχεδιασμού & Αρχιτεκτονικών Μελετών, Τμήμα Ενεργειακού & Βιοκλιματικού Σχεδιασμού*
[2] *Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Πολιτικής*

12:10-12:30 Τα αστικά κοινά ως πλαίσιο ανάλυσης των δημοτικών λαχανόκηπων: η περίπτωση της Λάρισας

Αρβανιτίδης Π.[1] & Καργιώτης Ν.[2]
[1] *Τμήμα Οικονομικών Επιστημών Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,*
[2] *Τμήμα Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*

12:30-12:45 Συζήτηση

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

ΣΥΝΟΨΗ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ

Το πρόγραμμα και του 2ου συνεδρίου αποτελούνταν από 11 συνεδρίες που έλαβαν χώρα στις αίθουσες διδασκαλίας του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι 11 θεματικές ενότητες που παρουσιάστηκαν αφορούσαν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων του ερευνητικού προγράμματος **11SYN-8-118**, δύο συνεδρίες σχετικές με τη χρήση ποσοτικών μεθόδων στην Οικονομική των Φυσικών Πόρων και του Περιβάλλοντος, την Οικονομική Αξιολόγηση του Περιβάλλοντος και τη διαχείριση των αποβλήτων, τη διαχείριση του περιβάλλοντος και τα παράκτια οικοσυστήματα, την αειφορική ανάπτυξη με μελέτη περίπτωσης τον Ασωπό, τις βιώσιμες μεταφορές, την εξοικονόμηση ενέργειας και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, την επιχείρηση, την οικονομία και το περιβάλλον και τα αστικά κοινά και τη διαχείριση δασών.

Στα πρακτικά του συνεδρίου συμπεριελήφθηκαν 43 μελέτες. Η *1η εργασία* των Χάλκου, Κεβόρκ, Γαλάνη Γ. και Τζερεμέ Π. αξιοποιώντας τους Ευρωπαϊκούς και Εθνικούς στόχους και το λογισμικό Long range Energy Alternatives Planning System (LEAP) επικεντρώνεται στην κατασκευή μακροχρόνιων ενεργειακών σεναρίων για μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με ορίζοντα το έτος 2030. Η εργασία αυτή αποτελεί επέκταση και περάτωση αυτής που παρουσιάστηκε σε αρχικό στάδιο στο 1ο συνέδριο. Η *2η εργασία* των Χάλκου, Τζερεμέ Ν., Κουρτζίδη και Τζιουρτζιούμη παρουσιάζει και αναλύει τις επιλογές ελέγχου των ρύπων στους τομείς της Ενέργειας και της Βιομηχανίας και σε υποτομείς όπως διύλιση πετρελαίου και φυσικού αερίου, τσιμέντοβιομηχανία και χαλυβουργία και αναφέρεται έτσι εκτενώς στην κατασκευή των καμπυλών οριακού κόστους καταπολέμησης της ρύπανσης. Οι δύο αυτές εργασίες παρουσιάζουν τα τελικά αποτελέσματα του ερευνητικού προγράμματος ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ 2011 και του έργου **11SYN-8-118**. Στη *3η εργασία* των Καΐκα, Μπαμπάτσου, Μποέμη και Ζέρβα μελετώνται οι ιδιαιτερότητες των εκπομπών CO_2 αναφορικά με το αρνητικό εξωτερικό κόστος που προκαλούν στην ευημερία, στο χώρο και το χρόνου, στη διάσταση της δικαιοσύνης, στη συμπεριφορά του ελεύθερου χρήστη (ή όπως ονομάζεται από την ομάδα, λαθρεπιβάτη) και στην αβεβαιότητα για το κόστος περιορισμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

Οι επόμενες τέσσερεις εργασίες των πρακτικών του συνεδρίου παρουσιάζουν θέματα σχετικά με τις βιώσιμες μεταφορές. Η *4η εργασία* των Χάλκου, Κεβόρκ και Τζιουρτζιούμη πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ 2011 και του έργου **11SYN-8-118** και περιγράφει τη διαδικασία εκτίμησης των καμπυλών οριακού κόστους ελέγχου ρύπανσης στο τομέα των οδικών μεταφορών γενικότερα και των επιβατικών αυτοκινήτων ειδικότερα. Αρχικά εκτιμώνται για την περίοδο 2000-2030 οι ετήσιες εκπεμπόμενες ποσότητες των πιο σημαντικών ρυπαντών και κατόπιν εξειδικεύεται η διαδικασία εκτίμησης του επιπεδοποιημένου ενεργειακού κόστους στον τομέα των οδικών μεταφορών. Οι κατηγορίες κόστους που αναλύονται είναι του κεφαλαίου, της λειτουργίας και συντήρησης και του καυσίμου. Η *5η εργασία* των Προφυλλίδη, Κωνσταντινίδη και Μποτζώρη διερευνά τις κοινωνικές, οικονομικές, ποιοτικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός έργου μετρό. Συγκεκριμένα μελετά τα διάφορα σενάρια επέκτασης της γραμμής-κορμού του μετρό Θεσσαλονίκης εκτιμώντας το κόστος κατασκευής, την αναμενόμενη ζήτηση και τα διάφορα οφέλη. Η *6η έρευνα* των Τσεκούρα Κ., Χατζησταμούλου, Κουνετά και Broadstock υιοθετεί ένα πλαίσιο μεταορίου

και με τη χρήση της Γενικευμένης Μεθόδου των Ροπών (GMM), χαλαρώνει την υπόθεση της τεχνολογικής απομόνωσης και διερευνά το ρόλο των αποτελεσμάτων διάχυσης και της εξάρτησης από τη διαδρομή της παραγωγικής απόδοσης των κλάδων Αεροπορικών, Χερσαίων και Υδάτινων Μεταφορών δεκαεπτά Ευρωπαϊκών Χωρών στην περίοδο 1999-2006. Η *7η εργασία* των Γαλάνη Α., Μπουραζάνη, Καλτσά και Ηλιού προσεγγίζει τις επιπτώσεων της οικονομικής κρίσης στον τομέα της οδικής ασφάλειας, των αστικών μεταφορών και της μεταστροφής των προτιμήσεων των πολιτών για βιώσιμα μέσα μετακίνησα έναντι του ΙΧ.

Ακολουθούν έξι εργασίες, οι οποίες εξετάζουν τη σχέση οικονομίας και περιβάλλοντος. Η *8η εργασία* των Κόλλια και Παπαδάμου εξετάζει το πώς και σε ποιο βαθμό οι χρηματιστηριακές αγορές των υπό εξέταση χωρών έχουν επηρεασθεί από την επικύρωση του πρωτοκόλλου του Κιότο. Η ανάλυση πραγματοποιείται σε πάνελ δεδομένα 40 χωρών για την περίοδο 1998-2005 εξετάζοντας τη μεταβλητότητα στις χρηματιστηρια- κές αγορές, μετά την έγκριση του πρωτοκόλλου. Η *9η εργασία* των Χάλκου και Παϊζάνου χρησιμοποιώντας τριμηνιαία δεδομένα για τις ΗΠΑ, για την περίοδο 1973-2013, εξετάζει τις επιπτώσεις της οικονομικής πολιτικής στην περιβαλλοντική ποιότητα. Οι πολιτικές επιπτώσεις από την εμπειρική ανάλυση διαφοροποιούνται ανάλογα με την πηγή εκπομπής των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα. Ομοίως η *10η εργασία* των Μπίθα και Καλημέρη προτείνει ένα δείκτη εκτίμησης της υλικής έντασης που έχει η δημιουργία ευημερίας στους ανθρώπους. Ο προτεινόμενος δείκτης αφορά τις απαραίτητες υλικές ροές για την παραγωγή μιας μονάδας ΑΕΠ/c ως εναλλακτική προσέγγιση για την εκτίμηση της σχέσης κατανάλωσης φυσικών πόρων και οικονομικής μεγέθυνσης. Η *11η μελέτη* των Πάτσικα, Κατρακυλίδη και Κυρίτση εξετάζει τις σχέσεις αλληλεξάρτησης μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης, δεικτών υγείας και ποιότητας περιβάλλοντος ανιχνεύοντας τις αιτιώδεις επιδράσεις κατά Granger. Η *12η εργασία* των Καΐκα, Μπαμπάτσου, Αστερίου και Ζέρβα εστιάζει στις χώρες μέλη της EU-15 και εξετάζει τη συμπεριφορά της οικονομικής μεγέθυνσης, της ενεργειακής χρήσης και των εκπομπών CO_2 καθώς και τις δυναμικές σχέσεις αιτιότητας μεταξύ τους βραχυχρόνια και μακροχρόνια. Τέλος η *13η εργασία* των Μαυραγάνη, Bannert, Τσαγκαράκη και Νικολάου εξετάζει το ρόλο της ανοιχτής οικονομίας στην προστασία του περιβάλλοντος και στην επίτευξη της βιωσιμότητας.

Οι επόμενες τρεις εργασίες αφορούν τη χρήση εισροών-εκροών σε εκτιμήσεις περιβαλλοντικής αποδοτικότητας. Η *14η εργασία* των Χάλκου, Τζερεμέ Ν. και Τζερεμέ Π. πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ 2011 και του έργου **11SYN-8-118** και εξετάζει διαφορετικά σενάρια ενεργειακής πολιτικής για τους κλάδους των μεταφορών, της ενέργειας και της βιομηχανίας στην Ελλάδα. Με βάση τα σενάρια και τις προβλέψεις δημιουργούνται δείκτες αποτελεσματικότητας των ενεργειακών πολιτικών και παρουσιάζονται ποσοτικοί δείκτες έλεγχου της αποτελεσματικότητας μελλοντικών ενεργειακών στόχων/πολιτικών στους τρεις αυτούς κλάδους. Η *15η εργασία* των Μπαμπάτσου, Καΐκα, Αστερίου και Ζέρβα χρησιμοποιεί και αυτή τη μέθοδο της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (DEA) για τον προσδιορισμό ενός δείκτη συνολικής αποδοτικότητας (Malmquist) βάσει της ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ 1995-2011 και σταθερών αποδόσεων κλίμακας των χωρών της ΕΕ-15. Ομοίως, η *16η μελέτη* των Χάλκου και Τσιλίκα εξετάζει τις αλληλεπιδράσεις οικονομίας και περιβάλλοντος. Εκτός των στατικών μοντέλων προτείνονται και δυναμικά μοντέλα εισροών-εκροών σε μια περιβαλλοντικά διευρυμένη ανάλυση.

Οι επόμενες εργασίες αφορούν τη θεματική ενότητα των Επιχειρήσεων και του Περιβάλλοντος. Οι δύο πρώτες αναφέρονται στην Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη και οι επόμενες δύο στην αποτίμηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην αγορά εθελοντικών αντισταθμισμάτων άνθρακα. Συγκεκριμένα η *17η μελέτη* των Μπελιά και Κουστέλιου ερμηνεύει την έννοια της πράσινης τραπεζικής, επεξηγεί την έννοια της Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης και παρουσιάζει συνοπτικά κάποια πράσινα τραπεζικά προϊόντα που έχουν εμφανιστεί ως συνέπεια των κλιματικών αλλαγών. Η *18η εργασία* των Wallace και Stapountzi εξετάζει κατά πόσο οι υπάρχουσες πρωτοβουλίες για Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη, αειφορία και περιβαλλοντική προστασία μπορούν να εξασφαλίσουν συμμόρφωση με τη νέα Οδηγία. Συγκεκριμένα εξετάζεται ο στόχος της κανονιστικής αυτής οδηγίας σε σχέση με Ελληνικές εταιρείες ενώ αποτιμάται το επίπεδο ετοιμότητας των εταιρειών αυτών με έμφαση στις ενέργειες για την κλιματική αλλαγή. Στις ίδιες γραμές η *19η εργασία* του Β. Καρατζόγλου πραγματοποιεί μια σύντομη παρουσίαση της πρωτοβουλίας αποτίμηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑτΘ) και περιγράφει τη διαδικασία προσαρμογής των προτύπων της στις ανάγκες των χρηματοδοτικών φορέων. Τέλος, η *20η έρευνα* των Παπασπυρόπουλου, Καραχρήστου, Παππά και Καραμανώλη αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία ως προς το θεωρητικό πλαίσιο των κινήτρων των ενδιαφερομένων πολιτών και επιχειρήσεων για εθελοντικό αντιστάθμισμα εκπομπών ρύπων. Τα κίνητρα αυτά συγκρίνονται με ανάλογα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικών με αγορές πιστοποιημένων περιβαλλοντικά προϊόντων, όπως οργανικά τρόφιμα και βιοκαύσιμα, από καταναλωτές στην Ελλάδα.

Τη χρήση Ποσοτικών Μεθόδων στην Οικονομική των Φυσικών Πόρων και του Περιβάλλοντος έχουμε μεταξύ των άλλων στις επόμενες τρεις εργασίες. Η *21η μελέτη* των Μανούση και Ξεπαπαδέα εξετάζει ένα απλό δυναμικό μοντέλο βέλτιστου σχεδιασμού πολιτικής αναφορικά με τις εκπομπές και ενέργειες γεωμηχανικής. Επιδιώκοντας το χαρακτηρισμό στρατηγικών συνεργασίας και μη-συνεργασίας για τις εκπομπές ρύπων στο πλαίσιο δύο ασύμμετρων χωρών διαμορφώνεται η ετερογένεια μεταξύ τους βάσει μιας σειράς προσδιριστικών παραγόντων (κοινωνικό και ιδιωτικό κόστος γεωμηχανικής, περιβαλλοντικές αλλαγές από κλιματική αλλαγή κ.ά.). Η *22η εργασία* των Χάλκου και Παπαγεωργίου υποδειγματοποιεί τη σύγκρουση μεταξύ ρυπαινουσών επιχειρήσεων μιας χώρας και του κοινωνικού σχεδιαστή της χώρας, όταν ο τελευταίος θέλει να ελέγξει τον όγκο των εκπομπών ρύπων κατά την παραγωγική διαδικασία. Δείχνεται ότι η σύγκρουση είναι εντονότερη όταν οι επιχειρήσεις αναλαμβάνουν τον ρόλο του ηγέτη (οδηγού) στο ιεραρχικού τύπου παίγνιο. Ομοίως η *23η έρευνα* των Πετράκου και Γιαννακόπουλου μελετά το πρόβλημα της συλλογικής λήψης αποφάσεων από ομάδα δρώντων υποκειμένων σε καθεστώς αβεβαιότητας με ύπαρξη υποκειμενικότητας ως προς τις μελλοντικές παγκόσμιες καταστάσεις και προτείνει ένα γενικό σχήμα σύνθεσης απόψεων και συναρτήσεων ωφελιμότητας βασιζόμενο σε ένα δυικό επιχείρημα.

Οι επόμενες τρεις εργασίες αναφέρονται στη διαχείριση του περιβάλλοντος και στα παράκτια οικοσυστήματα. Η *24η εργασία* των Κουραντίδου και Παλάσκα επικεντρώνεται στους ελληνικούς υγροτόπους διερευνώντας τη μεθοδολογία υπολογισμού της αξίας των παράκτιων υγροτοπικών εκτάσεων και συνεισφέροντας στο δημόσιο διάλογο για την οικονομική αξιοποίηση των εκτάσεων αυτών. Η *25η μελέτη* των Οικονόμου, Νεοφύτου και Ματσιώρη εφαρμόζει τους νόμους της πέμπτης αρχής της συστημικής θεωρίας για αποφυγή δυσλειτουργιών και ανακολουθιών μεταξύ των μερών του παράκτιου τουριστικού συστήματος που επηρεάζουν άμεσα την απόδοσή του και ασκούν πίεση σε ποικίλες φυσικές λειτουργίες. Από την άλλη πλευρά η *26η έρευνα* των Παππά, Παπασπυρόπουλου, Καραχρήστου, Καραμανώλη και Χριστοδούλου εκτιμά τα αποθεμάτων άνθρακα τόσο στην

υπέργεια βιομάζα όσο και στο εδαφικό προφίλ των καλλιεργειών του ενδημικού πολυετούς λιβαδικού είδους *Phalaris aquatica* L. σε διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας ώστε να καθορίσει τα δυνητικά αντισταθμίσματα άνθρακα από τη συγκεκριμένη χρήση της γης.

Η επόμενη θεματική ενότητα αφορά τη διαχείριση περιβάλλοντος και με μελέτη περίπτωσης τον Ασωπό ποταμό. Η *27η εργασία* των Δάβιλα, Κουντούρη και Παντελίδη αξιοποιεί τα δεδομένα από ένα Πείραμα Επιλογής (ΠΕ) πλήρους κατάταξης προτιμήσεων σχεδιασμένου για τη διερεύνηση των αξιολογήσεων από τους ερωτηθέντες μια σειρά προτεινόμενων βελτιώσεων στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού. Η *28η εργασία* των Τσάλη, Νικολάου, Ρουμελιώτη, Τζόουνς και Ευαγγελινού παρουσιάζει ένα συνδυασμό διαγραμμάτων αιτιότητας και ποσοτικοποιημένων δυναμικών μοντέλων με στόχο την αναγνώριση των βρόχων ανάδρασης του συστήματος και την κατανόηση των σχέσεων αιτιότητας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων. Η εφαρμογή γίνεται στον Ασωπό ποταμό και αναδεικνύεται η πολυπλοκότητα και η δυναμικότητα στη σύνθεση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών προβλημάτων της. Η *29η μελέτη* των Προικάκη et al. παρουσιάζει τα αποτελέσματα πρωτογενούς έρευνας σε τοπικές κοινωνίες στην ευρύτερη περιοχή του Ασωπού ποταμού το 2014 εξετάζοντας τη συνύπαρξη επιχειρήσεων με τοπικές ομάδες συμφερόντων. Τέλος η *30η έρευνα* των Σκουλούδη, Τζόουνς, Ρουμελιώτη, Ευαγγελινού και Προϊκάκη προσφέρει χρήσιμα συμπεράσματα για το σχεδιασμό οικονομικών δεικτών αειφορίας που πρέπει να ήφθούν υπόψιν από τους εκπροσώπους επιχειρήσεων και τα ενδιαφερόμενα μέρη αναφορικά με την προώθηση μιας καθαρότερης παραγωγής σε βιομηχανικές ή/και περιβαλλοντικά υποβαθμισμένες περιοχές.

Η επόμενη θεματική ενότητα αρχικά διερευνά το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον των πολιτών και κατόπιν αναφέρεται στη διαμόρφωση πολιτικών στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων. Η *31η εργασία* των Χάλκου και Ματσιώρη με χρήση πρωτογενούς έρευνας και της μεθόδου υποθετικής αξιολόγησης (CVM), διερευνά το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον των πολιτών και της στάσης τους απέναντι στο περιβάλλον. Η διερεύνηση των περιβαλλοντικών αντιλήψεων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια της κλίμακας NEP (New Ecological Paradigm). Η *32η μελέτη* των Γαγλία, Τουρκολιά και Μοιρασγεντή με τη χρήση πρωτογενούς έρευνας και της μεθόδου υποθετικής αξιολόγησης (CVM) εξετάζει την περιβαλλοντική υποβάθμιση που προκαλείται από την ανάπτυξη Χώρων Υγειονομικής Ταφής Υπολλειμάτων (ΧΥΤΥ) σε νησιωτικές περιοχές. Ταυτόχρονα υπολογίζει τα αντισταθμιστικά οφέλη για την περιοχή που θα χωροθετηθούν οι απαραίτητες υποδομές. Εν συνεχεία, η *33η έρευνα* του Χ. Κίτσου χρησιμοποιεί διάφορα στατιστικά μοντέλα και προτείνει την ανάλυση κινδύνου ως μέθοδο μελέτης της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων. Τέλος, η *34η μελέτη* των Ζαρίκα και Γκίκα παρουσιάζει μια συνδυασμένη ανάλυση πειραματικών ευρημάτων από δύο πιλοτικές διατάξεις μεγάλης κλίμακας για επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων: το πρώτο πείραμα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων της Woodsville (ΗΠΑ)και το δεύτερο πείραμα στη δημοτική εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων της Πάτρας.

Διάφορες μελέτες αναφέρονται στην εξοικονόμηση ενέργειας και στις ανανεώσιμες πηγές. Η *35η εργασία* των Τσεκούρα Π., Χριστοδουλάκη, Τσεκούρα Γ., Λαμάρη Ε. και Λαμάρη Π. αφορά την τεχνο-οικονομική μελέτη ενός συστήματος ηλιακής ψύξης για μια τυπική βιομηχανία και αναδεικνύει τη βιωσιμότητα καινοτόμων τεχνολογιών, όπως η ηλιακή ψύξη, προς αξιοποίησης του πλούσιου εγχώριου ηλιακού και τεχνικού δυναμικού. Η *36η έρευνα* των Κωστάκη και Σαρδιανού εξετάζει τους παράγοντες επηρεασμού, όπως το αυξημένο κόστος επενδύσεων σε συνδυασμό με την μακροπρόθεσμη απόδοσή τους, των αντιλήψεων των επιχειρηματιών του ξενοδοχειακό τομέα στην Ελλάδα αναφορικά με τους

ανασταλτικούς παράγοντες εξοικονόμησης ενέργειας. Η *37η μελέτη* των Καρύτσα και Κωστάκη με τη χρήση πρωτογενούς έρευνας, εξετάζει την παρούσα και μελλοντική διάδοση των οικιακών συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας καθώς και τα εμπόδια που αποτρέπουν τη διάδοση τους και τις ενέργειες που μπορούν να ενθαρρύνουν την υιοθέτησή τους. Ομοίως, η *38η μελέτη* του Α. Μπουλούμπαση χρησιμο-ποιώντας πρωτογενή έρευνα στον κλάδο των οικιακών Φ/Σ και ένα μοντέλο αξιολόγησης υπηρεσιών προσδιορίζει τους παράγοντες επηρεασμού της ικανοποίησης των καταναλωτών από τη χρήση Φ/Σ μαζί με τις συμπεριφορικές τους προθέσεις. Τέλος η *39η έρευνα* των Σκούταρη, Πούπκου και Ζέρβα εξετάζει τις επιπτώσεις της αλλαγής της θερινής ώρας υπό το πρίσμα της εξοικονόμησης ενέργειας σε διαφορετικούς τομείς όπως η οικονομία, η κοινωνία, η υγεία, το περιβάλλον και η ενέργεια.

Οι τελευταίες μελέτες αφορούν ειδικά θέματα διαχείρισης περιβάλλοντος. Η *40η εργασία* των Εξάρχου, Τουρκολιά και Μοιρασγεντή μελετά τη σκοπιμότητα υλοποίησης αστικών αναπλάσεων βάσει της μεθόδου υποθετικής αξιολόγησης (CVM) και με μελέτη περίπτωσης το ιστορικό κέντρο της Αθήνας. Η *41η έρευνα* των Βάσσιου και Λεφάκη μελετά τις απόψεις των δασολόγων σε θέματα ελέγχου και εποπτείας του κράτους στην βιώσιμη διαχείριση δασικών οικοσυστημάτων και φυσικού περιβάλλοντος, στην δασική νομοθεσία και στην προσαρμογή αυτής στην κλιματική αλλαγή. Η *42η εργασία* των Κολιδάκη, Γαλάνη Α. και Μποτζώρη καταγράφει τους στόχους και τα λειτουργικά και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου ποδηλατοδρόμων στην πόλη της Κομοτηνής. Τέλος, η *43η μελέτη* των Γαλάνη Α., Μποτζώρη, Σιάπου και Ηλιού εξετάζει κατά πόσο η τηλεργασία και η χρήση υπηρεσιών διαδικτύου μπορεί να αυξήσει την αποδοτικότητα των εργαζομένων, να μειώσει το κόστος εργασίας και να μειώσει την κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Γεώργιος Χάλκος
Επιστημονικός Υπεύθυνος Συνεδρίου
Καθηγητής Οικονομικής των Φυσικών Πόρων
Διευθυντής Εργαστηρίου Επιχειρησιακών Ερευνών

Άρθρα Συνεδρίου

Ανάλυση μακροχρόνιων σεναρίων μετάβασης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα με ορίζοντα το 2030*

Γεώργιος Χάλκος, Ηλίας Κεβόρκ, Γεωργία Γαλάνη & Παναγιώτης Τζερεμές
Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών,
Σχολή Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
halkos@uth.gr kevork@uth.gr galani@econ.uth.gr tzeremes@econ.uth.gr

Περίληψη
Η μελέτη επικεντρώθηκε στην κατασκευή μακροχρόνιων σεναρίων για την μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αξιοποιώντας Ευρωπαϊκούς και Εθνικούς στόχους, ο βασικός στόχος της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει το πώς οι στόχοι αυτοί αντανακλώνται τόσο από οικονομική όσο και από περιβαλλοντική άποψη. Το μοντέλο κατασκευάστηκε μέσω του λογισμικού Long range Energy Alternatives Planning System (LEAP), περιγράφοντας τις επιπτώσεις της ενεργειακής προσφοράς και της ζήτησης σε συνδυασμό με τις επιπτώσεις τους για τις εθνικές μακροχρόνιες πολιτικές. Συγκεκριμένα, η έρευνα με έγινε με ορίζοντα μέχρι το 2030 για το σύστημα της ενέργειας και της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Τρία σενάρια δημιουργούνται κάτω από διαφορετικές επιλογές, το baseline (το οποίο βασίζεται σε ιστορικές τάσεις), το target 2020 (το οποίο βασίζεται στο ευρωπαϊκό στόχο που είχε τεθεί για το 2020) και το target 2030 (το οποίο βασίζεται στο ευρωπαϊκό στόχο που είχε τεθεί για το 2030). Επιπλέον, δύο σενάρια δημιουργούνται για το ΑΕΠ (μέτριο και αισιόδοξο). Τα αποτελέσματα δείχνουν μια σημαντική στροφή στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2030, κάτι που πρέπει να αντιστραφεί με λύσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Λέξεις Κλειδιά: Κλιματική αλλαγή, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Ελληνικό Ενεργειακό σύστημα, LEAP.
JEL Κωδικοί: Q52, Q54.

An analysis of long-term scenarios for the transition to renewable energy in Greece

George Halkos, Ilias Kevork, Georgia Galani, Panagiotis Tzeremes
Laboratory of Operations Research, Department of Economics,
University of Thessaly, Korai 43, 38333, Volos, Greece

Abstract
The study focused on the construction of long – term scenarios for the transition to renewable energy. Utilizing European and national targets, the key objective of this work is to investigate how these targets are reflected in both economic and environmental terms. The constructed model via the Long range Energy Alternatives Planning System (LEAP) software, describe the impacts of energy supply and demand along with their implications for national long – term policy. Specifically, the research provide a look to the 2030 horizon in the energy and power system in Greece. Three scenarios generated under different options, baseline (which is based on historical trends), target 2020 (which is based on the European target set in 2020) and target 2030 (which is based on the European target set in 2030). Furthermore, two scenarios were generated for GDP (mediocre and optimistic). The results show a substantial shift in electricity generation mix by 2030, something that has to be reversed into renewable energy solutions.

Keywords: Climate change; Renewable energy sources; Greek energy system.
JEL κωδικοί: Q20; Q40; Q41; Q42; Q54.

* Work in this research has received funding from the "GHGsMETI" program, which takes place within the **SYNERGASIA 2011** action and is supported by the European Regional Development fund and Greek National Funds, project number **11SYN_8_118**. The text represents the authors' views.

Ε. Π. Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΝ ΙΙ), ΠΕΠ Μακεδονίας – Θράκης, ΠΕΠ Κρήτης και Νήσων Αιγαίου, ΠΕΠ Θεσσαλίας – Στερεάς Ελλάδας – Ηπείρου, ΠΕΠ Αττικής

1. Introduction

An important issue for public health, economy and the environment is air quality that is negatively related to climate change. Although various policies have been implemented in national and sectoral level, air pollution continues to pose a threat to human health and affect the economy and the environment. However, Europe under the framework of integrated policies, has achieved to reduce emissions of various air pollutants and substances such as sulphur dioxide (SO_2), carbon monoxide (CO), benzene (C_6H_6) and lead (Pb) (European Environment Agency, 2013).

In 2007, targets were set in order to develop an energy efficient and low carbon Europe. These targets, known as the "20-20-20" targets include:

- A 20% reduction in EU greenhouse gas emissions from 1990 levels;
- An increase in the share of EU energy consumption produced from renewable resources to 20%;
- A 20% improvement in the EU's energy efficiency.

Moreover, in 22 January 2014, an integrated policy framework for the period up to 2030 was presented towards a renewable energy economy as the share of renewable energy sources is set to increase by at least 27% till 2030.

The Greek government in an effort to adopt a green economy has included ambitious policies and measures for increasing the use of renewable energy. Specifically, Law 3851/2010 sets the framework for the deployment of renewable energy. The government tries to ensure that the 2020 European targets are met. The development of renewable energy sources in the electricity sector is of crucial importance to achieve the National and European objectives. The overall target of 20% participation of Renewable Energy Sources (hereafter **RES**) in gross final energy consumption is composed of 40% participation of RES in electricity production, 20% in heating and cooling and 10% in transport.

Additionally, it is necessary to make investments in the electricity sector and exploit the potential of wind and solar energy. An important development is to connect Greek islands with abundant wind and solar power potential to the mainland transmission network and to expand hydropower and natural gas capacity (IEA/OECD, 2011).

At national level the energy sector is very important for economic development. From an environmental perspective, the energy sector in Greece can be characterized by the inefficient use of energy, the small reduction of greenhouse gas emissions as well as the slow replacement of conventional fuels (like lignite). Nevertheless, many actions have been initiated in order to comply with EU policies on the management of energy by looking for improvements over the national legal framework considering the production and consumption of energy. Furthermore, Renewable Energy in Greece is at a relatively high level of capacity utilization, particularly in the most prevalent forms, following the global and European trend and creating a national strategy (European Environment Agency, 2012; p. 178).

The remainder of this paper is structured as follows. In Section 2, we explore the basics concerning the penetration of renewable energy sources in the Greek energy system and specifically in the electricity generation sector, providing information for the existing legislative framework. Section 3 presents the Long range Energy Alternatives Planning system (LEAP), the proposed scenarios and the basic key assumptions. Section 4 comments on and analyzes the results of the simulation output, emphasizing the technical, environmental and economic implications. Finally, the last section summarizes our main findings.

2. Background

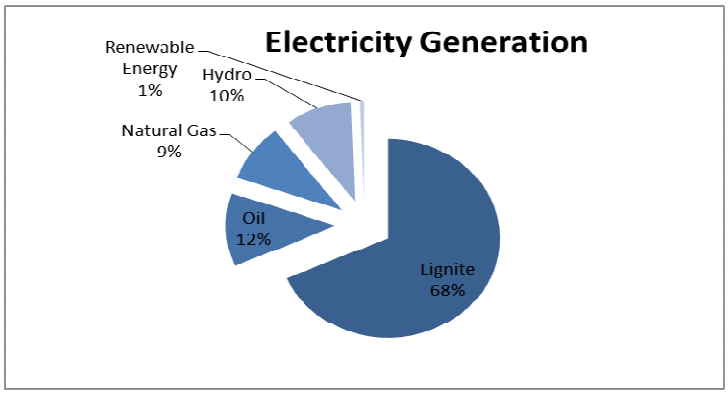
Renewable energy sources constitute a cost-effective solution for the energy sector, the society and the environment offering in terms of energy supply much more friendly solutions compared to conventional fossil fuels. Energy independence, geographical

dispersion and diversity of the primary forms of energy are some of the reasons that are evaluated and included in government planning of many countries worldwide. In economic terms, the use of RES while depending on the economic prosperity of the country, has further a long-term perspective even during a financial crisis. Although, greenhouse gas mitigation strategies are generally considered costly, the renewable energy and more efficient conversion technologies may have positive socioeconomic effects, create employment and lead to increase in exports (Mathiesen et al., 2011).

The Greek Ministry of Environment, Energy and Climate Change confirms the negative effects of climate change the solution of which is one of the key priorities. At regional level, actions required to address climate change must involve a change of the current growth model towards a sustainable, green economy and low or zero carbon emissions through the use of modern technology. The low carbon model should be based on horizontal coordination of mitigation policies that will be implemented in the sectors of energy, industry, transport and agriculture. The Greek Action Plan for Greenhouse Gases Abatement includes the decarbonisation of the Greek energy system by introducing low carbon sources or RES (IEA/OECD, 2011). The Greek renewable energy policy follows EU requirements such as the binding target to increase the share of renewable energy in gross final energy consumption by 2020. The government plans to reach the 2020 renewable energy targets through a combination of measures on energy efficiency and renewable energy[1].

Greece as a developed country has a relatively high energy demand, considering its size, and an above the average consumption per capita. The country's population, according to the census of 2011, reached a total of 10,815,197 inhabitants, placing Greece marginally outside of the ten most populous European countries, but ahead of several major economies which affects the energy demand ranking (Hellenic Statistical Authority, 2012; Marcu, 2011). Energy production in Greece is dominated by the Public Power Corporation (PPC) which holds the biggest share in the supply of electricity. In Figure 1 and for the year 2012, it is shown that the biggest share of electricity generation by PPC came from lignite (68.4%), oil (11.9%), natural gas (9.4%), hydro (9.7%) and renewable energy (0.6%) (Public Power Corporation S.A., 2012). The category hydro represents the large scale hydropower projects while the renewable energy category includes photovoltaic, biomass, small scale hydropower projects and wind parks.[2]

Figure 1: Electricity Generation in Greece in 2012



[1] Policies and measures are described in detail in Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2010).
[2] According to annual report of Public Power Corporation in 2012, hydropower projects can be divided into small and large scale hydropower projects. Small scale hydropower projects are referred as renewable energy resource in contrast to large-scale hydropower projects.

2.1. Legislative framework

According to Law 3851/2010 on the acceleration in the development of RES to deal with climate change and other provisions relating to the jurisdiction of the Ministry of Environment, Energy and Climate Change, the Greek government, proceeded to increase the national goal for participation of RES in final energy consumption to 20%, which specializes in 40% participation of RES in electricity, 20% in heating and cooling needs and 10% in transport (Ministry of Environment, Energy and Climate Change, 2012a).

Considering the economic part of Law 3851/2010, new electricity pricing for the main categories has been submitted and is analyzed in Table 1. The aforementioned Law is an important part of the National Action Plan for Renewable Energy, which taking into account the standards of the European Energy Policy, is prepared to be able to "play the role of a potential tool for monitoring national energy goals" (Ministry of Environment, Energy and Climate Change, 2012a; Law, 3851/2010).

Concerning the energy savings field, Greece has already implemented the 1st Energy Efficiency Action Plan, which provides 9% of energy savings in final energy consumption by the year 2016 in accordance with Directive 2006/32/EC. Moreover, in the context of Law 3855/2010, which has been added to the recent regulation on energy performance of buildings, there is advancement in the development of market mechanisms and implementation of specific measures and policies aimed at achieving this national goal (Ministry of Environment, Energy and Climate Change, 2012a).

Table 1: Electricity power pricing of key Renewable Energy Sources (Greece)

Generating electricity from:	**Energy Price (€ / MWh)**	
	Interconnected system	**Non-interconnected islands**
Wind energy exploited in onshore power installations greater than 50 KW.	87,85	99,45
Wind energy utilized to power installations less than or equal to 50 KW.	250	250
Photovoltaics to 10 KW in the residential sector and small businesses.	550	550
Hydraulic energy utilized by small hydropower stations with installed capacity up to 15 MW.	87,85	87,85
Solar energy utilized by solar thermal power plants.	264,85	264,85
Solar energy utilized by solar thermal power plants with storage system at least two hours.	284,85	284,85
Geothermal Energy low enthalpy (Law 3175/2003).	150	150
Geothermal Energy high enthalpy (Law 3175/2003).	99,45	99,45
Biomass is used by stations ≤ 1 MW.	200	200
Biomass harvested from plants > 1 MW and ≤ 5 MW	175	175
Biomass is used by stations > 5 MW.	150	150

Source: Modified and relying on Law 3851/2010

The Ministerial Decree 19598/01.10.2010 posed the desired ratio of installed capacity and the distribution in time of the various renewable energy technologies. The main

characteristic of this Ministerial Decree is the liberation from the constraints of Geothermal Energy, as well as its participation in the electricity production of the country in the forthcoming years. Besides, in the framework of the interpretative Circular 26928/16.12.2010 some amendments have been implemented, concerning the examination of requests for the installation of Renewable Source power plants on agricultural land of high productivity, including the category of professional farmers (Circular 26928/2010; Ministerial Decree 19598/2010). Finally, in 2011, the Joint Ministerial Decree 28287/12.12.2011 posed a special fee and incentives to household consumers in areas where renewable energy technologies had been installed (Common Ministerial Decree 28287/2011).

2.2. Renewable Energy Sources

The Wind Energy in Greece is at a high level, with a large number of wind turbines and a significant total installed capacity corresponding to aproximately 1800 MW. Furthermore, there are prospects and estimations for the coming years, which are quite encouraging in accordance with the upward trend in recent years. From 1998 and onwards the growth in wind power is quite high and has not declined during the outbreak and the early years of the global financial crisis (HWEA, 2013).

The wind potential in Greece is quite remarkable, having in several parts of the country average wind speeds that are economically exploitable. The highest wind speed is greater than 10 meters per second (m/s) and is located at the southern part of Evia (east of Karystos), in Skyros, Andros, Laconia, Amorgos, western Samos, in the southwestern island of Rhodes, Karpathos and eastern Crete. Speeds 9 to 10 m/s are found in all islands of the Aegean Sea, south Evia, Corfu, Kefalonia, in southern Attica and in scattered parts of Greece. Offshore wind farms in Greece like in most Mediterranean countries are inferior to the first theoretical steps beginning in 2010. The areas of Alexandroupolis, Thassos, Corfu, Kimi, Lemnos and Samothrace were selected to be included to Wind Energy development projects. The horizon for the first development phase of projects in these areas, was determined to be five years from 2012 to 2017, but at the end of 2012 no project was implemented (Ministry of Environment, Energy and Climate Change, 2011; 2012b).

Analyzing the total installed wind power of Greece in the individual regions of the country, it becomes apparent that Central Greece is leading the largest share of production. The total installed capacity of the regions of Peloponnese, Eastern Macedonia and Thrace, Crete and Western Greece, is greater than 100 MW (HWEA, 2013).

The Solar Energy in Greece is expanded with very high growth rates in recent years, mainly in the category of photovoltaic (PV) systems. It is characteristic that from 2009 to 2010 the total installed capacity of PV systems almost fivefold and from 2010 to 2011 tripled while from 2011 to 2012 more than doubled. Still, PV systems are the locomotive of Renewable Sources in Greece, accounting for 88% of new capacity in 2012 (Hellenic Association of PV Companies, 2013).

The solar potential of Greece is one of the best in the European Union, along with the other Mediterranean countries. The location of the country and place between 340 and 420 parallel of the northern hemisphere, gives a mild Mediterranean climate suitable for systems operating utilizing solar radiation. The maximum average potential, measurable with a photovoltaic system of 1 KW is located in the Dodecanese, the Cyclades, Crete, the Sporades, the East Aegean Islands, Attica, in south Central Greece, in the eastern Peloponnese and in Western Macedonia.

In contrast, the lowest rates are located in the north and in eastern Macedonia and Thrace. The exploited potential of the country has rocketed in recent years of only 10,3 MW in 2008 to 1.536 MW in 2012 and 1.862,5 MW as in February 2013, with Greece in the fourth position in Europe and seventh internationally in new PV installed capacity in 2012. In terms

of participation within the country, it is estimated that the total production of solar panels, which touched the 1.7 billion kilowatt hours, covered 3% of the electricity needs of Greece in 2012. This trend shows that it is very likely that in 2013 the output of photovoltaic systems will overcome wind power for the first time (Hellenic Association of PV Companies, 2013).

Analyzing the distribution of total installed capacity in 2012 in Greece by photovoltaic systems in regions of the country we conclude that the Peloponnese is leading with Central and Western Greece to follow. In contrast, concerning the total installed capacity of photovoltaic systems on roofs of houses, the Region of eastern Macedonia and Thrace holds the primacy, with the Peloponnese and central Greece to follow (Hellenic Association of PV Companies, 2013).

Hydropower in Greece has several large, economically exploited potential, which is estimated at around 80 TWh. Until today, the rate of capacity utilization that is around 40% was derived from 16 major hydropower projects and many small which are all under the operation of the Public Power Corporation (PPC) while private investors do not participate in the production until now. Greece is a fairly mountainous country with a rich potential of waterfalls due to the configuration of the basin, but also due to several rainfalls, creating a considerable hydropower potential, quite capable of significant generation of electricity. The active and under-construction facilities, as well as areas of interest, for large and small-scale hydropower stations respectively, are accumulated mainly in Western Greece where annual rainfall is around 260 cm. The locations where the rain gets the highest values are found in the prefectures of Ioannina, Grevena, Trikala, Arta, Karditsa, Evrytania, Phocis and Achaia (Athens Water Supply and Sewerage Company, 2010).

Unlike large-scale hydroelectric power plants, small plants, that by 2013 their total installed capacity reached only the 218 MW, have several pending applications for new stations that are in various procedural stages. Thus, there would be an increase of power in the coming years, which, due to the fact that as small-scale stations are those who have a capacity below 10 MW, is not expected to be a large-scale annual increase (Operator of Electricity Market S.A., 2012).

3. Utilization of LEAP System

The Long range Energy Alternatives Planning System (hereafter **LEAP**) is a widely-used software tool for energy policy analysis and climate change mitigation assessment developed by the Stockholm Environment Institute. LEAP has been adopted by thousands of organizations in more than 190 countries worldwide. LEAP is fast becoming the de facto standard for countries undertaking integrated resource planning, greenhouse gases (hereafter **GHG**) mitigation assessments, and Low Emission Development Strategies (LEDS) especially in the developing world. Many countries have also chosen to use LEAP as part of their commitment to report to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

There are various studies in Greece that have been conducted in order to provide the literature with long-term projections in the energy sector using LEAP. Giatrakos et al. (2009) evaluated the present electrical energy status, and examine the possibility of further penetration of sustainable energy for Crete. Analysis shows that even the most modest and realistic RES implementation scenarios, combined with a partially successful demand restriction, could indeed contract the island's environmental footprint. RES penetration into Crete's electric system seems to be able to surpass 30% by 2020, satisfying even the optimistic European targets. Roinioti et al. (2012) constructed energy scenarios for the future with a focus on the Greek electricity production system and explore how these scenarios are reflected in economic and environmental terms as well as in terms of energy efficiency.

Papagiannis et al. (2008) present the results of an analysis on the economic and environmental impacts of the application of an intelligent demand side management system, called the Energy Consumption Management System (ECMS), in the European countries. The long-term impacts following the application of the system are evaluated using the LEAP platform. Results show that under a reasonable market penetration, a reduction of 1–4% in primary energy, of 1.5–5% in CO_2 emissions and a 2–8% savings in investment costs for power generation expansion is to be expected for the EU-15.

3.1 Construction of scenarios

Scenarios are self-consistent story lines of the evolution of future energy systems in the context of a specific set of conditions. Scenarios assemble information about different trends and possibilities into internally consistent images of plausible alternative futures (Wiseman et al., 2011; Carter, 2007; Moss et al., 2010). The main concept of LEAP is an end-use driven scenario analysis with a baseline scenario and alternative scenarios. The scenarios are used for a number of "what if" questions under the arrangement of user-defined assumptions. The set of conditions is detailed in the scenarios and are constructed in order to encompass some factors (parameters) that are anticipated to change.

In our case there are three scenarios generated under different options. The policy options and key assumptions that the scenarios are based are depicted in Table 2. That is:

Baseline Scenario: The first scenario is the "Baseline", which is based on historical trends from 1990 till 2010. Changes in GDP and annual growth are given in Table 3. The projected potential withdrawals of Power Plants are given in Table 4 (Ministry of Environment, Energy and Climate Change, 2013).

Target 2020 Scenario: The second scenario is based on the European target set in 2007, in order to develop an energy efficient and low carbon Europe via an increase in the share of EU energy consumption produced from renewable resources to 20%. According to the government, Law L3851/2010 states that the protection of the climate or the reduction of GHG emissions, through the promotion of electrical energy production from RES is a crucial element of the energy sector of the country. The further specific targets include RES electricity share (40%), RES heating and cooling share for the household sector (20%), and RES transport share (10%) in order to achieve the national target of 20% contribution of the energy produced from RES to the gross final energy consumption. This target will be achieved through the large penetration of RES technologies in electricity production, heat supply and transport sector.

The changes in GDP and annual growth that are used *in target 2020 scenario* are given in Table 3, as for the *Baseline scenario*. Finally, we assume a 50% increase of RES capacity, which corresponds to 5.311,7 MW. Specifically, as the Hellenic Transmission System Operator S.A. publishes binding and final Offers for Connection System or Network for power stations of Renewable Energy and Stations and cogeneration plants of Electricity & Heat and High Performance (CHP), we assume that till 2020 will be achieved half of the non binding offers. Table 5 describes in details the structure of the assumed generated capacity per RES category.

Target 2030 Scenario: We follow the target set in 22 January 2014 by the European Commission towards a renewable energy economy. Specifically, the share of renewable energy penetration in final consumption is set to increase at least 27% by 2030. This will be achieved by the introduction of RES in industry. Following Heaps et al. (2009) concerning the industry sector, CO_2 emissions can be further reduced through the increased use of biomass, natural gas and increased participation of RES in electricity, the iron and steel production sector, the cement production, chemicals production and other industrial subsectors. As far as

the changes in demographic and macroeconomic variables that are used in *target 2030 scenario* these are given in Table 3, as for the *Baseline* and *target 2020 scenarios*.

3.2 GDP subscenarios

According to changes in GDP there have been constructed two subscenarios named mediocre and optimistic. The results of the three scenarios analyzed previously take into account the two subscenarios of GDP which are defined in detail.

Mediocre scenario: In this scenario forecasts takes into account the OECD estimates. In particular, we have utilized time series of GDP for the period between 1980 and 2013. In that dataset there was added the years 2014 and 2015 conforming to OECD estimates. Three forecasting models for the period between 2016 and 2030 were considered as the most appropriate such as: (1) the model of double exponential smoothing with the lowest MAE, (2) the stochastic model ARIMA (0,2,1) without constant term with the lowest prices on the criteria Akaike Info, Schwarz, and Hannan-Quinn, as well as (3) the ARIMA (2,2,2) with constant term achieving the lowest price in MAPE.

Optimistic scenario: The forecasts for the period between 2016 and 2030 of this subscenario take account of the IMF estimates. In particular, in the dataset 1980-2013, there was added the years 2014 to 2019 conforming to IMF estimates. Three forecasting models for the period between 2020 and 2030 were considered as the most appropriate such as: (1) the model of double exponential smoothing with the lowest MAE, (2) the stochastic model ARIMA (0,2,1) without constant term with the lowest prices on the criteria Akaike Info, Schwarz, and Hannan-Quinn, as well as (3) the ARIMA (2,2,2) with constant term achieving the lowest price in MAPE. Between the three models we receive the highest predicted value of GDP.

Finally, we assume a 100% increase of RES capacity, which corresponds to 10.563,2 MW. Specifically, as in the previous scenario and relying on the Hellenic Transmission System Operator S.A., The last column of Table 5 describes in details the structure of the assumed generated capacity per RES category.

Table 2: Policy options and assumptions for scenario generation

Scenario	Policy options	Assumptions
Baseline		The historical trends will continue. Changes in GDP and annual growth are given in Table 3 and potential withdrawals of Power Plants are given in Table 4.
Target 2020	European target: 20 % penetration of RES in final consumption till 2020. Greek Government target: The enactment of Law 3851/2010 RES specializes in a 40 % increase of electricity, 20% increase of the thermal RES and 10 % increase of biofuels.	Changes in GDP and annual growth are given in Table 3 and the potential withdrawals of Power Plants are given in detail in Table 4. Increase of Renewable Sources utilization up to 5.311,7 MW is presented in details in Table 5
Target 2030	European target: 27% increase of RES penetration in final consumption in 2030. This will be achieved by the introduction of RES in industry.	Changes in GDP and annual growth are given in Table 3 and potential withdrawals of Power Plants are given in Table 4. Increase of Renewable Sources utilization up to 10.563,2 MW is presented in details in Table 5

Table 3: Changes of GDP for two scenarios till 2030.

Mediocre scenario										
1990	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	
42.851	52.921	61.178	68.885	78.119	89.555	98.397	108.886	118.398	126.155	
20.7%	23.5%	15.6%	12.6%	13.4%	14.6%	9.9%	10.7%	8.7%	6.6%	
2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	
136.282	146.428	156.614	172.432	185.266	193.050	208.622	223.160	233.198	231.081	
8.0%	7.4%	7.0%	10.1%	7.4%	4.2%	8.1%	7.0%	4.5%	-0.9%	
2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	
222.152	208.532	193.347	182.054	178.959	180.212	182.056	184.292	186.389	188.683	
-3.9%	-6.1%	-7.3%	-5.8%	-1.7%	0.7%	1.0%	1.2%	1.1%	1.2%	
2020	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
190.853	193.157	195.373	197.686	199.939	202.265	204.551	206.892	209.208	211.568	213.913
1.2%	1.2%	1.1%	1.2%	1.1%	1.2%	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%
Optimistic scenario										
1990	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	
42.851	52.921	61.178	68.885	78.119	89.555	98.397	108.886	118.398	126.155	
20.7%	23.5%	15.6%	12.6%	13.4%	14.6%	9.9%	10.7%	8.7%	6.6%	
2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	
136.282	146.428	156.614	172.432	185.266	193.050	208.622	223.160	233.198	231.081	
8.0%	7.4%	7.0%	10.1%	7.4%	4.2%	8.1%	7.0%	4.5%	-0.9%	
2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	
222.152	208.532	193.347	182.054	182.229	188.286	197.406	206.944	216.695	226.487	
-3.9%	-6.1%	-7.3%	-5.8%	0.1%	3.3%	4.8%	4.8%	4.7%	4.5%	
2020	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
236.364	246.444	256.727	267.224	277.936	288.863	300.007	311.366	322.940	334.731	346.737
4.4%	4.3%	4.2%	4.1%	4.0%	3.9%	3.9%	3.8%	3.7%	3.7%	3.6%

]

3.1.1. Structure of LEAP dataset

3.1.1.1. LEAP "tree"

The LEAP "tree" in the case of Greece includes a demand dataset describing the energy use in each branch "tree'' in the base year and through 2030. It also includes various demographic and economic indicators. The sources used for energy demand data include the Hellenic Statistical Authority (El. Stat)[3], Eurostat[4], Bank of Greece[5] World Bank, and OECD[6]. The dataset depicted in Table 6, includes activities–such as number of households, economic output, fuel shares and energy intensities. The demand includes six sectors: Households, Agriculture and Fishing, Services, Industry, Transport and the Non-Energy Fuel Use. This is accompanied by various demographic and economic indicators.

[3] http://www.statistics.gr/

[4] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/

[5] http://www.bankofgreece.gr/Pages/default.aspx

[6] http://www.oecd.org/

Table 4: Projected potential withdrawals of power stations

Withdrawal of Power Units	Power Output (MW)	Power Units	Fuel
2011	64	Ptolemaida 1	Lignite
2011	113	Megalopoli 1	Lignite
2011	113	Megalopoli 2	Lignite
2012	117	Ptolemaida 2	Lignite
2012	33	Liptol	Fuel oil
2013	144	Aliveri 3	Fuel oil
2013	145	Aliveri 4	Fuel oil
2014	145	Laurio 1	Fuel oil
2014	285	Laurio 2	Fuel oil
2014	173	Laurio 3	Natural Gas
2014	117	Ptolemaida 3	Lignite
2015	153	Ag. Geor. 8	Natural Gas
2015	185	Ag. Geor. 9	Natural Gas
2015	276	Ptolemaida 4	Lignite
2019	275	Kardia 1	Lignite
2019	275	Kardia 2	Lignite
2019	300	Kardia 3	Lignite
2019	275	Kardia 4	Lignite
2019	273	Amintaio 1	Lignite
2019	273	Amintaio 2	Lignite
2022	274	Ag. Dimitrios 1	Lignite
2022	274	Ag. Dimitrios 2	Lignite
2022	283	Ag. Dimitrios 3	Lignite
2022	283	Ag. Dimitrios 4	Lignite
2024	260	Megalopoli 4	Lignite
2024	270	Megalopoli 3	Lignite

Source: Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2013)

Table 5: Generation capacity projections per RES category till 2020 and 2030

RES	Capacity (MW) 2020	Capacity (MW) 2030
Photovoltaics	207,5 MW	415 MW
Wind Park	4.666,5 MW	9.333 MW
Small Hydro	350,2 MW	640,2 MW
Biomass	87,5 MW	175 MW
TOTAL	5.311,7 MW	10.563,2 MW

http://www.desmie.gr/ape-sithya/stathmoi-ape-sithya-me-prosfora-syndesis/

As can be seen from Table 6, Households' sector fuel categories used in the model include natural gas, solar, wind, biomass, heat, electricity and coal. Agriculture and Fishing fuel categories include petroleum products, geothermal, electricity, and biomass. Services fuel categories include petroleum products, solar, wind, electricity, biomass and natural gas. Industry is further divided into sub-sector, such as iron and steel, chemical and petrochemical, non- ferrous metals, non-metallic minerals, transport equipment, paper pulp and printing, wood and wood products, textile and leather, construction, mining and quarrying, other industry. Transport is divided into road, rail, domestic aviation, domestic shipping, pipelines, other Transport. Non Energy Fuel Use includes petroleum products and natural gas.

Table 6: Energy Demand Structure

Sectors/ Indicators	Sub-sectors	Fuel categories	Sources
Households		Natural gas, solar, wind, biomass, heat, electricity, coal	El.Stat, Eurostat, World Bank, OECD
Agriculture and Fishing		Petroleum products, geothermal, electricity, biomass	El.Stat, Eurostat, World Bank, OECD
Services		Petroleum products, solar, wind, electricity, biomass, natural gas	El.Stat, Eurostat, World Bank, OECD
Industry	Iron and Steel, Chemical and Petrochemical, Non Ferrous Metals, Non Metallic Minerals, Transport equipment, Paper Pulp and Printing, Wood and Wood Products, Textile and Leather, Construction, Mining and Quarrying, Other Industry	Lignite, coal, electricity, natural gas, biomass– biogas	El.Stat, Eurostat, World Bank, OECD
Transport	Road, Rail, Domestic Aviation, Domestic Shipping, Pipelines, Other Transport	Petroleum products, electricity, natural gas, biomass– biogas	El.stat, Eurostat, World Bank, OECD
Non Energy Fuel Use		Petroleum products, natural gas	El.Stat, Eurostat, World Bank, OECD

3.1.1.2. Transformation Modules

The fuel supply portion of the dataset is divided into five transformation modules: Distribution Losses, Own Use, Combined Heat and Power (CHP) Production, Electricity Generation and Oil Refining (see Table 7). The LEAP model of Greece includes primary resources, such as crude oil, lignite, or wind energy and secondary resources such as electricity or oil products.

4. Results

4.1 Baseline scenario with mediocre scenario

In the Baseline Scenario, the historical trends will continue to be the same without any change. All three scenarios take into account the economic crisis and consequent decrease in energy consumption. Figure 2 presents the total installed capacity in the Electricity sector. The changes in fuels use in Figure 2 are described in details in table 8. As can be observed the use of lignite in the electricity sector in 2020 will decrease by 22% and in 2030 by 44% compared to the use in 2010. Oil products will decrease by 18% in 2020 and by 35% in 2030. However, there will be a substantial increase in the use of natural gas, biomass, geothermal wind, photovoltaic and small hydro energy. The category large hydro it is not included in the renewable energy resources. The international trend is to exclude large hydropower projects from the national planning due to the large construction costs and the intense deterioration of the environment (PPC, 2012;.WWF Greece, 2010).[7]

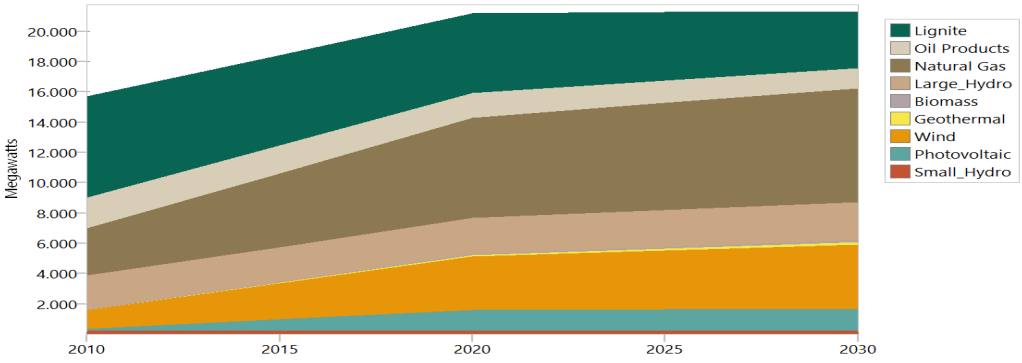
[7] Scale is important when the effect of hydropower on the environment is considered. Large-scale hydropower sources with dams are a renewable energy source (under the condition that water is preserved and does not decline) but create serious environmental problems. That is *hydropower* is considered as a RES but construction of dams in both large-scale and run of river installations has a negative effect on the aquatic ecosystem by blocking fish migration and water flows. This leads among others to reduction in fish populations and to serious

Table 7: Fuel supply dataset of Greece

Module	Process types	Fuels	Sources
Distribution Losses	Process	Electricity, natural gas	El. Stat, Eurostat, PPC[8]
Own Use	Process	Electricity, natural gas, Lignite, Petroleum products	El. Stat, Eurostat, PPC
CHP Production	Output Fuels	Electricity	El. Stat, Eurostat, PPC
	Process	Natural gas, Lignite, Oil, Biomass	El. Stat, Eurostat, PPC
Electricity Generation	Output Fuels	Electricity	El. Stat, Eurostat, PPC
	Process	Natural gas, Lignite, Oil, Biomass-Biogas, Wind, Photovoltaic, Large_Hydro, Small Hydro, Geothermal	El. Stat, PPC, CRES[9], RAE[10], H.T.S.O.S.A[11]
Oil Refining	Process	Crude oil	El. Stat, Eurostat, PPC

Without any implementation of measures to reduce primary sources of energy production in electricity sector, such as lignite, based on the current data RES share of electricity production will increase by 25% in 2020 and by 29% in 2030 as it is shown in Table 9. The total energy requirements by fuel source over the modeling period are shown in Figure 3. The RES primary energy demand increases at the expense of fossil fuels such as lignite because of the announced withdrawals of Power Stations by the Public Power Corporation. Table 10, depicts the demand energy requirements share per fuel in details as shown graphically in Figure 3. Generally, without any environmental policy to increase the share of renewable energy sources in total energy consumption, their percentages will raise up to 7,3% in 2020 and 8% in 2030.

Figure 2: Capacity projection in Electricity sector (in MW)



environmental problems. Small, micro- and mini-hydro installations have much lower environmental effects and in cases of areas without grid access may be an important source of electricity.

[8] http://www.dei.gr/

[9] http://www.cres.gr/kape/index.htm

[10] http://www.rae.gr/site/portal.csp

[11] http://www.desmie.gr/nc/en/home/

Table 8: Capacity projection in Electricity sector (in MW)

	2010	2015	2020	2025	2030
Lignite	6716	5982.3	5248.5	4514.8	3781
Oil Products	2016	1838	1660	1482	1304
Natural Gas	3123	4866.5	6610	7072.5	7535
Large_Hydro	2237	2305	2373	2441	2509
Biomass	43	63.3	83.5	100.5	117.6
Geothermal	0	24	79.3	134.7	190
Wind	1230.9	2386.3	3541.6	3885.8	4230
Photovoltaic	158.5	773	1387.5	1411.8	1436
Small_Hydro	205	211.3	217.5	223.8	230
Total	15729.4	18449.7	21200.9	21266.9	21332.6

Table 9: RES share in electricity sector

	2010	2015	2020	2025	2030
RES share in electricity production (MW)	1637.4	3457.9	5309.4	5756.6	6203.6
% RES share in electricity production	10.4%	18.7%	**25%**	27%	**29%**

Figure 3: Demand Energy requirements per fuel

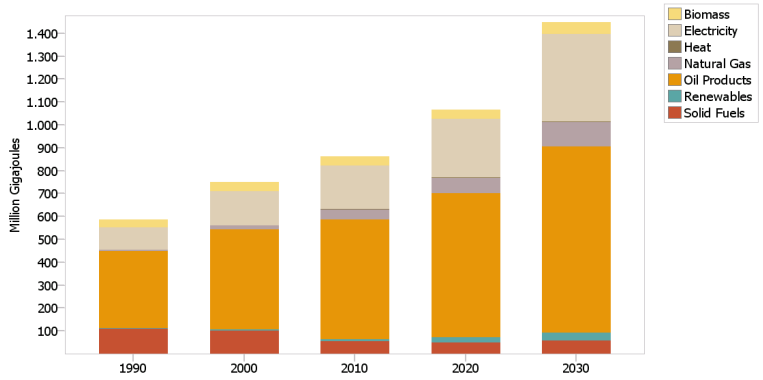


Table 10: Demand Energy requirements share per fuel

	1990	2000	2010	2020	2030
Biomass	3.5	4	4.7	5.3	5.6
Electricity	16.9	20	22.1	22.5	25.5
Heat	0	0.2	0.2	0.2	0.2
Natural Gas	0.7	2.1	5.1	6.2	7.2
Oil Products	59.7	58.7	60.6	59.1	51.2
Other Renewable	0.4	0.6	1.1	2	2.4
Solid Fuels	18.8	14.4	6.3	4.7	3.9
Total Renewable	3.9	4.6	5.8	**7.3**	**8**

4.2 Target 2020 scenario with mediocre scenario

As mentioned, the second scenario is based on the European target to develop an energy efficient and low carbon Europe via an increase to 20% in the share of EU energy consumption produced from renewable sources. The Greek government promotes the specific European targets which include RES electricity share (40%), RES heating and cooling share

for household (20%), and RES transport share (10%) in order to achieve the national target of 20% contribution of the energy produced from RES to the gross final energy consumption. Figure 4 shows the total installed capacity in the electricity sector till 2030. As it can be seen the use of lignite will decrease by 22% in 2020 and by 44% in 2030 compared to the year 2010 as in the baseline scenario.

The difference in this scenario is the smooth increase of energy demand for natural gas and a greater increase in small hydro, biomass, geothermal, wind, and photovoltaic compared to the baseline scenario as it is depicted in detail in Table 11. In Target 2020 scenario RES share in electricity sector will increase by 40.8% in 2020 and by 42.4% in 2030 as it is shown in Table 12. RES heating and cooling share (20%) and RES transport share (10%) targets are depicted in Figures 5 and 6. The primary energy requirements by fuel source over the modeling period are shown in Figure 7. Specifically, Table 13 shows the percentage share of total energy consumption demand per fuel. Total renewable share in energy consumption amounts 20,3% in 2020 and 22,7% in 2030 in the framework of Target 2020 Scenario. In renewable energy resources category only the small-scale hydropower projects are included and not the large hydro.

Figure 4: Capacity projection in Electricity sector (in MW)

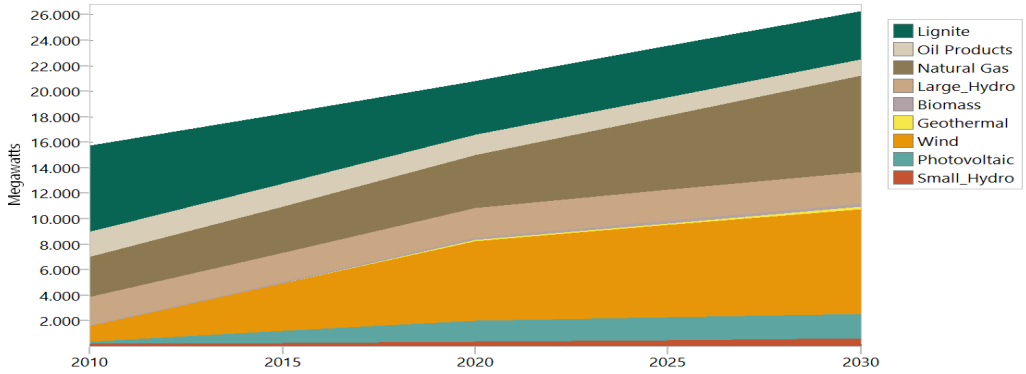


Table 11: Capacity projection in Electricity sector (in MW)

	2010	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
Lignite	6716	5474	4232	4006.5	3781
Oil Products	2016	1808	1600	1452	1304
Natural Gas	3123	3616.5	4110	5822.5	7535
Large_Hydro	2237	2305	2373	2441	2509
Biomass	43	107.3	171.5	194.6	217.6
Geothermal	0	24	79.3	134.7	190
Wind	1230.9	3719.7	6208.5	7208.3	8208
Photovoltaic	158.5	926.9	1695.2	1800.6	1906
Small_Hydro	205	277.6	350.2	495.2	640.2
Total	15729.4	18259	20819.7	23555.4	26290.8

Table 12: RES share in electricity sector

	2010	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
RES share of electricity production (MW)	1637.4	5055.5	8504.7	9833.4	11161.8
% RES share of electricity production	10.4%	27.7%	**40.8%**	41.7%	**42.4%**

Figure 5: Households Energy Consumption per fuel

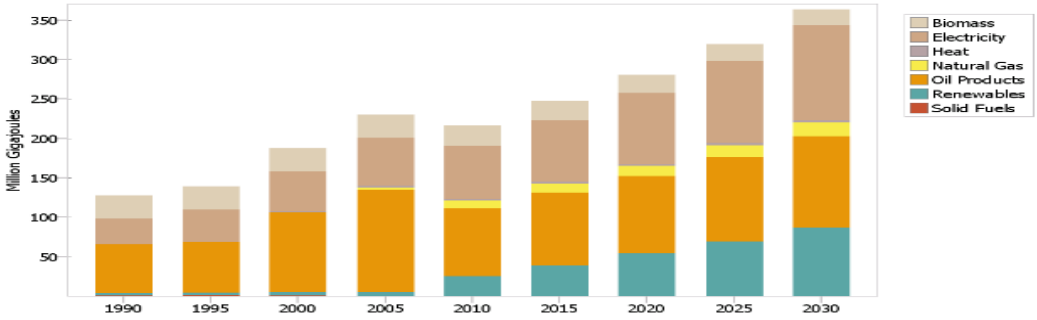


Figure 6: Transport Energy Consumption per fuel

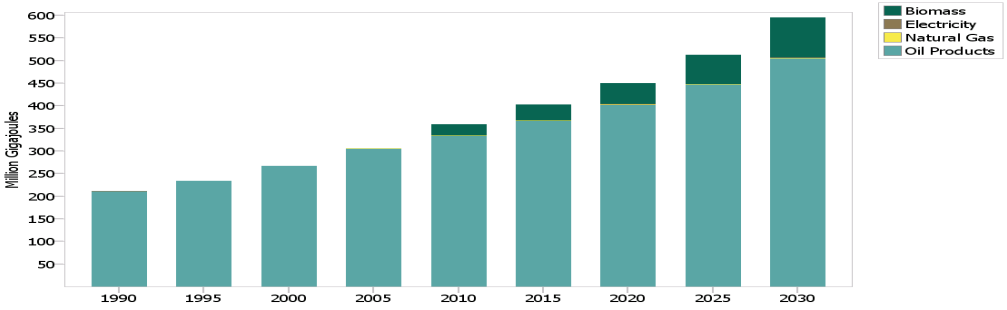


Figure 7: Total Energy Consumption per fuel

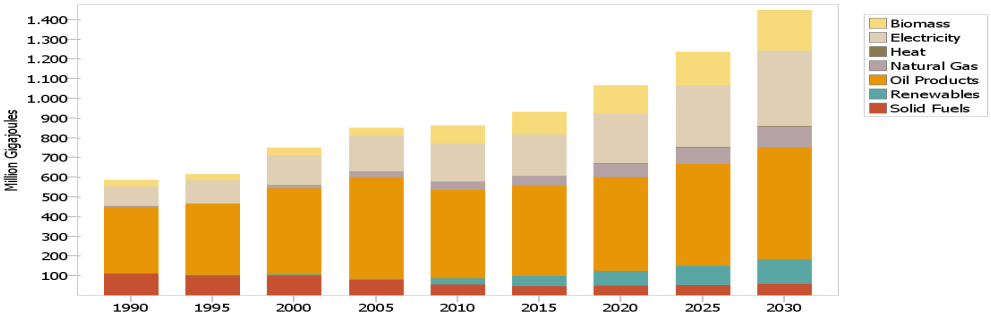


Table 13: Total Energy Consumption share per fuel (%)

	2010	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
Biomass	10.7	12.3	13.5	13.8	14.2
Electricity	22.1	22.3	23.9	25.2	26.5
Heat	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Natural Gas	5.1	5.5	6.2	6.7	7.2
Oil Products	51.8	49.1	44.8	42	39.4
Other Renewable	3.9	5.5	6.8	7.7	8.5
Solid Fuels	6.3	5	4.7	4.3	3.9
Total Renewable	14.6	17.8	**20.3**	21.5	22.7

4.3 Target 2030 scenario with mediocre scenario

In Target 2030 scenario we follow the target set by the European Commission to increase the share of renewable energy penetration by at least 27% in 2030. This will be achieved by the introduction of RES in industry. Following Heaps et al. (2009) concerning the industry sector scenario generation, CO_2 emissions can be further reduced through the increased use of natural gas, biomass and higher participation of RES in electricity, iron and steel, cement and chemicals production sectors and in other industrial subsectors. Finally, we assume a 100% increase of Renewable Energy Sources capacity, which corresponds to 10.563,2 MW. Specifically, as mentioned above relying on the Hellenic Transmission System Operator S.A. we assume that till 2030 100% of the non binding offers will be achieved. Figure 8 and table 14 depict the energy consumption per fuel in the industry sector. Figure 9 depicts the total energy consumption requirements per fuel. As can be seen in Table 15, the total renewable share in 2030 amounts to 29%.

Figure 8: Industry's Energy Consumption per fuel

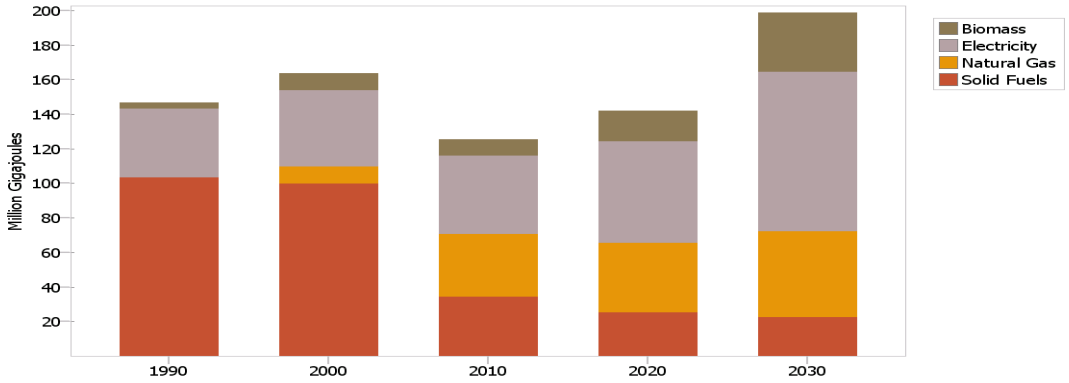


Table 14: Industry's Energy Consumption share per fuel

	1990	2000	2010	2020	2030
Biomass	2.4	6	7.6	12.4	17.2
Electricity	27.1	27	36.2	41	43.4
Natural Gas	0	6.1	28.3	28.8	31
Solid Fuels	70.4	60.9	27.9	17.7	8.3

Figure 9: Energy Consumption per fuel

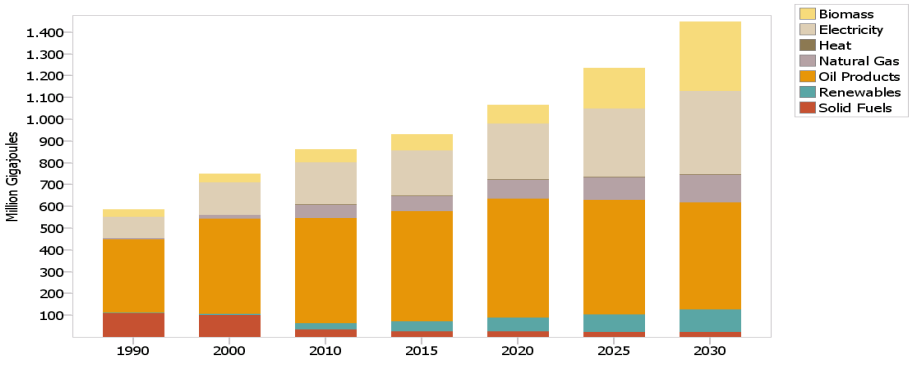


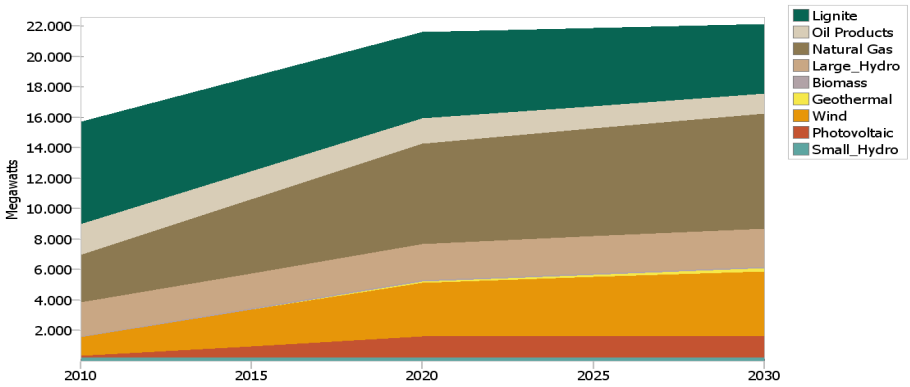
Table 15: Energy Consumption share per fuel

	2010	2015	2020	2025	2030
Biomass	10.7	12.3	13.5	15.2	21.9
Electricity	22.1	22.3	23.9	25.3	26.5
Heat	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Natural Gas	5.1	5.5	6.2	8.5	8.7
Oil Products	51.8	49.1	44.8	42.4	33.9
Other Renewable	3.9	5.5	6.8	6.6	7.1
Solid Fuels	6.3	5	4.7	1.9	1.6
Total Renewable	14.6	17.8	20.3	21.8	**29**

4.4 Baseline scenario with Optimistic scenario

In the Baseline Scenario, the historical trends will continue to be the same without any change. All three scenarios take into account the economic crisis and consequent decrease in energy consumption. Figure 10 presents the total installed capacity in the Electricity sector. The changes in fuels use in Figure 10 are described in detail in table 15. As can be observed the use of lignite in the electricity sector in 2020 will decrease by 23% and in 2030 by 45% compared to the use in 2010. Oil products will decrease by 17% in 2020 and by 34% in 2030. However, there will be a substantial increase in the use of natural gas, biomass, geothermal wind, photovoltaic and small hydro energy. The category large hydro it is not included in the renewable energy resources. The international trend is to exclude large hydropower projects from the national planning due to the large construction costs and the intense deterioration of the environment (PPC, 2012;.WWF Greece, 2010).[12]

Figure 9: Capacity projection in Electricity sector (in MW)



Without any implementation of measures to reduce primary sources of energy production in electricity sector, such as lignite, based on the current data RES share of electricity production will increase by 24.7% in 2020 and by 28.4% in 2030 as it is shown in Table 16. The total energy requirements by fuel source over the modeling period are shown in

[12] Scale is important when the effect of hydropower on the environment is considered. Large-scale hydropower sources with dams are a renewable energy source (under the condition that water is preserved and does not decline) but create serious environmental problems. That is *hydropower* is considered as a RES but construction of dams in both large-scale and run of river installations has a negative effect on the aquatic ecosystem by blocking fish migration and water flows. This leads among others to reduction in fish populations and to serious environmental problems. Small, micro- and mini-hydro installations have much lower environmental effects and in cases of areas without grid access may be an important source of electricity.

Figure 10. The RES primary energy demand increases at the expense of fossil fuels such as lignite because of the announced withdrawals of Power Stations by the Public Power Corporation. Table 17, depicts the demand energy requirements share per fuel in details as shown graphically in Figure 10. Generally, without any environmental policy to increase the share of renewable energy sources in total energy consumption, their percentages will raise up to 5.8% in 2020 and 5.9% in 2030.

Table 15: Capacity projection in Electricity sector (in MW)

	2010	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
Lignite	6716	6107,3	5498,5	4889,8	4281
Oil Products	2016	1838	1660	1482	1304
Natural Gas	3123	4866,5	6610	7072,5	7535
Large_Hydro	2237	2305	2373	2441	2509
Biomass	43	63,3	83,5	100,5	117,6
Geothermal	0	24	79,3	134,7	190
Wind	1230,9	2386,3	3541,6	3885,8	4230
Photovoltaic	158,5	773	1387,5	1411,8	1436
Small_Hydro	205	211,3	217,5	223,8	230
Total	15729,4	18574,5	21450,9	21641,8	21832,6

Table 16: RES share in electricity sector

	2010	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
RES share in electricity production (MW)	1637.4	3457.9	5309.4	5756.6	6203.6
% RES share in electricity production	10.4%	18.6%	24.7%	26.5%	28.4%

Figure 10: Demand Energy requirements per fuel

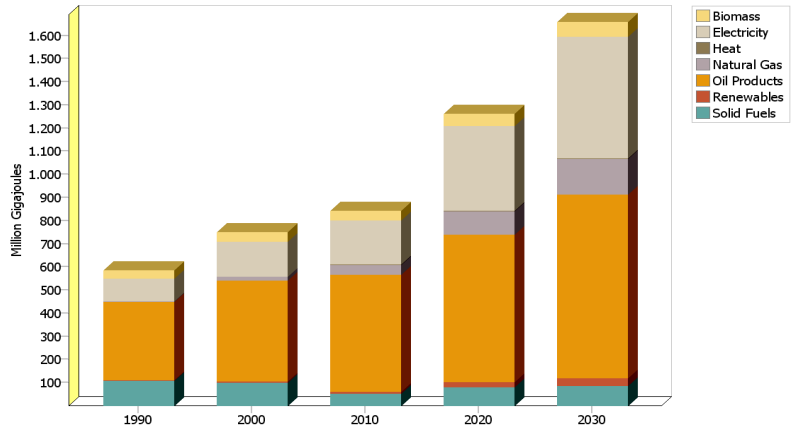


Table 17: Demand Energy requirements share per fuel

	1990	2000	2010	2020	2030
Biomass	3.5	4	4.7	4,1	3,7
Electricity	16.9	20	22.1	29	31,7
Heat	0	0.2	0.2	0,2	0,2
Natural Gas	0.7	2.1	5.1	8	9,3
Oil Products	59.7	58.7	60.6	50,5	47,8
Other Renewable	0.4	0.6	1.1	1,7	2,1
Solid Fuels	18.8	14.4	6.3	6,5	5,2
Total Renewable	3.9	4.6	5.8	**5.8**	**5.9**

4.5 Target 2020 scenario with Optimistic scenario

As mentioned, the second scenario is based on the European target to develop an energy efficient and low carbon Europe via an increase to 20% in the share of EU energy consumption produced from renewable sources. The Greek government promotes the specific European targets which include RES electricity share (40%), RES heating and cooling share for household (20%), and RES transport share (10%) in order to achieve the national target of 20% contribution of the energy produced from RES to the gross final energy consumption. Figure 11 shows the total installed capacity in the electricity sector till 2030. As it can be seen the use of lignite will decrease by 22% in 2020 and by 44% in 2030 compared to the year 2010 as in the baseline scenario.

The difference in this scenario is the smooth increase of energy demand for natural gas and a greater increase in small hydro, biomass, geothermal, wind, and photovoltaic compared to the baseline scenario as it is depicted in detail in Table 18. In Target 2020 scenario RES share in electricity sector will increase by 41.4% in 2020 and by 42.5% in 2030 as it is shown in Table 19. RES heating and cooling share (20%) and RES transport share (10%) targets are depicted in Figures 19 and 20. The primary energy requirements by fuel source over the modeling period are shown in Figure 21. Specifically, Table 20 shows the percentage share of total energy consumption demand per fuel. Total renewable share in energy consumption amounts 21.3% in 2020 and 23.4% in 2030 in the framework of Target 2020 Scenario. In renewable energy resources category only the small-scale hydropower projects are included and not the large hydro.

Figure 11: Capacity projection in Electricity sector (in MW)

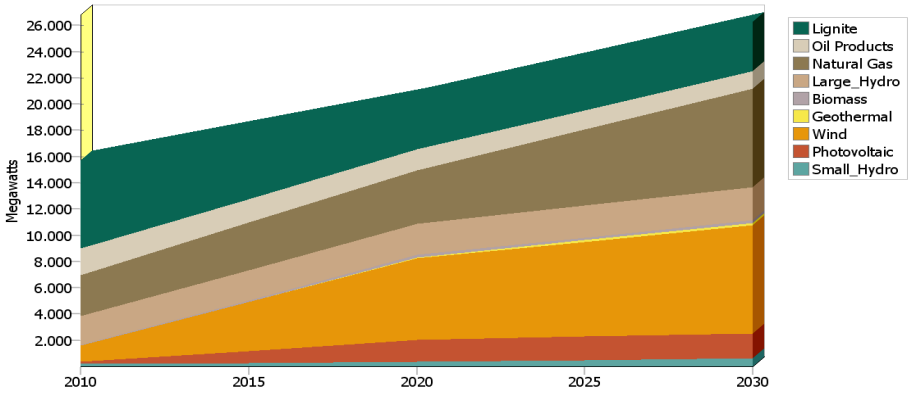


Table 18: Capacity projection in Electricity sector (in MW)

	2010	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
Lignite	6716	5324	3932	3856,5	3781
Oil Products	2016	1808	1600	1452	1304
Natural Gas	3123	3616,5	4110	5822,5	7535
Large_Hydro	2237	2305	2373	2441	2509
Biomass	43	107,3	171,5	194,6	217,6
Geothermal	0	24	79,3	134,7	190
Wind	1230,9	3719,7	6208,5	7208,3	8208
Photovoltaic	158,5	926,9	1695,2	1800,6	1906
Small_Hydro	205	277,6	350,2	495,2	640,2
Total	15729,4	18108,9	20519,7	23405,3	26290,8

Table 19: RES share in electricity sector

	2010	2015	2020	2025	2030
RES share of electricity production (MW)	1637.4	5055.5	8504.7	9833.4	11161.8
% RES share of electricity production	10.4%	27.9%	**41.4%**	42%	42.5%

Figure 19: Households Energy Consumption per fuel

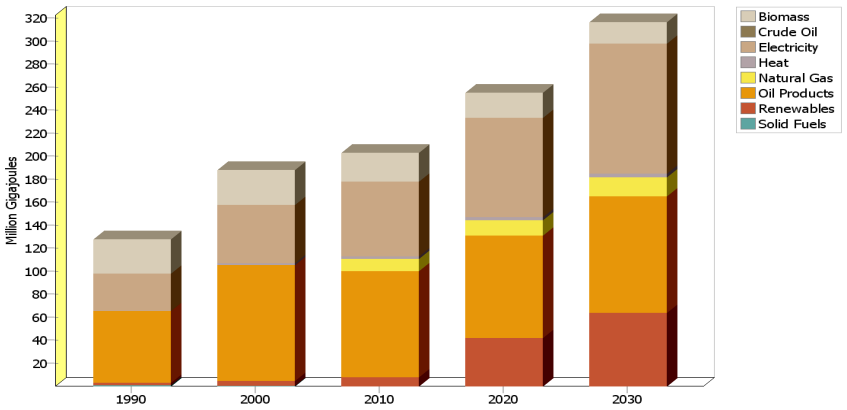


Figure 20: Transport Energy Consumption per fuel

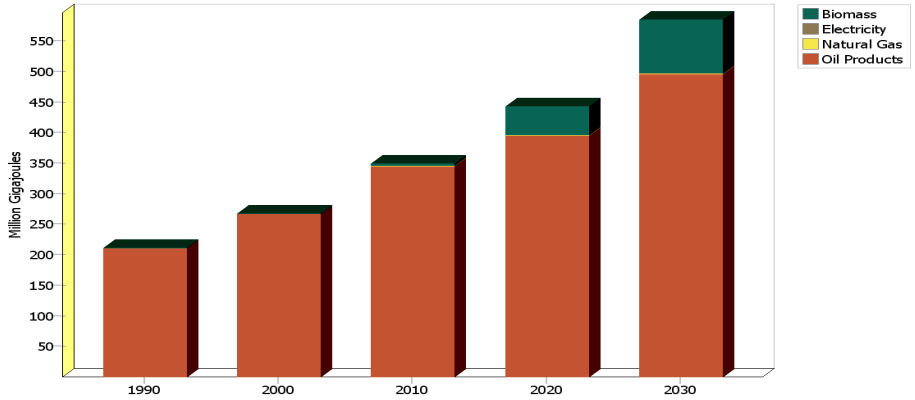


Figure 21: Total Energy Consumption per fuel

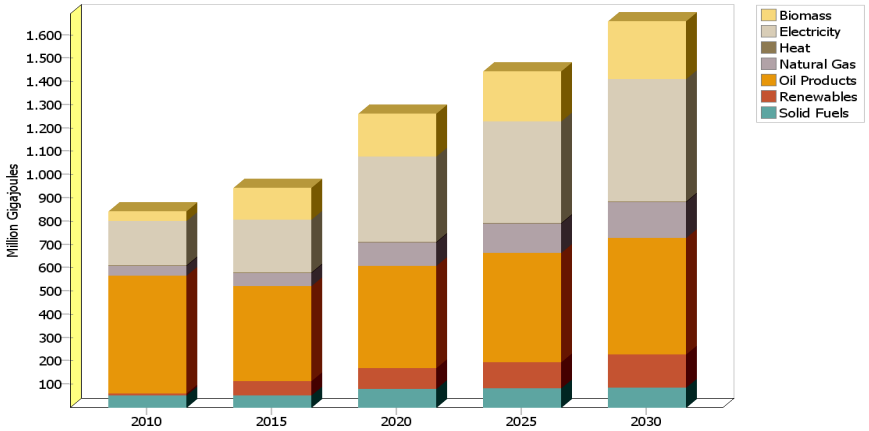


Table 20: Total Energy Consumption share per fuel (%)

	2010	2015	2020	2025	2030
Biomass	10.7	12,4	14,4	14,6	14,8
Electricity	22.1	23,9	29	30,4	31,7
Heat	0.2	0,2	0,2	0,2	0,2
Natural Gas	5.1	6	8	8,7	9,3
Oil Products	51.8	43,4	34,9	32,6	30,3
Other Renewable	3.9	5,4	6,9	7,8	8,6
Solid Fuels	6.3	5,6	6,5	5,8	5,2
Total Renewable	14.6	17.8	**21.3**	22.4	23.4

4.6 Target 2030 scenario with Optimistic scenario

In Target 2030 scenario we follow the target set by the European Commission to increase the share of renewable energy penetration by at least 27% in 2030. This will be achieved by the introduction of RES in industry. Following Heaps et al. (2009) concerning the industry sector scenario generation, CO_2 emissions can be further reduced through the increased use of natural gas, biomass and higher participation of RES in electricity, iron and steel, cement and chemicals production sectors and in other industrial subsectors. Finally, we assume a 100% increase of Renewable Energy Sources capacity, which corresponds to 10.563,2 MW. Specifically, as mentioned above relying on the Hellenic Transmission System Operator S.A. we assume that till 2030 100% of the non binding offers will be achieved. Figure 22 and table 21 depict the energy consumption per fuel in the industry sector. Figure 23 depicts the total energy consumption requirements per fuel. As can be seen in Table 22, the total renewable share in 2030 amounts to 29.8%.

Figure 22: Industry's Energy Consumption per fuel

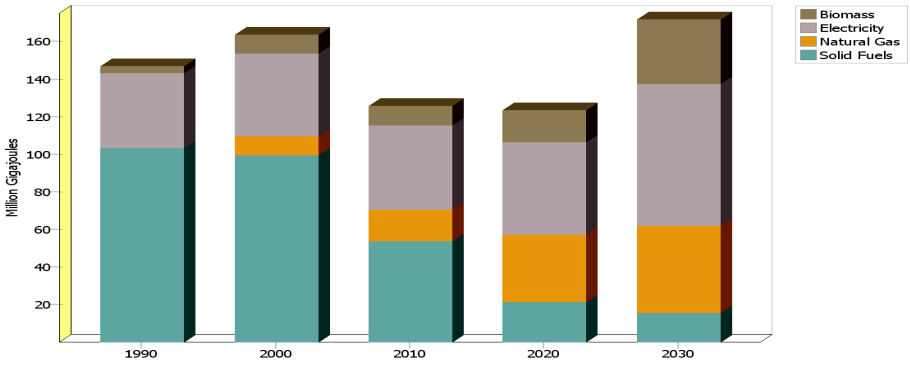


Table 21: Industry's Energy Consumption share per fuel

	1990	**2000**	**2010**	**2020**	**2030**
Biomass	2.4	6	7.6	13,6	20
Electricity	27.1	27	36.2	40	43,9
Natural Gas	0	6.1	28.3	29	27
Solid Fuels	70.4	60.9	27.9	17,4	9,2

Figure 23: Energy Consumption per fuel

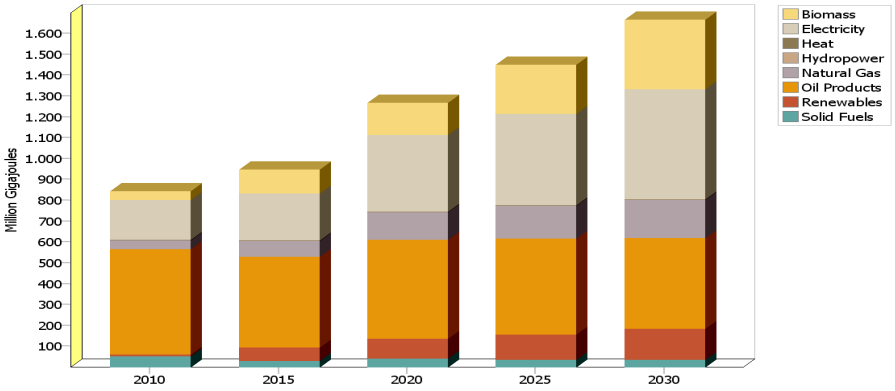


Table 22: Energy Consumption share per fuel

	2010	2015	2020	2025	2030
Biomass	10.7	11,8	14,1	16,1	20.5
Electricity	22.1	23,8	28,8	30,3	31,6
Heat	0.2	0,2	0,2	0,2	0,2
Natural Gas	5.1	8,1	10,5	10,8	11
Oil Products	51.8	45,9	37,5	31,8	26,1
Other Renewable	3.9	6,8	7,4	8,2	9.3
Solid Fuels	6.3	3,3	3,4	2,6	2,1
Total Renewable	14.6	18.6	21.5	24.3	**29.8**

4.7 Environment

LEAP allows each technology within the demand (Hhouseholds, Agriculture and Fishing, Services, Industry, Transport and Non-Energy Fuel Use) and supply (PPC, Energy) by the various sectors to be directly linked to emission factors in the Technology and Environmental Database (hereafter TED). Thus, the model calculates the resulting emissions from energy demand based on emission factors and other technical characteristics taken from TED. The Greek power system has been always considered as particularly polluting because of the large quantities of CO_2 emitted by lignite plants.

Mediocre scenario: as it is shown in Figure 24 in the framework of the Baseline scenario CO_2 emissions are projected to grow from 39.7 $MtCO_2$ to 46.7 $MtCO_2$ by 2020 and to 59.6 $MtCO_2$ by 2030 (see Table 24).[13] Observing the cumulative emissions we notice that the Target 2030 is more favourable in environmental terms than Target 2020 and Baseline scenarios. The CO_2 emitted by the energy demand system will increase compared to 1990 levels. However, carbon intensity in the electricity generation sector in Greece, as shown in Figure 25 and Table 24, will diminish by 2030 compared to 1990 levels if the policy makers follow the Target 2030 scenario.

[13] Global Warming Potential (GWP) is an index measuring different GHGs emissions with different lifetimes and different radiative properties. CO_2 has a GWP equal to 1 for comparison reasons, CH_4 and N_2O have GWPs equal to 25 and 298 respectively (Halkos, 2010).

Figure 24: Carbon intensity of Greek energy demand per scenario for mediocre scenario

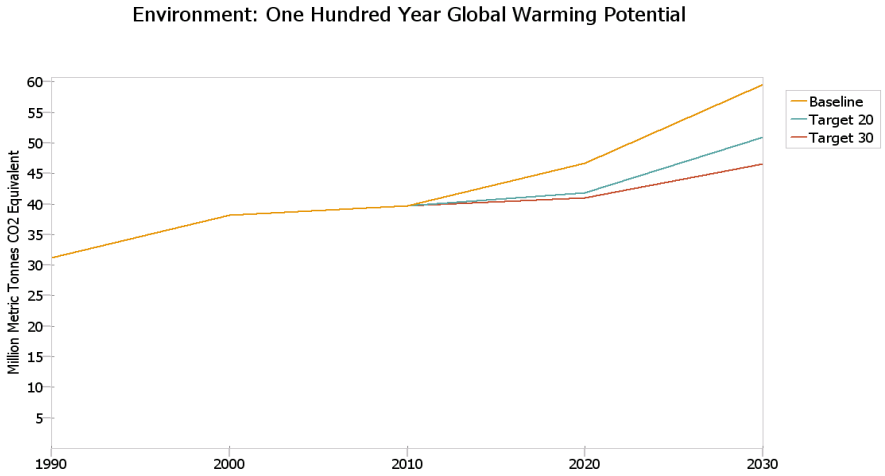
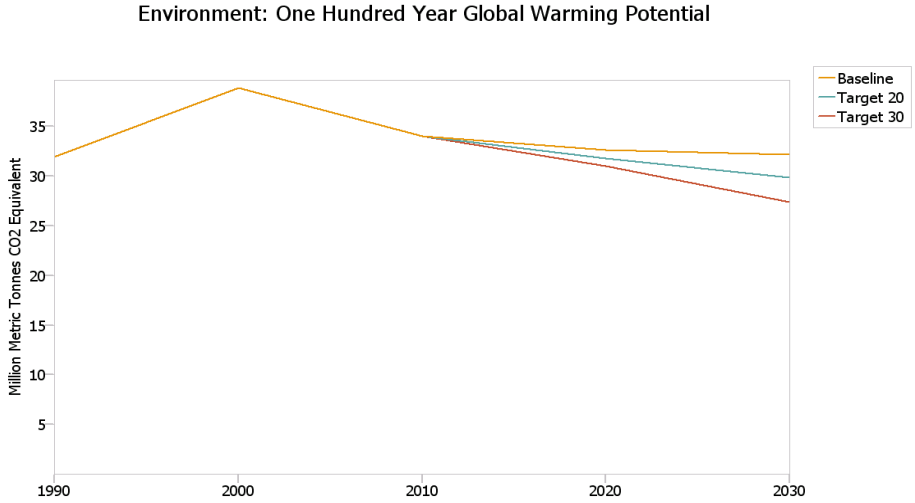


Table 23: Emissions ($MtCO_2e$) per scenario in 2020 and 2030

	2010	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
Baseline	39.7	41.9	**46.7**	52.5	**59.6**
Target 2020	39.7	38.5	**41.9**	46	**51**
Target 2030	39.7	37.9	**41**	43.6	**46.6**

Figure 25: Carbon intensity in Greek electricity generation sector per scenario for mediocre scenario



Optimistic scenario: as it is shown in Figure 26 in the framework of the Baseline scenario CO_2 emissions are projected to grow from 39.7 $MtCO_2$ to 51.9 $MtCO_2$ by 2020 and to 64.5 $MtCO_2$ by 2030 (see Table 24). Observing the cumulative emissions we notice that the Target 2030 is more favourable in environmental terms than Target 2020 and Baseline scenarios. The CO_2 emitted by the energy demand system will increase compared to 1990 levels. However, carbon intensity in the electricity generation sector in Greece, as shown in Figure 27 and Table 25, will slightly increase by 2030 compared to 1990 levels if the policy makers follow the Target 2030 scenario.

Figure 26: Carbon intensity of Greek energy demand per scenario for optimistic scenario

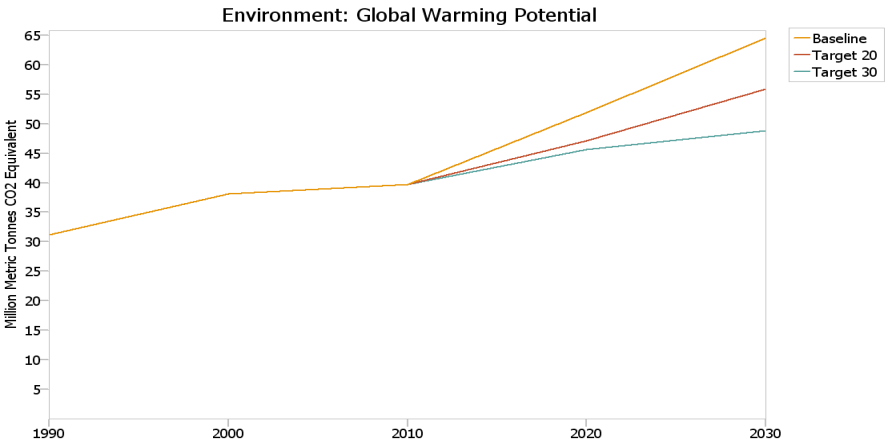


Table 24: Emissions ($MtCO_2e$) per scenario in 2020 and 2030 for optimistic scenario

	1990	2000	2010	**2020**	**2030**
Baseline	31,2	38,2	39,7	**51,9**	**64,5**
Target 20	31,2	38,2	39,7	**47,1**	**55,9**
Target 30	31,2	38,2	39,7	**45,6**	**48,8**

Figure 27: Carbon intensity in Greek electricity generation sector per scenario for optimistic scenario

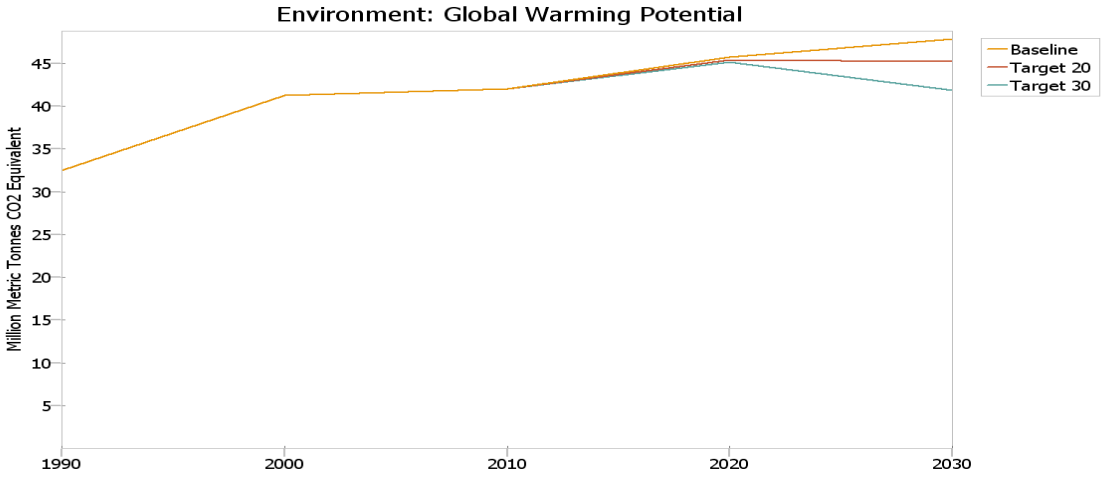


Table 25: Emissions ($MtCO_2e$) per scenario in 2020 and 2030 for optimistic scenario

	1990	2000	2010	**2020**	**2030**
Baseline	32,5	41,3	42,1	**45,7**	**47,8**
Target 20	32,5	41,3	42,1	**45,4**	**45,2**
Target 30	32,5	41,3	42,1	**45,2**	**41,9**

4.8 Costs

The types of costs considered are capital costs and operating and maintenance costs as shown in Table 26. Obviously, the capital cost is the main driver of the annualized electricity generation cost. As expected, Target 2030 is the most expensive throughout the projection period as it necessitates more innovative and decisive changes. It also assumes large

investments in clean energy forms. The second most expensive scenario is the Target 2020 scenario throughout the projection period.

As it is clearly observed in Figure 28 the low cost scenario is the Baseline as it does not require large changes. Specifically, the total cost of Baseline scenario amounts to €1.4 bn in 2020 and €2.2 bn in 2030. The total cost of Target 2020 amounts to €1.8 bn in 2020 and €2.9 bn in 2020 respectively. Finally, Target 2030 costs €2 bn in 2020 and €3.4 bn in 2030 respectively[14].

Figure 28: Total costs per scenario in 2020 and 2030

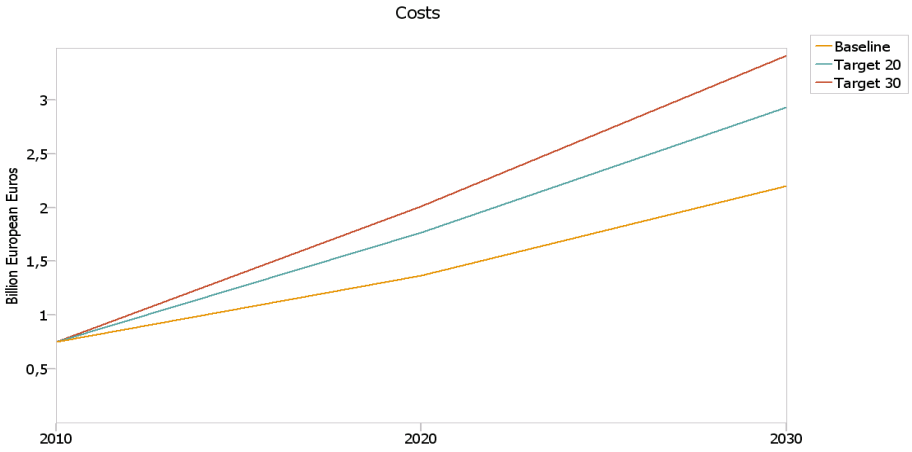


Table 26: Capital costs, fixed Operating and Maintenance (O&M) costs per scenario in 2020 and 2030 (in billion €)

	2020		
	Baseline	**Target 2020**	**Target 2030**
Capital costs	0.7	0.9	1.1
Fixed O&M costs	0.7	0.8	0.9
Total cost	**1.4**	**1.8**	**2**
	2030		
	Baseline	**Target 2020**	**Target 2030**
Capital costs	1.3	1.8	2.2
Fixed O&M costs	0.9	1.1	1.2
Total cost	**2.2**	**2.9**	**3.4**

[14] Part of the data used for costs (capital cost and fixed cost) and operating characteristics (efficiency, availability, etc.) are extracted from IPA Energy and Water Economics (2010).

5. Concluding Remarks

The increasing trend in energy demand worldwide, combined with the predicted exhaustion of the energy reserves of the planet in conventional energy sources and the associated environmental problems caused, lead to the necessity of increasing use of RES. Most countries worldwide and mainly the developed ones are investing heavily in infrastructure, development and production of energy, from clean sources such as the wind and the sun. The European Union sets and updates the goals, forwards EU directives and at the same time supervises the progress of each country-member on the evolution and future directions in the use of RES.

The aim of this research was to provide a look to the 2030 horizon on the energy and power system in Greece. From an environmental perspective, the Target 2030 scenario is the most favorable as it offers the highest decrease in CO_2 emissions but at the highest cost. Target 2030 is the most expensive throughout the projection period as it necessitates more innovative and decisive changes. Although the Baseline scenario is the most emissive scenario, from an economic point of view is the most favourable. Nonetheless, all the scenarios include a considerable increase in RES installed capacity. According to Law L3851/2010, the protection of the climate or the reduction of GHG emissions through the promotion of electrical energy production from RES, is a crucial element of the energy sector of the country. The further specific targets include RES electricity share (40%), RES heating and cooling share (20%), and RES transport share (10%) in order to achieve the national target of 20% contribution of the energy produced from RES to the gross final energy consumption. Additionally, the European Commission has set a target to increase the share of renewable energy penetration at least 27% by 2030.

The dominant role of lignite in electricity generation has to be reversed. The reduction of the obsolete lignite stations of the Greek energy system will provide environmental benefits. The redeployment of lignite stations from the power sector, in the long run, will contribute to climate change mitigation. The scenarios that occurred assume a substantial shift in the electricity generation mix by 2030, which is anticipated to pose several challenges. Taking into account the economic recession and the diminished investments on positive environmental solutions and policies it is of crucial importance to attract private capital and promote partnership that motivates the utilization of large scale RES. The RES integration consequently will have positive effects on the reduction of unemployment and the mobilization of economic activity. Thus securing a clean energy future for Greece will contribute to create positive perspectives on the economy and the environment as well.

References

Athens Water Supply and Sewerage Company (EYDAP S.A.), (2010). Exploitation of hydraulic potential. Laboratory of Hydraulic Turbomachines. National Technical University of Athens.

Carter T. R. (2007). General Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment (Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment (TGICA), Geneva.

Circular 26928/2010. Implementation of the provisions of Law 3851/2010 concerning the examination of applications for the installation of power plants from RES in highly productive agricultural land, including the categories of professional farmers. Government Gazette 1630 B, pp.25751-25752.

Common Ministerial Decree 28287/2011. Special rates duty and incentives to household consumers in locations where installed renewable energy. Government Gazette 3005 B, pp.43435-43438.

European Environment Agency (2012). Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2011. Report No 6. Available at: http://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/uppdelat-efter-omrade/klimat/ prognoser-for-Sveriges-utslapp/greenhouse-gas-emission-trends-and-projections-in-europe-2012.pdf

European Environment Agency (2013). Air quality in Europe- 2013 report. Report No. 9. Available at: http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013.

Giatrakos, G. P., Tsoutsos, T. D., & Zografakis, N. (2009). Sustainable power planning for the island of Crete. Energy policy, 37(4), 1222-1238.

Halkos G. (2010). Construction of abatement cost curves: The case of F-gases, MPRA Paper 26532, University Library of Munich, Germany.

Heaps C., Erickson P., Kartha S. & Kemp-Benedict E. (2009). Europe's Share of the Climate Challenge. Domestic Actions and International Obligations to Protect the Planet. Stockholm Environment Institute.

Hellenic Association of PV Companies (2013). RES Statistics 2012. Available at: http://www.helapco.gr/ims/file/news/2013/RES-stats_greece_2012.pdf.

Hellenic Statistical Authority (2012). Announcement. Available at: http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/General/NWS_CENSUS_310712_GR.pdf

HWEA (2013). Wind Energy Statistics. Greek Wind Energy Association. Available at: http://eletaen.gr/wp-content/uploads/2014/01/2013_-HWEA_Statistics_Greece.pdf.

IEA/OECD (2011). Energy policy in IEA countries—Greece 2011 review. Available at: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Greece2011_unsecured.pdf

IPA Energy and Water Economics (2010). Study on the implementation of the New EU Renewables Directive in the Energy Community. Energy Community Report. Available at: http://www.energy-community.org/pls/portal/docs/2514179.PDF

Law 3851/2010. Accelerating the development of Renewable Energy Sources to address climate change and other provisions relating to the jurisdiction of the Ministry of Environment, Energy and Climate Change. Government Gazette A 85, pp.1753-1780. Available at: http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=qtiW90JJLYs%3D&tabid=37

Marcu M. (2011). Population grows in twenty EU Member States Population change in Europe in 2010: first results. Population and social conditions. Eurostat. Available at: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-11-038/EN/KS-SF-11-038-EN.PDF

Mathiesen B.V., Lund H. & Karlsson K. (2011). 100% Renewable energy systems, climate mitigation and economic growth. Applied Energy, 88(2), 488-501.

Ministerial Decree 19598/2010. Decision on the desired ratio of installed capacity and the distribution in time of the various renewable energy technologies. Government Gazette 1630 B, pp.25751-25752.

Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2009). Energy. Available at: http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=225&language=el-GR

Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2010). National Renewable Energy Action Plan in the scope of directive 2009/28/EC.. Accessible at: http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=CEYdUkQ719k%3D

Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2011). Annual Report of Service RES year 2010. Customer Service Projects For Investors RES. Availableat:http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=G3A0b8ZdmNA%3D&tabid=546&language=el-GR

Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2012a). National Action Plan for Renewable Energy Sources. Available at: http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket= vBWJVY3FdTk%3D&tabid=3

Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2012b). Report on electricity from RES in the context of the reform design of the support mechanism. Available at: http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ayq57aIx1P4%3D&tabid=37&language=el-GR

Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2013), Annual Inventory Submission of Greece under the Convention and the Kyoto Protocol for Greenhouse and other gases for the years 1990-2011. Available at: http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=285&language=el-GR

Moss R.H., Edmonds J.A., Hibbard K.A., Manning M.R., Rose S.K., van Vuuren, D.P. ... & Wilbanks, T.J. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature, 463(7282), 747-756.

Operator of Electricity Market S.A. (2012). RES and CHP (Combined Heat and Power). Brief Newsletter. Available at: http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDRETH/RES/2012_11_GR_MONTHLY_RES.pdf

Public Power Corporation S.A. (2012). Annual report 2011. Available at: http://www.dei.gr/en/i-dei/enimerwsi-ependutwn/etisia-deltia

Papagiannis G., Dagoumas A., Lettas N. & Dokopoulos P. (2008). Economic and environmental impacts from the implementation of an intelligent demand side management system at the European level. Energy Policy, 36(1), 163-180.

Roinioti A., Koroneos C. & Wangensteen I. (2012). Modeling the Greek energy system: Scenarios of clean energy use and their implications. Energy Policy, 50, 711-722.

Wiseman J, Biggs C., Rickards L. & Taegen E. (2011). Scenarios for Climate Adaptation report. Available at:http://www.vcccar.org.au/files/vcccar/SPCA%20REPORT_FINAL_200711.pdf

WWF Greece, (2010). Guide for the Environment. Renewable Energy Resources. Available at: http://www.wwf.gr/images/pdfs/WWF-Odigos-gia-to-perivallon-APE.pdf

Καμπύλες οριακού κόστους ελέγχου ρύπανσης στους τομείς της Ενέργειας και της Βιομηχανίας*

Γεώργιος Χάλκος, Νικόλαος Τζερεμές, Σταύρος Κουρτζίδης & Χρήστος Τζιουρτζιούμης
Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών,
Σχολή Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
halkos@uth.gr bus9nt@uth.gr kourtzid@uth.gr hrtziour@econ.uth.gr

Περίληψη
Ο σκοπός του παρόντος άρθρου είναι η κατασκευή των Καμπυλών Οριακού Κόστους ελέγχου της ρύπανσης για τους τομείς της Ενέργειας και της Βιομηχανίας. Για να επιτύχουμε τον σκοπό μας, παρουσιάζουμε και αναλύουμε τις επιλογές καταπολέμησης των ρύπων για κάθε τομέα και υποτομέα (Ενέργεια και Βιομηχανία, διύλιση πετρελαίου και φυσικού αερίου, τσιμέντοβιομηχανία και χαλυβουργία). Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τα κόστη και την δυνατότητα μείωσης ρύπανση για κάθε μια από τις επιλογές καταπολέμησης των ρύπων για κάθε τομέα και υποτομέα. Επίσης, παρουσιάζουμε τα κόστη για κάθε εργοστάσιο στους τομείς της Ενέργειας και της Βιομηχανίας. Επιπρόσθετα υπολογίζουμε το κόστος καταπολέμησης των ρύπων και παρουσιάζουμε τις πιο αποτελεσματικές επιλογές σε επίπεδο εργοστασίων. Τέλος, κατασκευάζουμε τις Καμπύλες Οριακού Κόστους Καταπολέμησης ελέγχου της ρύπανσης. Η ανάλυση μας υποδεικνύει ένα πολλά υποσχόμενο δυναμικό για μείωση των ρύπων και μια ευρεία σειρά από αποτελεσματικές από άποψη κόστους επιλογές καταπολέμησης των ρύπων.

Λέξεις κλειδιά: Καμπύλες οριακού κόστους ελέγχου, ατμοσφαιρική ρύπανση, Ενέργεια, Βιομηχανία
JEL Κωδικοί: Q42, Q52, Q53.

Marginal abatement cost curves for energy and industry sectors

George Halkos, Nickolaos Tzeremes, Stavros Kourtzidis & Christos Tziourtzioumis
Laboratory of Operations Research, Department of Economics, University of Thessaly

Abstract
The purpose of this paper is to construct Marginal Abatement Costs curves for Energy and Industry sectors. In order to achieve our goal we present and analyze the abatement options for each sector and subsector (Energy sector and Industry sector, Petroleum and Gas refinery subsector, cement subsector, iron and steel subsector). Next, we present the costs and abatement potential for each abatement option for each sector. Also, we present the costs for each energy and industrial plant. We also calculate the abatement costs and we present the cost effective options for energy energy and industrial plants. Finally, we construct the Marginal Abatement Cost curves. Our analysis reveals a promising potential for pollution reduction and a wide range of cost effective abatement options.

Keywords: Marginal Abatement Cost curves, Air pollution, Energy sector, Industry Sector.
JEL codes: Q42, Q52, Q53.

* Work in this research has received funding from the "GHGsMETI" program, which takes place within the **SYNERGASIA 2011** action and is supported by the European Regional Development fund and Greek National Funds, project number **11SYN_8_118**. The text represents the authors' views.

Ε. Π. Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΝ ΙΙ), ΠΕΠ Μακεδονίας – Θράκης, ΠΕΠ Κρήτης και Νήσων Αιγαίου, ΠΕΠ Θεσσαλίας – Στερεάς Ελλάδας – Ηπείρου, ΠΕΠ Αττικής

1. Introduction

The mitigation of anthropogenic air pollution (pollution due to human activities) is at the center of environmental policies both at national and international level. Greenhouse gas[15] emissions from human activities are the primary source of anthropogenic air pollution. Air pollution from GHGs is of extreme importance due to the negative effects on the environment (global warming and climate change among others) and the high global warming potential[16]. The most important greenhouse gas is carbon dioxide which accounts for the 57% of the total greenhouse gases (IPCC 2007). Policy makers around the world wish to achieve the reduction of GHGs in a cost effective way.

Kyoto protocol is the most important international attempt towards the reduction of GHGs. It was adopted in 1997 and came into force in 2005 and currently has 192 signing parties. The target of the first commitment period (2008-2012) was a 5% reduction of GHG emission compared to 1990 level and the target of the second commitment period (2013-2020) is to reduce GHGs by 18% compared to 1990 levels which however have not yet been ratified by all countries[17]. Another important cross-national attempt toward the reduction of GHG emissions is the European climate and energy package known as "20-20-20" targets. According to these targets the countries are committed to reduce the total EU GHG emission by 20% in 2020 compared to 1990 levels[18]. The parties are also obliged to raise the share of renewable energy sources to 20% of the total EU energy consumption and to improve EU's energy efficiency by 20%. European Commission has also adopted a proposal which will be further discussed in 2015 about a 40% reduction of GHG emissions by 2030[19].

Policy makers require a number of environmental tools in order to plan their environmental strategies toward the aforementioned reductions. Marginal abatement cost curves is an important tool which illustrates the cost associated with carbon mitigation and contributes to the optimal pollution control levels (Beaumont and Tinch, 2004; McKintrick, 1999). Recently, MACs have been applied to estimate the impacts of environmental policies on the reduction of GHG emissions (Klepper and Petterson, 2006; Vijay et al., 2010). Therefore marginal mitigation curve is an empirical tool which shed light to control policies and classify various abatement options based on their cost effectiveness and their pollution abatement potential, in order to maximize the net social cost. The construction of MACs promotes environmental awareness and offers insights into the most cost-efficient measures to abate emissions (Beaumont and Tinch, 2004). Furthermore, MACs might provide valuable knowledge regarding the environmental abatement options and regulations in the fields of energy efficiency, industry and transport (Kesicki, 2010).

The purpose of this paper is to construct Marginal Abatement Costs curves for Energy and Industry sectors in Greece. In order to achieve our goal we present and analyze the abatement options for each sector (Energy and Industry) and subsector (Petroleum and Gas refineries, cement plants and iron and steel plants). Section 2 is a brief review of the MAC literature. In section 3 we present the abatement options for each sector and section 5 demonstrates the costs and potentials for every abatement option both at sector level and at

---

[15] The term "greenhouse gases" refers to carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) and F-gases (HFCs, PFCs and SF_6) emissions.

[16] Global warming potential is a relative measure of how much heat is trapped in the atmosphere by a gas.

[17] Can be found at: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

[18] Can be found at: http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm

[19] Can be found at: http://www.bloomberg.com/news/2014-01-22/eu-said-to-propose-40-greenhouse-gas-reduction-target-by-2030.html

plant level. In section 5 we construct the Marginal Abatement Cost curves and section 6 concludes.

2. Literature review

Marginal abatement cost curves might adopt various shapes and forms as a result of the scope differences among countries/regions, sector differences, time differences or other differences (Kesicki, 2010). The abatement options of a MAC are evaluated and classified with respect to their cost effectiveness and the level of pollution mitigation. Specifically, the measures that are responsible for the marginal changes in emissions are placed in order of cost effectiveness from left to right and the result is a stepwise curve. The most cost effective options appear on the far left of the MAC curve. Each step of this stepwise curve represents solely one technological option (Halkos, 1992, 1995a, 2010).

The cost curve not only includes positive costs but also negative costs. The abatement options with negative cost may be defined in the literature as no regrets mitigation options. The existence of negative costs means that the society benefits from the specified mitigation actions. A number of authors argued about the validity of negative costs in MAC analysis. According to Ekins et al. (2011) negative costs might appear due to a number of reasons such as the insufficiently definition of cost, the implementation of non-financial barriers or inconsistent discount rates. Furthermore, Brown (2001) presets a rage of market failures and institutional barriers such as market imperfections, irrationality of the agents, imperfect information and transaction costs that could also cause various problems. The above indicate that although we must be cautious about the interpretation of negative costs, they are desirable and society gains both in terms of cost and pollution mitigation.

Marginal abatement cost curves have been widely used across the literature. Halkos (1993) investigated acid rain and sulphur dioxide emissions and applied a MAC in order to evaluate and classify the abatement options for sulphur dioxide reductions. In addition, the author examined whether economic instruments work better than regulations. The results indicated significant differences in favor of economic instruments. Also, the author marked the significance of international cooperation towards the joint reduction of emissions. Halkos (1994) examined the abatement technologies for sulphur emissions regarding the minimization of abatement cost under different policy scenarios. The results indicated significant emissions reduction if the countries are to cooperate. Halkos (1995b) categorized the available sulphur abatement technologies into pre-combustion, during combustion and post combustion. The author used MAC curves in order to study these abatement technologies and found that a significant mitigation can be achieved with a relatively low cost, however additional reductions require a significant investment.

Ellerman and Decaux (1998) defined and examined the robustness of MACs. According to the authors a MAC curve is robust if the results are unchanged regardless the reductions that take place in other countries. Robustness of MAC curves have also been examined by Klepper and Peterson, however the results were mixed. Morris et al. (2012) enhanced the model by investigating a number of neglected issues, such as the stability of the MAC curve over time, path dependency, measures of welfare derived from the MAC and the inclusion of non-CO2 GHGs.

Criqui et al. (1999) examined the role of a tradable emissions permit system as a mechanism for Annex B[20] countries to fulfill their Kyoto obligations. The authors used MAC curves and the POLES model for the needs of their model. Van Vuuren et al. (2004) investigated the case of a global uniform carbon tax. They used progressively increasing taxes in order to construct abatement cost curves. However, the difference between their method

[20] Annex B countries are those countries which have signed the Kyoto protocol.

and typical MAC curves is that the authors examined how the system develops over time after the implementation of the carbon tax. Chen (2005) constructed MAC curves for the years 2010, 2020 and 2030 for China. The findings indicated that carbon abatement cost was higher in case the emissions were further reduced beyond the baseline scenario while the carbon abatement potential was limiting. Kesicki and Strachan (2011) marked the significant help which MAC curves offer to the decision maker if they are combined with other tools. In addition the authors provided useful insights about a number of shortcomings in MAC curve methodology.

Recently McKinsey brought MAC curves back into the attention of policy makers by publishing MAC curves for a number of countries[21] and McKinsey (2009) published a global MAC curve regarding Energy, Industry, Transport, Residential, agricultural, wastes and forestry sectors. McKinsey (2012) published a MAC curve for Greece regarding three sectors in detail (energy, residential and transport) and two more sectors (industry and agriculture). The report indicated that energy sector is the primary source of possible emissions reductions by accounting for 40% of possible emissions reduction while industry sector accounts only for 10%. In 2020, the average abatement cost for energy sector will be 31 euro/tCO_2 eq. and the contribution of the sector into the overall abatement potential will be 55%. On the other hand industry's average abatement cost will be -38 euro/tCO_2 eq. and the contribution of the sector into the overall abatement potential will be 13%.

3. Abatement options for energy and industry sectors

3.1. Energy sector

The last decades the target of Greek national energy policy is the relevant independence of the country from the petroleum. In that manner, other energy sources have been exploited such as lignite and hydro energy and others have been imported such as natural gas. Lignite is the primary energy source for electricity in Greece. Petroleum remains the largest source regarding the total primary energy supply (57.8%), in the second place are the fossil fuels such as lignite (26.6%), in the third place are the aerial fuels such as natural gas (8.7%) and last are the renewable energy sources (5.5%). Next we will present five abatement options for the Greek energy sector.

3.1.1. Wind Power

Wind power refers to the power which comes from the wind. Wind turbines, windmills and windpumps are used to convert the wind into energy such as electrical or mechanical power. In order to produce a considerable amount of energy, large wind farms are needed which consist of hundreds of wind turbines. When these constructions are onshore, the cost is very low and in most cases it is considerable cheaper than fossil fuels. On the other hand, when the farms are offshore, the cost of construction and maintenance is significantly higher; however the construction is better and more efficient. Wind is plenty in Greece and wind power is a good alternative option. Furthermore, it is a clean energy and produces no greenhouse gases. The average efficiency wind power is 35% (EURELECTRIC, 2003).

In this abatement option we assume that ten wind parks which have already been announced or are in the process of planning, will be constructed. These parks are located in Karditsa, Lefkada, Rethymno, Andros, Tinos, Kefallonia, Samos, Mykonos and Sifnos. The total installed capacity of these ten wind parks is 94.4 MW[22]. The capital cost of these plants

[21] Marginal abatement cost curves and the corresponding reports can be found at: http://www.mckinsey.com/client_service/sustainability/latest_thinking/greenhouse_gas_abatement_cost_curves

22 http://www.ppcr.gr/Home.aspx?C=2

in average is 2500 €/kWe and the fixed operation and maintenance cost is 90 €/kWe (IPA, 2010). Two years[23] are needed for the parks to be constructed while the amortization period is five years (Karagiorgas et al., 2010).

3.1.2. Solar Photovoltaic

A Photovoltaic system uses the sun as a source of power in order to produce electric power. Photovoltaic cells are made usually from silicon. When the sun is shining the light hits on the cells and an electric field is created. On hotter and more shinny days more electricity is produced, however electricity is still produced on cloudy days. The efficiency of a photovoltaic panel is at 27%[24]. A photovoltaic module is a connected assembly of about 40 solar cells ad a solar panel or solar array is consists of multiple photovoltaic modules. The use of photovoltaic systems offers multiple advantages. Sunlight is free and as a result, after the initial capital cost, the operational cost for electricity will be significantly reduced. In addition, solar energy is a renewable energy source and do not release any greenhouse gases.

Solar energy is another abundant energy source in Greece. This abatement option assumes that five photovoltaic parks which have already been announced or are in the process of planning will be constructed. The locations of these parks are: Agrinio, Megalopoli, Ptolemaida, Athina and Thessaloniki with total installed capacity at 260.84 MWh[25]. The capital cost of a photovoltaic park is at 4500 €/kWe and the fixed operation and maintenance cost is at 30 €/kWe (IPA, 2010). Two years are needed for the parks to be constructed (PPC, 2012) while the amortization period is seven years (Karagiorgas et al., 2010).

3.1.3. Geothermal energy

Geothermal energy is produced and stored inside the earth. The sources of thermal energy are primarily the decay of uranium and potassium (80%) and also the formation of the earth (20%). Beneath the surface of the earth there is the magma layer which is a very hot mixture of molten and semi-molten rocks, volatiles and solids. Most of the decay of radioactive materials takes place here. When the crust of the earth is very thin, the heat can come up to the surface. These places are seismically active and as a result earthquakes can break the rocks on the surface, letting hot water out. These areas are called hot springs. This is the natural expression of geothermal energy. However, geothermal energy can be found everywhere. Geothermal power plants can exploit the geothermal energy almost anywhere in the world using hydrothermal convection. The geothermal plant sends cool water into the earth where it is heated and then rises up to the surface. The heated water produces steam which powers the electrical generators. The average efficiency of a geothermal power plant is 55% (Karagiorgas et al., 2010).

Greece meets the geological standards in order to produce geothermal energy in large scale. Geothermal energy is currently used in Greece for residential, industrial and agricultural use. This abatement option assumes that four geothermal plants which have already been announced or are in the process of planning will be constructed. The locations of these power plants are: Kimolos, Lesvos, Nisyros and Methana with total installed capacity at 581.27 MWh[26]. The capital cost of a geothermal power plant is at 2600 €/kWe and the fixed operation and maintenance cost is at 110 €/kWe (IPA, 2010). Three years are needed for the

23 http://www.ppcr.gr/Home.aspx?C=2
24 http://www.cres.gr/kape/index.htm
25 http://www.ppcr.gr/Home.aspx?C=2
26 http://www.ppcr.gr/Home.aspx?C=2

plants to be constructed (PPC, 2012) while the amortization period is five years (Karagiorgas et al., 2010).

3.1.4. Biomass

Biomass is a carbon neutral source of energy and it is created from organic waste which comes from living or recently living organisms which can be either plants or animals. Biomass can be directly used for energy purposes or it can be used to produce biofuels. The biomass which comes from plants called lignocellulosic biomass and currently its largest source is wood such as forest debris. The biomass power plants burn the organic waste in order to produce steam which drives a turbine to produce electricity and heat. The average efficiency of a geothermal power plant is 55% (Karagiorgas et al., 2010). There are various types of biomass plants which use alternative sources to produce biomass such as wood (bark, brash, logs, sawdust, wood chips, wood pellets and briquettes), energy crops (Miscanthus, switchgrass, reed canary grass, rye, giant reed, hemp, poplar, willow, Eucalyptus, Nothofagus, sycamore, ash, sugar crops, starch crops, oil crops, microalgae, macroalgae, pond and lake weeds, etc), agricultural residues (straw, corn stover, poultry litter, animal slurry, grass silage, dying biomass material), food waste and industrial waste and co-products (untreated wood, treated wood and residues, wood composites and laminates, paper pulp and wastes, textiles and sewage sludge)[27].

Greece has abundance of raw materials for the production of biomass and an agricultural sector which accounts for 5.2% of GDP which is significantly above the average of the European Union (1.8%). Furthermore, the country is obliged to replace 10% of the conventional fuels with biofuels by 2020. This abatement option assumes that a biomass power plant in Kozani which have already been announced will be constructed with total installed capacity at 25 MWh[28]. The capital cost of a biomass power plant is at 2000 €/kWe and the fixed operation and maintenance cost is at 50 €/kWe (IPA, 2010). Four years are needed for the plants to be constructed (PPC, 2012) while the amortization period is three years (Karagiorgas et al., 2010).

3.1.5. Small-hydro

Small hydro refers to plants which generate hydroelectric power in order to power an industrial plant or a small community. By definition, a small hydro plant has a generation capacity up to 10 MW. Hydroelectric power uses the movement of water (falling or flowing) in order to produce electricity. The power plant needs a reasonable flow and a height in order the water to fall. Then the water flows or falls inside a pipe and drives a turbine which generates the electrical power. A common place for a small hydro is an existing or a newly developed dam. The most challenging aspect of small hydro power plants is their high average efficiency (90%) (Karagiorgas et al., 2010). Small hydro offers a number of advantages such as it do not pollute the environment and do not rise the water temperature. Also, their construction usually benefits other activities such as pumping, fishing and leisure.

The geographical and geological shape of Greece fosters the development of small hydro power plants under certain circumstances and planning. This abatement option assumes that eight small hydro power plants which have already been announced or are in the process of planning will be constructed. The locations of these power plants are: Alatopetra Grevena, Ilariona Kozani, Kalamata, Ladona, Makrohori, Mesohora Trikala, Pournari and Smokovo

27 http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=75,17304&_dad=portal&_schema=PORTAL

28 http://www.ppcr.gr/Home.aspx?C=2

with total installed capacity at 24.62 MWh[29]. The capital cost of a small hydro power plant is at 3000 €/kWe and the fixed operation and maintenance cost is at 50 €/kWe (IPA, 2010). Three years are needed for the plants to be constructed (PPC, 2009) while the amortization period is five years (Karagiorgas et al., 2010).

3.2. Industry sector

3.2.1. Petroleum and Gas – Downstream Refining

The downstream sector commonly refers to the refining of petroleum crude oil and the processing and purifying of raw natural gas, as well as the marketing and distribution of products derived from crude oil and natural gas. The Greek market consists of two companies, namely Hellenic Petroleum and Motor Oil Hellas. Hellenic Petroleum operates three refineries in Aspopyrgos, Thessaloniki and Elefsina and Motor Oil Hellas operates one refinery in Agioi Theodoroi. The total installed capacity of these four refineries is 726.96 MW and the annual load factor is 79.4% (Ministry of Development, 2008).

3.2.1.1. Energy efficiency from behavioral changes

This option assumes the implementation of energy conservation awareness programs such as energy and GHG awareness of personnel, a management system which includes monitoring and an energy management which focuses on all processes. The average efficiency of behavioural changes is assumed at 100%[30]. The capital cost and the fixed operation and maintenance cost is 0 €/kW (McKinsey, 2009). We assume that behavioral changes are applied immediately.

3.2.1.2. Energy efficiency from improved maintenance and process control

This option assumes additional and/or improved maintenance which ensures optimal condition for the equipment. In addition, improved process control is assumed which reduces suboptimal performance. The average efficiency of improved maintenance and process control is assumed at 100%[31]. The capital cost is at 1.65 €/kW and the fixed operation and maintenance cost is at 0.25 €/kW (McKinsey, 2009). We assume that improved maintenance and process control is applied immediately while the amortization period is assumed to be one year.

3.2.1.3. Energy efficiency requiring Capital expenses at process unit level

This abatement option assumes replacements, upgrades and additions which do not alter the process flow of a refinery. Also, it assumes replacement of boilers, heaters, turbines and motors and waste heat recovery through heat integration. The average efficiency of energy efficiency changes which require capital expenses at process unit level is assumed at 100%[32]. The capital cost is at 82.51 €/kW and the fixed operation and maintenance cost is at 4.13 €/kW (McKinsey, 2009). We assume that changes are applied immediately while the amortization period is assumed to be one year.

3.2.1.4. Carbon capture and storage

It is applied to the exhaust emissions coming from the direct energy use in the downstream refineries and at the emissions which are coming from the hydrogen generation unit. Carbon capture and storage (CCS) captures CO_2 which otherwise would have been

29 http://www.ppcr.gr/Home.aspx?C=2

30 We assume that there are no losses due to human factor.

31 We assume that there are no losses due to human factor.

32 We assume that there are no losses due to human factor.

emitted to the environment. The captured CO_2 is then transported to a storage site and is disposed back to the environment but in a way which it can not enter the atmosphere (e.g. underground). It is a method to decrease carbon dioxide emissions, global warming and ocean acidification. The average efficiency of carbon capture and storage is at 72% (McKinsey, 2009). The capital cost is at 3.16 €/kW and the fixed operation and maintenance cost is at 0.137 €/kW[33]. Nine years are needed for the plants to be constructed[34] while the amortization period is assumed to be one year.

3.2.2. Cement

Cement sector is one of the leaders of Greek industry. Three companies operate in this sector, Heracles GCC of Lafarge Group with cement plants in Volos and Milaki[35] and a total installed capacity of 6.7 million tons[36], TITAN with cement plants at Thessaloniki, Drepano, Kamari and Elefsina and a total installed capacity of 7,04 million tons[37] and Halyps Cement of Italcementi Group with a total installed capacity of 1 millions tons[38]. The total installed capacity of the sector is 14.74 million ton of cement. The annual load factor is estimated at 39.8 % with an annual production of 5.86 million tons[39].

3.2.2.1. Clinker replacement with fly ash and slag

This option assumes the reduction of clinker component in cement by substitution with fly ash or slag. Clinkers are formed by heating cement elements in a kiln. Limestone, clay, bauxite and iron ore sand in specific proportions are heated in a rotating kiln until they begin to form clinkers. Fly ash is one of the two by-products burning coal. When coal is burned it produces coal ash which is a non-combustible byproduct. Two types of coal ash are produced, bottom ash which is collected at the bottom of coal furnaces and fly ash which is collected at the smokestacks. Slag is a byproduct of iron production. During the iron blast furnace, slag and iron both are collected at the bottom of the furnace in molten form and are separated from each other. The molten slag is drenched with water until it turns into a raw material called granules, which then are cooled and dried in order to be ready for cement use.

The substitution of clinker with other elements such as fly ash and slag helps towards the reduction of process and fuel combustion emissions and also the reduction of electric power used for clinker production. These emissions account for the 90% of total emissions in the cement industry. Max replacement of clinker with fly ash is 25% and with slag is 40% (McKinsey, 2009). Based on max replacement the total installed capacity for fly ash is calculated at 4.15 million tones and for slag is calculated at 6.64 million tones. The average efficiency of clinker replacement with fly ash is at 80% (Tsakalakis, 2010) and with slag is at 95%[40]. Fuel calorific value for the abatement option of fly ash is 25.3 GJ/tonne (coal burning) and for the abatement option of slag is 29.5 GJ/tonne (coke burning). The capital cost is at 5

[33] Calculated based on McKinsey (2009) data.

[34] http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CCS_roadmap_foldout.pdf

[35] The company has a third plant in Halkida with installed capacity at 2.9 million tons which was recently closed.

[36] http://www.lava.gr/en/whoweare/

[37] http://www.cemnet.com/GCR/country/Greece

[38] http://www.sepan.gr/index.php/el/xalyps

[39] http://www.kathimerini.gr/30873/article/oikonomia/epixeirhseis/hellastat-ypoxwrhsh-ths-paragwghs-skyrodematos

[40] http://en.wikipedia.org/wiki/Ground_granulated_blast-furnace_slag

€/tonne for fly ash and at 145 €/tonne for slag (McKinsey, 2009). The fixed operation and maintenance cost is at 17.5 €/tonne for fly ash and 21.5 €/tonne for slag (McKinsey, 2009). We assume one year for both replacements to fully take place and an amortization period of one year.

3.2.2.2. Increased share of waste or biomass as kiln fuel

This option assumes the substitution of fossil fuels in the cement kiln with alternative fuels (municipal and industrial fossil waste or biomass). This will reduce the average fuel combustion emissions of the clinker making process. It is assumed that CO2 from biomass is climate-neutral. The real reductions of CO2 emissions at the alternative waste-disposal operations are attributed to the cement sector and sufficient amount of biomass and waste are available to substitute fossil fuels. The average efficiency of increased share of waste as kiln fuel is at 21%[41] and of increased share of biomass as kiln fuel is at 34% (Karagiorgas, 2010). Fuel calorific value for the abatement option of waste as fuel is 21 GJ/tonne (Tsakalakis, 2010) and for the abatement option of biomass as fuel is 16 GJ/tonne[42]. The capital cost is at 200 €/tonne for both the abatement options (McKinsey, 2009). The fixed operation and maintenance cost is at 12 €/tonne for waste as fuel and 27 €/tonne for biomass as fuel (McKinsey, 2009). For the increased share of waste as fuel we assume one year for the abatement option to fully take place and an amortization period of one year. For increased share of biomass as fuel four years are needed for biomass plants to be constructed (PPC, 2012) while the amortization period is three years (Karagiorgas et al., 2010).

3.2.3. Iron and Steel

Since 1937, iron and steel sector is one of the leaders in Greek industry. After 2000 the sector experienced a rapid growth, however the last couple of years it has been highly affected by the global financial crisis. The three major companies of iron and steel industry are Hellenic Halyvourgia, Sidenor S.A. and Hellenic Steel[43] with total installed capacity at 4,445 million tones. Specifically, Hellenic Halyvoyrgia operates two plants in Volos and Velestinos[44] with total installed capacity of 1.3 million tons[45]. Sidenor S.A. operates two plants in Thessaloniki and Almyros with total installed capacity of 2 million tons[46]. Hellenic Steel operates one plant in Thessaloniki with installed capacity of 1,145 million tons[47]. A distinctive mark of the financial crisis is the low annual load factor which is only 5.6%[48].

3.2.3.1. Energy efficiency improvements

This option includes continuous improvement measures, preventative and better planning maintenance, insulation of furnaces, improved process flows, sinter plant heat recovery, coal-moisture control and pulverized coal injection. The average efficiency of

41 http://en.wikipedia.org/wiki/Waste-to-energy

42 http://www.omafra.gov.on.ca/english/index.html

43 Halivourgiki is another major company which however it does not operate for the last year and we do not include this company into our analysis.

44 Aspropyrgos plant with installed capacity of 0,4 million tons was closed.

45 http://www.hlv.gr/company-facilities-en.html

46 http://www.sidenor.gr/PlainText.aspx?MenuTxtId=20&lang=GR

47 https://www.steelbb.com/?PageID=157&article_id=84264

48 http://www.greenpeace.org/greece/el/blog/blog_dimitris_ibrahim/blog/48287/

improvements in energy efficiency is assumed at 100%[49]. The capital cost is at 35 €/tonne and the fixed operation and maintenance cost is at 0 €/tonne (McKinsey, 2009). We assume that improvements in energy efficiency are applied immediately while the amortization period is assumed to be one year.

3.2.3.2. Co-generation

The Blast furnace (BF) and Basic Oxygen furnace (BOF) in steel manufacturing process generate waste gas as a by-product. This abatement option recovers the gas and cleans it and then uses it for power generation. Co-generation is assumed to be a thermodynamically efficient use of fuel because instead of dispose the waste heat which is produced in the process, it employs it in a good use. This option is integrated into the furnaces and helps towards the reduction of the total energy demand. All energy plants which use BF and BOF can be generated internally without the need of an outside generation at all. The average efficiency of co-generation is at 80%[50]. Fuel calorific value for the co-generation due to burning of natural gas is 38.1 GJ/tonne[51]. The capital cost is at 70 €/tonne and the fixed operation and maintenance cost is at 0 €/tonne (McKinsey, 2009). We assume that co-generation is applied after one year while the amortization period is four years[52].

3.2.3.3. Direct casting

Current techniques in steel casting favor the continuous casting into slabs, billets and blooms. After the casting and during the rolling, they need to be reheated in order to take the final shape. This abatement option integrates the casting and hot rolling into one step and reduces the heat needed. In addition, it incorporates two newly developed direct casting techniques, namely the net-shape casting and the strip casting. The only drawback is that it can only be applied to new-builds. The average efficiency of direct casting is at 90%[53]. The capital cost is at 80 €/tonne and the fixed operation and maintenance cost is at 0 €/tonne (McKinsey, 2009). We assume that direct casting is applied after one year and the amortization period is three years.

3.2.3.4. Smelt reduction

As smelting reduction abatement option we can group a set of ironmaking processes which aim to surpass certain fundamental problems of the currently in-use blast furnace route. Such problems are the dependence on large scale operation, reliance on coking coal and environmental pollution. Specifically, this abatement option combines upstream hot metal production processes into one step and therefore it completely avoids the coking process. The result is less fuel used and less emissions. The average efficiency of smelt reduction is at 29%[54]. The capital cost is at 100 €/tonne and the fixed operation and maintenance cost is at 0 €/tonne (McKinsey, 2009). Smelt reduction needs up to ten years[55] in order to be available in Greece (currently it is available only in developing countries) and the amortization period is four years.

49 We assume that there are no losses due to human factor.
50 http://en.wikipedia.org/wiki/Cogeneration
51 http://setis.ec.europa.eu/technologies/Cogeneration-of-heat/info
52 http://www.cumminspower.com/www/literature/technicalpapers/PT-7018-EvaluatingCogen-en.pdf
53 http://climatetechwiki.org/technology/direct-casting
54 http://climatetechwiki.org/technology/smelt-reduction
55 http://climatetechwiki.org/technology/smelt-reduction

4. Cost analysis

We used an optimization process in order to determine the least cost option for each sector and to rank the available abatement technology options which we presented thoroughly in a previous section. In order to determine the least cost option we considered a number of variables such as capital cost, variable costs, total installed capacity, annual load factor and other factors. Next we present in Tables 1-4 the least cost option and the abatement potential for each abatement technology option, ranked from the least cost option to more expensive options. We used the abatement potential from McKinsey (2009).

In terms of cost, Table 1 shows that small-hydro is the least cost option (44.66 million €) with abatement potential up to 4.5%. Table 1 also reveals that as we move to a more expensive option, the abatement potential is increasing. Thus, the biomass technology option which is the most expensive option, has abatement potential up to 11.2%.

Table 1: Least cost options and abatement potentials for Energy sector

Abatement options	Least cost option (million €)	Abatement potential
Wind power	176.99	7.9%
Solar photovoltaic	284.42	10.5%
Geothermal energy	91.62	5.25%
Biomass	660.23	11.2%
Small-hydro	44.66	4.5%

In terms of cost, Table 2 shows that energy efficiency from behavioural changes is the least cost option with abatement potential up to 2.75%. On the other hand Carbon capture and storage abatement technology option which is the most expensive option, however the abatement potential is up to 40%.

Table 2: Least cost options and abatement potentials for petroleum downstream refining subsector sector

Abatement options	Least cost option (million €)	Abatement potential
Energy efficiency from behavioral changes	0	2.75%
Energy efficiency from improved maintenance and process control	184.47	4.25%
Energy efficiency requiring Capital expenses at process unit level	250.88	4.2%
Carbon capture and storage	4799.25	40%

Table 3 shows that increased share of biomass as a kiln fuel is the least cost option with abatement potential up to 27%. On the other hand clinker replacement with other materials such as fly ash and slag, have abatement potential is up to 50%.

Table 3: Least cost options and abatement potentials for cement subsector

Abatement options	Least cost option (million €)	Abatement potential
Clinker replacement with fly ash	1279.90	50%[56]
Clinker replacement with slag	1159.25	50%[43]
Increased share of waste as kiln fuel	565.78	27%57
Increased share of biomass as kiln fuel	359.07	27%[44]

Table 4 demonstrates that energy efficiency improvements is the least cost option with abatement potential up to 32%.

Table 4: Least cost options and abatement potentials for iron and Steel subsector

Abatement options	Least cost option (million €)	Abatement potential
Energy efficiency improvements	0.13	32%
Co-generation	16.40	21%
Direct casting	1.79	3%
Smelt reduction	10.36	12%

Next, we will focus our analysis at a plant level. Table 5 presents a brief overview for energy sector of existing thermal plants in Greece. Specifically we present the number of unites for each plant, the fuel produced, installed capacity[58] and pollutants (ypeka, 2013). Tables 6 and 7 present the cost of converting existing thermal plants to renewable energy sources plants. Specifically, Table 6 presents the capital and fixed operation and maintenance cost for the conversion and Table 7 presents the cost effectiveness of the conversion.

Table 5: Existing thermal power plants in Greece

Power plant	Number of units	Fuel produced	Installed Capacity (MW)	Region	Pollutants million mt CO2 Eq.
Agios Georgios	2	NG	360	Attica	2.55
Agios Dimitrios	5	Lignite	1595	W. Macedonia	7.10
Aliveri	4	Mazut	380	C. Greece	0.60
Amynteo	2	Lignite	600	W. Macedonia	2.70
Kardia	4	Lignite	1250	W. Macedonia	5.50
Lavrio	5	NG-Mazut	1572	Attica	2.40
Liptol	2	Lignite	43	W. Macedonia	0.20
Megalopoli	4	Lignite	850	Peloponnese	3.80
Ptolemaida	4	Lignite	620	W. Macedonia	2.80
Linoperamata	12	Diesel-Mazut	192.87	Crete	0.30
Florina	1	Lignite	330	W. Macedonia	1.50
Komotini	1	NG	485	Thrace	3.45
Rhodes	10	Diesel-Mazut	206.11	Dodekanisa	0.30

[56] The abatement potential for clinker replacement with fly ash and slag is the average value.

[57] The abatement potential for increased share of waste and biomass as kiln fuel is the average value.

[58] http://www.dei.gr/el/i-dei/i-etairia/tomeis-drastiriotitas/paragwgi/analutikos-xartis-stathmwn

Table 6: Capital and fixed operation and maintenance costs for thermal power plants

	Capital cost (million €)					Fixed operation and maintenance cost (million €)				
Power Plant	**Wind**	**Solar Photovoltaic**	**Geothermal**	**Biomass**	**Small-hydro**	**Wind**	**Solar Photovoltaic**	**Geothermal**	**Biomass**	**Small-hydro**
Agios Georgios	9000.00	1620.00	936.00	720.00	1080.00	32.40	10.80	39.60	18.00	18.00
Agios Dimitrios	39875.00	7177.50	4147.00	3190.00	4785.00	143.55	47.85	175.45	79.75	79.75
Aliveri	9500.00	1710.00	988.00	760.00	1140.00	34.20	11.40	41.80	19.00	19.00
Amynteo	15000.00	2700.00	1560.00	1200.00	1800.00	54.00	18.00	66.00	30.00	30.00
Kardia	31250.00	5625.00	3250.00	2500.00	3750.00	112.50	37.50	137.50	62.50	62.50
Lavrio	39300.00	7074.00	4087.20	3144.00	4716.00	141.48	47.16	172.92	78.60	78.60
Liptol	1075.00	193.50	111.80	86.00	129.00	3.87	1.29	4.73	2.15	2.15
Megalopoli	21250.00	3825.00	2210.00	1700.00	2550.00	76.50	25.50	93.50	42.50	42.50
Ptolemaida	15500.00	2790.00	1612.00	1240.00	1860.00	55.80	18.60	68.20	31.00	31.00
Linoperamata	4821.75	867.92	501.46	385.74	578.61	17.36	5.79	21.22	9.64	9.64
Florina	8250.00	1485.00	858.00	660.00	990.00	29.70	9.90	36.30	16.50	16.50
Komotini	12125.00	2182.50	1261.00	970.00	1455.00	43.65	14.55	53.35	14.25	14.25
Rhodes	5152.75	927.50	535.89	412.22	618.33	18.55	6.18	22.67	10.31	10.31

Table 7: Cost effectiveness for thermal power plants

	Cost effectiveness (€/tCO2 eq)				
Power plant	**Small-hydro**	**Solar Photovoltaic**	**Geothermal**	**Biomass**	**Wind**
Agios Georgios	650.96	818.40	657.60	5938.16	743.15
Agios Dimitrios	1035.85	1302.28	1046.41	9449.14	1182.55
Aliveri	2920.30	3671.43	2950.07	26639.27	3333.87
Amynteo	1024.67	1288.22	1035.11	9347.11	1169.78
Kardia	1047.95	1317.50	1058.64	9559.55	1196.36
Lavrio	3020.21	3797.04	3050.99	27550.61	3447.92
Liptol	991.37	1246.36	1001.47	9043.33	1131.76
Megalopoli	1031.41	1296.70	1041.92	9408.61	1177.47
Ptolemaida	1021.01	1283.62	1031.41	9313.73	1165.60
Linoperamata	2964.41	3726.89	2994.63	27041.66	3384.23
Florina	1014.42	1275.34	1024.76	9253.64	1158.08
Komotini	648.21	814.94	654.82	5913.06	740.01
Rhodes	3167.91	3982.73	3200.20	28898.00	3616.54

Next, we present similar tables for petroleum refineries, cement plants and iron and steel plants respectively.

Table 8: Installed capacity and pollutants for petroleum refineries

Company	**Refinery**	**Installed Capacity (MW)**	**Region**	**Pollutants thousand mt CO2 Eq.**
Hellenic Petroleum	Aspropyrgos	239.38	Attica	57.04
	Thessaloniki	132.96	C. Macedonia	31.68
	Elefsina	177.31	Attica	42.24
Motor Oil Hellas	Agioi Theodoroi	177.31	Peloponnese	42.24

Table 9: Installed capacity and pollutants for cement plants

Company	**Plant**	**Region**	**Installed Capacity (thousands tons of cement)**	**Pollutants thousand mt CO2 Eq.**
Heracles GCC (Lafarge Group)	Volos	Magnesia	4500	547.08
	Milaki (Evia)	C. Greece	2200	267.46
TITAN	Elefsina	Attica	140	17.02
	Thessaloniki	C. Macedonia	2000	243.15
	Drepano (Ahaia)	Peloponnese	2000	243.15
	Kamari	C. Greece	2900	352.56
Halyps Cement (Italcementi Group)	Aspropyrgos	Attica	1000	121.57

Table 10: Installed capacity and pollutants for iron and steel plants

Company	**Plant**	**Region**	**Installed Capacity (thousands tons of cement)**	**Pollutants thousand mt CO2 Eq.**
Hellenic Halyvourgia	Velestinos	Magnesia	700	23.34
	Volos	Magnesia	600	20.00
Sidenor S.A.	Thessaloniki	C. Macedonia	800	26.67
	Almyros	Magnesia	1200	40.01
Hellenic Steel	Thessaloniki	C. Macedonia	1145	38.18

Table 11: Capital and fixed operation and maintenance costs for petroleum refineries

	Capital cost (thousand €)				Fixed operation and maintenance cost (thousand €)			
Refinery	Energy efficiency from behavioral changes	Energy efficiency from improved maintenance and process control	Energy efficiency requiring Capital expenses at process unit level	Carbon capture and storage	Energy efficiency from behavioral changes	Energy efficiency from improved maintenance and process control	Energy efficiency requiring Capital expenses at process unit level	Carbon capture and storage
Aspropyrgos	0	394.99	19752.07	756.47	0	59.85	988.68	32.80
Thessaloniki	0	219.38	10970.53	420.15	0	33.24	549.12	18.22
Elefsina	0	292.56	14629.85	560.30	0	44.33	732.29	24.29
Agioi Theodoroi	0	292.56	14629.85	560.30	0	44.33	732.29	24.29

Table 12: Capital and fixed operation and maintenance costs for cement plants

	Capital cost (thousand €)				Fixed operation and maintenance cost (thousand €)			
Plant	Replacement of clinker with fly ash	Replacement of clinker with slag	Increased share of waste as fuel	Increased share of biomass as fuel	Replacement of clinker with fly ash	Replacement of clinker with slag	Increased share of waste as fuel	Increased share of biomass as fuel
Volos	22.50	652.50	900.00	900.00	78.75	96.75	54.00	121.50
Milaki (Evia)	11.00	319.00	440.00	440.00	38.50	47.30	26.40	59.40
Elefsina	0.70	20.30	28.00	28.00	2.45	3.01	1.68	3.78
Thessaloniki	10.00	290.00	400.00	400.00	35.00	43.00	24.00	54.00
Drepano (Ahaia)	10.00	290.00	400.00	400.00	35.00	43.00	24.00	54.00
Kamari	14.50	420.50	580.00	580.00	50.75	62.35	34.80	78.30
Aspropyrgos	5.00	145.00	200.00	200.00	17.50	21.50	12.00	27.00

Table 13: Capital and fixed operation and maintenance costs for iron and steel plants

	Capital cost (thousand €)				Fixed operation and maintenance cost (thousand €)			
Plant	Improvements in energy efficiency	Co-generation	Direct casting	Smelt reduction	Improvements in energy efficiency	Co-generation	Direct casting	Smelt reduction
Velestinos	24.50	49.00	56.00	70.00	0	0	0	0
Volos	21.00	42.00	48.00	60.00	0	0	0	0
Thessaloniki	28.00	56.00	64.00	80.00	0	0	0	0
Almyros	42.00	84.00	96.00	120.00	0	0	0	0
Thessaloniki	40.08	80.15	91.60	114.50	0	0	0	0

Table 14: Abatement costs for petroleum refineries

	Abatement cost (thousand €)			
Refinery	Energy efficiency from behavioral changes	Energy efficiency from improved maintenance and process control	Energy efficiency requiring Capital expenses at process unit level	Carbon capture and storage
Aspropyrgos	0	10521.19	273726.19	14308.82
Thessaloniki	0	5843.59	152030.72	7947.29
Elefsina	0	7792.77	202741.93	10598.17
Agioi Theodoroi	0	7792.77	202741.93	10598.17

Table 15: Abatement costs for cement plants

Plant	Abatement cost (thousand €)			
	Replacement of clinker with fly ash	Replacement of clinker with slag	Increased share of waste as fuel	Increased share of biomass as fuel
Volos	73.67	68.09	233.73	216.81
Milaki (Evia)	36.01	33.29	114.27	106.00
Elefsina	2.29	21.18	7.27	6.75
Thessaloniki	32.74	30.26	103.88	96.36
Drepano (Ahaia)	32.74	30.26	103.88	96.36
Kamari	47.47	43.88	150.63	139.72
Aspropyrgos	16.37	15.13	51.94	48.18

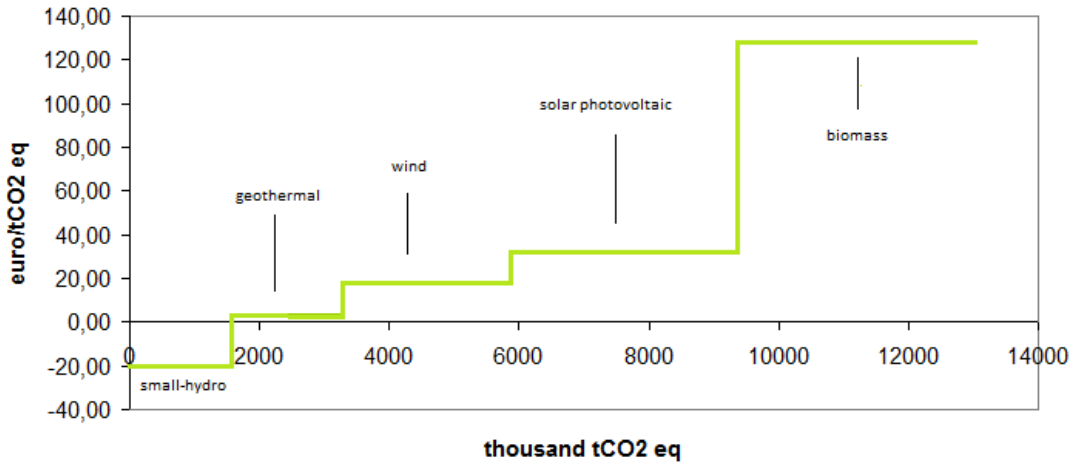
Table 16: Abatement costs for iron and steel plants

Plant	Abatement cost (thousand €)			
	Improvements in energy efficiency	Co-generation	Direct casting	Smelt reduction
Velestinos	0.30	5.42	0.71	1.65
Volos	0.26	4.64	0.61	1.41
Thessaloniki	0.34	6.19	0.81	1.88
Almyros	0.52	9.29	1.21	2.82
Thessaloniki	0.49	8.86	1.16	2.69

5. Marginal Abatement cost curves

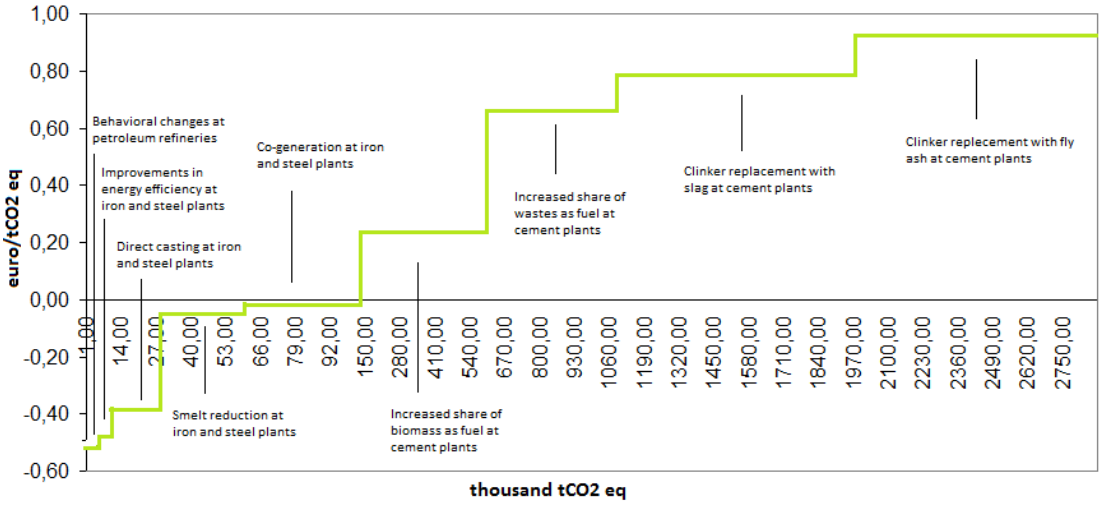
In this section we present the abatement cost curves for energy and industry sectors. In the X axis is the pollution abated measured in thousands of CO_2 eq. while in the Y axis is the cost effectiveness measured in euro/tCO_2 eq. In Figure 1, small-hydro abatement option lies in negative costs, so the society benefits from the adaption of this abatement option. This technology abates pollution up to 1500 thousands tCO_2 eq. For an additional 1750 thousand tCO_2 eq. reduction, the policy maker should adapt geothermal energy option at a cost of 2.74 euro/tCO_2 eq. If the policy maker wishes a further pollution reduction up to 5850 thousands tCO_2 eq, he should adapt wind power option at a cost of 17.65 euro/tCO_2. Solar photovoltaic option can achieve a further 3500 thousands tCO_2 eq reduction at a cost of 31.76 euro/tCO_2. Last, biomass option could abate up to 13050 thousands tCO_2 for a cost of 127.73 euro/tCO_2.

Figure 1: Marginal abatement cost curve for energy sector



In Figure 2 a number of abatement technologies appear at negative costs. Thus, behavioral changes at petroleum refineries, improvements in energy efficiency at iron and steel plants, direct casting at iron and steel plants, smelt reduction at iron and steel plants and co-generation at iron and steel plants can achieve up to 110 thousand tCO_2 eq reduction. On the other hand, increased share of wastes and /or biomass as a kiln fuel at cement plants and clinker replacement with slag and/or fly ash can achieve up to 2870 thousand tCO_2 eq., on significantly higher costs.

Figure 2: Marginal abatement cost curve for industry sector



6. Conclusions

In this study we presented and analyzed the available abatement option for energy and industry sectors. We consider petroleum, cement and iron and steel subsectors which are among the most important and bigger pollutants industrial subsectors (ypeka, 2013). We have constructed Marginal Abatement Cost curves which aim to assist the decision maker to determine the optimal strategy for environmental regulation.

Our analysis reveals significant potentials in pollution abatement even at negative costs. Specifically we found five abatement technologies in industry sector and one in energy sector with negative cost. The interpretation of negative cost is that society benefits from these abatement technologies both in cost and pollution abatement terms. Furthermore, we found that abatement technologies in industry sector cost considerably less than abatement technologies in energy sector, however there are significantly larger abatement potentials in energy sector. In addition, energy sector emits 33.2 million tons of CO_2 eq, while industry sector emits 2.11 million tons of CO_2 eq (ypeka, 2013). To sum up, energy sector is by far the larger emitter, however it presents significant opportunities for pollution abatement.

References

Beaumont N. and Tinch R. (2004). Abatement cost curves: a viable management tool for enabling the achievement of win–win waste reduction strategies?, *Journal of Environmental Management,* **71**, 207-215.

Brown M.A. (2001). Market failures and barriers as a basis for clean energy policies. *Energy Policy*, **29**, 1197-1207.

Chen W. (2005). The costs of mitigation carbon emissions in China: findings from China MARKAL-MACRO modeling, *Energy Policy*, **33**, 885-896.

Criqui P., Mima S. and Viguier L. (1999). Marginal abatement costs of CO_2 emission reductions, geographical flexibility and concrete ceilings: an assessment using the POLES model, *Energy Policy*, **27**, 585-601.

Ekins P., Kesicki F. and Smith A.Z.P. (2011). Marginal Abatement Cost Curves: A call for caution. UCL Energy Institute. London, UK.

Ellerman A.D. and Decaux A. (1998). Analysis of post-Kyoto CO_2 emissions trading using marginal abatement curves. MIT joint program on the science and policy of global change report 40, October.

EURELECTRIC. (2003). Efficiency in electricity generation. EURELECTRIC "Preservation of Resources" Working Group's "Upstream" Sub-group in collaboration with VGA.

Halkos G.E. (1992). Economic perspectives of the acid rain problem in Europe; D.Phil Thesis, Department of Economics and Related Studies, University of York.

Halkos G.E. (1993). Sulphur abatement policy: Implications of the cost differentials. *Energy Policy*, **21**, 1035-1043.

Halkos G.E. (1994). Optimal abatement of sulphur emissions in Europe, *Environmental and Resource Economics*, **4**, 127-150.

Halkos G.E. (1995a). Economic incentives for optimal sulfur abatement in Europe, *Energy Sources,* **17**, 517-534.

Halkos G.E. (1995b). Evaluation of the direct cost of sulphur abatement under the main desulfurization technologies, *Energy Sources*, **17**, 391-412.

Halkos G.E. (2010). Construction of abatement cost curves: The case of F-gases. MPRA Paper 26532, University Library of Munich, Germany.

IPA. (2010). Study on the calculations of revised 2020 RES targets for the energy community. IPA energy and Water economics, United Kingdom.

IPCC (2007). Climate change 2007: Mitigation of climate change. In: Metz B, Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA (Eds), Contribution of Working Group III to Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.

Karagiorgas M., Zaharias D. and Kirkou A. 2010. Renewable energy sources. WWF Hellas, Greece.

Kesicki F. (2010). Marginal Abatement Cost Curves: Combining Energy System Modelling and Decomposition Analysis. International Energy Workshop 2010. Stockholm.

Kesicki F., and Strachan N. (2011). Marginal abatement cost (MAC) curves: confronting theory and practice, *Environmental Science & Policy*, **14**, 1195-1204.

Klepper G. and Peterson S. (2006). Marginal abatement cost curves in general equilibrium: the influence of world energy prices, *Resource and Energy Economics*, **28**, 1–23.

McKinsey. (2009). Pathways to a low-carbon economy: Version 2 of the global greenhouse gas abatement cost curve.

McKinsey. (2012). Greenhouse gas abatement potential in Greece.

McKitrick R. (1999). A Derivation of the Marginal Abatement Cost Curve, *Journal of Environmental Economics and Management*, **37**, 306-314.

Ministry of Development. (2008). Assessment of national potential of electricity and heat co-production in Greece.

Morris J., Paltsev S. and Reilly J. (2012). Marginal abatement costs and marginal welfare costs for greenhouse gas emissions reductions: Results from the EPPA model, *Environmental Modeling and Assessment*, **17**, 325-336.

PPC. (2009). The contribution of hydroelectric plants to the country's energy planning. Technical Chamber of Greece, Department of Epirus, Greece.

PPC. (2012). Annual Report 2012. Public Power Corporation Hellas S.A., Greece.

Tsakalakis K. (2010). Production technology of cement and concrete. Laboratory of Mineral Processing, Metallurgy and Materials Technology, School of Mining and Metallurgical Engineering, National Technical University.

Van Vuuren D.P., de Vries B., Eickhout B. and Kram T. (2004). Responses to technology and taxes in a simulated world. *Energy Economics*, **26**, 579-601.

Vijay S., De Carolis J.F. and Srivastava R.K. (2010). A bottom-up method to develop pollution abatement cost curves for coal-fired utility boilers, *Energy Policy*, **38**, 2255-2261.

Ypeka. (2013). Annual inventory submission of Greece under the convention and the Kyoto protocol for greenhouse and other gases for the years 1990-2011. Ministry of Environment, Energy and Climate Change, Athens.

Οι εκπομπές CO_2 ως παγκόσμιος δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης: Οι ιδιομορφίες τους σε όρους αρνητικών εξωτερικών οικονομιών.

Δήμητρα Καΐκα, Χριστίνα Μπαμπάτσου, Ναταλία Μποέμη, Ευθύμιος Ζέρβας*
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
Σαχτούρη 11, 26 222, Πάτρα, *e-mail: zervas@eap.gr

Περίληψη
Η κλιματική αλλαγή συχνά συγκρίνεται με τα σοβαρά ιστορικά γεγονότα που σημάδεψαν την ανθρωπότητα τον 20ο αιώνα. Η υπερσυσσώρευση των εκπομπών CO_2 στην ατμόσφαιρα διαταράσσει το κλιματικό σύστημα, και, υπό αυτή την έννοια, οι εκπομπές CO_2 χαρακτηρίζονται ως ένας συνολικός δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης του πλανήτη. Ωστόσο, ως δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης, οι εκπομπές CO_2 διαφοροποιούνται σε πολλές διαστάσεις από τους άλλους ρύπους ή μορφές περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Στην εργασία αυτή, διερευνώνται οι ιδιομορφίες των εκπομπών CO_2 που συνιστούν το αρνητικό εξωτερικό τους κόστος όπως αποτυπώνονται στην οικονομική βιβλιογραφία. Ειδικότερα θέματα που αναπτύσσονται είναι η επίδραση στην ευημερία, η διάσταση του χώρου και του χρόνου, η διάσταση της δικαιοσύνης, η συμπεριφορά του λαθρεπιβάτη και η αβεβαιότητα για το κόστος περιορισμού της κλιματικής αλλαγής και προσαρμογής στη κλιματική αλλαγή. Επιπρόσθετα, διερευνώνται οι προκλήσεις της κοινής δράσης των χωρών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής λόγω της έλλειψης επαρκών κινήτρων και του πολιτικού κόστους σε κάθε χώρα.

Λέξεις κλειδιά: Κλιματική αλλαγή, περιβαλλοντική υποβάθμιση, εκπομπές CO_2, εξωτερικό κόστος, αβεβαιότητα.

JEL Κωδικοί: D63, D81, F64, Q01, Q54, Q56.

1. Εισαγωγή

Οι εκπομπές CO_2 αποτελούν μία ιδιόμορφη μορφή περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Το ίδιο το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα φυσικό στοιχείο της ατμόσφαιρας της γης, το οποίο είναι μάλιστα απαραίτητο για τη διατήρηση της θερμοκρασίας της γης στα σημερινά επίπεδα. Όμως, η υπερσυσσώρευση των εκπομπών CO_2 στην ατμόσφαιρα διαταράσσει το κλιματικό σύστημα, και, υπό αυτή την έννοια, οι εκπομπές CO_2 χαρακτηρίζονται ως συνολικός δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης του πλανήτη.

Ωστόσο, σαν δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης, οι εκπομπές CO_2 διαφοροποιούνται σε πολλές διαστάσεις από τους υπόλοιπους ρύπους τοπικής φύσης. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο να διερευνηθούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των εκπομπών αυτών ως μορφή περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Στη παρούσα εργασία επιχειρείται η επισκόπηση της οικονομικής βιβλιογραφίας αναφορικά με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των εκπομπών CO_2 και τη διαφοροποίησή τους από άλλες μορφές περιβαλλοντικής υποβάθμισης τοπικού χαρακτήρα. Ειδικότερα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται είναι η επίδραση στην ευημερία, η διαφοροποίηση από άλλες μορφές περιβαλλοντικής υποβάθμισης στις διαστάσεις του χώρου, του χρόνου και της δικαιοσύνης, η συμπεριφορά του λαθρεπιβάτη και η αβεβαιότητα για το κόστος περιορισμού της κλιματικής αλλαγής και προσαρμογής στη κλιματική αλλαγή.

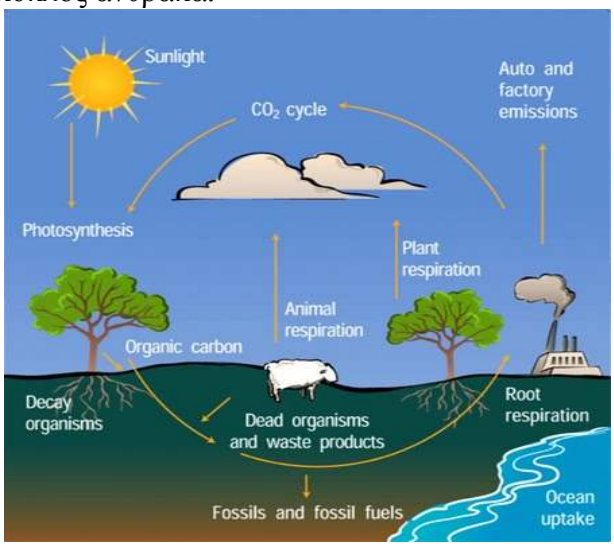
Επιπρόσθετα, διερευνώνται οι προκλήσεις της κοινής δράσης των χωρών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής λόγω της έλλειψης επαρκών κινήτρων και του πολιτικού κόστους σε κάθε χώρα. Στο πρώτο μέρος παρουσιάζεται ο ρόλος και η φύση των εκπομπών CO_2. Στη συνέχεια επισκοπούνται τα οικονομικά χαρακτηριστικά των εκπομπών CO_2 που συνιστούν την ιδιότυπη μορφή τους ως δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

2. Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκπομπών CO_2

2.1. Φυσικός κύκλος άνθρακα και υπερσυσσώρευση των εκπομπών CO_2

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλείται από αέρια στην ατμόσφαιρα, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, τους χλωροφλοράνθρακες, τα οξείδια του αζώτου κτλ, που έχουν την ικανότητα να απορροφούν ακτινοβολία στο υπέρυθρο μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του ήλιου και να την παγιδεύουν[59]. Στο φυσικό κύκλο του άνθρακα (carbon cycle), το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στην παγκόσμια ατμόσφαιρα μέσω της φυτικής φθοράς (vegetative decay) και της ατμοσφαιρικής οξείδωσης του μεθανίου, ενώ αντίστοιχα, αφαιρείται από την ατμόσφαιρα μέσω της φωτοσύνθεσης και των υδατικών συστημάτων (σχήμα 1). Μέσω της φυσικής αυτής διαδικασίας η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του CO_2 εκτιμάται σε 200-250 ppmv (Boubel, 1994).

Σχήμα 1: Ο φυσικός κύκλος άνθρακα.



Πηγή: http://www.iccarsproject.net/carbon-cycle

Η αυξημένη συγκέντρωση του CO_2 και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα, κυρίως μέσω της χρήσης ορυκτών καυσίμων και της αποψίλωσης των δασών. Η συσσώρευση των αερίων θερμοκηπίου προκαλεί την παγίδευση μεγαλύτερων ποσοτήτων θερμότητας στην ατμόσφαιρα (Boubel, 1994; IPCC_AR4_WG1, 2007; IPCC_FAR_WG2, 1990). Ως αποτέλεσμα, αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας στην επιφάνεια της γης. Τα περισσότερα μοντέλα εκτιμούν ότι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας θα ξεπεράσει τον 1^oC το 2050 και θα αυξηθεί κατά 6^oC μέχρι τα τέλη του αιώνα που διανύουμε (Dow and Downing, 2006). Η υπερθέρμανση αυτή (global warming) διαταράσσει το παγκόσμιο κλιματικό ισοζύγιο και επιφέρει την κλιματική αλλαγή

[59] Αν η Γη δεν είχε ατμόσφαιρα, τότε η θερμοκρασία στην επιφάνειά της θα ήταν -15^oC.

(climate change) (Boubel, 1994; IPCC_AR4_WG1, 2007; IPCC_FAR_WG2, 1990). Ειδικότερα, η συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα σήμερα εκτιμάται σε 360 ppmv, ενώ οι εκτιμήσεις για τα επόμενα 50 έτη υποδεικνύουν συγκεντρώσεις από 400 μέχρι 600 ppmv. Από όλα τα αέρια θερμοκηπίου, το CO_2 έχει τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (50-200 έτη) και τη μεγαλύτερη συγκέντρωση. Με βάση την ολική επίδραση των διαφόρων αερίων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι εκπομπές CO_2 ευθύνονται σε ποσοστό 60% (Boubel, 1994). Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης έχει ήδη αυξηθεί κατά 0,8^{o}C από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, με τα 2/3 της αύξησης αυτής να παρατηρούνται κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, δηλαδή από το 1980 (National Research Council (U.S.). Committee on America's Climate Choices. and National Academies Press (U.S.), 2011).

Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκπομπών CO_2 οφείλεται κυρίως στη καύση των ορυκτών καυσίμων λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας για παραγωγή και κατανάλωση, διαμέσου της παραγωγής ενέργειας. Επομένως, οι εκπομπές CO_2 ορίζονται ως ρύπος από τη στιγμή που η συγκέντρωση των εκπομπών αυτών στην ατμόσφαιρα υπερβαίνει την απορροφητική ικανότητα της φύσης (absorptive capacity) μέσω του κύκλου άνθρακα. Η ανθρώπινη οικονομική δραστηριότητα έχει σαν αποτέλεσμα την υπερσυσσώρευση των εκπομπών CO_2 που διαταράσσει το φυσικό οικοσύστημα και ειδικότερα το κλιματικό σύστημα (IPCC_FAR_WG2, 1990).

2.2. Επιπτώσεις από την υπερσυσσώρευση των εκπομπών CO_2

Η υπερσυσσώρευση των εκπομπών CO_2 στην ατμόσφαιρα έχει σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας. Άμεση συνέπεια της διαταραχής αυτής είναι η κλιματική αλλαγή. Η κλιματική αλλαγή εμφανίζεται στις ακόλουθες μορφές (Dow and Downing, 2006; IPCC_FAR_WG2, 1990; Stern, 2007; Tietenberg and Lewis, 2012):

- Αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, αλλά και του ρυθμού μεταβολής της (Kelskilidou, et al., 2012; Melidoni and Zervas, 2009; Savvidou, et al., 2010).
- Τήξη σημαντικών ποσοτήτων πάγων των πόλων με αποτέλεσμα την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.
- Μεταβολές στο ρυθμό και την ένταση των βροχοπτώσεων και γενικότερα των ακραίων καιρικών φαινομένων (πλημμύρες, ξηρασία, τυφώνες, …) και μετάπτωση των εποχών.
- Αλλαγή στο τρόπο κίνησης των υδάτινων μαζών στους ωκεανούς με αποτέλεσμα κάποιες περιοχές του πλανήτη (πχ Ευρώπη) να γίνουν πιο ψυχρές.
- Σαν συνέπεια των παραπάνω, μεταβολές στη ζώνη εξάπλωσης πολλών ειδών της χλωρίδας και πανίδας.

3. Οι ιδιομορφίες των εκπομπών CO_2 ως ρύπος

Οι ιδιομορφίες των εκπομπών CO_2 ως δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης στην οικονομική βιβλιογραφία συνίστανται στις διαστάσεις που παρουσιάζονται ακολούθως.

3.1. Επίδραση στην ευημερία

Οι κάτοικοι μιας χώρας δεν έχουν κίνητρα να αλλάξουν τη συμπεριφορά τους, επειδή οι εκπομπές CO_2 διαταράσσουν το κλιματικό σύστημα μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας και δεν επηρεάζουν άμεσα την ατομική τους ευημερία (Panayotou, et al., 2000). Επιπρόσθετα, η υπερσυσσώρευση των εκπομπών CO_2 δεν είναι ορατή από τους κατοίκους μίας χώρας και δεν επηρεάζει άμεσα την υγεία των κατοίκων

(Ansuategi and Escapa, 2002; Arrow, et al., 1995; Aslanidis and Iranzo, 2009; Panayotou, et al., 2000).

Η αντίληψη των κατοίκων για τη κλιματική αλλαγή εξαρτάται από ποικίλους ψυχολογικούς, βιωματικούς και κοινωνικοπολιτικούς παράγοντες (Leiserowitz, 2006). Οι πολίτες ως καταναλωτές ενδιαφέρονται για το περιορισμό της κλιματικής αλλαγής και είναι πρόθυμοι να ενεργήσουν με ανάλογο τρόπο (Semenza, et al., 2008), αν και δεν κατανοούν πάντα τον τρόπο με τον οποίο η ανθρώπινη δραστηριότητα επιδρά στη κλιματική αλλαγή (Lorenzoni, 2003). Όμως η βούλησή τους περιορίζεται από οικονομικά, διαρθρωτικά, και κοινωνικά εμπόδια που πρέπει να εξαλειφθούν μέσω των κυβερνητικών πολιτικών (Semenza, et al., 2008).

Παρά το γεγονός ότι αυξάνεται διαχρονικά η ανησυχία και η ευαισθητοποίηση για την κλιματική αλλαγή, οι πολίτες υποβαθμίζουν τη σημασία του ζητήματος αυτού όταν το συγκρίνουν με άλλα θέματα της καθημερινής τους ζωής (Leiserowitz, 2006; Pidgeon, 2010). Πολλές εργασίες δείχνουν ότι η εξέλιξη βασικών μακροοικονομικών μεταβλητών, όπως η οικονομική μεγέθυνση και η ανεργία, επηρεάζουν την προθυμία των πολιτών να πληρώσουν για τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος (Conroy and Emerson, 2014). Η οικονομική ανασφάλεια, ως αποτέλεσμα της τρέχουσας οικονομικής κρίσης, επιδρά αρνητικά στα επίπεδα ανησυχίας των πολιτών για τη κλιματική αλλαγή (Brulle, et al., 2012; Scruggs and Benegal, 2012). Η τάση αυτή παρατηρείται και στα ευρωβαρόμετρα στο σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (σχήμα 2(α)): Το 2008, το 62% των ευρωπαίων πολιτών θεωρεί τη κλιματική αλλαγή ως το δεύτερο πιο σοβαρό παγκόσμιο πρόβλημα, ενώ ένας στους τέσσερις (24%) θεωρεί μια παγκόσμια οικονομική ύφεση ως τη τρίτη πιο σοβαρή παγκόσμια απειλή (European_Commission, 2008). Το 2013, σχεδόν έξι στους δέκα (58%) ευρωπαίους πολίτες θεωρούν την κατάσταση της οικονομίας ως το δεύτερο πιο σοβαρό παγκόσμιο πρόβλημα κατατάσσοντας τη κλιματική αλλαγή στη τρίτη θέση των πιο σοβαρών παγκόσμιων προβλημάτων (European_Commission, 2013).

Πιο ειδικά στην Ελλάδα, η σοβαρή οικονομική κρίση κατά τη διάρκεια των τελευταίων έξι ετών επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο οι Έλληνες πολίτες αντιλαμβάνονται τη σοβαρότητα της κλιματικής αλλαγής (σχήμα 2(β)). Το 2008, εννέα στους δέκα Έλληνες πολίτες (90%) θεωρούν την κλιματική αλλαγή ως το πρώτο παγκόσμιο πρόβλημα και την οικονομική ύφεση ως το τέταρτο πιο σοβαρό παγκόσμιο πρόβλημα (38%) (European_Commission, 2008). Οι τάσεις αυτές αντιστρέφονται το 2013: Η κατάσταση της οικονομίας χαρακτηρίζεται ως το δεύτερο πιο σοβαρό παγκόσμιο πρόβλημα (87%) ενώ η κλιματική αλλαγή κατατάσσεται πλέον στη τρίτη θέση (53%) (European_Commission, 2013).

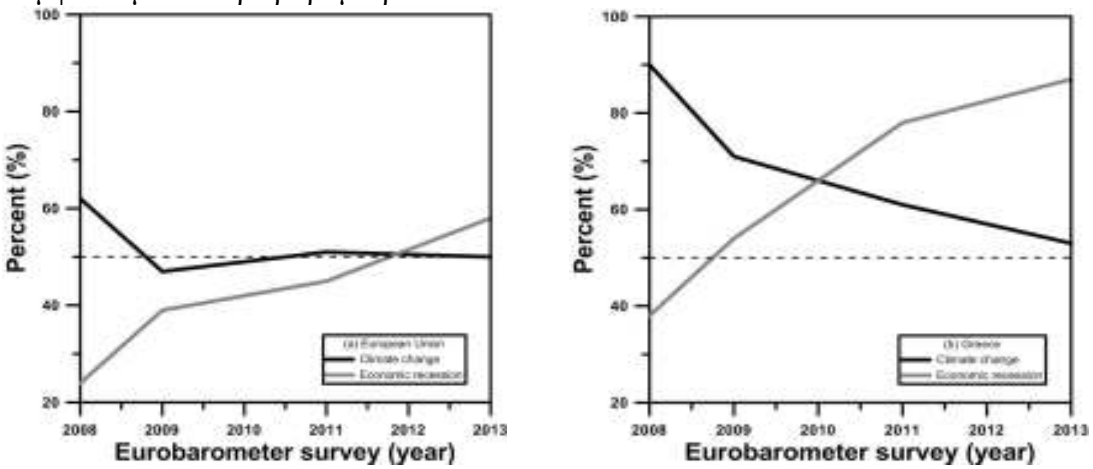
3.2. Χώρος

Η υπερσυσσώρευση των εκπομπών CO_2 στην ατμόσφαιρα κατά τους τελευταίους δύο αιώνες προκλήθηκε από την εντατική χρήση των ορυκτών καυσίμων για τη παραγωγή ενέργειας που τροφοδοτεί την οικονομική μεγέθυνση. Η ευθύνη των οικονομικά ανεπτυγμένων χωρών είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των αναπτυσσόμενων χωρών. Ειδικότερα, το 2008, πέντε έθνη με τις μεγαλύτερες εκπομπές CO_2 είναι υπεύθυνες για σχεδόν το 60% των συνολικών εκπομπών CO_2 σε παγκόσμιο επίπεδο (Dietz and Zhao, 2011). Όμως, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μέσω της υπερσυσσώρευσης του CO_2 είναι παγκόσμιες και δεν περιορίζονται μόνο τοπικά στις αναπτυγμένες χώρες. Επομένως, η δημιουργία του προβλήματος σε τοπικό επίπεδο δημιουργεί παγκόσμιο φαινόμενο με παγκόσμιες επιπτώσεις μέσω της μεταβολής του παγκόσμιου κλιματικού ισοζυγίου (Panayotou, et al., 2000; Tietenberg and Lewis, 2012).

3.3. Χρόνος

Το δυνητικό κόστος για το περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να αναληφθεί από την τρέχουσα γενιά ενώ τα όποια οφέλη θα τα απολαύσουν οι μελλοντικές γενιές, καθώς η διάρκεια παραμονής του CO_2 στην ατμόσφαιρα κυμαίνεται από 50 μέχρι 200 έτη. Αντίστροφα όμως, εάν η παρούσα γενιά δεν αναλάβει το κόστος περιορισμού των αερίων του θερμοκηπίου, τότε το κόστος περιορισμού αυξάνεται σημαντικά και μετακυλίεται στις επόμενες γενιές. Υπό αυτή την έννοια, οι εκπομπές CO_2 συνιστούν, επί της ουσίας, ζήτημα γενικότερης βιωσιμότητας, καθώς απαιτείται κατανομή του οφέλους και του κόστους μεταξύ των γενεών και όχι εντός μιας γενιάς ανθρώπων (Tietenberg and Lewis, 2012).

Σχήμα 2: Αντίληψη πολιτών για τη σοβαρότητα της κλιματικής αλλαγής και της παγκόσμιας οικονομικής ύφεσης (α) στην Ευρωπαϊκή Ένωση και (β) στην Ελλάδα σύμφωνα με τα ευρωβαρόμετρα



3.4. Η συμπεριφορά του λαθρεπιβάτη

Οι δράσεις για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (mitigation) δημιουργούν ένα παγκόσμιο δημόσιο αγαθό που δύναται να απολαύσει κάθε χώρα ομοιόμορφα. Υπό αυτή την έννοια, κάποιες χώρες δύναται να ωφεληθούν από τη δράση άλλων χωρών για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, καθώς καμία χώρα δεν μπορεί να αποκλειστεί από τα παγκόσμια οφέλη του περιορισμού των αερίων του θερμοκηπίου (Tietenberg and Lewis, 2012). Το αποτέλεσμα της συμπεριφοράς του ελεύθερου χρήστη δίνει κίνητρο σε κάποιες χώρες να συνεχίσουν να παράγουν υψηλές εκπομπές CO_2 και αποτελεί αντικίνητρο για επενδύσεις σε έρευνα που οδηγούν στη δημιουργία τεχνολογίας χαμηλών εκπομπών άνθρακα (Aslanidis and Iranzo, 2009; Tietenberg and Lewis, 2012).

3.5. Δικαιοσύνη

Ενώ η υπερσυσσώρευση των εκπομπών CO_2 είναι αποτέλεσμα της οικονομικής δράσης των σημερινά αναπτυγμένων οικονομιών κατά τους τελευταίους δύο αιώνες, οι σημερινά αναπτυσσόμενες και υπανάπτυκτες χώρες καλούνται να λάβουν μέτρα για το περιορισμό των εκπομπών CO_2 που πιθανά επιβραδύνουν τη διαδικασία της οικονομικής τους μεγέθυνσης (Tietenberg and Lewis, 2012). Ειδικότερα, ένα μέρος του εισοδήματός των αναπτυσσόμενων χωρών θα πρέπει να επενδυθεί για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Καθώς όμως οι αναπτυσσόμενες οικονομίες δεν διαθέτουν επαρκή κεφάλαια σε σύγκριση με τις αναπτυγμένες χώρες, το κόστος

των δράσεων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής ενδέχεται να μειώσει την ευημερία των κατοίκων στις πρώτες.

Σε άμεση συνάρτηση με το προηγούμενο, ενώ η υπερσυσσώρευση του CO_2 στην ατμόσφαιρα είναι αποτέλεσμα της οικονομικής δράσης των σημερινά αναπτυγμένων οικονομιών κατά τους τελευταίους δύο αιώνες, η διαταραχή του κλιματικού ισοζυγίου δεν επιφέρει ομοιογενείς επιπτώσεις σε όλες τις χώρες (Mendelsohn, et al., 2006; Stern, 2007). Για παράδειγμα, σε κάποιες αγροτικές οικονομίες ενδέχεται να εμφανιστούν ισχυρές βροχοπτώσεις (πλημμύρες) που καταστρέφουν τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις, ενώ σε άλλες χώρες η άνοδος της θερμοκρασίας ενδέχεται να ωφελήσει την αγροτική τους παραγωγή (Mendelsohn, et al., 2006; Nordhaus, 2007; Tol, et al., 2004). Ακόμα περισσότερο, οι αναπτυγμένες χώρες μπορούν να ανταπεξέλθουν στο κόστος αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, σε αντίθεση με τις λιγότερο αναπτυγμένες ή/και αναπτυσσόμενες οικονομίες που δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να προσαρμοστούν στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Tietenberg and Lewis, 2012; Tol, et al., 2004).

3.6. Αβεβαιότητα

Μια σημαντική παράμετρος που σχετίζεται με την υπερσυσσώρευση του CO_2 στην ατμόσφαιρα είναι η αβεβαιότητα για την έκταση της κλιματικής αλλαγής και το πιθανό εύρος της επίπτωσής της (Hitz and Smith, 2004; Rabl and Zwaan, 2009; Tietenberg and Lewis, 2012). Ήδη, νεότερες επικαιροποιημένες εργασίες υποδεικνύουν ότι η συσσώρευση του CO_2 στην ατμόσφαιρα γίνεται με ταχύτερους ρυθμούς σε σχέση με τις αναφορές που δημοσιεύτηκαν το 1990 (IPCC, 2007; IPCC_FAR_WG1, 1990; IPCC_TAR_SYR, 2001). Τα αποτελέσματα των ερευνών για την εκτίμηση και αποτίμηση των επιπτώσεων από την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας υποδεικνύουν ότι οι όποιες εκτιμήσεις ενδέχεται να υποτιμούν το πραγματικό μέγεθος του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής. Επομένως, είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν οι κατανεμητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και, γενικότερα, η ευπάθεια (vulnerability) των χωρών σε αυτή (Smith, et al., 2001).

Η αβεβαιότητα συνίσταται γενικά στη πολυδιάστατη δομή της κλιματικής αλλαγής. Ενώ κάποιες από τις επιπτώσεις της δύναται να εκτιμηθούν σε όρους αγοράς, υπάρχει πλήθος επιπτώσεων για τις οποίες η σημερινή γνώση είναι περιορισμένη. Για παράδειγμα, είναι δύσκολο να εκτιμηθούν οι έμμεσες επιπτώσεις της μεταβολής της γεωργικής παραγωγής στη βιομηχανία τροφίμων. Επιπλέον, είναι δύσκολη η αποτίμηση της σχέσης αγοραίων και μη αγοραίων επιδράσεων, όπως η επίδραση της απώλειας οικοσυστήματος στο ΑΕΠ, ή οι κοινωνικοπολιτικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής (Nordhaus, 2007; Smith, et al., 2001).

Πολλές εργασίες εισηγούνται ότι το κόστος των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής εκτιμάται γύρω στο 2-3% του σημερινού παγκόσμιου ΑΕΠ. Ειδικότερα, για τις χώρες του ΟΟΣΑ προβλέπεται απώλεια της τάξης του 1,5-2% του ΑΕΠ τους, ενώ για τις αναπτυσσόμενες χώρες η απώλεια εκτιμάται μεταξύ 2-9% του ΑΕΠ τους στο σενάριο που προβλέπει διπλασιασμό του CO_2 (Fankhauser and Tol, 1996). Βέβαια, οι εκτιμήσεις ποικίλουν ανάλογα με τις παραδοχές του κλιματικού σεναρίου που υιοθετείται, τη μεθοδολογία εκτίμησης και τη γεωγραφική περιοχή (Smith et al., 2001). Γενικότερα όμως, υπάρχει ένα ευρύ φάσμα αβεβαιότητας γύρω από τις εκτιμήσεις (Hitz and Smith, 2004; Rabl and Zwaan, 2009; Smith, et al., 2001).

3.6.1. Αβεβαιότητα για το κόστος περιορισμού και προσαρμογής

Σε συνάρτηση με τη προσπάθεια αποτίμησης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην υφιστάμενη δομή των χωρών (vulnerability) επιχειρείται και η αποτίμηση των δράσεων που απαιτούνται για το περιορισμό της κλιματικής αλλαγής

(climate change mitigation) και των δράσεων που απαιτούνται για τη προσαρμογή των οικονομιών σε έναν κόσμο με διαφορετικό κλίμα (climate change adaptation).

Ως δράσεις περιορισμού της κλιματικής αλλαγής ορίζονται οι δραστηριότητες που απαιτούνται για την μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου μέσω της χρήσης λιγότερης ενέργειας ή/και μέσω της χρήσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας (όπως φωτοβολταϊκά, αέρας, ή υδροηλεκτρική ενέργεια) ή/και μέσω της αύξησης της αποτελεσματικότητας της παραγωγής ενέργειας, ή την αύξηση της ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα που απορροφάται από τα δέντρα και το έδαφος (carbon sinks) (Tietenberg and Lewis, 2012). Οι δράσεις αυτές επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στον τομέα της ενέργειας και ενδέχεται να έχουν ένα υψηλό οικονομικό κόστος. Σαν αποτέλεσμα, οι δράσεις περιορισμού συνιστούν ζήτημα δημόσιας πολιτικής (Tietenberg and Lewis, 2012). Ως δράσεις προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή είναι κάθε δραστηριότητα που γίνεται για να αντιμετωπιστούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, χωρίς να γίνεται προσπάθεια για μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Όπως προηγουμένως, η μοντελοποίηση των παραμέτρων στις εκτιμήσεις τόσο για τις δράσεις περιορισμού όσο και δια τις δράσεις προσαρμογής, βασίζεται σε πλήθος παραδοχών και σεναρίων για την έκταση της κλιματικής αλλαγής (IPCC_FAR_WG2, 1990; IPCC_TAR_SYR, 2001).

Τέλος, επιχειρείται και η ανάπτυξη συστημάτων γεωμηχανικής (geoengineering) που στοχεύουν είτε στην απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, είτε στη διαχείριση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η έρευνα στο πεδίο αυτό είναι συνεχής, όμως η αποτελεσματικότητα της μηχανικής του κλίματος είναι εξαιρετικά αβέβαιη και ενδέχεται να δημιουργήσει πρόσθετες αρνητικές επιπτώσεις (Rabl and Zwaan, 2009; Tietenberg and Lewis, 2012).

3.7. Η κοινή δράση των χωρών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής

Η αντιμετώπιση του προβλήματος της υπερσυσσώρευσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα απαιτεί την κοινή δράση των χωρών, καθώς το πρόβλημα είναι υπερεθνικό και δεν περιορίζεται σε εθνικό επίπεδο. Απαιτείται επομένως διεθνής συνεργασία και συντονισμός των δράσεων σε υπερεθνικό επίπεδο (Barrett, 2005).

Η συνεργασία και ο συντονισμός των χωρών δύναται να επιτευχθεί μέσω διεθνών πρωτοκόλλων, όπου οι χώρες δεσμεύονται για το περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου και ειδικότερα των εκπομπών CO_2 σε επίπεδα χαμηλότερα από ένα έτος βάσης (United Nations Framework Convention on Climate Change, 1992; Kyoto protocol, 1997 όπως αναφέρονται σε (Tietenberg and Lewis, 2012)). Ωστόσο, η συνεργασία των χωρών σε διεθνές επίπεδο συχνά αποδεικνύεται προβληματική και ανεπαρκής. Για παράδειγμα, η υπογραφή των διεθνών πρωτοκόλλων δεν επικυρώνεται από όλες τις χώρες του κόσμου. Ακόμα και αν κάποια χώρα δεσμεύεται να επιτύχει συγκεκριμένους στόχους σε συγκεκριμένα χρονικά πλαίσια, η δέσμευση αυτή είναι εθελοντική και δεν καθίσταται υποχρεωτική με την έννοια ότι δεν επιβάλλονται συγκεκριμένες κυρώσεις για τη μη τήρηση των δεσμεύσεων. Ήδη νεότερες εργασίες εισηγούνται ότι το πρωτόκολλο του Κιότο δεν έχει σημαντικά αποτελέσματα στο περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου. Συχνά προτείνεται η επιβολή ποινών στις χώρες που δεν τηρούν τις δεσμεύσεις τους, αλλά δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός παγκόσμιος φορέας με υπερεθνική αρμοδιότητα που να μπορεί να επιβάλλει κυρώσεις στις χώρες.

Στην ουσία, η πολιτική βούληση των χωρών να αναλάβουν συγκεκριμένες πρωτοβουλίες υπόκειται σε ένα πλήθος περιορισμών εξαιτίας ακριβώς της πολυδιάστατης φύσης του προβλήματος. Ειδικότερα:

- Σε επίπεδο κάθε οικονομίας, η βούληση της κάθε κυβέρνησης να αντιμετωπίσει στη πράξη το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής περιορίζεται από το δυνητικό πολιτικό κόστος. Οι κυβερνήσεις συνήθως εκλέγονται με ορίζοντα να κυβερνήσουν σε ένα μεσοπρόθεσμο χρονικό διάστημα, ενώ η ίδια η φύση του προβλήματος εκτείνεται σε πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Barrett, 2005).
- Άλλη σημαντική διαφοροποίηση αποτελεί το γεγονός ότι οι τοπικές κοινότητες είναι περισσότερο ομοιογενείς καθώς μοιράζονται κοινές αξίες, συνήθειες και έχουν κοινή ιστορία (Barrett, 2005). Υπό αυτή την έννοια, οι τοπικές κοινότητες δύναται να συνεργαστούν καλύτερα για να αντιμετωπίσουν ένα κοινό περιβαλλοντικό πρόβλημα. Αντίθετα, η διεθνής συνεργασία για την αντιμετώπιση της υπερσυσσώρευσης των αερίων του θερμοκηπίου απαιτεί τη συνεργασία ανομοιογενών κοινοτήτων σε όρους αξιών, συνηθειών και ιστορίας (Barrett, 2005).
- Λόγω της αβεβαιότητας για το κόστος και το όφελος της κλιματικής αλλαγής οι κυβερνήσεις πρέπει να αποφασίσουν χωρίς να έχουν πλήρη πληροφόρηση. Υπάρχει πάντα ο κίνδυνος να αναληφθεί σήμερα ένα πολύ υψηλότερο από το απαραίτητο κόστος περιορισμού. Αντίστροφα, αν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής επιβεβαιωθούν ότι είναι τόσο επιζήμιες όσο προβλέπουν σήμερα τα χειρότερα κλιματικά σενάρια, τότε η καταστροφή που θα έχει συντελεστεί στο μέλλον θα είναι τόσο μεγάλη και ανεπανόρθωτη και θα επιβαρύνει εξολοκλήρου τις μελλοντικές γενιές (Tietenberg and Lewis, 2012).
- Οι χώρες δεν έχουν επαρκή κίνητρα για να αναλάβουν σήμερα δράσεις για το περιορισμό των εκπομπών CO_2 λόγω της συμπεριφοράς του λαθρεπιβάτη (free-rider problem). Πολλές χώρες επιλέγουν να απολαύσουν τα οφέλη από τη δράση άλλων χωρών χωρίς να χρειαστεί να θυσιάσουν άμεσα ιδίους πόρους για το περιορισμό της κλιματικής αλλαγής. Η επιλογή αυτή καλείται ως στρατηγική «περιμένω και βλέπω» (wait and see), δηλαδή περιμένω να δω τι θα κάνουν οι άλλες χώρες και βλέπω τι με συμφέρει να κάνω ως χώρα (Tietenberg and Lewis, 2012). Οι χώρες δεν προβαίνουν άμεσα σε οποιαδήποτε ενέργεια, αλλά περιμένουν να δράσουν ανάλογα με τον τρόπο που θα δράσουν οι υπόλοιπες χώρες.

Η κλιματική αλλαγή συχνά συγκρίνεται με τα σοβαρά ιστορικά γεγονότα που σημάδεψαν την ανθρωπότητα τον 20^{ο} αιώνα όπως ο Πρώτος και ο Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος ή την μεγάλη Ύφεση της δεκαετίας του 1930 (Jaeger, et al., 2008; Stern, 2007). Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής συχνά αναφέρεται ως στρατηγική οικονομικού πολέμου και ανταγωνισμού ειδικά μεταξύ των αναπτυγμένων χωρών στις δύο πλευρές του Ατλαντικού, δηλαδή μεταξύ των ΗΠΑ και της ΕΕ. Οι ΗΠΑ υπαναχωρούν από τη λήψη σαφών μέτρων περιορισμού των αερίων του θερμοκηπίου και συχνά επικαλούνται ότι η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής προϋποθέτει και τη συνεργασία των αναπτυσσόμενων χωρών (Schmidt, 2008), και ειδικότερα της ραγδαίας αναπτυσσόμενης Κίνας (Dupont, 2008). Αντίστροφα, η ΕΕ ευελπιστεί ότι μέσω της επιβολής κανονισμών για το περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου στο εσωτερικό της ΕΕ, θα δημιουργηθεί προσιτή τεχνολογία η οποία θα μπορεί στη συνέχεια να διοχετευθεί στις αναπτυσσόμενες χώρες για τον ίδιο σκοπό (Jaeger, et al., 2008; Schmidt, 2008). Σε κάθε περίπτωση, η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αναδεικνύεται ως ένα πεδίο οικονομικού ανταγωνισμού μεταξύ των σύγχρονων αναπτυγμένων οικονομιών με σημείο αναφοράς την στάθμιση του κινδύνου που προκύπτει από την ανάληψη συγκεκριμένων μέτρων και την απώλεια σε όρους οικονομικής μεγέθυνσης. Ο κίνδυνος συνίσταται στην ανάληψη του ρίσκου που συνδέεται με την πιθανότητα της οικονομικής εξουθένωσης κάποιων χωρών όταν άλλες χώρες αρνούνται να

αναλάβουν συγκεκριμένες δράσεις για την αντιμετώπιση του υπερεθνικού προβλήματος.

4. Συμπεράσματα

Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα φυσικό στοιχείο της ατμόσφαιρας της γης απαραίτητο για τη διατήρηση της θερμοκρασίας της γης. Η υπερσυσσώρευσή του στην ατμόσφαιρα λόγω της ανθρώπινης οικονομικής δραστηριότητας για παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας διαταράσσει το κλιματικό σύστημα, και, υπό αυτή την έννοια, οι εκπομπές CO_2 χαρακτηρίζονται ως συνολικός δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης του πλανήτη. Ωστόσο, ως δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης, οι εκπομπές CO_2 διαφοροποιούνται σε πολλές διαστάσεις από άλλους ρύπους ή μορφές περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Η αυξημένη συγκέντρωση του CO_2 και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δεν επιδρούν άμεσα στην ευημερία των κατοίκων και δεν κατανέμονται δίκαια ως προς το χώρο και το χρόνο. Πολλές χώρες υιοθετούν τη συμπεριφορά του λαθρεπιβάτη ενώ υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα για το κόστος περιορισμού της κλιματικής αλλαγής και προσαρμογής σε αυτή. Οι προκλήσεις της κοινής δράσης των χωρών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι πολλές λόγω της έλλειψης επαρκών κινήτρων και του πολιτικού κόστους σε κάθε χώρα.

Βιβλιογραφία

Ansuategi, A., and M. Escapa (2002). Economic growth and greenhouse gas emissions, Ecological Economics 40, 23-37.

Arrow, K., B. Bolin, R. Costanza, P. Dasgupta, C. Folke, C. S. Holling, B. O. Jansson, S. Levin, K. G. Maler, C. Perrings, and D. Pimentel (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment, Ecological Economics 15, 91-95.

Aslanidis, N., and S. Iranzo (2009). Environment and development: is there a Kuznets curve for CO2 emissions?, Applied Economics 41, 803-810.

Barrett, S. (2005). Chapter 28 The theory of international environmental agreements (Elsevier).

Boubel, R. W. (1994). Fundamentals of air pollution, 3rd edition.(Academic Press, San Diego).

Brulle, R. J., J. Carmichael, and J. C. Jenkins (2012). Shifting public opinion on climate change: An empirical assessment of factors influencing concern over climate change in the U.S., 2002-2010, Climatic Change 114, 169-188.

Conroy, S. J., and T. L. N. Emerson (2014). A tale of trade-offs: The impact of macroeconomic factors on environmental concern, Journal of Environmental Management 145, 88-93.

Dietz, T., and J. Zhao (2011). Paths to climate cooperation, Proceedings of the National Academy of Sciences.

Dow, K., and T. E. Downing (2006). The atlas of climate change : mapping the world's greatest challenge(University of California Press, Berkeley).

Dupont, A. (2008). The Strategic Implications of Climate Change, Survival 50, 29-54.

European_Commission (2008). “Europeans’ attitudes towards climate change”, Special Eurobarometer 300 / Wave 69.2.

European_Commission (2013). "Climate change", Special Eurobarometer 409/ Wave EB80.2, Conducted by TNS Opinion & Social at the request of Directorate-General Climate action.

Fankhauser, S., and R. S. Tol (1996). Climate change costs - Recent advancements in the economic assessment, Energy Policy 24, 665-673.

Hitz, S., and J. Smith (2004). Estimating global impacts from climate change, Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions 14, 201-218.

IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)](IPCC, Geneva, Switzerland).

IPCC_AR4_WG1 (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007 [Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; and Miller, H.L. (eds.)] (Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA).

IPCC_FAR_WG1 (1990). Climate Change: The IPCC Scientific Assesment, Report prepared for Intergovernmental Panel on Climate Change by Working Group I, [J.T. Houghton, G.J. Jenkins and J.J. Ephraums (eds.)], IPCC, WMO, UNEP edition.(Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, New York, NY, USA and Melbourne, Australia).

IPCC_FAR_WG2 (1990). Climate Change: The IPCC impacts assesment, Report prepared for Intergovernmental Panel on Climate Change by Working Group II, [W.J. McG. Tegart, G.W. Sheldon and D.C. Griffiths (eds.)], IPCC, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme edition.(Australian Government Publishing Service, Camberra, Australia).

IPCC_TAR_SYR (2001). Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of theIntegovernmental Panel on Climate Change [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)](Cambridge University Press, Cambridge,United Kingdom, and New York, NY, USA).

Jaeger, C., H. Schellnhuber, and V. Brovkin (2008). Stern's Review and Adam's fallacy, Climatic Change 89, 207-218.

Kelskilidou, E., I. Rethimiotaki, and E. Zervas (2012). Indicators of climate change in Thessaly and Athens (Δείκτες κλιματικών αλλαγών στην Θεσσαλία και την Αθήνα)(Skiathos, Greece).

Leiserowitz, A. (2006). Climate change risk perception and policy preferences: The role of affect, imagery, and values, Climatic Change 77, 45-72.

Lorenzoni, I. (2003). Present Choices Future Climates: A Cross-cultural Study of Perceptions in Italy and in the UK(University of East Anglia, UK).

Melidoni, M., and E. Zervas (2009). Indicators for climate changes(Chania, Greece).

Mendelsohn, R., A. Dinar, and L. Williams (2006). The distributional impact of climate change on rich and poor countries, Environment and Development Economics 11, 159-178.

National Research Council (U.S.). Committee on America's Climate Choices., and National Academies Press (U.S.) (2011). America's Climate Choices(National Academies Press, Washington, D.C.).

Nordhaus, W. (2007). The Challenge of Global Warming: Economic Models and Environmental Policy(New Haven, Connecticut USA).

Panayotou, T., A. Peterson, and J. D. Sachs (2000). Is the Environmental Kuznets Curve Driven by Structural Change? What Extended Time Series May Imply for Developing Countries(Harvard Institute for International Development).

Pidgeon, N. (2010). Public Understanding of and Attitudes Towards Climate Change [commissioned as part of the UK Government's Foresight Project on the International Dimensions of Climate Change], International Dimensions of Climate

Change edition.(School of Psychology Cardiff University and Economic and Social Research Council Climate Leader Fellow).
Rabl, A., and B. Zwaan (2009). Cost–benefit analysis of climate change dynamics: uncertainties and the value of information, Climatic Change 96, 313-333.
Savvidou, M., L. Vatikiotis, and E. Zervas (2010). Indicators for climate changes in the Athens area(Athens, Greece).
Schmidt, J. R. (2008). Why Europe Leads on Climate Change, Survival 50, 83-96.
Scruggs, L., and S. Benegal (2012). Declining public concern about climate change: Can we blame the great recession?, Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions 22, 505-515.
Semenza, J. C., D. E. Hall, D. J. Wilson, B. D. Bontempo, D. J. Sailor, and L. A. George (2008). Public Perception of Climate Change Voluntary Mitigation and Barriers to Behavior Change, American Journal of Preventive Medicine 35, 479-487.
Smith, A., H. J. Schellnhuber, and M. M. Q. Mirza (2001). Vulnerability to Climate Change and Reasons for Concern: A Synthesis(Cambridge University Press, Cambridge).
Stern, N. H. (2007). The economics of climate change : the Stern review(Cambridge University Press, Cambridge, UK ; New York).
Tietenberg, T. H., and L. Lewis (2012). Environmental & natural resource economics, 9th edition.(Pearson Education, Upper Saddle River, N.J.).
Tol, R. S. J., T. E. Downing, O. J. Kuik, and J. B. Smith (2004). Distributional aspects of climate change impacts, Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions 14, 259-272.

Καμπύλες οριακού κόστους ελέγχου ρύπανσης (MAC curves) του τομέα οδικών μεταφορών στην Ελλάδα*

Γιώργος Χάλκος, Ηλίας Κεβόρκ, & Χρήστος Τζιουρτζιούμης
Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Σχολή Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
halkos@uth.gr kevork@uth.gr tziourtz@econ.uth.gr

Περίληψη
Στην εργασία αυτή περιγράφουμε για την Ελλάδα μια διαδικασία εκτίμησης των καμπυλών οριακού κόστους ελέγχου ρύπανσης στο τομέα των οδικών μεταφορών γενικότερα και των επιβατικών αυτοκινήτων ειδικότερα. Στο πρώτο τμήμα εκτιμώνται για την περίοδο 2000-2030 οι ετήσιες εκπεμπόμενες ποσότητες των πιο σημαντικών ρυπαντών με τη μέθοδο Tier 2. Για την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου διενεργούνται προβλέψεις για τον αριθμό αυτοκινήτων και την ετήσια μέση διανυόμενη απόσταση ανά τεχνολογία αυτοκινήτου, είδος καυσίμου και κατηγορία κυβισμού. Ειδικότερα, οι προβλέψεις για τον αριθμό των αυτοκινήτων διενεργούνται χρησιμοποιώντας υποδείγματα τάσης και διπλής εκθετικής εξομάλυνσης στις αντίστοιχες διαθέσιμες χρονολογικές σειρές 2000-2013. Απαραίτητες προσαρμογές στους αριθμούς αυτοκινήτων των πιο πρόσφατων τεχνολογιών εφαρμόζονται για κάθε έτος ώστε το άθροισμα των προβλέψεων να ισούται με το συνολικό προβλεπόμενο αριθμό αυτοκινήτων που προκύπτει μέσω ενός οικονομετρικού υποδείγματος που συνδέει τις μεταβολές του αριθμού αυτοκινήτων και τις μεταβολές του ΑΕΠ (σε τρέχουσες τιμές) του οποίου οι προβλέψεις ελήφθηκαν με χρήση της σειράς 1980-2015 έχοντας ενσωματώσει για τα έτη 2014, 2015 τις εκτιμήσεις του ΟΟΣΑ. Στο δεύτερο τμήμα της μελέτης υπολογίζεται το συνολικό κόστος ρύπανσης σε τιμές έτους 2013 τεσσάρων εναλλακτικών σεναρίων, όταν σε κάθε σενάριο αλλάζει για την περίοδο 2013-2030 η σύνθεση του στόλου επιβατικών αυτοκινήτων προς όφελος είτε των βενζινοκίνητων είτε των πετρελαιοκίνητων είτε των βενζινοκίνητων υβριδικών είτε αυτών με υγραέριο. Οι κατηγορίες κόστους που αναλύονται είναι αυτές του κεφαλαίου, της λειτουργίας και συντήρησης, και του καυσίμου.

Λέξεις Κλειδιά: Κόστος ελέγχου ρύπανσης, οδικές μεταφορές, μέθοδος Tier 2, επιπεδοποιημένο ενεργειακό κόστος.

JEL Κωδικοί: Q51, Q52, M21, R40, C53.

* Work in this research has received funding from the "GHGsMETI" program, which takes place within the **SYNERGASIA 2011** action and is supported by the European Regional Development fund and Greek National Funds, project number **11SYN_8_118**. The text represents the authors' views.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΑΝ II
η περιφέρεια στο επίκεντρο της ανάπτυξης
ΕΣΠΑ 2007-2013 πρόγραμμα για την ανάπτυξη
Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων ΕΥΔΕ-ΕΤΑΚ
Ε. Π. Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΝ ΙΙ), ΠΕΠ Μακεδονίας – Θράκης, ΠΕΠ Κρήτης και Νήσων Αιγαίου, ΠΕΠ Θεσσαλίας – Στερεάς Ελλάδας – Ηπείρου, ΠΕΠ Αττικής

1. Εισαγωγή

Ο τομέας των Μεταφορών στην Ελλάδα διακρίνεται σε οδικές μεταφορές, αερομεταφορές, Θαλάσσιες και σιδηροδρομικές μεταφορές. Σύμφωνα με έκθεση του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής (2013), το μερίδιο της εσωτερικής ναυσιπλοΐας στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στο σύνολο του τομέα των μεταφορών κυμάνθηκε για την περίοδο 1990-2011 μεταξύ 9% και 15%, με το μερίδιο αυτό να φτάνει στο 11% το 2011. Για τις αερομεταφορές εσωτερικού το αντίστοιχο μερίδιο στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κυμάνθηκε μεταξύ 1,7% και 3,5%, με την ελάχιστη τιμή να εμφανίζεται το 2011. Για τις σιδηροδρομικές μεταφορές το μερίδιο αυτό για την ίδια χρονική περίοδο διαμορφώθηκε σε πολύ χαμηλά επίπεδα, από 1,6% το 1990 σε μικρότερο του 0,3% το 2011.

Καθίσταται φανερό λοιπόν ότι στο σύνολο του τομέα των μεταφορών το μεγαλύτερο μερίδιο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 1990-2011 κατείχαν οι οδικές μεταφορές. Σύμφωνα με την προαναφερθείσα έκθεση το μερίδιο αυτό αυξήθηκε από 82% το 1990 σε 87% το 2011. Η αύξηση αυτή προήλθε σαν αποτέλεσμα δυο αντιφατικών παραγόντων: (α) της μεγάλης αύξησης του αριθμού των οχημάτων στην Ελλάδα, και (β) της σημαντικής προόδου που επιτεύχθηκε στις τεχνολογίες των κινητήρων των οχημάτων για τη καταπολέμηση της ρύπανσης. Οι τάσεις αυτές αναφορικά με τα μερίδια που είχαν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οι διάφορες κατηγορίες μεταφορών, καθώς και οι λόγοι αιτιολόγησής των, αποτέλεσε και τον βασικό λόγο η εργασία αυτή να επικεντρωθεί σε ένα πολύ ενδιαφέρον κομμάτι των οδικών μεταφορών το οποίο αφορά τα επιβατικά αυτοκίνητα.

Πιο συγκεκριμένα, στην εργασία αυτή διενεργούμε προβλέψεις για τις εκπομπές ρύπων την περίοδο 2014-2030, (α) ανά είδος ρύπου (πχ. Πρόδρομοι του όζοντος, Αέρια του θερμοκηπίου) και ανά κατηγορίες επιβατικών αυτοκινήτων που διακρίνονται αναλόγως τεχνολογίας (Euro 1, 2, 3 κλπ.), καυσίμου που χρησιμοποιούν (βενζίνη, πετρέλαιο ντίζελ, Υγραέριο), και κυβισμού. Οι προβλέψεις αυτές διενεργούνται βάσει στοιχείων που αφορούν τον αριθμό των αυτοκινήτων, την ετήσια μέση διανυόμενη απόσταση (σε χιλιόμετρα), τους συντελεστές εκπομπών ρύπων και τη μέση κατανάλωση καυσίμου (γραμμάρια ανά χιλιόμετρο) για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/κυβισμού αυτοκινήτου. Τα στοιχεία αυτά για την περίοδο 2000-2013 είναι διαθέσιμα από την EMISSIA SA[60], μια καινοτομική επιχείρηση του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου/Εργαστηρίου Θερμοδυναμικής που ιδρύθηκε το 2008 και εξειδικεύεται σε θέματα απογραφών εκπομπών ρύπων και προβλέψεων, υποδειγμάτων εκπομπών ρύπων, και εκπόνησης μελετών επίδρασης περιβαλλοντικών πολιτικών.

Το πιο σημαντικό όμως που προσφέρουμε σε αυτές τις προβλέψεις είναι ότι λαμβάνουμε υπόψη τη κρίση που έχει υποστεί η αγορά των επιβατικών αυτοκινήτων, κάτι το οποίο αντανακλάται στις πωλήσεις αυτοκινήτων για το 2010-2013. Για την απομάκρυνση της επίδρασης της κρίσης δημιουργήσαμε καταρχάς ένα διμεταβλητό οικονομετρικό υπόδειγμα που να συνδέει για την περίοδο 1985-2013 τις ετήσιες μεταβολές του αριθμού των αυτοκινήτων που ήταν σε κυκλοφορία στο τέλος κάθε έτους με τις αντίστοιχες μεταβολές του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος σε τρέχουσες τιμές (ΑΕΠ). Στη συνέχεια, προβλέψεις του ΑΕΠ σε τρέχουσες τιμές για την περίοδο 2014-2030 διενεργήθηκαν με τη χρήση υποδειγμάτων ARIMA και της μεθόδου της διπλής εκθετικής εξομάλυνσης χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη χρονολογική σειρά 1980-2013 και ενσωματώνοντας σε αυτή τις εκτιμήσεις του ΟΟΣΑ για τα έτη 2014 και 2015. Έχοντας διαθέσιμες τις προβλέψεις του ΑΕΠ για την περίοδο 2014-2030, μέσω του οικονομετρικού υποδείγματος, ελήφθησαν οι προβλέψεις του συνολικού αριθμού των αυτοκινήτων που θα κυκλοφορούν στο τέλος του κάθε έτους

[60] http://www.emisia.com

πρόβλεψης. Τέλος, ο ήδη υπάρχων προβλεπόμενος αριθμός αυτοκινήτων για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού αναπροσαρμόσθηκε για κάθε έτος πρόβλεψης ανάλογα, χρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες ποσοστώσεις και το συνολικό αριθμό αυτοκινήτων που προέκυψε μέσω του οικονομετρικού υποδείγματος.

Ιδιαιτέρως σημαντικό είναι επίσης και το τμήμα το οποίο αναφέρεται στο κόστος πολιτικών καταπολέμησης των ρύπων για την περίοδο πρόβλεψης 2014-2030. Οι πολιτικές αυτές αφορούν αλλαγή της σύνθεσης του στόλου των αυτοκινήτων που θα κυκλοφορούν στο τέλος κάθε έτους έως το 2030 ενισχύοντας το μερίδιο ή των πετρελαιοκινήτων αυτοκίνητων, ή των υβριδικών, ή των αυτοκινήτων υγραερίου εις βάρος του αντίστοιχου μεριδίου των βενζινοκίνητων. Σε αυτές τις πολιτικές καταλήξαμε είτε από αποτελέσματα διεθνών ερευνών ή μετά από την πληροφόρηση που λάβαμε από συνεντεύξεις με τεχνικούς διευθυντές service εταιρειών.

Τέλος για πρώτη φορά στην Ελλάδα εξάγουμε το κόστος των πολιτικών αυτών εξειδικεύοντας για τον τομέα των επιβατικών αυτοκινήτων τις έννοιες του κόστους κεφαλαίου, του σταθερού και μεταβλητού κόστους συντήρησης και λειτουργίας του αυτοκινήτου, καθώς και του κόστους καυσίμου. Για τον υπολογισμό των διαφορετικών αυτών στοιχείων κόστους διεξήγαμε εκτενή έρευνα για συγκέντρωση στοιχείων που αφορούσαν τιμές αυτοκινήτων, τέλη κυκλοφορίας, και ποσό ασφάλισης ανά τεχνολογία, είδος καυσίμου και κυβισμού του αυτοκινήτου. Το συνολικό κόστος υπολογίσθηκε σε τιμές 2013.

2. Στατιστικές για επιβατικά αυτοκίνητα

Η ΕΛ.ΣΤΑΤ[61] ορίζει ως **Όχημα (vehicle)** αυτό που, ανεξάρτητα από τον αριθμό των τροχών, κινείται με μηχανή και προορίζεται να μεταφέρει πρόσωπα ή πράγματα ή και τα δύο μαζί, ευρισκόμενα είτε πάνω στο ίδιο όχημα, είτε σε ρυμουλκούμενο που κινείται από το πρώτο. Η έρευνα που διεξάγει η ΕΛ.ΣΤΑΤ είναι απογραφική[62] χρησιμοποιώντας το Μητρώο του Υπουργείου Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων το οποίο περιέχει όλες τις μηνιαίες μεταβολές στις άδειες ταξινόμησης Οχημάτων στη Ελλάδα. Τα στοιχεία[63] παρέχονται σε επίπεδο Χώρας και παρουσιάζουν ανά κατηγορία οχήματος (Επιβατικά, Λεωφορεία, Φορτηγά, Μοτοσυκλέτες), τον αριθμό των οχημάτων που κυκλοφόρησαν για πρώτη φορά στην Ελλάδα ανά μάρκα και εάν το όχημα είναι καινούργιο ή μεταχειρισμένο.

Ως **Καινούριο όχημα** χαρακτηρίζεται αυτό που ταξινομείται για πρώτη φορά μέσα στο μήνα στην Ελλάδα και δεν έχει κυκλοφορήσει σε άλλη χώρα. Αντίθετα, ως **Μεταχειρισμένο όχημα** χαρακτηρίζεται αυτό που ταξινομείται για πρώτη φορά στην χώρα και έχει εισαχθεί ως μεταχειρισμένο από το εξωτερικό.

Από την απογραφική έρευνα εξαιρούνται τα οχήματα που κινούνται επάνω σε τροχιές, τα ηλεκτροκίνητα με κεραίες λεωφορεία (τρόλεϊ), οι γεωργικοί ελκυστήρες και τα γεωργικά μηχανήματα. Επίσης, δεν περιλαμβάνονται στους πίνακες του Δελτίου Τύπου τα οχήματα Ενόπλων Δυνάμεων, Σωμάτων Ασφαλείας, Πυροσβεστικής Υπηρεσίας, Κρατικών Υπηρεσιών, Διπλωματικού Σώματος, Ξένων Αποστολών, Αναπήρων Πολέμου, καθώς επίσης και τα δίκυκλα τα οποία έχουν κυβισμό κάτω από 50 cc.

Επιβατικό αυτοκίνητο ορίζεται ως το όχημα το οποίο χρησιμοποιείται για τη μεταφορά κυρίως προσώπων, 9 κατ' ανώτατο όριο θέσεων συμπεριλαμβανόμενης και της

[61] ΕΛ.ΣΤΑΤ, Συνοπτική έκθεση ποιότητας για χρήστες, έρευνα χορήγησης αδειών κυκλοφορίας οχημάτων από 01/01/1985 έως 30/06/2014

[62] ΕΛ. ΣΤΑΤ, Ενημερωτικό σημείωμα: Χορήγηση αδειών κυκλοφορίας οχημάτων (Ιανουάριος 1985 – Δεκέμβριος 2009)

[63] http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-themes?p_param=A1106

θέσης του οδηγού. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζουμε τα στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ για τον αριθμό των επιβατικών αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στην Ελλάδα κατά το τέλος των ετών 1985-2013, και τον αριθμό των αυτοκινήτων (καινούργια συν μεταχειρισμένα) που κυκλοφόρησαν για πρώτη φορά στην Ελλάδα (νέες εγγραφές) από το 2000 έως το 2013. Στις τελευταίες δυο στήλες δίνουμε αντίστοιχα τον αριθμό των διαγραφέντων-αποσυρθέντων αυτοκινήτων και το ποσοστό αυτών επί του σύνολου των αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στο τέλος κάθε έτους. Ο αριθμός των διαγραφέντων-αποσυρθέντων σε κάθε έτος υπολογίσθηκε ως ο αριθμός των νέων εγγραφών του ιδίου έτους μείον τη διαφορά του αριθμού των αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν μεταξύ του ιδίου έτους και του προηγούμενου. Μεταξύ 2007-2012 παρατηρούμε μια συνεχή μείωση του ετήσιου ρυθμού μεταβολής, η οποία έχει ως αποτέλεσμα μετά το 2010 να παρατηρούνται αντίστοιχες συνεχείς μειώσεις στο συνολικό αριθμό αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στο τέλος του αντίστοιχου έτους. Αναφορικά με τις νέες εγγραφές, αυτές μειώθηκαν κατά 80% μεταξύ 2007-2012, ενώ για το έτος 2013 η μείωση αυτή εμφανίζεται ελαφρώς να ανακάμπτει. Τέλος, σε όλη την περίοδο 2000-2012 το ποσοστό αποσυρθέντων-διαγραφέντων αυτοκινήτων κυμαίνεται μεταξύ 1,14% και 2,66% με μέσο 1,82%.

Πίνακας 1: Χρονολογικές σειρές αναφορικά με τα επιβατικά αυτοκίνητα που ήταν σε κυκλοφορία στην Ελλάδα την περίοδο 1985-2013

Έτος **(1)**	**Αριθμός αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στην Ελλάδα κατά το τέλος κάθε έτους** **(2)**	**Ρυθμός Μεταβολής** **(3)**	**Νέες Εγγραφές** **(4)**	**Αριθμός Αποσυρθέντων -Διαγραφέντων** **(5)**	**%** **(5)/(2)**
1985	1.259.335				
1986	1.355.142	7,61%			
1987	1.428.546	5,42%			
1988	1.503.921	5,28%			
1989	1.605.181	6,73%			
1990	1.735.523	8,12%			
1991	1.777.484	2,42%			
1992	1.829.100	2,90%			
1993	1.958.544	7,08%			
1994	2.074.081	5,90%			
1995	2.204.761	6,30%			
1996	2.339.421	6,11%			
1997	2.500.099	6,87%			
1998	2.675.676	7,02%			
1999	2.928.881	9,46%			
2000	3.195.065	9,09%	302.620	36.436	1,14%
2001	3.423.704	7,16%	289.943	61.304	1,79%
2002	3.646.069	6,49%	277.567	55.202	1,51%
2003	3.839.549	5,31%	272.515	79.035	2,06%
2004	4.073.511	6,09%	317.508	83.546	2,05%
2005	4.303.129	5,64%	302.613	72.995	1,70%
2006	4.543.016	5,57%	304.700	64.813	1,43%
2007	4.798.530	5,62%	317.879	62.365	1,30%
2008	5.023.944	4,70%	295.853	70.439	1,40%
2009	5.131.960	2,15%	244.539	136.523	2,66%
2010	5.216.873	1,65%	153.847	68.934	1,32%
2011	5.203.591	-0,25%	107.737	121.019	2,33%
2012	5.167.557	-0,69%	64.301	100.335	1,94%
2013	5.124.208	-0,84%	64.932	108.281	2,11%

Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ

Στα πλαίσια της μελέτης αυτής με στόχο τον προσδιορισμό της συνολικής ποσότητας ρύπων που εκπέμπουν τα επιβατικά αυτοκίνητα, ήταν απαραίτητη η διαθεσιμότητα στοιχείων που να αφορούν τον αριθμό αυτών αναλόγως κυβισμού, καυσίμου που χρησιμοποιούν, και τεχνολογίας. Αναλόγως κυβισμού η EUROSTAT ταξινομεί τα επιβατικά αυτοκίνητα (α) σε αυτά που έχουν κυβισμό λιγότερο από 1400 κυβικά εκατοστά (cm^3), (β) σε αυτά με κυβισμό από 1400 έως 1999 cm^3 , και (γ) σε αυτά από 2000 cm^3. Δυστυχώς ούτε στην ΕΛ.ΣΤΑΤ αλλά ούτε στη EUROSTAT βρέθηκαν για την Ελλάδα στατιστικές που να αφορούν την κατανομή του αριθμού των επιβατικών αυτοκινήτων αναλόγως κυβισμού, χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας, και είδος καυσίμου που χρησιμοποιείται. Όπως όμως ειπώθηκε στο εισαγωγικό τμήμα της εργασίας αυτής, τέτοιας μορφής στοιχεία για την περίοδο 2000-2013 είναι διαθέσιμα από την EMISSIA SA. Τα στοιχεία της EMISSIA SA τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή αφορούν το συνολικό αριθμό επιβατικών αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στο τέλος κάθε έτους ανά (α) είδος καυσίμου, δηλαδή, βενζινοκίνητα, πετρελαιοκίνητα, υγραερίου, (β) κυβισμού, δηλαδή, λιγότερο από 1400 cm^3, από 1400 έως 2000 cm^3 , και μεγαλύτερου των 2000 cm^3, και (γ) τεχνολογίας. Όπως διαπιστώνεται από τον Πίνακα 2, οι διαφορές μεταξύ ΕΛ.ΣΤΑΤ και EMISSIA SA για τον συνολικό αριθμό αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στο τέλος κάθε έτους της περιόδου 2000-2013 είναι μικρές. Χρησιμοποιώντας όμως τις αντίστοιχες ποσοστώσεις των στοιχείων της EMISSIA SA για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού στον αντίστοιχο συνολικό αριθμό, ο αριθμός αυτοκινήτων για κάθε έναν τέτοιο συνδυασμό αναπροσαρμόστηκε για κάθε έτος με βάση τον συνολικό αριθμό κυκλοφορούντων αυτοκινήτων που δίνει η ΕΛ. ΣΤΑΤ. Επιπλέον, αντίστοιχα στοιχεία για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού της EMISSIA SA χρησιμοποιήθηκαν για την μέση διανυόμενη απόσταση σε χιλιόμετρα ανά αυτοκίνητο ανά έτος.

Πίνακας 2: Συγκρίσεις μεταξύ ΕΛ.ΣΤΑΤ και EMISSIA SA για τον συνολικό αριθμό επιβατικών αυτοκινήτων που ήταν σε κυκλοφορία στο τέλος κάθε έτους

Έτος	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**
EMISSIA SA	3.312.486	3.522.178	3.718.059	3.883.417	4.097.866	4.303.129	4.543.016
ΕΛ.ΣΤΑΤ	3.195.065	3.423.704	3.646.069	3.839.549	4.073.511	4.303.129	4.543.016
Διαφορά	117.421	98.474	71.990	43.868	24.355	0	0
Έτος	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
EMISSIA SA	4.798.530	5.023.944	5.131.960	5.216.873	5.203.599	5.324.556	5.226.859
ΕΛ.ΣΤΑΤ	4.798.530	5.023.944	5.131.960	5.216.873	5.203.591	5.167.557	5.124.208
	0	0	0	0	8	156.999	102.651

3. Τεχνολογίες επιβατικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα

Οι τεχνολογίες αυτοκινήτων ανά είδος καυσίμου οι οποίες εφαρμόστηκαν στην Ελλάδα περιγράφονται στην έκθεση «EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 update September 2014», και συνοπτικά ανά είδος καυσίμου είναι οι εξής:

3.1 Κλάσεις Νομοθεσίας για βενζινοκίνητα αυτοκίνητα

Μεταξύ του 1970 και 1985, τα κράτη μέλη της τότε Ευρωπαϊκής Κοινότητας (European Community, EC), ακολούθησαν τις τροποποιήσεις του κανονισμού 15 της Οικονομικής Επιτροπής για την Ευρώπη, των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE), που αφορούσε τις εκπομπές ρύπων από επιβατικά αυτοκίνητα ελαφρύτερα των 3,5 τόνων. Σύμφωνα με τη σχετική οδηγία, οι κατά προσέγγιση χρόνοι εφαρμογής του συγκεκριμένου κανονισμού και των επακόλουθων τροποποιήσεων (χρόνοι όμως που τελικά αποδείχθηκαν διαφορετικοί για τα κράτη μέλη) ήταν οι εξής:

- Τεχνολογία οχημάτων πριν την έκδοση του κανονισμού (pre ECE) μέχρι το 1971,
- Τεχνολογίες οχημάτων σύμφωνα με ECE-15.00 και ECE 15.01 από 1972 έως 1977,
- Τεχνολογίες οχημάτων σύμφωνα με ECE-15.02 από 1978 έως 1980,
- Τεχνολογίες οχημάτων σύμφωνα με ECE-15.03 από 1981 έως 1985, και
- Τεχνολογίες οχημάτων σύμφωνα με ECE-15.04 από 1985 έως 1992.

Μετά το 1992, οι αποκαλούμενες «**προδιαγραφές Euro**» έγιναν υποχρεωτικές σε όλα τα κράτη μέλη, και μια νέα διαδικασία «**δοκιμής για την έγκριση τύπου (new type-approval test)**» θεσπίστηκε. Λόγω παροχής κινήτρων, σε κάποια κράτη-μέλη οι νέες αυτές προδιαγραφές ακολουθήθηκαν νωρίτερα από τις επίσημες ημερομηνίες εφαρμογής. Παρακάτω εξηγούμε συνοπτικά τα χαρακτηριστικά κάθε τεχνολογίας Euro που θεσπίστηκε.

Euro 1: Η τεχνολογία αυτή επιβατικών αυτοκινήτων θεσπίστηκε επισήμως τον Ιούλιο του 1992 με την οδηγία 91/441/EEC. Μέσω της οδηγίας αυτής τα επιβατικά αυτοκίνητα «Euro 1» έπρεπε να είναι εξοπλισμένα με «τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα κλειστού κύκλου (closed-loop, three-way catalyst), και να χρησιμοποιούν αμόλυβδα καύσιμα.

Euro 2: Η τεχνολογία αυτή αυτοκινήτων θεσπίστηκε επισήμως σε όλα τα κράτη το 1996 με την οδηγία 94/12/EC. Με τη νέα αυτή οδηγία, τα αυτοκίνητα έπρεπε να είχαν βελτιωμένους ελέγχους τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα κλειστού κύκλου και να τηρούσαν χαμηλότερα όρια ρύπων συγκριτικά με τα αυτοκίνητα τεχνολογίας Euro 1. Πιο συγκεκριμένα, τα αυτοκίνητα Euro 2 έπρεπε να εκπέμπουν, συγκριτικά με τα Euro 1, 30% λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα και 55% λιγότερους υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου.

Euro 3: Για την τεχνολογία αυτή των αυτοκινήτων, τα νέα πρότυπα εκπομπών ρύπων θεσπίστηκαν τον Ιανουάριο του 2000 με την οδηγία 98/69/EC. Σύμφωνα με την οδηγία αυτή, καθιερώθηκε μια νέα διαδικασία δοκιμής έγκρισης τύπου γνωστής και ως «**Ο Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (the New European Driving Cycle)**». Επίσης με τη τεχνολογία Euro 3 εισήχθησαν νέες τιμές εκπομπών ρύπων μειωμένες συγκριτικά με τα αυτοκίνητα Euro 2 κατά 30% για το μονοξείδιο του άνθρακα, και 40% για τους υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου. Η οδηγία 98/69/EC απαιτούσε επίσης «ενσωματωμένο σύστημα διάγνωσης (On-Board Diagnostics, OBD)», «ανθεκτικότητα μετά την επεξεργασία (after treatment durability), και «συμμόρφωση κατά τη χρήση (in-use compliance). Τέλος, για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τις νέες τιμές εκπομπών ρύπων, τα αυτοκίνητα Euro 3 έπρεπε να ήταν εξοπλισμένα με διπλούς λάμδα αισθητήρες (twin lambda sensors).

Euro 4: Η τεχνολογία αυτή θεσπίστηκε τον Ιανουάριο του 2005 με την οδηγία 98/69/EC. Συγκριτικά με τα αυτοκίνητα Euro 3, η νέα αυτή οδηγία απαίτησε περαιτέρω μειώσεις στις εκπομπές ρύπων κατά 57% για το μονοξείδιο του άνθρακα και κατά 47% για τους υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου, μέσω (α) χρήσης καλύτερου καυσίμου και (β) παρακολούθησης και ελέγχου μετά την επεξεργασία.

Euro 5 and 6: Για τις δυο αυτές τεχνολογίες, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο υιοθέτησε πρότυπα εκπομπών ρύπων τα οποία προτάθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το Μάιο του 2007. Για τα αυτοκίνητα τεχνολογίας Euro 5, τα οποία τέθηκαν σε ισχύ τον Ιανουάριο του 2010, οι εκπομπές διοξειδίου του αζώτου ήταν μειωμένες κατά 25% σε σύγκριση με τα αυτοκίνητα Euro 4. Επίσης στα Euro 5 αυτοκίνητα με βενζινοκινητήρα άμεσης έγχυσης θεσπίστηκαν όρια για τη μάζα αιωρούμενων σωματιδίων παρεμφερή με αυτά των πετρελαιοκινήτων. Αναφορικά με τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα τύπου Euro 6, επιπλέον μειώσεις στις εκπομπές ρύπων δεν θεσπίστηκαν.

3.2 Κλάσεις Νομοθεσίας για Πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα

Όσα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα κατασκευάσθηκαν πριν το 1992 κατηγοριοποιούνται ως «συμβατικά». Στην κλάση αυτή ανήκουν (α) αυτοκίνητα τα οποία τέθηκαν σε κυκλοφορία πριν το 1985 και δεν είχαν υπαχθεί σε κανονιστικές ρυθμίσεις και (β) αυτοκίνητα μετά το 1985 έως το 1992 των οποίων οι προδιαγραφές κατασκευής τηρούσαν τα πρότυπα που έθεσε η οδηγία ECE 15/04. Τα «συμβατικά» αυτά πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα ήταν εξοπλισμένα με «κινητήρες έμμεσης έγχυσης (indirect injection engines)». Το 1992, μέσω της «Ενοποιημένης Οδηγίας Εκπομπών Ρύπων (Consolidated Emissions Directive) 91/441/EEC», τέθηκαν σε ισχύ για τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα τα πρότυπα «Euro» των οποίων τα χαρακτηριστικά θεσπίστηκαν (α) για την τεχνολογία Euro 1, 1992-1996, από την οδηγία 91/441/EEC, (β) για την τεχνολογία Euro 2, 1996-2000, από την οδηγία 94/12/EC (σε ισχύ από το 1996 για κινητήρες έμμεσης έγχυσης και από το 1997 για κινητήρες άμεσης έγχυσης), (γ) για την τεχνολογία Euro 3 από τον κανονισμό 98/69/EC Stage 2000, και (δ) για την τεχνολογία Euro 4 από τον κανονισμό 98/69/EC Stage 2005. Το πρότυπο Euro 5 καθιερώθηκε το 2010. Το πρότυπο Euro 6 θα ενεργοποιηθεί τον Σεπτέμβριο του 2014 με την πλήρη εφαρμογή για όλες τις νέες εγκρίσεις τύπου να ξεκινά από τον Ιανουάριο του 2015. Πιο συγκεκριμένα:

Euro 1: Τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα της τεχνολογίας αυτής ήταν τα πρώτα τα οποία υπάγονταν σε κανονιστικές ρυθμίσεις αναφορικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, υδρογονανθράκων, οξειδίων του αζώτου, και μάζας αιωρούμενων σωματιδίων. Πολύ λίγα από αυτά όμως ήταν εξοπλισμένα με καταλύτη οξείδωσης ντίζελ.

Euro 2: Συγκριτικά με τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα της τεχνολογίας Euro 1, οι εκπομπές ρύπων σε αυτά της Euro 2 ήταν μειωμένες κατά 68% για το μονοξείδιο του άνθρακα, 38% για τους υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου, και 55% για τη μάζα αιωρούμενων σωματιδίων. Επίσης σχεδόν όλα τα Euro 2 πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα ήταν εξοπλισμένα με καταλύτη οξείδωσης ντίζελ.

Euro 3: Οι εκπομπές ρύπων για τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα της τεχνολογίας αυτής, συγκριτικά με αυτά της Euro 2, ήταν μειωμένες κατά 40% για το μονοξείδιο του άνθρακα, 60% για τους υδρογονάνθρακες, 14% για τα οξείδια του αζώτου, και 37,5% για τη μάζα αιωρούμενων σωματιδίων. Οι μειώσεις αυτές επιτεύχθηκαν (α) με εξοπλισμό ανακυκλοφορίας των καυσαερίων (exhaust gas recirculation) για τη μείωση εκπομπών του οξειδίου του αζώτου, και (β) με αριστοποίηση έγχυσης καυσίμου με χρησιμοποίηση της τεχνολογίας συστημάτων common-rail για μείωση εκπομπών της μάζας αιωρούμενων σωματιδίων. Οι βελτιώσεις στην ποιότητα καυσίμων (κυρίως με μειώσεις της περιεκτικότητας σε θείο) βοήθησαν σε περαιτέρω μειώσεις της μάζας αιωρούμενων σωματιδίων. Επίσης, κάποια από τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα Euro 3 ήταν εξοπλισμένα με φίλτρα σωματιδίων ντίζελ για μειώσεις εκπομπών μάζας αιωρούμενων σωματιδίων σε επίπεδα πολύ χαμηλότερα από αυτά που απαιτούσε το πρότυπο εκπομπών της αντίστοιχης οδηγίας.

Euro 4: Με τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα της τεχνολογίας αυτής, οι εκπομπές ρύπων μειώθηκαν συγκριτικά με αυτά της Euro 3 κατά 22% για το μονοξείδιο του άνθρακα και κατά 50% για τους υδρογονάνθρακες, τα οξείδια του αζώτου, και τη μάζα αιωρούμενων σωματιδίων. Οι μειώσεις αυτές επιτεύχθηκαν, εκτός της προαιρετικής εισαγωγής φίλτρων σωματιδίων ντίζελ, με χρήση κινητήρων προηγμένης τεχνολογίας και μέτρα μετεπεξεργασίας

όπως η ψυχρή ανακύκλωση καυσαερίων (cooled EGR) και οι τεχνικές οξείδωσης για μειώσεις εκπομπών οξειδίου του αζώτου και μάζας αιωρούμενων σωματιδίων.

Euro 5, 6, 6c: Οι τεχνολογίες αυτές απαιτούν συγκριτικά με τη Euro 4 περαιτέρω μειώσεις εκπομπών οξειδίων του αζώτου κατά 28% για Euro 5 και 68% για Euro 6. Η πιο σημαντική όμως μείωση, 88%, αφορά τις εκπομπές μάζας αιωρούμενων σωματιδίων. Για να επιτευχθεί όμως μια τέτοια σημαντική μείωση το όριο εκπομπών έχει συμφωνηθεί στα (5×10^{11} km^{-1}) και αυτό κάνει υποχρεωτική τη χρήση φίλτρων σωματιδίων ντίζελ. Παρατηρήθηκε επίσης ότι κάτω από πραγματικές συνθήκες οδήγησης, τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα Euro 5 πολλές φορές εκπέμπουν οξείδια του αζώτου σε ποσότητες μεγαλύτερες από αυτές που απαιτεί το συγκεκριμένο πρότυπο τεχνολογίας. Για το λόγο αυτό έχουν προταθεί τα πρότυπα Euro 6 (2014/15) και Euro 6c (2017/18). Το πρότυπο Euro 6 εισάγει πιο αυστηρές οριακές τιμές εκπομπών ρύπων συγκριτικά με το Euro 5. Αντίθετα, το Euro 6c θεσπίζει έλεγχο εκπομπών ρύπων σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης, και αναμένεται ότι αυτό θα οδηγήσει σε σημαντικές μειώσεις των εκπομπών οξειδίου του αζώτου.

3.3 Κλάσεις Νομοθεσίας για αυτοκίνητα Υγραερίου

Για τα αυτοκίνητα Υγροποιημένου Αερίου Πετρελαίου (Υγραερίου γνωστά και ως LPG cars) ισχύουν οι τεχνολογίες Euro κατ' αντιστοιχία με αυτές των βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων.

3.4 Υβριδικά αυτοκίνητα Βενζίνης (gasoline Hybrid cars)

Τα Υβριδικά αυτοκίνητα βενζίνης αποτελούν τον ενδιάμεσο κρίκο που συνδέει το συμβατικό βενζινοκίνητο με το ηλεκτροκίνητο αυτοκίνητο. Διαθέτουν έναν συμβατικό βενζινοκινητήρα εσωτερικής καύσης και έναν ηλεκτροκινητήρα που λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ιδίου του αυτοκινήτου που συλλέγεται και αποθηκεύεται σε συσσωρευτές κατά τις φάσεις επιβράδυνσης, πέδησης, και κίνησης σε κατωφέρειες (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2012). Ο συμβατικός βενζινοκινητήρας εσωτερικής καύσης χρησιμοποιείται όταν δεν υπάρχει αρκετή ηλεκτρική ενέργεια στους συσσωρευτές ή υπό συνθήκες όπου απαιτείται επιπρόσθετη δύναμη. Σε χαμηλές ταχύτητες, ένα καλά φορτισμένο υβριδικό αυτοκίνητο μπορεί να κινείται μόνο με ηλεκτρισμό. Τα υβριδικά αυτοκίνητα βενζίνης τηρούν σήμερα τα όρια εκπομπών ρύπων της τεχνολογίας Euro 6. Βέβαια λόγω της προηγμένης των τεχνολογίας, κάποια από αυτά μπορούν να επιτυγχάνουν και επίπεδα εκπομπών ρύπων χαμηλότερα από αυτά που απαιτεί το πρότυπο Euro 6.

4. Προβλέψεις αριθμού αυτοκινήτων στην Ελλάδα 2014-2030

Για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού διενεργήθηκαν προβλέψεις του αριθμού αυτοκινήτων για την περίοδο 2013-2030 χρησιμοποιώντας υποδείγματα τάσης και διπλής εκθετικής εξομάλυνσης (Makridakis et al., 1998) στα διαθέσιμα στοιχεία της περιόδου 2000-2013. Τα συγκεκριμένα υποδείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στη διενέργεια προβλέψεων για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού, τα οποία και δίνονται στον Πίνακα 3, επιλέχθηκαν μεταξύ διαφόρων υποδειγμάτων τάσης και διπλής εκθετικής εξομάλυνσης βάσει της διαχρονικής εξέλιξης του αριθμού των αυτοκινήτων της περιόδου 2000-2013, της λογικότητας των λαμβανομένων προβλέψεων και των τιμών των στατιστικών μέτρων ακρίβειας MAPE (Mean Absolute Percentage Error), MAD (Mean Absolute Deviation) και MSD (Mean Squared Deviation).

Αναφορικά με τα υβριδικά αυτοκίνητα αντίστοιχοι αριθμοί για την περίοδο 2000-2013 δεν ήταν διαθέσιμοι από την EMISSIA SA με την αιτιολογία ότι ο αριθμός αυτών που κυκλοφορούν είναι ήδη πολύ μικρός. Από πλευράς μας διενεργήσαμε εκτιμήσεις έχοντας συλλέξει τον αριθμό των

Πίνακας 3: Υποδείγματα για τη διενέργεια προβλέψεων του αριθμού επιβατικών αυτοκινήτων που κυκλοφορούσε στο τέλος κάθε έτους της περιόδου 2013-2030 για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού.

Τύπος Καυσίμου	Τεχνολογία	Κυβισμός	Υπόδειγμα	Χρησιμοποιούμενη Περίοδος
Βενζίνη	PRE ECE	< 1.4 l	Δεν διενεργήθηκαν προβλέψεις καθώς από το 2002 και μετά σταμάτησαν να κυκλοφορούν στην Ελλάδα αυτοκίνητα αυτού του συνδυασμού τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού	
		1.4 - 2 l		
		> 2 l		
Βενζίνη	ECE 15/00-01	< 1.4 l	Δεν διενεργήθηκαν προβλέψεις καθώς από το 2008 και μετά σταμάτησαν να κυκλοφορούν στην Ελλάδα αυτοκίνητα αυτού του συνδυασμού τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού	
		1.4 - 2 l		
		> 2 l		
Βενζίνη	ECE 15/02	< 1.4 l	Δεν διενεργήθηκαν προβλέψεις καθώς από το 2011 και μετά σταμάτησαν να κυκλοφορούν στην Ελλάδα αυτοκίνητα αυτού του συνδυασμού τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού	
		1.4 - 2 l		
		> 2 l		
Βενζίνη	ECE 15/03	< 1.4 l	S-Curve Trend Model	2000-2013
		1.4 - 2 l	S-Curve Trend Model	2000-2013
		> 2 l	Double Exponential Method	2000-2013
Βενζίνη	ECE 15/04	< 1.4 l	S-Curve Trend Model	2000-2013
		1.4 - 2 l	S-Curve Trend Model	2000-2013
		> 2 l	Double Exponential Method	2000-2013
Βενζίνη	PC Euro 1 - 91/441/EEC	< 1.4 l	S-Curve Trend Model	2000-2013
		1.4 - 2 l	S-Curve Trend Model	2000-2013
		> 2 l	Double Exponential Method	2000-2013
Βενζίνη	PC Euro 2 - 94/12/EEC	< 1.4 l	Linear Trend Model	2009-2013
		1.4 - 2 l	S-Curve Trend Model	2005-2013
		> 2 l	S-Curve Trend Model	2005-2013
Βενζίνη	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	< 1.4 l	Linear Trend Model	2009-2013
		1.4 - 2 l	Linear Trend Model	2009-2013
		> 2 l	Linear Trend Model	2009-2013
Βενζίνη	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	< 1.4 l	Quadratic Trend Model	2006-2013
		1.4 - 2 l	Quadratic Trend Model	2006-2013
		> 2 l	Quadratic Trend Model	2009-2013
Βενζίνη	PC Euro 5 - EC 715/2007	< 1.4 l	Linear Trend Model	2010-2013
		1.4 - 2 l	Linear Trend Model	2010-2013
		> 2 l	Linear Trend Model	2010-2013
Diesel	Conventional	1.4 - 2 l	S-Curve Trend Model	2000-2013
		> 2 l	Δεν διενεργήθηκαν προβλέψεις καθώς από το 2013 και μετά σταμάτησαν να κυκλοφορούν στην Ελλάδα αυτοκίνητα αυτού του συνδυασμού τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού	
Diesel	PC Euro 1 - 91/441/EEC	1.4 - 2 l	S-Curve Trend Model	2008-2013
		> 2 l	S-Curve Trend Model	2007-2013
Diesel	PC Euro 2 - 94/12/EEC	1.4 - 2 l	S-Curve Trend Model	2008-2013
		> 2 l	S-Curve Trend Model	2007-2013
Diesel	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage 2000	1.4 - 2 l	Quadratic Trend Model	2000-2013
		> 2 l	Double Exponential Method	2000-2013
Diesel	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	< 2l	Linear Trend Model	2006-2013
		> 2 l	Linear Trend Model	2006-2013
Diesel	PC Euro 5 - EC 715/2007	< 2l	Linear Trend Model	2010-2013
		> 2 l	Linear Trend Model	2010-2013
Υγραέριο	Conventional	Δεν διενεργήθηκαν προβλέψεις καθώς από το 2009 και μετά σταμάτησαν να κυκλοφορούν στην Ελλάδα αυτοκίνητα αυτού του συνδυασμού τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού		
Υγραέριο	PC Euro 1 - 91/441/EEC	Δεν διενεργήθηκαν προβλέψεις καθώς από το 2011 και μετά σταμάτησαν να κυκλοφορούν στην Ελλάδα αυτοκίνητα αυτού του συνδυασμού τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού		
Υγραέριο	PC Euro 2 -94/12/EEC		S-Curve Trend Model	2007-2013
Υγραέριο	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000		S-Curve Trend Model	2009-2013
Υγραέριο	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005		Linear Trend Model	2006-2013
Υγραέριο	PC Euro 5 - EC 715/2007		Linear Trend Model	2010-2013

ΤΟΥΟΤΑ PRIUS που κυκλοφόρησαν μετά το 2002 στην Ελλάδα (ο αριθμός αυτός είναι διαθέσιμος από την ΕΛ.ΣΤΑΤ στη διεύθυνση της υποσημείωσης 4), την πληροφόρηση της αγοράς ότι το 2010 οι πωλήσεις[64] των ΤΟΥΟΤΑ PRIUS είχαν μερίδιο 70%, και την υπόθεση ότι την περίοδο 2002-2013 κανένα υβριδικό δεν διαγράφηκε/αποσύρθηκε. Οι εκτιμήσεις μας έδειξαν ότι στο τέλος των ετών 2011, 2012, και 2013, το μερίδιο των υβριδικών στον συνολικό αριθμό αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στο τέλος κάθε έτους είχε σταθεροποιηθεί στο πολύ χαμηλό επίπεδο του 0,07%. Βάσει αυτής της παρατήρησης, για την πρόβλεψη του αριθμού των υβριδικών αυτοκινήτων την περίοδο 2014-2030, θεωρήσαμε ότι για κάθε έτος τα υβριδικά θα αποτελούν το 0,07% του συνολικού προβλεπόμενου αριθμού αυτοκινήτων που θα κυκλοφορούν στο τέλος κάθε έτους.

Ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο ανέκυψε στη διαδικασία διενέργειας των παραπάνω προβλέψεων ήταν η ενσωμάτωση της επίδρασης της κρίσης στους ληφθέντες αριθμούς αυτοκινήτων για τα έτη 2010-2013 και επομένως στους προβλεπόμενους αριθμούς για τα έτη 2014-2030. Όπως προαναφέρθηκε, λόγω της κρίσης αυτής ο αριθμός των πωλήσεων των αυτοκινήτων έπεσε δραματικά με αποτέλεσμα να παρατηρηθεί μείωση του αριθμού των κυκλοφορούντων αυτοκινήτων την περίοδο 2010-2013. Αντίθετα, για το 2013 παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση των πωλήσεων, ενώ εκτιμήσεις της αγοράς τονίζουν ότι η αγορά των αυτοκινήτων θα ανακάμψει. Σε αυτό συντελεί η πολιτική μειωμένων τιμών πώλησης λόγω του μέτρου της απόσυρσης καθώς και τα ελκυστικά προγράμματα χρηματοδότησης αγοράς νέου αυτοκινήτου που προσφέρονται. Πολλές εταιρείες δεν ζητούν προκαταβολή και παράλληλα ο αριθμός των μηνιαίων δόσεων φθάνει στις 84 με επιτόκιο κυμαινόμενο στο 5% ετησίως και σταθερό στο 8%.

Για την απομάκρυνση της επίδρασης της κρίσης στους προβλεπόμενους αριθμούς αυτοκινήτων την περίοδο 2014-2030 δημιουργήσαμε καταρχάς ένα διμεταβλητό οικονομετρικό υπόδειγμα που να συνδέει τον αριθμό των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στο τέλος κάθε έτους με το αντίστοιχο ετήσιο ακαθάριστο εγχώριο προϊόν σε τρέχουσες τιμές (ΑΕΠ, GDP). Προβλέψεις για το ΑΕΠ διενεργήθηκαν βάσει εκτιμήσεων διεθνών οργανισμών για το μέγεθός του τα επόμενα χρόνια. Στη συνέχεια, έχοντας διαθέσιμες τις προβλέψεις του ΑΕΠ για την περίοδο 2014-2030, μέσω του οικονομετρικού υποδείγματος ελήφθησαν οι προβλέψεις του συνολικού αριθμού των αυτοκινήτων που θα κυκλοφορούν στο τέλος του κάθε έτους πρόβλεψης. Τέλος, ο ήδη υπάρχων προβλεπόμενος αριθμός αυτοκινήτων για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού αναπροσαρμόσθηκε για κάθε έτος πρόβλεψης χρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες ποσοστώσεις από τις προηγηθείσες επί μέρους προβλέψεις στον συνολικό αριθμό που προέκυψε μέσω του οικονομετρικού υποδείγματος. Πιο αναλυτικά η διαδικασία αυτή έχει ως εξής.

Στις 28 Απριλίου 2014, ο ΟΟΣΑ (OECD, 2014) προέβλεψε για την Ελλάδα ετήσιους ρυθμούς μεταβολής του ονομαστικού ΑΕΠ (σε τρέχουσες τιμές, Nominal GDP) -1,7% για το 2014 και 0,7% για το 2015. Από πλευράς του το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο έδωσε αντίστοιχες προβλέψεις που ξεκινούσαν από 0,1% το 2014 και έφθαναν στο 4,5% το 2019. Θεωρώντας τις προβλέψεις του ΟΟΣΑ ως πιο ρεαλιστικές στην υπάρχουσα πραγματικότητα, ενσωματώσαμε τις προβλέψεις του, που για το 2014 ήταν

$$182.054 - 0.017 \times 182.054 = 178.959 \text{ δις. €},$$

και για το 2015

$$178.959 + 0.007 \times 178.959 = 180.212 \text{ δις. €},$$

[64] http://www.zougla.gr/automoto/article/treli-i-poria-tis-toyota-stin-eliniki-agora

στην υπάρχουσα χρονοσειρά ΑΕΠ 1980-2013 η οποία διατίθεται είτε από την ΕΛ.ΣΤΑΤ[65] είτε από το ΔΝΤ στη θεματική Data and Statistics[66] στις αναθεωρημένες βάσεις δεδομένων για τον Απρίλιο του 2014 «World Economic Outlook Databases» ως «Expenditure-based GDP Expressed in billions of national currency units». Στη συνέχεια, στην δημιουργηθείσα χρονοσειρά 1980-2015 προσαρμόσθηκαν εναλλακτικά στοχαστικά υποδείγματα ARIMA (Box et al., 2008; Harvey, 1993) , όπως επίσης εφαρμόστηκε και η μέθοδος της διπλής εκθετικής εξομάλυνσης. Στα κατάλοιπα των εκτιμηθέντων υποδειγμάτων ARIMA εφαρμόστηκαν διαγνωστικοί έλεγχοι κανονικότητας (Normality), σειριακής αυτοσυσχέτισης (serial correlation) και ARCH effect. Στη συνέχεια σε όσα υποδείγματα πέρασαν και τους τρεις διαγνωστικούς ελέγχους εξετάστηκαν οι τιμές των κριτηρίων Akaike Info, Schwarz, και Hannan-Quinn, καθώς επίσης και τα MAE (Mean Absolute Error) και MAPE (Mean Absolute Percentage Error). Η παραπάνω ανάλυση οδήγησε στις εξής διαπιστώσεις:

(α) Το υπόδειγμα ARIMA (0,2,1) χωρίς σταθερό όρο έδωσε τις χαμηλότερες τιμές στα κριτήρια Akaike Info, Schwarz, και Hannan-Quinn,

(β) Η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης έδωσε το χαμηλότερο MAE,

(γ) Το υπόδειγμα ARIMA (2,2,2) με σταθερό όρο έδωσε το χαμηλότερο MAPE.

Στα διαγράμματα 1α, 1β, 1γ δίνουμε τις χρονοσειρές των θεωρητικών τιμών (Fits) οι οποίες προέκυψαν από την εφαρμογή των παραπάνω τριών υποδειγμάτων στις αντίστοιχες πραγματικές τιμές (Actual) ΑΕΠ για την περίοδο 1980-2015. Παρατηρούμε λοιπόν ότι και στα τρία υποδείγματα οι θεωρητικές τιμές προσομοιώνουν άκρως ικανοποιητικά τις πραγματικές τιμές της χρονοσειράς. Για το λόγο αυτό, ως προβλέψεις ΑΕΠ για κάθε έτος πρόβλεψης λάβαμε το μέσο όρο των αντίστοιχων προβλεπόμενων τιμών που προέκυψαν από τα τρία αυτά υποδείγματα. Οι τελικές αυτές προβλέψεις δίνονται στον Πίνακα 4.

Για την εκτίμηση οικονομετρικού γραμμικού υποδείγματος ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιήθηκε αρχικά ο αριθμός των αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στο τέλος κάθε έτους για την περίοδο 1985-2013 (βλ. στήλη 2 του Πίνακα 1), και το ΑΕΠ σε τρέχουσες τιμές στην ίδια περίοδο (βλ. Πίνακα 4). Με την εφαρμογή επαυξημένων ελέγχων Dickey-Fuller (e.g., Halkos and Kevork, 2005) βρέθηκε ότι οι δυο αυτές χρονοσειρές ήταν στάσιμες σε δεύτερες διαφορές ενώ η μεταξύ των γραμμική παλινδρόμηση έδωσε κατάλοιπα τα οποία και αυτά ήταν στάσιμα σε δεύτερες διαφορές. Επομένως ανέκυψαν προβλήματα φαινομενικής παλινδρόμησης μεταξύ των δυο αυτών χρονοσειρών καθώς δεν συνολοκληρόνωνταν.

Εναλλακτική προσέγγιση αποτέλεσε το οικονομετρικό γραμμικό υπόδειγμα το οποίο συνδέει τις ετήσιες μεταβολές του αριθμού των αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στο τέλος κάθε έτους για την περίοδο 1985-2013 (ΔPGC_t) και των αντίστοιχων μεταβολών του ΑΕΠ (ΔGDP_t). Όπως αναμενόταν, η εφαρμογή των επαυξημένων ελέγχων Dickey-Fuller έδωσε στασιμότητα των δυο νέων χρονοσειρών (ΔPGC_t, ΔGDP_t) σε πρώτες διαφορές. Επιπλέον η εφαρμογή των ίδιων ελέγχων στα κατάλοιπα της μεταξύ των δυο νέων χρονοσειρών γραμμικής παλινδρόμησης έδωσε στασιμότητα στα επίπεδα σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5%. Αυτό αποτέλεσε ισχυρή ένδειξη συνολοκλήρωσης των ΔPGC_t και ΔGDP_t. Στη συνέχεια, οι διαγνωστικοί έλεγχοι στα κατάλοιπα της γραμμικής παλινδρόμισης της ΔPGC_t στην ΔGDP_t έδειξαν ότι ενώ τα σφάλματα κατανέμονται κανονικά και δεν εμφανίζουν αποτέλεσμα ARCH, αυτά αυτοσυσχετίζονται. Προχωρήσαμε λοιπόν σε νέα εκτίμηση του γραμμικού υποδείγματος με διόρθωση αυτοσυσχέτισης χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Cochranne-Orcutt (π.χ. Χάλκος, 2011) και έχοντας ισχυρή ένδειξη από τα αντίστοιχα

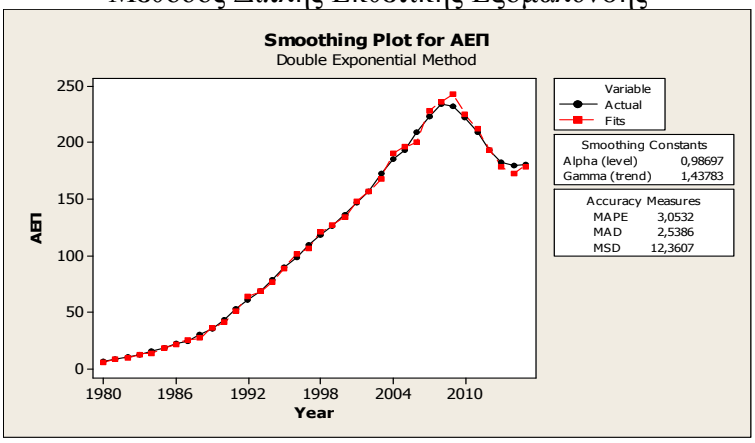
[65] http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-themes?p_param=A0702

[66] http://www.imf.org/external/data.htm

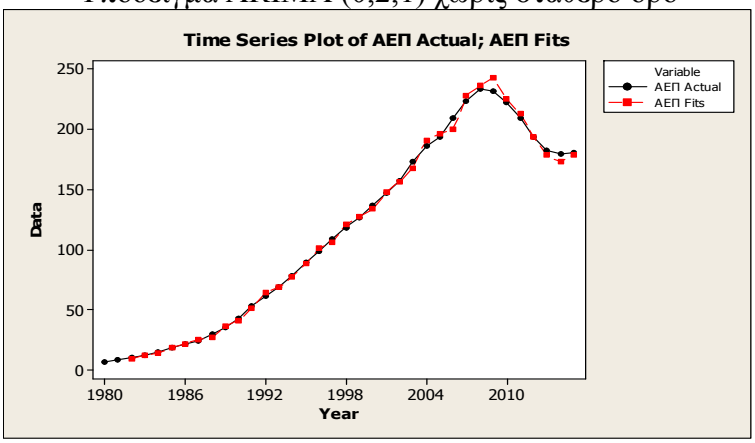
δειγματικά κορελογράμματα ότι τα σφάλματα ακολουθούν το αυτοπαλίνδρομο σχήμα 1ου βαθμού, AR(1). Το νέο εκτιμηθέν υπόδειγμα ήταν

Διάγραμμα 1: Πραγματικές και θεωρητικές τιμές των υποδειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη του ΑΕΠ.

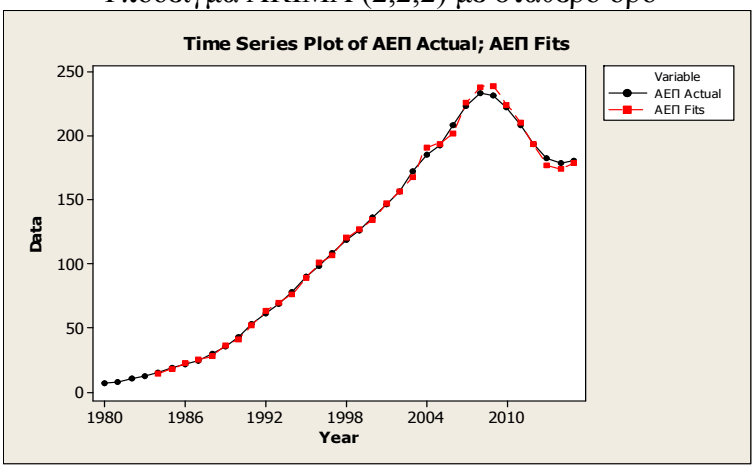
Μέθοδος Διπλής Εκθετικής Εξομάλυνσης



Υπόδειγμα ARIMA (0,2,1) χωρίς σταθερό όρο



Υπόδειγμα ARIMA (2,2,2) με σταθερό όρο



$$\Delta PGC_t = 99087{,}360 + 6213{,}104 \cdot \Delta GDP_t + \hat{\varepsilon}_t$$

$$\text{με } \hat{\varepsilon}_t = 0{,}676286 \cdot \hat{\varepsilon}_{t-1} \text{ και } \hat{\varepsilon}_{2013} = -72271{,}78. \qquad (1)$$

Πίνακας 4: Προβλέψεις ΑΕΠ με ενσωμάτωση εκτιμήσεων του ΟΟΣΑ για 2014 και 2015

Έτος				**ΑΕΠ (σε δις. €)**	**Ετήσιος Ρυθμός Μεταβολής**
1980				6.690	
1981				8.009	19.7%
1982				10.073	25.8%
1983				12.018	19.3%
1984				14.947	24.4%
1985				18.238	22.0%
1986				21.793	19.5%
1987				24.550	12.7%
1988				29.873	21.7%
1989				35.504	18.8%
1990				42.851	20.7%
1991				52.921	23.5%
1992				61.178	15.6%
1993				68.885	12.6%
1994				78.119	13.4%
1995				89.555	14.6%
1996				98.397	9.9%
1997				108.886	10.7%
1998				118.398	8.7%
1999				126.155	6.6%
2000				136.282	8.0%
2001				146.428	7.4%
2002				156.614	7.0%
2003				172.432	10.1%
2004				185.266	7.4%
2005				193.050	4.2%
2006				208.622	8.1%
2007				223.160	7.0%
2008				233.198	4.5%
2009				231.081	-0.9%
2010				222.152	-3.9%
2011				208.532	-6.1%
2012				193.347	-7.3%
2013				182.054	-5.8%
2014				178.959	-1.7%
2015				180.212	0.7%
	ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ				
	Μέθοδος Διπλής Εκθετικής Εξομάλυσνης	**ARIMA (0,2,1) Χωρίς σταθερό όρο**	**ARIMA (2,2,2) με σταθερό όρο**	**Μέσος όρος Προβλέψεων**	
2016	182.209	182.142	181.817	182.056	1.0%
2017	184.227	184.072	184.576	184.292	1.2%
2018	186.246	186.003	186.918	186.389	1.1%
2019	188.264	187.933	189.853	188.683	1.2%
2020	190.282	189.863	192.415	190.853	1.2%
2021	192.300	191.793	195.379	193.157	1.2%
2022	194.319	193.723	198.077	195.373	1.1%
2023	196.337	195.653	201.068	197.686	1.2%
2024	198.355	197.584	203.878	199.939	1.1%
2025	200.373	199.514	206.907	202.265	1.2%
2026	202.392	201.444	209.816	204.551	1.1%
2027	204.410	203.374	212.892	206.892	1.1%
2028	206.428	205.304	215.893	209.208	1.1%
2029	208.446	207.235	219.023	211.568	1.1%
2030	210.465	209.165	222.109	213.913	1.1%

Οι διαγνωστικοί έλεγχοι που εφαρμόστηκαν στα κατάλοιπα του νέου εκτιμηθέντος υποδείγματος επαλήθευσαν τις υποθέσεις ότι (α) τα σφάλματα είναι ασυσχέτιστα, (β) κατανέμονται κανονικά, και (γ) δεν υπάρχει ARCH αποτέλεσμα.

Χρησιμοποιώντας λοιπόν τις προβλέψεις του ΑΕΠ του Πίνακα 4 στο εκτιμηθέν υπόδειγμα (1) υπολογίσαμε το συνολικό αριθμό των αυτοκινήτων που θα κυκλοφορεί στο τέλος κάθε έτους για την περίοδο 2014-2030. Για κάθε έτος ο αριθμός αυτός δίνεται στη δεύτερη στήλη του Πίνακα 5. Παράλληλα, στον ίδιο Πίνακα δίνουμε για κάθε έτος (στήλη 3) και τον αντίστοιχο αριθμό αυτοκινήτων που προκύπτει ως άθροισμα των επί μέρους προβλέψεων που διενεργήθηκαν για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού βάσει των υποδειγμάτων που παρουσιάσθηκαν στον Πίνακα 3. Από τα στοιχεία της στήλης (3) του Πίνακα 5 επιβεβαιώνουμε την επίδραση της κρίσης 2010-2013 στον προβλεπόμενο αριθμό κυκλοφορούντων αυτοκινήτων την περίοδο 2014-2030. Ο αριθμός αυτός κυμαίνεται σε ιδιαιτέρως χαμηλά επίπεδα ιδίως για έτη κοντά στο 2030 τα οποία επίπεδα θα αιτιολογούνταν μόνο από ένα «δυσοίωνο σενάριο αρνητικής μεγένθυνσης του ΑΕΠ», κάτι το οποίο δεν φαίνεται να ισχύει.

Για το λόγο αυτό λάβαμε ως τελική πρόβλεψη τους αριθμούς αυτοκινήτων της στήλης 2 του Πίνακα 5, οι οποίοι προέκυψαν μέσω χρησιμοποίησης του υποδείγματος της σχέσης (1) και των προβλέψεων του ΑΕΠ στις οποίες ενσωματώσαμε τις εκτιμήσεις του ΟΟΣΑ για τα έτη 2014,2015. Οι επιμέρους προβλέψεις αριθμού αυτοκινήτων που προηγήθηκαν από τα υποδείγματα τάσης και διπλής εκθετικής εξομάλυνσης (και των οποίων το άθροισμα δίνεται στη στήλη 3 του Πίνακα 5) για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού *αναπροσαρμόσθηκαν ανάλογα* ώστε το άθροισμά τους να δίνει τελικά για κάθε έτος πρόβλεψης τους συνολικούς αριθμούς της στήλης 2 του Πίνακα 5. Μετά τις αναπροσαρμογές αυτές, ο συνολικός αριθμός προβλεπόμενων αυτοκινήτων που θα κυκλοφορούν στο τέλος κάθε έτους από το 2013-2030 ανά τεχνολογία/είδος καυσίμου παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.

Τα στοιχεία του Πίνακα 6 μας οδηγούν στο πρώτο σενάριο του οποίου η ποσότητα εκπομπών ρύπων και η κοστολόγηση του θα διερευνηθεί στα επόμενα τμήματα. Στο σενάριο αυτό, το οποίο αποτελεί συνέχιση των τάσεων της περιόδου 2000-2012 αναπροσαρμοσμένες με βάση τις εκτιμήσεις του ΟΟΣΑ για την εξέλιξη του ΑΕΠ μετά το 2013, βλέπουμε ότι το μερίδιο των πετρελαιοκινήτων και των αυτοκινήτων υγραερίου αυξάνεται σταδιακά από 3,46% και 0,13% το 2013 σε 12,28% και 0,34% αντίστοιχα το 2030. Ταυτόχρονα το μερίδιο των βενζινοκίνητων μειώνεται την ίδια περίοδο από 96,35% σε 87,31%. Βάσει του πρώτου αυτού σεναρίου, δημιουργήσαμε τρία ακόμη σενάρια πιθανής καταπολέμησης των ρύπων που να προκύπτουν με αλλαγή της σύνθεσης του στόλου των επιβατικών αυτοκινήτων την περίοδο 2013-2030. Τα τρία αυτά σενάρια περιγράφονται ως ακολούθως.

Σενάριο 2 (Πετρελαιοκίνητα): Στο σενάριο αυτό υποθέτουμε ότι το μερίδιο των πετρελαιοκίνητων στον στόλο των κυκλοφορούντων αυτοκινήτων κάθε έτους θα αυξηθεί από 3,46% το 2013 σε 25% των 2030. Η υπόθεση αυτή στηρίζεται στις εκτιμήσεις της αγοράς[67] ότι το μερίδιο των πετρελαιοκινήτων στις πωλήσεις κινείται στο επίπεδο του 25%. Στο σενάριο αυτό υποθέτουμε επίσης ότι τα μερίδια των υβριδικών και των αυτοκινήτων υγραερίου παραμένουν σταθερά σε όλη τη διάρκεια της περιόδου, που αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του αντίστοιχου μεριδίου των βενζινοκίνητων από 96,34% το 2013 σε 74,59% το 2030. Οι αυξήσεις στον αριθμό των πετρελαιοκινήτων δόθηκαν στη τεχνολογία

[67] http://www.autotriti.gr/data/news/preview_news/106138.asp

πάνω από Euro 5 ενώ οι αντίστοιχες μειώσεις στα βενζινοκίνητα έγιναν αναλογικά σε όλες τις τεχνολογίες που θα κυκλοφορούν σε κάθε έτος πρόβλεψης.

Πίνακας 5: Συγκρίσεις μεταξύ πρόβλεψης συνολικού αριθμού επιβατικών αυτοκινήτων που θα κυκλοφορούν στο τέλος κάθε έτους βάσει του υποδείγματος (1), και του αθροίσματος των επί μέρους προβλέψεων που διενεργήθηκαν για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού με υποδείγματα τάσης και διπλής εκθετικής εξομάλυνσης

Έτος	Προβλέψεις βάσει του Υποδείγματος που δόθηκε στην (1)	Άθροισμα επί μέρους προβλέψεων από υποδείγματα τάσης και διπλής εκθετικής εξομάλυνσης
2014	5.155.189	5.063.469
2015	5.229.007	4.999.846
2016	5.317.197	4.972.044
2017	5.415.059	4.940.117
2018	5.516.952	4.921.412
2019	5.623.377	4.915.962
2020	5.731.271	4.922.175
2021	5.841.511	4.937.453
2022	5.952.228	4.958.814
2023	6.064.240	4.983.346
2024	6.176.347	5.008.470
2025	6.289.225	5.032.032
2026	6.402.068	5.052.326
2027	6.515.398	5.068.038
2028	6.628.670	5.078.166
2029	6.742.282	5.081.968
2030	6.855.845	5.078.893

Πίνακας 6: Τελικές προβλέψεις αριθμού αυτοκινήτων που θα κυκλοφορούν στο τέλος κάθε έτος ως αποτέλεσμα των τάσεων της περιόδου 2000-2012 και των αναπροσαρμογών που διενεργήθηκαν βάσει εκτιμήσεων του ΟΟΣΑ για το μέγεθος του ΑΕΠ το 2014 και 2015

	Βενζινοκίνητα		Πετρελαίου		Υγραερίου		Υβριδικά	
Έτος	**Αριθμός**	**Μερίδιο**	**Αριθμός**	**Μερίδιο**	**Αριθμός**	**Μερίδιο**	**Αριθμός**	**Μερίδιο**
2013	4.936.930	96,35%	177.082	3,46%	6.716	0,13%	3.480	0,07%
2014	4.899.283	95,04%	245.185	4,76%	7.113	0,14%	3.608	0,07%
2015	4.940.315	94,48%	277.375	5,30%	7.657	0,15%	3.660	0,07%
2016	4.995.148	93,94%	310.051	5,83%	8.276	0,16%	3.722	0,07%
2017	5.057.185	93,39%	345.066	6,37%	9.018	0,17%	3.790	0,07%
2018	5.122.424	92,85%	380.833	6,90%	9.833	0,18%	3.862	0,07%
2019	5.191.665	92,32%	417.069	7,42%	10.707	0,19%	3.936	0,07%
2020	5.262.258	91,82%	453.373	7,91%	11.628	0,20%	4.012	0,07%
2021	5.335.060	91,33%	489.772	8,38%	12.590	0,22%	4.089	0,07%
2022	5.408.284	90,86%	526.190	8,84%	13.588	0,23%	4.166	0,07%
2023	5.482.513	90,41%	562.859	9,28%	14.623	0,24%	4.245	0,07%
2024	5.556.451	89,96%	599.875	9,71%	15.697	0,25%	4.324	0,07%
2025	5.630.487	89,53%	637.525	10,14%	16.811	0,27%	4.402	0,07%
2026	5.703.664	89,09%	675.954	10,56%	17.968	0,28%	4.482	0,07%
2027	5.776.219	88,65%	715.441	10,98%	19.177	0,29%	4.561	0,07%
2028	5.847.443	88,21%	756.147	11,41%	20.440	0,31%	4.640	0,07%
2029	5.917.460	87,77%	798.339	11,84%	21.764	0,32%	4.719	0,07%
2030	5.985.702	87,31%	842.189	12,28%	23.155	0,34%	4.799	0,07%

Σενάριο 3 (Υβριδικά): Στο σενάριο αυτό υποθέτουμε ότι το μερίδιο των υβριδικών στον στόλο των κυκλοφορούντων αυτοκινήτων κάθε έτους θα αυξηθεί από 0,07% το 2013 σε 3%

των 2030. Η υπόθεση αυτή στηρίζεται σε πρόσφατη έρευνα των HIS και Polk[68] η οποία έδειξε ότι οι νέες εγγραφές υβριδικών αυτοκινήτων στις ΗΠΑ έχουν μερίδιο αγοράς για το 2012-2014 που διακυμαίνεται ελάχιστα γύρω από το 3%. Στο σενάριο αυτό υποθέτουμε επίσης ότι τα μερίδια των πετρελαιοκινήτων και των αυτοκινήτων υγραερίου παραμένουν σταθερά σε όλη τη διάρκεια της περιόδου, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του αντίστοιχου μεριδίου των βενζινοκίνητων από 96,34% το 2013 σε 84,38% το 2030. Οι αυξήσεις στον αριθμό των υβριδικών δόθηκαν στη τεχνολογία Euro 4 και πάνω ενώ οι αντίστοιχες μειώσεις στα βενζινοκίνητα έγιναν αναλογικά σε όλες τις τεχνολογίες που θα κυκλοφορούν στο κάθε έτος πρόβλεψης.

Σενάριο 4 (Υγραερίου): Στο τελευταίο αυτό σενάριο υποθέτουμε ότι το μερίδιο των αυτοκινήτων υγραερίου στον στόλο των κυκλοφορούντων αυτοκινήτων κάθε έτους θα αυξηθεί από 0,13% το 2013 σε 3% των 2030. Η υπόθεση αυτή βασίστηκε στο προηγούμενο σενάριο των υβριδικών. Όπως και στα δυο προηγούμενα σενάρια, υποθέτουμε ότι τα μερίδια των πετρελαιοκινήτων και των υβριδικών παραμένουν σταθερά σε όλη τη διάρκεια της περιόδου, με αποτέλεσμα το μερίδιο των βενζινοκίνητων να μειώνεται από 96,34% το 2013 σε 84,65% το 2030. Οι αυξήσεις στον αριθμό των αυτοκινήτων υγραερίου αφορούν τη τεχνολογία Euro 5 και πάνω ενώ οι αντίστοιχες μειώσεις στα βενζινοκίνητα έγιναν αναλογικά σε όλες τις τεχνολογίες που θα κυκλοφορούν στο κάθε έτος πρόβλεψης.

Ας σημειωθεί τέλος ότι προβλέψεις διενεργήθηκαν και για την μέση ετήσια διανυόμενη απόσταση (σε km) ανά αυτοκίνητο. Από τα στοιχεία της Emissia SA διαπιστώθηκε ότι ο ετήσιος ρυθμός μείωσης της μέσης διανυόμενης απόστασης την περίοδο 2000-2013 παρέμενε σταθερός για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας-κυβισμού που χρησιμοποιούσε συγκεκριμένο τύπο καυσίμου. Υπολογίσαμε λοιπόν ότι ανεξαρτήτως τεχνολογίας-κυβισμού για τα βενζινοκίνητα ο μέσος ετήσιος ρυθμός μείωσης για την περίοδο 2000-2013 ήταν 5,82%, για τα πετρελαιοκίνητα 4,08%, και για τα αυτοκίνητα υγραερίου 2,17%. Ανά περίπτωση, οι παραπάνω τρεις μέσοι ετήσιοι ρυθμοί μείωσης χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη της μέσης διανυόμενης απόστασης (σε km) ανά αυτοκίνητο για κάθε έτος πρόβλεψης έως το 2030.

5. Εκπεμπόμενες ποσότητες ρύπων από επιβατικά αυτοκίνητα

Οι κατηγορίες εκπεμπόμενων ρύπων από επιβατικά αυτοκίνητα, οι ποσότητες των οποίων εκτιμώνται για την περίοδο 2000-2012 και προβλέπονται για την περίοδο 2013-2030 είναι οι εξής (EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 update September 2014):

(Α) ***Πρόδρομοι του Όζοντος (Ozone precursors)*** οι οποίοι περιλαμβάνουν:

- Το μονοξείδιο του άνθρακα (carbon monoxide, CO),
- Οξείδια του αζώτου (Nitrogen oxides, NO_x), τα οποία προκύπτουν ως άθροισμα του μονοξειδίου του αζώτου (nitrogen monoxide, NO) και του διοξειδίου του αζώτου (nitrogen dioxide, NO_2), και
- Πτητικές οργανικές ενώσεις εκτός μεθανίου (Non-methane volatile organic compounds, NMVOCs).

(Β) ***Αέρια του Θερμοκηπίου (Greenhouse gases)*** τα οποία περιλαμβάνουν:

- Το διοξείδιο του άνθρακα (Carbon dioxide, CO_2),
- Το μεθάνιο (Methane, CH_4),
- Το υποξείδιο του αζώτου (Nitrus oxide, N_2O).

(Γ) ***Λοιπές κατηγορίες*** οι οποίες είναι:

[68] http://www.autoblog.gr/2014/06/13/ereyna-exei-hdh-korestei-h-agora-twn-ybridikwn-aytokinhtwn/

- Οι όξινες ουσίες που περιλαμβάνουν την Αμμωνία (Ammonia, NH_3), και το διοξείδιο του θείου (Sulfur dioxide, SO_2),
- Η μάζα αιωρούμενων σωματιδίων (Particulate matter mass, PM),
- Τα καρκινογόνα είδη (Carcinogenic species) που περιλαμβάνουν τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs, Polycyclic aromatic hydrocarbons) και τους έμμονους οργανικούς ρύπους (persistent organic pollutants) όπως χρωμένιο(1,2,3-cd) πυρένιο [indeno(1,2,3-cd) pyrene], βένζο(k) φλουορένιο [benzo(k)fluoranthene], βένζο(b) φλουορένιο [benzo(b)fluoranthene] και βένζο(a) πυρένιο [benzo(a)pyrene],
- Βαρέα μέταλλα όπως μόλυβδο (lead, Pb).

Στην παρούσα εργασία, για τον υπολογισμό των εκπεμπόμενων ρύπων υιοθετείται η μέθοδος Tier 2, η οποία χρησιμοποιεί τον αριθμό των αυτοκινήτων, την ετήσια μέση διανυόμενη απόσταση ανά αυτοκίνητο, και τον συντελεστή εκπομπών κάθε κατηγορίας ρύπου. Ειδικότερα, για κάθε έτος, t, της περιόδου 2000-2030, η ποσότητα $E_{i,j,t}$ της i κατηγορίας ρύπων που εκπέμπεται από τον j συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου/κυβισμού αυτοκινήτου προκύπτει από τη σχέση

$$E_{i,j,t} = N_{j,t} \times M_{j,t} \times EF_{i,j}, \quad (1)$$

όπου $N_{j,t}$ είναι ο αριθμός αυτοκινήτων για τον j συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου /κυβισμού στο έτος t, $M_{j,t}$ είναι η μέση διανυόμενη απόσταση (σε km) ανά αυτοκίνητο του j συνδυασμού τεχνολογίας/είδος καυσίμου /κυβισμού το έτος t, και $EF_{i,j}$ είναι ο συντελεστής εκπομπών της i κατηγορίας ρύπων που εκπέμπεται από τον j συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου /κυβισμού αυτοκινήτου. Για τις κατηγορίες ρύπων που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι συντελεστές $EF_{i,j}$ σε γραμμάρια ανά χιλιόμετρο δίνονται στους Πίνακες 3.16 και 3.17 του «EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 update September 2014».

Εξαίρεση στην εφαρμογή του παραπάνω τύπου αποτέλεσε ο υπολογισμός της εκπεμπόμενης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), μεθάνης (CH_4), και διοξειδίου του θείου (Sulfur dioxide, SO_2). Για το CO_2, ο τύπος υπολογισμού της εκπεμπόμενης ποσότητας διαφοροποιήθηκε ως

$$E_{i,j,t} = N_{j,t} \times M_{j,t} \times EF'_k \times FC_j \quad (2)$$

όπου EF'_k είναι ο συντελεστής εκπομπών του k είδος καυσίμου και FC_j η μέση κατανάλωση καυσίμου σε γραμμάρια ανά χιλιόμετρο του j συνδυασμού τεχνολογίας/είδος καυσίμου /κυβισμού αυτοκινήτου. Ειδικότερα ο συντελεστής EF'_k ισούται με 3,180 κιλά CO_2 για κάθε κιλό καταναλωθείσης βενζίνης, 3,140 κιλά CO_2 για κάθε κιλό καταναλωθέντος πετρελαίου, και 3,017 κιλα CO_2 για κάθε κιλό καταναλωθέντος υγραερίου. Στον Πίνακα 3.26 του «EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 update September 2014» δίνεται η μέση κατανάλωση καυσίμου σε γραμμάρια ανά χιλιόμετρο για κάθε συνδυασμό τεχνολογίας/είδος καυσίμου /κυβισμού αυτοκινήτου που θα χρησιμοποιήσουμε στους υπολογισμούς μας. Για την μεθάνη, ο συντελεστής εκπομπών $EF_{i,j}$ προήλθε ως μέσος όρος των αντίστοιχων συντελεστών σε κρύο και σε θερμό περιβάλλον οι οποίοι δίνονται στον Πίνακα 3.72 του «EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 update September 2014». Τέλος για τον υπολογισμό της εκπεμπόμενης ποσότητας διοξειδίου του θείου παραπέμπουμε στο ίδιο κείμενο και συγκεκριμένα στον τύπο 2 και στον Πίνακα 3.13.

Βάσει της παραπάνω μεθοδολογίας υπολογισμού Tier 2, οι εκτιμηθείσες συνολικές ποσότητες εκπεμπόμενων ρύπων για την περίοδο 2000-2012, και οι αντίστοιχες προβλεπόμενες

ποσότητες 2013-2030 για κάθε ένα από τα τέσσερα σενάρια παρουσιάζονται αντίστοιχα στους πίνακες 7α έως 7ε. Η διαφοροποίηση της σύνθεσης του στόλου των επιβατικών αυτοκινήτων την περίοδο 2013-2030 ως αποτέλεσμα της επέκτασης των τάσεων της περιόδου 2000-2012 και των αναπροσαρμογών που έγιναν βάσει των εκτιμήσεων του ΟΟΣΑ για την εξέλιξη του ΑΕΠ τα έτη 2013, 2014 έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής ποσότητας εκπεμπόμενων ρύπων από 97,6 εκατομμύρια τόνους την περίοδο 2000-2012 σε 91,3 εκατομμύρια τόνους την περίοδο 2013-2030. Στους 91,3 εκατομμύρια τόνους εκπεμπόμενων ρύπων της περιόδου 2013-2030, το 97,84% θα οφείλεται σε αέρια του θερμοκηπίου και το 0,74% στους πρόδρομους του όζοντος. Από τα είδη των ρύπων, το πιο σοβαρό πρόβλημα δημιουργείται από το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο αποτελεί το 99,98% των αερίων του θερμοκηπίου.

Στο υποθετικό σενάριο 2 όπου το 2030 το μερίδιο των πετρελαιοκινήτων στο συνολικό στόλο των κυκλοφορούντων επιβατικών αυτοκινήτων αυξάνεται σε 25% εις βάρος του μεριδίου των βενζινοκίνητων, δυστυχώς η μείωση της συνολικής εκπεμπόμενης ποσότητας ρύπων είναι μικρότερη αυτής του σεναρίου 1, δηλαδή, από 97,6 εκατομμύρια τόνους το 2000-2012 φθάνει στους 95,9 εκατομμύρια τόνους το 2013-2030. Χειρότερη εμφανίζεται η κατάσταση βάσει του σεναρίου 4, με τα αυτοκίνητα υγραερίου να έχουν το 2030 μερίδιο στον συνολικό στόλο των κυκλοφορούντων επιβατικών αυτοκινήτων 3% εις βάρος του αντίστοιχου μεριδίου των βενζινοκίνητων. Στην περίπτωση αυτή δεν έχουμε μείωση αλλά αύξηση της συνολικής ποσότητας των εκπεμπόμενων ρύπων από 97,6 εκατομμύρια τόνους το 2000-2012 σε 120,9 εκατομμύρια τόνους το 2013-2030.

Αντίθετα, περαιτέρω μείωση της συνολικής ποσότητας εκπεμπόμενων ρύπων στα επίπεδα των 90,99 εκατομμυρίων τόνων μπορεί να επιτευχθεί για το 2013-2030 εάν η σύνθεση του στόλου των κυκλοφορούντων αυτοκινήτων αλλάξει προς όφελος των υβριδικών (μερίδιο 3% το 2030 από 0,07% το 2013), με ταυτόχρονη μείωση μόνο του μεριδίου των βενζινοκίνητων από 96,34% το 2013 σε 84,65% το 2030. Και σε αυτήν την περίπτωση του σεναρίου 3, το 2030 οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα θα αποτελούν το σημαντικότερο πρόβλημα με ποσοστό 97,8% στο σύνολο των ρύπων.

6. Οριακό κόστος ελέγχου ρύπανσης των επιβατικών αυτοκινήτων

Στο τμήμα αυτό εκτιμούμε πρώτα το συνολικό κόστος ρύπανσης από επιβατικά αυτοκίνητα για την περίοδο 2000-2012 (σενάριο $i = 0$), και στη συνέχεια προβλέπουμε το αντίστοιχο συνολικό κόστος κάθε σεναρίου ($i = 1,2,3,4$) για τα έτη 2013-2030 σε τιμές 2013. Το συνολικό κόστος για το i σενάριο δίνεται από τη σχέση

$$TC_i = C_i + FOM_i + VOM_i + F_i \quad (3)$$

όπου C_i είναι το κόστος κεφαλαίου (Capital cost), FOM_i το σταθερό κόστος συντήρησης και λειτουργίας (Fixed operation and maintenance cost), VOM_i το μεταβλητό κόστος συντήρησης και λειτουργίας (Variable operation and maintenance cost), και F_i το κόστος κατανάλωσης καυσίμου (Fuel cost).

Συμβολίζοντας με P_k τη μέση τιμή αγοράς αυτοκινήτου που ανήκει στον k συνδυασμό είδος καυσίμου/κυβισμού σε τιμές 2013, το κόστος κεφαλαίου του i σεναρίου θα υπολογίζεται ως

$$C_i = \sum_t \sum_k S_{i,k,t} \times P_k \,, \quad (4)$$

όπου $S_{i,k,t}$ είναι οι πωλήσεις των αυτοκινήτων του k συνδυασμού είδος καυσίμου/κυβισμού στο έτος t σύμφωνα με το σενάριο i. Ο δείκτης t θα λαμβάνει τιμές από το 2000 έως το 2012 για το σενάριο $i = 0$ και τιμές από το 2013 έως το 2030 για τα υπόλοιπα σενάρια

$i = 1,2,3,4$. Για την περίοδο 2000-2013 οι πωλήσεις κάθε έτους δίνονται στη στήλη 4 του Πίνακα 1. Για τα σενάρια $i = 1,2,3,4$, σε κάθε έτος της περιόδου 2014-2030 θεωρήσαμε ως ποσοστό αποσύρσεων/διαγραφών επί του συνολικού αριθμού αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στο τέλος κάθε έτους το αντίστοιχο μέσο ποσοστό της περιόδου 2000-2013 το οποίο υπολογίζεται από τη τελευταία στήλη του Πίνακα 1 και ισούται με 1,82%. Επομένως για κάθε έτος της περιόδου 2014-2030, καταρχάς υπολογίστηκε ο αριθμός αποσύρσεων/διαγραφών, με χρήση του μέσου ποσοστού 1,82%, και στη συνέχεια εκτιμήθηκε ο αριθμός των πωλήσεων προσθέτοντας στον αριθμό των διαγραφών/αποσύρσεων τη διαφορά του αριθμού των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν μεταξύ του ιδίου έτους και του προηγούμενου έτους. Για όλα τα σενάρια οι πωλήσεις κατανεμήθηκαν μεταξύ των διαφορετικών συνδυασμών είδος καυσίμου/κυβισμού ανάλογα με τον αριθμό αυτοκινήτων του κάθε συνδυασμού που κυκλοφορούν στο τέλος του αντίστοιχου έτους.

Ως σταθερό κόστος συντήρησης και λειτουργίας λαμβάνουμε (α) το ετήσιο ποσό των τελών κυκλοφορίας και (β) το ετήσιο κόστος ασφάλισης των αυτοκινήτων, ενώ ως μεταβλητό κόστος συντήρησης και λειτουργίας θεωρούμε το μέσο ποσό που δαπανάται ετησίως για το service του αυτοκινήτου. Συμβολίζοντας με L_k, A_k, και M_k αντίστοιχα το ετήσιο μέσο ποσό τελών, το ετήσιο μέσο ελάχιστο κόστος ασφάλισης, και την ετήσια μέση δαπάνη για service του αυτοκινήτου που ανήκει στον k συνδυασμό είδος καυσίμου/κυβισμού σε τιμές έτους 2013, το συνολικό κόστος συντήρησης και λειτουργίας του αυτοκινήτου θα υπολογίζεται ως

$$FOM_i + VOM_i = \sum_t \sum_k N_{i,k,t} \times (L_k + A_k + M_k), \quad (5)$$

όπου $N_{i,k,t}$ ο αριθμός των αυτοκινήτων του k συνδυασμού είδος καυσίμου/κυβισμού που κυκλοφορεί στο τέλος του έτους t σύμφωνα με το σενάριο i. Τέλος εάν συμβολισθεί με B_s το κόστος καυσίμου σε τιμές 2013 (σε kg ανά km) του s τύπου καυσίμου (Βενζίνη, Πετρέλαιο, Υγραέριο) και με $D_{i,s,t}$ η μέση συνολική διανυθείσα απόσταση το έτος t από τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν καύσιμο s σύμφωνα με το σενάριο i, τότε το κόστος κατανάλωσης καυσίμου θα υπολογίζεται ως

$$F_i = \sum_t \sum_s B_s \times D_{i,s,t} . \quad (6)$$

Αντικαθιστώντας τις σχέσεις (4) έως (6) στην (3), το συνολικό κόστος του σεναρίου i σε τιμές 2013 προσδιορίζεται από τη τελική σχέση

$$TC_i = \sum_t \sum_k S_{i,k,t} \times P_k + \sum_t \sum_k N_{i,k,t} \times (L_k + A_k + M_k) + \sum_t \sum_s B_s \times D_{i,s,t} . \quad (7)$$

Για τον προσδιορισμό των P_k, L_k, και A_k διενεργήσαμε εκτενή πρωτογενή έρευνα. Ειδικότερα για τον υπολογισμό του P_k, από κάθε μάρκα συγκεντρώσαμε τις τιμές πώλησης των αυτοκινήτων του k συνδυασμού είδος καυσίμου/κυβισμού για το έτος 2013. Η μέση τιμή πώλησης του αυτοκινήτου του k συνδυασμού είδος καυσίμου/κυβισμού της κάθε μάρκας σταθμίστηκε με το μερίδιο που είχε η μάρκα αυτή στις συνολικές πωλήσεις. Οι πωλήσεις αυτές είναι διαθέσιμες για κάθε μάρκα από την ΕΛ.ΣΤΑΤ (βλ. ηλεκτρονική διεύθυνση υποσημείωσης 4). Στη συνέχεια το P_k υπολογίσθηκε ως ο σταθμικός μέσος όρος των μέσων τιμών πώλησης με σταθμίσεις τα αντίστοιχα μερίδια πώλησης της κάθε μάρκας. Οι τιμές των σταθμικών αυτών μέσων όρων δίνονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 7α: Εκτιμηθείσα ποσότητα εκπεμπόμενων ρύπων (σε εκατομ. τόνους) στην Ελλάδα την περίοδο 2000-2012

Επιβατικά	**ΠΡΟΔΡΟΜΟΙ ΟΖΟΝΤΟΣ**				**ΑΕΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**				**ΑΛΛΟΙ**	**ΣΥΝΟΛΟ**
Αυτοκίνητα	**CO**	**NOx**	**NMVOC**	**ΑΘΡΟΙΣΜΑ**	**CO2**	**CH4**	**N2O**	**ΑΘΡΟΙΣΜΑ**	**ΡΥΠΟΙ**	
Βενζινοκίνητα	1.919.669,26	226.367,87	197.768,55	***2.343.805,68***	89.543.903,28	28.013,70	2.634,67	***89.574.551,66***	610.886,62	***92.529.243,95***
Πετρελαιοκίνητα	4.338,46	14.376,67	822,52	***19.537,66***	3.812.289,90	133,42	126,46	***3.812.549,78***	1.922,51	***3.834.009,94***
Υγραερίου	12.797,79	1.513,26	1.439,88	***15.750,92***	1.235.007,89	571,98	33,55	***1.235.613,42***	9,46	***1.251.373,81***
Υβριδικά Βενζιν.	7,48	2,26	0,17	***9,92***	18.879,57	5,21	0,03	***18.884,81***	564,10	***19.458,83***
ΣΥΝΟΛΟ	**1.936.812,99**	**242.260,06**	**200.031,12**	***2.379.104,18***	**94.610.080,65**	**28.724,31**	**2.794,71**	***94.641.599,66***	**613.382,69**	***97.634.086,53***

Πίνακας 7β: Προβλεπόμενη ποσότητα εκπεμπόμενων ρύπων (σε εκατομ. τόνους) στην Ελλάδα την Περίοδο 2013-2030 με βάση το Σενάριο 1 συνέχισης των τάσεων της περιόδου 2000-2012 αναπροσαρμοσμένες με βάση τις εκτιμήσεις του ΟΟΣΑ για την εξέλιξη του ΑΕΠ μετά το 2013

Επιβατικά	**ΠΡΟΔΡΟΜΟΙ ΟΖΟΝΤΟΣ**				**ΑΕΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**				**ΑΛΛΟΙ**	**ΣΥΝΟΛΟ**
Αυτοκίνητα	**CO**	**NOx**	**NMVOC**	**ΑΘΡΟΙΣΜΑ**	**CO2**	**CH4**	**N2O**	**ΑΘΡΟΙΣΜΑ**	**ΡΥΠΟΙ**	
Βενζινοκίνητα	518.784,91	43.881,95	41.431,68	***604.098,55***	71.947.231,75	13.943,53	913,28	***71.962.088,56***	1.292.732,27	***73.858.919,38***
Πετρελαιοκίνητα	5.327,53	46.938,93	1.047,61	***53.314,07***	12.659.654,61	113,25	511,84	***12.660.279,70***	3.773,87	***12.717.367,64***
Υγραερίου	18.624,74	1.587,06	2.780,07	***22.991,87***	4.745.444,69	2.202,44	110,13	***4.747.757,26***	30,79	***4.770.779,92***
Υβριδικά Βενζιν.	14,11	4,27	0,33	***18,70***	35.607,94	9,82	0,07	***35.617,83***	1.496,64	***37.133,17***
ΣΥΝΟΛΟ	**542.751,29**	**92.412,21**	**45.259,69**	***680.423,19***	**89.387.938,99**	**16.269,04**	**1.535,32**	***89.405.743,35***	**1.298.033,57**	***91.384.200,11***

Πίνακας 7γ: Προβλεπόμενη ποσότητα εκπεμπόμενων ρύπων (σε εκατομ. τόνους) στην Ελλάδα με βάση το Σενάριο 2 (Πετρελαιοκίνητα)

Επιβατικά	**ΠΡΟΔΡΟΜΟΙ ΟΖΟΝΤΟΣ**				**ΑΕΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**				**ΑΛΛΟΙ**	**ΣΥΝΟΛΟ**
Αυτοκίνητα α	**CO**	**NOx**	**NMVOC**	**ΑΘΡΟΙΣΜΑ**	**CO2**	**CH4**	**N2O**	**ΑΘΡΟΙΣΜΑ**	**ΡΥΠΟΙ**	
Βενζινοκίνητα	495.935,53	42.110,88	39.736,08	***577.782,49***	67.871.720,75	13.214,52	871,53	***67.885.806,80***	1.223.537,66	***69.687.126,95***
Πετρελαιοκίνητα	7.680,72	79.270,40	1.523,43	***88.474,54***	21.290.874,27	171,55	723,85	***21.291.769,68***	5.397,08	***21.385.641,29***
Υγραερίου	18.624,74	1.587,06	2.780,07	***22.991,87***	4.745.444,69	2.202,44	110,13	***4.747.757,26***	30,79	***4.770.779,92***
Υβριδικά Βενζιν.	14,11	4,27	0,33	***18,70***	35.607,94	9,82	0,07	***35.617,83***	1.496,64	***37.133,17***
ΣΥΝΟΛΟ	**522.255,09**	**122.972,61**	**44.039,90**	***689.267,60***	**93.943.647,65**	**15.598,34**	**1.705,58**	***93.960.951,57***	**1.230.462,16**	***95.880.681,33***

Πίνακας 7δ: Προβλεπόμενη ποσότητα εκπεμπόμενων ρύπων (σε εκατομ. τόνους) στην Ελλάδα με βάση το Σενάριο 3 (Υβριδκά)

Επιβατικά	**ΠΡΟΔΡΟΜΟΙ ΟΖΟΝΤΟΣ**				**ΑΕΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**				**ΑΛΛΟΙ**	**ΣΥΝΟΛΟ**
Αυτοκίνητα	**CO**	**NOx**	**NMVOC**	**ΑΘΡΟΙΣΜΑ**	**CO2**	**CH4**	**N2O**	**ΑΘΡΟΙΣΜΑ**	**ΡΥΠΟΙ**	
Βενζινοκίνητα	512.762,25	43.409,98	40.980,59	***597.152,82***	70.906.240,08	13.755,54	902,33	***70.920.897,94***	1.274.934,42	***72.792.985,19***
Πετρελαιοκίνητα	5.327,53	46.938,93	1.047,61	***53.314,07***	12.659.654,61	113,25	511,84	***12.660.279,70***	3.773,87	***12.717.367,64***
Υγραερίου	18.624,74	1.587,06	2.780,07	***22.991,87***	4.745.444,69	2.202,44	110,13	***4.747.757,26***	30,79	***4.770.779,92***
Υβριδικά Βενζιν.	270,81	81,87	6,30	***358,98***	683.425,61	188,52	1,26	***683.615,40***	28.725,06	***712.699,43***
ΣΥΝΟΛΟ	**536.985,32**	**92.017,84**	**44.814,57**	***673.817,73***	**88.994.764,99**	**16.259,76**	**1.525,56**	***89.012.550,31***	**1.307.464,14**	***90.993.832,18***

Πίνακας 7ε: Προβλεπόμενη ποσότητα εκπεμπόμενων ρύπων (σε εκατομ. τόνους) στην Ελλάδα με βάση το Σενάριο 4 (Υγραερίου)

Επιβατικά	**ΠΡΟΔΡΟΜΟΙ ΟΖΟΝΤΟΣ**				**ΑΕΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**				**ΑΛΛΟΙ**	**ΣΥΝΟΛΟ**
Αυτοκίνητα	**CO**	**NOx**	**NMVOC**	**ΑΘΡΟΙΣΜΑ**	**CO2**	**CH4**	**N2O**	**ΑΘΡΟΙΣΜΑ**	**ΡΥΠΟΙ**	
Βενζινοκίνητα	513.257,24	43.448,51	41.017,46	***597.723,21***	70.993.544,68	13.771,21	903,23	***71.008.219,12***	1.276.420,13	***72.882.362,46***
Πετρελαιοκίνητα	5.327,53	46.938,93	1.047,61	***53.314,07***	12.659.654,61	113,25	511,84	***12.660.279,70***	3.773,87	***12.717.367,64***
Υγραερίου	127.711,13	11.440,03	20.374,65	***159.525,80***	35.072.693,51	16.278,11	813,91	***35.089.785,53***	227,54	***35.249.538,87***
Υβριδικά Βενζιν.	14,11	4,27	0,33	***18,70***	35.607,94	9,82	0,07	***35.617,83***	1.496,64	***37.133,17***
ΣΥΝΟΛΟ	**646.310,01**	**101.831,73**	**62.440,05**	***810.581,79***	**118.761.500,75**	**30.172,39**	**2.229,05**	***118.793.902,18***	**1.281.918,17**	***120.886.402,15***

Στον Πίνακα 9 δίνονται για κάθε συνδυασμό *είδος καυσίμου/κυβισμού* οι αστάθμητοι μέσοι όροι των τελών κυκλοφορίας ως τιμές L_k για το έτος 2013. Για τον υπολογισμό του A_k συγκεντρώσαμε το ετήσιο ελάχιστο κόστος ασφάλισης για το 2013 αναλόγως κυβισμού του αυτοκινήτου και αναλόγως εάν ο οδηγός ηλικίας άνω των 23 ετών κατείχε το δίπλωμα οδήγησης ένα χρόνο ή δέκα χρόνια. Τα στοιχεία αυτά κόστους ασφάλισης αφορούσαν τις πέντε μεγαλύτερες πόλεις της επικράτειας, δηλαδή, Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Λάρισα, και Βόλο. Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές του ετήσιου κόστους ασφάλισης που για τον k συνδυασμό είδος καυσίμου/κυβισμού λαμβάνονται ως τιμές του A_k.

Πίνακας 8: Σταθμικές μέσες τιμές πώλησης αυτοκινήτων (σε €) για το έτος 2013

Τύπος Αυτοκινήτου	**Κυβισμός**		
	< 1.4 lt	**1.4-2.0 lt**	**> 2.0 lt**
Βενζινοκίνητο	15.083	26.216	58.805
Πετρελαιοκίνητο	16.264	23.452	50.892
Υβριδικό Βενζινοκίνητο	17.400	20.892	63.716
Υγραερίου	16.146	25.290	-

Πίνακας 9: Μέσες τιμές τελών κυκλοφορίας (σε €) για το έτος 2013

Τύπος Αυτοκινήτου	**Κυβισμός**		
	< 1.4 lt	**1.4-2.0 lt**	**> 2.0 lt**
Βενζίνοκίνητο	113	319	778
Πετρελαιοκίνητο	41	123	384
Υβριδικό Βενζινοκίνητο	47	85	301
Υγραερίου	124	317	–

Για τον υπολογισμό του M_k χρησιμοποιήσαμε τα στοιχεία της Emissia SA που αφορούσαν το ετήσιο μέσο κόστος service αυτοκινήτου του k συνδυασμού είδος καυσίμου/κυβισμού για το έτος 2009. Για τη αναπροσαρμογή των ποσών αυτών στο έτος 2013, χρησιμοποιήσαμε από την ΕΛ.ΣΤΑΤ[69] τον μέσο όρο τριών τιμών δείκτη καταναλωτή 2013 με έτος βάσης το 2009 που αφορούσαν ανταλλακτικά αυτοκινήτου (1,0570), λιπαντικά-αντιψυκτικό (1,0740) και συντήρηση-επισκευή (0,9908). Οι τιμές για το M_k δίνονται στον Πίνακα 11.

Τέλος χρησιμοποιώντας τις τιμές πώλησης ανά είδος καυσίμου από το Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας για την περίοδο 4/1/2013 έως 27/12/2013, υπολογίσαμε τους μέσους όρους που δίνονται στον Πίνακα 12 ως τιμή/λίτρο. Για την μετατροπή όμως της τιμής καυσίμου από λίτρα σε κιλά χρειαζόμασταν το αντίστοιχο ειδικό βάρος που για την βενζίνη λάβαμε 0,725, για το πετρέλαιο ντίζελ 0,845 και για το υγραέριο 0,545. Πολλαπλασιάζοντας το ειδικό βάρος επί τη τιμή του καυσίμου ανά λίτρο πήραμε τη τιμή του καυσίμου ανά κιλό. Οι τιμές αυτές δίνονται στον Πίνακα 12. Οι τιμές €/kg θα ληφθούν ως τιμές B_s.

Χρησιμοποιώντας τις τιμές των Πινάκων 8-12 στο τύπο (7) υπολογίσαμε το συνολικό κόστος ρύπανσης ανά σενάριο το οποίο δίνεται στον Πίνακα 13. Λαμβάνοντας λοιπόν ως βάση την περίοδο 2000-2012 για τον υπολογισμό του οριακού κόστους ελέγχου ρύπανσης καταλήγουμε στα εξής τελικά συμπεράσματα μεταξύ των περιόδων 2000-2012 και 2013-2030:

[69] http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-themes?p_param=A0515&r_param=DKT87&y_param=2013_12&mytabs=0

- Βάσει του σεναρίου 1 παρατηρούμε μια μείωση της συνολικής ποσότητας εκπεμπόμενων ρύπων κατά 6.249.886.417,04 κιλά με παράλληλη αύξηση του κόστους κατά 47.168.403.836 €.
- Βάσει του σεναρίου 2 παρατηρούμε μια μείωση της συνολικής ποσότητας εκπεμπόμενων ρύπων κατά 1.753.405.198,65 κιλά με παράλληλη αύξηση του κόστους κατά 54.928.224.451 €.
- Βάσει του σεναρίου 3 παρατηρούμε μια μείωση της συνολικής ποσότητας εκπεμπόμενων ρύπων κατά 6.640.254.352,19 κιλά με παράλληλη αύξηση του κόστους κατά 49.552.774.646 €.
- Βάσει του σεναρίου 4 παρατηρούμε μια αύξηση της συνολικής ποσότητας εκπεμπόμενων ρύπων κατά 23.252.315.613,60 κιλά με παράλληλη αύξηση του κόστους κατά 53.331.386.824 €.

Επομένως το οριακά κόστη ελέγχου ρύπανσης ανά σενάριο σε τιμές έτους 2013 είναι:

- Σενάριο 1: 7,55 ευρώ ανά κιλό εκπεμπόμενου ρύπου
- Σενάριο 2: 31,33 ευρώ ανά κιλό εκπεμπόμενου ρύπου
- Σενάριο 3: 7.46 ευρώ ανά κιλό εκπεμπόμενου ρύπου
- Σενάριο 4: -2,29 ευρώ ανά κιλό εκπεμπόμενου ρύπου

Πίνακας 10: Ετήσιο μέσο κόστος ασφάλισης (σε €) για το έτος 2013

Τύπος Αυτοκινήτου	**Κυβισμός**		
	< 1.4 lt	**1.4-2.0 lt**	**> 2.0 lt**
Βενζίνοκίνητο	214	275	328
Πετρελαιοκίνητο	214	275	328
Υβριδικό Βενζινοκίνητο	214	275	328
Υγραερίου	214	275	–

Πίνακας 11: Ετήσιο μέσο κόστος συντήρησης (service) (σε €) για το έτος 2013

Τύπος Αυτοκινήτου	**Κυβισμός**		
	< 1.4 lt	**1.4-2.0 lt**	**> 2.0 lt**
Βενζινοκίνητο	348	505	668
Πετρελαιοκίνητο	359	520	688
Υβριδικό Βενζινοκίνητο	–	517	–
Υγραερίου	355	515	682

Πίνακας 12: Μέση τιμή καυσίμου (σε €) για το έτος 2013

	Αμόλυβδη 95	**DIESEL Κίνησης**	**LPG**
€/lt	1,69	1,39	0,89
€/kg	1,2252	1,1746	0,4851

Πίνακας 13: Συνολικό κόστος ρύπανσης σε τιμές 2013

	Βενζινοκίνητα	*Πετρελαιοκίνητα*	*Υγραερίου*	*Υβριδικά*	*Συνολικό Κόστος*
Περίοδος 2000-2012 Σενάριο i=0	141.336.091.299	9.012.252.566	363.335.453	140.681.724	**150.852.361.042**
Περίοδος 2013-2030 Σενάριο i=1	163.807.510.812	32.519.076.725	1.565.333.738	128.843.603	**198.020.764.879**
Περίοδος 2013-2030 Σενάριο i=2	137.569.408.097	66.517.000.055	1.565.333.738	128.843.603	**205.780.585.493**
Περίοδος 2013-2030 Σενάριο i=3	157.572.753.898	32.519.076.725	1.565.333.738	8.747.971.327	**200.405.135.688**
Περίοδος 2013-2030 Σενάριο i=4	158.127.516.130	32.519.076.725	13.408.311.408	128.843.603	**204.183.747.867**

7. Συμπεράσματα

Για την περίοδο 2007-2012 παρατηρήσαμε μια συνεχή μείωση του αριθμού των αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στο τέλος κάθε έτους. Η αιτία ήταν η πολύ μεγάλη μείωση νέων εγγραφών αυτοκινήτων που έφθασε το 80% μεταξύ 2007 και 2012. Αντίθετα για το 2013, υπήρξε μικρή αύξηση νέων εγγραφών αυτοκινήτων ενώ προσωρινά στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ δείχνουν ότι η αύξηση αυτή θα είναι κατά πολύ μεγαλύτερη το 2014. Στελέχη της αγοράς εκφράζουν την αισιοδοξία ότι η αγορά των επιβατικών αυτοκινήτων ανακάμπτει, και σε αυτό συντελεί η πολιτική μειωμένων τιμών πώλησης λόγω του μέτρου της απόσυρσης, τα ελκυστικά προγράμματα χρηματοδότησης αγοράς νέου αυτοκινήτου που προσφέρονται, καθώς και το γενικότερο οικονομικό κλίμα που διαμορφώνεται. Πολλές εταιρείες δεν ζητούν προκαταβολή και παράλληλα ο αριθμός των μηνιαίων δόσεων φθάνει στις 84 με επιτόκιο κυμαινόμενο στο 5% ετησίως και σταθερό μεταξύ του 8% και 8,5%.

Επεκτείνοντας τις ήδη υπάρχουσες διαχρονικά τάσεις της περιόδου 2000-2013 για τον αριθμό των επιβατικών αυτοκινήτων ανά τεχνολογία/είδος καυσίμου/κυβισμού, αναπροσαρμοσμένες όμως βάσει των εκτιμήσεων του ΟΟΣΑ για το μέγεθος του ΑΕΠ το 2014 και 2015, αλλά ταυτόχρονα λαμβάνοντας υπόψη και τις εκτιμήσεις της αγοράς αυτοκινήτου που αναφέρθηκαν, προβλέψαμε ότι μέχρι το 2030 το μερίδιο των πετρελαιοκινήτων και των αυτοκινήτων υγραερίου στο συνολικό στόλο που θα κυκλοφορεί κατά έτος θα αυξηθεί σταδιακά από 3,46% και 0,13% σε 12,28% και 0,34% αντίστοιχα. Το μερίδιο των υβριδικών θα παραμείνει σταθερό στο πολύ χαμηλό επίπεδο του 0,07% ενώ το μερίδιο των βενζινοκίνητων θα μειωθεί από 96,4% το 2013 σε 87,1% το 2030. Η νέα αυτή σύνθεση του στόλου των αυτοκινήτων θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της συνολικής ποσότητας εκπεμπόμενων ρύπων από 97,6 εκατομ. τόνους την περίοδο 2000-2012 σε 91,3 εκατομ. τόνους την περίοδο 2013-2030. Στους 91,3 εκατομ. τόνους εκπεμπόμενων ρύπων της περιόδου 2013-2030, το 97,84% θα οφείλεται σε αέρια του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου) και το 0,74% στους πρόδρομους του όζοντος (μονοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, πτητικές οργανικές ενώσεις εκτός μεθανίου). Από τα είδη των ρύπων, το πιο σοβαρό πρόβλημα δημιουργείται από το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο αποτελεί το 99,98% των αερίων του θερμοκηπίου. Ενσωματώνοντας επίσης στην ανάλυσή μας τα κόστη αγοράς αυτοκινήτου, συντήρησης, ασφάλισης, τελών κυκλοφορίας και καυσίμου σε τιμές 2013 υπολογίσαμε ότι η μείωση αυτή των συνολικά εκπεμπόμενων ρύπων μεταξύ 2000-2012 και 2013-2030, θα κοστίσει 7,55€ ανά κιλό εκπεμπόμενου ρύπου.

Περαιτέρω μείωση της συνολικής ποσότητας εκπεμπόμενων ρύπων στα 90,99 εκατομ. τόνους μπορεί να επιτευχθεί για το 2013-2030 εάν η σύνθεση του στόλου αλλάξει προς όφελος των υβριδικών (μερίδιο 3% το 2030 από 0,07% το 2013) με ταυτόχρονη μείωση μόνο του μεριδίου των βενζινοκίνητων από 96,34% το 2013 σε 84,65% το 2030. Και σε αυτήν τη περίπτωση οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αποτελούν το σημαντικότερο πρόβλημα με ποσοστό 97,8% στο σύνολο των ρύπων. Αναφορικά με το κόστος μιας τέτοιας πολιτικής αλλαγής της σύνθεσης του στόλου αυτοκινήτων υπέρ των υβριδικών μεταξύ 2000-2012 και 2013-2030, αυτό θα είναι 7,46 € ανά κιλό εκπεμπόμενου ρύπου σε τιμές έτους 2013.

Αντίθετα λιγότερο αποτελεσματικές έως αναποτελεσματικές είναι οι πολιτικές μεταβολής μεταξύ 2000-2012 και 2013-2030 της σύνθεσης του στόλου υπέρ ή των πετρελαιοκίνητων ή των αυτοκινήτων υγραερίου. Στο υποθετικό σενάριο όπου το 2030 το μερίδιο των πετρελαιοκινήτων στο συνολικό στόλο αυξάνεται σε 25% εις βάρος του μεριδίου των βενζινοκίνητων, δυστυχώς η μείωση της συνολικής

εκπεμπόμενης ποσότητας ρύπων είναι μικρότερη, δηλαδή από 97,6 εκατομ. μειώνεται στους 95,9 εκατομ. τόνους. Την μείωση αυτή την πληρώνουμε με το σχετικά υψηλότερο ποσό των 31,33 € ανά κιλό εκπεμπόμενου ρύπου σε τιμές και πάλι 2013. Για δε την περίπτωση που τα αυτοκίνητα υγραερίου φθάσουν να έχουν μερίδιο 3% το 2030 εις βάρος των βενζινοκίνητων, τότε μεταξύ 2000-2012 και 2013-2030 δεν έχουμε μείωση αλλά αύξηση της συνολικής ποσότητας των εκπεμπόμενων ρύπων από 97,6 εκατομ. σε 120,9 εκατομ. τόνους. Η αιτία της μη αποτελεσματικότητας των τελευταίων δυο πολιτικών βρίσκεται στη σχέση ανάμεσα στη τεχνολογία οικονομίας κατανάλωσης καυσίμου και στη μέση διανυόμενη απόσταση σε συνδυασμό με τη τιμή ανά λίτρο του αντίστοιχου καυσίμου. Έτσι, μια τεχνολογία που δίνει χαμηλότερους ρύπους (πχ πετρελαιοκίνηση) χάνει το πλεονέκτημά της όταν οι διανυόμενες αποστάσεις αυξάνουν αναλογικά περισσότερο, είτε γιατί η τεχνολογία αυτή δίνει οικονομικότερη χρήση καυσίμου είτε γιατί το συγκεκριμένο καύσιμο πωλείται σε χαμηλότερη τιμή.

Βιβλιογραφία

Box G.E.P, Jenkins G.M. and Reinsel G.C. (2008). *Time Series Analysis Forecasting and Control*, 4th Edition, Wiley.

EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 update September 2014. Κατηγορία «1.A.3.b Road Transport GB2013 update Sept2014» με θεματικές 1.A.3.b.i Passenger car, 1.A.3.b.ii Light commercial truck, 1.A.3.b.iii Heavy-duty vehicles including buses, 1.A.3.b.iv Motorcycles, και με Lead authors τους L.Ntziachristos, Z.Samaras και contributing authors τους C.Kouridis, C.Samaras, D.Hassel, G.Mellios, I.McCrae, J.Hickman, K.H.Zierock, M.Keller, M.Rexeis, M.Andre, M.Winther, N.Pastramas, N.Gorissen, P.Boulter, P.Katsis, R.Joumard, R.Rijkeboer, S.Geivanidis, S.Hausberger.

Harvey A.C. (1993). *Time Series Models*, 2nd Edition, Prentice Hall.

Halkos G.E. and Kevork I.S. (2005). A comparison of alternative unit root tests, *Journal of Applied Statistics*, 32, 45-60.

Makridakis S, Wheelwright S.C. and Hyndman R.J. (1998). *Forecasting Methods and Applications*, 3rd Edition, John Wiiley & Sons, Inc.

OECD (2014). *Economic Outlook*, Volume 2014, Issue 1

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (2012). Τεχνική έκθεση για τη διερεύνηση τρόπων ανάπτυξης και διείσδυσης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην Ελλάδα. Μέλη επιτροπής συγκροτειθείσας με την ΥΠΕΚΑ/ΓΓΕΚΑ/Δ6/21612/20.09.2011: Ε. Διαλυνάς, Δ. Νέγκας, Ε. Τσελεπής, Χ. Παπαγεωργίου, Γ. Κωστάκης, Δ. Αντωνόπουλος, Κ. Υφαντίδης, και Γ. Γρηγοριάδης.

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας, και Κλιματικής Αλλαγής (2013). Annual inventory submission of Greece under the convention and the Kyoto Protocol for Greenhouse and other cases for the years 1990-2011, Report prepared by the Ministry of Environment, Energy, and Climate Change in co-operation with the National Technical University of Athens, School of Chemical Engineering.

Χάλκος Γ.Ε. (2011). *Οικονομετρία Θεωρία, εφαρμογές και χρήση προγραμμάτων σε Η/Υ*, Εκδόσεις GUTENBERG.

Οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές πτυχές των μελλοντικών επεκτάσεων του μετρό Θεσσαλονίκης

Β. Προφυλλίδης[1], Γ. Κωνσταντινίδης[2] και Γ. Μποτζώρης[1]
[1]Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Τομέας Συγκοινωνιακών Έργων & Μεταφορών, Βασ. Σοφίας 12, 67100 Ξάνθη
[2]Αττικό Μετρό Α.Ε. – Διεύθυνση Μετρό Θεσσαλονίκης
26ης Οκτωβρίου 40, 54627 Θεσσαλονίκη
bprofil@otenet.gr, gkonstantinidis@ametro.gr, gbotzori@civil.duth.gr

Περίληψη
Διερευνώνται καταρχήν οι επιπτώσεις ενός έργου μετρό στην κοινωνία, την οικονομία, το περιβάλλον, την ποιότητα ζωής. Μελετώνται τα διάφορα σενάρια επέκτασης της γραμμής-κορμού του μετρό Θεσσαλονίκης προς τα ανατολικά και τα δυτικά. Για κάθε σενάριο επέκτασης γίνεται εκτίμηση του κόστους κατασκευής, της αναμενόμενης ζήτησης και των ωφελειών που θα προκύψουν. Υπολογίζονται τα κριτήρια σκοπιμότητας για κάθε σενάριο και γίνεται ανάλυση ευαισθησίας ως προς τις βασικές παραμέτρους σχεδιασμού. Τέλος, αξιολογούνται οι περιβαλλοντικές πτυχές των μελλοντικών επεκτάσεων σε ό,τι αφορά την αέρια ρύπανση και την ηχορύπανση.

Λέξεις Κλειδιά: Μετρό Θεσσαλονίκης, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ζήτηση, αξιολόγηση σκοπιμότητας.
JEL Κωδικοί: L92, O18, O22, R41, R42.

1. Αστικές μεταφορές και περιβάλλον

Οι μεταφορές αποτελούν μια σημαντική συνιστώσα των παραγωγικών δραστηριοτήτων, καθώς σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης πραγματοποιούνται πάνω από 500 δισεκατομμύρια μετακινήσεις (1,000 έως 1,300 μετακινήσεις ανά κάτοικο) ετησίως με κάποιο από τα διαθέσιμα μέσα μεταφοράς. Ειδικότερα οι αστικές συγκοινωνίες διαδραματίζουν ένα ζωτικό ρόλο στην καθημερινή ζωή των πολιτών, καθώς:

- το 60% των ευρωπαίων ζουν σε αστικές περιοχές, στις οποίες παράγεται σχεδόν το 85% του Α.Ε.Π. της Ε.Ε.,
- η ατμοσφαιρική ρύπανση και ηχορύπανση εντείνονται κάθε χρόνο. Η αστική κυκλοφορία ευθύνεται για το 40% των εκπομπών CO_2 και για το 70% των εκπομπών άλλων ρύπων από τις οδικές μεταφορές. Το Σχήμα 1 δίνει τις ετήσιες εκπομπές ανά κάτοικο για διάφορες πόλεις παγκοσμίως, σε συνάρτηση με το ποσοστό μετακινήσεων που πραγματοποιούνται με δημόσια μέσα μεταφοράς και με μη μηχανοκίνητα μέσα (ποδήλατα και πεζές μετακινήσεις),
- σε όλη την Ευρώπη, η αύξηση της κινητικότητας στα αστικά κέντρα έχει ως αποτέλεσμα το φαινόμενο της συμφόρησης και πολυάριθμες αρνητικές συνέπειες από άποψη χαμένου χρόνου και περιβαλλοντικής όχλησης. Η οικονομία χάνει κάθε χρόνο περισσότερο από 1% του ΑΕΠ της Ε.Ε., εξαιτίας του φαινομένου αυτού,
- ο αριθμός τροχαίων ατυχημάτων μέσα στις πόλεις αυξάνεται κάθε χρόνο, ενώ το ένα στα τρία θανατηφόρα ατυχήματα σημειώνεται σε αστική περιοχή και τα πρώτα σε σειρά θύματα είναι τα πιο ευάλωτα άτομα, δηλαδή οι πεζοί και οι ποδηλάτες,

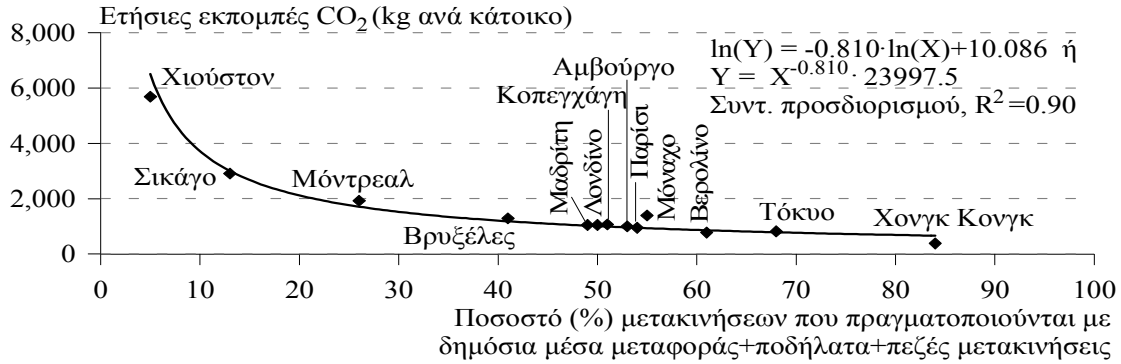
- η αποτελεσματική αστική διαβίωση και η βιώσιμη ανάπτυξη απαιτούν αξιόπιστα και αποδοτικά συστήματα δημόσιων μεταφορών.

Το 2013, κατά μέσο όρο στις 27 χώρες της Ε.Ε., κάθε κάτοικος διήνυε 31.2 km ημερησίως, έναντι 13.8 km το 1970, 23.8 km το 1990 και 30.5 km το 2010. Συντριπτικό ποσοστό του χρόνου μετακινήσεων αναλώνεται στις μετακινήσεις με σκοπό την εργασία, (Metz, 2008; OECD, 2011), (Σχήμα 2), για τις οποίες είναι επιθυμητή η χρήση των δημόσιων ή των μη μηχανοκίνητων μέσων μεταφοράς έναντι του Ι.Χ. αυτοκινήτου, (Σχήμα 3). Η ανάπτυξη και η ενίσχυση συνεπώς των αστικών συγκοινωνιών συμβάλλει σημαντικά στην ισόρροπη και βιώσιμη αστική ανάπτυξη, στη βελτίωση της ποιότητας ζωής αλλά και στην περιβαλλοντική προστασία.

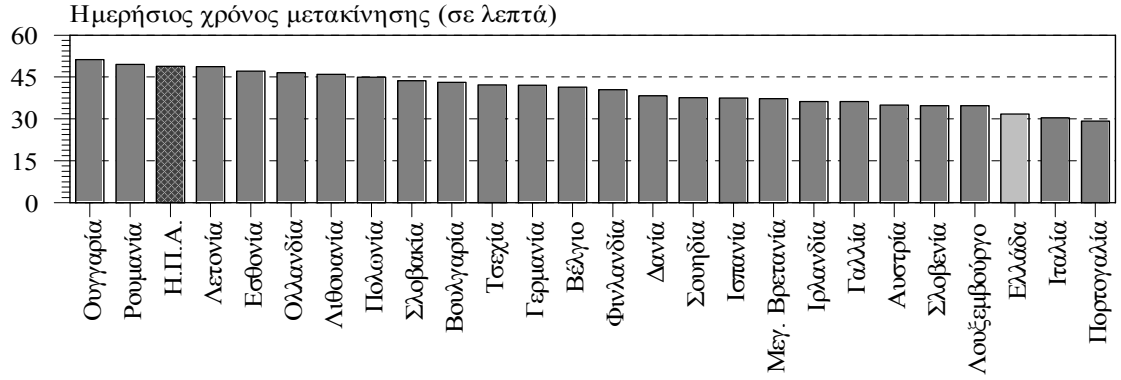
2. Οι επιπτώσεις ενός έργου μετρό στην κοινωνία, την οικονομία, το περιβάλλον και την ποιότητα ζωής

Ένα έργο μετρό συνεπάγεται σημαντικές δαπάνες τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά τη λειτουργία του. Γι' αυτό και ενδείκνυται για πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπου συνήθως δημιουργούνται από τις χρήσεις γης (κατοικία, εμπόριο, αναψυχή, πόλοι μετακινήσεων όπως διοίκηση, υπηρεσίες υγείας, αθλητικές δραστηριότητες, κ.λπ.) πολλές μετακινήσεις που δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν ικανοποιητικά από μέσα μεταφοράς χαμηλότερης μεταφορικής ικανότητας (τραμ, λεωφορεία, τρόλεϋ). Ο Πίνακας 1 δίνει τα λειτουργικά χαρακτηριστικά ορισμένων συστημάτων μετρό παγκοσμίως. Διαπιστώνεται ότι οι μετακινήσεις με μετρό ανά κάτοικο είναι συνάρτηση του πληθυσμού της πόλης, των κυκλοφοριακών συνθηκών αλλά και των ασκούμενων κρατικών πολιτικών (επιδότηση εισιτηρίου, περιορισμοί στην είσοδο οχημάτων στο κέντρο των πόλεων, κ.λπ.).

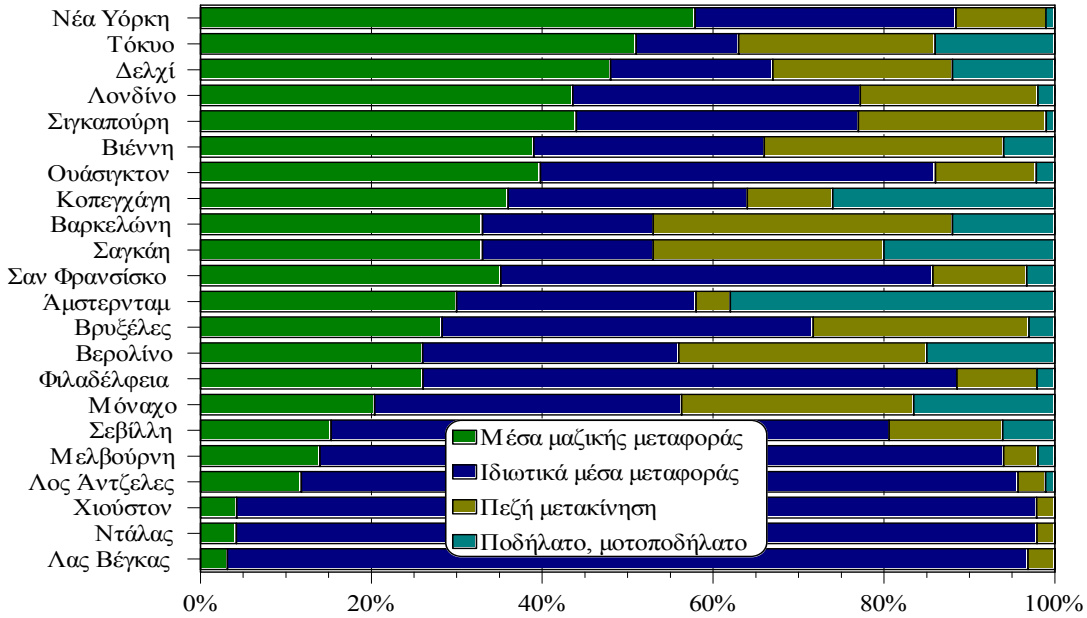
Σχήμα 1: Εκπομπές CO_2 ετησίως σε συνάρτηση με το ποσοστό μετακινήσεων που πραγματοποιούνται με δημόσια και με μη μηχανοκίνητα μέσα μεταφοράς.



Σχήμα 2: Ημερήσιος χρόνος ανάλωσης σε μετακινήσεις με σκοπό την εργασία σε διάφορες χώρες, (OECD, 2011).



Σχήμα 3: Ποσοστό χρησιμοποίησης των διαφόρων μέσων μεταφοράς κατά την μετακίνηση με σκοπό την εργασία σε διάφορες πόλεις παγκοσμίως.



Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά διαφόρων συστημάτων μετρό παγκοσμίως.

	Μητροπολιτικός πληθυσμός (εκατομμυρια κάτοικοι)	Συνολικό μήκος (km)	Αριθμός γραμμών	Αριθμός στάσεων	Μετακινήσεις ημερησίως (εκατομμύρια)	Αριθμός στάσεων ανά km γραμμής	Μετακινήσεις ανά κάτοικο
Σεούλ	22.55	314	9	291	5.6	0.93	0.25
Λονδίνο	8.59	402	11	270	3.0	0.67	0.35
Παρίσι	10.76	214	16	303	4.2	1.42	0.39
Νέα Υόρκη	20.46	468	26	369	5.0	0.79	0.24
Τόκυο	37.13	329	13	282	8.7	0.86	0.23
Μόσχα	15.51	299	12	180	7.0	0.60	0.45
Πεκίνο	17.31	228	9	147	5.0	0.64	0.29
Σαγκάη	21.77	538	12	330	4.8	0.61	0.22
Βαρκελώνη	5.38	124	11	163	1.14	1.32	0.21
Βαρσοβία	2.67	23	1	21	0.57	0.91	0.21
Βιέννη	2.42	80	5	104	1.56	1.30	0.64
Βρυξελλες	1.83	56	4	69	0.36	1.23	0.20
Λισσαβόνα	3.04	43	4	55	0.42	1.27	0.14
Πράγα	2.16	59	3	57	1.61	0.97	0.75
Αθήνα	3.74	84	3	65	1.35	0.77	0.36

Ένα έργο μετρό λοιπόν κατ'αρχήν ανακουφίζει και βελτιώνει τις συνθήκες κυκλοφορίας, επιτρέπει υψηλή κινητικότητα με λογικό κόστος σε ανταγωνιστικό (ως προς τα άλλα μέσα μεταφοράς) χρόνο διαδρομής. Ετσι βελτιώνει την ποιότητα ζωής και διευκολύνει σημαντικά τις οικονομικές συναλλαγές και τις κοινωνικές δραστηριότητες.

Σχήμα 4: Το μετρό Θεσσαλονίκης (βασική χάραξη και μελλοντικές επεκτάσεις).

Ταυτόχρονα όμως βελτιώνει σημαντικά και τις περιβαλλοντικές συνθήκες από τις περιοχές από τις οποίες διέρχεται μια γραμμή μετρό, καθώς πολλοί μετακινούμενοι που πριν χρησιμοποιούσαν το ΙΧ όχημά τους επιλέγουν πλέον το μετρό. Οι βελτιωμένες περιβαλλοντικές συνθήκες αποτυπώνονται σε μικρότερες τιμές αέριων ρύπων και αιωρούμενων σωματιδίων, καθώς και σε μικρότερη στάθμη θορύβου. Για να συμβεί όμως το τελευταίο πρέπει να ληφθούν όλα τα μέτρα αντικραδασμικής προστασίας, ώστε ο εδαφομεταφερόμενος θόρυβος στα παρακείμενα προς το μετρό οικήματα να είναι μετά την κατασκευή του έργου μικρότερος σε σχέση με την κατάσταση πριν την κατασκευή του έργου.

Στην παρούσα εργασία διερευνώνται οι επιπτώσεις από ενδεχόμενη επέκταση της βασικής γραμμής του μετρό Θεσσαλονίκης προς τα ανατολικά (περιοχές Τριανδρία, Τούμπα, Χαριλάου, Πυλαία) και τα δυτικά (περιοχές Επτάλοφος, Αμπελόκηποι, Ηλιούπολη, Εύοσμος, Κορδελιό), (Σχήμα 4). Εξετάζονται διάφορα σενάρια χάραξης και για καθένα από αυτά γίνεται εκτίμηση της αναμενόμενης ζήτησης και του κόστους κατασκευής και λειτουργίας καθώς και του εξυπηρετούμενου πληθυσμού. Υπολογίζονται οι προσδοκώμενες ωφέλειες (κυρίως σε ό,τι αφορά τους χρόνους διαδρομής) και οι τιμές των κριτηρίων σκοπιμότητας για την υλοποίηση ενός νέου συγκοινωνιακού έργου. Αναλύονται τέλος οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου.

2. Τα διάφορα σενάρια επεκτάσεων του μετρό Θεσσαλονίκης προς τα ανατολικά και προς τα δυτικά

Ο Γενικός Σχεδιασμός του μετρό Θεσσαλονίκης (Σχήμα 4) προβλέπει πέραν της υπό κατασκευή πρώτης γραμμής Νέος Σιδηροδρομικός Σταθμός – Νέα Ελβετία (μήκους 9.6 km) μια σειρά από επεκτάσεις. Ήδη η πρώτη επέκταση προς Καλαμαριά (μέχρι το σταθμό Μίκρα) έχει δημοπρατηθεί. Η επέκταση προς τις βόρειες συνοικίες της πόλης κατά μήκος της οδού Λαγκαδά έχει ήδη μελετηθεί σε επίπεδο σχεδιασμού, κάτι που δεν έγινε συστηματικά μέχρι σήμερα για τις υπόλοιπες επεκτάσεις του μετρό προς ανατολικά (Τούμπα–Χαριλάου) και προς δυτικά (Εύοσμος–Κορδελιό).

Μελετώνται τα εξής σενάρια εναλλακτικών χαράξεων οριζοντιογραφικά (με τη ζώνη επιρροής στο εύρος των 500m):

- Σενάριο Ι (Σχήμα 6). Η επέκταση μετά το σταθμό Παπάφη γίνεται κατά μήκος των οδών Παπάφη, Παπαναστασίου μεταξύ των σταθμών Παπάφη και Νέα Ελβετία. Το μήκος της νέας γραμμής είναι 3.217 km και δημιουργούνται δυο νέοι σταθμοί: σταθμός Τούμπα, σταθμός Χαριλάου. Θεωρώντας γύρω από κάθε σταθμό ζώνη επιρροής ακτίνας 500m εξυπηρετείται ικανοποιητικότατα το σύνολο της συνοικίας Χαριλάου, το μεγαλύτερο μέρος της συνοικίας Κάτω Τούμπα και μέρος της συνοικίας Άνω Τούμπα και της συνοικίας Τριανδρία. Περαιτέρω εξυπηρετούνται σημαντικοί πόλοι μετακινήσεων όπως το γήπεδο Χαριλάου, το στάδιο Τούμπας, το Ιπποκράτειο Νοσοκομείο.
- Σενάριο ΙΙ (Σχήμα 7). Η επέκταση γίνεται κατά μήκος των οδών Μαραθώνος, Γρ. Λαμπράκη, Κλεάνθους, Παπάφη, Καρακάση, Παπαναστασίου μεταξύ των σταθμών Παπάφη και Νέα Ελβετία. Το μήκος της νέας γραμμής είναι 3.985 km και δημιουργούνται τρεις νέοι σταθμοί: Άνω Τούμπα-Τριανδρία, Κάτω Τούμπα, Χαριλάου. Στο σενάριο αυτό εξυπηρετούνται ικανοποιητικά οι συνοικίες Άνω Τούμπα, Κάτω Τούμπα, Χαριλάου και μέρος της συνοικίας Τριανδρία. Περαιτέρω εξυπηρετούνται ικανοποιητικά τα στάδια Τούμπας και Καυτανζόγλειο, το γήπεδο Χαριλάου και το Ιπποκράτειο Νοσοκομείο.

- Σενάριο ΙΙΙ (Σχήμα 8). Η επέκταση γίνεται κατά μήκος των οδών Μαραθώνος, Γρ. Λαμπράκη, Κλεάνθους, Παπάφη, Καρακάση, Κανάρη, Μυστακίδη, Πλαστήρα. Το μήκος της νέας γραμμής είναι 4.670 km και δημιουργούνται τέσσερις νέοι σταθμοί: Άνω Τούμπα-Τριανδρία, Κάτω Τούμπα, Χαριλάου, Πυλαία. Στο σενάριο αυτό εξυπηρετούνται ικανοποιητικά οι συνοικίες Άνω Τούμπα, Κάτω Τούμπα, Χαριλάου, Πυλαία και μέρος της συνοικίας Τριανδρία. Περαιτέρω εξυπηρετούνται ικανοποιητικά τα στάδια Τούμπας και Καυτανζόγλειο, το γήπεδο Χαριλάου και το Ιπποκράτειο Νοσοκομείο.
- Σενάριο IV (Σχήμα 9). Η επέκταση μετά το σταθμό Παπάφη γίνεται κατά μήκος των οδών Πλήθωνος Γεμιστού, Αγ. Δημητρίου, Κουντουριώτου, Λαμπράκη, Ευαγόρα, Κλεάνθους, Παπάφη, Μυστακίδη, Πλαστήρα. Το μήκος της νέας γραμμής είναι 4.896 km και δημιουργούνται τέσσερις νέοι σταθμοί: Τριανδρία, Τούμπα, Χαριλάου, Πυλαία. Στο σενάριο αυτό εξυπηρετούνται ικανοποιητικά οι συνοικίες Τριανδρία, Κάτω Τούμπα, Χαριλάου, Πυλαία και μέρος της συνοικίας Ανω Τούμπα. Περαιτέρω εξυπηρετούνται ικανοποιητικά τα στάδια Τούμπας και Καυτανζόγλειο, το γήπεδο Χαριλάου και το Ιπποκράτειο Νοσοκομείο.

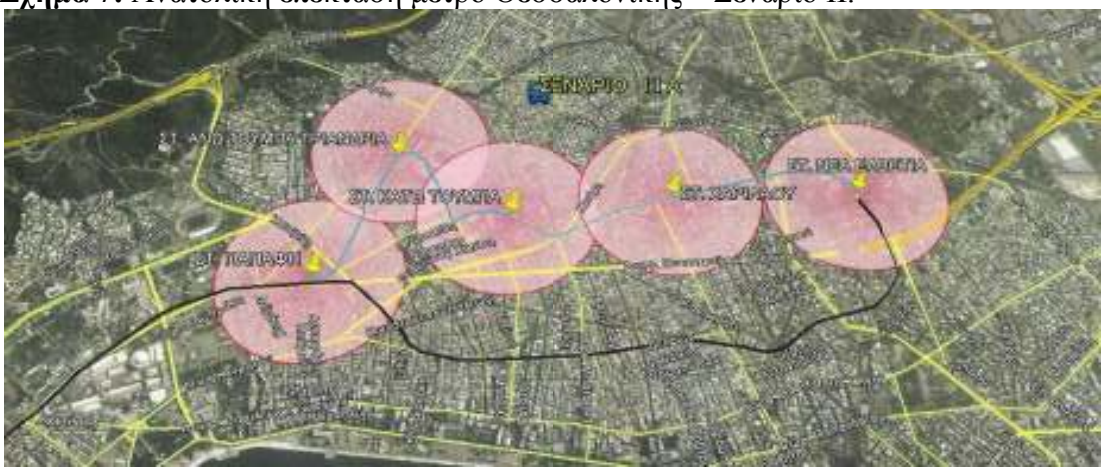
Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η ζώνη επιρροής ενός συστήματος μετρό είναι συνάρτηση της απόστασης περπατήματος που είναι διατεθειμένος να διανύσει ο πιθανός χρήστης του μετρό μεταξύ σημείου προέλευσης ή προορισμού και μετρό. Διακρίνουμε συνήθως:

- τη στενή ζώνη επιρροής, με απόσταση περπατήματος της τάξης των 250m÷400m,
- την ευρεία ζώνη επιρροής με απόσταση περπατήματος της τάξης των 400m÷700m.

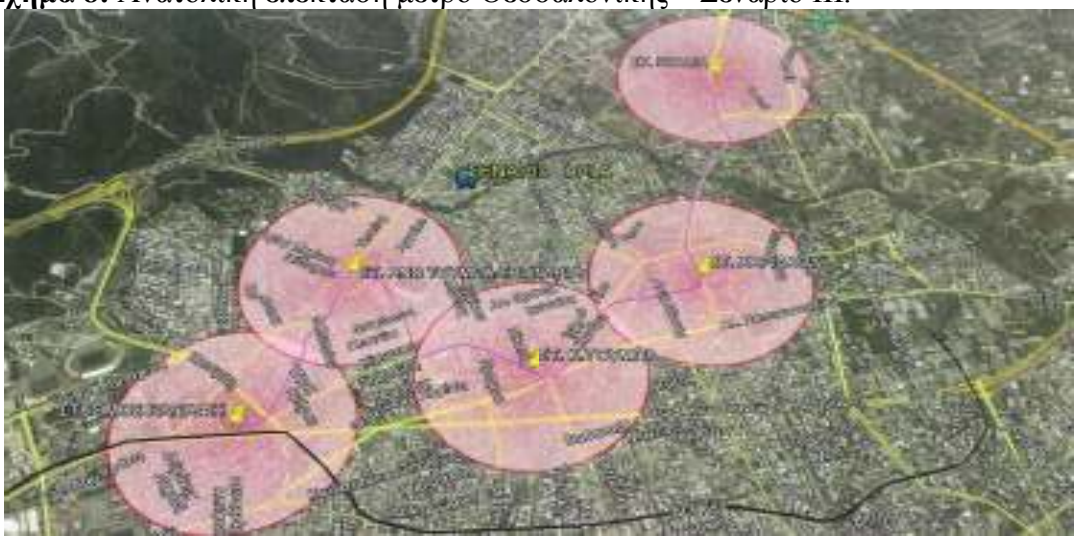
Αρκετές μελέτες προσδιορίζουν τη στενή ζώνη επιρροής (circular inner) στα 400m και την ευρύτερη ζώνη επιρροής (circular outer) στα 800m. Στις ΗΠΑ η ζώνη επιρροής των σταθμών μετρό προσδιορίζεται στο 1/4 του μιλίου (quarter-mile circle) και στο μισό μίλι (half-mile circle) αντίστοιχα, περίπου ίδιες αποστάσεις δηλαδή (402.34m και 804.67m αντίστοιχα) με τις ευρωπαϊκές συνθήκες. Στην Κίνα χρησιμοποιούν ως ευρύτερη ζώνη επιρροής επίσης τα 800m. Στην παρούσα ανάλυση, όπως έχει αναφερθεί, θεωρείται ότι η ζώνη επιρροής ενός σταθμού μετρό εκτείνεται σε ακτίνα 500m πέριξ του σταθμού.

Σχήμα 6: Ανατολική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης – Σενάριο Ι.

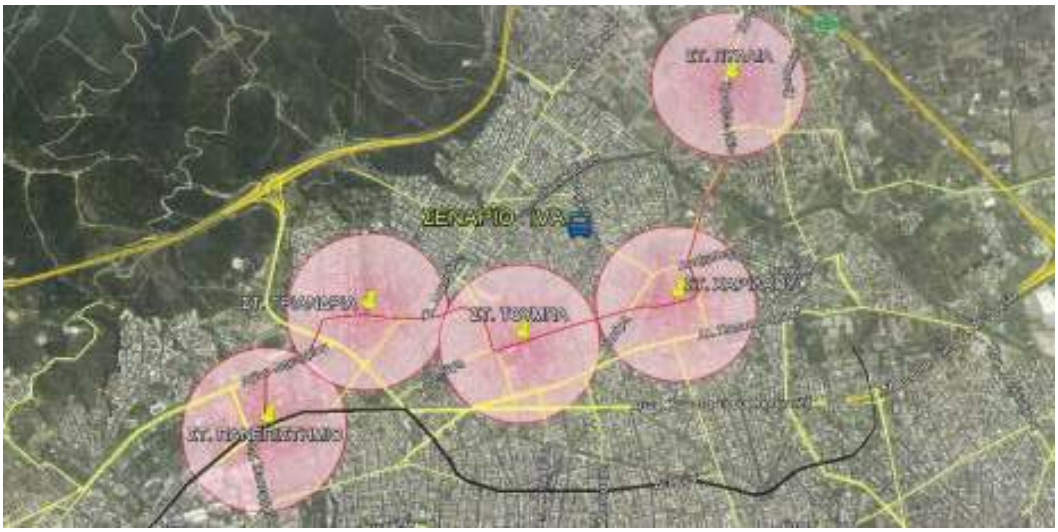
Σχήμα 7: Ανατολική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης – Σενάριο ΙΙ.



Σχήμα 8: Ανατολική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης – Σενάριο ΙΙΙ.



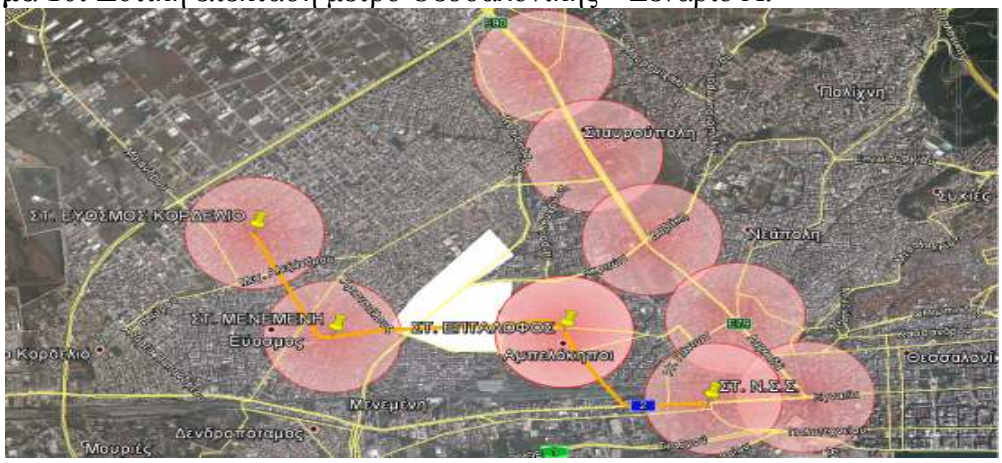
Σχήμα 9: Ανατολική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης – Σενάριο ΙV.



Σε ό,τι αφορά την επέκταση του μετρό Θεσσαλονίκης προς τις δυτικές περιοχές της πόλης, οι οποίες αποτελούν πυκνοκατοικημένες περιοχές συνεπώς κατ' αρχήν ενδείκνυνται για την εγκατάσταση ενός συστήματος μετρό, μελετώνται τα εξής σενάρια εναλλακτικών χαράξεων οριζοντιογραφικά (με τη ζώνη επιρροής στα 500m):

- Σενάριο Α (Σχήμα 10). Στο σενάριο αυτό επιδιώκεται η επέκταση μετά τον τερματικό σταθμό της βασικής γραμμής (Νέο Σιδηρ. Σταθμό) να εξυπηρετήσει τις πυκνοκατοικημένες δυτικές συνοικίες Επτάλοφο – Αμπελόκηποι, Νέα Μενεμένη και ένα μέρος των συνοικιών Εύοσμου – Κορδελιού. Το μήκος της νέας γραμμής είναι 4,247 km και δημιουργούνται τρεις νέοι σταθμοί: Επτάλοφος – Μενεμένη – Εύοσμος / Κορδελιό. Η απόσταση ανάμεσα στους σταθμούς Επτάλοφο – Μενεμένη είναι 1,695 km και θα δικαιολογούσε έναν ενδιάμεσο σταθμό. Στο στάδιο όμως αυτό δεν χωροθετήθηκε ένας τέτοιος σταθμός, δεδομένου ότι μεγάλο μέρος της ζώνης επιρροής του θα αφορούσε χώρους κενωθέντων στρατοπέδων (η λευκή ένδειξη στο Σχήμα 2).
- Σενάριο Β (Σχήμα 11). Στο σενάριο αυτό επιδιώκεται να εξυπηρετηθούν οι περισσότερες δυτικές πυκνοκατοικημένες συνοικίες της Θεσσαλονίκης: Επτάλοφος – Αμπελόκηποι, Τερψιθέα, Κάτω Ηλιούπολη, Άνω Ηλιούπολη, Εύοσμος, Μενεμένη, Κορδελιό. Το μήκος της νέας γραμμής στο σενάριο Β είναι 6,673 km και δημιουργούνται 6 νέοι σταθμοί: Επτάλοφος, Μέγας Αλέξανδρος, Ηλιούπολη, Εύοσμος, Μενεμένη, Κορδελιό.

Σχήμα 10: Δυτική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης – Σενάριο Α.



Σχήμα 11: Δυτική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης – Σενάριο Β.

- Σενάριο Γ (Σχήμα 12). Στο σενάριο αυτό η επέκταση του μετρό Θεσσαλονίκης προς τα δυτικά δεν γίνεται από το Νέο Σιδηρ. Σταθμό αλλά από την επέκταση του έργου κατά μήκος της οδού Λαγκαδά και συγκεκριμένα αμέσως μετά το σταθμό Σταυρούπολη. Εξυπηρετούνται οι πυκνοκατοικημένες συνοικίες Κάτω Ηλιούπολη, Άνω Ηλιούπολη, Εύοσμος,

Μενεμένη, Κορδελιό. Για να εξυπηρετηθεί και η περιοχή Επταλόφου – Αμπελοκήπων γίνεται και επέκταση της βασικής γραμμής μετά το Νέο Σιδηρ. Σταθμό. Είναι προφανές ότι οι δυο κλάδοι επεκτάσεων του σεναρίου Γ μπορεί να υλοποιηθούν παράλληλα ή ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο. Το μήκος των νέων γραμμών στο σενάριο Γ είναι 5,970 km και δημιουργούνται 5 νέοι σταθμοί: Ηλιούπολη, Εύοσμος, Μενεμένη, Κορδελιό, Επτάλοφος.

- Σενάριο Δ (Σχήμα 13). Στο σενάριο αυτό επιδιώκεται να εξυπηρετηθούν τόσο οι πυκνοκατοικημένες δυτικές συνοικίες Ηλιούπολη, Εύοσμος, Μενεμένη, Κορδελιό αλλά και ο σταθμός υπεραστικών λεωφορείων ΚΤΕΛ και οι χρήστες κατά μήκος της οδού Μοναστηρίου. Και στο σενάριο αυτό οι δύο κλάδοι των επεκτάσεων μπορεί να υλοποιηθούν παράλληλα ή ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο. Το μήκος των γραμμών στο σενάριο Δ είναι 7,120 km και δημιουργούνται 6 νέοι σταθμοί: Ηλιούπολη, Εύοσμος, Μενεμένη, Κορδελιό, Μοναστηρίου, Σταθμός ΚΤΕΛ.
- Σενάριο Ε (Σχήμα 14). Στο σενάριο αυτό η επέκταση προς τα δυτικά γίνεται μετά τον τερματικό σταθμό Νέος Σιδηροδρομικός Σταθμός της βασικής γραμμής και αναπτύσσεται με δύο κλάδους: έναν προς τις δυτικές συνοικίες Επτάλοφος – Αμπελόκηποι, Τερψιθέα, Κάτω Ηλιούπολη, Άνω Ηλιούπολη, Εύοσμος, Μενεμένη, Κορδελιό και έναν κατά μήκος της οδού Μοναστηρίου προς το σταθμό υπεραστικών λεωφορείων ΚΤΕΛ. Το μήκος της νέας γραμμής στο σενάριο Ε είναι 9,264 km και δημιουργούνται 7 νέοι σταθμοί: Επτάλοφος, Ηλιούπολη, Εύοσμος, Μενεμένη, Κορδελιό, Μοναστηρίου, Σταθμός ΚΤΕΛ.

Οι Πίνακες 2 και 3 ανακεφαλαιώνουν τα χαρακτηριστικά των τεσσάρων σεναρίων της ανατολικής επέκτασης και των πέντε σεναρίων της δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης.

3. Ζήτηση, κόστος, ωφέλειες και σκοπιμότητα των επεκτάσεων του μετρό Θεσσαλονίκης

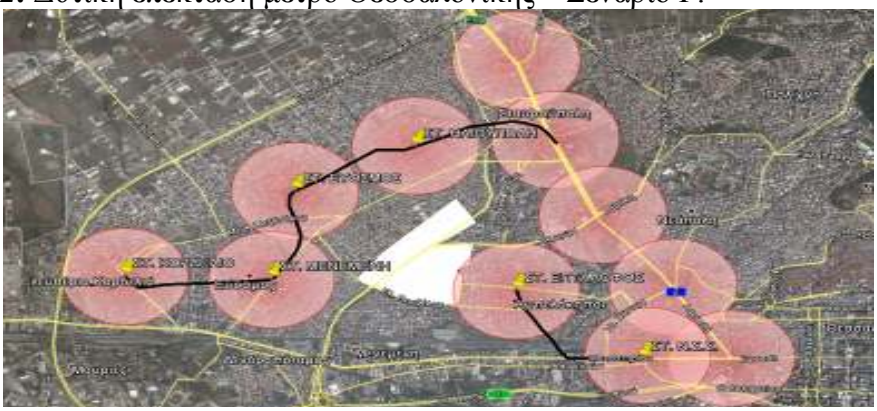
Στον Πίνακα 4 δίνεται η ζήτηση (εκτρεπόμενη από Ι.Χ., αστικά λεωφορεία και ταξί καθώς και παράγωγη ζήτηση) της ανατολικής και της δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης για την 30ετη περίοδο λειτουργίας, δίχως αναδιάρθρωση των λεωφορειακών γραμμών του ΟΑΣΘ αλλά και στην περίπτωση αναδιάρθρωσης των γραμμών ώστε αυτές να λειτουργούν ως τροφοδότες των σταθμών του μετρό.

Ο Πίνακας 5 δίνει για τα διάφορα σενάρια το εκτιμώμενο κόστος κατασκευής, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους τροχαίου υλικού, καθώς και τις συνολικές (για την 30ετή περίοδο λειτουργίας) και τις μέσες ετήσιες δαπάνες συντήρησης και λειτουργίας. Σε ό,τι αφορά τα έσοδα από τη μετακίνηση επιβατών, η τιμή του απλού εισιτηρίου ελήφθη ίση προς 1.10 ευρώ ανά μετακίνηση (1.40 ευρώ στο μετρό Αθηνών, 0.90 ευρώ η τιμή του εισιτηρίου του ΟΑΣΘ σήμερα). Λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη ότι θα προβλέπονται ειδικές μειώσεις σε κατηγορίες μετακινούμενων καθώς και εβδομαδιαίες και μηνιαίες κάρτες πολλαπλών διαδρομών, το μοναδιαίο έσοδο ανά μετακινούμενο με το μετρό ελήφθη ίσο προς 0.85 ευρώ. Τα εκτιμώμενα έσοδα του μετρό Θεσσαλονίκης για την 30ετη περίοδο λειτουργίας του δίχως αναδιάρθρωση και με αναδιάρθρωση των λεωφορειακών γραμμών του ΟΑΣΘ δίνονται στον Πίνακα 6.

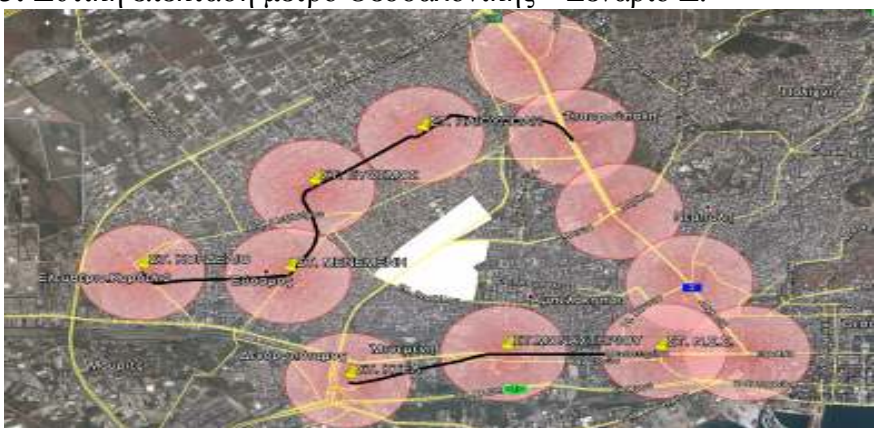
Από την κατασκευή των επεκτάσεων του μετρό θα προκύψουν (μεταξύ άλλων ωφελειών που δεν λαμβάνονται υπόψη στην παρούσα ανάλυση, όπως, π.χ., η μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, κ.λπ.) και σημαντικές ωφέλειες σε ό,τι αφορά τη μείωση του χρόνου μετακίνησης και των απολυμένων ανθρωποωρών των μετακινούμενων.

Η μέση ταχύτητα κίνησης των λεωφορείων του ΟΑΣΘ κατά μήκος της ανατολικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης προσδιορίσθηκε για το 2010 ίση προς 12 km/h, (Παπαϊωάννου, 2012), έναντι 10 km/h κατά μήκος της δυτικής επέκτασης. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι κατά μήκος της ανατολικής επέκτασης η μέση ταχύτητα κίνησης των αστικών λεωφορείων έχει βελτιωθεί από τη λειτουργία των λεωφορειολωρίδων. Στις λεωφορειολωρίδες που αστυνομεύονται σωστά η μέση ταχύτητα των λεωφορείων πλησιάζει τα 25 km/h, ενώ όταν παρατηρούνται παραβάσεις η ταχύτητα μειώνεται κατά 50%, (ΣΕΣ, 2011). Στην Αθήνα η λειτουργία των λεωφορειολωρίδων συνέβαλε στην αύξηση της ταχύτητας των λεωφορείων και των τρόλεϊ στα 21 km/h από 16 km/h, δηλαδή μια αύξηση της τάξης του 30%. Η αντίστοιχη μέση ταχύτητα κίνησης των Ι.Χ. αυτοκινήτων κατά μήκος της ανατολικής και της δυτικής επέκτασης του μετρό δεν ξεπερνά τα 14 km/h.

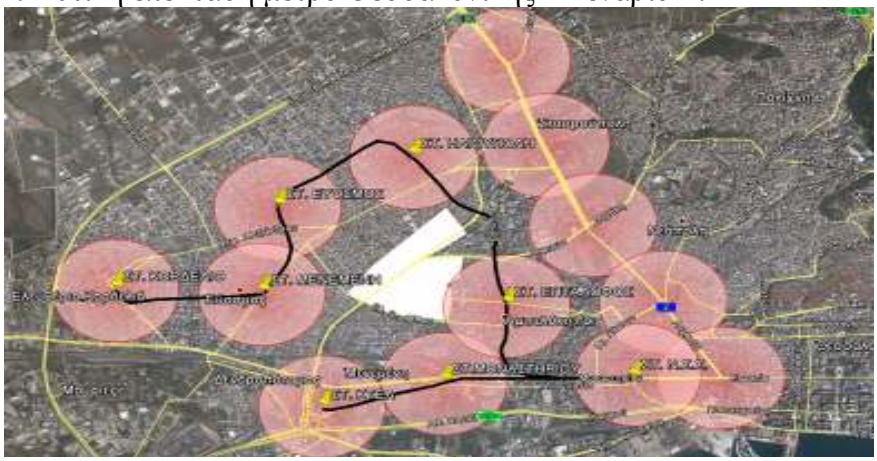
Σχήμα 12: Δυτική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης – Σενάριο Γ.



Σχήμα 13: Δυτική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης – Σενάριο Δ.



Σχήμα 14: Δυτική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης – Σενάριο Ε.



Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά των διαφόρων σεναρίων εναλλακτικών χαράξεων της ανατολικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης.

Αριθμός σεναρίου	Διαδρομή	Μήκος νέας διαδρομής (σε m)	Νέοι σταθμοί	Αποστάσεις σταθμών (σε m)		Εξυπηρε-τούμενη έκταση	Εξυπηρε-τούμενος πληθυσμός
I	Παπάφη, Παπαναστασίου	3,217	1. Τούμπα 2. Χαριλάου	Παπάφη-Τούμπα: Τούμπα-Χαριλάου: Χαριλάου-Ν. Ελβετία:	993 1,118 1,106	1.57 km^2	34.500 κάτοικοι
II	Μαραθώνος, Γρ. Λαμπράκη, Κλεάνθους, Παπάφη, Καρακάση, Παπαναστασίου	3,985	1. Άνω Τούμπα – Τριανδρία 2. Κάτω Τούμπα 3. Χαριλάου	Παπάφη-Α.Τούμπα/Τριανδ.: Α.Τούμπα/Τριανδ.-Κ.Τούμπα: Κ.Τούμπα-Χαριλάου: Χαριλάου-Ν. Ελβετία:	941 958 977 1,109	2.36 km^2	52.500 κάτοικοι
III	Μαραθώνος, Γρ. Λαμπράκη, Κλεάνθους, Παπάφη, Καρακάση, Κανάρη, Μυστακίδη, Πλαστήρα	4,670	1. Άνω Τούμπα – Τριανδρία 2. Κάτω Τούμπα 3. Χαριλάου 4. Πυλαία	Παπάφη-Τριανδρία: Τριανδρία-Τούμπα: Τούμπα-Χαριλάου: Χαριλάου-Πυλαία:	979 1,162 1,064 1,465	3.14 km^2	69.000 κάτοικοι
IV	Πλήθ. Γεμιστού, Αγ. Δημητρίου, Κουντουριώτου, Λαμπράκη, Ευαγόρα, Κλεάνθους, Παπάφη, Μυστακίδη, Πλαστήρα	4,896	1. Τριανδρία 2. Τούμπα 3. Χαριλάου 4. Πυλαία	Πανεπιστήμιο-Τριανδρία: Τριανδρία-Τούμπα: Τούμπα-Χαριλάου: Χαριλάου-Πυλαία:	1,112 1,140 1,004 1,640	3.14 km^2	71.000 κάτοικοι

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά των διαφόρων σεναρίων εναλλακτικών χαράξεων της δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης.

Αριθμός σεναρίου	Διαδρομή	Μήκος νέας διαδρομής (σε m)	Νέοι σταθμοί	Αποστάσεις σταθμών (σε m)		Εξυπηρε-τούμενη έκταση	Εξυπηρε-τούμενος πληθυσμός
Α	Νέος Σιδηρ. Σταθμ., Επτάλοφος, Μενεμένη, Εύοσμος/Κορδελιό	4,247	1. Επτάλοφος 2. Μενεμένη 3. Εύοσμος/ Κορδελιό	Νέος Σιδηρ. Σταθμ. - Επτάλοφος: Επτάλοφος - Μενεμένη: Μενεμένη – Εύοσμος/Κορδελιό:	1,414 1,695 1,138	2.36 km^2	40,000 κάτοικοι
Β	Νέος Σιδηροδρομικός Σταθμός, Επτάλοφος, Ηλιούπολη, Εύοσμος, Μενεμένη, Κορδελιό	6,673	1. Επτάλοφος, 2. Μ. Αλέξανδρος 3. Ηλιούπολη 4. Εύοσμος 5. Μενεμένη 6. Κορδελιό	Νέος Σιδηρ. Σταθμ. - Επτάλοφος: Επτάλοφος - Μέγας Αλέξανδρος: Μέγας Αλέξανδρος -Ηλιούπολη: Ηλιούπολη - Εύοσμος: Εύοσμος - Μενεμένη: Μενεμένη - Κορδελιό:	1,198 957 979 1,308 1,002 1,229	4.70 km^2	79,500 κάτοικοι
Γ	Νέος Σιδηρ. Σταθμ.- Αμπελόκηποι και Σταυρούπολη, Ηλιούπολη, Εύοσμος, Μενεμένη, Κορδελιό	5,970	1. Ηλιούπολη 2. Εύοσμος 3. Μενεμένη 4. Κορδελιό 5. Επτάλοφος	Νέος Σιδηρ. Σταθμ.-Επτάλοφος: Σταυρούπολη - Ηλιούπολη: Ηλιούπολη - Εύοσμος: Εύοσμος - Μενεμένη: Μενεμένη - Κορδελιό:	1,418 1,255 1,079 1,004 1,214	3.93 km^2	67,000 κάτοικοι
Δ	Νέος Σιδηροδρομικός Σταθμός, Αμπελόκηποι, Σταθμός ΚΤΕΛ και Σταυρούπολη, Ηλιούπολη, Εύοσμος, Μενεμένη, Κορδελιό	7,120	1.Ηλιούπολη 2. Εύοσμος 3.Μενεμένη 4.Κορδελιό 5.Μοναστηρίου 6.Σταθμός ΚΤΕΛ	Νέος Σιδηρ. Σταθμ.-Μοναστηρίου: Μοναστηρίου - Σταθμός ΚΤΕΛ: Σταυρούπολη - Ηλιούπολη: Ηλιούπολη - Εύοσμος: Εύοσμος - Μενεμένη: Μενεμένη - Κορδελιό:	1,217 1,280 1,365 1,022 1,017 1,219	4.71 km^2	80,000 κάτοικο
IV	Νέος Σιδηρ. Σταθμ., Μοναστηρίου, Σταθμός ΚΤΕΛ και Νέος Σιδηρ. Σταθμ., Αμπελόκηποι, Ηλιούπολη, Εύοσμος, Μενεμένη, Κορδελιό	9,264	1. Επτάλοφος 2. Ηλιούπολη 3. Εύοσμος 4. Μενεμένη 5. Κορδελιό 6. Μοναστηρίου 7. Σταθμός ΚΤΕΛ	Νέος Σιδηρ. Σταθμ.-Μοναστηρίου: Μοναστηρίου - Σταθμός ΚΤΕΛ: Νέος Σιδηρ. Σταθμ.-Επτάλοφος: Επτάλοφος - Ηλιούπολη: Ηλιούπολη - Εύοσμος: Εύοσμος - Μενεμένη: Μενεμένη - Κορδελιό:	1,418 994 1,633 1,714 1,375 911 1,219	5.46 km^2	93,500 κάτοικοι

Πίνακας 4: Εκτρεπόμενη, παράγωγη και συνολική μεταφορική ζήτηση της ανατολικής και της δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης.

Σενάριο	Εκτρεπόμενο μεταφορικό έργο τον πρώτο χρόνο λειτουργία της ανατολικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης				Παράγωγο μεταφορικό έργο τον πρώτο χρόνο λειτουργία της ανατολικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης		Συνολικό μεταφορικό έργο τον πρώτο χρόνο λειτουργία της ανατολικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης		Συνολικό μεταφορικό έργο για την 30ετή περίοδο ανάλυσης της ανατολικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης	
	Από αστικά λεωφορεία									
	Από Ι.Χ. αυτοκίνητα	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Με αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Από ταξί	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Με αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Με αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Με αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών
I	7,085,355	8,856,693	15,942,048	797,102	1,859,906	2,647,167	18,599,056	26,471,672	646,966,146	920,814,251
II	7,707,999	9,634,999	17,342,999	867,150	2,023,350	2,879,794	20,233,499	28,797,943	703,820,056	1,001,733,307
III	8,268,826	10,336,033	18,604,859	930,243	2,170,567	3,089,325	21,705,669	30,893,254	755,029,352	1,074,618,496
IV	8,972,426	11,215,533	20,187,959	1,009,398	2,355,262	3,352,198	23,552,618	33,521,981	819,275,279	1,166,058,466

Σενάριο	Εκτρεπόμενο μεταφορικό έργο τον πρώτο χρόνο λειτουργία της δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης				Παράγωγο μεταφορικό έργο τον πρώτο χρόνο λειτουργία της δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης		Συνολικό μεταφορικό έργο τον πρώτο χρόνο λειτουργία της δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης		Συνολικό μεταφορικό έργο για την 30ετή περίοδο ανάλυσης της δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης	
	Από αστικά λεωφορεία									
	Από Ι.Χ. αυτοκίνητα	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Με αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Από ταξί	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Με αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Με αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών	Με αναδιάρθρωση λεωφορειακών γραμμών
A	3,586,931	4,483,663	8,070,594	448,366	946,551	1,345,099	9,465,512	13,450,990	355,322,821	504,932,430
B	6,254,254	7,817,818	14,072,072	781,782	1,650,428	2,345,345	16,504,281	23,453,453	619,548,964	880,411,686
Γ	4,817,833	6,022,292	10,840,125	602,229	1,271,373	1,806,687	12,713,727	18,066,875	477,256,532	678,206,651
Δ	4,411,146	5,513,932	9,925,078	551,393	1,164,052	1,654,180	11,640,524	16,541,797	436,969,918	620,957,251
E	7,017,497	8,771,871	15,789,368	877,187	1,851,839	2,631,561	18,518,394	26,315,613	695,156,110	987,853,420

Πίνακας 5: Κόστος κατασκευής, τροχαίου υλικού, συντήρησης και λειτουργίας για τα διάφορα σενάρια επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης.

	Ανατολική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης				Δυτική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης				
Σενάριο	I	II	III	IV	A	B	Γ	Δ	E
Κόστος κατασκευής και τροχαίου υλικού (σε εκατομ. ευρώ)	257.36	318.80	373.60	391.68	339.76	533.84	477.60	569.60	741.12
Δαπάνες συντήρησης και λειτουργίας του μετρό (σε εκατομ. ευρώ) - Δίχως αναδιάρθρωση των αστικών λεωφορειακών γραμμών									
Συνολικές δαπάνες	544.57	592.59	635.84	689.88	300.24	523.26	403.35	369.85	587.70
Μέσες ετήσιες δαπάνες	18.15	19.75	21.19	23.00	10.01	17.44	13.45	12.33	19.59
Δαπάνες συντήρησης και λειτουργίας του μετρό (σε εκατομ. ευρώ) - Με αναδιάρθρωση των αστικών λεωφορειακών γραμμών									
Συνολικές δαπάνες	777.15	845.60	907.26	984.40	427.33	744.86	574.06	526.15	836.35
Μέσες ετήσιες δαπάνες	25.90	28.19	30.24	32.81	14.24	24.83	19.14	17.54	27.88

Πίνακας 6: Εκτιμώμενα έσοδα επιβατικού μεταφορικού έργου για τα διάφορα σενάρια επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης.

		Ανατολική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης				Δυτική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης				
Σενάριο		I	II	III	IV	A	B	Γ	Δ	E
Συνολικά έσοδα από μεταφορικό έργο (σε εκατομ. ευρώ)	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορ. γραμμών	517.57	563.06	604.02	655.42	302.02	526.62	405.67	371.42	590.88
	Με αναδιάρθρωση λεωφορ. γραμμών	736.65	801.39	859.69	932.85	429.19	748.35	576.48	527.81	839.68
Ετήσια έσοδα - μέση τιμή (σε εκατομ. ευρώ)	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορ. γραμμών	17.25	18.77	20.13	21.85	10.07	17.55	13.52	12.38	19.70
	Με αναδιάρθρωση λεωφορ. γραμμών	24.56	26.71	28.66	31.09	14.31	24.94	19.22	17.59	27.99

Η μέση ταχύτητα κίνησης του μετρό εκτιμάται ίση προς 30 km/h, 2.5 έως 3 φορές μεγαλύτερη δηλαδή ως προς την αντίστοιχη των λεωφορείων και περίπου διπλάσια από την αντίστοιχη με το ΙΧ αυτοκίνητο. Λαμβάνοντας υπόψη τη μέση διάνυση των μετακινούμενων με ΙΧ (6 km), ταξί (6 km) και λεωφορείο (4 km) καθώς επίσης και τις αντίστοιχες μέσες ταχύτητες μετακίνησης με ΙΧ, ταξί, λεωφορείο και μετρό, προκύπτει ότι για κάθε εκτρεπόμενη μετακίνηση από το ΙΧ/ταξί προς το μετρό ο μετακινούμενος θα έχει μέση μείωση χρόνου μετακίνησης κατά 13.7 λεπτά, ενώ αντίστοιχα για κάθε εκτρεπόμενη μετακίνηση από τον ΟΑΣΘ προς το μετρό, ο μετακινούμενος θα έχει μέση μείωση χρόνου μετακίνησης κατά 12.0 λεπτά στην ανατολική επέκταση του μετρό και κατά 15.0 λεπτά στη δυτική επέκταση του μετρό.

Στον Πίνακα 7 δίνονται οι κερδισμένες ανθρωποώρες ετησίως από την εκτροπή μεταφορικού έργου από τα ΙΧ/ταξί και τα λεωφορεία του ΟΑΣΘ προς τη μελετώμενη επέκταση του μετρό για τα διάφορα σενάρια κατασκευής του μετρό και την περίπτωση που η λειτουργία του μετρό συνδυασθεί με ριζική αναδιάρθρωση των γραμμών του ΟΑΣΘ ή όχι.

Πίνακας 7: Κερδισμένες ανθρωποώρες (ετησίως αλλά και για την 30ετή περίοδο λειτουργία του μετρό) για τα διάφορα σενάρια επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης.

Σενάριο		Ανατολική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης				Δυτική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης				
		I	II	III	IV	A	B	Γ	Δ	E
Συνολικά κερδισμένες ανθρωπο-ώρες (εκατομ. ώρες)	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορ. γραμμών	138.10	150.23	161.16	174.88	88.34	154.03	118.66	108.64	172.83
	Με αναδιάρθρωση λεωφορ. γραμμών	192.87	209.82	225.08	244.23	128.24	223.60	172.24	157.70	250.88
Μέση τιμή κερδισμένων ανθρωπο-ωρών ετησίως (εκατομ. ώρες)	Δίχως αναδιάρθρωση λεωφορ. γραμμών	4.60	5.01	5.37	5.83	2.94	5.13	3.96	3.62	5.76
	Με αναδιάρθρωση λεωφορ. γραμμών	6.43	6.99	7.50	8.14	4.27	7.45	5.74	5.26	8.36

Για να αποτιμηθούν οι ωφέλειες από τη μείωση των χρόνων διαδρομής θα πρέπει να προσδιορισθεί η αξία της ανθρωποώρας για τις διάφορες κατηγορίες μετακίνησης. Η αξία ανθρωποώρας στις χώρες της ΕΕ-27 έχει ως εξής, ανάλογα με το σκοπό μετακίνησης, (Fosgerau et al., 2010; INFRAS, 2004):

- Επαγγελματικός: 17.25÷25.00 €/ανθρωποώρα
- Μη-επαγγελματικός 8.75 €/ανθρωποώρα
- Αναψυχή: 6.10÷7.00 €/ανθρωποώρα

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Ελλάδας (σε Ισοτιμία Αγοραστικής Δύναμης) διαμορφώθηκε το 2012 στα 25,343 $ ΗΠΑ, έναντι 31,959 $ ΗΠΑ του μέσου Κοινοτικού (ΕΕ-27 χωρών) (διαμορφώθηκε δηλαδή σε επίπεδα της τάξης του 79%), οι παραπάνω τιμές της αξίας ανθρωποώρας προσαρμοσμένες στα ελληνικά δεδομένα διαμορφώνονται ως εξής:

- Επαγγελματικός: 13.70÷19.80 €/ανθρωποώρα (μέση τιμή 16.75 €),
- Μη-επαγγελματικός: 6.90 €/ανθρωποώρα,
- Αναψυχή: 4.80÷5.50 €/ανθρωποώρα (μέση τιμή 5.15 €).

Ωφέλειες από τη λειτουργία του μετρό θα προκύψουν και λόγω μείωσης των ατυχημάτων (κυρίως με ΙΧ αυτοκίνητα), λόγω μείωσης των εκπομπών αέριων ρύπων, κ.λπ., ωστόσο αυτές οι ωφέλειες, καθώς έχουν κυρίως κοινωνικό-οικονομικό χαρακτήρα, δεν θα ληφθούν υπόψη και θα θεωρηθεί ότι λειτουργούν υπέρ της ασφάλειας των υπολογισμών σε ό,τι αφορά την τεκμηρίωση της σκοπιμότητας κατασκευής ή όχι των επεκτάσεων του μετρό Θεσσαλονίκης.

Η τεκμηρίωση της σκοπιμότητας της ανατολικής και δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης πραγματοποιήθηκε με τις μεθόδους του συντελεστή οφέλους/κόστους (συντελεστής λ), της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) και του Δείκτη Εσωτερικής Απόδοσης (IRR). Οι αριθμητικές τιμές των μεθόδων τεκμηρίωσης σκοπιμότητας για τα διάφορα σενάρια της ανατολικής και δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης δίνονται αναλυτικά στον Πίνακας 8. Σε όλα τα σενάρια γίνεται διάκριση για την περίπτωση αναδιοργάνωσης των λεωφορειακών γραμμών του ΟΑΣΘ ώστε αυτές να λειτουργούν ως τροφοδότες των σταθμών του μετρό.

Τέλος, στο Σχήμα 15 δίνεται η ανάλυση ευαισθησίας των κριτηρίων αξιολόγησης ως προς το κόστος κατασκευής-τροχαίου υλικού, τη μεταφορική ζήτηση, την τιμή του εισιτηρίου και την αξία της ανθρωποώρας για τα διάφορα σενάρια της ανατολικής και δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης.

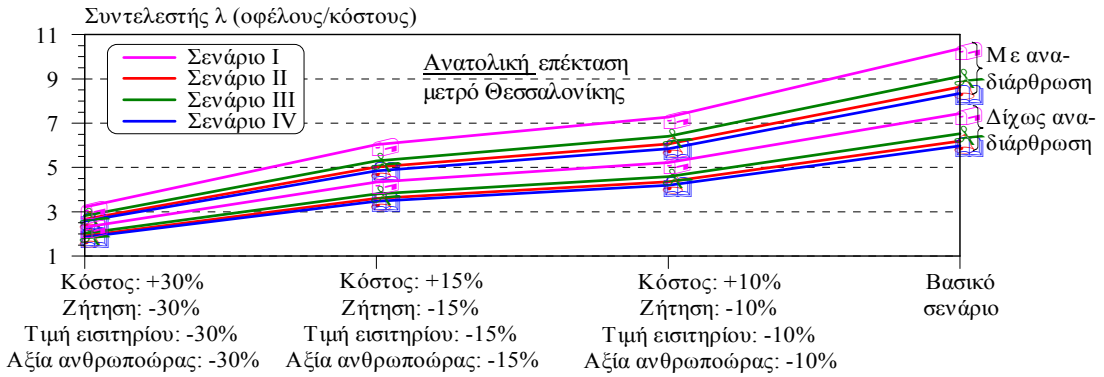
Πίνακας 8: Συντελεστής οφέλους/κόστους, Καθαρή Παρούσα Αξία και Δείκτης Εσωτερικής Απόδοσης για τα διάφορα σενάρια επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης.

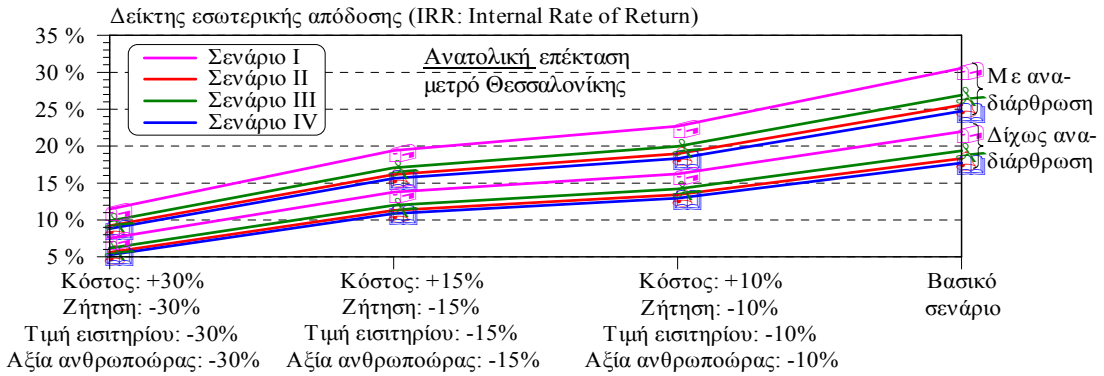
	Δίχως αναδιάρθρωση των αστικών λεωφορειακών γραμμών										Με αναδιάρθρωση των αστικών λεωφορειακών γραμμών									
	Ανατολική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης				Δυτική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης						Ανατολική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης				Δυτική επέκταση μετρό Θεσσαλονίκης					
Σενάριο	I	II	III	IV	A	B	Γ	Δ	E		I	II	III	IV	A	B	Γ	Δ	E	
Ω	1,884.24	2,049.82	2,198.96	2,386.07	1,176.28	2,050.98	1,579.93	1,446.57	2,301.28		2,645.33	2,877.80	3,087.19	3,349.88	1,698.27	2,961.14	2,281.05	2,088.50	3,322.51	
Λ	544.57	592.59	635.84	689.88	300.24	523.26	403.35	369.85	587.70		777.15	845.60	907.26	984.40	427.33	744.86	574.06	526.15	836.35	
K	257.36	318.80	373.60	391.68	339.76	533.84	477.60	569.60	741.12		257.36	318.80	373.60	391.68	339.76	533.84	477.60	569.60	741.12	
Y	77.21	95.64	112.08	117.50	101.93	160.15	143.28	170.88	222.34		77.21	95.64	112.08	117.50	101.93	160.15	143.28	170.88	222.34	
λ	7.44	6.53	5.98	6.19	3.68	4.09	3.52	2.70	3.30		10.37	9.11	8.34	8.63	5.34	5.93	5.11	3.92	4.79	
ΚΠΑ	1,159.51	1,234.07	1,301.61	1,422.01	638.21	1,154.03	842.26	678.00	1,194.79		1,688.03	1,809.04	1,918.41	2,091.30	1,033.11	1,842.59	1,372.67	1,163.64	1,967.38	
IRR	22.0%	19.3%	17.7%	18.3%	10.0%	11.2%	9.6%	7.1%	8.9%		30.5%	26.9%	24.7%	25.5%	14.5%	16.1%	13.9%	10.7%	13.0%	

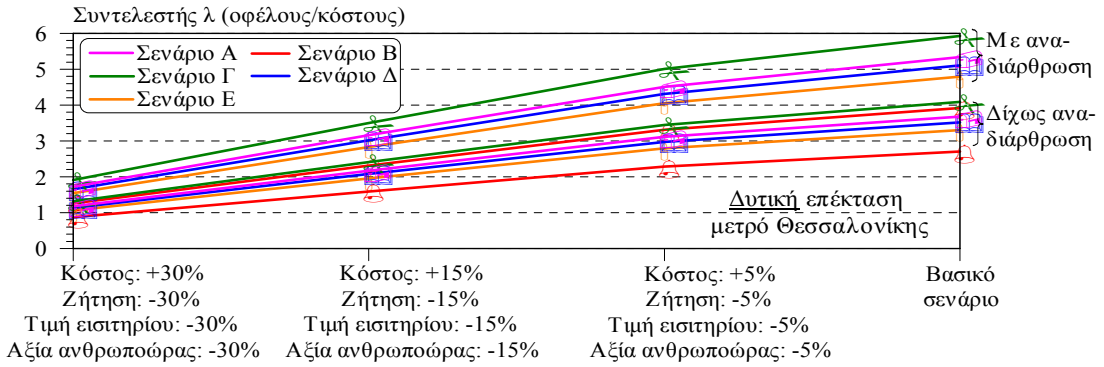
Ω : η παρούσα αξία όλων των ωφελειών που θα προκύψουν από την υλοποίηση της επέκτασης του μετρό
Λ : η παρούσα αξία όλων των δαπανών που απαιτούνται για τη λειτουργία της επέκτασης του μετρό
K : η παρούσα αξία του κόστους κατασκευής της επέκτασης του μετρό
Y : η παρούσα αξία της υπολειμματικής αξίας της επέκτασης του μετρό

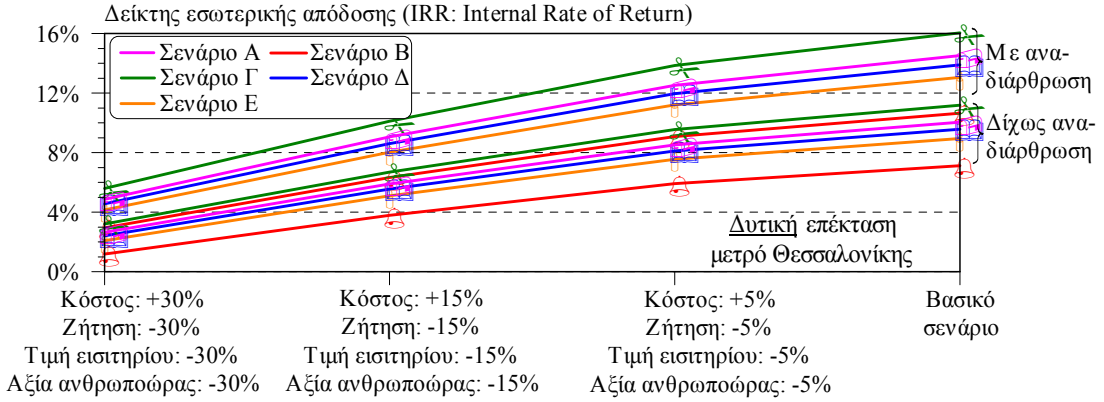
λ: Συντελεστής οφέλους / κόστους
ΚΠΑ: Καθαρή Παρούσα Αξία
IRR: Δείκτης εσωτερικής απόδοσης (IRR: Internal Rate of Return), (ποσοστό %)

Σχήμα 15: Ανάλυση ευαισθησίας του συντελεστή οφέλους/κόστους και του δείκτη εσωτερικής απόδοσης στην ταυτόχρονη μεταβολή του κόστους κατασκευής-τροχαίου υλικού, της ζήτησης, της τιμής του εισιτηρίου και της αξίας ανθρωποώρας για τα διάφορα σενάρια της ανατολικής και δυτικής επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης.









4. Οι περιβαλλοντικές πτυχές των επεκτάσεων του μετρό Θεσσαλονίκης

4.1 Ηχορύπανση

Ανάλογα με την πηγή που προκαλεί το σιδηροδρομικό θόρυβο, διακρίνονται τα εξής είδη θορύβου:

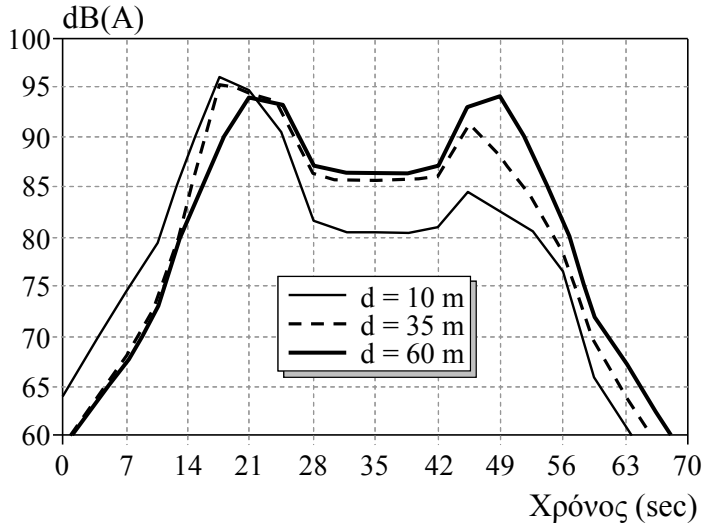
- Μηχανικός θόρυβος: Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός ενός συρμού και κυρίως των ελκόντων οχημάτων προκαλεί σημαντικό θόρυβο. Ο θόρυβος αυτός γίνεται αντιληπτός και αποκτά μεγαλύτερη σημασία στις χαμηλές ταχύτητες (π.χ. εντός σταθμών), είναι εντονότερος στους δηζελοκίνητους συρμούς (σε σχέση με τους ηλεκτροκίνητους) και προέρχεται από διάφορες πηγές όπως οι κύλινδροι της μηχανής, το σύστημα πέδησης, το αμάξωμα του οχήματος, οι ηλεκτρογεννήτριες, κ.λπ.
- Θόρυβος ηλεκτρικού τόξου (arcing noise): Αφορά μόνο την ηλεκτροκίνηση και παράγεται σε περίπτωση ασυνέχειας στην επαφή παντογράφων και εναέριων καλωδίων τροφοδοσίας.
- Θόρυβος κύλισης: Παράγεται από τα διάφορα στοιχεία της γραμμής και του τροχαίου υλικού και διαδίδεται μέσω των δονήσεων των τροχών και των σιδηροτροχιών. Ο θόρυβος κύλισης οφείλεται: α) στην τραχύτητα που παρουσιάζουν οι επιφάνειες τροχών-σιδηροτροχιών, β) στα γεωμετρικά σφάλματα της γραμμής, γ) σε ελαττώματα των σιδηροτροχιών και των τροχών, δ) στις ασυνέχειες της γραμμής λόγω μη συνεχώς συγκολλημένων σιδηροτροχιών και παρουσία αμφιδετών, δ) στις δυνάμεις καθοδήγησης που αναπτύσσονται κατά την επαφή του όνυχα του τροχού με την εσωτερική παρειά της σιδηροτροχιάς, ε) στις ασυμμετρίες του τροχαίου υλικού (τροχών, αξόνων, συστήματος ανάρτησης, κ.λπ.), στ) στις αναρτήσεις (πρωτεύουσα και δευτερεύουσα ανάρτηση των σιδηροδρομικών οχημάτων, ζ) στις ταλαντώσεις επιμέρους στοιχείων που συγκροτούν τη σιδηροδρομική επιδομή. Οι κακές συνθήκες κύλισης (αμφιδέτες, κυματοειδείς φθορές των σιδηροτροχιών, κ.λπ.), μπορούν να προκαλέσουν αύξηση του θορύβου κατά 10÷20dB(A). Η ύπαρξη, π.χ., συνεχούς συγκόλλησης μπορεί από μόνη της να μειώσει κατά 5dB(A) τον θόρυβο κύλισης σε σύγκριση με τη σύνδεση διαδοχικών σιδηροτροχιών με αμφιδέτες, η σωστή γεωμετρία τον τροχών μπορεί να επιφέρει μείωση του θορύβου κατά 3dB(A), με τη λείανση των σιδηροτροχιών επιτυγχάνεται μείωση του παραγόμενου ήχου κατά 2÷3dB(A), ενώ με την τοποθέτηση συνδέσμων ελατηριωτής μορφής απευθείας στερέωσης μπορεί να επιτευχθεί μείωση του παραγόμενου θορύβου κατά 12dB(A), (Wang et al., 2008).
- Αεροδυναμικός θόρυβος: Ο αεροδυναμικός θόρυβος κυριαρχεί στις πολύ υψηλές (V>250Km/h) και στις υψηλές ταχύτητες (200<V<250Km/h), ωστόσο θεωρείται αμελητέος στις χαμηλές ταχύτητες και στα αστικά σιδηροδρομικά συστήματα (συστήματα μετρό).
- Ο εδαφομεταφερόμενος θόρυβος Πρέπει να λαμβάνεται πάντοτε υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος μετρό. Προέρχεται από τις δονήσεις που δημιουργούνται λόγω της κίνησης των σιδηροδρομικών οχημάτων και οι οποίες γίνονται αντιληπτές είτε ως μηχανικές ταλαντώσεις, είτε ως θόρυβος πολύ χαμηλής συχνότητας. Στην περίπτωση των συστημάτων μετρό ένα μεγάλο μέρος των δονήσεων που προκαλούνται κατά τη διέλευσή των συρμών μεταβιβάζεται και διαδίδεται μέσω του εδάφους στην επιφάνεια του εδάφους και στα παρακείμενα κτίρια. Το φάσμα των συχνοτήτων των δονήσεων σε ένα σύστημα μετρό κυμαίνεται μεταξύ 0÷200Hz. Ο εδαφομεταφερόμενος θόρυβος

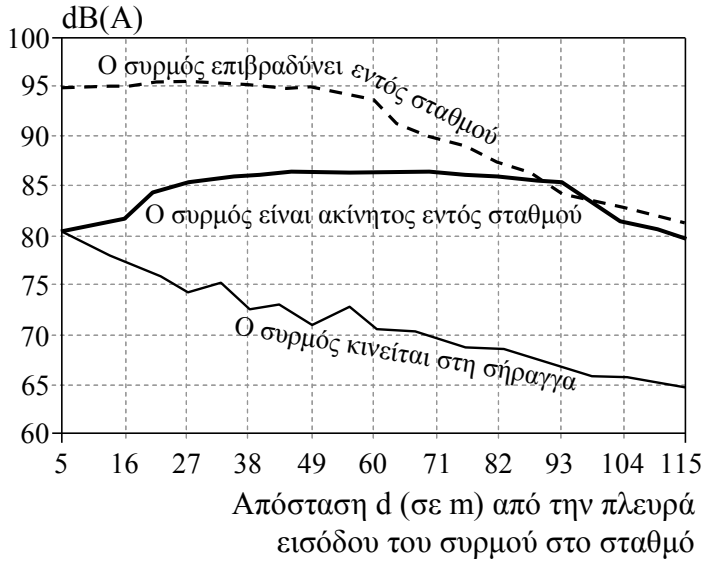
δημιουργείται από δονήσεις συχνοτήτων μεταξύ 40Hz και 80Hz λόγω συντονισμού των κτηριακών κατασκευών στην περιοχή των σηράγγων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το ελάχιστο όριο της ανθρώπινης ακουστικής ικανότητας είναι περίπου 20Hz, οι θόρυβοι κάτω από αυτή την συχνότητα γίνονται αντιληπτοί μόνο σαν δονήσεις (ground borne vibrations) ενώ πάνω από αυτή τη συχνότητα γίνονται αντιληπτοί ως δονήσεις αλλά και ως ήχος. Για την αντιμετώπιση του εδαφομεταφερόμενου θορύβου έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές άκαμπτης (σταθερής) σιδηροδρομικής επιδομής, μεταξύ αυτών και η τεχνική της πλωτής πλάκας σκυροδέματος (floating slab track) που χρησιμοποιείται στο μετρό Αθηνών και προτείνεται και για το μεγαλύτερο μέρος της χάραξης του μετρό Θεσσαλονίκης, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται μείωση του εδαφομεταφερόμενου θορύβου κατά 15÷25dB(A). Ενδεικτικά και συγκριτικά αναφέρεται ότι αύξηση του πάχους του σκυροδέματος της βάσης της σήραγγας από 0.6 σε 2.0m επιφέρει μείωση του θορύβου κατά 5 dB(A).

- Άλλα είδη θορύβου.

Στο Σχήματα 15 και 17 δίνεται η διακύμανση του θορύβου στο χρόνο και στο χώρο αντίστοιχα, κατά την κίνηση ενός συρμού μετρό στη σήραγγα και εντός του σταθμού.

Σχήμα 16: Διακύμανση σιδηροδρομικού θορύβου σε απόσταση (d) 10m, 35m και 60m από το πλευρικό τοίχωμα εισόδου του συρμού από τη σήραγγα στο σταθμό.





Σχήμα 17: Διακύμανση σιδηροδρομικού θορύβου ανάλογα με την απόσταση από το πλευρικό τοίχωμα εισόδου του συρμού από τη σήραγγα στο σταθμό στην περίπτωση που ο συρμός κινείται εντός της σήραγγας (δεν έχει εισέλθει στο σταθμό), επιβραδύνει εντός του σταθμού και παραμένει ακίνητος πάλι εντός σταθμού.

4.2 Ατμοσφαιρική επιβάρυνση – κατανάλωση ενέργειας

Στον Πίνακα 9 δίνονται οι εκπομπές ρύπων και η συγκριτική κατανάλωση ενέργειας για τα διάφορα μεταφορικά μέσα. Η ποσοτικοποίηση σε περιβαλλοντικό κόστος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις επεκτάσεις του μετρό Θεσσαλονίκης προϋποθέτει ακριβή ποσοτική εκτίμηση των μειώσεων των διαφόρων εκπομπών ρύπων, κάτι που ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας. Γι' αυτό και εκτέθηκαν οι αναμενόμενες γενικές περιβαλλοντικές συνέπειες από την υλοποίηση των μελετώμενων επεκτάσεων.

Πίνακας 9: Εκπομπές ρύπων και κατανάλωση ενέργειας των διαφόρων μεταφορικών συστημάτων (Kenworthy, 2008; Profillidis et al. 2014).

Ρύπος / Μεσο μεταφοράς	Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO_2 (kg CO_2/ οχημα-τοχιλιόμετρο)	Εκπομπές μεθανίου CH_4 (gr CH_4/ οχηματο-χιλιόμετρο)	Εκπομπές υποξειδίου του αζώτου N_2O (gr CN_2O/ οχηματο-χιλιόμετρο)	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) (kg GHG/ χιλιο-μετρικό επιβάτη)	Κατανάλωση ενέργειας	
					MJ/ χιλιο-μετρικό επιβάτη	km/λίτρο ισοδύναμης βενζίνης
Μοτοσικλέτα	0.1038	0.0435	0.0043	μ.δ.	μ.δ.	65
Αστικό λεωφορείο	0.0665	0.0037	0.0031	0.1917	1.05	35
Αυτοκίνητο	0.2262	0.0193	0.0199	0.2565	2.45	15
Σιδηρόδρομος						
Υπεραστικός	0.1150	0.0012	0.0006	μ.δ.	μ.δ.	85
Προαστιακός	0.1069	0.0012	0.0006	0.0958	0.61	150
Μετρό	0.1013	0.0025	0.0012	0.0423	0.46	215

5. Συμπερασματικές παρατηρήσεις

Αναλύσαμε στην παρούσα εργασία τις επιπτώσεις στην κοινωνία, το περιβάλλον, την ποιότητα ζωής και την οικονομία που θα προκύψουν από την επέκταση του μετρό της Θεσσαλονίκης προς τα ανατολικά (περιοχές Τριανδρία, Τούμπα, Χαριλάου, Πυλαία) και τα δυτικά (περιοχές Επτάλοφος, Αμπελόκηποι, Ηλιούπολη, Εύοσμος, Κορδελιό). Εκπονήθηκαν διάφορα σενάρια και για καθένα από αυτά έγινε εκτίμηση της αναμενόμενης ζήτησης, του κόστους κατασκευής και λειτουργίας και των ωφελειών που θα προκύψουν. Για κάθε σενάριο διερευνήθηκαν τα κριτήρια σκοπιμότητας, οι περιβαλλοντικές πτυχές και έγινε ανάλυση ευαισθησίας ως προς τις βασικές παραμέτρους σχεδιασμού (κόστος κατασκευής και λειτουργίας, μεταφορική ζήτηση, τιμή εισιτηρίου μετρό, αξία ανθρωποώρας). Η ανάλυση που παρουσιάζεται στην εργασία συνιστά ένα πλαίσιο συνολικού σχεδιασμού που μπορεί να επιτρέψει τεκμηριωμένα τις επιλογές μελλοντικών επενδύσεων για τις επεκτάσεις του μετρό Θεσσαλονίκης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Fosgerau M., Hjorth K. and Lyk-Jensen St. (2010). Between Mode Differences in the Value of Travel Time: Self-selection of Strategic Behavior, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 15(7), 370-381.

INFRAS – IWW Universität Karlsruhe. (2004). Facts of Competition in the European Transport Market, Zurich, Switzerland.

Kenworthy J. (2008). Energy Use and CO_2 Production in the Urban Passenger Transport Systems of 84 International Cities: Findings and Policy Implications. In Droege, P. (ed). Urban Energy Transition: From Fossil Fuels to Renewable Power, Elsevier: Amsterdam; 2008. p. 211-236.

Metz D. (2008). The Myth of Travel Time Saving. Transport Reviews, 28(3), 321-336.

OECD (2011). How's Life?: Measuring well-being, OECD Publishing, Paris, France, p. 132.

Profillidis V., Botzoris G. and Galanis A. (2014). Environmental Effects and Externalities from the Transport Sector and Sustainable Transportation Planning - A Review, International Journal of Energy Economics and Policy, 4(4), 621-635

Wang A., Cox S.J., Huang H., Liu L., Jiang J. and Sun J. (2008). In-car Noise and Carriage Floor Vibration on Different Track Forms and Curvatures in a Metro System, Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design, 99, 201-207.

Παπαϊωάννου Π. (2012). Βιώσιμη Κινητικότητα στη Θεσσαλονίκη: Ο Σημερινός και ο Μελλοντικός Ρόλος του ΣΑΣΘ, Ημερίδα: Βιώσιμη Κινητικότητα: Προς μια Περιβαλλοντικά Συμβατή Μετακίνηση στις Αστικές Περιοχές, ΣΕΣ-ΕΚΕΤΑ/ΙΜΕΤ, Θεσσαλονίκη, Μάιος 2012.

Σύλλογος Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων (ΣΕΣ). (2011). Λειτουργία των Λεωφορειολωρίδων στη Θεσσαλονίκη, Αθήνα. Διαθέσιμο από: http://www.ses.gr/nea-kai-anakoinoseis/press-releases/236-2011-03-15-13-09-02.html

Αποτελέσματα Διάχυσης, Εξάρτηση Διαδρομής και Παραγωγική Απόδοση των Ευρωπαϊκών κλάδων Μεταφορών σε καθεστώς Τεχνολογικής Ετερογένειας

Κώστας Τσεκούρας[a], Νίκος Χατζησταμούλου[a], Κώστας Κουνετάς[a] & David C. Broadstock[b,c,d]

[a] *Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Ελλάδα*
[b] *Team for Integrated Energy & Environmental Research Studies (TIERS), Southwestern University of Finance and Economics, China;*
[c] *Surrey Energy Economics Centre, University of Surrey, UK.*
[d] *Invited Researcher under the Thales Research Framework.*

tsekour@econ.upatras.gr chatzist@upatras.gr kounetas@upatras.gr
davidbroadstock@swufe.edu.cn

Περίληψη

Υιοθετώντας ένα πλαίσιο μεταορίου και μια διαδικασία εκτίμησης συστήματος GMM, χαλαρώνεται η υπόθεση της τεχνολογικής απομόνωσης και διερευνάται ο ρόλος των αποτελεσμάτων διάχυσης και της εξάρτησης από την διαδρομή της παραγωγικής απόδοσης των κλάδων Αεροπορικών, Χερσαίων και Υδάτινων Μεταφορών δεκαεπτά Ευρωπαϊκών Χωρών στην περίοδο 1999-2006. Τα κύρια ευρήματα καταδεικνύουν ότι η εξάρτηση διαδρομής είναι κύριος προσδιοριστικός παράγοντας της παραγωγικής απόδοσης των Ευρωπαϊκών Συστημάτων Μεταφορών ενώ τα αποτελέσματα διάχυσης αναπτύσσονται πλήρως όταν οι τεχνολογικές εξελίξεις λαμβάνονται πλήρως υπόψη. Στη βάση των εμπειρικών αποτελεσμάτων, σκιαγραφούνται διαδικασίες σύγκλισης και απόκλισης σε όρους παραγωγικής απόδοσης των Ευρωπαϊκών Συστημάτων Μεταφορών

Λέξεις Κλειδιά: Ευρωπαϊκές Μεταφορές, Μεταόριο, Αποτελέσματα Διάχυσης, Εξάρτηση Διαδρομής.

JEL Κωδικοί: L91, D24, Q4, R49.

Spillovers, Path Dependence and the Productive Performance of European Transportation sectors in the presence of Technology Heterogeneity

Kostas Tsekouras[a], Nikos Chatzistamoulou[a], Kostas Kounetas[a] David C. Broadstock[b,c,d]

[a] *Department of Economics, University of Patras, Greece.*
[b] *Team for Integrated Energy & Environmental Research Studies (TIERS), Southwestern University of Finance and Economics, China;*
[c] *Surrey Energy Economics Centre, University of Surrey, UK.*
[d] *Invited Researcher under the Thales Research Framework.*

Abstract

Adopting a metafrontier framework and a second stage system GMM estimation procedure, the technology isolation assumption is relaxed and the role of technological spillovers and path dependence on the productive performance of air, land and water transportation industries of seventeen European countries for the period 1999-2006 is explored. Our main findings suggest that path dependence is a major determinant of the productive performance of the European Transportation Systems while the technological spillovers are in full operation when the technological advancements are taken into account. Grounded in the empirical results, divergence and clustering processes are sketched out in the productive performance of European transportation systems.

Keywords: Transport industry; Metafrontier; Technological Spillovers; Path Dependence.

JEL Classifications: L91; D24; Q4; R49.

1. Introduction

Technology homogeneity has always been a very crucial precondition in efficiency and productivity analysis and the transportation sector is not an exception. Engineers, economists, operational researchers, and scholars from the management disciplines who have been engaged in this line of research are always very cautious to ensure that Decision Making Units (DMUs) are benchmarked against rivals who employ almost identical production technology. Although technology homogeneity is not a very clear situation, since "*heterogeneity of several types is everywhere*" (O'Donell et al., 2008, Dosi et al., 2010), the urge to fulfill as much technology homogeneity as possible, may result in a peculiar type of "*technological isolation*" of the examined DMUs. Technological isolation may be defined as the situation where even close neighboring, in technological terms, production units are considered as completely distinct and no technological flows, the so-called technological spillovers, between them are taken into account. In the case where technological isolation is not imposed during productive efficiency analysis—and hence technological spillovers are allowed to exist—the role of General Purpose Technologies, technological modularity, lumpiness and non-irreversibility, idiosyncrasies, absorptive capacity and network effects may be explored (Syverson, 2011). A decade ago, Batesse et al. (2004) introduced the notion of the metafrontier, which allows technological heterogeneity to be incorporated in productive efficiency analysis and therefore relax restrictive technological isolation conditions.

In the framework of technological heterogeneity any positive influence of technological spillovers onto productive performance may be completely eliminated, if the production units are locked-in, or in other words if they exhibit path-dependence of the evolution of their productive performance. Regarding path dependence, the major arguments are that the accumulated competencies, capabilities and irreversible structures, more or less the full operational process of a firm as well as a number of contingent and localized conditions that exert significant effects on the non-ergodic dynamics of the process and change its path, its speed and its duration (Antonelli, 2008). Although within the evolutionary economics strand, the path dependence phenomenon is a cornerstone of the investigation of productive performance (David, 1994, 2001), the interdependence between neighboring technologies is a rather neglected issue.

The European Commission has during the last 25 years or so actively established a number of initiatives/bodies aimed directly at fostering Europe-wide transport sector integration and development. Perhaps the earliest trans-European initiative is embodied in the Trans-European Transport Network initiative (TEN-T), which had an action plan for implementation as early as 1990 and was formally adopted in 1996. More recently, the Commission has established the Innovation & Networks Executive Agency (INEA) in 2014[70] and the Directorate-General for Mobility and Transport (DG-MOVE) since 2012[71] among other groups, seeking to increase Europe-wide transport dialogue. In 2011 a White Paper was released by the European Commission (2011) setting out a roadmap towards a 'single European transport area' by 2020, one which has the underpinnings of a 'competitive and

[70] Formerly the Trans-European Transport Network Executive Agency launched in 2006.

[71] Formerly the Directorate-General for Transport and Energy, established in 2000 and which was later separated into individual transport and energy related directorates.

resource-efficient transport system'. In this line, the issues of technological spillovers and path dependence are of primary importance in the case of European Transportation Sector, where policies are increasingly aimed at supporting EU wide convergence/cohesion in the transport sectors across the European members States.

In this work *we distinguish between Air, Land and Water Transportation Systems, contrary to previous studies which focus only on niches of these transportation systems, we allow for spillover effects among these industry-specific technologies while at the same time we test for path dependent regimes of their productive efficiency*. Relationships between the efficiency of transportation-industry specific frontiers and a unified transportation meta-frontier, enveloping them all together, can be a conceptually challenging notion.

The productive capacity and efficiency of all parts of the travel industry embed a much wider range of attributes and characteristics which lay behind how they are used. These may include General Purpose Technologies, with IT infrastructures to be the most prominent, quality of human resources which are pumped from the same labor markets, safety and environmental regulations, financial schemes, managerial competencies and capabilities, operational procedures, institutions, etc. All of these may be considered as nodes of the transportation system network and links of the corresponding value chain. As a result, *severe questions are posed on the validity of the technological isolation hypothesis in the transportation sector case. Subsequently, the necessity to the evaluation the performance of transportation systems in a technology heterogeneity framework becomes apparent*. On the other hand*, given the heavy infrastructure requirements of transport industries, path dependencies may arise due to slow adjustments and therefore narrow the influence of the any spillovers. Arguably path dependency is more likely to exist in transport than many other sectors due to the heavy infrastructure.*

In this paper we employ a unique panel dataset for the Air, Land and Water transportation industries from seventeen European Countries covering the period from 1999 to 2006. A two stage analysis is followed. In the first stage we estimate—employing bootstrapped Data Envelopment Analysis (DEA)—productive efficiency both with respect to transportation industry-specific technologies and the European transportation metatechnology. In the second stage we employ the system GMM procedure in order to test for technological spillovers between the three industry-specific transport technologies, the European transportation metatechnology, and simultaneously for the influence of any path dependence regime on the productive performance of the European transportation industries. An additional feature of our approach is that we distinguish the spillover effects in to two types: 'outgoing', which are those generated from the individual frontiers moving towards the European transportation metatechnology and form the localized technical change; and 'incoming' ones, which represent the technological advancements generated from the best practices in the metatechnology being diffused towards the individual frontiers. Moreover, tracing technological spillovers and path dependence of European transport industries allows the sketching of "catching up" or "falling behind" phenomena, and the identification of their drivers, within and between transportation technologies in terms of performance.

The paper is ordered as follows: The next section discusses related literature; Section 3 describes the data and methodology; Results and discussion are given in Section 4; Section 5 concludes the paper.

2. Review of the literature

Efficiency analysis is a widely used tool in transport. Regulators and other transport network analysts use efficiency analysis tools most often for the purpose of benchmarking the operational cost efficiency of public transport operators (see for example Holvad et al., 2007, Farsi et al. (2005) or Margari et al. (2007) among others), with a view to providing information relevant to passenger fare-setting decisions. Brons et al. (2005) conducted a meta-analysis reviewing a large number of efficiency studies prior to 2005, highlighting among other things that two thirds of studies focused on productive efficiency, rather than their dual problem of cost efficiency. Their meta-analysis includes only 30 studies, suggesting the area has attracted reasonable levels of research attention, but there probably remain opportunities to further contribute to our understanding.

The existing studies have generally evaluated productive efficiency for a specific mode of transport such as: water/sea ports (Cullianane et al. 2005; 2006, Gonzales and Trujillo, 2008, Odeck and Brathen, 2012, Baired and Rother 2013), urban transit systems (Holvad et al. 2007, Garcia-Sanchez, 2009, Pinna and Torres, 2001, Margari et al., 2007, Roy and Yvandre-Billon, 2007, Karlaftis and Tsamboulas, 2012); airports (Adler and Golany, 2001, Martin and Roman, 2001); or railways (Cantos and Maudos, 2005, Growitsch and Wetzel, 2007). The technological isolation assumption has been adopted, explicitly or implicitly, by all of these studies which are focused on specific segments (modes/niches) of the transportation industry and do not attempt to account for any interaction between transportation technologies or for possible path dependence regimes.

There are a smaller number of studies that consider more than one area of the transportation industry at the same time, such as that of Koroneos and Nanaki (2008) who conduct an energy/exergy efficiency analysis of the Greek highway, railway, marine and civil aviation sectors, indicating that road transport is the most efficient. In the same line, Krautzberger and Wetzel (2012) jointly consider productivity growth along with environmental protection targets for four subsectors of the transportation industry (Land, Water, Air transport and also Supporting and auxiliary activities) for the EU-27 and Norway for the period 1995-2006. However, neither of these studies take a clear account of the potential spillovers that may be possible from one transport sector to another, nor examining the path dependence of their productive performance. Additional developments focus on the sources of inefficiency in transportation activities (Albalate and Bel, 2009) and on the role of incomplete contracts.

The tools used to model efficiency historically are either parametric, such as stochastic frontier analysis (SFA)or non-parametric via the data envelopment analysis (DEA) technique. Brons et al., (2005) offer a broad overview of the methodologies in efficiency analysis while Karlaftis and Tsamboulas (2012) using a wide range of methodologies (DEA, SFA, neural networks) and conclude that efficiency scores may be affected by the methodology used. DEA places an exact envelope around a set of data points, but does not parameterize the production function itself, which in some cases is of interest in its own right. Stochastic frontier models on the other hand offer the advantage of explicitly parameterizing the production function allowing at the same time for idiosyncratic error to exist. In cases of technology heterogeneity SFA may be rather problematic since a common functional form is assumed to hold for any one of the heterogeneous production units. It is worthwhile to mention one of the developments within the DEA strand stand of literature in recent years due to Simar

and Wilson, (1998; 2000; 2007), who introduced the bootstrapped version of DEA. This methodological advance offered a way to handle adequately the white noise and inference problems associated with this linear-programming based technique.

Battese et al., (2004) and O' Donnell et al., (2006) brought to the fore the meta-frontier framework to efficiency analysis. In the concept of metafrontier, and given three groups of heterogeneous production units e.g. the road, water and air transport industries, an efficiency frontier will exist for each group, but in addition there will be a meta-frontier, which is a frontier that envelopes each of the individual group frontiers. By its definition, the meta-frontier encapsulates the separate frontiers and creates the appropriability conditions for the exploitation of any spillover effects among the decision making units in the case of non-convex technologies (Battese et al., 2004; 2006).

Beyond the transportation sector and regarding the technological spillovers, Bernstein (1988), Nadiri (1993) and Verspagen and De Loo (1999) among others, discuss the potential flows which can occur not just within an industry but also across different industries. The underlying rationale, suggests that technologies, processes, regulations and legislations adopted or developed in one industry may be able to carry over to another with little or maybe even no significant modifications. Thus, if one is able to account for the technological heterogeneity among the individual modes of transport (e.g. air, road, rail and water) and consider the characteristics of the transportation sector in a broader perspective, then the opportunities for technological spillovers are not only a feasible possibility, but are intuitively likely in reality. In this direction one could argue that the physical and operational technologies in each of the transport sectors derive often from common components but put together in differing ways. Moreover, Fai and von Tunzelmann (2001) pay particular attention to the notion of technological convergence that may arise when spillovers are possible.

Along these lines, there exist attempts to quantify and measure the amount of knowledge that is spread from one sector to another in the form of spillover effects, which as discussed above include the important contributions of Bernstein (1988), Nadiri (1993) and Verspagen and De Loo (1999). The findings indicate that the trade and transportation sector was one of the engines of growth for the U.S economy for more than four decades (Quella, 2009). Keller (2004) argues that small and poor countries are more likely to exploit technology diffusion compared to bigger and richer ones, while R&D investments and international openness could explain to some extent their accomplishments.

Some scholars have presented the idea that productive efficiency can be considered as learning and dynamic process of the accumulated competencies and capabilities (Dutta et al., 2005). The majority of them treat efficiency in a temporal manner that fluctuates as a function of time only, but there is not a systematic attempt to quantify how the past accumulated competencies and capabilities are being projected on to the current efficiency performance. To this direction, one should account for the path dependence of efficiency i.e. to what extent productive performance of previous periods has an impact on the current performance. Path dependence and its significance have been acknowledged long ago in the pioneering works of David (1985; 1986). The notion and significance of path dependence primarily concerns the impact of past decisions, states, choices not only on the current but also on the future path, though there are studies that move beyond this definition and try to further disentangle the notion into more specific areas such as state or path dependence where the attention is focused on the events themselves and not their

order (Page, 2006). More precisely, path dependence is considered as a causal relationship within a system in which the current values are associated with past ones and together affect the future ones and is mostly supported by empirical observation (Kasy, 2011). Similarly, Martin and Sunley (2006), highlight the fact that path dependence is *"a probabilistic and contingent process"* where future paths or technologies are based upon the current and past states of the system at hand. If we also consider productive efficiency as a dynamic notion, then the concept of path dependence could be easily extended to technological trajectories which will inevitably lead to technological full or partial "lock-in".

From the above review, it is apparent that modelling the productive efficiency of European transport industries under a meta-frontier framework allows for the relaxation of the technological isolation assumption and therefore it becomes possible to shed light on the path dependence of efficiency, spillover effects and overall technological advancements of the European transportation sector. The next section outlines a two-stage empirical procedure which will first model the technical efficiencies and technology gaps of the European transport industries, and in the second stage will explicitly model the existence and nature of path dependence and hence technological lock-in effects.

3. Theory, Tested Hypotheses and Modeling Issues

We discern three transportation technologies, namely Air (AT), Land (LT) and Water (WT) which correspond to three distinct productive frontiers. Each one of these frontiers envelops the corresponding transportation technologies of the seventeen European countries. In the framework of *k* frontier (k=AT, LT, WT) a transportation industry of each country employs a vector of inputs $x \in R_+^n$ to produce a vector of outputs $y \in R_+^m$. The production possibility set is given as $S = \{(x,y):\ x \text{ can produce } y\} \subseteq R_+^{n+m}$ with the input set, which is defined as $L(y) = \{x \in R_+^n : (x,y) \in S\}$. The input-oriented efficiency associated with S can be measured with respect to the input set through the direct *input distance function* $D_I(x,y) = \sup\{\theta > 0 : x/\theta \in L(y)\}$,. Thus the productive efficiency for a given transportation industry (x,y) in each one of the examined European countries is given as:

$$\hat{Eff}_{i,k} = \min\{\theta \,|\, \theta > 0, y_i \le \sum_{i=1}^{n} \gamma_i y_i; \theta_x \ge \sum_{i=1}^{n} \gamma_i x_i \text{ for } \gamma_i \text{ such that } \sum_{i=1}^{n} \gamma_i = 1;\ \gamma_i \ge 0, i = 1,2,....,n\} \quad (1)$$

In the case where multiple technologies are possible, each transportation industry is considered as operating under exactly one of those. The assumption of technological isolation is imposed for each one of the three transportation frontiers. Although technological flows are permitted vertically, or within, each one of the examined transportation technologies, no interactions may take place between, or horizontally, across the three transportation frontiers. Technological isolation is grounded on complete heterogeneity. Such being the case the definition of the European Transportation Sector, as a synthesis of LT, WT and AT makes no sense.

Relaxing the hypothesis of technological isolation, the notion of the metafrontier comes into play. Given the three transportation technologies T^{AT}, T^{LT}, T^{WT} the metatechnology set, denoted as T^M, can be defined as the convex hull of the jointure of all technology sets represented as $T^M = \{(x, y : x \geq 0, y \geq 0,\ x$ can produce y in at least one of $T^{AT}, T^{LT}, T^{WT}\}$ (Rao et al. 2003)—i.e. a global frontier that envelopes each of the three individual transportation frontiers. The input set $L^M(x)$ associated with the metatechnology is defined in the same way as for a single technology, while the corresponding efficiency of each industry with respect to homogeneous boundary for all heterogeneous industries can be measured by the input-oriented metatechnical efficiency score $(MTEff)$ and is easily obtained by solving an analogous LP problem as in (1).

The introduction of metafrontier analysis as an approach that allows the investigation of the interrelationships between different technologies (Battese et al., 2004) can be used in order to explain differences in production opportunities that can be attributed to available resource endowments, economic infrastructure, and other characteristics of the physical, social and economic environment in which production takes (O'Donnell et al. 2008, Kontolaimou et al., 2012). O' Donnell et al., (2006) extended the Battese et al., (2004) framework using conventional Shepard distance functions to estimate technical efficiency with respect to that metatechnology and several individual technology sets. Each productive efficiency score obtained from the estimation with respect to the common technology can be used to define the so-called metatechnology ratio (MTR) which is considered as a measure of proximity of the *k*-th group individual frontier to its metafrontier. For a given point (x, y), the latter could be defined as:

$$MTR_{i,k}(x, y) = \frac{MTEff_{i,k}(x, y)}{Eff_{i,k}(x, y)} \tag{2}$$

MTR depicts the ratio of the minimum inputs attained by a DMU employing the superior metatechnology to the minimum inputs used by the group technology to produce a given level of outputs. Taking advantage of the *MTR* notion, the Technology gap (*Tg*) of the *i*-th DMU in the *k*-th group frontier is defined as the distance of the group frontier to the metafrontier, weighted with the minimum inputs which are attainable employing the group-specific technology, that is:

$$Tg_{i,k}(x, y) = 1 - MTR_{i,k}(x, y) \tag{3}$$

For a DMU exhibiting a $Tg_{i,k}$ value equal to zero, it is evident that the group frontier, at the input level of the specific DMU, is tangent to the metafrontier and thus no efficiency losses are due to inferiority of the group technology compared to the metatechnology. However productive inefficiency with respect to the group frontier is still a possible situation.

In handling the technological heterogeneity, one should acknowledge that bidirectional technological flows may exist between the metatechnology and the three industry-specific transportation technologies. Considering the industry specific technology from the one hand and the European metatechnology from the other, two kinds of spillover effects could be identified; the *'outgoing'* and the *'incoming'* ones. More specifically, the former concerns the flow from the industry-specific technology towards the European Transportation metatechnology while the latter encapsulates the

flows that are directed from the European Transportation Metatechnology towards the transportation industry-specific technologies. Simple but informative illustrations of the two types of spillovers are presented in Figure 1. Therefore, it is quite reasonable to assume that this technological interdependence affects the productive performance both with respect to the industry frontiers, as well as with respect to the metafrontier. Along this line, we argue that the Transportation Sector Metafrontier depicts a production possibilities set where transportation technologies idiosyncrasies and lumpiness (Cooper et al., 2006), appropriability conditions (Winter, 2006), absorptive capacity (Cohen and Levinthal, 1990), and localized technical change (Atkinson and Stiglitz, 1969, Acemoglu, 2014), are not significant. Such being the case, incoming spillovers influence the productive performance with respect to the industry specific technology. In terms of a testable hypothesis:

H_1: *Productive performance with respect to the Transportation Industry specific frontier is not dependent on the productive performance with respect to the overall transportation technology. Incoming spillovers from the transportation metatechnology to the transportation industry-specific technologies are not significant in the case of European countries.*

If the above hypothesis holds, the role of General Purpose Technologies (Jovanovic and Rousseau, 2005), innovation openness (Cassiman and Veugelers, 2006) and technological modularity (Fixson, 2007) are dominant, and the metatechnology proves to be a crucial node of the transportation production system. Following the commensurate rationale, technology flows of the outgoing spillovers type would exert influence on the productive performance with respect to the European transportation metatechnology. The following testable hypothesis can be put forward:

H_2: *Productive performance with respect to the transportation metatechnology does not depend on the productive performance with respect to the Transportation Industry specific frontier. Outgoing spillovers from industry specific technology to the transportation metatechnology are not significant in the case of European countries.*

The introduction of a testable framework for bidirectional spillovers in the analysis of productive performance of the European transportation industries allows for illustration of the existing spillover possibilities that may potentially be exploited. In this direction it is questionable if all of the European transportation technologies are equally benefited from the technological flows between the industry-specific technologies and the metatechnology. A first indication is that in a plethora of cases where productive performance has been investigated, strong time persistence and therefore performance dispersion and volatility has been found. Time persistence of productive performance or "*path dependence*" or "*lock-in*" does not cancel out the significance of outgoing and incoming spillovers, but affects the allocation of the benefits that the spillovers convey. This is to say that spillover potential is very likely to differ across industries, and over time.

Subsequently "*catching-up*" or "*falling behind*" phenomena are generated through the path dependence processes. In addition, we should note that time persistence in productive performance is path dependent rather than past dependent:

irreversibility shapes the process together with a number of contingent and localized conditions that exert significant effects on the non-ergodic dynamics of the process and change its path, its speed and its duration (David, 2007, Antonelli, 2008). In this line two additional testable hypotheses, related to path dependence of the productive performance, both with respect to the European transportation metatechnology and the industry-specific technology, could be formulated:

H_3: *The technology Gap does not exhibit path dependence patterns. The already developed competencies and capabilities do not affect current distance from the metatechnology.*

H_4: *Productive performance under technology isolation conditions, does not exert path dependence patterns. The industry-specific past developed technological competencies and capabilities do not exert any influence on the current productive performance with respect to the group frontier*

The two basic theoretical arguments introduced above, that is the path dependence of both efficiency and the technology gap and also technological spillovers from the metatechnology to the country-specific technology and vice versa, may be modeled in the context of the following two equations:

$$Tg_{i,t|k} = b_o + b_1 Tg_{i,t-1|k} + b_2 Eff_{i,t-1|k} + \mathbf{\Gamma}_{\mathbf{Tg}}\mathbf{X}_{\mathbf{i,t}|k} + \mathbf{\Delta}_{\mathbf{Tg}}\mathbf{Z}_{\mathbf{i,t}|k} + u^{Tg}_{i,t|k} \quad (4)$$

$$Eff_{i,t|k} = \xi_o + \xi_1 Tg_{i,t-1|k} + \xi_2 Eff_{i,t-1|k} + \mathbf{\Gamma}_{\mathbf{E}ff}\mathbf{X}_{\mathbf{i,t}|k} + \mathbf{\Delta}_{\mathbf{E}ff}\mathbf{Z}_{\mathbf{i,t}|k} + u^{Eff}_{i,t|k} \quad (5)$$

In equation (4) $Tg_{i,t|k}$ is the technology gap of the $i-th$ European transportation industry in time t, as it was defined in equation (3), $Tg_{i,t-1|k}$ is its lagged value, capturing path dependence. $Eff_{i,t-1|k}$ is the efficiency of the $i-th$ transportation industry with respect to the k $\left(k = \text{Air, Land, Water}\right)$ transportation sector specific frontier, capturing any incoming technological spillovers. A time lag here is devoted to allowing the necessary diffusion period for the technological spillovers which need to be absorbed. $\mathbf{X}_{\mathbf{i,t}|k}$ is a matrix of exogenously determined industry-specific characteristics associated to the productive performance of the transportation industry, $\mathbf{Z}_{\mathbf{i,t}|k}$ is matrix of instruments, discussed further in Section 5, and $u^{Tg}_{i,t}$ is the usual disturbance term. Equation (4) includes both the outgoing technological spillovers through the inclusion of $Eff_{i,t-1|k}$ variable (Hypothesis H_1) and path dependence of productive performance thorough the inclusion of $Tg_{i,t-1|k}$ variable (Hypothesis H_3). In equation (5), $Eff_{i,t|k}$ is the efficiency of the $i-th$ transportation industry with respect to the k $\left(k = \text{Air, Land, Water}\right)$ transportation sector specific frontier in time t, as it was defined in equation (1), $Eff_{i,t-1|k}$ is its lagged value capturing path dependence (Hypothesis H4) and $Tg_{i,t-1|k}$ is the technology gap of the $i-th$ transportation industry with respect to the European Transportation metatechnology, capturing any incoming technological spillovers originated from the metatechnology towards the transportation sector specific technology (Hypothesis H_2). Again the time lag here is devoted to capturing the diffusion period of the technological spillovers

which need to be generated and absorbed and $u_{i,t|k}^{Eff}$ is the corresponding error term. $\mathbf{b}$, $\boldsymbol{\xi}$, $\boldsymbol{\Gamma}_{\mathbf{Tg}}$, $\boldsymbol{\Delta}_{\mathbf{Tg}}$, $\boldsymbol{\Gamma}_{\mathbf{Eff}}$ and $\boldsymbol{\Delta}_{\mathbf{Eff}}$, are vectors of parameters to be estimated.

The econometric estimation of the above system of two equations raises several issues. Since the technological spillovers may run in both directions, that is from the metafrontier to the industry specific frontier and vice versa, the regressors for $Eff_{i,t-1|k}$ in equation (4) and $Tg_{i,t-1|k}$ in equation (5) may be correlated with the corresponding error term, and therefore endogeneity issues embrace both equations. Second, time invariant characteristics, industry- and country-specific of the fixed-effects type, such as geography, climate conditions, infrastructures and demographics, may be correlated with the explanatory variables. The fixed effects are contained in the $u_{i,t|k}^{Tg}$ in equation (4) and $u_{i,t|k}^{Eff}$ in equation (5) respectively. In other words, each one of these two error terms consists of unobserved industry-specific effect v_i as well as observation-specific errors, $e_{i,t}$. Third, the presence of the lagged dependent variables $Tg_{i,t-1|k}$ and $Eff_{i,t-1|k}$ as explanatory variables makes the equations prone to autocorrelation issues. Finally, our dataset is composed by relative small number of time periods $(t=1,...,8)$ and rather large number of transportation industries $(i=1,...,51)$. Details of how these issues are handled is given in Section 5.

4. Data Sources and Variable Definitions

In order to investigate the issues surrounding our main research questions we have devised a unique dataset by employing and matching distinct, but complementary, information sources. The resulting dataset is a balanced panel consisting of three Transportation industries. More specifically, we take into consideration Land Transport and transport via Pipelines, Water Transport and Air Transport from seventeen European Union member states[72] for an eight year period, from 1999 to 2006. Accordingly, the sample will not be affected by the events of the global financial crisis that manifested from August 2007 onwards. It is worth adding that the sample period was chosen purely on the basis of availability of key variables, some of which become unavailable after 2006. The final panel dimension comprises of 408 observations.

For the estimation of productive efficiency with respect to each transportation industry frontier and the European transportation metafrontier as well, we employ a single-output, multi-input frontier. More specifically, we approximate the output variable (*Y*) by the gross valued added of each industry, whilst the inputs include the capital stock (*K*) in million Euros, the labor input (*L*) which is captured by the total hours worked by employees, expenditure on intermediate inputs (*M*) in million Euros and the total energy consumption (*E*) measured in million tons (Mt) of oil equivalent. For several of the countries[73] in this dataset, certain variables are reported in local currency, and need to be converted into Euro's before being used in the analysis.

[72] Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Netherlands, Poland, Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden and the United Kingdom.

[73] Czech Republic, Denmark, Poland, Slovak Republic, Slovenia, Sweden and the United Kingdom

In the second stage of the analysis we have employed as additional explanatory variables, the industry specific productive characteristics captured by the corresponding input ratios, and variables which capture any ambient technological discrepancies. These include the variables EURO, which is a dummy variable indicating membership of the European Monetary Union (EMU), and GCI, which reflects the Global Competitiveness Index value of each country in the given year. The former is intended to control for any heterogeneity owing to transaction cost advantages accruing to the countries participating in the EMU, while the latter was introduced in order to reflect differences in productive performance that may derive from each countries' relative advantages in infrastructure, human capital, technological achievements and other developments related to the production process. (Sala-I-Martin et al., 2008). Tables 1 and 2 provide the definition, measurement and basic descriptive statistics for each of the variables.

Table 1: Variables, units of measurement and sources

Variable	Units of measurement	Source
Output (Y)	million euros	GGDC
Capital (K)	million euros	OECD STAN, EUKLEMS
Labor (L)	million hours worked by employees	GGDC
Intermediate inputs (M)	million euros	GGDC
Energy consumption (E)	million tons of oil equivalent	Enerdata - Odyssey
Global Competitiveness Index	pure number	World Economic Forum
EURO	-	European Commission

All the values are in constant 2000 prices using industry specific deflators.

Table 2: Descriptive statistics by industry and variable for the European Transportation sector from 1999 to 2006

	TOTAL	Land Transport	Water Transport	Air Transport
Y	4,632	10,660	1,464	1,772
	(7,861)	(11,065)	(1,887)	(2,318)
K	20,306	10,660	5,548	14,577
	(31,095)	(42,929)	(9,849)	(17,313)
L	163.504	435.456	19.543	35.514
	(288.178)	(369.681)	(16.283)	(39.422)
M	6,375	12,086	2,987	4,053
	(9,957)	(14,544)	(3,814)	(4,792)
E	6.375	16.268	0.272	2.585
	(12.433)	(17.472)	(0.354)	(3.173)
GCI		4.156		
		(1.655)		
EURO		58,82%		

Note 1: *Numbers indicate the mean value while parentheses correspond to the standard deviation*
Note 2:*.Euro is a dummy variable indicating whether the country has the common currency of not. Here, 58,82% (10 out of 17 countries) share the same currency.*
Note 3: *The Global Competiveness Index (GCI) refers to the whole sample of countries and industries for the period 1999-2006*

As already mentioned, the data were drawn by combining several distinct sources of information. Data for Gross Value Added, total hours worked by employees and intermediate inputs were obtained from the database of Groningen Growth and Development Centre, Enerdata-Odyssey database was used to collect data on energy consumption, data on gross fixed capital formation and capital input files were acquired through OECD Structural Analysis and EU-KLEMS databases

respectively. Industry specific deflators were acquired through OECD STAN. The Global Competitiveness Index data were collected from various editions of the Global Competitiveness Report published by the World Economic Forum.

Very often, the most severe obstruction in the assessment of productive efficiency for a group of DMU's is the lack of a consistent variable reflecting capital stock. To overcome this stumbling block, we draw on the Perpetual Inventory Method (PIM) (see for example Krautzberger and Wetzel, 2012) to create a consistent measure of capital stock. The initial condition for the capital stock is given by $K_{1999} = \frac{I_{1999}}{\delta + g}$, where g is estimated as the average growth rate in capital investments for the preceding 5 years for each of the examined industries and countries. Given this initial value, the capital stock for each subsequent year is constructed using the formula

$$K_{i,t|k} = (1-\delta)K_{i,t-1|k} + I_{i,t|k}, \quad (6)$$

where $K_{i,t|k}$ and $I_{i,t|k}$ represent the capital stock and investment of the *i-th* country on the *k-th* industry for the year *t* respectively, where δ is the depreciation rate which is assumed to be equal to 10% yearly.[74]

5. Econometric strategy, Empirical Results and Discussion

The presentation and discussion of the empirical results follows the two stage structure of the analysis. The industry-specific transportation efficiency scores and technology gaps (which arise in the context of the metafrontier) are firstly presented and discussed. Subsequently, and having justified a number of choices regarding econometric issues, we present and discuss the estimation results of equations (4) and (5) focusing on the core issues of path dependence and technological spillovers.

5.1 *Efficiency and Technology Gap Estimates*

The estimations of $Eff_{i,k}$, and $Tg_{i,k}(x,y)$ have been carried out using the bootstrap DEA approach[75] in order to overcome weaknesses of traditional DEA and also reveal the statistical properties for our measures, employing the FEAR package (Wilson, 2008). An analytical presentation of this approach can be found in Simar and Wilson (1999; 2000; 2007) and Tsekouras et al., (2010). At this point it is crucial to note that both the *Eff* and *Tg* estimations are grounded on a cross-section basis, estimated separately for each year in the sample. Therefore, the successive values of the estimated efficiency and technology gap for each DMU encompasses two factors which by nature are dynamic. The first one is the change of the distance of the DMU from the (meta-)frontier, which may be a movement towards (improvement) or backwards (deterioration) from the frontier. The second one is the movement outwards (technical change) or inwards (technical regress) of the metafrontier itself. In this sense the estimated time-series for efficiency and technology gaps reflect the diachronic evolution of productive performance of the examined DMU, taking into direct account any technological developments either in the industry-specific frontier or in the metatechnology.

[74] In fact, the estimated capital series did not change in a significant manner when different levels of depreciation rates were considered.

[75] We have also estimate FDH efficiency estimators testing for the validity of the convex hull (Simar and Wilson, 2000).Our result indicate that the metafrontier behaves as a convex frontier in our case and are available upon request.

Figure 1: Meta-frontier, individual frontiers, Incoming and Outgoing Spillover Effects

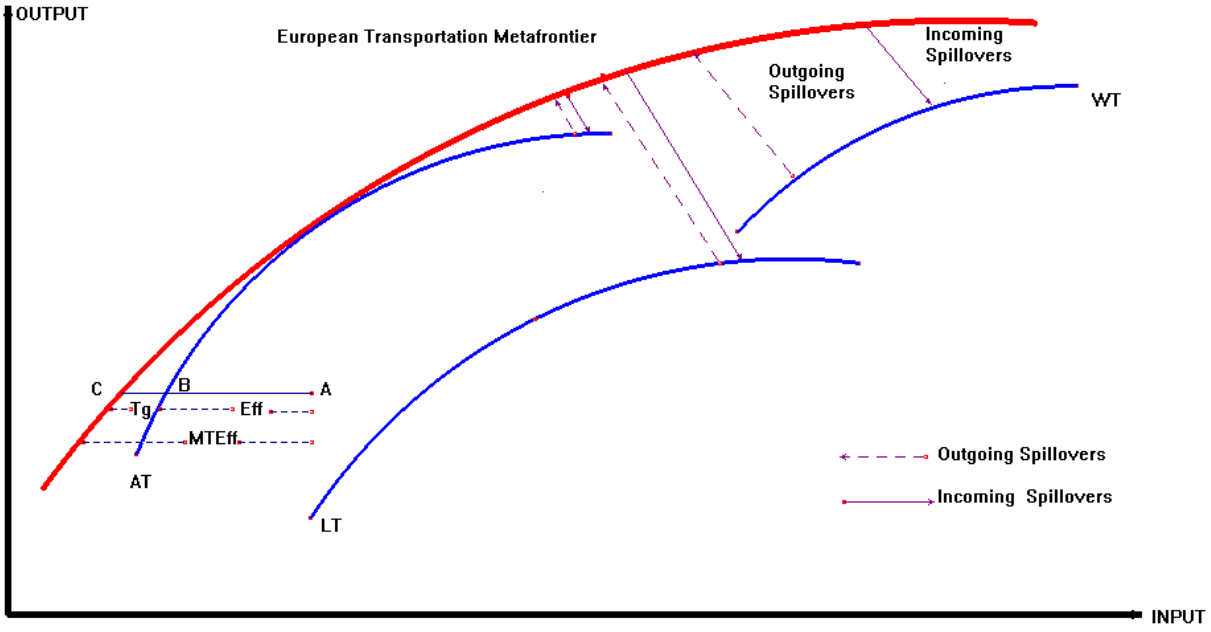


Figure 2: Kernel densities of the Productive Efficiency for each transportation industry in 1999, 2003 & 2006

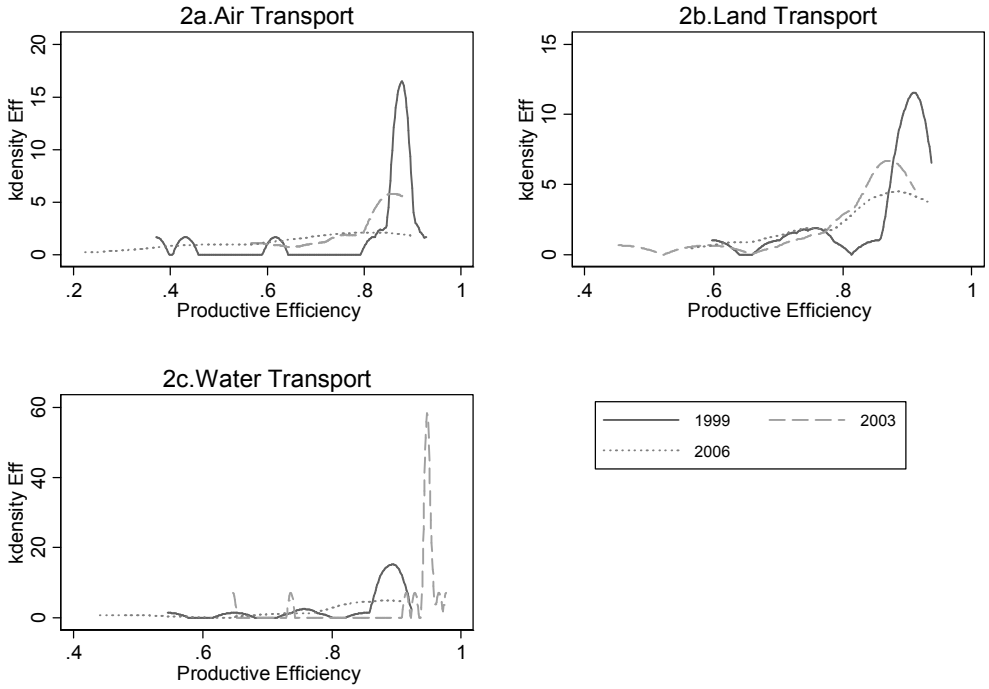


Table 3: Productive Efficiency scores and Technology gap values for the Air Transport for 1999-2006

Country	1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		Mean		St. Dev.	
	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG
Austria	0.873	0.403	0.752	0.609	0.422	0.568	0.507	0.647	0.588	0.644	0.333	0.579	0.241	0.542	0.224	0.530	**0.493**	**0.565**	**0.235**	**0.078**
Belgium	0.431	0.320	0.587	0.622	0.585	0.340	0.732	0.536	0.877	0.590	0.753	0.451	0.586	0.321	0.536	0.223	**0.636**	**0.425**	**0.142**	**0.146**
Czech Rep.	0.878	0.661	0.841	0.772	0.829	0.750	0.870	0.733	0.862	0.549	0.452	0.400	0.593	0.627	0.738	0.586	**0.758**	**0.635**	**0.156**	**0.124**
Denmark	0.880	0.296	0.856	0.486	0.867	0.272	0.823	0.539	0.691	0.417	0.538	0.369	0.869	0.356	0.868	0.264	**0.799**	**0.375**	**0.122**	**0.100**
Finland	0.897	0.141	0.858	0.347	0.866	0.296	0.895	0.428	0.887	0.393	0.817	0.215	0.798	0.145	0.807	0.166	**0.853**	**0.266**	**0.041**	**0.115**
France	0.865	0.295	0.687	0.585	0.713	0.557	0.859	0.712	0.867	0.665	0.853	0.614	0.848	0.593	0.852	0.525	**0.818**	**0.568**	**0.073**	**0.125**
Germany	0.879	0.073	0.844	0.381	0.852	0.159	0.889	0.450	0.877	0.280	0.807	0.407	0.801	0.471	0.794	0.248	**0.843**	**0.309**	**0.038**	**0.143**
Greece	0.848	0.584	0.913	0.600	0.884	0.587	0.937	0.675	0.724	0.555	0.593	0.459	0.884	0.620	0.902	0.615	**0.836**	**0.587**	**0.118**	**0.062**
Ireland	0.929	0.448	0.858	0.557	0.750	0.543	0.934	0.495	0.799	0.497	0.623	0.414	0.501	0.342	0.566	0.330	**0.745**	**0.453**	**0.166**	**0.086**
Italy	0.616	0.433	0.550	0.620	0.912	0.600	0.934	0.691	0.803	0.704	0.589	0.681	0.510	0.628	0.458	0.536	**0.672**	**0.612**	**0.185**	**0.091**
Netherlands	0.871	0.002	0.844	0.452	0.842	0.130	0.880	0.150	0.880	0.273	0.805	0.033	0.792	0.011	0.788	0.001	**0.838**	**0.132**	**0.038**	**0.161**
Poland	0.370	0.631	0.170	0.544	0.099	0.418	0.381	0.592	0.566	0.502	0.539	0.429	0.501	0.427	0.455	0.339	**0.385**	**0.485**	**0.170**	**0.099**
Slovak Rep.	0.874	0.080	0.835	0.129	0.833	0.073	0.878	0.141	0.879	0.116	0.799	0.080	0.789	0.089	0.789	0.068	**0.835**	**0.097**	**0.039**	**0.028**
Slovenia	0.877	0.087	0.841	0.099	0.832	0.005	0.878	0.151	0.879	0.083	0.802	0.013	0.790	0.069	0.788	0.065	**0.836**	**0.072**	**0.039**	**0.047**
Spain	0.820	0.559	0.792	0.672	0.802	0.652	0.782	0.739	0.784	0.726	0.586	0.748	0.487	0.706	0.510	0.671	**0.695**	**0.684**	**0.142**	**0.061**
Sweden	0.889	0.240	0.856	0.474	0.910	0.565	0.898	0.508	0.879	0.353	0.805	0.191	0.851	0.291	0.851	0.137	**0.867**	**0.345**	**0.034**	**0.157**
United Kingdom	0.873	0.095	0.832	0.286	0.836	0.101	0.879	0.243	0.877	0.113	0.800	0.250	0.795	0.259	0.787	0.232	**0.835**	**0.197**	**0.038**	**0.080**
Mean	**0.804**	**0.315**	**0.760**	**0.484**	**0.755**	**0.389**	**0.821**	**0.496**	**0.807**	**0.439**	**0.676**	**0.373**	**0.684**	**0.379**	**0.689**	**0.325**				
St. Dev.	**0.166**	**0.215**	**0.182**	**0.185**	**0.210**	**0.234**	**0.153**	**0.210**	**0.105**	**0.209**	**0.155**	**0.218**	**0.186**	**0.226**	**0.192**	**0.215**				
Max	**IRL**	**CZE**	**GRC**	**CZE**	**ITA**	**CZE**	**GRC**	**ESP**	**FIN**	**ESP**	**FRA**	**ESP**	**GRC**	**ESP**	**GRC**	**ESP**				
Min	**POL**	**NLD**	**POL**	**SLV**	**POL**	**SLV**	**POL**	**SLV**	**POL**	**SLV**	**AUS**	**SLV**	**AUS**	**NLD**	**AUS**	**NLD**				

Table 4: Productive Efficiency scores and Technology gap values for the Land Transport and transport via Pipelines for 1999-2006

Country	1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		Mean		St. Dev.	
	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG
Austria	0.917	0.043	0.937	0.143	0.923	0.168	0.860	0.244	0.807	0.270	0.793	0.561	0.674	0.604	0.699	0.550	**0.826**	**0.323**	**0.101**	**0.217**
Belgium	0.856	0.161	0.824	0.266	0.829	0.213	0.832	0.417	0.840	0.458	0.836	0.623	0.912	0.647	0.915	0.582	**0.856**	**0.421**	**0.037**	**0.191**
Czech Rep.	0.597	0.351	0.532	0.396	0.580	0.247	0.672	0.218	0.591	0.174	0.582	0.155	0.608	0.085	0.753	0.101	**0.614**	**0.216**	**0.068**	**0.112**
Denmark	0.926	0.324	0.873	0.518	0.870	0.422	0.897	0.464	0.843	0.434	0.850	0.473	0.827	0.503	0.807	0.513	**0.862**	**0.456**	**0.038**	**0.064**
Finland	0.906	0.066	0.912	0.146	0.900	0.101	0.896	0.096	0.889	0.096	0.881	0.064	0.879	0.071	0.889	0.097	**0.894**	**0.092**	**0.012**	**0.027**
France	0.913	0.065	0.920	0.138	0.916	0.120	0.904	0.145	0.888	0.134	0.884	0.149	0.878	0.161	0.885	0.157	**0.899**	**0.134**	**0.017**	**0.031**
Germany	0.903	0.101	0.910	0.160	0.904	0.132	0.903	0.142	0.900	0.111	0.900	0.112	0.900	0.127	0.920	0.113	**0.905**	**0.125**	**0.007**	**0.019**
Greece	0.745	0.191	0.738	0.299	0.591	0.231	0.468	0.462	0.452	0.475	0.581	0.609	0.607	0.667	0.566	0.591	**0.594**	**0.441**	**0.107**	**0.181**
Ireland	0.901	0.277	0.918	0.504	0.927	0.537	0.911	0.690	0.896	0.605	0.885	0.641	0.881	0.673	0.887	0.639	**0.901**	**0.571**	**0.017**	**0.135**
Italy	0.899	0.108	0.910	0.251	0.899	0.148	0.897	0.178	0.885	0.155	0.880	0.168	0.874	0.176	0.887	0.170	**0.891**	**0.169**	**0.012**	**0.040**
Netherlands	0.906	0.065	0.917	0.133	0.917	0.096	0.911	0.092	0.911	0.081	0.904	0.105	0.907	0.127	0.903	0.065	**0.910**	**0.096**	**0.005**	**0.026**
Poland	0.703	0.070	0.862	0.274	0.881	0.089	0.816	0.093	0.726	0.081	0.734	0.069	0.884	0.089	0.934	0.078	**0.818**	**0.105**	**0.087**	**0.069**
Slovak Rep.	0.900	0.114	0.910	0.204	0.901	0.153	0.893	0.174	0.882	0.147	0.882	0.165	0.874	0.178	0.888	0.177	**0.891**	**0.164**	**0.012**	**0.027**
Slovenia	0.905	0.594	0.907	0.616	0.904	0.606	0.894	0.631	0.884	0.624	0.884	0.663	0.874	0.688	0.888	0.631	**0.893**	**0.632**	**0.012**	**0.031**
Spain	0.770	0.048	0.773	0.127	0.773	0.086	0.798	0.096	0.833	0.080	0.737	0.173	0.667	0.239	0.667	0.216	**0.752**	**0.133**	**0.059**	**0.069**
Sweden	0.937	0.199	0.923	0.363	0.799	0.289	0.801	0.416	0.767	0.374	0.769	0.409	0.691	0.397	0.767	0.376	**0.807**	**0.353**	**0.083**	**0.074**
United Kingdom	0.907	0.078	0.907	0.094	0.900	0.150	0.916	0.139	0.843	0.110	0.810	0.127	0.803	0.149	0.812	0.151	**0.862**	**0.125**	**0.050**	**0.028**
Mean	**0.858**	**0.168**	**0.863**	**0.272**	**0.848**	**0.223**	**0.839**	**0.276**	**0.814**	**0.259**	**0.811**	**0.310**	**0.808**	**0.328**	**0.827**	**0.306**				
St. Dev.	**0.096**	**0.146**	**0.102**	**0.158**	**0.108**	**0.157**	**0.115**	**0.196**	**0.123**	**0.193**	**0.103**	**0.232**	**0.111**	**0.244**	**0.105**	**0.224**				
Max	**SWE**	**SLV**	**AUS**	**SLV**	**IRL**	**SLV**	**GBR**	**IRL**	**NLD**	**SLV**	**NLD**	**SLV**	**BEL**	**SLV**	**POL**	**IRL**				
Min	**CZE**	**AUS**	**CZE**	**GBR**	**CZE**	**ESP**	**GRC**	**NLD**	**GRC**	**ESP**	**GRC**	**FIN**	**GRC**	**FIN**	**GRC**	**NLD**				

Table 5: Productive Efficiency scores and Technology gap values for the Water Transport for 1999-2006

Country	1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		Mean		St. Dev.	
	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG	TE	TG
Austria	0.892	0.093	0.916	0.194	0.906	0.126	0.913	0.168	0.947	0.196	0.925	0.193	0.860	0.151	0.878	0.155	**0.905**	**0.160**	**0.027**	**0.037**
Belgium	0.891	0.061	0.929	0.372	0.713	0.093	0.918	0.133	0.949	0.203	0.936	0.131	0.512	0.075	0.508	0.090	**0.795**	**0.145**	**0.191**	**0.102**
Czech Rep.	0.891	0.085	0.945	0.302	0.837	0.112	0.913	0.189	0.953	0.180	0.943	0.160	0.860	0.158	0.879	0.166	**0.903**	**0.169**	**0.043**	**0.064**
Denmark	0.923	0.055	0.870	0.655	0.782	0.106	0.654	0.142	0.915	0.150	0.755	0.153	0.593	0.118	0.910	0.135	**0.800**	**0.189**	**0.126**	**0.191**
Finland	0.890	0.103	0.919	0.242	0.909	0.154	0.913	0.186	0.948	0.209	0.924	0.183	0.861	0.147	0.879	0.152	**0.905**	**0.172**	**0.028**	**0.043**
France	0.853	0.056	0.855	0.522	0.907	0.129	0.936	0.126	0.955	0.157	0.945	0.167	0.525	0.097	0.441	0.098	**0.802**	**0.169**	**0.202**	**0.147**
Germany	0.889	0.094	0.920	0.357	0.903	0.150	0.914	0.190	0.946	0.207	0.926	0.206	0.860	0.161	0.878	0.163	**0.905**	**0.191**	**0.028**	**0.076**
Greece	0.891	0.089	0.920	0.192	0.905	0.149	0.915	0.186	0.944	0.205	0.928	0.209	0.861	0.164	0.878	0.164	**0.905**	**0.170**	**0.027**	**0.039**
Ireland	0.898	0.063	0.950	0.481	0.939	0.098	0.912	0.140	0.966	0.149	0.936	0.137	0.884	0.108	0.906	0.109	**0.924**	**0.161**	**0.028**	**0.132**
Italy	0.649	0.065	0.934	0.270	0.909	0.135	0.722	0.136	0.929	0.164	0.755	0.146	0.870	0.124	0.885	0.145	**0.832**	**0.148**	**0.108**	**0.057**
Netherlands	0.768	0.047	0.699	0.343	0.793	0.095	0.725	0.118	0.736	0.140	0.730	0.119	0.722	0.103	0.748	0.106	**0.740**	**0.134**	**0.029**	**0.089**
Poland	0.889	0.087	0.918	0.318	0.903	0.149	0.913	0.185	0.948	0.211	0.926	0.203	0.857	0.157	0.876	0.165	**0.904**	**0.184**	**0.029**	**0.066**
Slovak Rep.	0.890	0.100	0.922	0.245	0.906	0.160	0.915	0.188	0.946	0.205	0.927	0.209	0.862	0.163	0.876	0.162	**0.906**	**0.179**	**0.028**	**0.043**
Slovenia	0.891	0.100	0.915	0.239	0.901	0.156	0.912	0.189	0.944	0.206	0.928	0.208	0.863	0.156	0.879	0.152	**0.904**	**0.176**	**0.026**	**0.043**
Spain	0.747	0.057	0.908	0.272	0.920	0.115	0.929	0.146	0.977	0.157	0.961	0.144	0.761	0.105	0.744	0.147	**0.868**	**0.143**	**0.100**	**0.062**
Sweden	0.545	0.045	0.501	0.325	0.529	0.085	0.684	0.108	0.647	0.130	0.750	0.117	0.724	0.098	0.751	0.107	**0.641**	**0.127**	**0.103**	**0.084**
United Kingdom	0.895	0.099	0.932	0.387	0.916	0.119	0.938	0.123	0.951	0.163	0.932	0.136	0.869	0.115	0.898	0.123	**0.916**	**0.158**	**0.027**	**0.094**
Mean	**0.841**	**0.076**	**0.880**	**0.336**	**0.858**	**0.125**	**0.866**	**0.156**	**0.918**	**0.178**	**0.890**	**0.166**	**0.785**	**0.129**	**0.813**	**0.138**				
St. Dev.	**0.104**	**0.021**	**0.113**	**0.122**	**0.104**	**0.025**	**0.099**	**0.030**	**0.088**	**0.028**	**0.082**	**0.034**	**0.127**	**0.029**	**0.139**	**0.026**				
Max	**DNK**	**FIN**	**IRL**	**DNK**	**IRL**	**SLK**	**GBR**	**DEU**	**ESP**	**POL**	**ESP**	**GRC**	**IRL**	**GRC**	**DNK**	**CZE**				
Min	**SWE**	**SWE**	**SWE**	**GRC**	**SWE**	**SWE**	**DNK**	**SWE**	**SWE**	**SWE**	**NLD**	**SWE**	**BEL**	**BEL**	**FRA**	**BEL**				

Figure 3: Kernel densities of the Technology gap for each transportation industry in 1999, 2003 & 2006

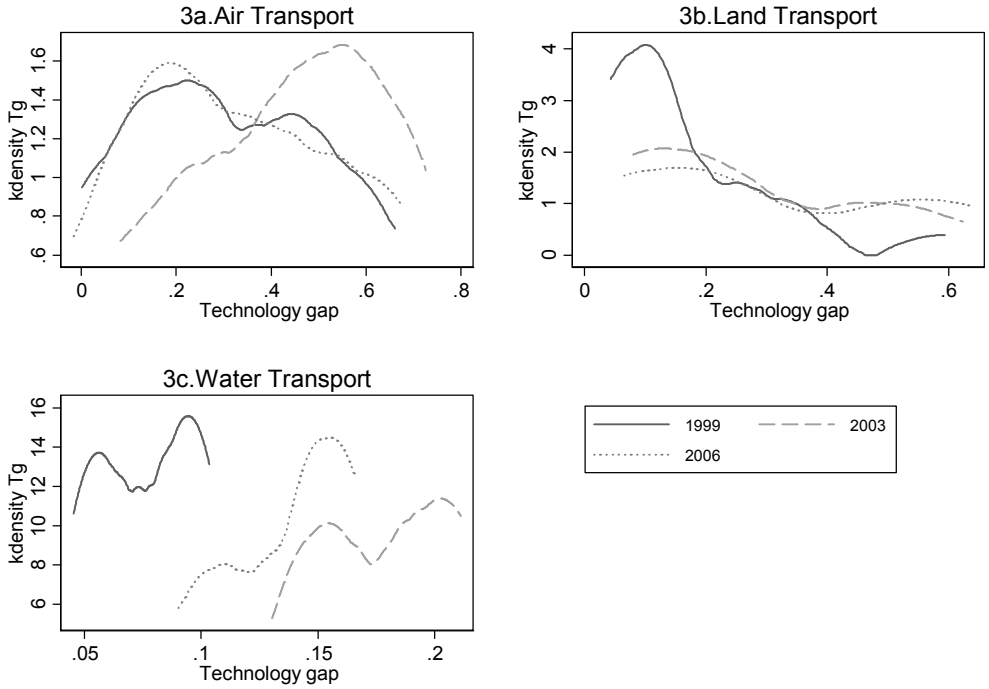
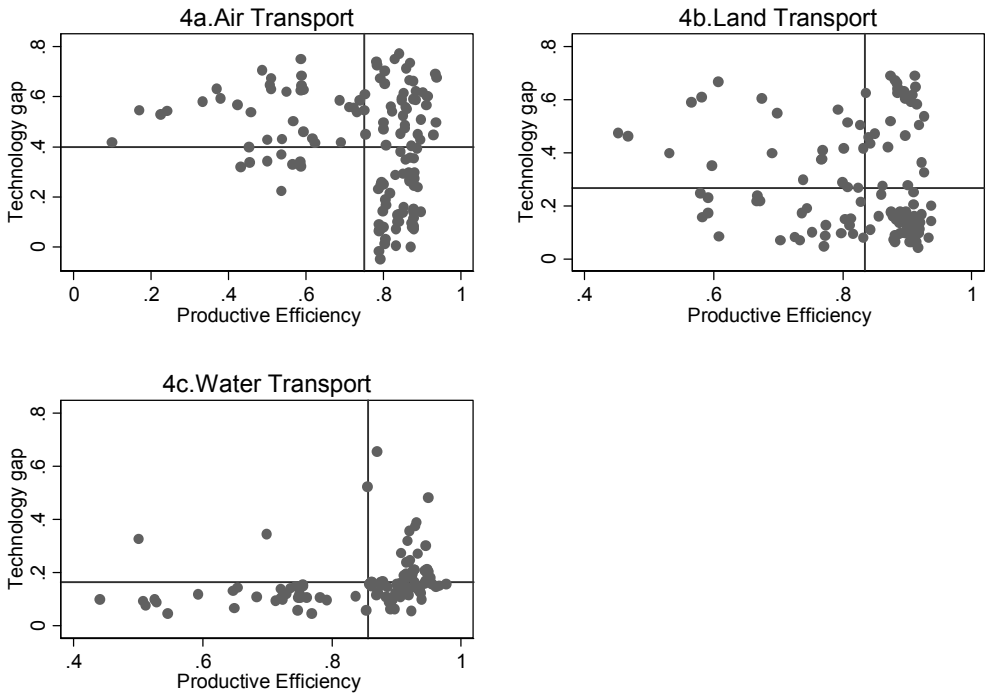


Figure 4: Scatter-plots of Productive Efficiency and Technology gap



Tables 3, 4 and 5 display the estimated values of (i) the productive efficiency with respect to the industry-specific (Air, Land, Water) transportation technology and (ii) the technology gap with respect to the European transportation metatechnology for each country between 1999-2006. The distributions of the productive efficiency and technology gaps are also given in Figures 2 and 3 which show kernel density estimates for the first period of the sample (1999), the middle (2003), and the last (2006).

We begin by looking at the estimated productive efficiency and technology gap values for Air Transport Industries (ATI). From the full sample averages (e.g. across all years) in the final columns of Table 3, the Finnish, Swedish and German ATIs exhibit the highest scores for productive efficiency, while the Polish and Austrian ATIs perform the worst. Greece emerges as the frontier-champion in several years. With respect to the metafrontier, Slovenian and Dutch ATIs present the smallest technology gaps (closest to the metafrontier), while Italian and Spanish ATIs perform worst among the remaining European ATIs. Greece interestingly, though a champion under the ATI frontier, also maintains a large technology gap, suggesting that the Greek air transport industry may have some strong allocative inefficiencies.

The time evolution of the productive efficiency scores, depicted in Fig.2a, reflect a process of continuous and quite significant divergence, reflected in the increased deviation of the distribution in each of the years. The corresponding time evolution of the European ATIs technology gap (Fig.3a) depicts that, although the overall picture in 2006 is quite similar to the one sketched in 1999, a significant but temporary increase of the technology gap took place in 2003. Notwithstanding this, the technology gap distribution remains almost steady with no apparent divergence or convergence processes in operation. Fig.4a offers a scatterplot of the efficiency scores and the corresponding technology gap values of the European Air Transport industries are depicted. A left truncated inverted U-shaped relationship arises.

Shifting attention towards the Land Transportation Industries (LTI) given in Table 4, the sample average productive efficiency scores reveal Germany and the Netherlands as the countries with the highest efficiency on average. The Dutch LTI defines the land transportation frontier more often than any other counterpart whilst the Czech and especially the Greek LTIs underperform significantly. In Fig.2b kernel densities of the estimated productive efficiency scores of the LTIs for the years 1999, 2003 and 2006 are illustrated. It is noticeable that a left shift in the mean distribution is accompanied with a drastic increase of the variance: thus a progressive process of divergence is apparent. In terms of technology gap values, the Finnish, and Dutch LTIs exhibit the best performance in terms of the metatechnology while Great Britain and Dutch have the LTIs which most often define the transportation metafrontier. The Slovenian LTI is the absolute laggard of the European transportation metatechnology, while the Czech and Greek LTIs also are far behind from metafrontier. In Fig.3b kernel densities of the estimated technology gaps of the European LTIs are depicted. It is evident that technology gaps as well as their deviations are diachronically increasing. As in the case of the efficiency scores a cluster of 'falling behind' LTIs seems to emerge. In Fig.4b the scatter plot of technical efficiency against technology gap of the LTIs roughly illustrates the underlying relationship between these two performance measures: the significant conglomeration of LTIs in the lower right quadrant indicates a pattern of high technical efficiency and low technology gap.

Next focusing on the Water Transportation Industries (WTIs) efficiencies presented in Table 5, the Irish and UK WTIs exhibit on average, the highest scores. Significant fluctuations regarding the estimated efficiency scores are noticeable for the Belgian and especially the French WTIs. Swedish and Dutch WTIs suffer from the greatest efficiency

losses with respect to the industry-specific technology. In terms of the metatechnology, the German and Danish WTIs exhibit the worst productive performance, compared to the rest of the European WTIs. Figure 2c mirrors a rather different, compared to the LTI case, pattern of the European WTIs productive performance. More specifically, it seems that between 1999 and 2003 a significant increase of technical efficiency scores and a convergence of the WTIs productive performance with respect to the industry-specific technology, have occurred. On the contrary, in the time window from 2003 to 2006 efficiency, on average, decreased, and a considerable divergence, reflected in the increased deviation, emerged. In the same direction, but more impressive, is the picture of the WTIs technology gap distribution presented in Fig.3c. The technology gap increases drastically from 1999 to 2003 and decreases in 2006, but in 2006 remains quite distant from the 1999 level. Swedish and Dutch WTIs are the most efficient, compared to the rest European WTIs, with respect to the metatechnology, while the laggards appears to change quite frequently. Although the Swedish and Dutch WTIs exhibit excellent performance with respect to the metatechnology they also suffer from significant inefficiencies with respect the WTI frontier. The relationship between technical efficiency and technology gap of the WTIs, for the whole examined period, is presented in the scatter plot of figure 3b. Similarly to the LTIs case, a conglomeration of highly efficient WTIs, both with respect to industry-specific technology and the metatechnology, is present. A left truncated U-shaped relationship is apparent.

5.2. Second Stage Analysis

5.2.1 Econometric Strategy

In order to estimate equations (4) and (5) we have to deal with the econometric problems mentioned above and more specifically with the issues of endogeneity between $Tg_{i,t|k}$ and $Eff_{i,t|k}$, the inclusion of lagged dependent variables among the set of explanatory ones, fixed effects, autocorrelation issues and also the short time dimension of the panel dataset. One plausible choice would be the Arellano-Bond (1991) or difference GMM estimator first proposed by Holtz-Eakin et al. (1988). Concerns about endogeneity, due to the possible bi-directional nature of spillover effects, are reduced since the difference GMM estimator instruments any endogenous variables (including lagged endogenous terms) to eliminate any possible correlation with error terms. Regarding the fixed effects, the difference transformation in the difference GMM estimator eliminates any constant terms, removing the need to estimate these.

The short time dimension of our panel does not allow any shocks on fixed effects to decline with time, and may also, in conjunction with the lagged dependent variable, be a source of autocorrelation problems. The Arellano-Bond estimator has been designed to cope with such kind of situations (Roodman, 2006). However, some additional econometric issues should be handled in the case of the system of equations (4) and (5). More specifically, (i) in both equations the issue of over-identification arises since the number of instruments is greater than the respective number of the explanatory variables, (ii) orthogonality conditions across equations are not ensured, due to the fact that incoming and outgoing spillover effects may be in operation and (iii) the form of heteroskedasticity is not *a priori* known. Therefore, we have estimated equations (4) and (5) employing the System Generalized Method of Moments as proposed by Roodman (2009). System GMM perform at least as good as its reduced form of difference GMM counterpart regarding the small *T* and large *N* dimensions, and the inclusion of the lagged dependent variable as a covariate, but in addition deals with the issues of the overidentified restrictions, the non-orthogonality conditions across equations and heteroscedasticity (Hayashi, 2000). In our case, the system GMM equation is

asymptotically more efficient than the difference GMM estimator for the reasons already mentioned.

This choice is estimator further justified by the following facts. Firstly, the rule of thumb according to which the smaller number of instruments compared to the number of groups in the panel is satisfied and additionally the Sargan/Hansen tests, which are mirror tests, for robustness are quite satisfactory both indicating the absence of heteroskedasticity at a 5% level of significance. At this point, it would be of particular interest to highlight the fact that in the case of difference GMM with robust standard errors the Sargan test for instruments' identification is not available and thus no test of instruments exogeneity is possible. On the contrary, in the case of the system GMM estimator, the mirrored tests of Hansen J-statistic and Sargan are computable. The results regarding these tests are reported in the lower part of Table 6 and both indicate a quite satisfactory handling of heteroscedasticity and instruments' exogeneity.

5.2.2. Technological Spillovers and Path Dependence

Table 6 presents the System GMM estimation results for two variants of the efficiency and technology gap equations. The first version includes the variable T accounting for general linear time effects on the mix of productive performance and technology evolution, both with respect to the industry-specific frontier and the metafrontier. The second includes no time variable. In the framework of the system GMM estimation a formal test for nested models is currently unavailable. Therefore, we choose to focus on the more general versions with the time variable included (Models 1a and 2a), though also present and highlight any differences in comparison from the versions which do not include the T variable (Models 1b and 2b). A more detailed discussion on the influence of the T variable is provided later in this section.

Examining the first core issue of the present paper, the spillovers from the transportation metatechnology to the industry-specific technology and vice versa, attention should first be dedicated to comprehending the influence of the lagged technology gap variable $\left(Tg_{i,t-1|k}\right)$ on the efficiency equation (Table 6, column 1a), and the influence of the lagged productive efficiency variable $\left(Eff_{i,t-1|k}\right)$ on the technology gap equation. As already argued the former captures the incoming spillovers from the metatechnology to the industry-specific technologies, while the later captures the outgoing spillovers from the group frontiers toward the metafrontier.

Regarding the incoming spillovers, the transportation industries which attain low technology gaps, that is which are "close" to the metafrontier, are benefited from technological spillovers from the metatechnology and improve their efficiency in terms of the transportation industry-specific technology. Thus, Hypothesis H_1 is not accepted. Not trapping in technological idiosyncrasies and the subsequent lumpiness, overcoming barriers that result from appropriability conditions linked to general purpose technologies (Jovanovic and Rousseau, 2005), exploiting the potentials of technological modularity (Fixson, 2007), low adjustment costs associated to the compliance with European regulations, and forming adequate absorptive capacity (Cohen and Levinthal, 1990; 1991) ensure on the one hand small technology gaps which fuels productive performance with respect to the industry-specific technology. We should not overlook the fact that incoming technological spillovers are almost completely indifferent to time heterogeneity.

Table 6: Results of the System GMM Estimation

Explanatory Variable		Efficiency equation		Technology gap equation	
		With Time Trend (1a)	No Time Trend (1b)	With Time Trend (2a)	No Time Trend (2b)
TE_{-1}	Path Dependence	.284 (.004)	.386 (.000)	-	-
	Incoming Spillovers	-	-	-.325 (.003)	-.420 (.212)
TG_{-1}	Path Dependence	-	-	.321 (.004)	.309 (.023)
	Outgoing Spillovers	-.180 (.008)	-.178 (.004)	-	-
K/L	Productive Characteristics	-.000^{+} (.955)	-.000^{+} (.952)	.000^{+} (.492)	.000^{+} (.277)
K/E		.000^{+} (.602)	.000^{+} (.555)	.000^{+} (.990)	-.000^{+} (.732)
K/M		-.001 (.863)	.000^{+} (.966)	.010 (.432)	.010 (.450)
L/E		-.000^{+} (.691)	-.000^{+} (.654)	-.000^{+} (.424)	-.000^{+} (.441)
E/M		-.709 (.441)	-1.408 (.308)	-.748 (.353)	-.001 (.999)
L/M		.026 (.317)	.046 (.245)	.029 (.271)	.007 (.768)
T	Time Heterogeneity	-.016 (.000)	-	-.002 (.521)	-
EURO	Other	-0.000 (.998)	-.003 (.887)	-.018 (.632)	-.043 (.340)
GCI		.017 (.042)	-.000+ (.976)	-.055 (.000)	-.081 (.024)
Constant		32.697 (.000)	.545 (.000)	6.655 (.477)	.889 (.025)
No. of groups		51	51	51	51
No. of instruments		43	43	43	38
Arellano-Bond Spurious Path Dependence AR(1)		-2.73 (.006)	-3.26 (.001)	-3.08 (.002)	-2.47 (.013)
Hansen test of overidentifying restrictions		39.38 (.144)	42.49 (.102)	39.93 (.131)	37.19 (.092)
Hansen test of exogeneity of instruments		17.17 (.512)	20.78 (.291)	20.29 (.317)	24.47 (.107)

Note 1: *Numbers in parentheses for the estimated coefficients correspond to the associated p-values of the estimation.*
Note 2: *Regarding the Arellano-Bond AR(1) test, the numbers correspond to the z-values while the parentheses indicate the p-values.*
Note 3: *The values of the Hansen test of over-identified restrictions and that of the instruments exogeneity correspond to the chi-square value whist the parentheses indicate the respective probabilities.*
Note 4: *As far as the coefficients of the productive characteristics are concerned, those are not actually zero but correspond to a very small number, i.e. smaller than .0001. This is captured by the symbol "+".*

In the case of the outgoing spillovers, that is in the context of hypothesis H_2, the picture is rather vague. Only in the case where the time variable (T) is introduced in the technology gap equation, does the productive efficiency level of the previous period exert a significant (and negative) influence on the current level of technology gap. That said, accounting for co-movements of the metafrontier and the transportation industries' relative positions with respect to that, it becomes evident that transportation industries which perform relatively well with respect to their group frontier, and therefore are the pivotal units of the localized technical change, manage to operate close to the metatechnology. Arguably, localized technical change in the form of industry specific technological trajectories, are transformed to technological flows that comprise, to an extent, the transportation metatechnology. Product, process and organizational innovations which are produced and implanted within the transportation-industry specific frontier, are transformed to ingredients

that compose the transportation metatechnology through the inter-industry diffusion processes. On the other side, transportation industries which fail to follow the outward shift of the industry-specific frontier, and therefore exhibit low efficiency scores, fall behind from the metatechnology as well.

Regarding the path dependence of efficiency and technology gaps, the second of the two core issues examined in the present paper, a positive and significant influence of the efficiency and technology gap of the previous period is found on current efficiency and technology gaps respectively. Path dependence is in operation, that is, transportation industries perform better, both with respect to the industry frontier and the metafrontier, if they have accumulated significant competencies and capabilities. In other words, Hypotheses H_3 and H_4 are not accepted. On the contrary, European transportation industries which have exhibited low efficiency and/or high technology gap in the past period are handicapped regarding their current efficiency and technology gap level. Extending this path dependence finding, one could argue that among the European Transportation Industries and the European metatechnology, clustering processes are taking place. In the long run, the cluster of champions will be more distant from the cluster of laggards both with respect to the industry-specific technology and the metatechnology. The same applies for the emerging 'falling behind' phenomena of followers with respect to the champions, and the laggards with respect to the followers. That is, an ongoing polarization is being shaped. Furthermore, the tests presented in the lower part of Table 6 reveal that spurious path dependence is also in operation both in the efficiency and technology gap equations, that is, past unobserved heterogeneity positively affects the current level of unobserved heterogeneity of efficiency and technology gap of the examined European transportation industries. In other words factors included in the unobserved heterogeneity, for instance infrastructure, institutional issues, country and industry specific technological and geographical idiosyncrasies, are not easily reversible and reinforce the stickiness of productive performance both with respect to industry specific frontiers and the metafrontier.

The Time heterogeneity variable (T) appears to be statistically significant only in the efficiency equation case. A negative coefficient of the time-trend variable in the efficiency equation, keeping all other factors constant at their average level, reflects that the distance of the specific DMU from the corresponding frontier is inter-temporally increasing either by an outward shift of the frontier, either by the backward movement of the DMU or both. Accordingly, similar inferences could be drawn in the case of the technology gap equation for a positive influence of the time-trend variable. That is, the time trend variable reflects either the "catching up" (positive influence and convergence) or the "falling behind" (negative impact and divergence) phenomena, taking into consideration that the frontier itself may experience turbulence due to technical progress or technical regress. In the case examined herein, significant divergence processes are identified within the industry-specific frontiers. On the other hand no significant catching-up or falling behind phenomena are traceable with respect to the metatechnology case.

Surprisingly enough specific productive characteristics, captured by the ratios of the inputs, do affect neither the productive performance with respect to the industry-specific frontier nor with respect to the metatechnology. Instead, in the present paper the time persistence or lock-in, and the multidirectional technological spillovers seem to have the most influential stirring role. More specifically the crucial factors determining the productive performance are associated with the accumulated competencies, capabilities and other idiosyncrasies such as, innovative capacity, institutional quality, regulatory environment, resource endowments, geographical and surface topographical specificities (e.g. hilliness,

localized weather etc.), cultural and social characteristics. The significant irreversibility of all the above reinforce the stickiness of the efficiency and technology gap.

As expected, the Global Competitiveness Index represented by the (GCI) variable affects negatively the technology gap of the examined transportation industries. Country-specific multidimensional financial, infrastructure, institutional, innovative and social characteristics as they are encompassed in the twelve pillars of GCI variable (Sala-I-Martin et al., 2008) fuel the ability of European transportation industries to exploit the potentials of the available state of knowledge reducing the corresponding technology gap. Extending this towards the direction of convergence's issues, it seems that the "curse of low competitiveness" convicts the transportation industries which operate in those countries, to follow a fall behind route within the development of the European transportation metatechnology. From the side of the industry-specific frontiers, the role of the GCI variable is significant only in the case that the time-trend variable is introduced as an explanatory variable. As in Equation (4), country-specific competitiveness characteristics exert a positive influence of the transportation industries with respect to their frontier.

Finally, the EURO variable is not significant in either of the productive efficiency or technology gap equations. Either the transaction costs reduction attained within the Eurozone are very low, or they are eliminated due to the "easy and quiet life" behavior grounded on low interest rates and fiscal expansions especially in the Southern European Countries which are Eurozone members. Although the introduction of Euro currency does not seem to boost the productive performance of European transportation industries, we should proceed with caution regarding its extension leads due to the rather limited time window which is covered by the post-euro period.

6. Conclusions

In this paper we question the validity of the technological isolation assumption which is dominant in the investigation of the productive efficiency, using the European Transportation System as the focus of study. We argue that the three main transportation industries, Air, Land and Water, are interlinked, through technological spillovers under a metatechnology framework, yet they also remain technologically heterogeneous. Metatechnology is built by flows originated from the industry-specific frontiers mainly in the form of the localized technical change, and General Purpose Technologies, and in turn fuel industry-specific technologies. The introduction of spillovers elevates the role of path dependence which may be considered as a driving force towards a different orientation, that is of the spillovers' shrinkage and dominance of technological isolation. In this contextual framework, a pattern of technological and performance networking is introduced for the three European transportation systems. Employing a dataset for seventeen EU countries for the period 1999 to 2006 we estimate productive efficiency scores with bootstrapped DEA technique and highlight different patterns of the productive performance with respect to both the industry-specific technologies and the European transportation metatechnology. The initial and unrefined picture reveals that technological isolation, and hence the absence of any spillovers, is rather questionable, although the patterns of technological interdependence of the transportation industry specific frontiers and the metafrontier, are not identical across all the three transportation systems.

At a second stage devising a dynamic panel model, which treats endogeneity of spillovers and path dependence, and employing an appropriate system GMM estimator we find that both incoming and outgoing spillovers effects are in operation, and that the path dependence is a crucial characteristic of productive performance both with respect to the

industry specific frontiers and the metafrontier. In other words, our findings indicate that two counterbalancing drivers seem to fight each other in terms of catching up or falling behind in European transportation. Although, spillovers push towards the convergence of the European transportation Industries productive performance, at the same time path dependence triggers the divergence and clustering situation. It is worthy to note that spillover effects are totally revealed when the co-evolution of transportation industries productive performance and the technological advancements are simultaneously examined. That is, the productive performance in a non-static technological context highlights the role of the inter-industry technological flows and in this case the technological isolation framework is rather obscuring. On the contrary, when the technological developments are not of major concern and the productive performance is examined in sterilized environment, the technological isolation assumption is not so costly and the path dependence becomes the major driver of productive performance.

EU Countries' competitiveness has proven to be a major driver of the productive performance of the corresponding transportation industries. This finding elevates the clustering process within the European Transportation system thus, indicating a further research direction with alternative hierarchy of technologies where the frontiers should be defined at the country level while the European metatechnology would remain unchanged. Hence, the exploration of spillovers between countries transportation systems would become possible in a different setting while at the same time the technological isolation hypothesis would be relaxed. Such being the case, path dependence could also be investigated but in different contextual framework. Of course the multi-hierarchies technologies would be of great interest but such a research route demands for very rich datasets at a low aggregation level which to the best of our knowledge do not yet exist.

Acknowledgements

This research has been co-financed by the European Union (European Social Fund – ESF) and Greek national funds through the Operational Program "Education and Lifelong Learning" of the National Strategic Reference Framework (NSRF) – Research Funding Program: Thales. Investing in knowledge society through the European Social Fund.

References

Acemoglu, D. (2014), "Localized and Biased Technologies: Atkinson and Stiglitz's New View, Induced Innovations, and Directed Technological Change", NBER Working Paper no 20060

Adler, N. and Boaz, G. (2001), "Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal component analysis with an application to Western Europe." *European Journal of Operational Research* **132**(2), 260-273.

Albalate, D. and Germà, B. (2010), "What shapes local public transportation in Europe? Economics, mobility, institutions, and geography." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **46**(5), 775-790.

Antonelli, C. (2008), 'Localized Technical Change: Towards the economics of complexity', Routledge, London.

Arelano, M. and Bond, S. (1991), "Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations", *Review of Economic Studies* **58**, 277-97.

Atkinson, A.B. and. Stiglitz, J.E. (1969), "A New View of Technological Change", *Economic Journal LXXIX*, 573-78.

Baired, A. and Rother, D. (2013), "Technical and Economic Evaluation of the floating container storage and transshipment terminal (FCSTT)", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, **30**, 178-192.

Battese, G.E., Rao, D.S.P., O'Donnell, C.J. (2004), "A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies." *Journal of Productivity Analysis* **21**, 91-103.

Bernstein, J.I. (1988), "Costs of production, intra-and interindustry R&D spillovers: Canadian evidence", *Canadian Journal of Economics*, 324-347.

Brons, M., Nijkamp, P., Pels, E. and Rietveld, P. (2005), "Efficiency of urban public transit: a meta analysis", *Transportation,* **32**(1), 1-21.

Cantos, P. and Maudos, J. (2001), "Regulation and efficiency: the case of European railways" *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* **35**(5), 459-472.

Cassiman, B., and Veugelers, R. (2006), "In search of complementarity in innovation strategy: internal R&D and external knowledge acquisition", *Management Science,* **52**, 62-82.

Cohen, W.M. and Levinthal, D.A. (1990), "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, **35**(1), 128-152.

Cooper, R. W., and Haltiwanger, J.C. (2006), "On the nature of capital adjustment costs", *Review of Economic Studies,* **73** (3), 611-633.

Cullinane, K., Ping J., and Wang, T. (2005), "The relationship between privatization and DEA estimates of efficiency in the container port industry." *Journal of Economics and Business,* **57**(5), 433-462.

Cullinane, K., Wang, T., Song, D. and Ping, J. (2006), "The technical efficiency of container ports: comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis" *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* **40**(4), 354-374.

David, P.A. (1985), "Clio and the Economics of QWERTY" *The American Economic Review,* **75**, 332-337.

David, P.A. (1986), 'Understanding the economics of QWERTY: the necessity of history'. In W. N. Parket (ed.) *Economic History and The Modern Economics*. Oxford: Blackwell.

David, P.A. (1994), "Why are institutions the "carriers of history"?: Path dependence and the evolution of conventions, organizations and institutions" *Structural change and economic dynamics,* **5**(2), 205-220.

David, P.A. (2001), "Path dependence, its critics and the quest for 'historical economics'" *Evolution and path dependence in economic ideas: Past and present,* **15**: 15-40.
David, P.A. (2007), "Path dependence: A foundational concept for historical social science", *Cliometrica: Journal of Historical Economics and Econometric History,* **1**, 91-114.
Dosi, G., Lechevalier, S. and Secchi, A. (2010), "Interfirm heterogeneity: nature, sources and consequences for industrial dynamics. An introduction", *Industrial and Corporate Change,* **19**(6), 1867-1890.
Dutta, S., Narashimhan, O. and Rajiv, S. (2005), "Conseptualizing and measuring capabilities: Methodological and empirical application", *Strategic Management Journal,* **26**(3), 277-285.
Enerdata, available at < http://www.enerdata.net/>
EU KLEMS Growth and Productivity Accounts, available at < http://www.euklems.net/>
European Commission, Financial Programming and Budget Directorate, available at http://ec.europa.eu/budget/contracts_grants/info_contracts/inforeuro/inforeuro_en.cfm
European Commission (2011), "Roadmap to a single European transport area - Towards a competitive and resource efficient transport system." White Paper, COM (2011) 144, March 2011.
Fai, F., and von Tunzelmann, N. (2001), "Industry-specific competencies and converging technological systems: evidence from patents" *Structural Change and Economic Dynamics,* **12**(2), 141-170.
Farsi, M., Filippini, M. and William, G. (2005), "Efficiency measurement in network industries: application to the Swiss railway companies" *Journal of Regulatory Economics,* **28**(1), 69-90.
Fixson, S.K. (2007), "Modularity and Commonality Research: Past Developments and Future Opportunities", *Concurrent Engineering*, **15**, 85-111.
García-Sánchez, I. M. (2009), "Technical and scale efficiency in Spanish urban transport: estimating with data envelopment analysis", *Advances in operations research,* **98**(2), 175-212.
González, M.M., and Trujillo, L. (2009), "Efficiency measurement in the port industry: a survey of the empirical evidence", *Journal of Transport Economics and Policy,* **43**(2), 157-192.
Groningen Growth and Developing Centre, GGDC Productivity Level Database, available at < http://www.rug.nl/research/ggdc/data/ggdc-productivity-level-database>
Growitsch, C., and Wetzel, H. (2009), "Testing for economies of scope in European railways: an efficiency analysis", *Journal of Transport Economics and Policy,* 1-24.
Hayashi, F., 'Econometrics', Princeton, NJ: Princeton University Press, 2000.
Holvad, T., Hougaard, L., Kronborg, D. and Kvist, H.K. (2004), "Measuring inefficiency in the Norwegian bus industry using multi-directional efficiency analysis", *Transportation,* **31**(3), 349-369.
Holtz-Eakin, D., Newey, W. and Rosen, H.S. (1988), "Estimating Vector Autoregressions with Panel Data", *Econometrica,* **56(**6), 1371-1395.
Jaffe, A.B., Trajtenberg, M. and Fogarty, M.S. (2000), "Knowledge Spillovers and Patent Citations: Evidence from a Survey of Inventors", *The American Economic Review,* **90**, 215-218.
Jovanovic, B. and Rousseau, P. (2005), "General purpose technologies", *Handbook of economic growth,* **1**, 1181-1224.
Karlaftis, M.G. and Tsamboulas, D. (2012), "Efficiency measurement in public transport: Are findings specification sensitive?", *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* **46**(2), 392-402.

Kasy, M. (2011), "A nonparametric test for path dependence in discrete panel data" *Economics Letters,* **113**(2), 172-175.
Keller, W. (2004), "International technology diffusion", *Journal of Economic Literature*, 752-782.
Kontolaimou, A., Kounetas, K. Mourtos, I and Tsekouras, K. (2012), "Technology gaps in European banking: Put the blame on inputs or outputs?", *Economic Modelling,* **29**(5), 1798-1808.
Koroneos, C.J. and Nanaki, E.A. (2008), "Energy and exergy utilization assessment of the Greek transport sector", *Resources, Conservation and Recycling,* **52**(5), 700-706.
Krautzberger, L. and Wetzel, H. (2012), "Transport and CO2: Productivity Growth and Carbon Dioxide Emissions in the European Commercial Transport Industry", *Environmental and Resource Economics,* **53**(3), 435-454.
Margari, B., Buzzo, F.E., Petraglia, C. and Piacenza, M. (2007), "Regulatory and environmental effects on public transit efficiency: a mixed DEA-SFA approach", *Journal of Regulatory Economics,* **32**(2), 131-151.
Martín, J.C. and Roman, C. (2001), "An application of DEA to measure the efficiency of Spanish airports prior to privatization", *Journal of Air Transport Management,* **7**(3), 149-157.
Martin, R. and Sunley, P. (2006), "Path dependence and regional economic evolution", *Journal of Economic Geography,* **6**(4), 395-437.
Merkert, R. and O'Fee, B. (2013), "Efficient procurement of public air services—Lessons learned from European transport authorities' perspectives" *Transport Policy*, **29,** 118-125.
Nadiri, M.I. (1993), "Innovations and technological spillovers" *National Bureau of Economic Research*, No. w4423.
Odeck, J. and Bråthen, S. (2012), "A meta-analysis of DEA and SFA studies of the technical efficiency of seaports: A comparison of fixed and random-effects regression models", *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* **46**(10), 1574-1585.
O'Donnell, C.J., Rao, P. and Battese, G. (2006), "Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios", *Empirical Economics,* **34**, 231-225.
Organization for Economic Cooperation and Development, Structural Analysis Database, <http://www.oecd.org/industry/ind/stanstructuralanalysisdatabase.htm>.
Page, S.E. (2006), "Path dependence" *Quarterly Journal of Political Science*, **1**(1), 87-115.
Pinna, V. and Torres, L. (2001), "Analysis of the efficiency of local government services delivery. An application to urban public transport", *Transportation Research Part A,* **35**, 929-944.
Quella, N. (2009), "Knowledge Spillovers and TFP Growth Rates", available at <http://www.stonybrook.edu/economics/research/papers/2009/nuriaquella09.pdf >
Battese, G., Rao, D.S. and O'Donnell, C. (2004), "A Metafrontier Production Function for Estimation of Technical Efficiencies and Technology Gaps for Firms Operating Under Different Technologies", *Journal of Productivity Analysis,* **21**, 91-103.
Roodman, D. (2006), "An introduction to "difference" and "system" GMM in Stata", Working Paper no.103, Center for Global Development, www.cgdev.org
Roodman, D. (2009), "How to xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata", *The Stata Journal* **9**(1), 86-136.
Roy, W., and Yvrande-Billon, A. (2007), "Ownership, contractual practices and technical efficiency: The case of urban public transport in France", *Journal of Transport Economics and Policy,* **41**(2), 257-282.

Sala-I-Martin, X., Blanke, J., Drzeniek Hanouz, M. Geiger, T; Mia, I. and Paua, F. (2008), "The Global Competitiveness Index: Prioritizing the Economic Policy Agenda", in PORTER, M. E. and SCHWAB, K., The Global Competitiveness Report 2008-2009 (Geneva, World Economic Forum).

Simar, L., and Wilson, P.W. (1998), "Sensitivity Analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models", *Management Science,* **44**, 49-61.

Simar, L., and Wilson, P.W. (1999), "Estimating and bootstrapping Malmquist indices", *European Journal of Operational Research,* **115**, 459-471.

Simar, L., and Wilson, P.W. (2000), "A general methodology for bootstrapping in nonparametric frontier models", *Journal of Applied Statistics,* **27**, 779–802.

Simar, L. and Wilson, P.W. (2007), "Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes", *Journal of Econometrics*, **136**(1), 31-64

Syverson, C. (2004), "Product substitutability and productivity dispersion", *Review of Economics and Statistics*, **86**(2), 534-550.

Tsekouras, K., Papathanassopoulos, F., Kounetas, K. and Pappous, G. (2010), "Does the adoption of new technology boost productive efficiency in the public sector? The case of ICUs system", *International Journal of Production Economics*, **128**(1), 427-433.

Verspagen, B. and De Loo, I. (1999), "Technology spillovers between sectors" *Technological Forecasting and Social Change,* **60**(3), 215-235.

Winter, S. (2006), "The logic of Appropriability: from Schumpeter to Arrow to Teece", *Research Policy*, **35**, 1100-1106.

Wilson, P., (2008), "*FEAR*: A software package for frontier efficiency analysis with *R", Socio-Economic Planning Sciences,* **42**(4), 247-254.

World Economic Forum, available at < http://www.weforum.org/

Οικονομική κρίση και επιπτώσεις στις βιώσιμες μετακινήσεις στην Ελλάδα: Ευκαιρία ή απειλή;

Αθανάσιος Γαλάνης, Ευάγγελος Μπουραζάνης, Ιωάννης Καλτσάς & Νικόλαος Ηλιού
Εργαστήριο Οδοποιίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
atgalanis@uth.gr bourazan@uth.gr gohnkal21@yahoo.gr neliou@uth.gr

Περίληψη
Η οικονομική κρίση που βιώνει σήμερα η Ελλάδα έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον τομέα των μεταφορών, τόσο των επιβατικών όσο και των εμπορευματικών. Η μείωση του διαθέσιμου εισοδήματος και της παραγωγικής δραστηριότητας των πολιτών, καθώς και η αύξηση της ανεργίας, οδήγησαν σε μείωση των απαιτήσεων μετακίνησης για εργασία και αναψυχή τόσο εντός, όσο και εκτός πόλης. Παράλληλα, παρατηρήθηκε μείωση των πωλήσεων νέων ΙΧ, καθώς και σημαντική μείωση της χρήσης τους εξαιτίας της εφαρμοσμένης φορολογικής πολιτικής. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο της οικονομικής αβεβαιότητας πολλοί συμπολίτες μας στράφηκαν στα βιώσιμα μέσα μετακίνησης: πεζή, ποδήλατο, μέσα μαζικής μετακίνησης. Στην παρούσα εργασία εκπονείται μια ερευνητική προσέγγιση των επιπτώσεων που είχε η οικονομική κρίση στον τομέα της οδικής ασφάλειας, των αστικών μεταφορών και της συνακόλουθης μεταστροφής των προτιμήσεων των πολιτών υπέρ των βιώσιμων μέσων μετακίνησης έναντι του ΙΧ. Παράλληλα, εξετάζεται η δυνατότητα που παρέχεται στην ελληνική κοινωνία να εκμεταλλευτεί αυτή τη δυσμενή οικονομική συγκυρία, προωθώντας ένα τρόπο μετακίνησης σύγχρονο και φιλικό προς το περιβάλλον και την οικονομία. Ζητούμενο είναι να μη βιώσουμε μια ακόμη χαμένη ευκαιρία για την αλλαγή των μεταφορικών μας συνηθειών, που θα συνιστά απειλή όχι μόνο για την τωρινή, αλλά και τη μελλοντική ποιότητα ζωής των πολιτών.

Λέξεις Κλειδιά: Οικονομική κρίση, βιωσιμότητα, μεταφορές, Ελλάδα.

JEL Κωδικοί: R4, R48, O18, O35.

Financial crisis and its impact on sustainable mobility in Greece: Opportunity or threat?

Athanasios Galanis, Evangelos Bourazanis, Ioannis Kaltsas & Nikolaos Eliou
Department of Civil Engineering, University of Thessaly

Abstract
Financial crisis in Greece has induced important changes in the transport sector, both in passenger and in freight transportation. Regarding the citizens' income and productivity reduction and the raise of unemployment have reduced the necessity to travel for utilitarian or recreational purposes, both in urban and suburban areas. In the meanwhile it has been noticed an important reduction of the private vehicles' sales and usage due to the implemented tax policy. In this financial environment of uncertainties and risks, many citizens have changed their travel behaviour in favor of sustainable transport modes: walking, bicycle and public transportation. This paper is addressing a theoretical approach of the effects that financial crisis presents in the issue of road safety, urban mobility and change of citizens' travel behaviour in favor of sustainable transportation. Additionally, this paper is addressing the great chance that financial crisis presents to the Greek community in order to promote a modern transport model in favor of the environment and the economy. The key point is that our community should not experience another lost opportunity to change our transport behaviour, presenting a threat not only for today but also for the future generations.

Keywords: Financial crisis; sustainability; transportation; Greece.

JEL Classification: R41; R48; O18; O35.

1. Introduction

World economy is today in the era of globalization, meaning that people and capital can freely travel worldwide in order to find the best value for money business opportunity. This fact has impacts on the global financial system, because no country or enterprise is considered to be protected against unexpected situations or counted risks. Global production and trade is gradually moved towards the developing economic countries (BRICS). The word economy is changing so fast, that we have to watch and adopt every change, utilizing state of the art technologic tools; use well trained human resources, and find the best financial opportunities and business proposals in favor of the society.

The present financial crisis in Greece has induced important changes in the transport sector, both in passenger and in freight transportation. The reduction of production activity and the rise of unemployment influence directly the transport sector, reversing the generally increasing demand for transportation under condition of economic development. Providence of suitable, financial and confortable transport to all citizens is a basic necessity for the society, even in the present era of financial inconvenience.

This study is addressing a theoretical approach of the financial crisis effects mainly in the urban transport sector and the change of citizens' travel behaviour in favor of sustainable mobility. Additionally, this paper argues in favor of the great chance that financial crisis presents to the Greek community in order to promote a modern and sustainable urban transport model.

2. Literature Review

2.1 Financial crisis: Historic data

The term crisis refers to something more severe than a problem or even a cluster of problems, reflecting the chock stimulated by the severity of changes (Johnston and Taylor, 1989). The 2008 global financial crisis is considered as a major crisis in the history of capitalism development. According to Mayer (2009) this crisis is considered to be comparable to both the Great Depression and to the crisis of Fordism. The 2008 crisis was actually the result of speculative investments relating to the built environment and to the massive redistribution of real income that is embedded in the normal operations of the industrial city (Harvey, 2008).

During May 2010, the Eurozone and the International Monetary Fund (IMF) provided Greece with short and medium term loan of over 100 billion euros. In order to reduce the budget deficit and repay these loans, the Greek Government in compliance with troika orders implemented economic reforms. Some of them were the increase of taxation in private vehicles ownership and usage and major reduction in transport investments and subsidies.

2.2 Financial crisis & urban travel demand

Financial crisis and its linkage with travel demand have not been studied extensively from the researchers' community. While there is an increasing interest in the field of travel behavior change due to various causes (Rose and Marfurt, 2007), limited attention has been given to the travel behavior change due to financial or other crisis, especially in Greece. According to the Hellenic Institute of Transportation Engineers (SES), in Athens before the financial crisis was expected 3% annual increase of traffic flow and 2% decrease of traffic speed (greater in major arterials), that was never achieved. On the contrary, during the years 2009 to 2012, were noticed 6% to 16% decrease of traffic flow and 1% to 20% increase of traffic speed.

Financial crisis has presented important effects in the urban realm and the built environment. In Athens Central Business District (CBD), the commercial sector has been

most severely affected by the crisis, leading to a large number of spaces being currently inactive along traditional commercial collectors and arterials. The travel demand patterns follow consumption patterns and reflect a general reduction in urban mobility (Christoforou and Karlaftis, 2011).

2.3 Financial crisis & road safety

According to the Hellenic Statistical Authority (ELSTAT) provisional data for 2012, road fatalities in Greece have decreased by 30% since 2009, whereas serious injuries decreased by 17%. In the year 2012 were noticed 1,027 road fatalities and 1,389 serious injuries comparing to the year 2009 when were noticed 1,456 fatalities and 1,676 serious injuries. The rate fatalities per number of vehicles has decreased the same period by 31% as the vehicle fleet showed a marginal increase of just 2%. The vehicle fleet was 8,070,000 vehicles in 2012, comparing to 7,911,000 in 2009. This rate is still high in comparison to the other EU countries, demonstrating the important potential for road casualty decrease in Greece if road safety measures are systematically implemented. The recent deep economic crisis is a major factor which might explain this significant decrease in road fatalities in Greece.

In the scientific area of road safety, there are three main reasons to determine the risk exposure and number of fatalities or injuries. Financial crisis effects directly road safety, reducing the positive impacts of the reduce use of private vehicle. Motorists tend to drive aggressively and the vehicles are inadequately maintained. The vehicles travelling in the Greek road network in the era of economic crisis present problems in the following sectors:

- Inadequate maintenance,
- Worned tires,
- Old vehicles,
- Uninsured vehicles,
- Inadequate knowledge of the Highway Code.

Road safety issues should be taken care, even in the present time of economic inconvenience. The results of the previous condition are the following:

- Traffic accidents due to the vehicles oldness and lack of maintenance,
- Inability of financial compensation in the case of traffic accident with uninsured vehicle,
- Rise of road fatalities and serious injuries of bicyclists and motorcyclists due to lack of protective equipment.

Unemployment, financial insecurity and stressful daily conditions present anxiety, influencing in that way drivers who:

- Drive hastily and aggressively to the other drivers,
- Distract their driving attention speaking, texting or internet surfing with their smartphone or having a conversation with their fellow passenger,
- Present lower reflection skills.

2.4 Financial crisis & sustainable urban mobility

The urban transport environment in Greece, as it has been formed with the present financial crisis, influences not only commuters but also transport enterprises. Regarding the commuters in the city of Thessaloniki, it has noticed that 60% consider that public transport fares are high or extremely high. The equal percentage for taxi users is 88%. Furthermore, there are decreasing trends in private vehicle or taxi users and increasing trends in public transport users. Motorcycle use and walking as a transport mode is increasing in urban areas.

Additionally, in the city of Thessaloniki, 59% of the commuters state that are willing to use public transport in order to travel during night in urban areas (Hondrospyros and Seleridis, 2013). In the city of Athens, the unemployment rate was 23.4% in 2012 (ELSTAT) considering the fact that 80% of the daily transport demand is for business purpose. Passenger traffic in public transport has decreased 9.5% and the enterprises income has further decreased to 20%. Furthermore, taxi transport has decreased 30%-40% which is not sustainable for the enterprises.

Public transport enterprises face the problem of illegal passengers who either do not have a ticket or take it from another passenger when he disembarks. This issue reduces income and presents deficits for the enterprises budget and as a result, they increase the ticket prices for their passengers. For the taxi owners and enterprises, the lower number of clients leads to lower income, immobilization of the vehicles and presentation of parking queues which reduce the level of service in those streets.

During the years 2009 to 2012 more than 800,000 bicycles have been sold in Greece, indicating that bicycle commerce is a sector that sustains financial crisis. Bicycle is a transport mode with low transport cost being attractive for commuters in their daily urban trips (Newspaper ToVima). The majority of merchants import bicycles mainly form Europe and China. The total turnover of bicycle commerce in Greece is 50 million €, which can rise to 90 million €, including bicycle service and commerce of accessories. More than 300,000 bicycles are sold in Greece each year, mainly in the recent years when the Greek citizens discovered the benefits of bicycle use in the sectors of transport cost and physical activity.

The demand for bicycles in Greece before financial crisis was focused in medium cost bicycles (250-300 €), but now is focused mainly in lower cost bicycles (150-200 €). There is a rising preference for city and trekking bikes, but the main demand is for children bikes. The buyers favor the specialized bike stores and prefer less to purchase bikes from supermarkets. Bike store owners are cautious about future bicycle sales due to the large amount of sales in the previous years, thus emphasizing to accessories sales and services.

3. Conclusions

Financial crisis is the main reason that transport demand has reduced in urban areas not only in Greece but also in other countries that face similar problems. Private vehicle transportation is more expensive today in Greece due to high price of fuel and commuters lower income. Some proposals in order to reduce transport cost are promotion of teleworking and flexible work timetable. Employees are not obliged to travel daily for utilitarian purposes, also reducing external transport cost for the environment and the society. Flexible working hours can also smooth the peak traffic hours and promote use of public transport.

The development of technology in private vehicles and implementation of intelligent transport systems (ITS) in the urban transport realms can reduce the external transport cost. Economic hardship makes difficult for citizens or transport enterprises to buy state of the art electric or hybrid technology vehicles. Due to that fact there is still presence of old technology, environmentally polluting vehicles travelling in urban areas.

Considering the positive and negative consequences of financial crisis in the transport sector and the environment mainly in urban areas, perhaps it can be a unique chance for citizens to adopt customs in favor of lower external transport cost for the environment and society. Promotion of sustainable transport modes (walking, bicycle, public transport, and multimodal transport), electric and hybrid vehicles, flexible working hours and teleworking should be first priority in this era of financial inconvenience that our country suffers today. Perhaps this crisis is not only a threat but also an opportunity to promote sustainable mobility and change travel behavior in urban and suburban areas for recreational and utilitarian purposes.

References

Addams H. (2000). Q Methodology. Chapter 2. In: H. Addams and J. Proops. Social Discourse and Environmental Policy: An Application of Q Methodology. Cheltenham: Elgar.

Arrow K, Solow R, Portney P.R, Leamer E.E, Radner R. and Schuman H. (1993). Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation, Federal Register 58(10), 4601-4614.

Bateman I. and Turner K. (1992). Evaluation of the Environment: The Contingent Valuation Method, GEC Working Paper 92-18, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), University of East Anglia, Norwich and University College London.

Black J.S, Stern P.C and Elworth J.T. (1985). Personal and contextual influences on household energy adaptations, Journal of Applied Psychology, 70, 3-21.

Bräuer I, Müssner R, Marsden K, Oosterhuis F, Rayment M, Miller C. and Dodoková A. (2006). The use of market incentives to preserve biodiversity. Final report. Ecologic, Berlin, July 2006. Available from:
http://ec.europa.eu/environment/enveco/others/pdf/mbi.pdf

Bicycle sustains in the financial crisis (2012). Article in newspaper ToVima, Available from: http://www.tovima.gr/finance/article/?aid=487658

Hellenic Statistical Authority ELSTAT, Road safety data 2012. Available from: http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE

Hondrospyros K. and Seleridis G. (2013). Changes in public transport users' behavior in the city of Thessaloniki due to the financial crisis. Supervisor: Prof. Naniopoulos, A. Project in the lesson "Public Transportation", Aristotle University of Thessaloniki, Department of Civil Engineering.

Η επικύρωση του πρωτοκόλλου του Κιότο και η μεταβλητότητα της χρηματιστηριακής αγοράς

Χρήστος Κόλλιας & Στέφανος Παπαδάμου
Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Σχολή Κοινωνικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
kollias@uth.gr stpapada@uth.gr

Περίληψη
Οι αγορές και οι παράγοντες της αγοράς αντιδρούν σε εξωτερικά ερεθίσματα που επηρεάζουν την οικονομική δραστηριότητα, την απόδοση και την κερδοφορία των επιχειρήσεων και ως εκ τούτου τις αποφάσεις των επενδυτών και τις αποδόσεις της αγοράς. Τέτοια ερεθίσματα μπορεί να είναι ανθρωπογενείς ή φυσικές καταστροφές που συχνά αφήνουν μια αναγνωρίσιμη σφραγίδα για τις απόδοσεις των αγορών. Αυτό το άρθρο εξετάζει το πώς και σε ποιο βαθμό η επικύρωση από τις χώρες του πρωτοκόλλου του Κιότο έχει επηρεάσει τις χρηματιστηριακές αγορές. Για το σκοπό αυτό εφαρμόζεται η ανάλυση πάνελ δεδομένων σε ένα σύνολο 40 χωρών από το 1998-2005, προκειμένου να εξεταστεί η μεταβλητότητα στις χρηματιστηριακές αγορές, μετά την επίσημη έγκριση του πρωτοκόλλου. Τα εμπειρικά ευρήματα που αναφέρονται στο παρόν άρθρο δείχνουν ότι η αστάθεια της αγοράς είναι συστηματικά χαμηλότερη κατά τις περιόδους μετά την επικύρωση του Κιότο.

Λέξεις Κλειδιά: Πρωτόκολλο του Κιότο, χρηματιστηριακή μεταβλητότητα, Πάνελ δεδομένα.

JEL Κωδικοί: G1, Q50.

The Kyoto protocol ratification and stock market volatility

Christos Kollias & Stephanos Papadamou
Department of Economics, School of Social Sciences, University of Thessaly, Volos

Abstract
Markets and market agents react to external stimuli that affect economic activity, firms' performance and profitability and hence investors' decisions and market returns. Such stimuli can be anthropogenic or natural events that often leave an identifiable imprint on markets' performance metrics. This paper examines how and to what extent the ratification by countries of the Kyoto Protocol has affected stock markets. To this effect panel data analysis is applied on a set of 40 countries from 1998 to 2005, to examine stock markets' volatility following the official adoption of the Protocol. Findings reported herein indicate that market volatility is systematically lower in the periods following the Kyoto ratification.

Keywords: Kyoto Protocol; stock market volatility; Panel data.

JEL Classification: G1; Q50.

1. Introduction

It is widely acknowledged and accepted that human activities bear a heavy burden on the environment, causing environmental degradation and significantly contributing to climatic change (*inter alia*: Goudie, 2000; Trenberth *et al*. 2000; Bolin, 2003). This recognition has acted as an impetus that spurred both public and private action in favor of the adoption of an economic and production paradigm that bears less weight on the environment and could eventually lead to a more viable long-term symbiosis between human activities and the natural environment. As, among others, Climent and Soriano (2011) note, this augmented concern that societies and individuals display with respect to the environmental effects caused by anthropogenic activity in general and from the detrimental effects of fossil fuels and the concomitant emissions of green-house gases in particular, has led to the adoption and implementation of more stringent environmental rules and regulations both on a national as well as international level (*inter alia*: Perman, 1994; Maler and Vincent, 2003, 2005a, 2005b; Oates and Portney, 2003; Xepapadeas, 2005; Halkos and Tzeremes, 2013a; 2013b; Erdogan, 2013; Halkos, 2013; Crifo and Forget, 2014). The Kyoto Protocol is the most prominent international treaty with biding obligations towards the significant reduction of greenhouse gas emissions of which carbon dioxide is the most significant contributor to the buildup of such gases in the atmosphere with the concomitant detrimental effects and contribution to the climatic change. The Protocol imposes legally binding reductions and limitations in the emissions of such gases within two commitment periods: 2008-2012 and 2013-2020. Thus far, albeit not without debate and resistance, it has been ratified by a significant number of countries.

Given that its implementation is expected to bring about appreciable changes and adjustments in the economy and production paradigm since it imposes higher environmental standards and regulatory requirements affecting public policies as well as the choices and behavior of private economic agents; in this paper we examine how stock markets reacted to the ratification of the Protocol (*inter alia*: Maler and Vincent, 2003, 2005a, 2005b; Erdogan, 2013; Ramiah *et al*. 2013). Indeed, over the years, markets have gradually responded to the increasing environmental concern, awareness and sensitivity exhibited by public opinion with a proliferation of investment opportunities in portfolios that specialize in investing in assets and companies that adopt and implement environmental responsibility. As one would expect, this has also spurred research into the relative performance of such investment opportunities and markets response to environmental regulations and firms' compliance (*inter alia*: Lyon *et al*. 2013; Rathner, 2013; Ramiah *et al*. 2013; Renneboog *et al*. 2008; Gupta and Goldar, 2005; Statman, 2000; Chia *et al*. 2009; Halkos and Sepetis, 2007; Oberndorfer *et al*. 2013). As pointed out, in the broader spirit of this discourse, we examine stock markets' performance following the ratification of the Kyoto Protocol given that it represents a significant milestone in a country's environmental policy affecting almost all facets of economic activity and production. In this sense, the Protocol and its ratification can be viewed as a noteworthy exogenous event that nevertheless has the potential to considerably affect markets' performance. To this end, we employ panel data analysis. In our empirical investigation we use annual data from forty countries and we concentrate on stock market volatility in order to probe for any empirically traceable effects. As many papers have shown, a number of endogenous and exogenous factors can affect markets' volatility including investors' expectations and sentiment, market news and announcements, interest and exchange rates, central bank decisions (Bomfim, 2003; Konrad, 2009)[76] and transparency, political

[76] A common factor in these studies is the use of GARCH family models.

(in)stability, natural or anthropogenic calamities, (*inter alia*: Papadamou *et al*. 2014; Capelle-Blancard and Laguna, 2009; Wisniewski, 2009; Kaplanski and Levy, 2010; Asteriou, and Siriopoulos, 2003; Reeves and Sawinski, 2007; Lunde and Zebedee, 2009 ; Hussain, 2011 Mun, 2007; Umutlu et al., 2010; Esqueda et al., 2012).

While the above studies are somehow related to our paper since they investigate the determinants of stock market volatility, comparatively less attention has been given on environmental policy actions. The remainder of the paper is structured as follows: The next section describes the data and methodology, Section 3 presents the empirical analysis, and we conclude in the last section.

2. Methods and Data

Our sample covers the period 1998 to 2005 for 40 countries. Stock market general indices are drawn from the database Ecowin Reuters. In the first step of our methodology GARCH models are used in order to estimate conditional volatilities for stock market returns on daily frequency.[77] Based on the coefficients estimated in these models, we construct the daily conditional standard deviation (conditional volatility), and then we aggregate up the daily volatilities to annual frequency.[78]

Secondly, by using panel data analysis the main determinants of the stock market volatility constructed are investigated. Panel data methodology controls for individual heterogeneity, reduces problems associated with multicollinearity and estimation bias and specifies the time varying relationships between dependent and independent variables (Wooldridge, 2002).

Previous literature (Mun, 2007; Umutlu et al., 2010; Esqueda et al., 2012) identifies a set of variables responsible for stock market volatility. More specifically, among a cohort of macroeconomic factors, exchange rate variability and GDP growth are the most prominent. Therefore we include the real GDP growth and the effective exchange rate volatility measured by the standard deviation of the effective exchange rate (EER) monthly series over a year[79].The EER data are provided by the Bank of International Settlements (BIS).

In order to take into account any possible liquidity and size effects on stock market volatility, the ratio of the total value of shares traded over the average market capitalization on an annual basis (TO, turnover ratio) and the stock market capitalization deflated by GDP (referred to hereafter as 'Size'), are proposed. An increased financial integration can reduce stock market volatility according to previous literature (Umutlu et al., 2010; Esqueda et al, 2012). As a result we include an index of financial integration in our model. It is calculated as a country's foreign equity inflows and outflows plus foreign direct investment inflows and outflows divided by GDP (henceforth 'GEQY').

Recently Papadamou et al. (2014) provided theoretical and empirical evidence that central bank transparency can have beneficial effect on stock market volatility. They used as a proxy of central bank transparency an index constructed by Dincer and Eichengreen (2007), that covers a large range of central banks (124) and for a long period (1998–2005)[80].

---

[77] GARCH estimates are not presented for economy of space reasons but are available from the authors upon request.

[78] To aggregate volatilities from daily to lower frequencies, say annually, we take the average over that year and scale by $\sqrt{365}$, allowing for the possibility of missing days due to, for instance, holidays.

[79] Turnover ratio and size are collected by the World Bank, while GEQY is available on the updated and extended version of the External Wealth of Nations Mark II database developed by Lane and Milesi-Ferretti (2007).

[80] More specifically, Dincer and Eichengreen extend transparency indices of Eijffinger and Geraats (2006).

Our contribution in this literature is the particular attention given on the effect of Kyoto adaptation by several countries on stock market volatility. The general form of our model estimated is the following: $$y_{j,t} = a_0 + a_1 Ky_{j,t} + \sum_{k=1}^{\lambda} \beta_k x_{j,t}^k + \mu_j + e_{j,t} \quad (1)$$

where stock market volatility (y) is measured by the GARCH-based stock return volatility. The Ky is a dummy equals 1 for the period after the adoption of Kyoto Protocol for country j and zero otherwise. While $x_{j,t}$ is the group of *k* control variables (TO, Size, GEQY, EER volatility, stock returns[81], interest rate volatility[82], $Tr_{j,t}$ is the transparency index). The $e_{j,t}$ are the error terms for j=1, 2, …, M cross-sectional units, observed for t=1, 2, …, T dated periods. The parameter a_0 represents the overall constant in the model, while the μ_j represents cross section specific effects (random or fixed). Table 1 offers information on the average level of all these variables mentioned for each country included in the sample.

Table 1: Summary Statistics (Averages over the period 1998 –2005)

Country	Symbol	Interest Rate Volatility	Stock Returns	GARCH Volatility	EER Volatility	Real GDP Growth	TO	Size	GEQY	Transparency Index
Argentina	ARG	0.4293	0.1366	0.3494	0.1317	0.0143	0.1319	0.4626	0.4375	3.9375
Australia	AUS	0.0390	0.0752	0.1463	0.0237	0.0370	0.6652	1.0565	1.0000	8.5000
Canada	CAN	0.1144	0.0650	0.1941	0.0189	0.0345	0.6287	1.0676	1.5500	10.5000
China	CHI	0.0552	0.0035	0.2584	0.0180	0.0908	1.0632	0.3529	0.2375	2.3750
Chile	CHIL	0.3428	0.0816	0.1153	0.0367	0.0350	0.0967	0.8959	0.9875	7.3750
Croatia	CRO	0.3306	0.0862	0.3170	0.0111	0.0337	0.0469	0.1744	0.2750	2.1250
Cyprus	CYP	0.1083	0.0637	0.3214	0.0134	0.0389	0.5286	0.4526	0.7125	4.5000
Denmark	DKN	0.0922	0.0782	0.2209	0.0112	0.0182	0.7324	0.5901	1.1500	5.3750
Egypt	EGY	0.1037	0.2269	0.1237	-	0.0415	0.2340	0.3984	0.2625	1.1250
Eurozone	EMU	0.0889	0.0421	0.2500	0.0234	0.0235	1.1955	0.7750	0.8875	9.5625
Estonia	EST	0.1558	0.1147	0.2820	0.0143	0.0650	0.3348	0.3067	0.7750	5.3750
Hong Kong	HON	0.4389	0.0409	0.2906	0.0189	0.0321	0.4794	3.2849	6.3375	6.3750
Hungary	HUG	0.0890	0.1194	0.3143	0.0249	0.0404	0.7198	0.2576	0.6500	6.1875
Iceland	ICL	0.1537	0.2038	0.1272	0.0503	0.0454	0.5194	0.8193	0.6375	6.8750
Indonesia	IDO	0.2278	0.1328	0.3203	0.0785	0.0203	0.4241	0.2439	0.2000	5.5000
India	IND	0.0276	0.1409	0.3169	0.0205	0.0657	1.6585	0.3853	0.1375	2.0000
Israel	ISR	0.1123	0.1288	0.2359	0.0267	0.0340	0.5139	0.5890	0.5375	7.8125
Jamaica	JAM	0.0691	0.2077	0.1689	-	0.0095	0.0267	0.6926	0.5250	4.9375
Jordan	JOR	0.1233	0.1972	0.1778	-	0.0532	0.2693	1.1444	0.7125	1.1875
Japan	JPN	0.7080	0.0386	0.2487	0.0267	0.0076	0.7637	0.7423	0.2625	8.4375
Korea	KOR	0.1214	0.1628	0.4014	0.0302	0.0420	2.7264	0.5483	0.3125	7.9375
Malaysia	MAL	0.0839	0.0518	0.2649	0.0187	0.0393	0.3129	1.4107	0.7625	4.7500
Malta	MAT	0.0335	0.1946	0.1737	0.0064	0.0265	0.0758	0.4290	0.7375	5.9375
Mexico	MEX	0.1855	0.1531	0.2898	0.0480	0.0308	0.2761	0.2248	0.3500	4.4375
Norway	NOR	0.1387	0.0622	0.2467	0.0189	0.0237	0.9182	0.4306	0.9375	7.0625
New Zealand	NZL	0.1267	0.0296	0.1446	0.0265	0.0347	0.4095	0.3958	0.9375	12.9375
Philipines	PHI	0.0822	0.1004	0.2294	0.0371	0.0374	0.2065	0.4161	0.2500	7.4375
Romania	ROM	0.2061	0.2703	0.3339	0.1191	0.0309	0.2488	0.0860	0.2125	3.5000
Russia	RUS	0.4883	0.3623	0.5467	0.2465	0.0522	0.3372	0.3638	0.4000	1.7500
S. Africa	SAF	0.1030	0.1423	0.2883	0.0668	0.0328	0.3934	1.6977	0.9125	7.2500
S. Arabia	SAR	0.1438	0.2683	0.2117	0.0238	0.0397	0.9194	0.7131	0.8750	1.0000
Singapore	SGX	0.2161	0.0553	0.2792	0.0083	0.0465	0.4915	1.8566	4.3250	4.7500
Slovenia	SLO	0.1075	0.1491	0.1405	0.0127	0.0390	0.2219	0.1784	0.2750	6.2500
Sweden	SWE	0.0777	0.0672	0.2670	0.0198	0.0335	1.0313	1.0839	1.7250	11.2500
Switzerland	SWI	0.3292	0.0279	0.2309	0.0141	0.0180	0.8730	2.4036	3.5125	8.0625
Thailand	THA	0.2587	0.0812	0.3244	0.0272	0.0303	0.9013	0.4985	0.4500	6.0625
Turkey	TRK	0.1994	0.3056	0.5701	0.2748	0.0365	1.6079	0.2544	0.1500	6.0625
United Kingdom	UK	0.0764	0.0208	0.1983	0.0158	0.0322	0.9124	1.4874	1.8250	11.8750
Ukraine	UKR	0.4651	0.1854	0.4111	-	0.0530	0.0835	0.0970	0.1625	2.5000
United States of America	USA	0.1670	0.0315	0.2208	0.0185	0.0318	1.5159	1.4095	0.6875	8.3750
Avg Across Countries		0.1855	0.1226	0.2638	0.0439	0.0363	0.6374	0.7669	0.9519	5.9813

Note: - indicates unavailability of data. GEQY measures financial integration. TO stands for turnover, our proxy for stock market liquidity. Size is equal to the stock market capitalization deflated by GDP.

3. Empirical Results

In the first step of our empirical investigation, a number of panel unit root tests are applied to the variables of interests (i.e., volatility measures for GDP and inflation and stock prices as well as transparency index). Looking at the results of the unit root tests in Table 2, it can be seen that there is evidence against non-stationarity for all the variables involved.

In the second step, the panel data estimation results for the effect of Kyoto adaptation on the conditional volatility measure are presented in table 3. Two different models are

[81] In order to investigate weather the effect of transparency on stock volatility can be altered by the well known risk-return relationship, the stock return variable is included in our model. We would like to thank one the reviewers for this suggestion.

[82] The interest volatility measured as the standard deviation of quarterly interest rates, $\sigma(i)_{j,t}$.

estimated regarding data availability for some countries – the first one including the volatility of the effective exchange rate in the control variables set (model 2) and the second one (model 1) without it.

Table 2: Summary of panel unit root tests

Variable of interest	Levin, Lin & Chu t*	Im, Pesaran and Shin W-stat	ADF - Fisher Chi-square	Haris-Tzavalis Test
Interest Rate Volatility	-56.785 (0.00)***	-11.003 (0.00)***	210.737 (0.00)***	-7.666 (0.00)***
EER Volatility	-15.347 (0.00)***	-8.564 (0.00)***	221.892 (0.00)***	-10.596 (0.00)***
GARCH Volatility	-11.003 (0.00)***	-4.122 (0.00)***	161.958 (0.00)***	-3.281 (0.00)***
Stock Return	-19.033 (0.00)***	-6.094 (0.00)***	185.941 (0.00)***	-15.691 (0.00)***
Size	-12.017 (0.00)***	-2.219 (0.01)**	174.866 (0.00)***	-1.763 (0.03)**
TO	-15.711 (0.00)***	-3.526 (0.00)***	147.403 (0.00)***	-2.200 (0.01)**
Real GDP growth	-24.339 (0.00)***	-7.262 (0.00)***	198.279 (0.00)***	-10.537 (0.00)***
GEQY	-27.244 (0.00)***	-3.315 (0.00)***	133.205 (0.00)***	-2.003 (0.02)**
Transparency Index	-68.802 (0.00)***	-9.428 (0.00)***	90.518 (0.00)***	-1.648 (0.04)**

Note: H_0: unit root is present. P-values are in parentheses. *,** and ***indicate statistical significance at the 10%, 5%, and 1% level respectively.

In the first columns of the table fixed effects and random effects models are estimated. The F-tests indicate that the FE models outperform the pooled OLS in all cases. The appropriateness of the FE model relative to the random effects (RE) model is examined by applying the Hausman's test, provided in the lower part of the table. Evidence for the RE model is provided. However, by applying the semi-parametric test proposed by Frees (1995) and the parametric testing procedure proposed by Pesaran (2004) for panel-data models with small T and large N, we provide evidence against the null hypothesis of cross-sectional independence (in case of cross-panel correlations existence inefficient estimates with RE model are achieved, for instance, Beck and Katz, 1995). Additionally, the modified Wald test (Wooldridge, 2002) indicates evidence for group-wise heteroskedasticity.

Therefore, our discussion of the results should be focused on the last columns of the table providing estimates in the case of heteroskedastic and contemporaneously correlated across panels disturbances of the combination of OLS with panel-corrected standard errors (PCSEs) that leads to an accurate estimation compared to the feasible GLS method (Beck and Katz, 1995).

Then, by focusing on whether Kyoto adaptation has any effect on the measure of conditional stock market volatility, it can be easily observed that there is a significant negative relationship. In other words, this shows that stock market volatility is significantly smaller after the period of Kyoto adaptation by the countries of the sample. A tentative explanation of this result is that smaller uncertainty about the risks undertaken by companies in project implementation due to Kyoto protocol restrictions can be cited as responsible for the lower volatility on investors' reactions.

Table 3: Panel data estimation results for stock market volatility

Dependent Variable		GARCH Volatility					
Independent Variables	**Expected Sign**	**Fixed Effects**		**Random Effects**		**OLS with PCSE**	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Constant	+	0.3473 (0.00)***	0.3435 (0.00)***	0.3466 (0.00)***	0.3293 (0.00)***	0.3526 (0.00)***	0.2944 (0.00)***
Kyoto Dummy	?	-0.0264 (0.04)**	-0.0317 (0.04)**	-0.0257 (0.03)	-0.0313 (0.01)***	-0.0362 (0.04)**	-0.0309 (0.02)***
Transparency Index	-	-0.0147 (0.00)***	-0.0132 (0.00)***	-0.0144 (0.00)***	-0.0133 (0.00)***	-0.0139 (0.00)***	-0.0117 (0.00)***
Interest Rate Volatility	+	0.0194 (0.40)	0.0223 (0.31)	0.0356 (0.07)*	0.0365 (0.07)*	0.1104 (0.00)***	0.0658 (0.04)**
Real GDP Growth	-	-1.0083 (0.00)***	-0.5532 (0.10)	-0.9674 (0.00)***	-0.5122 (0.08)*	-0.7995 (0.04)**	-0.2932 (0.30)
TO	+	0.0770 (0.00)***	0.0793 (0.00)***	0.0784 (0.00)***	0.0736 (0.00)***	0.0834 (0.00)***	0.0751 (0.00)***
GEQY	-	-0.0632 (0.00)***	-0.0578 (0.00)***	-0.0645 (0.00)***	-0.0631 (0.00)***	-0.0810 (0.00)***	-0.0772 (0.00)***
Size	- /+	-0.0075 (0.97)	-0.0367 (0.09)*	-0.0086 (0.59)	-0.0206 (0.18)	-0.0347 (0.00)***	-0.0176 (0.01)**
EER Volatility	+		0.3048 (0.00)***		0.3396 (0.00)***		0.4888 (0.00)***
R^2		31.2%	51.6%	32.7%	54.5%	34.7%	58.2%
F Test		13.350***	45.37***				
Wald Test				95.98***	460.39***	156.46***	452.11***
ρ [AR(1) coeff.]							
N =(ixT)		320	288	320	288	320	288
Specification tests							
F-test (pooled OLS vs. FEM)		13.398***	11.6459***				
Hausman test (FEM vs REM)		10.682	8.241				
Test of cross-sectional independence by Frees		1.711***	1.556***	1.702***	1.358***		
Test of cross-sectional independence by Pesaran		4.588***	2.806***	4.578***	2.978***		
Modified Wald test for group wise heteroskedasticity		2303.11***	2333.67***				

Note: *,** and *** indicate statistical significance at the 10%, 5%, and 1% level respectively.

As far as the effect of other control variables on stock market volatilities is concerned, the results are in line with previous studies. Higher level of central bank transparency and lower level of exchange rate volatility coexist with reduced stock market volatility offering useful pointers on the way that monetary policy strategies should be pursued. Moreover, statistically significant negative effect on stock market volatility has been found by the real GDP growth and stock market size variables. Furthermore, in line with Umutlu et al. (2010), the turnover ratio (TO) has a significant positive impact on the volatility measures of stock markets. Finally, the financial openness measure, GEQY, is negatively correlated with stock market volatility (Umutlu et al., 2010; Esqueda et al, 2012).

4. Conclusions

This paper examined the relationship between stock market volatility and Kyoto protocol adaptation. Using panel data for 40 countries, we provide empirical evidence supporting the view that the Kyoto protocol adaptation can have beneficial effect on stock market volatility.

Central bank behavior reducing interest rate and exchange rate uncertainty, and increasing the level of transparency on conducting monetary policy can contribute towards

lower financial instability. Moreover, countries presenting high stock market capitalization and high level of financial openness present smoother stock market development. Among other policies contributing to lower stock market volatility is the adoption of the Kyoto protocol that reduces risks undertaking on investment projects given that investment decisions follow specific rules. Our findings indicate that policy toward more environmental friendly decisions by authorities can produce more smooth investors' reactions reflected by reduced stock market volatility. For further research, it could be interesting to investigate the role of other significant environmental policy actions on investors' behavior in the stock markets.

References

Beck, N., and Katz, J.N., (1995). What to do (and not to do) with time-series cross-section data. American Political Science Review 89, 634–647.

Bolin B. (2003) Geophysical and geochemical aspects of environmental degradation, In: Maler K-G and Vincent J. [Eds], pp. 8-59

Bomfim, A.N., (2003). Pre-Announcement Effects, News Effects, and Volatility: Monetary Policy and the Stock Market. Journal of Banking and Finance 27, 133-151.

Chia C., Goldberg L., Owyong D., Shepard, P. and Stoyanov, T. (2009) Is there a green factor? The Journal of Portfolio Management, 35(3): 34-40.

Climent F. and Soriano P. (2011). Green and Good? The Investment Performance of US Environmental Mutual Funds. Journal of Business Ethics 103:275–287

Crifo P. and Forget V. (2014). The economics of corporate social responsibility: a firm level perspective survey. Journal of Economic Surveys doi: 10.1111/joes.12055

Dincer, N., and Eichengreen, B., (2007). Central bank transparency: where, why, and with what effects? NBER Working Paper Nr. 13003.

Eijffinger, S., and Geraats, P.M., (2006). How transparent are central banks? European Journal of Political Economy 22, 1–21.

Erdogan A. (2013). Foreign direct investment and environmental regulations: a survey. Journal of Economic Surveys, doi: 10.1111/joes.12047

Esqueda, O.A., Assefa, T.A., and Mollick, A.V., (2012). Financial globalization and stock market risk. Journal of International Financial Markets, Institutions and Money 22, 87-102.

Fratzscher, M., (2006). On the long-term effectiveness of exchange rate communication and interventions. Journal of International Money and Finance 25(1), 146-167.

Frees, E. W. (1995). Assessing cross-sectional correlations in panel data. Journal of Econometrics 69: 393-414..

Geraats, P.M., (2006). The mystique of central bank speak. International Journal of Central Banking 37–80 March.

Goudie A. (2000). The Human Impact on the Natural Environment. MIT Press

Halkos G. and Sepetis A. (2007). Can capital markets respond to environmental policy of firms? Evidence from Greece. Ecological economics, 63(2), 578-587.

Halkos G.E. (2013). Exploring the economy–environment relationship in the case of sulphur emissions. Journal of Environmental Planning and Management, 56(2), 159-177.

Halkos G.E. and Tzeremes N.G. (2013a). National culture and eco-efficiency: an application of conditional partial nonparametric frontiers. Environmental Economics and Policy Studies, 15(4), 423-441.

Halkos G.E. and Tzeremes N.G. (2013b). Economic growth and environmental efficiency: Evidence from US regions. Economics Letters, 120(1), 48-52.

Halkos, G.E. (2003). Environmental Kuznets Curve for sulfur: evidence using GMM estimation and random coefficient panel data models. Environment and development economics, 8(4), 581-601.

Hussain, S.M., 2011. Simultaneous monetary policy announcements and international stock markets response: An intraday analysis. Journal of Banking & Finance 35, 752-764.

Kaplanski G. and Levy H. (2010). Sentiment and stock prices: The case of aviation disasters. Journal of Financial Economics, 95(2), 174-201.

Konrad, E., (2009). The impact of monetary policy surprises on asset return volatility: the case of Germany, Financial Markets and Portfolio Management 23(2), 111-135.

Lane, P. R., and Milesi-Ferretti, G. M. (2007). The external wealth of nations mark II: Revised and extended estimates of foreign assets and liabilities, 1970–2004. Journal of international Economics 73(2), 223-250.

Lunde, A., and Zebedee, A., 2009. Intraday volatility responses to monetary policy events, Financial Markets and Portfolio Management 23(4), 383-399.

Maler K-G. and Vincent J. [Eds] (2003) Handbook of Environmental Economics. Vol. 1. Elsevier Science

Maler K-G. and Vincent J. [Eds] (2005) Handbook of Environmental Economics. Vol. 2. Elsevier Science

Maler, K-G. and Vincent J. [Eds] (2005a) Handbook of Environmental Economics. Vol. 3. Elsevier Science

Mun, K.-C., 2007. Volatility and correlation in international stock markets and the role of exchange rate fluctuations. Journal of International Financial Markets, Institutions and Money 17, 25-41.

Oates W. and Portney P. (2003) The political economy of environmental policy, in Maler, K-G. and J. Vincent [Eds], pp. 326-354

Papadamou, S., Sidiropoulos, M., and Spyromitros, E. (2014). Does central bank transparency affect stock market volatility?. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, *31*, 362-377.

Perman R. (1994). The economics of the greenhouse effect, Journal of Economic Surveys 8(2): 99-132

Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. University of Cambridge, Faculty of Economics, Cambridge Working Papers in Economics No. 0435.

Ramiah V. Martin B. and Moosa I. (2013) How does the stock market react to the announcement of green policies? Journal of Banking and Finance 37: 1747–1758

Reeves, R., Sawicki M., (2007). Do Financial Markets react to Bank of England Communication? European Journal of Political Economy 23 (1), 207-227.

Renneboog L.J., Horst T. and Zhang C. (2008). Socially Responsible Investments: Institutional Aspects, Performance, and Investor Behavior. Journal of Banking and Finance 32(9), 1723–1742.

Rhee, H.J., Turdaliev, N., (2013). Central bank transparency: Does it matter? International Review of Economics & Finance 27, 183-197.

Statman M. (2000). Socially Responsible Mutual Funds. Financial Analysts Journal 56(3), 30–39.

Umutlu, M., Akdeniz, L., and Altay-Salih, A., (2010). The degree of financial liberalization and aggregated stock-return volatility in emerging markets. Journal of Banking & Finance 34, 509-521.

Van der Cruijsen, C., Demertzis, M., (2007). The impact of central bank transparency on inflation expectations. European Journal of Political Economy 23 (1), 51-66.

Van der Cruijsen, C.A.B., Eijffinger, S.C.W., Hoogduin, L.H., (2010). Optimal central bank transparency. Journal of International Money and Finance 29, 1482-1507.

Wooldridge, J. M., (2002). Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. Cambridge, MA: The MIT Press.

Xepapadeas A. (2005). Economic growth and the environment, in Maler, K-G and J. Vincent [Eds], pp. 1219-1271

Επιπτώσεις της Οικονομικής Πολιτικής στην Ποιότητα του Περιβάλλοντος: Η Περίπτωση των ΗΠΑ

Γεώργιος Χάλκος & Επαμεινώνδας Παϊζάνος
Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
halkos@uth.gr

Περίληψη
Σκοπός αυτού του άρθρου είναι η εξέταση των επιπτώσεων της οικονομικής πολιτικής στην ποιότητα του περιβάλλοντος, χρησιμοποιώντας τριμηνιαία δεδομένα για τις ΗΠΑ, για την περίοδο 1973-2013. Πιο συγκεκριμένα αναλύονται οι βραχυχρόνιες και μακροχρόνιες αλληλεπιδράσεις μεταξύ της δημοσιονομικής και νομισματικής πολιτικής με τις εκπομπές CO_2, χρησιμοποιώντας μεθοδολογία χρονολογικών σειρών όπως η έννοια της Συνολοκλήρωσης, Ελέγχους αιτιότητας κατά Granger, και το Διανυσματικό Υπόδειγμα Διόρθωσης Σφάλματος (VECM). Καθώς η επίδραση της οικονομικής πολιτικής στο περιβάλλον δύναται να διαφοροποιείται ανάλογα με τις πηγές εκπομπών, εξετάζονται οι εκπομπές CO_2 τόσο από τη βιομηχανία όσο και από τα νοικοκυριά. Επιπρόσθετα κατασκευάζονται οι Συναρτήσεις Αιφνίδιων Αντιδράσεων (Impulse Responses) για τρεις διαφορετικούς συνδυασμούς δημοσιονομικών διαταραχών που αντιστοιχούν στην αύξηση των κυβερνητικών δαπανών με παράλληλη αύξηση του δημοσιονομικού ελλείμματος, περικοπή των φόρων με παράλληλη αύξηση του ελλείμματος και τέλος ισοσκελισμένη αύξηση των κυβερνητικών δαπανών. Οι προτάσεις πολιτικής που προκύπτουν από την ανάλυση διαφοροποιούνται ανάλογα με την πηγή εκπομπής των ρύπων CO_2.

Λέξεις Κλειδιά: Δημοσιονομική πολιτική, νομισματική πολιτική, περιβάλλον.

JEL Κωδικοί: E52, Q53, Q54, Q56, E62.

Effects of macroeconomic policy on air quality: Evidence from the US

George E. Halkos and Epameinondas A. Paizanos
Laboratory of Operations Research, Department of Economics, University of Thessaly

Abstract
This paper examines the effect of economic policy on air quality using US quarterly data from 1973 to 2013. In particular, we analyze the short-run as well as the long-run interactions between fiscal and monetary policy with CO_2 emissions, employing time series techniques of co-integration, Granger multivariate causality and vector error-correction modeling. To take into account possible variations of the effect of economic policy according to the sources of pollution, we distinguish between industrial and residential inflicted CO_2 emissions. In addition, we construct the impulse responses to three linear combinations of fiscal shocks, corresponding to the three scenarios of deficit-spending, deficit-financed tax cuts and a balanced budget spending expansion. Policy implications from the results vary depending on the source of CO_2 emissions.

Keywords: Fiscal policy; monetary policy; environment

JEL Classification: E52; Q53; Q54; Q56 E62.

1. Introduction

Government expenditure has recently expanded in many countries to alleviate the adverse effects of the 2008-2009 economic crises. A large fraction of GDP is spent by governments affecting a variety of economic variables and prosperity in particular. Recent studies suggest that government expenditure is an important determinant of environmental quality (Lopez et al., 2011, Halkos and Paizanos, 2013; Lopez and Palacios, 2014; Galinato and Islam, 2014). The mechanisms through which prosperity, government expenditure and environment interact with each other are investigated in theoretical papers by Heyes (2000), Lawn (2003) and Sim (2006). Furthermore, it is possible that the size of government revenue as well as monetary policy also have a role in the determination of environmental quality.

However, despite the important influence that macroeconomic policy may have on the environment, this relationship has not been studied extensively in the literature. Higher government expenditure is more likely to include redistributive transfers, which result to increased income equality and thus to higher demand for environmental quality. Moreover, if the hypothesis that the environment is a luxury public good holds, it is likely that it will only be demanded when the demand for other public goods has been satisfied, i.e. at large levels of government size (Frederik and Lundstrom, 2001). In a related study, Lopez et al. (2011) identify four mechanisms by which the level and composition of fiscal spending may affect pollution levels[83], namely the scale (increased environmental pressures due to more economic growth), composition (increased human capital intensive activities instead of physical capital intensive industries that harm the environment more), technique (due to higher labor efficiency) and income (where increased income raises the demand for improved environmental quality) effects.

The estimated sign of the effect of government expenditure on pollution is ambiguous in the empirical literature. Frederik and Lundstrom (2001) investigate the effect of political and economic freedom on the level of CO_2 (Carbon dioxide) emissions and find that the effect of government size on levels of pollution differs according to the initial government size. They suggest that increased economic freedom, in terms of lower government size, decreases CO_2 emissions when the size of government is small but increases emissions when the size is large.

According to Bernauer and Koubi (2006) an increase in the government spending share of GDP is associated with more air pollution and this relationship is not affected by the quality of the government. However, they do not consider quadratic or cubic terms of income in their analysis and they ascribe their finding to the ambiguous hypothesis that higher income leads to both bigger government and better air quality.

Recently, Lopez et al. (2011) provide a theoretical basis for determining the effect of government expenditure on pollution. Specifically, they stress the importance and estimate empirically the effect of fiscal spending composition on the environment. They argue that a reallocation of government spending composition towards social and public goods reduces pollution. Moreover, they find that increasing total government size, without changing its orientation, has a non-positive impact on environmental quality. However, in a related study, Lopez and Palacios (2010) examine the role of government expenditure and environmental taxes on environmental quality in Europe and report total government expenditure as a negative and significant determinant of air pollution, even after controlling for the composition of public expenditure.

[83] In particular, they examine the effect of the share of public goods in total government expenditure on pollution.

Given this background our purpose is to investigate how macroeconomic policy affects air pollution. To the best of our knowledge the present paper is the first that examines the effects of both fiscal and monetary policy on the environment. For that reason, we employ vector autoregression methods, employing a sample of quarterly data for the US economy, covering the period 1973-2013 for CO_2, distinguishing between production- and consumption-generated sources of the pollutant. In estimating the proposed models we take into account the dynamic nature of the relationships examined, by employing appropriate econometric techniques for the estimation of vector autoregressions, for the first time in this area of research.

The remainder of the paper is organized as follows: Section 2 presents the data used in the analysis and section 3 discusses the proposed econometric models. The empirical results are reported in section 4 while the final section concludes the paper.

2. Data

Our sample consists of quarterly data for 12 macroeconomic and environmental variables for the period 1973-2013, for the US economy. There are 164 observations per variable. The macroeconomic variables used are GDP, Private Consumption, Total Government Expenditure, Total Government Revenue, Real Wages, Private Non-Residential Investment, Interest Rate, Adjusted Reserves, PPIC and GDP deflator and are derived from the US Bureau of Economic Analysis and the Federal Reserve Board of St. Louis.

Table 1: Descriptive statistics of environmental and macroeconomic policy variables, 1973:1–2013:4

	CO_2IC	CO_2RTC	RBPEXP	RBPREV	FFRT
Mean	2.779	3.239	4.298	3.796	5.754
Median	2.796	3.241	4.287	3.750	5.460
Maximum	3.131	3.329	4.623	4.280	17.78
Minimum	2.399	3.099	3.993	3.188	0.070
Std. Dev.	0.175	0.047	0.193	0.234	3.911
Coef. of Var.	0.063	0.015	0.045	0.062	0.680
Observations	164	164	164	164	164

Note: All variables are in logarithms except the interest rate where the level has been used.

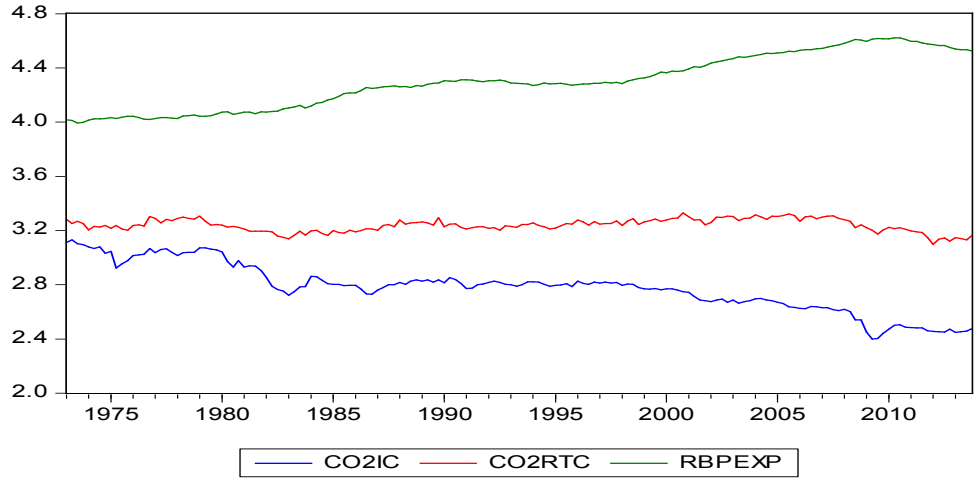
The CO_2 data are from the US Environmental Protection Agency and are distinguished in two categories according to their resources, namely production-generated emissions (industrial - CO_2IC) and residential and transport (i.e. consumption generated emissions - CO_2RTC)[84]. This distinction is important since the mechanism through which government expenditure affects consumption-generated pollution is likely to differ compared to production pollution. For example, for consumption related pollutants the use and influence of environmental policies is more difficult, since the main tool to reduce these is the implementation of environmental taxes, which are often avoided as they are not politically popular.

The descriptive statistics of the environmental and macroeconomic policy variables of the model for the period 1973 to 2013 are presented in Table 1. It is interesting to note that the mean value of the CO_2RTC is higher than that of CO_2IC depicting the fact that residential and transport activities are a relatively greater source of pollution. On the other hand, CO_2IC

[84] In general, emissions from road vehicles may be classified as production-generated or consumption-generated. However, majority of vehicles are passenger vehicles so we classify emissions associated with their use as consumption pollution.

emissions' variability is larger as shown by the coefficients of variation. Regarding the macroeconomic policy variables we observe that the average value of government spending is greater than that of government revenue, implying that on average the US government followed a deficit financed spending policy. Finally, the interest rate variable is characterized by large volatility. Figure 1 depicts these relationships.

Figure 1: Government expenditure, CO_2IC and CO_2RTC emissions, 1973:1 – 2013:4



3. Methodology

We initially estimate a typical Vector Autoregression Model which may be presented as:

$$\begin{bmatrix} X_t \\ Y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{1,0} \\ \alpha_{2,0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11}^{(1)} \beta_{12}^{(1)} \\ \beta_{21}^{(1)} \beta_{22}^{(1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{t-1} \\ Y_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11}^{(2)} \beta_{12}^{(2)} \\ \beta_{21}^{(2)} \beta_{22}^{(2)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{t-2} \\ Y_{t-2} \end{bmatrix} + ... + \begin{bmatrix} \beta_{11}^{(p)} \beta_{12}^{(p)} \\ \beta_{21}^{(p)} \beta_{22}^{(p)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{t-p} \\ Y_{t-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_t \\ v_t \end{bmatrix}$$

if we define Z_t as $Z_t = \begin{bmatrix} X_t \\ Y_t \end{bmatrix}$ then we have

$$Z_t = \alpha + \beta_1 Z_{t-1} + \beta_2 Z_{t-2} + ... + \beta_p Z_{t-p} + e_t$$

where Z_t is a vector that contains the system variables; β_1, β_2, ….β_p are parameters; α is the deterministic element of the VAR model; e_t is the vector of random errors distributed with zero mean and Ω variance matrix.

If the variables are non-stationary but are integrated of order 1 [i.e. I(1)] and co-integrated then a Vector Error Correction Model (VECM) should be employed instead. The VECM has cointegration relations built into the specification so that it restricts the long-run behavior of the endogenous variables to converge to their co-integrating relationships while allowing for short-run adjustment dynamics. The co-integration term is known as the error correction term since the deviation from long-run equilibrium is corrected gradually through a series of partial short-run adjustments.

For constructing the impulse responses we use the Generalized Impulse Responses approach which unlike the conventional impulse response method typically employs a Cholesky decomposition of the positive definite covariance matrix of the shocks; the advantage of the generalized impulse response analysis is that it does not require orthogonalization of shocks. Since the resulting impulse responses are invariant to the ordering of the variables in the VAR, this approach gives unique and robust results.

Moreover, we estimate bootstrap confidence intervals that allow us to identify the significance of the reported effects.

Furthemore, we employ an alternative identification method using sign restrictions, as proposed by Mountford and Uhlig (2009). This identification method is able to address three main issues which often occur in the identification of policy shocks using vector autoregressions. Firstly, there is the difficulty of separating movements in fiscal variables caused by fiscal policy shocks from those which are the automatic movements of fiscal variables in response to other shocks such as business cycle shocks. Then, there is the difficulty of what a fiscal policy shock refers to. While there is agreement that a monetary policy shock refers to a surprise rise in interest rates, there are several different definitions regarding fiscal policy shocks. Finally, one also needs to take into consideration that there is often a lag between the announcement and the implementation of fiscal policy and that the announcement may cause movements in macroeconomic variables before there are movements in the fiscal variables.

For the first problem we identify a business cycle shock and a monetary policy shock that are both orthogonal to a fiscal policy shock. This separates the automatic responses of fiscal variables to business cycle and monetary policy shocks. To address the second problem, we argue that fiscal policy shocks range between a government revenue shock and a government spending shock. Different fiscal policies such as balanced budget expansions can then be described as different linear combinations of these two basic shocks. For the third problem, we also identify fiscal policy shocks with the identifying restriction that the fiscal variable in question does not respond for four quarters, and then rises for a defined period afterwards. Restricting the responses of impulse responses as a means of identification is therefore particularly suitable for dealing with the announcement effect. By contrast, this paper relies on macroeconomic time series data alone for shock identification and it is not based on assumptions about the reactions of some variables to macroeconomic shocks.

We choose to restrict responses for a year following the shock in order to rule out shocks where government spending rises on impact but then subsequently falls after one or two quarters. This provides additional identifying power.

It is important to note that no sign restrictions are imposed on the responses of the environmental variables and so the method remains agnostic with respect to the responses of the key variables of interest.

4. Results

Table 2 summarizes the results of the Granger causality tests between CO_2 emissions and the macroeconomic variables as well as per capita income. In performing the tests, 2 lags were used in the regressions since this is the optimal number of lags in the VAR model as indicated by the Akaike (AIC) and Schartz Information Criteria (SC). We reject the hypothesis that RBPEXP does not Granger cause CO_2IC but the same does not hold for CO_2RTC. However, there is evidence that government expenditure is caused by changes in emissions of the latter sources[85]. One plausible explanation for that is that since CO_2RTC emissions are greater than CO_2IC government expenditure responds to variations in emissions from these sources. On the other hand, government revenue affects both CO_2IC and CO_2RTC levels however, is not caused by any of them. Interestingly, monetary policy proxied by the interest rate does not affect either pollutants' emission levels but seems to be preceded by

[85] It is important to note that the statement "x Granger causes y" does not imply that y is the effect or the result of x. Granger causality measures precedence and information content but does not by itself indicate causality in the more common use of the term.

variations in industrial CO_2 emissions. Finally, there is support for a bivariate causal relationship between CO_2IC and per capita income, while there seems to be no relationship between GDP and CO_2RTC emissions. This depicts the Environmental Kuznets Curve (EKC) relationship between GDP and pollution levels. Specifically, for high income countries, like the United States, there is evidence in the literature of a large effect of GDP on production generated pollution but the curve is rather flat in the relationship with consumption generated pollution (Halkos, 2003 and Martinez-Zarzoso and Bengochea-Morancho, 2003).

Table 2: Granger Causality tests of bivariate relationships

	CO_2IC		CO_2RTC	
Variables	F statistic	Probability	F statistic	Probability
RBPEXP does not Granger Cause CO2	4.713	0.010**	0.198	0.820
CO2 does not Granger Cause RBPEXP	0.163	0.849	3.284	0.040**
RBPREV does not Granger Cause CO2	5.949	0.003***	3.864	0.023**
CO2 does not Granger Cause RBPREV	0.447	0.639	0.896	0.410
FFRT does not Granger Cause CO2	2.017	0.136	0.510	0.601
CO2 does not Granger Cause FFRT	4.320	0.014**	0.398	0.671
RGDPC does not Granger Cause CO2	21.56	0.000***	2.038	0.133
CO2 does not Granger Cause RGDPC	5.579	0.004***	1.399	0.249

**Significant at 5% ***Significant at 1%.

Before turning to the estimation of the vector autoregression model we should examine the time series properties of the variables employed in the analysis. For this reason we use the Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) stationarity tests, reported in table 3.

To perform the ADF test we consider the following process of data generation:

$$\Delta X_t = a + \delta X_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t \qquad \Delta X_t = \alpha + \beta \mathrm{T} + \delta X_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t$$

Where Δ is the operator of the first-order difference; X_t is the variable under consideration; T is the linear time trend and t stands for time; p is the lag order; and ε_t is the white noise disturbance term with zero mean. The first of the process is with intercept, while the second is with trend and intercept. The null hypothesis is that H_0: δ=0 against H_1 δ 0 and the computed τ-values are compared with MacKinnon's tables of critical values (MacKinnon 1996). If the computed τ-values are greater than the MacKinnon critical values then H0 is rejected and the variable is stationary. In the case that the τ-values are less than the critical values then the null Hypothesis of non-stationarity is not rejected. Rejection of H0 implies that the variable X_t is integrated of order zero [I(0)]. If the time series become stationary in first differences, then they are integrated of one [I(1)]. Similarly and in order to perform the Phillips-Perron test we also rely on the previous regressions. This test controls for higher order serial correlation. In both tests the optimal number of lags is determined by using the AIC and SC Criteria.

There is evidence against stationarity in levels and in all cases the variables are I(1) at the conventional 5% significance level (see Table 3). If the variables are also cointegrated we may proceed with the estimation of the Vector Error Correction Model (VECM). For that reason we first run the Johansen cointegration test (see Table 4) to determine the number of cointegrating relations, assuming that all trends are stochastic.

The first column shows the number of cointegrating relations under the null hypothesis. The first block reports the trace statistics and the second block reports the maximum eigenvalue statistics. To determine the number of cointegrating relations conditional on the assumptions made about the trend, we can proceed sequentially until we

fail to reject. The trace statistic indicates 3 cointegrating equations, while the maximum eigenvalue statistic indicates 1 cointegrating equation. Hence, following the most conservative statistic, we estimate the VECM assuming 1 cointegrating equation. In addition, performance of the AIC and SC criteria combined with an application of the Portmanteau Autocorrelation Test showed that the preferable length of lags for the model is 2. Finally, the estimated VAR is stable (stationary) since all roots have modulus less than one and lie inside the unit circle.

Table 3: Unit root ADF and Phillips-Perron tests – Quarterly data 1973:1 – 2013:4

		ADF		Phillips-Perron	
Variables	Deterministic	Level	Difference	Level	Difference
CO_2IC	Intercept	0.718	0.000	0.693	0.000
	Trend and intercept	0.383	0.000	0.337	0.000
CO_2RTC	Intercept	0.347	0.000	0.096	0.000
	Trend and intercept	0.698	0.000	0.292	0.000
RBPEXP	Intercept	0.675	0.005	0.796	0.000
	Trend and intercept	0.424	0.021	0.806	0.000
RBPREV	Intercept	0.346	0.000	0.216	0.000
	Trend and intercept	0.090	0.000	0.294	0.000
FFRT	Intercept	0.376	0.000	0.451	0.000
	Trend and intercept	0.013	0.000	0.067	0.000
RGDPC	Intercept	0.815	0.000	0.787	0.000
	Trend and intercept	0.784	0.000	0.791	0.000
RCON	Intercept	0.674	0.000	0.729	0.000
	Trend and intercept	0.920	0.000	0.934	0.000
RNRESINV	Intercept	0.589	0.000	0.652	0.000
	Trend and intercept	0.945	0.000	0.957	0.000

Note: All values reported are probabilities.

Table 4: Johansen Cointegration test

	Trace test		Max Eigenvalue	
Hypothesized No. of CE(s)	Trace Statistic	Probability	Max-Eigen Statistic	Probability
H_0: r = 0	210.563	0.000***	54.183	0.032**
H_0: r ≤ 1	156.379	0.000***	47.567	0.035**
H_0: r ≤ 2	108.812	0.004***	35.988	0.134
H_0: r ≤ 3	72.824	0.028**	27.685	0.228
H_0: r ≤ 4	45.138	0.088*	19.569	0.371

The error correction term, that represents the adjustment towards long run equilibrium, is statistically significant in both the environmental variables' equations and in most of the other cases implying long-run causality.

In analyzing the results, attention is given on the impulse response functions and forecast error variance decomposition. Impulse response functions show how one variable responds over time to a single innovation in itself or another variable. Innovations in the variables are represented by shocks in the error terms in the equations. We are using Generalized Impulses as described by Pesaran and Shin (1998) that constructs an orthogonal set of innovations that does not depend on the VAR ordering. The generalized impulse

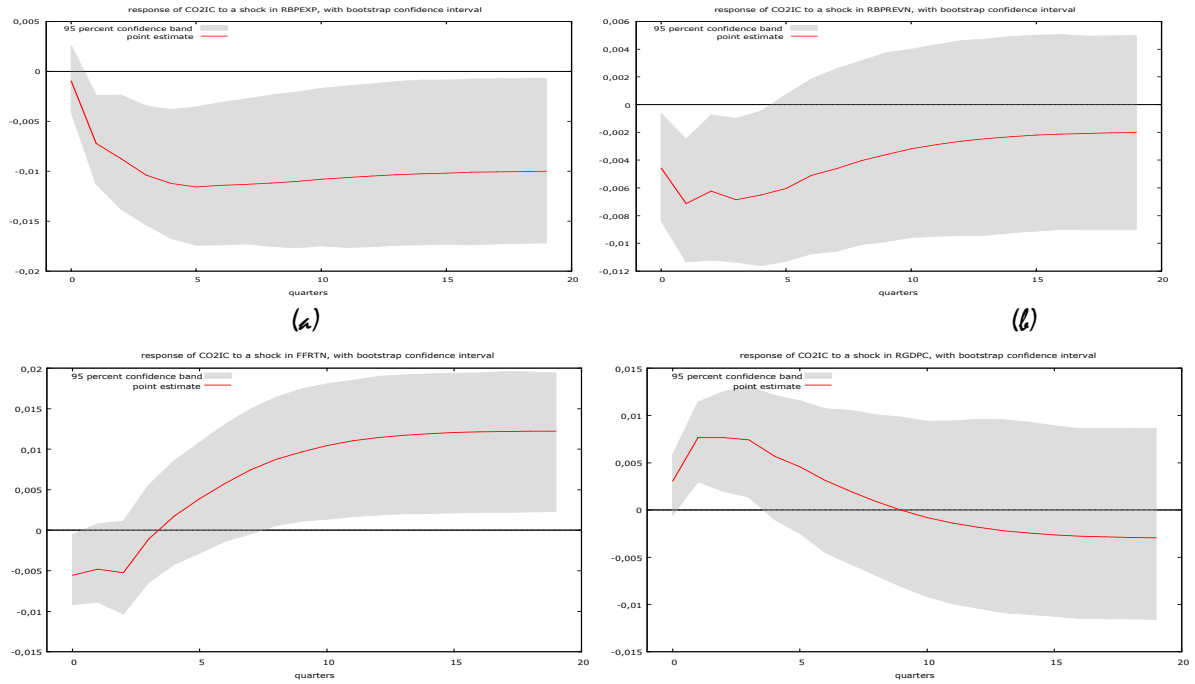
responses from an innovation to the j-th variable are derived by applying a variable specific Cholesky factor computed with the j-th variable at the top of the Cholesky ordering and are depicted in Figures 2 and 3.

After a one Standard Deviation (S.D.) increase of government expenditure, production generated CO_2 pollution declines reaching a peak of -0.012 in 6 quarters and then is stabilized at about -0.011. On the other hand, CO_2IC declines after a 1 S.D. shock of tax cuts, meaning that a decline of RBPREV reduces production generated CO_2 emissions which reaches a maximum of -0.008 after 2 quarters. However, from the 5th quarter onwards this effect is not statistically significant. Regarding monetary policy, following a decrease of the interest rate, CO_2IC, slightly falls on impact and then begins to rise after the 8th quarter stabilizing at -0.012. Finally, CO_2IC starts increasing after a positive shock in income but this effect is significant only until the 3rd quarter.

Regarding consumption generated CO_2 emissions, a one S.D. increase of government expenditure has no effect, while the same is also true for a shock in government revenue, monetary policy and per capita income.

In general, the effect of macroeconomic policy is greater, in significance and absolute values, on production generated pollution compared to that on consumption generated pollution. The difference in magnitude and significance between the estimated effects of fiscal policy on CO_2IC and CO_2RTC could be attributed to the mechanism by which different types of pollutants respond to certain policies. In particular, as already mentioned, the regulation of production generated pollutants is expected to be more straightforward and this is reflected in the estimated effects.

Figure 2: Impulse responses of CO_2IC to (a) RBPEXP, (b) RBPREVN, (c) FFRT and (d) GDPc



(a) (b)

(c) (d)

The forecast error variance decomposition is shown in Figure 4. The graphs reinforce the results of the impulse response functions, by determining the relative importance of each variable in generating fluctuations in other variables. According to the results government expenditure explains more than 15% of CO_2IC emissions fluctuations, while only 1% of CO_2RTC variability. Concerning government revenue shocks they explain about 4.5% and 1.9% of the fluctuations in CO_2IC and CO_2RTC respectively. Finally, monetary policy shocks

explain a much larger percentage of CO_2IC fluctuations rather than of CO_2RTC. It is interesting to note that the importance of GDPC in explaining fluctuation in emission levels is lower than that of government expenditure, particularly for CO_2IC.

Figure 3: Impulse responses of CO_2RTC to (a) RBPEXP, (b) RBPREVN, (c) FFRT, (d) GDPc

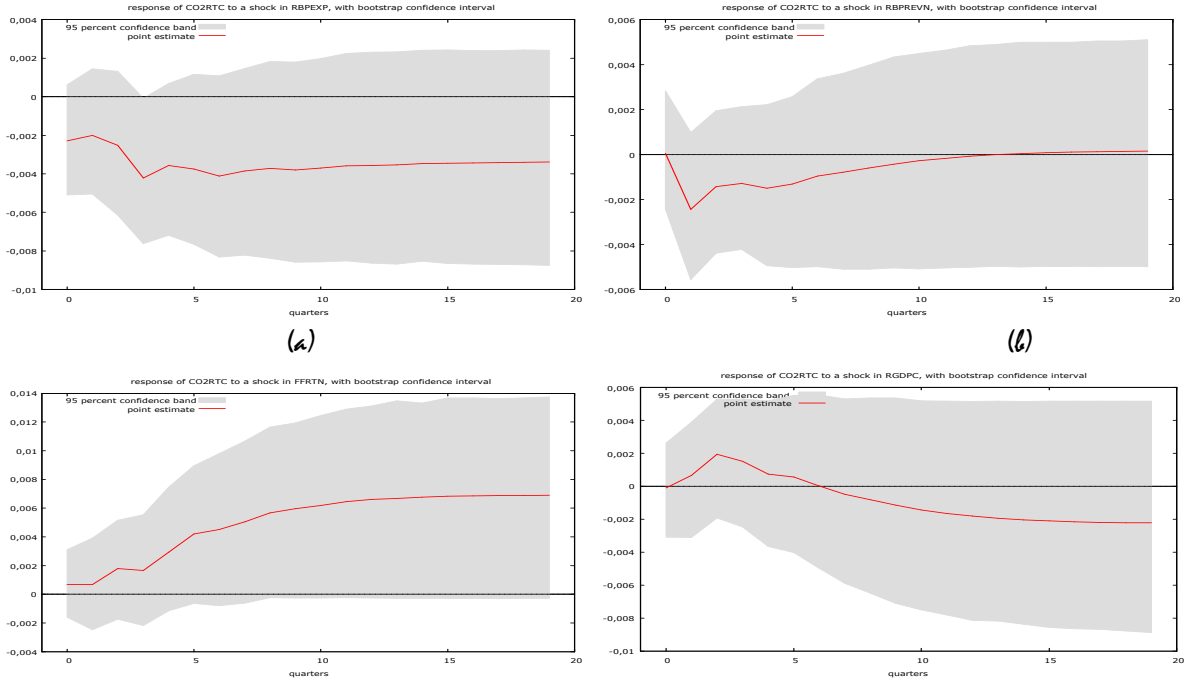
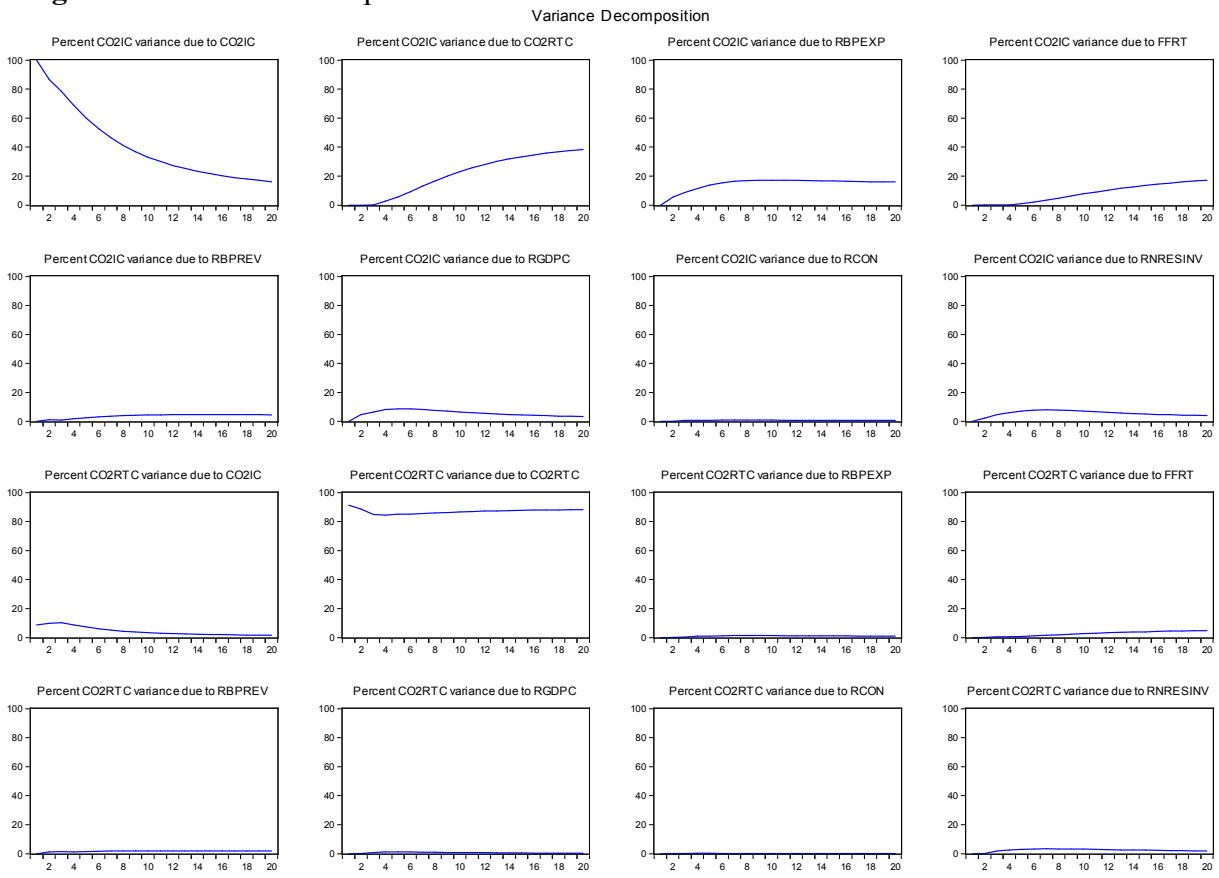


Figure 4: Variance decomposition of the the environmental variables



4.1 Policy analysis

Following the methodology proposed by Mountford and Uhlig (2009) in examining the effects of fiscal policy shocks we view different fiscal policy shocks as different linear combinations of the basic fiscal policy shocks, namely a government expenditure shock and a government revenue shock. There are clearly a huge number of possible fiscal policies we could analyze, so here we focus on comparing three popularly analyzed fiscal policies. A deficit spending shock, a deficit financed tax cut and a balanced budget spending shock. We first detail how the impulse responses for these policies are generated.

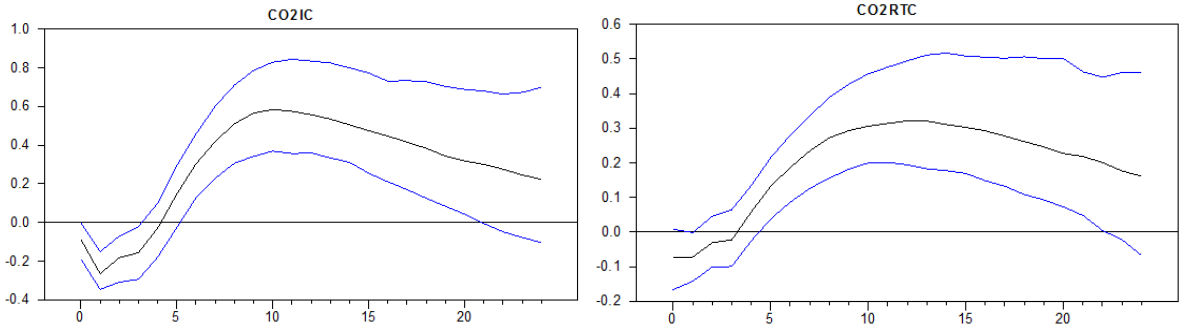
The methodology regards different fiscal policy scenarios as being different combinations of the two basic shocks over a sequence of several quarters. For example, a government spending scenario where government spending is raised by 1% for four quarters while government revenue remains unchanged is the linear combination of the sequence of the two basic shocks that generates these responses in the fiscal variables as the combined impulse response. More formally, denoting $r_{j,a}(k)$ as the response at horizon k of variable j to the impulse vector a, then the above policy requires that

$$0.01 = \sum_{j=0}^{k} (r_{GS,BGS}(k-j)BGS_j + r_{GS,BGR}(k-j)BGR_j) \quad \text{for } k = 0,...K$$

$$0 = \sum_{j=0}^{k} (r_{GR,BGS}(k-j)BGS_j + r_{GR,BGR}(k-j)BGR_j) \quad \text{for } k = 0,...K$$

where K = 4, GS and GR stand for government expenditure and government revenue, and BGSj and BGRj are respectively the scale of the standard basic government spending and revenue shocks in period j. We analyse three key policy scenarios below: deficit spending, a deficit-financed tax cut and a balanced budget spending expansion. It should be clear, however, that other scenarios of interest can be analysed in this manner as well.

Figure 5: The deficit-financed tax cut policy scenario where government spending remains unchanged and government revenue is reduced by 1% for four quarters.



The impulse responses for a deficit financed tax cut fiscal policy scenario are displayed in Figure 5. The policy scenario is designed as a sequence of basic fiscal shocks such that tax revenues fall by 1% and government spending remains unchanged for four quarters (including the initial quarter) following the initial shock. The tax cut initially decreases CO_2IC emissions but starting from the 5th quarter and until the 20 quarter production generated pollution significantly increases. For CO_2RTC there is a reduction on impact and on the 1st quarter, however there is a significant positive impact from the 5th to the 21st quarter.

Figure 6: The deficit spending policy scenario where government spending is raised by 1% for four quarters with government revenues remaining unchanged.

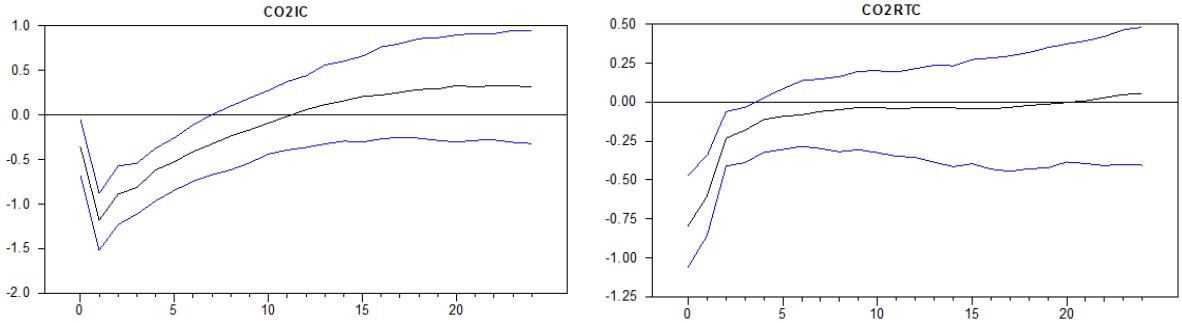
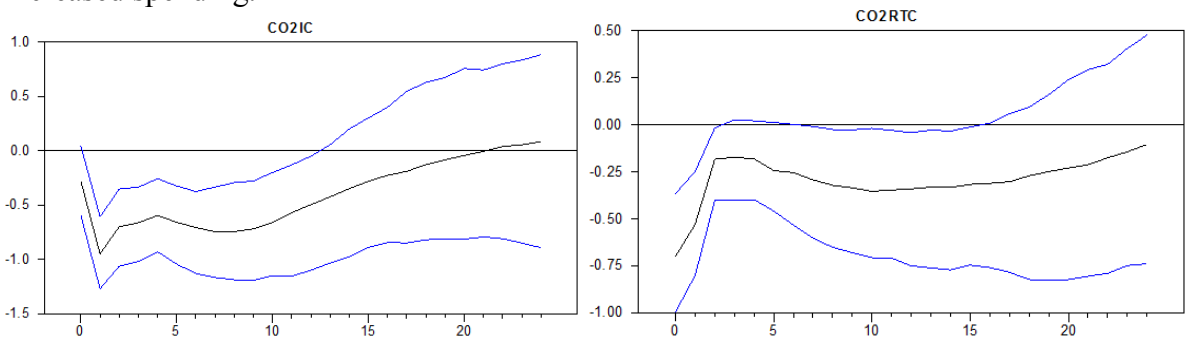


Figure 7: The balanced budget policy scenario where government spending is raised by 1% for four quarters and government revenues raised so that the increased revenue matches the increased spending.



The impulse responses for a deficit spending fiscal policy scenario are shown in Figure 6. The policy scenario is designed as a sequence of basic fiscal shocks such that government spending rises by 1% and tax revenues remain unchanged for four quarters following the initial shock. The deficit spending scenario reduces production and consumption generated CO_2 emissions during the first seven and three quarters respectively, however the effect is much smaller in the latter.

Table 6: Effect of the fiscal policy scenarios on the environmental variables

	1 qrt	4 qrts	8 qrts	12 qrts	20 qrts	Minimum	Maximum
CO2Ic							
Deficit-financed tax cut	-0.24*	-0.01	0.56*	0.58*	0.36*	-0.24* (qrt 1)	0.61* (qrt 10)
Deficit Spending	-1.18*	-0.59*	-0.20	0.07	0.21	-1.18* (qrt 1)	0.24 (qrt 22)
Balanced Budget	-0.91*	-0.58*	-0.73*	-0.48*	-0.04	-0.91* (qrt 1)	0.07 (qrt 24)
CO2RTc							
Deficit-financed tax cut	-0.08*	0.09	0.26*	0.31*	0.21*	-0.08* (qrt 1)	0.31* (qrt 12)
Deficit Spending	-0.54*	-0.10	-0.09	-0.07	0.00	-0.78* (qrt 0)	0.08 (qrt 24)
Balanced Budget	-0.46*	-0.21	-0.29*	-0.30*	-0.24	-0.70* (qrt 0)	-0.13 (qrt 24)

Note: * indicates significance at the 5% level.

Finally, the balanced budget spending policy scenario is identified by requiring both government revenues and expenditures to increase in such a way that the increase in revenues and expenditure is equal for each period in the four-quarter window following the initial shock. The results are shown in Figure 7. These show that on impact there is a relatively important reduction effect on both production and consumption generated pollution which lasts until the 12^{th} and 16^{th} quarters respectively and then ceases to be significant.

The effects of the three policy scenarios are summarized in Table 6.

5. Discussion and conclusions

This paper, employing quarterly data for the US economy for the period 1973 - 2013 and using vector autoregressions, examines the effect of macroeconomic policy on pollution. Our results confirm the theoretical and empirical developments on the existence of a correlation between fiscal policy and pollution, as well as provide for the first time evidence regarding the relationship between monetary policy and environmental degradation. The estimated effect of government expenditure is negative and significant for both the production and consumption generated emissions of CO_2. Estimation of a non-positive effect of government spending on production-generated pollution is in line with recent findings by Lopez et al. (2011), Lopez and Palacios (2010) and Halkos and Paizanos (2013). Finally, monetary policy only has an effect on production-generated pollution.

The difference in magnitude and significance between the estimated effect of government expenditure on CO_2IC and CO_2RTC could be explained by the mechanisms through which the different types of pollutants respond to certain policies. In particular, the regulation of production generated pollutants is expected to be more straightforward and this is reflected in the estimated effects. On the other hand, a deficit-financed tax cut policy decreases CO_2IC and CO_2RTC emissions in the short-run, but the estimated impact is positive thereafter.

These results may have important implications given the current emphasis on expansionary macroeconomic policy as a means to alleviate the adverse effects of the 2008–2009 world economic crisis. Many countries, including the US, started programs that not only dramatically increase government spending but also increase the emphasis in public goods expansion and social spending in education, health care and environmental protection. Given our results, the expansion of fiscal spending may have an unexpected effect: it could make reducing pollution easier to achieve entailing much lower costs than what is usually assumed. This implication is particularly important because the source of the effect of government spending composition on pollution is not likely to be related to environmental regulation as shown by the robustness of the results to time-varying omitted variables related to economy-wide environmental regulation in Lopez et al. (2011) and Halkos and Paizanos (2013). Thus, even if environmental regulation remains unchanged, the change in the size and composition of government spending towards public goods is likely to reduce mainly production- but also consumption-generated pollution. On the other hand, if tax-cuts and expansionary monetary policy are to be followed, they should be accompanied by appropriate environmental regulation, particularly for production-generated pollution.

For future extensions of our work, it would be interesting to examine the relationship between macroeconomic policy and pollution in economies with different characteristics than that of the US. In addition, there is a gap in the literature concerning the theoretical underpinnings of the relationship between fiscal policy and consumption-generated pollution, as well as that of the monetary policy and production-generated pollution.

Acknowledgments

This research has been co-financed by the European Union (European Social Fund – ESF) and Greek national funds through the Operational Program "Education and Lifelong Learning" of the National Strategic Reference Framework (NSRF) - Research Funding Program: Heracleitus II. Investing in knowledge society through the European Social Fund.

European Union
European Social Fund
OPERATIONAL PROGRAMME
EDUCATION AND LIFELONG LEARNING
investing in knowledge society
MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY
NSRF 2007-2013
programme for development
EUROPEAN SOCIAL FUND
Co- financed by Greece and the European Union

References

Bernauer, T., Koubi, V., 2006. States as Providers of Public Goods: How Does Government Size Affect Environmental Quality?. Available at SSRN, http://ssrn.com/abstract=900487

Frederik, C., Lundström, S., 2001. Political and Economic Freedom and the Environment: The Case of CO2 Emissions. Working Paper in Economics no. 29. University of Gothenburg, Gothenburg.

Galinato, G.I., Islam, F., 2014. The Challenge of Addressing Consumption Pollutants with Fiscal Policy. Working Paper Series WP 2014-1. Washington State University, Washington.

Halkos, G., 2003. Environmental Kuznets Curve for sulfur: evidence using GMM estimation and random coefficient panel data models. Environment and Development Economics 8, 581-601.

Halkos, G., Paizanos, E., 2013. The effect of government expenditure on the environment: An empirical investigation. Ecological Economics 91, 48-56.

Heyes, A., 2000. A proposal for the greening of textbook macro: 'IS-LM-EE'. Ecological Economics 32, 1-7.

Inmaculada, M.Z., Aurelia, B.M., 2004. Pooled Mean Group Estimation of an Environmental Kuznets Curve for CO_2, Economic Letters, 82, 121-126

Lawn, P.A., 2003. Environmental Macroeconomics: Extending the IS-LM Model to Include an 'Environmental Equilibrium' Curve. Australian Economic Papers 42 (1), 118-134.

Lopez, R., Galinato, G.I, Islam, F., 2011. Fiscal spending and the environment: Theory and empirics. Journal of Environmental Economics and Management 62, 180-198.

Lopez, R.E., Palacios, A., 2014. Why has Europe become Environmentally Cleaner? Decomposing the Roles of Fiscal, Trade and Environmental Policies. Environmental and Resource Economics 58(1), 91-108.

Lopez, R.E., Palacios, A., 2010. Have Government Spending and Energy Tax Policies Contributed to make Europe Enviornmentally Cleaner?. Working Papers 94795. University of Maryland, Maryland.

Mountford, A., Uhlig, H., 2009. What are the effects of fiscal policy shocks, Journal of Applied Econometrics 24, 960-992.

Sim, N.C.S., 2006. Environmental Keynesian Macroeconomics: Some further discussion. Ecological Economics 59, 401-405.

(Από-) υλοποίηση υπό επανεξέταση. Εμπειρική ανάλυση των περιπτώσεων των ΗΠΑ, της Ιαπωνίας και της Παγκόσμιας Οικονομίας

Κώστας Μπίθας & Πάνος Καλημέρης

Ινστιτούτο Αστικού Περιβάλλοντος και Ανθρώπινου Δυναμικού, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο, Αριστοτέλους 14, GR-17671 Καλλιθέα

kbithas@eesd.gr pkalimeris@eesd.gr

Περίληψη

Το παρόν άρθρο προτείνει τον δείκτη «*Ροές υλικών που απαιτούνται προκειμένου να παραχθεί μια μονάδα κατακεφαλήν ΑΕΠ*», DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$], σαν μια εναλλακτική προσέγγιση για την εκτίμηση της σχέσης μεταξύ της κατανάλωσης φυσικών πόρων και της οικονομικής μεγέθυνσης. Ο προτεινόμενος δείκτης επιχειρεί να ρίξει φως στις σημαντικές διαστάσεις που υπάρχουν στην σχέση Φυσικοί πόροι-Μεγέθυνση, οι οποίες αποκρύπτονται, ως ένα βαθμό, από τον DMC/GDP δείκτη που κυριαρχεί στην σχετική βιβλιογραφία της αποδέσμευσης (decoupling). Ομοίως ο δείκτης αυτός εκτιμά την Υλική Ένταση που έχει η δημιουργία ευημερίας για τους ανθρώπους, που είναι και ο απώτερος σκοπός του οικονομικού συστήματος. Επιπλέον, ο DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$] δείκτης προσεγγίζει καλύτερα την πραγματική δομή του οικονομικού συστήματος η οποία καθορίζεται και επηρεάζεται από τις δημογραφικές τάσεις, οι οποίες διαμορφώνουν ουσιαστικά την σύνθεση της παραγωγικής διαδικασίας, άρα της υλικής έντασης που αυτή εμπεριέχει. Εισάγοντας την ανθρώπινη διάσταση ως μεταβλητή, ο DMC/[GDP$_{\text{per Capita}}$] αξιολογεί την σχέση μεταξύ των φυσικών πόρων και της οικονομίας λαμβάνοντας το οικονομικό σύστημα ως ένα εσωτερικό συστατικό (υποσύστημα) της σχέσης που υπάρχει μεταξύ ανθρώπινων και φυσικών συστημάτων. Η παρούσα μελέτη επιχειρεί μια πρώτη πειραματική εφαρμογή του προτεινόμενου δείκτη DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$] προκειμένου να εξετάσει την σχέση μεταξύ της μη-ενεργειακής μάζας-ύλης και της οικονομικής διαδικασίας. Οι μη-ενεργειακοί υλικοί πόροι στην ουσία αποτελούνται από την ύλη η οποία δεν παράγει ενέργεια (έργο), αλλά διαμορφώνει ουσιαστικά την υλική υπόσταση, το περίβλημα, που ενσωματώνουν τα υλικά αγαθά. Σε αυτό το πλαίσιο, υπολογίζουμε και αξιολογούμε τον καθιερωμένο DMC$_{\text{non-energy}}$ /GDP και τον προτεινόμενο DMC$_{\text{non-energy}}$ / [GDP $_{\text{per Capita}}$] δείκτη, για την παγκόσμια οικονομία, τις ΗΠΑ και την Ιαπωνία.

Λέξεις κλειδιά: Αποϋλοποίηση, Αποδέσμευση, Υλική Ένταση, Αθροιστική σπανιότητα των φυσικών πόρων, Βιώσιμη Ανάπτυξη, Μη-ενεργειακή ύλη.

JEL Κωδικοί: O13, Q30, Q32, Q44, Q57.

(De)Materialization reconsidered: Evidence from USA, Japan and the global economy

Kostas Bithas and Panos Kalimeris

Institute of Urban Environment & Human Resources, Department of Economic and Regional Development, Panteion University, 14 Aristotelous St., GR-17671 Kallithea, Athens, Greece.

Abstract

The present article proposes the ratio “material flows required for the production of one unit of GDP per Capita”, DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$], as an alternative indicator for evaluating the link between economic growth and natural resources. This ratio sheds light on certain important aspects of the link between Resources and the Economy which are obscured to some extent by the “standard” DMC/GDP indicator. The proposed ratio estimates the Material Intensity (MI) for the creation of the economic welfare of human beings which is the ultimate objective of the economic system. Second, DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$] approximates better the actual structure of economic systems determined by the influences of demographics being among the crucial factors defining the synthesis of production, therefore its MI. By introducing the human variable, DMC/[GDP per Capita] evaluates the link between resources and the economy by perceiving economic system as an integral component of coupled human and natural systems. The present article attempts a first experimental application of the DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$] indicator to examine the link between economy and pure mass resources. Mass resources include the non-energy flows which shape the material hypostasis of goods. The article estimates the DMC non-energy /GDP and the proposed DMC non-energy / [GDP $_{\text{per Capita}}$] indicators, for the global economy, USA and Japan.

Keywords: Dematerialization; decoupling; material intensity (MI); natural resources scarcity; sustainable development; non-energy materials.

JEL Classification: O13; Q30; Q32; Q44; Q57.

1. Introduction

The link between the economic process and natural resources attracted the interest of economic science early on. Decoupling potentials have been related to the critical issue of the limits to growth induced by the aggregate scarcity of natural resources (Meadows et al., 1972; Solow, 1974; Georgescu-Roegen, 1971; Daly, 1997). The "availability of natural resources" emerges as one of the conditions for sustainability and decoupling trends determine the prospects for sustainable development of contemporary economies (Bithas, 2011; van den Bergh, 2011). From the early attempt of Ayres and Kneese (1969) to measure material flows by the mass balance principle, to the recent Material Flow Accounting (MFA) (EEA, 2012), various methods have been developed to monitor and assess the metabolic performance of the global (Krausmann et al., 2009) and national economies (OECD, 2004). MFA has attained a high level of maturity and methodological accuracy, showcasing a wide range of publicly accessible databases available for empirical analysis and for comparisons between methods and results (Fischer-Kowalski et al., 2011). Within the MFA framework, the link between growth and natural resources is defined as the Material Intensity (MI) of the economy. The MI of a national economy is estimated by "Domestic (energy and mass) resources consumption" (physical quantities)/GDP (monetary values) ratio, which has become the prototype of all indicators utilized for evaluating MI of the economy. Indeed, the aggregate GDP, as the measure of an economic system's performance, has been adopted by all indicators concerning the MI of the economy (EEA, 2012).

The present article argues that the Resources – Economy (R-E) link is of a multidimensional and intricate nature which is only very generally approximated by the standard MI indicator, DMC/GDP. The R-E link requires a systematic analysis which tackles its physiology and reveals its important properties. Towards this end, the present article proposes an additional indicator, DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$], for the evaluation of the link between R-E. Furthermore, the present study is limited in scope to pure mass – non-energy – resources. Mass inputs accomplish a distinct operation in the production process, shaping the material substance of goods, and therefore they function differently from energy inputs which are "consumed" during the production process. In this context, the present article estimates and compares the trends in material intensity (MI $_{\text{non-energy}}$) as estimated by the proposed DMC $_{\text{non-energy}}$/[GDP $_{\text{per Capita}}$] and DMC$_{\text{non- energy}}$/GDP indicators, for the global economy (1900-2009) and also for the USA (1870-2005) and Japan (1878-2005).

2. A brief literature review on decoupling and dematerialization

Three principal driving forces behind the dematerialization of the economy are recognized (De Bruyn, 2002): structural change of production towards services; technological advances which make more efficient use of resources; and substitutions among resources with a notable shift towards "lighter" inputs. In addition to these factors, new evidence from the contemporary literature also indicates international trade and the outsourcing of heavy industry through globalization as potential determinants of the extensive decoupling trends in developed countries (Schandl and West, 2012). Although most of the relevant literature concludes that there is a trend towards a relative decoupling (Bringezu et al., 2004), a few recent studies do exist that provide empirical evidence for absolute decoupling trends in some post-industrial economies, such as the United Kingdom (Goodall, 2011) and Japan (Krausmann et al., 2011).

In that sense, many argue that a transition from the materially intensive industrialization era to a post-industrial dematerialization regime could be feasible, at least for the so-called "developed" economies (Behrens et al., 2007). These historical dematerialization trends may well raise optimism over further decoupling potentials in the future, something

which is reflected in the concluding remarks of numerous studies implying that dematerialization could be seen as an important factor promoting sustainability (Hekkert, 2000; Giljum et al., 2005; Ausubel and Waggoner, 2008). In contrast to this optimism, some studies claim that a more intensive increase in global material demand will occur in the near future, due to the increasing growth trends in the so-called "developing" countries, such as China and India (Røpke, 2001). Even more skeptically, some recent studies (Ayres and Warr, 2004; Jackson, 2009) conclude more radically that there is a strong implication that absolute dematerialization cannot be achieved save by putting an end to economic growth.

3. The structure of the economic system and implications for MI

The economic system creates welfare for humans, whose monetary estimates are reflected in the GDP per capita indicator. GDP per capita emerges as the monetary measure of the performance of the economic system, being the indicator widely utilized in international reports and statistics for comparing and classifying economies. As a result, the present article asserts that GDP per capita emerges as the appropriate monetary level for evaluating the MI of an economy, hence the DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$] ratio is proposed as an alternative indicator of MI.

DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$] evaluates the MI for creating one unit of economic welfare. It approximates the efficiency of using resources in the economic process whose ultimate useful outcome is the creation of economic welfare. DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$] compares the actual inputs (material flows) of the economic process with the actual output (economic welfare). As the actual output of the economic system is measured in monetary terms by "GDP per Capita", the DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$] ratio emerges as the appropriate indicator for evaluating the efficiency of transforming resources into the actual output of the economic process.

Furthermore, there exists an intrinsic causality between demographics and the production process, between demographics and the structure of the economic system. Indeed, the structure of the economic system is determined by the magnitude of the population served. As population changes over time and across nations, economies with similar GDP may produce, ceteris paribus, different set of goods. The population level determines the structure of production and the relative shares of the economic sectors. The implications of demographics for the structure of the economic system are approximated by GDP per capita, while they are completely ignored by aggregate GDP, prevailing in the relevant literature of decoupling. Although the analysis of the actual implications of demographics may require the development of innovative concepts and variables, the monetary variable of GDP per capita offers a reliable operational measure with clear advantages over the aggregate and abstract GDP. The structure of the economic system has direct implications for its biophysical properties and especially for its material requirements. DMC/[GDP $_{\text{per Capita}}$] attempts to place, more satisfactorily than DMC/GDP, the economic process within the coupled human-natural systems. In addition, the MI of "per capita GDP" estimates the material requirements of the "bundle of goods" consumed by the average human being. This bundle of goods offers a far better approximation of the properties of real-world goods in comparison to the aggregate GDP. The physical properties of the bundle of goods represented by the per capita GDP can be traced and certain constraints inherit in the actual production, can be identified more effectively.

In conclusion, indexes combining "per capita" with total variables are not entirely new in the analysis of the link between environment and economy. The Environmental Kuznets Curves (EKCs) theory, being among the most popular analyses in this respect, is based on the relationship between income (GDP per Capita) and environmental pressure (aggregated pollution, i.e. CO2 measured in tons) (Panayotou, 1997; Halkos and Tsionas, 2001).

Furthermore, several studies investigating the causal relationship between energy consumption and economic growth utilize "per capita GDP" as a measure of economic growth (Kalimeris et al., 2014). Similarly, there are studies dealing with energy requirements per unit of GDP per capita (Bithas and Kalimeris, 2013).

4. Data

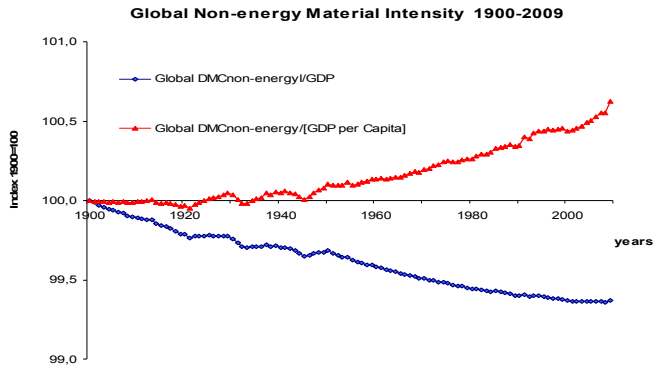
Global non-energy materials consist of non-energy biomass, ores-industrial minerals, and construction minerals. With the exception of data on global wood-fuel biomass obtained by personal communication, all other data are drawn from Krausmann et al., (2009). Data on US non-energy DMC are drawn from Gierlinger and Krausmann (2011) and from personal communication for data on the United States' wood fuel biomass. Data on Japan's non-energy DMC are drawn from Krausmann et al., (2011) and personal communication for data on Japanese wood fuel biomass. Non-energy DMC data for the USA and Japan are estimated as the aggregate of non-energy biomass; ores; non-metallic (construction) minerals. All data are available online at: http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/1088.htm. Data on GDP and population are drawn from Maddison (2008: data available online at: http://www.ggdc.net/MADDISON/ oriindex.htm).

5. The global aggregate MI non-energy for 1900-2009

Global non-energy materials consumption (hereinafter global $DMC_{non\text{-}energy}$) consists of the aggregate of ores-industrial minerals, construction minerals, and non-energy biomass. Figure 1 shows the evolutionary paths of global $DMC_{non\text{-}energy}$/GDP and global $DMC_{non\text{-}energy}$/[GDP $_{per\ Capita}$] ratios indexed to 1900 as base year (1900=100). The global $DMC_{non\text{-}energy}$/GDP estimation depicts the "standard" evaluation of $MI_{non\text{-}energy}$ which is clearly characterized by a macro decoupling trend.

On the other hand, the global $DMC_{non\text{-}energy}$/[$GDP_{per\ Capita}$] evolves in stark contrast to the $DMC_{non\text{-}energy}$/GDP (figure 1), as the first half of the 20th century is characterized by a fluctuating stability with an increasing macro-coupling trend prevailing in the second half. More specifically, the $DMC_{non\text{-}energy}$/[$GDP_{per\ Capita}$] ratio remains relatively stable during 1900-1920. From that point on, relative fluctuations may be detected in three periods: 1921-1930; 1931-1941; and 1945-1950. The year 1950 proves a milestone for MI non-energy estimated by $DMC_{non\text{-}energy}$/[$GDP_{per\ Capita}$] which exhibits a protracted period of increase in MI non-energy until 2009. Evidently, the $DMC_{non\text{-}energy}$/[$GDP_{per\ Capita}$] ratio shows a markedly different evolutionary path throughout recent economic history in comparison to the "standard" $DMC_{non\text{-}energy}$/GDP ratio. The $DMC_{non\text{-}energy}$/[$GDP_{per\ Capita}$] ratio indicates clearly that per capita welfare cannot increase unless mass input also increases at a disproportionate rate.

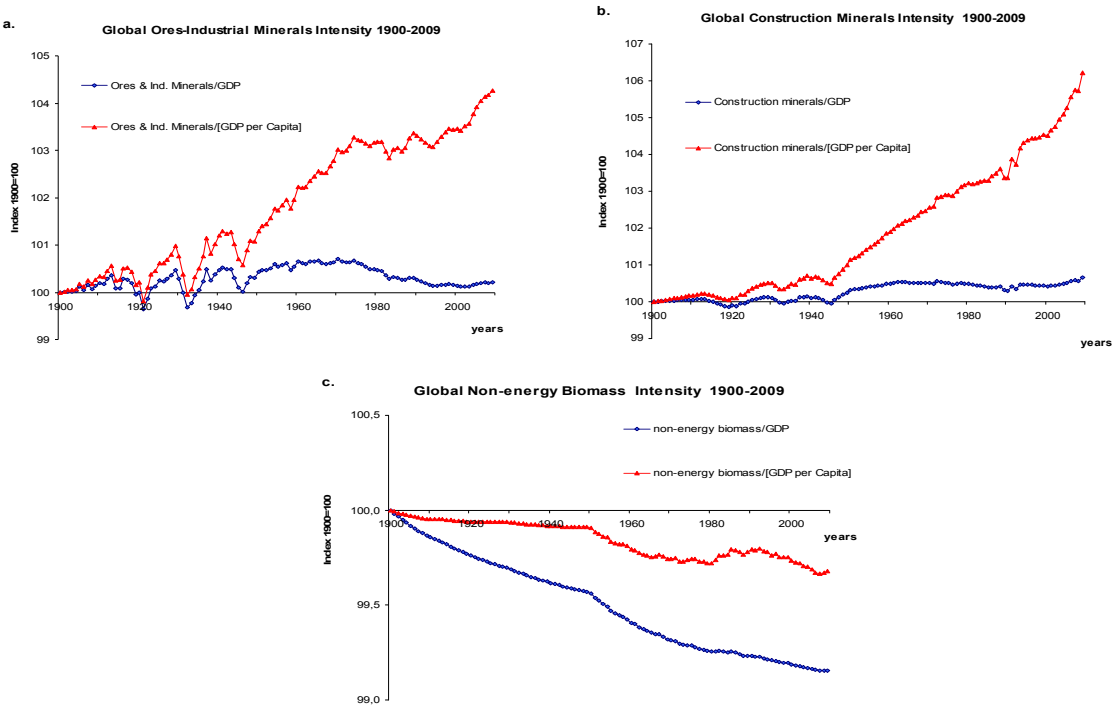
Figure 1



5.1 Global disaggregate MI non-energy for 1900-2009.

Next, the MI $_{\text{non-energy}}$ for each category of materials is estimated: ores-industrial minerals; construction minerals; non-energy biomass. The interest of this analysis lies in decoupling trends in relation to the trends of the composition of total materials at the global level. Figure 2 estimates material intensity through the standard and the proposed decoupling ratios for each individual material form, all indexed (1900=100).

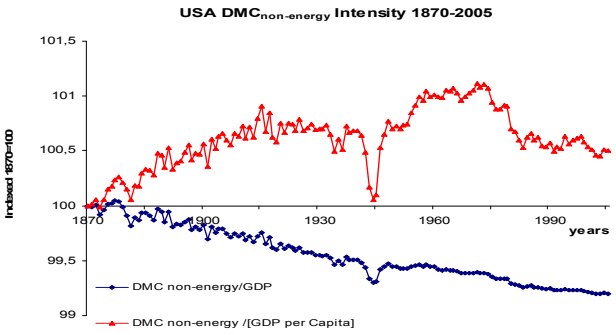
Figure 2



6. Estimating USA MI non-energy for 1870-2005

The USA is considered to be a typical example of a highly developed nation and is among the world's largest consumers of material flows (Gierlinger and Krausmann, 2011). Figure 3 presents the $DMC_{\text{non-energy}}/GDP$ and $DMC_{\text{non-energy}}/[GDP_{\text{per Capita}}]$ ratios for 1870-2005 (indexed 1870=100). The $DMC_{\text{non-energy}}/GDP$ ratio depicts a sheer dematerialization of the US economy. In contrast, the $DMC_{\text{non-energy}}/[GDP_{\text{per Capita}}]$ ratio indicates a prevailing coupling trend for 1870-1976 with only a brief decoupling spell in WWII. After 1976, the $DMC_{\text{non-energy}}/[GDP_{\text{per Capita}}]$ ratio indicates a decoupling trend that intensifies during 1976-1985.

Figure 3

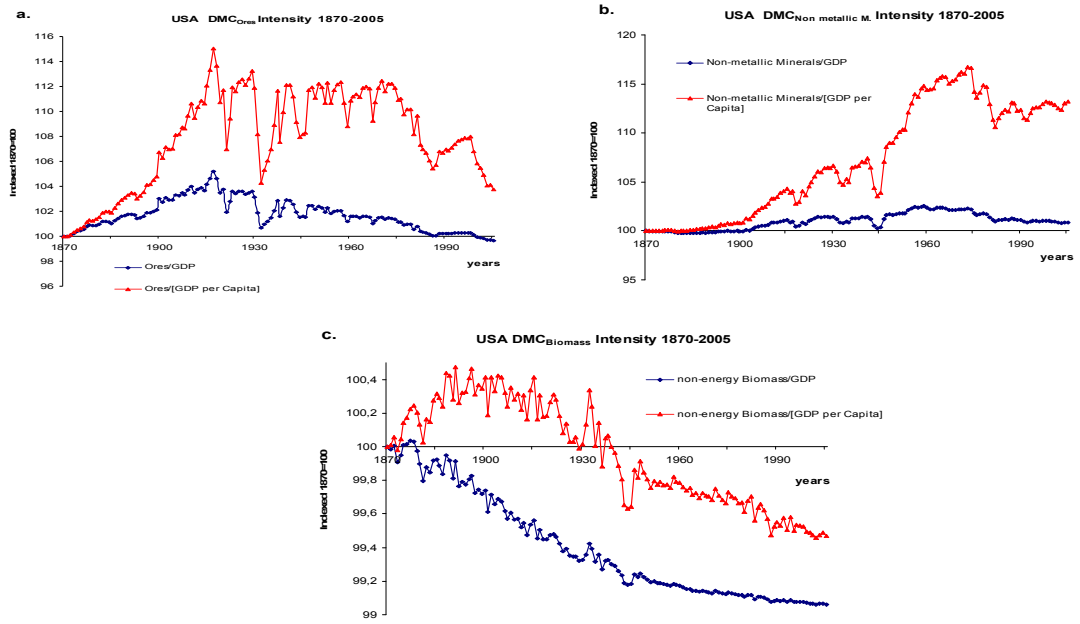


6.1 Estimating disaggregated USA MI non-energy for 1870-2005

As figure 4 shows, estimates based on the "standard" $DMC_{\text{non-energy}}/GDP$ ratio depict a more intensive decoupling when compared to the estimates based on $DMC_{\text{non-energy}}/[GDP_{\text{per Capita}}]$,

for all categories of resources. A general pattern can be identified for the (de)coupling trends of the individual material categories: the MI non-energy is increasing for those materials whose relative use is increasing while decoupling is evident mainly for those materials whose use is shrinking.

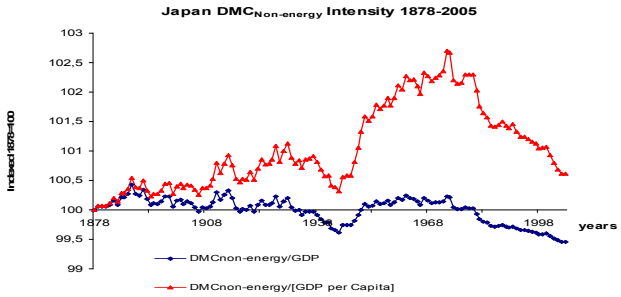
Figure 4



7. Estimating Japan MI non-energy, for 1878-2005

Figure 5 compares the evolutionary pattern of DMC $_{\text{non-energy}}$/GDP; and DMC $_{\text{non-energy}}$/[GDP$_{\text{per Capita}}$] (indexed 1878=100), for the Japanese economy for the period 1878-2005. The two indicators follow different patterns for 1878-1930. Around 1930, a period of decoupling is initiated which intensifies during WWII, a devastating period for the Japanese economy reflected by both indicators. The postwar period 1945-1951 is characterized by strong coupling trends depicted by both standard and proposed MI non-energy indicators. Next, for 1952-1973, DMC $_{\text{non-energy}}$/GDP indicates a relative stability in the MI non-energy of the economy, while DMC $_{\text{non-energy}}$/[GDP $_{\text{per Capita}}$] results in strong macro-coupling trends. Starting with 1974, the recent economic history of Japan has been characterized by clear dematerialization and decoupling of growth from non-energy materials use. This delinkage is depicted by both MI $_{\text{non-energy}}$ indicators.

Figure 5

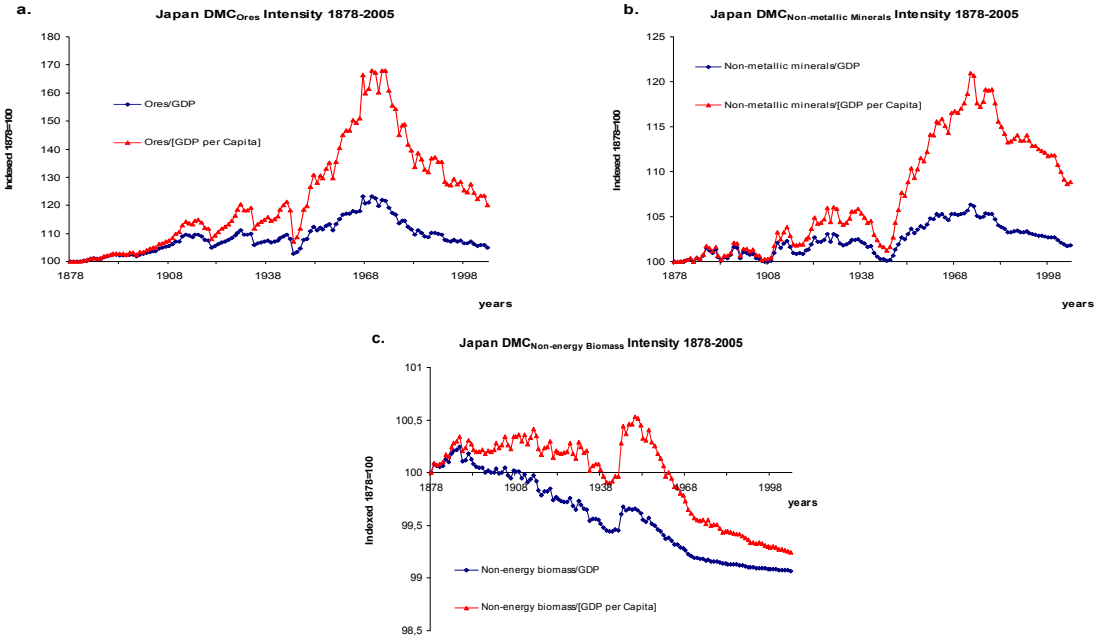


7.1 Estimating Japan's disaggregated MI non-energy for 1878-2005

Figure 6 depicts the estimates for the DMC$_{\text{non-energy}}$/GDP ratio and for DMC$_{\text{non-energy}}$/[GDP$_{\text{per Capita}}$] for all non-energy material categories, indexed (1878=100). Both MI $_{\text{non-energy}}$ ratios evolve along similar paths for ores (figure 6a) and non-metallic minerals (figure 6b) for the period 1878-1945. In 1946-1974, the DMC $_{\text{ores}}$/[GDP $_{\text{per Capita}}$] and the DMC $_{\text{non-}}$

metallic m./[GDP per Capita] present a strong coupling trend, compared to the moderate coupling seen in the DMC ores/GDP and DMC non-metallic m./GDP ratios. It is worth mentioning that the more recent period of 1975-2005 is characterized by strong decoupling trends for both indicators, as presented in figures 6a-6b. The "$DMC_{Biomass}$/GDP" and "$DMC_{Biomass}$/[$GDP_{per\ Capita}$]" ratios (figure 6c) present substantial differences for 1878-1930: the former depicts a declining pattern but the latter presents a rather fluctuating stability with a smooth declining trend. After 1930, both ratios move along similar evolutionary paths, up until the end of the period examined in 2005.

Figure 6



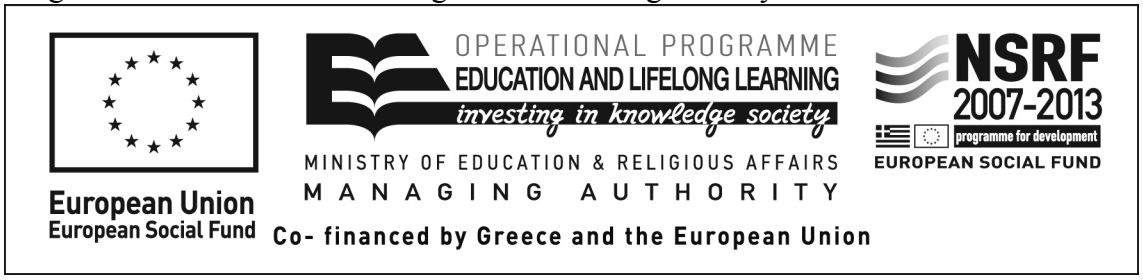
8. Discussion and Conclusions

The empirical findings on the $DMC_{non\text{-}energy}$/[GDP per capita] indicate a strong coupling trend between global growth and mass resources, a constant trend in recent years for USA, and a decoupling for Japan. These findings cannot support a vision of a dematerialized economy, especially once the currently extensive international trade is taken into account. Nevertheless, the recent shift in the MI of the advanced economies may offer an interesting lesson with policy implications. Furthermore, the "material flows required for the production of one unit of GDP per capita" approximates the actual structure of the economic system and the corresponding implications it has for MI. GDP per capita reflects the causality of demographics on the structure of the economy. Population synthesis and dynamics define the goods produced and the relative shares of each economic sector. Economies with similar GDPs but substantially different populations represent, ceteris paribus, different economic structures, with different actual MIs.

Beyond the aforementioned advantages of the DMC/[$GDP_{per\ Capita}$] ratio, its most salient feature is its ability to evaluate the MI of the actual outcome of the economic system. An economic system creates human welfare whose monetary value is depicted by the "GDP per capita" index, which has been widely adopted as the operational monetary measure for the performance of the economy, indicating the welfare enjoined, ceteris paribus, by the representative citizen. GDP per Capita is the index of human welfare adopted by international reports and the relevant economic literature, while aggregate GDP is the index of the scale of the economy. DMC/[GDP per capita] compares the actual input (material flows) entering the

economic process with its ultimate outcome, human welfare. The intricate linkage between the economic process and natural resources necessitates the development of novel concepts that would be able to elaborate those factors and dynamics that reflect the actuality of the coupled human-natural systems and the relevant constraints. We suggest DMC/[$GDP_{per\ Capita}$] as an additional indicator that sheds light on certain decisive aspects concerning the Resources-Economy link. Incorporating DMC/[$GDP_{per\ capita}$] into the existing MFA framework could enrich analysis and the relevant policy recommendations.

Acknowledgements
The present research was co-financed by the European Union (European Social Fund – ESF) and Greek national funds through the Operational Program "Education and Lifelong Learning" of the National Strategic Reference Framework (NSRF) - Research Funding Program “Heracleitus II: Investing in the knowledge society”



References

Ausubel, J. H. and P. E. Waggoner. 2008. Dematerialization: Variety, caution, and persistence. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105(35): 12774-12779.

Auty, R. 1985. Materials intensity of GDP: Research issues on the measurement and explanation of change. Resources Policy 11(4): 275-283.

Ayres, R. U. and B. Warr. 2004. Dematerialization vs. Growth: Is it possible to have our cake and eat it? Working Papers, 2004/18/EPS/CMER, Center for the Management of Environmental and Social Responsibility, Fontainebleau, France.

Ayres, R.U. and A.V. Kneese. 1969. Production, consumption, and externalities. American Economic Review 59(3): 282-297.

Baccini, P. and P. H. Brunner. 1991. Metabolism of the anthroposphere. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.

Behrens, A., S. Giljum, J. Kovanda, and S. Niza. 2007. The material basis of the global economy. Worldwide patterns of natural resource extraction and their implications for sustainable resource use policies. Ecological Economics 64(2): 444-453.

Bithas, K. 2011. Sustainability and externalities: Is the internalization of externalities a sufficient condition for sustainability? Ecological Economics 70(10):1703-1706.

Bithas, K. and P. Kalimeris. 2013. Re-estimating the decoupling effect: Is there an actual transition towards a less energy-intensive economy? Energy 51: 78-84.

Bringezu, S., H. Schütz, and S. Moll. 2004. Rationale for and interpretation of economy-wide materials flow analysis and derived indicators. Journal of Industrial Ecology 7(2): 43–64.

Cleveland, C.J. and M. Ruth. 1999. Indicators of dematerialization and the materials intensity of use. Journal of Industrial Ecology 2(3): 15–50.

Daly, H. E. 1997. Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. Ecological Economics 22(3): 261–266.

De Bryun, S. 2002. Dematerialization and rematerialization as two recurring phenomena of industrial ecology, In Handbook of Industrial Ecology, edited by R.U. Ayres and L.W. Ayres. A. Cheltenham: Edward Elgar.

EEA, 2012. Material Resources and Waste – 2012 update. The European Environment. State and Outlook 2010. Copenhagen: European Environment Agency.

Fischer-Kowalski, M. 2011. Analyzing sustainability transitions as a shift between socio-metabolic regimes. Environmental Innovation and Societal Transitions 1(1): 152–159.

Fischer-Kowalski, M., F. Krausmann, S. Giljum, S. Lutter, A. Mayer, S. Bringezu, Y. Moriguchi, H. Schütz, H. Schandl, and H. Weisz. 2011. Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting. State of the Art and Reliability Across Sources. Journal of Industrial Ecology 15(6): 855-875.

Georgescu-Roegen, N., 1971. The Entropy Law and Economic Process. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Gierlinger, S. and F. Krausmann. 2011. The Physical Economy of the United States of America Extraction, Trade, and Consumption of Materials from 1870 to 2005. Journal of Industrial Ecology 16(3):365-377.

Giljum, S. and N. Eisenmenger. 2004. North-South Trade and the Distribution of Environmental Goods and Burdens: a Biophysical Perspective. Journal of Environment and Development 13(1): 73-100.

Giljum, S., T. Hak, F. Hinterberger, and J. Kovanda. 2005. Environmental governance in the European Union: strategies and instruments for absolute decoupling. International Journal of Sustainable Development 8(1-2): 31-46.

Goodall, C. 2011. 'Peak stuff.' Did the UK reach a maximum use of material resources in the early part of the last decade? Carbon Commentary. Available at:

http://www.carboncommentary.com/wp-ontent/uploads/2011/10/Peak_Stuff_17.10.11.pdf. Accessed June 2012.

Halkos, G.E. and E.G. Tsionas. 2001. Environmental Kuznets curves: Bayesian evidence from switching regime models. Energy Economics 23(2): 191-210.

Hekkert, M. 2000. Improving material management to reduce greenhouse gas emissions. Ph.D. thesis, Utrecht University, Utrecht, the Netherlands. Available at http://igitur-archive.library.uu.nl/dissertations/1921062/full.pdf Accessed July 2012.

Jackson, T. 2009. Prosperity without growth. Economics for a finite planet. London: Earthscan.

Kalimeris, P., C. Richardson, and K. Bithas. 2014. A meta-analysis investigation of the direction of the energy-GDP causal relationship: implications for the growth-degrowth dialogue. Journal of Cleaner Production 67, 1-13.

Krausmann, F. 2011. The global metabolic transition: a historical overview. In The socio-metabolic transition. Long term historical trends and patterns in global material and energy use, edited by F. Krausmann. Working paper. Institute of Social Ecology, Vienna, Austria.

Krausmann, F., S. Gingrich, and R. Nourbakhch-Sabet. 2011. The Metabolic Transition in Japan. A Material Flow Account for the Period from 1878 to 2005. Journal of Industrial Ecology 15(6): 877-892.

Krausmann, F., S. Gingrich, N. Eisenmenger, K.-H. Erb, H. Haberl, and M. Fischer-Kowalski. 2009. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. Ecological Economics 68(10): 2696–2705.

Maddison, A. 2008. Historical statistics for the world economy: 1–2006 AD. www.ggdc.net/maddison/. Accessed June 2011.

Meadows, D.H., D. L. Meadows, J. Randers and W.W. Behrens III. 1972. Limits to Growth. New York: New American Library.

OECD. 2004. Material flows and related indicators. Overview of material flow related activities in OECD countries and beyond. Descriptive sheets. Paris: OECD Working Group on Environmental Information and Outlooks.

Panayotou T. 1997. Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. Environment and Development Economics 2: 465–484.

Røpke, I. 2001. Is consumption becoming less material? The case of services. International Journal of Sustainable Development 4(1): 33–47.

Schandl, H. and J. West. 2012. Material Flows and Material Productivity in China, Australia, and Japan. Journal of Industrial Ecology 16(3):352-364.

Solow, R.M. 1974. The economics of Resources or the Resources of Economics. The American Economic review 64: 1-14.

Trainer, T. (F.E.). 1999. The limits to growth argument now. The Environmentalist 19(4): 325–335.

van den Bergh, J.C.J.M. 2011. Environment versus growth — A criticism of "degrowth" and a plea for "a-growth". Ecological Economics 70(5): 881–890.

Η διερεύνηση της δυναμικής αλληλεξάρτησης μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης, περιβαλλοντικής ποιότητας και υγείας: Η περίπτωση της Ελλάδας

Β. Πάτσικα, Κ. Κατρακυλίδης & Ι. Κυρίτσης
Τμήμα Οικονομικών Επιστημών
Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
patsikav@econ.auth.gr katrak@econ.auth.gr ikyr@econ.auth.gr

Περίληψη
Η ανάπτυξη της οικονομικής δραστηριότητας, χωρίς να έχει σαν στόχο την διατήρηση ή και την βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, ενδέχεται να οδηγήσει τελικά την οικονομική ανάπτυξη σε αρνητικούς ρυθμούς. Αυτό φανερώνεται μέσα από τη επιδείνωση των δεικτών υγείας γεγονός που στο άμεσο μέλλον θα επιφέρει περαιτέρω υποβάθμιση του περιβάλλοντος, δημιουργώντας έτσι ένα αέναο κύκλο επιβαρυντικών προϋποθέσεων τόσο για την ίδια την ανάπτυξη όσο και την σύγκλιση. Το άρθρο αυτό εξετάζει τις σχέσεις δυναμικής αλληλεξάρτησης μεταξύ της ανάπτυξης της οικονομικής δραστηριότητας, των δεικτών υγείας και της ποιότητας του περιβάλλοντος, στα πλαίσια της ανάλυσης χρονολογικών σειρών και της ανίχνευσης αιτιωδών κατά Granger επιδράσεων.

Λέξεις Κλειδιά: Οικονομική Ανάπτυξη, Δείκτες Υγείας, Ποιότητα Περιβάλλοντος.

JEL Κωδικοί: C4, O1, I1.

1. Εισαγωγή

Μετά την λήξη του Β' Παγκοσμίου πολέμου, πρωταρχικός στόχος τόσο των ανεπτυγμένων όσο και των αναπτυσσόμενων χωρών ήταν από την σκοπιά της οικονομικής πολιτικής η οικονομική μεγέθυνση. Ενώ οι ανεπτυγμένες χώρες κατάφερναν να αγγίξουν τα επίπεδα της πλήρους απασχόλησης, οι αναπτυσσόμενες επιδίωκαν να αυξήσουν και αυτές όσο το δυνατόν περισσότερο το κατά κεφαλήν εθνικό τους προϊόν με βασικό τους σύνθημα να είναι «to catch up with the developed countries». Αυτή όμως η προσήλωση και των δύο πλευρών στην οικονομική μεγέθυνση παραβίασε πολλούς περιβαλλοντικούς νόμους, με αποτέλεσμα τη μείωση της γονιμότητας της γης, εξαιτίας της υπερ-εκμετάλλευσής της.

Μπροστά σε αυτή την προβληματική και φαινομενικά μη αναστρέψιμη κατάσταση, το 1968 ο λεγόμενος Όμιλος της Ρώμης (Club of Rome),με μια ομάδα από επιστήμονες, πολιτικούς και επιχειρηματίες τόλμησε, με τη βοήθεια ενός υποδείγματος προσομοίωσης (simulation model), μακροχρόνιες προβλέψεις της οικονομικής μεγέθυνσης επικεντρώνοντας στην εξέταση των πέντε ακόλουθων τάσεων: i) επιταχυνόμενη εκβιομηχάνιση, ii) εκμετάλλευση των αποθεμάτων πρώτων υλών, iii) γρήγορη αύξηση του πληθυσμού, iv) εκτεταμένος υποσιτισμός, v) καταστροφή του ζωτικού χώρου.

Λίγο αργότερα, το 1974 μια ομάδα επιστημόνων του M.I.T υπό τους Dennis και Donella Meadows δημοσιεύει το βιβλίο «The Limits to Growth». Τότε, για πρώτη φορά εμφανίζεται μια αντι-συμβατική για την εποχή άποψη ότι η «ποιότητα ζωής» θα ακολουθεί μια φθίνουσα τάση στο μέλλον εξαιτίας της εξάντλησης των φυσικών πόρων.

Πλέον οι επιστημονικές κοινότητες αρχίζουν να εστιάζονται στο σύνθημα «how to slow growth» με κεντρικό ζήτημα την επιβράδυνση της μεγέθυνσης.Το 2004, η ίδια ομάδα δημοσιεύει την αναθεωρημένη έκδοση « Limits to growth:the 30 years update» όπου πλέον

συζητείται η ελεγχόμενη μείωση των δραστηριοτήτων κάτω από τα όρια των φυσικών πόρων του πλανήτη.

Μέσα στις εξελίξεις αυτής της τριακονταετίας μπορούμε να επισημάνουμε κάποια γεγονότα-σταθμούς.

1. Η σύνοδος-σταθμός του ΟΗΕ για το Περιβάλλον το 1972στη Στοκχόλμη, όπου και τέθηκαν οι αρχές για το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος του Οργανισμού.
2. Το 1983 συγκροτείται από τον ΟΗΕ η Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (WCED). Μάλιστα το 1987 η επιτροπή εκδίδει την περίφημη έκθεση με τίτλο «Το κοινό μας Μέλλον» όπου διατυπώνεται για πρώτη φορά ο ορισμός για τη βιώσιμη (sustainable) ανάπτυξη.
3. Το 1992 στη Σύνοδο του ΟΗΕ στο Rio de Janeiro της Βραζιλίας συντάσσεται η γνωστή Agenda 21 όπου το τρίπολο Οικονομία-Κοινωνία-Περιβάλλον εισάγεται ως βάση για την πορεία της ανθρωπότητας στον 21^0 αιώνα.
4. Το 2002 η Σύνοδος του ΟΗΕ στο Johannesburg της Ν. Αφρικής έχει ως κεντρικό άξονα τη Βιώσιμη Ανάπτυξη.
5. Λίγους μήνες πριν τη Σύνοδος του Johannesburg, η Ευρωπαϊκή Ένωση είχε κυρώσει το Πρωτόκολλο του Kyotoμε το οποίο τα Κράτη – μέλη της ανέλαβαν τη δέσμευση για μείωση των ρύπων έξι αερίων (με κύριο το CO_2) στην πενταετία 2008-2012 κατά 8% σε σχέση με το έτος βάσης το 1990.

Από τότε καθιερώνονται ετήσιες διασκέψεις των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή με ορόσημο εκείνη του 2009 στην Κοπεγχάγη όπου είχαν δημιουργηθεί προσδοκίες για την σύναψη μιας παγκόσμιας, αποτελεσματικής και νομικά δεσμευτικής συμφωνίας, η οποία δυστυχώς, δεν είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

2. Βιώσιμη Ανάπτυξη

Πέραν της προβληματικής που εκτέθηκε πιο πάνω, η συζήτηση για τις επιπτώσεις των θεμελιωδών μετασχηματισμών στην απασχόληση, με την εμφάνιση νέων τεχνολογιών (που είχαν ως κέντρο βάρους το φθηνό πετρέλαιο, τα πετροχημικά και τα πλαστικά), αποτέλεσε μέρος μιας πολύ μεγαλύτερης και ευρύτερης αντιπαράθεσης, που σχετίζεται τόσο με τις θετικές όσο και με τις αρνητικές "εξωτερικές οικονομίες" (externalities) τέτοιων ριζικών αλλαγών: την αποκόμιση ωφελημάτων για πολλούς σε βάρος άλλων. Έτσι, ενώ η τεχνολογική πρόοδος κατά τη μεταπολεμική περίοδο οδήγησε σε μια άνευ προηγουμένου ευημερία, τουλάχιστον στις εκβιομηχανισμένες χώρες της Δύσης, οι επιβαρύνσεις στη ζωή πολλών ομάδων ανθρώπων υπήρξαν συχνά δυσανάλογα μεγάλες.

Δύο βασικά σημεία που πρέπει πρωτίστως να εξεταστούν, κατά την αξιολόγηση της μορφής ανάπτυξης μιας οικονομίας και της δυνατότητας μετάβασης προς μια πιο βιώσιμη κατάσταση, είναι η συγκρότηση του τρόπου παραγωγής και του επιπέδου κατανάλωσης. Σε περιβαλλοντικές παραμέτρους αποτελεί παγκόσμια διαπίστωση, ότι οι φτωχότερες και πιο ευάλωτες χώρες «επιδοτούν» τον τρόπο ζωής των πλουσιότερων. Όμως, ενώ οι περισσότερες αναπτυγμένες χώρες επιχειρούν, και κατορθώνουν εν πολλοίς, μια σύγκλιση ανάμεσα στην κατανάλωση φυσικού κεφαλαίου και τη φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντός τους για ανανέωση πόρων και αφομοίωση απορριμμάτων, η τάση που διαφαίνεται στις καμπύλες των εκτιμήσεων σε ότι αφορά τη χώρα μας είναι πως η απόσταση αυτή συνεχώς διευρύνεται. Επιπλέον, η αύξηση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, κυρίως λόγω της εκβιομηχάνισης, επιδεινώνει διαρκώς την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Επομένως, η προστασία του περιβάλλοντος σε συνδυασμό με την απαίτηση για υψηλότερη και ταυτόχρονα βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη, αποτελεί σήμερα μια σημαντική έννοια και παραμένει μια αναγκαιότητα σε προτεραιότητα για όλες τις οικονομίες και κυρίως

για τις αναπτυσσόμενες (Ελλάδα), οι οποίες όπως φαίνεται δεν κατέχουν την απαραίτητη τεχνογνωσία, αλλά και την περιβαλλοντική συνείδηση.

Σύμφωνα με έρευνα που επιμελήθηκαν το JRC (Joint Research Centre) και η Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης της Ολλανδίας με τίτλο "Μακροπρόθεσμες τάσεις στις παγκόσμιες εκπομπές CO_2" οι παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αυξήθηκαν κατά 45% μεταξύ 1990 και 2010, αγγίζοντας το πρωτοφανές επίπεδο των 33 δισεκατομμυρίων τόνων.

Για την Ελλάδα, σύμφωνα με το Υπουργείο Ανάπτυξης, στο τέλος του 2020, οι εκπομπές CO_2 θα ξεπεράσουν το επίπεδο του 1990 κατά 68% γεγονός που οδηγεί τη χώρα σε μια μη βιώσιμη κατάσταση από περιβαλλοντική άποψη. Η τρέχουσα σοβαρή οικονομική ύφεση έχει επηρεάσει σημαντικά και την κατανάλωση ενέργειας στη χώρα και θα πρέπει να διαμορφωθούν νέα σενάρια για τις εκπομπές CO_2, οι οποίες θα πρέπει προφανώς να οριστούν σε χαμηλότερα επίπεδα

3. Οι σχέσεις Οικονομικής Ανάπτυξης-Ποιότητας Περιβάλλοντος-Υγείας

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι τα μεγαλύτερα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη μπορούν να επιτευχθούν σε μια οικονομία, εάν η στρατηγική ανάπτυξης που υιοθετείται ενσωματώνει περιβαλλοντικές παραμέτρους. Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομική δραστηριότητα (Bovenberg & Smulders 1995-1996, Bruvoll, Glomsrod, & Vennemo 1999) μέσα από πολλά κανάλια, μεταξύ των οποίων και η ποιότητα της υγείας. Είναι ευρύτατα αποδεκτό ότι η ποιότητα στην υγεία και το περιβάλλον συσχετίζονται θετικά. Έτσι, η ποιότητα στην υγεία μπορεί να αποτελέσει την κύρια ενδιάμεση μεταβλητή στην ανάλυση για την σχέση ποιότητας περιβάλλοντος και οικονομικής ανάπτυξης

3.1 Η σχέση Οικονομικής Ανάπτυξης-Ποιότητας Περιβάλλοντος

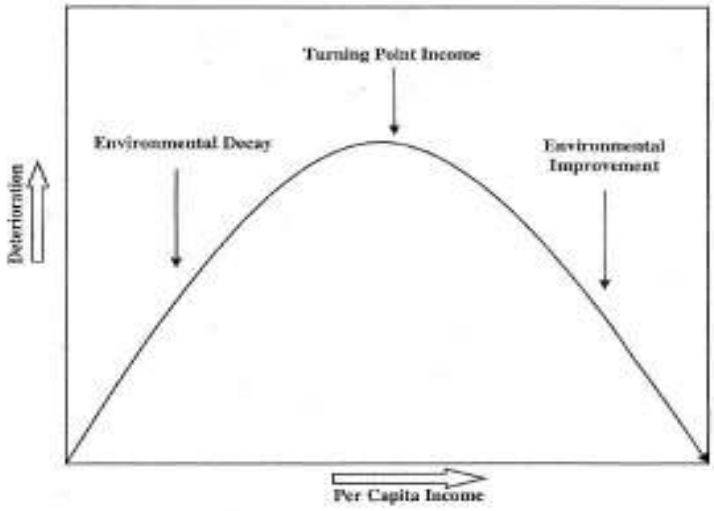
Πολλοί συγγραφείς προσπάθησαν να δώσουν θεωρητικές και εμπειρικές αναλύσεις αυτής της σχέσης. Πιο δημοφιλής από αυτές παραμένει η υπόθεση της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets (Environmental Kuznets Curve-EKC), που θεωρεί ότι ο αντίκτυπος της αύξησης στην περιβαλλοντική ποιότητα μπορεί να αντιπροσωπευθεί με μια καμπύλη σχήματος ανεστραμμένου U. Δηλ. υψηλή οικονομική ανάπτυξη, αρχικά, οδηγεί σε περιβαλλοντική υποβάθμιση έως ότου αυτή φθάσει σε ένα κρίσιμο σημείο. Μετά το σημείο αυτό, η υψηλότερη οικονομική ανάπτυξη μπορεί να μειώσει την περιβαλλοντική επιβάρυνση (Σχήμα 1). Η θεωρία EKC εστιάζει μόνο σε μια μονόδρομη αιτιώδη σχέση, δηλ. στην επίδραση της οικονομικής μεγέθυνσης πάνω στην περιβαλλοντική ποιότητα.

Μία από τις ερμηνείες της παραπάνω καμπύλης είναι ότι το περιβάλλον μπορεί να θεωρηθεί ως αγαθό πολυτελείας. Στα αρχικά στάδια οικονομικής ανάπτυξης, υπάρχει ένα tradeoff μεταξύ κατανάλωσης και επένδυσης στην προστασία του περιβάλλοντος, υπέρ της κατανάλωσης, που οδηγεί σε υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Μόλις φθάσει η χώρα στο κρίσιμο επίπεδο του κατωφλίου για το εισόδημα, οι πολίτες της αρχίζουν να απαιτούν βελτιώσεις στην περιβαλλοντική ποιότητα και αυτό οδηγεί στην εφαρμογή πολιτικών για την προστασία του περιβάλλοντος και τελικά στη μείωση της ρύπανσης.

Μια άλλη εξήγηση της υπόθεσης EKC είναι ότι οι χώρες περνούν, μέσω των τεχνολογικών κύκλων ζωής, από βασισμένες στην γεωργία οικονομίες (με έντονα ρυπογόνες τεχνολογίες) προς οικονομίες με ένταση στις υπηρεσίες (λιγότερο ρυπογόνες). Δεδομένου λοιπόν ότι ο τομέας των υπηρεσιών συνδέεται με χαμηλότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση, αυτή η μετάβαση από ρυπογόνες σε χαμηλότερα ρυπογόνες τεχνολογίες οδηγεί σε μικρότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Ως εκ τούτου, μακροπρόθεσμα, τα επίπεδα ρύπανσης αναμένονται να βελτιωθούν μαζί με τα εισοδήματα. Αυτό το επιχείρημα έχει χρησιμοποιηθεί

για να δικαιολογήσει την αναζήτηση των στρατηγικών οικονομικής μεγέθυνσης που δε δίνουν την οφειλόμενη προσοχή στην επίδρασή τους στο περιβάλλον.

Σχήμα 1. Τυπική μορφή Περιβαλλοντικής Καμπύλης Kuznets



Πηγή: Yandle et al. (2004)

Από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, επισημαίνουμε ότι :

i. Η αιτιώδης σχέση μεταξύ της περιβαλλοντικής ποιότητας και ανάπτυξης είναι συγκεκριμένης φοράς, από την οικονομική ανάπτυξη προς τις εκπομπές ρύπων. Επίσης έχει υποστηριχτεί ότι και αντιστρόφως αυξανόμενα επίπεδα εκπομπών λόγω της οικονομικής ανάπτυξης μπορεί να έχουν επιβλαβή αποτελέσματα στις δυνατότητες παραγωγής (οικονομική ανάπτυξη) (Pearson, 1994; Sternetal., 1994). Κατά συνέπεια, η αιτιώδης σχέση μεταξύ τους μπορεί να είναι αμφίδρομη.

ii. Οι Panayotou (1993), Selden & Song (1994), Grossman & Kreuger (1995) παρουσίασαν αρχικά στοιχεία ότι ορισμένοι ρύποι ακολουθούν σχήμα καμπύλης ανεστραμμένου U σε σχέση με το εισόδημα.

iii. Οι Kaufmannetal. (1998), Torras & Boyce (1998), Suri & Chapman (1998) και Agras & Chapman (1999) υποστηρίζουν ότι η EKC θα μπορούσε να οφείλεται σε σημαντικές μεταβλητές που λείπουν (χωρική ένταση οικονομικής δραστηριότητας, πολιτικά δικαιώματα, ανισότητα εισοδήματος, εκπαίδευση, εμπόριο κ.α.).

iv. Στην προηγούμενη δεκαετία, έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες μελέτες για να εξετάσουν τη σχέση για μια χώρα ή μια ομάδα χωρών**.** (Coondoo and Dinda 2002, Dinda and Coondoo 2006, Akbostanci et al. 20099). Τέτοιες μελέτες χαρακτηρίζονται ως περιβαλλοντικές αναλύσεις καμπυλών Kuznets. Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν κρίνεται ως αμφιλεγόμενο και μένει αναπάντητο το μεγάλο ερώτημα, αν μπορεί η ανάπτυξη από μόνη της να αποτρέψει περιβαλλοντική καταστροφή.

Η βιβλιογραφία δεν έχει καταλήξει ακόμα σε μια γενική αποδοχή για την φύση-κατεύθυνση της αιτιώδους σχέσης μεταξύ της υποβάθμισης του περιβάλλοντος, της ποιότητας στην υγεία και της οικονομικής ανάπτυξης.

Πιθανοί λόγοι:

i. Το επίπεδο ανάπτυξης των εξεταζόμενων οικονομιών.
ii. Η χρονική περίοδος που επιλέγεται για την ανάλυση.
iii. Η χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία την οποία επιλέγει ο κάθε ερευνητής να ακολουθήσει.

3.2 Η σχέση Οικονομικής Ανάπτυξης και Υγείας

Η υγεία ενός έθνους είναι ζωτικής σημασίας στην επίτευξη των αναπτυξιακών στόχων του. Αρκετά κανάλια έχουν εντοπιστεί μέσω των οποίων το επίπεδο υγείας επηρεάζει το επίπεδο κατανάλωσης σε μια χώρα. Το πρώτο είναι ότι πιο υγιείς άνθρωποι είναι πιο παραγωγικοί και πιο διαθέσιμοι για εργασία, μπορούν να εργαστούν σκληρότερα, για περισσότερο χρονικό διάστημα και να σκέφτονται πιο καθαρά. Η υγεία μπορεί επίσης να βελτιώσει την οικονομική δραστηριότητα μέσω της επίδρασής της στην εκπαίδευση. Βελτιώσεις στον τομέα της υγείας ενδυναμώνουν τα κίνητρα για να παρακολουθήσουν υψηλού επιπέδου εκπαίδευση, δεδομένου ότι οι αποδόσεις από επενδύσεις στην εκπαίδευση είναι πολύτιμες για μεγάλη χρονική περίοδο στην επαγγελματική δραστηριότητα.

Επιπλέον, ένα χαμηλότερό ποσοστό θνησιμότητας ή/και υψηλότερο προσδόκιμο ζωής ενθαρρύνουν την αποταμίευση για συνταξιοδότηση και έτσι αυξάνουν τα επίπεδα των επενδύσεων και του κεφαλαίου ανά εργαζόμενο. Στην πραγματικότητα, η αλληλεπίδραση αυτή προκαλεί διαφορετικές συνέπειες ανάλογα με το επίπεδο ανάπτυξης και αν η υπόθεση EKC επαληθεύεται. Στη βιβλιογραφία:

i. Ο Mayer (2001), με δεδομένα από τις χώρες της Λατινικής Αμερικής βρήκε ισχυρή απόδειξη της αιτιότητας από την υγεία προς το εισόδημα.

ii. Ο Dao (2012), διαπίστωσε ότι η κατά κεφαλήν αύξηση του ΑΕΠ εξαρτάται από την αύξηση της κατά κεφαλήν δαπάνης για την υγεία.

iii. Οι Friedman & Shady (2012), εκτιμούν τις επιπτώσεις των διακυμάνσεων του γεωργικού εισοδήματος για τη βρεφική θνησιμότητα σε 30 χώρες της υπο-Σαχάριας Αφρικής κατά τη διάρκεια της χρηματοπιστωτικής κρίσης του 2008-2009 και δείχνουν ότι 28.000 έως 50.000 παιδιά έχασαν τη ζωή τους ως συνέπεια της οικονομικής ύφεσης.

3.3 Η σχέση Υγείας και Περιβάλλοντος

Ηπεριβαλλοντική υποβάθμιση, είναι βέβαιο ότι θα οδηγήσει σε προβλήματα υγείας του εγχώριου πληθυσμού. Ένα λιγότερο υγιές εργατικό δυναμικό δε θα είναι σε θέση να αυξήσει τα επίπεδα παραγωγικότητας της οικονομίας και ως εκ τούτου θα οδηγήσει σε μικρότερη παραγωγή-εισόδημα για την οικονομία. Όπως υποστηρίζεται από τους Pearce & Warford (1993) οι άμεσες και πιο βλαβερές συνέπειες της περιβαλλοντικής υποβάθμισης είναι οι βλάβες στην ανθρώπινη υγεία μέσω διαφόρων μορφών ασθενειών. Πολλοί συγγραφείς έχουν αποδείξει πως η ποιότητα του αέρα μπορεί να σχετίζεται με την υγεία του πληθυσμού. Οι Woodruff, Grillo & Schoendorf (1997), Gangadharan & Valenzuela (2001),Chayand & Greenstone (2005) έδειξαν ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να αυξήσει το ποσοστό θνησιμότητας. Οι Jerrettetal. (2005), διερεύνησαν κατά πόσο η χρόνια έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση σωματιδίων συνδέεται σημαντικά με τη θνησιμότητα όταν λαμβάνονται υπόψη και οι επιδράσεις των άλλων κοινωνικών και δημογραφικών παραγόντων και του τρόπου ζωής. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις στην υγεία και για τις γυναίκες και για τους άνδρες. Από την άλλη πλευρά, πολλοί συγγραφείς διερευνούν τη σχέση μεταξύ ρύπανσης με κάποιες ειδικότερες ασθένειες, όπως καρδιο-αναπνευστικές παθήσεις(Nauenberg & Basu, 1999), καθώς και συγγενείς ανωμαλίες (Rankinetal., 2009) και βρήκαν γενικά θετική σχέση.

4. Στόχοι της Έρευνας

i. Να διερευνήσει τη δυναμική σχέση μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και ποιότητας του περιβάλλοντος.
ii. Να διερευνήσει τη δυναμική σχέση μεταξύ της υγείας και του περιβάλλοντος.
iii. Να διερευνήσει τη μορφή της καμπύλης EKC σε σχέση με την ποιότητα υγείας.

iv. Να διερευνήσει ταυτόχρονα τις αιτιώδεις δυναμικές αλληλεξαρτήσεις μεταξύ της ποιότητας στην υγεία, της ποιότητας στο περιβάλλον και της μεγέθυνσης του κατά κεφαλή ΑΕΠ.

5. Δεδομένα και Αποτελέσματα της Εμπειρικής Ανάλυσης

5.1 Δεδομένα

Για τις ανάγκες της εμπειρικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για την Ελλάδα που συλλέχθηκαν από την WorldBank Database και αναφέρονται στην χρονική περίοδο 1960-2012. Οι σειρές των δεδομένων αφορούν τους παρακάτω δείκτες:

- COPC: CO2 inmetrictons per capita
- IMR: Infant mortality (per thousand)
- YRPCE: GDP per capita, constant prices, in Euros.

Με το δείκτη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα προσεγγίζεται η περιβαλλοντική επιβάρυνση, με τον δείκτη παιδικής θνησιμότητας προσεγγίζεται το επίπεδο της υγείας ενώ τέλος το ΑΕΠ χρησιμοποιείται ως προσέγγιση της οικονομικής μεγέθυνσης. Τα αρχικά δεδομένα, στα πλαίσια της οικονομετρικής διερεύνησης χρησιμοποιούνται σε λογαριθμική μορφή.

5.2 Αποτελέσματα της Εμπειρικής Ανάλυσης

Τα γνωστά κριτήρια αξιολόγησης και ελέγχου της σημαντικότητας των οικονομετρικών εκτιμήσεων είναι αξιόπιστα μόνο όταν υπάρχει στασιμότητα των σειρών (πρόβλημα πλασματικής παλινδρόμησης). Γενικότερα οι μεταβλητές θα πρέπει να διακρίνονται από σταθερότητα των μέσων και των διακυμάνσεων στο χρόνο. Έτσι, στο 1^0 βήμα της εμπειρικής ανάλυσης, απαιτείται η διαπίστωση των χαρακτηριστικών ολοκλήρωσης των εξεταζόμενων μεταβλητών. Για τον έλεγχο στασιμότητας χρησιμοποιήθηκαν ο επαυξημένος έλεγχος των Dickey-Fuller (ADF test). Ο έλεγχος των Phillips και Perron (PPtest) ο οποίος είναι πιο αξιόπιστος όταν υπάρχουν παραβιάσεις της τύπου ετεροσκεδαστικότητας και σειριακής συσχέτισης καθώς και ο έλεγχος των Elliot, Rothenberg & Stock γνωστός ως ADF-GLS test, ο οποίος είναι νεότερης γενιάς και υψηλότερης στατιστικής δύναμης. Τα αποτελέσματά όλων των ελέγχων, για όλες τις εξεταζόμενες μεταβλητές και στο επίπεδό τους και σε μορφή πρώτων διαφορών κατέδειξαν ότι οι σειρές είναι μη στάσιμες πρώτης τάξης. Επομένως, το επόμενο βήμα θα είναι ο έλεγχος για ύπαρξη συνολοκλήρωσης, προκειμένου να ανιχνεύσουμε την πιθανή παρουσία μακροχρόνιων και βραχυχρόνιων αιτιωδών κατά Granger επιδράσεων μεταξύ τους.

Για την συνολοκλήρωση εφαρμόσαμε τον έλεγχο του Johansen(Johansen, S., 1988) και τον έλεγχο ARDL(Pesaran,M. Hashem, Yong Cheol Shin, & Richard J.Smith, 2001). Ειδικότερα, βασιζόμενοι στην βιβλιογραφία για τις καμπύλες τύπου Kuznets, ελέγχθηκαν για συνολοκλήρωση οι σχέσεις α) μεταξύ των κατά κεφαλή εκπομπών CO_2 και του κατά κεφαλή ΑΕΠ, β) μεταξύ του δείκτη παιδικής θνησιμότητας και του κατά κεφαλή ΑΕΠ και γ) μεταξύ του δείκτη παιδικής θνησιμότητας, των κατά κεφαλή εκπομπών CO_2 και του κατά κεφαλή ΑΕΠ. Σημειώνεται ότι ο έλεγχος Μέγιστης Πιθανοφάνειας ML τουJohansen, θεωρείται ο πλέον αξιόπιστος στα πλαίσια διερεύνησης πολυμεταβλητών υποδειγμάτων διότι βασίζεται στην εκτίμηση συστήματος εξισώσεων τύπου VAR, έτσι απαιτείται μεγάλος αριθμός παρατηρήσεων που να εξασφαλίζει επαρκείς βαθμούς ελευθερίας. Από την άλλη μεριά, η μέθοδος ARDL αποτελεί μεθοδολογία ελέγχου μιας εξίσωσης η οποία είναι ιδιαίτερα ισχυρή σε μικρά δείγματα ενώ παράλληλα υποβαθμίζει σημαντικά το σφάλμα από πιθανή ενδογένεια μεταξύ των μεταβλητών.

Πίνακας 1:		**COINTEGRATION TESTS**				
Model	**Hypo**	**Johansen Trace test**	**Johansen Max Eigen value test**	**Num. of coin. vectors**	**Bounds test (ARDL)**	**Long Run Causality**
LCO2-LYN-LYNSQ	None <=1	50.564(0.000) 13.744(0.198)	36.820(0.000) 10.785(0.331)	ONE	F=12.783 L 95%=4.079 U 95%=5.221	YES
LIMR-LYN-LYNSQ	None <=1	33.857(0.016) 6.467(0.640)	27.390(0.005) 6.453(0.556)	ONE	F=9.9363 L 95%=5.305 U 95%=6.322	YES
LIMR-LCO2	None <=1	24.732(0.068) 4.707(0.638)	20.025(0.040) 4.707(0.638)	0NE	F=8.871 L 95%=7.137 U 95%=7.890	YES
LIMR-LCO2-LYN-LYNSQ	None <=1	58.369(0.026) 29.741(0.164)	28.627(0.090) 18.494(0.240)	ONE	F=10.182 L 95%=4.413 U 95%=5.522	YES
LYN - LCO2	None <=1	37.401(0.000) 7.525 (0.006)	29.876(0.000) 7.525 (0.006)	NO COIN.	F=5.270 L 95%=5.247 U 95%=6.082	NO
LYN-LIMR	None <=1	21.409(0.005) 3.079(0.079)	18.329(0.010) 3.079 (0.079)	NO COIN.	F=4.808 L 95%=5.247 U 95%=6.082	NO

Τα αποτελέσματα και από τις δύο μεθοδολογίες ελέγχου και για όλα τα εξεταζόμενα υποδείγματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 1. Με βάση τον έλεγχο του Johansen και ειδικότερα τα κριτήρια του ίχνους και της μέγιστης ιδιοτιμής, τα αποτελέσματα της απλής διμεταβλητής ανάλυσης δεν δείχνουν ύπαρξη μακροχρόνιων αιτιωδών σχέσεων μεταξύ κατά κεφαλή ΑΕΠ και CO_2 όπως επίσης και μεταξύ του κατά κεφαλή ΑΕΠ και του δείκτη παιδικής θνησιμότητας. Αντιθέτως, όταν υιοθετήσουμε την συναρτησιακή μορφή της καμπύλης Kuznets οι σχετικοί έλεγχοι υποδεικνύουν μια σχέση ισορροπίας σε όλες τις εξεταζόμενες σχέσεις. Παρόμοια ευρήματα προκύπτουν και από την εφαρμογή της προσέγγισης ARDL όπου υποστηρίζεται η παρουσία μακροχρόνιας αιτιώδους επίδρασης μόνο στα τύπου Kuznetsυποδείγματα με σαφή κατεύθυνση από το ΑΕΠ προς το CO_2 και από το ΑΕΠ προς την παιδική θνησιμότητα ενώ στο υπόδειγμα που υπεισέρχονται όλες μαζί οι μεταβλητές ανιχνεύεται επίσης μια μακροχρόνια αιτιώδης επίδραση από τους όρους του ΑΕΠ και το CO_2 προς την παιδική θνησιμότητα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι συντελεστές μακροχρόνιες σχέσεις ισορροπίας που προέκυψαν από τις δύο μεθοδολογίες συνολοκλήρωσης καθώς επίσης και από την μέθοδο Dynamic OLS (DOLS). Η DOLSχρησιμοποιείται εδώ για το robustnesstων ευρημάτων μας δεδομένου ότι αποτελεί μια εξαιρετικά ισχυρή μεθοδολογία μιας συνάρτησης για περιπτώσεις μικρών σχετικά δειγμάτων και παράλληλα αντιμετωπίζει πολύ ικανοποιητικά το πρόβλημα της ενδογένειας.

Γενικά παρατηρούμε ότι η οικονομική μεγέθυνση επηρεάζει αυξητικά τις εκπομπές CO_2 αλλά αρνητικά την παιδική θνησιμότητα όπως επίσης και ότι το CO_2 συσχετίζεται θετικά με την παιδική θνησιμότητα. Τέλος, οι συντελεστές που προκύπτουν και από τις τρεις μεθοδολογίες θα μπορούσαν να θεωρηθούν συνεπείς ως προς το πρόσημο και αριθμητικά συγκρίσιμοι.

Στο επόμενο βήμα προχωρήσαμε στην εκτίμηση των ανάλογων υποδειγμάτων διόρθωσης σφάλματος από όπου μπορούμε να προσδιορίσουμε την φορά και την σημαντικότητα τόσο των μακροχρόνιων όσο και των βραχυχρόνιων αιτιωδών επιδράσεων μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών.

Πίνακας 2: COINTEGRATING EQUATIONS (Long run coefficients)			
Model	**JOHANSEN**	**ARDL**	**DOLS**
LCO2-LYN-LYNSQ	1 0.402 -0.0006	1 0.61 -0.032	1 0.519 -0.015
LIMR-LYN-LYNSQ	1 -0.191 - 0.044	1 - 0.204 -0.020	1 -0.174 -0.044
LIMR-LCO2	1 0.273	1 0.185	1 0.233
LIMR-LCO2-LYN-LYNSQ	1 0.165 - 0.353 -0.010	1 0.144 - 0.164 -0.009	1 0.235 -0.391 -0.015
LYN -LCO2	-	-	-
LYN- LIMR	-	-	-

Τα σχετικά αποτελέσματα εμφανίζονται στην συνέχεια στους πίνακες 3 και 4. Από τον πίνακα 3, με βάση το πρόσημο και την σημαντικότητα των όρων διόρθωσης σφάλματος (η προσαρμογή στην μακροχρόνια ισορροπία απαιτεί αρνητικό και στατιστικά σημαντικό όρο διόρθωσης σφάλματος) προκύπτει ότι υπάρχει μονόδρομη μακροχρόνια αιτιότητα από τους όρους του ΑΕΠ και προς το CO_2 και προς την παιδική θνησιμότητα. Επίσης υπάρχει μονόδρομη αιτιότητα από το CO_2 προς την παιδική θνησιμότητα ενώ τέλος στο υπόδειγμα που περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές διαπιστώνουμε αιτιότητα με κατεύθυνση και προς την παιδική θνησιμότητα αλλά και προς το όρο του ΑΕΠ στο τετράγωνο.

Πίνακας 3: VECTOR ERROR CORRECTION TERM ESTIMATES				
Model	**Dependent variable**	**Johansen (t-stats)**	**Dependent variable**	**ARDL (p-values)**
LCO2-LYN-LYNSQ (BP:1982)	DLCO2 DLYN DLYNSQ	-0.436 (1.710) 0.514 (3.804) 8.164 (4.815)	DLCO2	-0.189 (0.006)
LIMR-LYN-LYNSQ	DLIMR DLYN DLYNSQ	-0.061 (1.721) 0.004 (0.038) 1.428 (0.870)	DLIMR	-0.280 (0.000)
LIMR-LCO2 (BP:1975,1995)	DLIMR DLCO2	-0.193 (4.122) 0.504(2.319)	DLIMR	-0.246 (0.001)
LIMR-LCO2-LYN-LYNSQ	DLIMR DLCO2 DLYN DLYNSQ	-0.189(1.730) -0.158 (0.297) -0.427 (1.226) -8.214 (1.767)	DLIMR	-0.368 (0.000)
LYN -LCO2		No cointegration		No Long Run Causality from LCO2 to LYN
LYN- LIMR		No cointegration		No Long Run Causality from LIMR to LYN

Από τον πίνακα 3, με βάση το πρόσημο και την σημαντικότητα των όρων διόρθωσης σφάλματος (η προσαρμογή στην μακροχρόνια ισορροπία απαιτεί αρνητικό και στατιστικά σημαντικό όρο διόρθωσης σφάλματος) προκύπτει ότι υπάρχει μονόδρομη μακροχρόνια αιτιότητα από τους όρους του ΑΕΠ και προς το CO_2 και προς την παιδική θνησιμότητα. Επίσης υπάρχει μονόδρομη αιτιότητα από το CO_2 προς την παιδική θνησιμότητα ενώ τέλος στο υπόδειγμα που περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές διαπιστώνουμε αιτιότητα με κατεύθυνση και προς την παιδική θνησιμότητα αλλά και προς το όρο του ΑΕΠ στο τετράγωνο. Τέλος, από τον πίνακα 4 παρακάτω, συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των ελέγχων

για βραχυχρόνιες αιτιώδεις επιδράσεις και από τις την μεθοδολογία του Johansenκαι από την ARDL, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα.

Υπάρχουν ασθενείς βραχυχρόνιες αιτιώδεις επιδράσεις από τις μεταβλητές του ΑΕΠ προς το CO_2 (αποτελέσματα Johansen) όπως και προς την παιδική θνησιμότητα (αποτελέσματα ARDL). Επίσης, στο πλήρες υπόδειγμα ανιχνεύθηκαν σημαντικές βραχυχρόνιες αιτιώδεις επιδράσεις από τις μεταβλητές του ΑΕΠ και το CO_2 προς την παιδική θνησιμότητα (αποτελέσματα ARDL). Όσον αφορά τις σχέσεις όπου δεν βρέθηκε συνολοκλήρωση, έγινε έλεγχος βραχυχρόνιων αιτιωδών επιδράσεων μεταξύ των μεταβλητών σε μορφή πρώτων διαφορών και με εκτίμηση τύπου VAR συστημάτων όπου διαπιστώθηκε αιτιότητα μόνο από την παιδική θνησιμότητα προς το ΑΕΠ (Πίνακας 5).

Πίνακας 4: SHORT RUN CAUSALITY TESTS

	From Johansen VECM	
Model	**Dep. Var./ Lags of Excluded variables**	**X^2-Stat (p-value)**
LCO2-LYN-LYNSQ	DLCO2/ DLYN,DLYNSQ DLYN/ DLCO2,DLYNSQ DLYNSQ / DLYN, DLCO2	0.083 0.061 0.669 0.118 0.360 0.002
LIMR-LYN-LYNSQ	DLIMR/ DLYN,DLYNSQ DLYN/DLIMR,DLYNSQ DLYNSQ/DLIMR,DLYN	0.317 0.514 0.235 0.733 0.034 0.232
LIMR-LCO2	DLIMR/DLCO2 DLCO2/DLIMR	0.803 0.821
LIMR-LCO2-LYN-LYNSQ	DLIMR/DLCO2,DLYN,DLYNSQ DLCO2/ DLIMR,DLYN,DLYNSQ DLYN/ DLCO2,DLIMR,DLYNSQ DLYNSQ/ DLCO2,DLYN,DLIMR	0.440 0504 0.387 0.765 0.230 0.181 0.397 0.162 0.438 0.773 0.162 0.065
From ARDL ECM		
Model	**Dep. Var./ Lags of Excluded variables.**	**X^2-Stat (p-value)**
LCO2-LYN-LYNSQ	DLCO2/ DLYN,DLYNSQ	0.121 0.150
LIMR-LYN-LYNSQ	DLIMR/ DLYN,DLYNSQ	0.000 0.000
LIMR-LCO2	DLIMR/DLCO2	0.438
LIMR-LCO2-LYN-LYNSQ	DLIMR/DLCO2,DLYN,DLYNSQ	0.001 0.003 0.491

Πίνακας 5: From Unrestricted VAR		
LYN -LCO2	DLYN/DLCO2 DLCO2/DLYN	0.235 0.827
LYN- LIMR	DLYN/DLIMR DLIMR/DLYN	0.493 0.049

6. Περίληψη-Συμπεράσματα

Με την χρήση υποδειγμάτων τύπου Kuznets διαπιστώσαμε ότι:

i. Η οικονομική μεγέθυνση οδηγεί σε υποβάθμιση του περιβάλλοντος (αύξηση εκπομπών CO_2).
ii. Η οικονομική μεγέθυνση επιδρά θετικά στην ποιότητα υγείας (μείωση του δείκτη παιδικής θνησιμότητας).
iii. Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα υγείας (αύξηση του δείκτη παιδικής θνησιμότητας).
iv. Η ταυτόχρονη θεώρηση και των τριών υπό μελέτη δεικτών δείχνει ότι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος και η οικονομική δραστηριότητα επηρεάζουν συστηματικά την

ποιότητα υγείας στη μακροχρόνια περίοδο, ενώ φαίνεται ότι λειτουργούν κατά βάση ως εξωγενείς μεταβλητές στο σύστημα.

v. Η επίδραση της οικονομικής μεγέθυνσης στην ποιότητα υγείας εκδηλώνεται α) άμεσα και β) έμμεσα, δια της υποβάθμισης του περιβάλλοντος.

Τα αποτελέσματά συνολικά δείχνουν ότι η περιβαλλοντική υποβάθμιση είναι βέβαιο ότι θα οδηγήσει σε χαμηλότερη ποιότητα της υγείας για τον εγχώριο πληθυσμό. Αυτό ενδεχόμενα να οδηγήσει μακροπρόθεσμα σε μικρότερα επίπεδα την παραγωγικότητα με δυσμενείς συνέπειες για την ανάπτυξη. Επομένως, οι πολιτικές ανάπτυξης πρέπει να ενσωματώνουν κατάλληλα προγράμματα προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος όπως και της ποιότητας των υπηρεσιών υγείας της χώρας πράγμα που δεν πρέπει να έρχεται σε αντίθεση με τους στόχους της ανάπτυξης. Τελικά επίκεντρο της πολιτικής του κράτους πρέπει να είναι η κοινωνική ευημερία και όχι μόνο το κατά κεφαλήν εισόδημα. (Gowdy, 2004, 2005).

Βιβλιογραφία

Agras, J. and Chapman, D., 1999. "A dynamic approach to environmental Kuznets curve hypothesis." Ecological Economics 28, 267-277.

Akbostancı, Elif, Serap Türüt-Aşık, and G. İpek Tunç, 2009. "The relationship between income and environment in Turkey: Is there an environmental Kuznets curve?" Energy Policy 37, 3, 861-867.

Bruvoll, Annegrete, Solveig Glomsrød, and Haakon Vennemo, 1999. "Environmental drag: evidence from Norway." *Ecological Economics,* 30, 2, 235-249.

Bovenberg, A. Lans, and Sjak A. Smulders, 1996. "Transitional impacts of environmental policy in an endogenous growth model." International Economic Review, 861-893

Chay, K.Y., and Greenstone, M., 2003. "The impact of air pollution on infant mortality: evidence from geographic variation in pollution shocks induced by a recession". Quarterly Journal of Economics 118, 3, 1121-1167

Coondoo, D., Dinda, S., 2002. "Causality between income and emission: a country-group-specific econometric analysis." Ecological Economics 40, 3, 351 – 367.

Dao, M. Q., 2012. "Government Expenditure and Growth in Developing Countries". Progress in Development Studies 12, 1, 77-82.

Dickey, D.A. and W.A. Fuller, 1979. "Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root." Journal of the American Statistical Association 74, 427-431.
Dickey, D.A. and W.A. Fuller. 1981. "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root." Econometrica 4, 1057-1072.

Elliott, G., Rothenberg, T. J., & Stock, J. H., 1996. "Efficient tests for an autoregressive unit root". Econometrica, 64, 813 – 836.

Friedman, J. & Shady, N., 2013."How many infants likely died in Africa as a result of the 2008-2009 global financial crisis?"Health Economics 22, 5, 611-622.

Gowdy, J., 2004. "The revolution in welfare economics and its implications for environmental valuation". Land Economics 80, 239–257.

Gowdy, J., 2005. "Toward a new welfare foundation for sustainability". Ecological Economics 53, 211–222.rossman, G., 1995. "Pollution and growth". In: Goldin, I., Winters, L.A. (Eds.). The Economics of Sustainable Development. OECD, Paris, 19–46.

Grossman, G., Kreuger, A.B., 1995. "Economic growth and the environment". Quarterly Journal of Economics 112, 353–377.

Grossman, M., 1972. "On the concept of health capital and the demand for health." Journal of Political Economy 80, 74-103.

Johansen, Soren, 1998. "Statistical Analysis of Cointegrating Vectors", Journal of Economic Dynamics and Control 12, pp. 231 – 254.

Johnson, E.K., Moran, D., Vinten, A.J.A., 2008. "A framework for valuing the health benefits of improved bathing water quality in the River Irvine catchment". Journal of Environmental . Management 87, 633-638.

Kaufmann, R.K., Davidsdottir, B., Garnham, S., Pauly, P., 1998. "The determinants of atmospheric SO2 concentrations: reconsidering the Environmental Kuznets Curve". Ecological Economics 25, 209–220.

Kuznets, S.,1955. "Economic growth and income inequality". American Economic Review 45, 1, 1–28.

Mayer, D., 2001. "The Long Term Impact of Health on Economic Growth in Latin America". World Development, 29, 6, 1025-1033.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W., 1997. "The limits to growth, 1972". Earth Island, London, 205.

Nauenberg, E., &Basu, K., 1999, "Effect of Insurance Coverage on the Relationship between Asthma Hospitalizations and Exposure to Air Pollution". Public Health Reports, Vol. 114, No. 2, pp. 135-148

Panayotou, T., 1993. "Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development". Working Paper, Technology and Environment Programme, International Labour Office, Geneva.

Pearce, D W and J Warford, 1993. "World Without End: Economics". Environment and Sustainable Development, Oxford University Press, Oxford.

Pesaran, M. Hashem, Yongcheol Shin, and Richard J. Smith, 2001. "Bounds testing approaches to the analysis of level relationships." Journal of applied econometrics 16, 3, 289-326

Phillips, Peter CB and Pierre Perron, 1988. "Testing for a unit root in time series regression." Biometrika 75, 2, 335-346.

Rankin, J., Chadwick, T., Natarajan, M., Howel, D., Pearce, P., &Pless-Mulloli, T., 2009. "Maternal exposure to ambient air pollutants and risk of congenital anomalies". Environmental Research 109, 181–187.

Selden, T.M. and Song, D., 1994. "Environmental Quality and Development : Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?". Journal of Environmental Economics and Management 27, 147-162.

Selden, T.M. and Song, D., 1995. "Neoclassical Growth, the J Curve for Abatement, and the Inverted U Curve for Pollution". Journal of Environmental Economics and Management 29, 162-168.

Stern, D.I., Common, M.S., Barbier, E.B., 1996. "Economic growth and environmental degradation: the Environmental Kuznets Curve and sustainable development". World Development 24, 7, 1151–1160.

Suri, V., Chapman, D., 1998. "Economic growth, trade and energy: implications for the Environmental Kuznets Curve". Ecological Economics 25, 195–208.

Torras, M., Boyce, J.K., 1998. "Income, inequality and pollution: a reassessment of the Environmental Kuznets Curve". Ecological Economics 25, 147–160.

Yandle B., Madhusudan B. & Vijayaraghavan M. (2004). *Environmental Kuznets Curves: A Review of Findings, Methods, and Policy Implications*, RS-01-1a, Bozeman, MT: Property and Environmental Research Center.

Woodruff, T. J., Grubl, J. and Schoendorf, K. C., 1997. "The Relationship between Selected Causes of Postneonatal Infant Mortality and Particulate Air Pollution in the United States." Environmental Health Perspectives 105, 6 608-12.

Οικονομική μεγέθυνση, ενεργειακή κατανάλωση και εκπομπές CO_2 στις EU15 στη μακροχρόνια περίοδο

Δήμητρα Καΐκα[1], Χριστίνα Μπαμπάτσου[1], Δημήτριος Αστερίου[2] και Ευθύμιος Ζέρβας[1*]
[1]Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
*Σαχτούρη 11, 26 222, Πάτρα, *e-mail: zervas@eap.gr*
[2]Σχολή Κοινωνικών Επιστημών, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
Μπουμπουλίνας 57-59, 262 22, Πάτρα

Περίληψη
Αντικείμενο της εργασίας είναι η εξέταση της συμπεριφοράς των μεταβλητών της οικονομικής μεγέθυνσης, της χρήσης της ενέργειας και των εκπομπών CO_2 στη μακροχρόνια ισορροπία τους, καθώς και οι δυναμικές σχέσεις αιτιότητας μεταξύ των μεταβλητών σε βραχυχρόνιο και μακροχρόνιο επίπεδο. Η έρευνα εστιάζει στις χώρες μέλη της EU15 στο διάστημα 1960-2010 (1970-2010 για τη Γερμανία). Η διερεύνηση της σχέσης βασίζεται στη εκτίμηση του πολυμεταβλητού υποδείγματος διόρθωσης σφάλματος και στον έλεγχο μακροχρόνιας και βραχυχρόνιας κατεύθυνσης αιτιότητας κατά Granger. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι σειρές δεν είναι στάσιμες στα λογαριθμικά τους επίπεδα αλλά εμφανίζονται στάσιμες στις πρώτες λογαριθμικές τους διαφορές, γεγονός που επιτρέπει τον έλεγχο για συνολοκλήρωση με βάση τη μέθοδο Johansen. Από τον έλεγχο Johansen προκύπτει μια στατιστικά σημαντική συνάρτηση συνολοκλήρωσης για 11 από τις 15 χώρες του δείγματος. Ωστόσο, δεν επιβεβαιώνεται ένα κοινό πρότυπο συμπεριφοράς μεταξύ των μεταβλητών των κατά κεφαλή εκπομπών CO_2 και του κατά κεφαλή ΑΕΠ, καθώς η σχέση μπορεί να είναι γραμμική, τετραγωνική ή κυβική, απορρίπτοντας την αυστηρή μορφή που εισηγείται η υπόθεση της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets (EKC). Επιπρόσθετα, ο μακροχρόνιος συντελεστής της κατά κεφαλή χρήσης της ενέργειας είναι στατιστικά σημαντικός σε όλες τις χώρες, υποδεικνύοντας μία ισχυρή σχέση μεταξύ των κατά κεφαλή εκπομπών CO_2 και της κατά κεφαλή χρήσης της ενέργειας.

Λέξεις κλειδιά: Οικονομική μεγέθυνση, χρήση ενέργειας, εκπομπές CO_2, μακροχρόνια ισορροπία, συνολοκλήρωση.

JEL Κωδικοί: C22, O44, O52, Q43, Q56.

1. Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί σήμερα μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της παγκόσμιας κοινότητας. Η πιθανή σχέση μεταξύ της οικονομικής μεγέθυνσης, της χρήσης της ενέργειας και των εκπομπών CO_2 αποτελεί πεδίο ευρύτατης επιστημονικής έρευνας κατά τις τελευταίες δεκαετίες (Acaravci and Ozturk, 2010; Ang, 2007; Apergis and Payne, 2009; Halicioglu, 2009; Jalil and Mahmud, 2009; Marrero, 2010; Pao, et al., 2011; Saboori and Sulaiman, 2013; Shahbaz, et al., 2013; Soytas, et al., 2007). Το βασικό σκεπτικό στη βιβλιογραφία αυτή είναι ότι η οικονομική μεγέθυνση είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη χρήση της ενέργειας που έχει ως αποτέλεσμα την περεταίρω περιβαλλοντική υποβάθμιση και, ειδικότερα, την αύξηση των εκπομπών CO_2.

Πολλές πρώιμες εργασίες επιχειρούν να εξετάσουν τη σχέση μεταξύ των εκπομπών CO_2 και της οικονομικής μεγέθυνσης στο πλαίσιο της υπόθεσης της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets (EKC). Κατά την υπόθεση αυτή, υφίσταται μια σχέση της μορφής αντίστροφου U μεταξύ της οικονομικής μεγέθυνσης και των εκπομπών CO_2 (Galeotti, et al., 2006; Schmalensee, et al., 1998; Shafic and Bandyopadhyay, 1992). Ειδικότερα, η

υποβάθμιση του περιβάλλοντος αναμένεται να αυξηθεί στα πρώτα στάδια της οικονομικής μεγέθυνσης, αλλά η περαιτέρω οικονομική μεγέθυνση αναμένεται να περιορίσει την υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Dinda, 2004; Kaika and Zervas, 2013a). Ενώ πολλές εργασίες επιχειρούν να ερμηνεύσουν τις πιθανές κινητήριες δυνάμεις της υπόθεσης αυτής, σε εμπειρική βάση η υπόθεση ΕΚC δεν απορρίπτεται αλλά ούτε επιβεβαιώνεται επαρκώς (Dinda, 2004; Kaika and Zervas, 2013a). Επιπλέον, η υπόθεση ΕΚC υπόκειται σε διάφορες κριτικές αναφορικά με τις υποθέσεις της και το θεωρητικό υπόβαθρό της (Kaika and Zervas, 2013b; Stern, et al., 1996).

Άλλες εργασίες επικεντρώνονται άμεσα στη σχέση μεταξύ της οικονομικής μεγέθυνσης και της χρήσης ενέργειας (Ozturk, 2010; Shahiduzzaman and Alam, 2012). Πιο πρόσφατες εργασίες επιχειρούν να εξετάσουν ταυτόχρονα τις σχέσεις μεταξύ των τριών μεταβλητών, είτε με τη χρήση panel data (Apergis and Payne, 2009; Marrero, 2010), είτε με τη χρήση χρονολογικών σειρών (Acaravci and Ozturk, 2010; Ang, 2007; Halicioglu, 2009; Jalil and Mahmud, 2009; Pao, et al., 2011; Saboori and Sulaiman, 2013; Shahbaz, et al., 2013; Soytas, et al., 2007). Ένα βασικό συμπέρασμα από τις εργασίες αυτές είναι ότι οι σχέσεις αιτιότητας μεταξύ των μεταβλητών της οικονομικής μεγέθυνσης, της χρήσης ενέργειας και των εκπομπών CO_2 δεν είναι ξεκάθαρες. Οι δυναμικές σχέσεις αιτιότητας μεταξύ των μεταβλητών κινούνται σε διαφορετικές κατευθύνσεις ανάλογα με τη χρονική περίοδο που εξετάζεται, την οικονομετρική μεθοδολογία που χρησιμοποιείται, τις παραδοχές που υιοθετούνται και την οικονομία ή το σύνολο των οικονομιών που διερευνώνται (Kaika and Zervas, 2013b).

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της συμπεριφοράς των εν λόγω μεταβλητών στη μακροχρόνια ισορροπία τους. Ειδικότερα, επιχειρείται να προσδιοριστεί ένα μοναδικό πρότυπο μακροχρόνιας ισορροπίας σε κάθε χώρα του δείγματος και να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις δυναμικές σχέσεις αιτιότητας μεταξύ των μεταβλητών του κατά κεφαλή εισοδήματος, των κατά κεφαλή εκπομπών CO_2 και της κατά κεφαλή χρήσης της ενέργειας. Για να επιτευχθεί αυτό, η διερεύνηση εστιάζεται σε κάθε χώρα χωριστά με τη χρήση των εργαλείων ανάλυσης χρονολογικών σειρών καθώς κάθε οικονομία χαρακτηρίζεται από τη δικής της ιστορία σε όρους οικονομικής μεγέθυνσης και ενεργειακής πολιτικής. Η μεθοδολογία βασίζεται στον έλεγχο συνολοκλήρωσης Johansen, στην εκτίμηση του υποδείγματος διόρθωσης σφάλματος (VECM) και στον έλεγχο αιτιότητας κατά Granger.

2. Μεθοδολογία

2.1. Μοντέλα

Υποθέτουμε ότι η σχέση μεταξύ των εκπομπών CO_2/κάτοικο (ECO2) και της χρήσης ενέργειας/κάτοικο (ENER) είναι γραμμική, ενώ η σχέση μεταξύ των εκπομπών CO_2/κάτοικο (ECO2) και του πραγματικού εισοδήματος/κάτοικο (RGDP) δύναται να είναι γραμμική, τετραγωνική ή κυβική. Δηλαδή, αποκλίνουμε από το αυστηρό πλαίσιο που εισηγείται η υπόθεση ΕΚC και δοκιμάζουμε επιπλέον όχι μόνο μια γραμμική αλλά και μία κυβική εξειδίκευση όπως προτείνεται από πολλούς συγγραφείς (Friedl and Getzner, 2003; Moomaw and Unruh, 1997). Επομένως, για κάθε χώρα, εξετάζουμε τις ακόλουθες πιθανές μορφές της μακροχρόνιας ισορροπίας μεταξύ των μεταβλητών:

Μοντέλο 1: $y_t = a + \beta_1 x_t + \beta_2 z_t + e_t$ (γραμμικό) [1]

Μοντέλο 2: $y_t = a + \beta_1 x_t + \beta_2 x_t^2 + \beta_3 z_t + e_t$ (τετραγωνικό) [2]

Μοντέλο 3: $y_t = a + \beta_1 x_t + \beta_2 x_t^2 + \beta_3 x_t^3 + \beta_4 z_t + e_t$ (κυβικό) [3]

όπου, y είναι οι εκπομπές CO_2/κάτοικο, x είναι το πραγματικό ΑΕΠ/κάτοικο, z είναι η χρήση της ακαθάριστης ενέργειας/κάτοικο, α είναι ο σταθερός όρος, β_i είναι οι μακροχρόνιοι συντελεστές των παραμέτρων (ή αλλιώς, οι μακροχρόνιες ελαστικότητες), και, τέλος, e είναι ο όρος σφάλματος. Σύμφωνα με την υπόθεση ΕΚC, στη [2] θα πρέπει $\beta_1>0$ και $\beta_2<0$. Εάν στο

μοντέλο [3] ισχύει ότι $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ και $\beta_3 > 0$, τότε υφίσταται μία σχέση της μορφής N μεταξύ των μεταβλητών ECO2 και RGDP (Dinda, 2004).

Προκειμένου να διερευνηθεί ο τρόπος με τον οποίο σχετίζονται οι μεταβλητές ECO2, RGDP και ENER καθώς και οι δυναμικές σχέσεις αιτιότητας μεταξύ τους, θεωρούμε όλες τις μεταβλητές ενδογενείς του συστήματος και υποθέτουμε ότι οι όποιες σχέσεις μεταξύ τους δύναται να προσεγγιστούν από ένα διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο σχήμα (vector autoregressive models VAR) σε επίπεδα. Επομένως, το διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο σχήμα VAR, δίνεται από τη σχέση:

$$y_t = a_0 + \sum_{j=1}^{p} A_j Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad [4]$$

Όπου, $y_t = [\, ECO2_t \; ENER_t \; RGDP_t \; RGDP_t^2 \; RGDP_t^3 \,]'$ το διάνυσμα των ενδογενών μεταβλητών, $a_0 = [\, a_{ECO2} \; a_{ENER} \; a_{RGDP} \; a_{RGDP^2} \; a_{RGDP^3} \,]$ το διάνυσμα των σταθερών όρων, A_J η μήτρα των παραμέτρων του VAR για την υστέρηση j, και, ε_t το διάνυσμα των όρων σφάλματος.

2.2. Δεδομένα

Τα ετήσια δεδομένα καλύπτουν την περίοδο 1960-2010 για τις χώρες μέλη της EU15, με εξαίρεση τη Γερμανία που τα δεδομένα καλύπτουν την περίοδο 1970-2010 (πίνακας 1).

Πίνακας 1: Περιγραφή μεταβλητών και πηγές δεδομένων

Variable/ Description	Data Source	Country/ies	Unit of measure
RGDP Real GDP per capita	World bank databank, World Development Indicators (WDI, 2012)	Austria, Belgium, Denmark, Finland, Sweden, France, Greece, Italy, Spain, Portugal, Luxembourg, Netherlands, United Kingdom	constant 2005 US$
	The Conference Board Database™ (TED, 2013)	Germany	Total GDP in millions of 2012 US$ (converted to 2012 price level with updated 2005 EKS PPPs) divided by population[a]
	Penn World Tables (Heston, et al., 2012)	Ireland	2005 International dollar per person (2005 I$/person) PPP Converted GDP Per Capita (Chain Series), at 2005 constant prices
ECO2 CO_2 emissions per capita	World bank databank, World Development Indicators (WDI, 2012)	Austria, Belgium, Denmark, Finland, Sweden, France, Greece, Italy, Ireland, Spain, Portugal, Luxembourg, Netherlands, United Kingdom	metric tons/capita
	CDIAC (Boden, et al., 2011)	Germany	metric tons/capita, sum of West and East Germany till 1989 and Germany (1990-2010) divided by population[a]
ENER Energy use per capita	World bank databank, World Development Indicators (WDI, 2012)	All countries	kg of oil equivalent/capita

[a] population data for Germany come from World bank databank (World Development Indicators) after crosschecking with the corresponding data from The Conference Board Database™ for the population of East and West Germany

2.3. Διαδικασία Ελέγχου

Η διαδικασία ελέγχου και εκτίμησης του υποδείγματος για κάθε χώρα περιλαμβάνει συνοπτικά τα ακόλουθα τρία στάδια:

(α) Οι τιμές των ενδογενών μεταβλητών ECO2, ENER και RGDP μετατρέπονται σε φυσικούς λογάριθμους (LECO2, LENER και LRGDP αντίστοιχα). Στη συνέχεια, και προκειμένου να διερευνηθεί η οποιαδήποτε σχέση μεταξύ των ενδογενών σειρών, θα πρέπει οι σειρές –εάν δεν είναι στάσιμες- να έχουν τον ίδιο βαθμό ολοκλήρωσης (Granger and Newbold, 1974). Σε διαφορετική περίπτωση υπάρχει ο κίνδυνος τα όποια αποτελέσματα της παλινδρόμησης της μίας μεταβλητής πάνω στην άλλη με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων να είναι κίβδηλα (Granger and Newbold, 1974). Ο έλεγχος για τη στασιμότητα των ενδογενών σειρών γίνεται με βάση τον επαυξημένο έλεγχο Dickey-Fuller (ADF statistic)

(Dickey and Fuller, 1979; 1981), τη στατιστική Phillips-Perron (PP statistic) (Phillips and Perron, 1988) και την στατιστική KPSS των Kwiatkowski et al. (Kwiatkowski et al., 1992).
(β) Στο επόμενο στάδιο πραγματοποιείται έλεγχος για συνολοκλήρωση με βάση τον έλεγχο Johansen (Johansen, 1988; 1991) και τη στατιστική ίχνους. Η πιθανή συνολοκλήρωση των σειρών υπονοεί ότι υπάρχει μία μακροχρόνια σχέση ισορροπίας μεταξύ των ενδογενών LECO2, LENER και LRGDP, έστω και αν βραχυχρόνια οι μεταβλητές βρίσκονται σε κατάσταση ανισορροπίας (Asteriou and Hall, 2011). Για να επιτευχθεί ο έλεγχος Johansen θα πρέπει πρώτα να βρεθεί ο βέλτιστος αριθμός χρονικών υστερήσεων του υποδείγματος σε κάθε χώρα με βάση τα κριτήρια Schwarz (SIC) ή Akaike (AIC) που ικανοποιεί τα διαγνωστικά τεστ για κανονικότητα, αυτοσυσχέτιση και ετεροσκεδαστικότητα. Επιπλέον, και προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη εξειδίκευση, εφαρμόζεται το κριτήριο Pantula που αποτελεί έναν τρόπο για να προσδιοριστεί ταυτόχρονα η τάξη της συνολοκλήρωσης *r* αλλά και τα ντετερμινιστικά στοιχεία του πολυμεταβλητού συστήματος καθώς δεν γνωρίζουμε εάν μία σταθερά ή/και τάση υπεισέρχονται στο βραχυχρόνιο διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο σχήμα (VAR) ή/και στο μακροχρόνιο μοντέλο της συνάρτηση συνολοκλήρωσης (cointegrating equation, CE). Οι πιθανές μορφές είναι (Asteriou and Hall, 2011):
Μοντέλο P2: Σταθερά και όχι τάση στη CE, όχι σταθερά ή τάση στο VAR.
Μοντέλο P3: Σταθερά στη CE και στο VAR, αλλά όχι τάση στη CE και στο VAR.
Μοντέλο P4: Σταθερά στη CE και στο VAR, γραμμική τάση στη CE, όχι τάση στο VAR.
(γ) Εάν ο έλεγχος Johansen υποδεικνύει ότι υπάρχει σχέση συνολοκλήρωσης, τότε η διαδικασία προχωρά στο επόμενο στάδιο όπου πραγματοποιείται η ανάλυση αιτιότητας κατά Granger με βάση το πολυμεταβλητό υπόδειγμα διόρθωσης σφάλματος (Vector Error Correction Model, VECM) που δημιουργείται τόσο σε βραχυχρόνιο όσο και μακροχρόνιο επίπεδο (Granger, 1988). Ουσιαστικά, το διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο σχήμα VAR υποκαθίσταται από το πολυμεταβλητό υπόδειγμα διόρθωσης σφαλματος (Vector Error Correction Model, VECM) στο οποίο υπεισέρχεται ο μηχανισμός διόρθωσης σφάλματος (error correction mechanism, ECT) που επιτρέπει τη διερεύνηση των βραχυχρόνιων και μακροχρόνιων σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών (Asteriou and Hall, 2011).

3. Αποτελέσματα

3.1. Έλεγχοι μοναδιαίας ρίζας και έλεγχος Johansen

Στον Πίνακα 2 αποτυπώνονται τα αποτελέσματα των ελέγχων για μοναδιαία ρίζα με βάση τον επαυξημένο έλεγχο Dickey-Fuller (ADF statistic) (Dickey and Fuller, 1979; 1981), τη στατιστική Phillips-Perron (PP statistic) (Phillips and Perron, 1988) και την στατιστική KPSS των Kwiatkowski et al. (Kwiatkowski, et al., 1992). Οι σειρές δεν είναι στάσιμες στα λογαριθμικά τους επίπεδα, αλλά εμφανίζονται στάσιμες στις πρώτες λογαριθμικές τους διαφορές. Δηλαδή, οι σειρές είναι (I(1)). Το αποτέλεσμα αυτό επιτρέπει τον έλεγχο για συνολοκλήρωση με βάση τη μέθοδο Johansen.

Προκειμένου να προχωρήσουμε στον έλεγχο για συνολοκλήρωση με βάση τη μέθοδο Johansen, γίνεται εξειδίκευση του μοντέλου σε κάθε χώρα βρίσκοντας τον βέλτιστο αριθμό χρονικών υστερήσεων του υποδείγματος με βάση τα κριτήρια Schwarz (SIC) ή Akaike (AIC) με την προϋπόθεση ότι ικανοποιούνται ταυτόχρονα όλα τα διαγνωστικά τεστ για κανονικότητα, αυτοσυσχέτιση, κλπ των σφαλμάτων (Asteriou and Hall, 2011). Παράλληλα, ελέγχεται η χρονοσειρά *LRGDP* για τυχόν ακραίες τιμές σε κάποια έτη που απαιτούν την εισαγωγή κατάλληλων ψευδομεταβλητών. Στον Πίνακα 3 αποτυπώνεται η εξειδίκευση του VAR σε κάθε χώρα και για κάθε μοντέλο. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται ο έλεγχος Johansen με βάση το κριτήριο του στατιστικού ίχνους (trace statistic) και τη μέθοδο Pantula. Τα συνοπτικά αποτελέσματα του ελέγχου καταγράφονται στο Πίνακα 4. Σύμφωνα με αυτά, σε 11 από τις 15 χώρες του δείγματος προκύπτει συνάρτηση συνολοκλήρωσης στην οποία ο μακροχρόνιος συντελεστής α_{ii} είναι στατιστικά σημαντικός.

Πίνακας 2: Έλεγχοι μοναδιαίας ρίζας

	Logarithmic Levels						First-logarithmic Differences					
	ADF		PP		KPSS		ADF		PP		KPSS	
	Constant	Constant, linear trend	Constant	Constant, linear trend	Constant	Constant, linear trend	Constant	Constant, linear trend	Constant	Constant, linear trend	Constant	Constant, linear trend
Series: RGDP												
Austria	-2.909	-2.320	-3.885	-2.460	0.886	0.179	-4.244	-4.996	-4.309	-5.112	0.564	0.149
Belgium	-4.623	-1.486	-4.657	-1.486	0.931	0.220	-5.295	-6.847	-5.310	-6.847	0.725	0.078
Denmark	-3.335	-1.435	-3.455	-1.549	0.945	0.202	-5.827	-6.569	-5.819	-6.575	0.628	0.074
Finland	-1.787	-2.261	-2.031	-1.892	0.931	0.179	-4.953	-5.200	-4.431	-4.427	0.423	0.047
France	-6.330	-1.487	-5.812	-1.472	0.914	0.229	-3.772	-5.469	-3.659	-5.482	0.828	0.091
Germany	-1.948	-2.222	-4.848	-1.948	0.790	0.217	-5.687	-5.948	-5.747	-10.158	0.411	0.312
Greece	-2.873	-2.102	-3.695	-2.543	0.844	0.171	-4.181	-4.816	-4.239	-4.937	0.471	0.155
Ireland	-0.998	-2.318	-1.002	-1.598	0.911	0.129	-3.397	-3.408	-3.338	-3.359	0.122	0.113
Italy	-5.691	-0.242	-5.987	0.206	0.913	0.245	-4.660	-6.640	-4.593	-7.057	0.953	0.094
Luxemburg	-0.404	-2.256	-0.332	-1.883	0.938	0.143	-5.355	-5.297	-5.320	-5.262	0.140	0.142
Netherlands	-2.808	-2.962	-2.623	-1.617	0.938	0.143	-5.133	-5.978	-5.240	-5.989	0.399	0.096
Portugal	-3.077	-1.933	-3.354	-1.471	0.915	0.189	-4.044	-4.135	-4.074	-4.826	0.519	0.060
Spain	-2.142	-2.107	-3.953	-3.086	0.930	0.154	-3.390	-3.795	-3.390	-3.805	0.566	0.127
Sweden	-2.172	-3.089	-2.172	-2.917	0.942	0.118	-4.862	-4.850	-4.635	-4.628	0.271	0.136
UK	-1.089	-3.319	-1.096	-1.765	0.945	0.063	-4.943	-5.016	-4.832	-4.833	0.148	0.060
Series: ENER												
Austria	-2.634	-2.271	-2.765	-2.274	0.883	0.189	-6.183	-6.666	-6.171	-6.670	0.395	0.077
Belgium	-3.205	-2.306	-3.248	-2.322	0.808	0.160	-5.399	-5.835	-5.410	-5.754	0.452	0.084
Denmark	-4.434	-3.482	-4.607	-3.581	0.429	0.429	-5.833	-6.344	-5.797	-6.344	0.464	0.464
Finland	-3.127	-2.107	-6.979	-2.156	0.875	0.216	-6.516	-7.385	-6.516	-7.770	0.578	0.107
France	-3.832	-1.697	-3.832	-1.697	0.823	0.211	-5.606	-6.725	-5.695	-6.725	0.602	0.060
Germany	-2.230	-2.816	-2.263	-2.780	0.293	0.180	-4.079	-4.083	-6.021	-6.316	0.253	0.132
Greece	-6.367	-1.769	-5.664	-1.726	0.843	0.220	-3.597	-5.387	-3.551	-5.404	0.705	0.109
Ireland	-2.643	-1.322	-2.571	-1.480	0.896	0.127	-6.671	-7.252	-6.739	-7.251	0.386	0.071
Italy	-7.726	-4.391	-7.366	-4.256	0.813	0.185	-4.439	-5.769	-4.355	-5.978	0.619	0.176
Luxemburg	-1.309	-1.890	-1.430	-1.890	0.637	0.102	-5.700	-5.635	-5.635	-5.565	0.066	0.066
Netherlands	-4.316	-2.794	-4.075	-2.714	0.643	0.181	-4.815	-5.454	-4.880	-5.546	0.478	0.160
Portugal	-2.864	0.179	-2.737	0.268	0.923	0.186	-6.044	-6.943	-6.235	-6.951	0.511	0.092
Spain	-4.998	-0.609	-3.945	-0.870	0.877	0.201	-4.084	-5.693	-4.224	-5.840	0.588	0.078
Sweden	-3.466	-2.172	-3.728	-2.172	0.731	0.228	-6.841	-8.088	-6.926	-8.088	0.567	0.043
UK	-2.290	-1.382	-2.378	-1.376	0.321	0.139	-6.458	-7.189	-6.509	-7.189	0.393	0.065
Series: ECO2												
Austria	-2.940	-2.520	-3.147	-2.422	0.727	0.165	-7.700	-8.223	-7.684	-8.237	0.358	0.075
Belgium	-1.689	-2.578	-1.735	-2.603	0.344	0.120	-6.783	-6.953	-6.790	-6.952	0.229	0.093
Denmark	-3.300	-3.451	-3.288	-3.451	0.196	0.187	-8.267	-8.873	-8.301	-8.916	0.415	0.050
Finland	-3.385	-2.620	-4.978	-2.871	0.641	0.188	-6.282	-6.858	-6.282	-6.863	0.465	0.140
France	-1.030	-2.648	-1.196	-2.660	0.462	0.164	-6.910	-7.471	-6.935	-7.461	0.428	0.135
Germany	-0.005	-2.747	0.156	-2.747	0.728	0.186	-7.249	-7.413	-7.252	-7.491	0.222	0.094
Greece	-4.776	-1.176	-6.966	-1.118	0.851	0.233	-5.408	-8.044	-5.565	-8.197	0.837	0.090
Ireland	-3.403	-1.458	-3.207	-1.632	0.857	0.146	-6.280	-7.046	-6.338	-7.045	0.499	0.087
Italy	-8.468	-4.114	-7.513	-3.805	0.725	0.203	-3.874	-5.294	-3.713	-5.312	0.696	0.172
Luxemburg	-1.060	-2.554	-1.060	-2.144	0.806	0.090	-5.313	-5.257	-5.239	-5.179	0.082	0.078
Netherlands	-3.192	-2.637	-3.192	-2.634	0.350	0.167	-6.680	-7.010	-6.680	-7.016	0.372	0.112
Portugal	-2.966	0.172	-2.763	0.108	0.912	0.173	-1.617	-6.860	-6.115	-6.894	0.518	0.098
Spain	-4.077	-0.898	-3.405	-1.108	0.783	0.188	-2.269	-6.074	-5.072	-6.283	0.537	0.086
Sweden	-0.592	-2.769	-0.914	-2.769	0.658	0.133	-7.669	-7.968	-7.695	-7.958	0.276	0.165
UK	-0.068	-2.821	0.643	-2.884	0.904	0.102	-7.806	-7.949	-8.042	-8.540	0.247	0.088
critical values												
1%	*-3.568*	*-4.153*	*-3.568*	*-4.153*	*0.739*	*0.216*	*-3.571*	*-4.157*	*-3.571*	*-4.157*	*0.739*	*0.216*
5%	*-2.921*	*-3.502*	*-2.921*	*-3.502*	*0.463*	*0.146*	*-2.922*	*-3.504*	*-2.922*	*-3.504*	*0.463*	*0.146*
10%	*-2.599*	*-3.181*	*-2.599*	*-3.181*	*0.347*	*0.119*	*-2.599*	*-3.182*	*-2.599*	*-3.182*	*0.347*	*0.119*

ADF and PP→H_O: Series contains a unit root *KPSS→H_O: Series is stationary* *ADF: Lag length based on SIC*
PP: Bandwidth using the Newey-West method, Spectral estimation method Barlett Kernel

Πίνακας 3: Εξειδίκευση των VAR

Country	Linear	Quadratic	Cubic
Austria	VAR(1 1), dum2009	VAR(1 1)*	NA
Belgium	VAR(1 1)	VAR(1 1)	VAR(1 1)
Denmark	VAR(1 3)**	VAR(1 3)**	NA
Finland	VAR(1 1)	VAR(1 1)	VAR(1 1)
France	VAR(1 1), dum1975, dum2009	VAR(1 1), dum1975, dum2009	VAR (1 1)*
Germany	VAR(1 1)	VAR(1 1)	VAR(1 1)
Greece	VAR(1 4)**, dum1974	VAR(1 3)**, dum1974	NA
Ireland	VAR(1 2)^{AIC}, dum2009	VAR(1 3)^{AIC}	VAR(1 3) ^{AIC}, dum2009
Italy	VAR(1 1), dum1975	VAR(1 3)*	VAR(1 1)*
Luxemburg	VAR(1 1), dum1975	VAR(1 1), dum1975	VAR(1 1), dum1975
Netherlands	VAR(1 1)	VAR(1 1)	VAR(1 1)
Portugal	VAR(1 1), dum1975	VAR(1 2)**, dum1975	VAR(1 2)**, dum1975
Spain	VAR(1 2)^{AIC}, dum2009	VAR(1 2)^{AIC}	VAR(1 2)^{AIC}, dum2009
Sweden	VAR(1 2)^{AIC}, dum2009	VAR(1 1)*	VAR(1 1)*
United Kingdom	VAR(1 1)	VAR(1 1)	VAR(1 1)

1) * indicates exclusion of the dummy variable that invalidates diagnostic tests.
2) ^{AIC} indicates selection of optimal lag length based on the Akaike information criterion.
3) ** indicates selection of optimal lag length based neither on the SIC, nor on the AIC, that satisfies the diagnostic tests.

Πίνακας 4: Συνοπτικά αποτελέσματα ελέγχου Johansen

Country	**Linear**	**Quadratic**	**Cubic**
Austria	NC	1 coint vect*	NA
Belgium	1 coint vect	2 coint vect*	3 coint vect*
Denmark	NC	1 coint vect	NA
Finland	NC	NC	1 coint vect
France	NC	1 coint vect*	2 coint vect*
Germany	NC	2 coint vect	2 coint vect
Greece	1 coint vect	3 coint vect	NA
Ireland	NC	1 coint vect*	3 coint vect
Italy	2 coint vect	2 coint vect	3 coint vect*
Luxemburg	NC	NC	NA
Netherlands	1 coint vect*	1 coint vect*	2 coint vect*
Portugal	NC	NC	3 coint vect
Spain	NC	1 coint vect	1 coint vect*
Sweden	1 coint vect	2 coint vect*	NA
UK	1 coint vect	NC	2 coint vect*

NC: No Cointegrating relationship
NA: Not Available Estimates
* : No signigicant a_{11} (long run adjustment coefficient) at 5% level of significance

3.2. Συνάρτηση συνολοκλήρωσης και αιτιότητα κατά Granger

Στους Πίνακες 5, 6 και 7 συνοψίζονται τα αποτελέσματα αναφορικά με τη συνάρτηση συνολοκλήρωσης τυποποιημένης ως προς την μεταβλητή LECO2 στα τρία μοντέλα αντίστοιχα. Ολοκληρώνοντας τη παρουσίαση των αποτελεσμάτων, στους Πίνακες 8, 9 και 10 καταγράφονται τα αποτελέσματα του ελέγχου αιτιότητας κατά Granger μεταξύ των ενδογενών μεταβλητών τόσο σε βραχυχρόνιο όσο και σε μακροχρόνιο επίπεδο.

4. Συζήτηση

Με βάση τα πρόσημα των συντελεστών που συνοψίζονται στον Πίνακα 5 για το γραμμικό μοντέλο, η μακροχρόνια σχέση μεταξύ των μεταβλητών LRGDP και LECO2 είναι αρνητική στο Βέλγιο, στην Ελλάδα και στο Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ η μακροχρόνια σχέση μεταξύ των LENER και LECO2 είναι θετική. Αντίστροφες είναι οι σχέσεις περίπτωση της Σουηδίας, αν και ο μακροχρόνιος συντελεστής της LRGDP δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Στην Ιταλία όλες οι υποκείμενες σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών είναι θετικές αλλά το μοντέλο πάσχει από μη κανονικότητα των καταλοίπων (πιν.6). Στην Ελλάδα καταγράφεται η υψηλότερη ταχύτητα προσαρμογής στην μακροχρόνια ισορροπία (-0.78), πιθανώς λόγω της μονόδρομης σχέσης αιτιότητας από τις LENER και LRGDP προς την LECO2, ενώ δεν

Πίνακας 5: Συν. συνολοκλήρωσης τυποποιημένη ως προς LECO2, γραμμικό μοντέλο

	Belgium [P4]	**Greece** [P2]	**Italy** [P2]	**Sweden** [P3]	**UK** [P3]
LENER	1.723 (8.843*)	1.057 (12.149*)	0.481 (4.238*)	-4.012 (-3.2059*)	0.373 (2.286*)
LRGDP	-1.524 (-5.033*)	-0.558 (-3.695*)	0.230 (2.352*)	0.942 (0.962)	-0.396 (-12.192*)
Constant		-0.665 (-0.713)	4.198 (10.670*)		
Trend	0.006 (1.121)				
ECT(-1)	-0.395 (-3.070*)	-0.780 (-5.822*)	-0.207 (-2.527*)	-0.073 (-4.077*)	-0.345 (-2.811*)
dum1974		-0.067 (-1.121)			
dum1975			-0.062 (-1.611)		
dum2009				-0.149 (2.350*)	
R^2	0.255	0.739	0.450	0.506	0.238
RSS	0.090	0.049	0.059	0.136	0.038
χ^2_{LM}	6.339 (0.705) [2]	13.714 (0.132) [5]	9.369 (0.403) [2]	6.929 (0.644) [3]	10.494 (0.312) [2]
χ^2_{NORM}	7.860 (0.248)	12.216 (0.057)	52.450 (0.000*)	9.543 (0.145)	3.642 (0.725)

1) P2, P3, P4 indicates the deterministic components in CE according to the Pantula principle
2) t-statistics for coefficients are in perenthesis ( ).
3) * and ** denote 5% and 10% significance levels respectively
4) χ^2_{LM} refers to VEC residual serial correlation LM test. H_0: No serial correlation at lag in brackets [ ]
5) χ^2_{NORM} refers to Joint Jarque-Bera [Cholesky (Lutkepohl)]. H_0: Residuals are multivariate normal

Πίνακας 6: Συν. συνολοκλήρωσης τυποποιημένη ως προς LECO2, τετραγωνικό μοντέλο

	Denmark [P4]	**Germany**[P3]	**Greece** [P2]	**Italy** [P3]	**Spain** [P3]
LENER	0.437 (3.744*)	0.737 (8.253*)	1.160 (15.157*)	1.140 (17.612*)	-11.314 (-4.278*)
LRGDP	7.417 (2.414*)	15.468 (6.624*)	-13.989 (-6.787*)	2.742 (1.577**)	110.090 (2.918*)
$LRGDP^2$	-0.436 (-2.837*)	-0.778 (-6.824*)	0.683 (6.539*)	-0.161 (-1.882**)	-5.049 (-2.814*)
Constant			65.440 (6.444*)		
Trend	0.019 (2.571*)				
ECT(-1)	-0.596 (-2.577*)	-0.584 (-1.853**)	-0.492 (-4.788*)	-0.488 (-2.979*)	-0.039 (-3.069*)
$e_{LECO2,LRGDP}$	7.41-0.87LRGDP	15.46-1.55LRGDP	-13.98+1.36LRGDP	2.74-0.32LRGDP	110.09-10.09LRGDP
dum1974			-0.115 (-2.399*)		
R^2	0.466	0.256	0.680	0.579	0.506
RSS	0.202	0.031	0.060	0.034	0.089
χ^2_{LM}	21.585 (0.157) [4]	13.134 (0.662) [2]	23.986 (0.089) [4]	16.538 (0.416) [4]	21.308 (0.167) [3]
χ^2_{NORM}	13.357 (0.100)	9.132 (0.331)	10.834 (0.211)	10.899 (0.207)	11.616 (0.169)

1) P2, P3, P4 indicates the deterministic components in CE according to the Pantula principle
2) t-statistics for coefficients are in perenthesis ( ).
3) * and ** denote 5% and 10% significance levels respectively
4) χ^2_{LM} refers to VEC residual serial correlation LM test. H_0: No serial correlation at lag in brackets [ ]
5) χ^2_{NORM} refers to Joint Jarque-Bera [Cholesky (Lutkepohl)]. H_0: Residuals are multivariate normal
6) $e_{LECO2,LRGDP}$ is the long-run elasticity of LECO2 with respect to LRGDP, defined as: $e_{LECO2,LRGDP}=\partial LECO2/\partial LRGDP$

Πίνακας 7: Συν. συνολοκλήρωσης τυποποιημένη ως προς LECO2, κυβικό μοντέλο

	Germany[P4]	**Ireland** [P3]	**Portugal** [P3]	**Finland** [P3]
LENER	0.345 (1.993*)	0.502 (3.940*)	3.488 (8.326*)	2.172 (5.574*)
LRGDP	165.244 (0.771)	57.477 (3.903*)	465.747 (7.799*)	379.513 (4.140*)
$LRGDP^2$	-14.741 (-0.707)	-5.737 (-3.876*)	-52.326 (-7.896*)	-38.625 (-4.260*)
$LRGDP^3$	0.431 (0.637)	0.191 (3.847*)	1.937 (7.976*)	1.304 (4.340*)
Constant				
Trend	0.012 (2.899*)			
ECT(-1)	-0.523 (-2.801*)	-0.915 (-2.434*)	0.188 (2.073*)	-0.388 (-2.352*)
$e_{LECO2,LRGDP}$	165.24-29.48LRGDP+ $1.29LRGDP^2$	57.47-11.47LRGDP+ $0.57LRGDP^2$	465.74-104.65LRGDP+ $5.81LRGDP^2$	379.51-77.25LRGDP+ $3.91LRGDP^2$
dum1975			-0.093 (-1.503)	
dum2009		-0.136 (-1.619)		
R^2	0.343	0.523	0.521	0.293
RSS	0.027	0.049	0.086	0.324
χ^2_{LM}	29.985 (0.224) [2]	17.931 (0.845) [4]	42.215 (0.017*) [3]	34.057 (0.106) [2]
χ^2_{NORM}	10.810 (0.372)	26.754 (0.003*)	18.192 (0.052)	8.33213.613 (0.191)

1) P2, P3, P4 indicates the deterministic components in CE according to the Pantula principle
2) t-statistics for coefficients are in perenthesis ( ). 3) * and ** denote 5% and 10% significance levels respectively
4) χ^2_{LM} refers to VEC residual serial correlation LM test. H_0: No serial correlation at lag in brackets [ ]
5) χ^2_{NORM} refers to Joint Jarque-Bera [Cholesky (Lutkepohl)]. H_0: Residuals are multivariate normal
6) $e_{LECO2,LRGDP}$ is the long-run elasticity of LECO2 with respect to LRGDP, defined as: $e_{LECO2,LRGDP}=\partial LECO2/\partial LRGDP$

υπάρχει αιτιότητα μεταξύ των LENER και LRGDP (πιν.8). Στο Βέλγιο και στο Ηνωμένο Βασίλειο, το σύστημα διορθώνει αντίστοιχα 0,39% και 0,34% της ανισορροπίας του σε κάθε

περίοδο (αργές προσαρμογές, πιν.8). Η αργή προσαρμογή μπορεί να αποδοθεί στο ότι μακροπρόθεσμα υπάρχει αμφίδρομη σχέση αιτιότητας κατά Granger μεταξύ όλων των μεταβλητών, υποδηλώνοντας πιο δύσκολο έλεγχο των εκπομπών CO_2/κάτοικο. Τέλος, στη Σουηδία (πιν.8) καταγράφεται ο χαμηλότερος αλλά στατιστικά σημαντικός συντελεστής προσαρμογής (0,07%), πιθανά λόγω της μονόδρομης σχέσης αιτιότητας από την LRGDP προς τις LENER και LECO2 και της αμφίδρομης σχέσης μεταξύ των LENER και LECO2.

Πίνακας 8: Αιτιότητα κατά Granger, γραμμικό μοντέλο

Null hypothesis		Short-run χ^2			Joint short-long run χ^2		
		χ^2	*prob*(χ^2)	*result*	χ^2	*prob*(χ^2)	*result*
Belgium	LRGDP does not Granger cause LECO2	2.787	*0.095*	LRGDP-/→LECO2	9.961	*0.007*	LRGDP→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	1.234	*0.267*	LECO2-/→LRGDP	34.357	*0.000*	LECO2→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	3.748	*0.053*	LRGDP-/→LENER	10.200	*0.006*	LRGDP→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	0.544	*0.461*	LENER-/→LRGDP	41.985	*0.000*	LENER→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	0.104	*0.747*	LENER-/→LECO2	15.094	*0.001*	LENER→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	0.358	*0.550*	LECO2-/→LENER	12.004	*0.003*	LECO2→LENER
Greece	LRGDP does not Granger cause LECO2	12.597	*0.013*	LRGDP →LECO2	38.933	*0.000*	LRGDP →LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	0.330	*0.988*	LECO2-/→LRGDP	1.292	*0.936*	LECO2-/→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	9.424	*0.051*	LRGDP -/→LENER	10.842	*0.055*	LRGDP -/→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	0.664	*0.956*	LENER-/→LRGDP	4.169	*0.525*	LENER-/→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	4.799	*0.309*	LENER-/→LECO2	46.693	*0.000*	LENER→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	5.964	*0.202*	LECO2-/→LENER	7.641	*0.177*	LECO2 -/→LENER
Italy	LRGDP does not Granger cause LECO2	3.193	*0.074*	LRGDP-/→LECO2	6.467	*0.039*	LRGDP→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	0.040	*0.841*	LECO2-/→LRGDP	0.650	*0.723*	LECO2-/→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	5.121	*0.024*	LRGDP→LENER	7.518	*0.023*	LRGDP→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	0.330	*0.566*	LENER-/→LRGDP	0.645	*0.724*	LENER-/→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	0.006	*0.937*	LENER-/→LECO2	7.108	*0.029*	LENER→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	0.275	*0.600*	LECO2-/→LENER	7.984	*0.019*	LECO2→LENER
Sweden	LRGDP does not Granger cause LECO2	3.197	*0.202*	LRGDP-/→LECO2	20.973	*0.000*	LRGDP→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	0.649	*0.723*	LECO2-/→LRGDP	7.505	*0.057*	LECO2-/→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	2.150	*0.341*	LRGDP-/→LENER	16.566	*0.001*	LRGDP→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	0.424	*0.809*	LENER-/→LRGDP	6.675	*0.083*	LENER-/→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	9.492	*0.009*	LENER→LECO2	28.137	*0.000*	LENER→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	5.114	*0.078*	LECO2-/→LENER	23.032	*0.000*	LECO2→LENER
UK	LRGDP does not Granger cause LECO2	2.706	*0.100*	LRGDP-/→LECO2	9.747	*0.008*	LRGDP→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	0.984	*0.321*	LECO2-/→LRGDP	10.502	*0.005*	LECO2→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	2.244	*0.134*	LRGDP-/→LENER	18.893	*0.000*	LRGDP→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	1.369	*0.242*	LENER-/→LRGDP	10.790	*0.005*	LENER→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	0.012	*0.913*	LENER-/→LECO2	10.048	*0.007*	LENER→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	0.118	*0.731*	LECO2-/→LENER	21.138	*0.000*	LECO2→LENER

**: critical value at 5% significance level* *-/→: does not Granger cause* *→: Granger causes*

Με βάση τα πρόσημα των συντελεστών που συνοψίζονται στον Πίνακα 6 για το τετραγωνικό μοντέλο, η μακροχρόνια σχέση μεταξύ των μεταβλητών LENER και LECO2 είναι θετική στη Δανία, στη Γερμανία, στην Ελλάδα και στην Ιταλία και αρνητική στην Ισπανία. Η μακροχρόνια σχέση μεταξύ των LRGDP και LECO2 είναι της μορφής αντίστροφου U, δηλαδή της μορφής της υπόθεσης EKC, στη Δανία, στη Γερμανία, στην Ιταλία και στην Ισπανία, και της μορφής U στην Ελλάδα (Πίνακας 6). Στη Δανία και στη Γερμανία το σύστημα προσαρμόζεται σχετικά γρήγορα στη μακροχρόνια ισορροπία. Παρατηρείται μονόδρομη σχέση αιτιότητας από την LRGDP προς τις LENER και LECO2 στις δύο αυτές χώρες, και αμφίδρομη σχέση αιτιότητας μεταξύ των LENER και LECO2 στη Δανία (Πίνακας9). Χαμηλότερη είναι η ταχύτητα προσαρμογής στη μακροχρόνια ισορροπία στην Ελλάδα και στην Ιταλία (Πίνακας6), όπου η LENER αιτιάται μακροχρόνια τις LRGDP και LECO2. Όμως υφίσταται μία αμφίδρομη σχέση αιτιότητας μεταξύ των LRGDP και

LECO2 στην Ιταλία όταν στην Ελλάδα η LRGDP αιτιάται μονομερώς κατά Granger την LECO2 (Πίνακας 9). Στην Ισπανία, η προσαρμογή του συστήματος στην μακροχρόνια ισορροπία γίνεται με εξαιρετικά αργούς ρυθμούς (Πίνακας6), σχεδόν 4% διόρθωση της ανισορροπίας σε κάθε περίοδο, όταν η LRGDP αιτιάται μακροχρόνια τις LENER και LECO2 ενώ υφίσταται μία αμφίδρομη αρνητική σχέση αιτιότητας μεταξύ των LENER και LECO2 (Πίνακας9).

Πίνακας 9: Αιτιότητα κατά Granger, τετραγωνικό μοντέλο

Null hypothesis		Short-run χ^2			Joint long-short run χ^2		
		χ^2	*prob(χ^2)**	*result*	χ^2	*prob(χ^2)**	*result*
Denmark	LRGDP does not Granger cause LECO2	4.749	*0.191*	LRGDP -/→LECO2	13.799	*0.008*	LRGDP →LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	2.861	*0.414*	LECO2-/→LRGDP	6.461	*0.167*	LECO2-/→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	3.794	*0.285*	LRGDP-/→LENER	12.700	*0.013*	LRGDP→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	5.015	*0.171*	LENER-/→LRGDP	8.419	*0.077*	LENER-/→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	6.000	*0.112*	LENER-/→LECO2	13.240	*0.010*	LENER→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	3.406	*0.333*	LECO2-/→LENER	12.680	*0.013*	LECO2→LENER
Germany	LRGDP does not Granger cause LECO2	5.834	*0.054*	LRGDP -/→LECO2	8.507	*0.037*	LRGDP →LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	0.279	*0.598*	LECO2-/→LRGDP	3.472	*0.176*	LECO2-/→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	8.310	*0.016*	LRGDP→LENER	9.824	*0.020*	LRGDP→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	1.556	*0.212*	LENER-/→LRGDP	3.491	*0.175*	LENER-/→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	0.029	*0.864*	LENER-/→LECO2	5.040	*0.080*	LENER-/→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	0.016	*0.899*	LECO2-/→LENER	4.322	*0.115*	LECO2-/→LENER
Greece	LRGDP does not Granger cause LECO2	18.840	*0.000*	LRGDP →LECO2	30.952	*0.000*	LRGDP →LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	2.736	*0.434*	LECO2-/→LRGDP	9.342	*0.053*	LECO2 -/→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	0.681	*0.878*	LRGDP-/→LENER	2.861	*0.581*	LRGDP-/→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	2.271	*0.518*	LENER-/→LRGDP	11.768	*0.019*	LENER →LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	3.773	*0.287*	LENER-/→LECO2	28.755	*0.000*	LENER→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	3.642	*0.303*	LECO2 -/→LENER	3.679	*0.451*	LECO2-/→LENER
Italy	LRGDP does not Granger cause LECO2	6.482	*0.090*	LRGDP -/→LECO2	10.567	*0.032*	LRGDP →LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	1.099	*0.777*	LECO2-/→LRGDP	10.259	*0.036*	LECO2→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	1.336	*0.721*	LRGDP-/→LENER	2.993	*0.559*	LRGDP-/→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	0.979	*0.806*	LENER-/→LRGDP	9.857	*0.043*	LENER→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	1.362	*0.715*	LENER-/→LECO2	13.185	*0.010*	LENER→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	0.303	*0.960*	LECO2-/→LENER	1.056	*0.901*	LECO2-/→LENER
Spain	LRGDP does not Granger cause LECO2	9.504	*0.009*	LRGDP →LECO2	11.552	*0.009*	LRGDP →LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	0.325	*0.850*	LECO2-/→LRGDP	0.543	*0.909*	LECO2-/→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	7.888	*0.019*	LRGDP→LENER	23.192	*0.000*	LRGDP→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	0.379	*0.827*	LENER-/→LRGDP	1.167	*0.761*	LENER-/→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	0.653	*0.722*	LENER-/→LECO2	14.970	*0.002*	LENER→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	1.057	*0.590*	LECO2-/→LENER	21.492	*0.000*	LECO2→LENER

**: critical value at 5% significance level* *-/→: does not Granger cause* *→: Granger causes*

Με βάση τα πρόσημα των συντελεστών που συνοψίζονται στον Πίνακα 7 για το κυβικό μοντέλο, η μακροχρόνια σχέση μεταξύ των μεταβλητών LENER και LECO2 είναι θετική στη Γερμανία, στην Ιρλανδία, στην Πορτογαλία και στη Φινλανδία, ενώ η μακροχρόνια σχέση μεταξύ των μεταβλητών LRGDP και LECO2 είναι της μορφής N. Στην Ιρλανδία καταγράφεται η υψηλότερη προσαρμογή στη μακροχρόνια περίοδο (Πίνακας 7) όπου παρατηρείται αμφίδρομη σχέση αιτιότητας μεταξύ των ζευγών μεταβλητών LRGDP και LECO2 και LENER και LECO2 και μονόδρομη σχέση αιτιότητας από την LRGDP προς την LENER (Πίνακας 10). Στη Γερμανία και στο κυβικό μοντέλο, οι δυνάμεις της LRGDP δεν είναι στατιστικά σημαντικές (Πίνακας 7), ενώ η ταχύτητα προσαρμογής μειώνεται σε σχέση με το τετραγωνικό μοντέλο (Πίνακας 6 και 7) και η μία μεταβλητή αιτιάται κατά Granger την άλλη μακροχρόνια (Πίνακας 10). Τέλος, στην Φιλανδία και στη Πορτογαλία καταγράφονται οι πιο χαμηλές ταχύτητες προσαρμογής στη μακροχρόνια περίοδο στο κυβικό μοντέλο

(Πίνακας 7). Στη Φιλανδία, η LRGDP αιτιάται μακροχρόνια τις LENER και LECO2 και η LENER την LECO2 (Πίνακας 10). Στη Πορτογαλία παρατηρείται αμφίδρομη σχέση αιτιότητας μεταξύ των LRGDP και LECO2 και LRGDP και LENER αλλά όχι μεταξύ των LENER και LECO2 (Πίνακας 10).

Πίνακας 10: Αιτιότητα κατά Granger, κυβικό μοντέλο

Null hypothesis		Short-run χ^2			Joint χ^2		
		χ^2	*prob(χ^2)**	*result*	χ^2	*prob(χ^2)**	*result*
Finland	LRGDP does not Granger cause LECO2	2.659	*0.447*	LRGDP -/→LECO2	15.664	*0.004*	LRGDP →LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	0.519	*0.471*	LECO2-/→LRGDP	4.444	*0.108*	LECO2-/→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	3.905	*0.272*	LRGDP-/→LENER	12.581	*0.014*	LRGDP→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	0.018	*0.892*	LENER-/→LRGDP	4.180	*0.124*	LENER-/→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	3.376	*0.066*	LENER-/→LECO2	7.639	*0.022*	LENER→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	2.700	*0.100*	LECO2-/→LENER	5.823	*0.054*	LECO2-/→LENER
Germany	LRGDP does not Granger cause LECO2	5.193	*0.158*	LRGDP -/→LECO2	13.404	*0.010*	LRGDP →LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	0.551	*0.458*	LECO2 -/→LRGDP	10.158	*0.006*	LECO2 →LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	11.432	*0.010*	LRGDP →LENER	21.189	*0.000*	LRGDP →LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	2.402	*0.121*	LENER -/→LRGDP	10.133	*0.006*	LENER →LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	0.015	*0.901*	LENER-/→LECO2	9.568	*0.008*	LENER →LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	0.150	*0.699*	LECO2-/→LENER	14.250	*0.001*	LECO2 →LENER
Ireland	LRGDP does not Granger cause LECO2	6.915	*0.075*	LRGDP-/→LECO2	12.153	*0.016*	LRGDP→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	0.807	*0.848*	LECO2-/→LRGDP	4.139	*0.388*	LECO2-/→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	8.394	*0.039*	LRGDP→LENER	14.928	*0.005*	LRGDP→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	1.910	*0.591*	LENER-/→LRGDP	3.541	*0.472*	LENER-/→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	4.918	*0.178*	LENER-/→LECO2	12.406	*0.015*	LENER→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	6.541	*0.088*	LECO2-/→LENER	12.831	*0.012*	LECO2→LENER
Portugal	LRGDP does not Granger cause LECO2	28.810	*0.000*	LRGDP→LECO2	29.676	*0.000*	LRGDP→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LRGDP	0.904	*0.636*	LECO2-/→LRGDP	14.072	*0.003*	LECO2→LRGDP
	LRGDP does not Granger cause LENER	17.630	*0.007*	LRGDP→LENER	18.383	*0.010*	LRGDP→LENER
	LENER does not Granger cause LRGDP	0.663	*0.718*	LENER-/→LRGDP	18.960	*0.000*	LENER→LRGDP
	LENER does not Granger cause LECO2	7.009	*0.030*	LENER→LECO2	7.103	*0.069*	LENER-/→LECO2
	LECO2 does not Granger cause LENER	2.741	*0.254*	LECO2-/→LENER	3.493	*0.322*	LECO2-/→LENER

***: refers to both LRGDP and LRGDP^2* *-/→: does not Granger cause* *→: Granger causes*

5. Συμπεράσματα

Στη παρούσα εργασία διερευνάται η συμπεριφορά των μεταβλητών του κατά κεφαλή πραγματικού ΑΕΠ, της κατά κεφαλή χρήσης ενέργειας και των κατά κεφαλή εκπομπών CO_2 των ΕΕ15 χωρών στη μακροχρόνια ισορροπία τους, υποθέτοντας μια γραμμική σχέση μεταξύ της κατά κεφαλή χρήσης της ενέργειας και των κατά κεφαλή εκπομπών CO_2 και μια γραμμική, τετραγωνική, ή κυβική σχέση μεταξύ του κατά κεφαλή πραγματικού ΑΕΠ και των κατά κεφαλή εκπομπών CO_2. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι σειρές δεν είναι στάσιμες στα λογαριθμικά τους επίπεδα αλλά εμφανίζονται στάσιμες στις πρώτες λογαριθμικές τους διαφορές, γεγονός που επιτρέπει τον έλεγχο για συνολοκλήρωση με βάση τη μέθοδο Johansen. Από τον έλεγχο Johansen προκύπτει μια στατιστικά σημαντική συνάρτηση συνολοκλήρωσης για 11 από τις 15 χώρες του δείγματος. Ωστόσο, δεν επιβεβαιώνεται ένα κοινό πρότυπο της σχέσης μεταξύ των κατά κεφαλή εκπομπών CO_2 και του κατά κεφαλή πραγματικού ΑΕΠ σύμφωνο με την υπόθεση EKC. Η σχέση μεταξύ των μεταβλητών αυτών μπορεί να είναι γραμμική, τετραγωνική ή κυβική.

Με εξαίρεση τη Σουηδία και την Ισπανία, σε 9 από τις 11 χώρες του δείγματος για τις οποίες προκύπτει μια στατιστικά σημαντική σχέση συνολοκλήρωσης, οι κατά κεφαλή εκπομπές CO_2 συσχετίζονται θετικά με τη κατά κεφαλή χρήση της ενέργειας. Ο μακροχρόνιος συντελεστής της κατά κεφαλή χρήσης της ενέργειας είναι στατιστικά σημαντικός σε όλες τις χώρες, υποδεικνύοντας μία ισχυρή σύνδεση μεταξύ των κατά κεφαλή

εκπομπών CO_2 και της κατά κεφαλή χρήσης ενέργειας. Αυτό ενδέχεται να ερμηνεύει το γεγονός ότι η υπόθεση EKC δεν επιβεβαιώνεται επαρκώς. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές CO_2 προκύπτουν από τη χρήση της ενέργειας, η οποία είναι απαραίτητη για την οικονομική μεγέθυνση μιας χώρας. Λόγω αυτής της επίδρασης της χρήσης ενέργειας τόσο στις εκπομπές CO_2 όσο και στην οικονομική μεγέθυνση, σε πολλές χώρες του δείγματος παρατηρείται μια αργή προσαρμογή του συστήματος στη μακροχρόνια ισορροπία. Η αποσύνδεση της οικονομικής μεγέθυνσης από τις εκπομπές CO_2 απαιτεί αλλαγές στην ενεργειακή δομή των οικονομιών που, ως διαδικασία, απαιτεί κόστος σε όρους μεγέθυνσης και χρόνο.

Βιβλιογραφία

Acaravci, A., and I. Ozturk (2010). On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe, Energy 35, 5412-5420.

Ang, J. B. (2007). CO2 emissions, energy consumption, and output in France, Energy Policy 35, 4772-4778.

Apergis, N., and J. E. Payne (2009). CO_2 emissions, energy usage, and output in Central America, Energy Policy 37, 3282-3286.

Asteriou, D., and S. G. Hall (2011). Applied Econometrics, 2nd edition.(Palgrave Macmillan).

Boden, T., G. Marland, and B. Andres (2011). National CO2 Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751-2008, 15 Feb., 2012, online database. http://cdiac.ornl.gov/.

Dickey, D. A., and W. A. Fuller (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root, Journal of the American Statistical Association 74, 427-431.

Dickey, D. A., and W. A. Fuller (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root, Econometrica 49, 1057-1072.

Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve hypothesis: A survey, Ecological Economics 49, 431-455.

Friedl, B., and M. Getzner (2003). Determinants of CO2 emissions in a small open economy, Ecological Economics 45, 133-148.

Galeotti, M., A. Lanza, and F. Pauli (2006). Reassessing the environmental Kuznets curve for CO2 emissions: A robustness exercise, Ecological Economics 57, 152-163.

Granger, C. W. J. (1988). Some recent development in a concept of causality, Journal of Econometrics 39, 199-211.

Granger, C. W. J., and P. Newbold (1974). Spurious regressions in econometrics, Journal of Econometrics 2, 111-120.

Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO(2) emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey, Energy Policy 37, 1156-1164.

Heston, A., R. Summers, and B. Aten (2012). Penn World Table Version 7.1, 15 Dec., 2013, online database. https://pwt.sas.upenn.edu/php_site/pwt_index.php.

Jalil, A., and S. F. Mahmud (2009). Environment Kuznets curve for CO2 emissions: A cointegration analysis for China, Energy Policy 37, 5167-5172.

Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors, Journal of Economic Dynamics and Control 12, 231-254.

Johansen, S. (1991). Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models, Econometrica 59, 1551-1580.

Kaika, D., and E. Zervas (2013a). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory—Part A: Concept, causes and the CO2 emissions case, Energy Policy 62, 1392-1402.

Kaika, D., and E. Zervas (2013b). The environmental Kuznets curve (EKC) theory. Part B: Critical issues, Energy Policy 62, 1403-1411.
Kwiatkowski, D., P. C. B. Phillips, P. Schmidt, and Y. C. Shin (1992). Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of a Unit-Root - How Sure Are We That Economic Time-Series Have a Unit-Root, Journal of Econometrics 54, 159-178.
Marrero, G. A. (2010). Greenhouse gases emissions, growth and the energy mix in Europe, Energy Economics 32, 1356-1363.
Moomaw, W. R., and G. C. Unruh (1997). Are environmental Kuznets curves misleading us? The case of CO2 emissions, Environment and Development Economics 2, 451-463.
Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy–growth nexus, Energy Policy 38, 340-349.
Pao, H. T., H. C. Yu, and Y. H. Yang (2011). Modeling the CO2 emissions, energy use, and economic growth in Russia, Energy 36, 5094-5100.
Phillips, P. C. B., and P. Perron (1988). Testing for a unit root in time series regression, Biometrika 75, 335-346.
Saboori, B., and J. Sulaiman (2013). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries: A cointegration approach, Energy 55, 813-822.
Schmalensee, R., T. M. Stoker, and R. A. Judson (1998). World carbon dioxide emissions: 1950-2050, Review of Economics and Statistics 80, 15-27.
Shafic, N., and S. Bandyopadhyay (1992). Growth and Environmental Quality. Time-series and cross country evidence., World Development Report 1992, The World Bank Policy Research working paper no 904.
Shahbaz, M., M. Mutascu, and P. Azim (2013). Environmental Kuznets curve in Romania and the role of energy consumption, Renewable & Sustainable Energy Reviews 18, 165-173.
Shahiduzzaman, M., and K. Alam (2012). Cointegration and causal relationships between energy consumption and output: Assessing the evidence from Australia, Energy Economics 34, 2182-2188.
Soytas, U., R. Sari, and B. T. Ewing (2007). Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States, Ecological Economics 62, 482-489.
Stern, D. I., M. S. Common, and E. B. Barbier (1996). Economic growth and environmental degradation: The environmental kuznets curve and sustainable development, World Development 24, 1151-1160.
TED (2013). Total Economy Database™ (various series), 15 Jan., 2013, database. http://www.conference-board.org/data/economydatabase/.
WDI (2012). World Development Indicators 2012, 15 Jan., 2012, 2012, online database. http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators.

Η Επίδραση της Ανοιχτής Οικονομίας στη Βιώσιμη Ανάπτυξη: Μια Μακροοικονομική Προσέγγιση

Αμαρυλλίς Μαυραγάνη*, Matthias Bannert, Κωνσταντίνος Τσαγκαράκης* & Ιωάννης Ε. Νικολάου***
**Εργαστήριο Οικονομικά των Επιχειρήσεων και της Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας,*
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
***KOF Swiss Economic Institute, ETH Zurich*
amavraga@env.duth.gr bannert@kof.ethz.ch ktsagar@env.duth.gr inikol@env.duth.gr

Περίληψη
Ο κύριος σκοπός του άρθρου αυτού είναι να εξετάσει τον ρόλο της ανοιχτής οικονομίας στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και το ερώτημα στο οποίο στοχεύει να απαντήσει είναι το εξής: Σε τι βαθμό επηρεάζει το πολιτικό σύστημα μιας χώρας και, κατ'επέκταση, η ελεύθερη αγορά και η οικονομική της ανάπτυξη την περιβαλλοντικής της επίδοση; Με άλλα λόγια, είναι η ανοιχτή οικονομία η απάντηση στη βιωσιμότητα; Για να απαντήθεί το ερώτημα αυτό, οι κύριοι δείκτες που λαμβάνονται υπόψιν περιλαμβάνουν τους κλασικούς μακροοικονομικούς δείκτες, πχ το κατα κεφαλήν εισόδημα (GDPc), τον Δείκτη Ανοιχτής Αγοράς (Open Markets Index), υπολογισμένο από το ICC (International Chamber of Commerce), τον Δείκτη Περιβαλλοντικής Επίδοσης (Environmental Performance Index), υπολογισμένο από το Πανεπιστήμιο του Yale και τον Δείκτη Ελέγχου Διαφθοράς (CoC), μέρος του "The Worldwide Governance Indicators" project. Το δείγμα των χωρών περιλαμβάνει όλα τα μέλη των G20 και ΕΕ και, μαζί με τις υπόλοιπες, αποτελούν *'πάνω από το 90% του παγκόσμιου εμπορίου και των επενδύσεων'*, όπως αναφέρεται στην έκθεση του ICC. Εφαρμόζοντας Παλινδρόμηση Κύριων Παραγόντων (Principal Component Regression), υπολογίζουμε ένα στατιστικό μοντέλο, με εξαρτημένη μεταβλητή το EPI και ανεξάρτητες τους GDPc, OPI και CoC, το οποίο δείχνει ότι το υψηλό κατα κεφαλήν εισόδημα, η ανοιχτή οικονομία και τα υψηλά επίπεδα ελέγχου της διαφθοράς έχουν ιδιαίτερα θετική επίδραση στην περιβαλλοντική επίδοση μιας χώρας.

Λέξεις Κλειδιά: Δείκτης περιβαλλοντικής επίδοσης, δείκτης ανοιχτής αγοράς, περιβαλλοντικά οικονομικά, πράσινη ανάπτυξη, πράσινη οικονομία, δείκτης ελέγχου διαφθοράς.
Κωδικοί JEL: Q52, Q53, Q57, F42, F43.

The Effect of Open Economies on Sustainable Development: A Macroeconomic Approach

Amaryllis Mavragani*, Matthias Bannert, Konstantinos Tsagarakis* & Ioannis E. Nikolaou***
*Business and Environmental Technology Economics Lab,
Department of Environmental Engineering, Democritus University of Thrace
**KOF Swiss Economic Institute, ETH Zurich

Abstract
The main purpose of this paper is to examine the role of the openness of a market economy in the protection of the environment and the question that it aims at addressing is: To what extend does a country's political system and, consequently, the free market and its economic development affect its environmental performance? Put differently, is open economy the aswer to sustainability? To address this question, the key indicators that are taken into account include the classic macroeconomic indicators, e.g. GDP per capita (GDPc), the "Open Markets Index", calculated by the International Chamber of Commerce (ICC), the "Environmental Performance Index" (EPI), calculated by Yale University and the "Control of Corruption" (CoC) indicator, part of The Worldwide Governance Indicators project. The sampled countries include all G20 and EU members and, together with the remaining ones, they comprise of "*more than 90% of global trade and investment",* as stated in ICC's report. Applying Principal Component Regression, we estimate a statistical model, where EPI is the dependent and GDPc & OPI & CoC the independent variables, that strongly suggests that countries with high GDPc, an open economy and high levels of corruption control have a significantly positive effect on environmental performance.

Keywords: Environmental performance index; environmental economics; green growth; open markets index; control of corruption
JEL Classification: Q52; Q53; Q57; F42; F43.

1. Open Economy and Sustainability

Economic liberalism is a politico-economic ideology based on the individual's freedom; the main concept here being the minimizing of the government's interventionism by transforming the regulatory framework, i.e. the government protecting the citizens' security, trade etc, without restricting their freedom (Friedman, 1962; Hayek, 1960). The main ideas in liberalism are free market, free trade, low taxation and privatization (Friedman, 1962; Hayek, 1944; Hayek, 1960; Olssen & Peters, 2005).

Countries with open economies tend to handle inflation in a more efficient way De Mendonc & Silva, 2014) and financial globalization, a concequence of economic freedom, seems to be helpful for countries to avoid or overcome financial crises (Meller, 2013). Furthermore, Elgina & Oyvatb (2013) and Biswas et al. (2012) suggest that informal economy, which is defined as *"the set of economic activities that take place outside the framework of bureaucratic public and private sector establishments",* is reduced with greater capital, i.e. there exists an inverted-U connection between urbanization and informal economy activities.

Mousseau (2009) argues that economic development is a prerequisite for democratic peace, while Mueller (2010) that capitalism is a consequence of democratic peace; but, one way or the other, the two are highly dependent on one another. So, whether capitalism results in peace or peace results in capitalism -both cases providing steady institutions and economic freedom-, the point is that a capitalist country poses low risk in investment and trade, attracting Foreign Direct Investment inflows (Tintin, 2013; Constantini & Monni, 2006), the latter having a positive effect on economic growth with all of its outcomes, i.e. job openings, carrer opportunities, technological development etc, that lead to a better life-quality (Jackson, 2005; Kirchhoff, 1991).

Bernauer & Koubi (2009) suggest that democratic establishments have better environmental performance, at least in terms of air quality, and find a negative connection between civil liberties and pollution. Furthermore, Conroy et al. (2014) show that in times of recession or high levels of unemployment, people tend to consider the government's spending on environmental issues as too high, while in times of economic well-being or growth, they believe that environmental spending is not high enough. Mainly, given that the environment is not of highest priority (as is food, housing etc) (Constantini & Monni, 2006), people tend to worry about it when their basic needs are covered, which is achieved with higher income and good economic conditions; the latter being achieved when the economy is open. In addition, Zajenkowski et al. (2012) show that the citizens of countries with high levels of openness, meaning that they have higher GDPs per capita, have a higher mean of IQ (Intelligence Quotient), which, in turn, is positively linked to higher education performance (Meisenberg & Lynn, 2011), that is in favor of the environment, as it is shown that the higher the education level, the higher the environmental concern (Conroy et al., 2014; Constantini & Monni, 2006).

Overall, it is well scientifically supported that environmental degradation decreases as income increases (Environmental Kuznets Curve) and that trade openness has a positive influence on pollution decrease (Bernauer & Koubi, 2009; Kellenberg, 2008; Back et al., 2009; Cole, 2004; Lovely & Popp, 2011).

2. Research Methodology

Our aim is to show the positive contribution that open economies have to the protection of the environment. We apply principal component analysis in order to provide a statistical model that is indicating that a country's economic growth, openness of economy and its democratic-free political system have a positive effect on sustainable development.

In general, GDP is the most commonly used indicator for a country's economic performance evaluation, along with employment, though the use of a single indicator may not be adequate for wholly evaluating environmental performance at a macroeconomic level (Wursthorn et al., 2010); the latter requiring a set of more (appropriate) indicators. We add the openness indicator to measure the selected countries' economic performance and, due to the fact that openness and GDPc are highly correlated, we use Principal Component Analysis (Liu et al., 2003) so as to avoid multicollinearity, with the principal component being a combination of the logarithm of GDPc and the normalized values of Openness. In addition, we add a governance (political) indicator, namely "Control of Corruption", to the regression. Openness and GDPc are highly correlated, so we evaluate a principal component of the two in R-Studio, denoted as x_{pc}, as follows: pcs ← prcomp(norm[,c("norm.OPEN","lGDP")])

norm$pc1 ← pcs$x[,1]

Summing up, the indicators used for openness, economy-growth, environmental protection and governance are the "Open Markets Index", GDP per capita, the "Environmental Performance Index" and the "Control of Corruption" indicator respectively.

2.1. Country-Selection

The sample of the 75 countries selected are the ones presented in ICC's report "Open Markets Index" (OPI) 2013, including all G20 and EU members. The remaining countries are of various economic backgrounds and, as stated in ICC's report, they all together comprise of *"more than 90% of global trade and investment"*.[86]

2.2.Indicators

The indicators used to estimate the aforementioned model are the following:

- The "Open Markets Index" (OPI), proposed by ICC (2013), mainly measures a country's openness to trade, where each country is assigned a score from 1 to 6, 6 being the highest value, i.e. most open market. The overall score is based on a combination of the following four weighed indicators: Trade Openness with w_1=0.35, Trade Policy with w_2=0.35, Foreign Direct Investment Openness with w_3=0.35 and Trade Enabling Infrastructure with w_4=0.35. Depending on their respective scores, the countries are categorized into five groups: excellent, above average openness, average openness, below average openness and very weak.
- The `Environmental Performance Index' (EPI), proposed by Yale University (2013), (Yale Center for Environmental Law and Policy), measures each of the 178 presented countries' performance on "*the protection of human health from environmental harm and the protection of ecosystems*". EPI is based on the following indicators:
  - Environmental Health: Health Impacts, Air Quality, Water and Sanitation
  - Ecosystem Vitality: Water Resources, Agriculture, Forests, Fisheries, Biodiversity and Habitat, Climate and Energy

[86] The countries are (in alphabetical order) : Algeria, Argentina, Australia, Austria, Bangladesh, Belgium, Brazil, Bulgaria, Canada, Chile, China, Colombia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Egypt, Eatonia, Ethiopia, Finland, France, Germany, Greece, Hong Kong, Hungary, Iceland, India, Indonesia, Ireland, Israel, Italy, Japan, Jordan, Kazakhstan, Kenya, South Korea, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malaysia, Malta, Mexico, Morocco, Netherlands, New Zealand, Nigeria, Norway, Pakistan, Peru, Philippines, Poland, Portugal, Romania, Russian Federation, Saudi Arabia, Singapore, Slovakia, Slovenia, South Africa, Spain, Sri Lanka, Sudan, Sweden, Switzerland, Chinese Taipei, Thailan, Tunisia, Turkey, Uganda, Ukraine, United Arab Emirates, United Kingdom, United States, Uruguay, Venezuela, Vietnam.
Note that Hong Kong and Chinese Taipei are not included in the following analysis, due to lack of data on the rest of the indicators.

- GDP per capita: Data on GDP per capita (GDPc) are taken from Yale's study on the Environmental Performance Index 2014.
- Control of Corruption: As the governance indicator, we use "Control of Corruption", which is part of The Worldwide Governance Indicators (WGI) project, covering the years between 1996 and 2013, analyzing the following sections of governance: Voice and Accountability, Political Stability and Absence of Violence, Government Effectiveness, Regulatory Quality, Rule of Law and Control of Corruption. Data on "Control of Corruption" were taken from the updated dataset of 2014.

3. Analysis and Discussion

In this section we present the model estimation and the analysis results. The dependent variable of the statistical model is EPI, while the dependent are GDPc, Openness and Control of Corruption. We denote y: EPI, x_1=0.35: GDPc, x_2=0.35: Openness and x_3=0.35 Corruption Control. We take the normalized values of all indicators, apart from GDPc, where we take the logarithmic values. The estimated model is as follows:

$$\hat{y} = 32.82 + 0.43\ x_{pc} + 0.42\ x_3 \quad (1)$$

with t_{pc}= 4.393, t_3=5.149, p_{pc}<0.001, p_3<0.001, Fstat=120.3 and adjusted R^2=0.7682.

In order to examine if there is a case of multicollinearity, we measure the Variance Inflation Factor, defined as VIF=1/(1-adjR_i^2). VIF values below 2.5 are of no concern, while values above 10 are usually indicative of multicollinearity. As shown in Table 1 below, the VIF values of x_{pc} and x_3 are just below 3, so we can safely assume that there is no case of multicollinearity in the statistical model above.

Table 1: VIF values of x_{pc} and x_3

Variable	x_{pc}	x_3
VIF	2.92	2.92

Many studies have shown that a country's high GDP, free trade and openness of economy in general are positively related to high environmental protection. This study examines the role of the openness of a country's economy and its politico-economic system on its environmental performance; the latter being measured by the Environmental Performance Index, calculated by Yale University, taking into account two main factors: Environmental Health and Ecosystem Vitality. EPI is directly proportional to GDP per capita (clearly following Kuznets curve) and the openness of an economy is positively correlated to higher quality environmental protection

Many argue that eco-capitalism is not the answer, but it is even more doubtful for an eco-socialist system to provide better results (Hudson, 2005). All of the above show the tedency of economic developed countries, with open economies and free democratic establishments, to provide its citizens with better life-quality; and a more prosperous future, for that matter.

4. Conclusions

The regression model, with adjusted R^2=0.7682, strongly suggests that high GDP per capita, openness of the economy and high levels of corruption control have a positive effect on a country's environmental performance. Though data used to estimate the model is limited to 73 countries, this is an important finding that needs to be further explored by including more variables, in order to better explain the role of the economy and the political system in the environmental performance at a macroeconomic level.

References

Back, J., Cho, Y., & Koo, W.W. (2009). The environmental consecuences of globalization: A country-specific time-series anaysis. *Ecological Economics*, 68, 2255-2264.

Bernauer. T., & Koubi, V. (2009). Effects of political institutions on air quality. *Ecological Economics*, 68, 1355-1365.
Biswas, A.K., Farzanegan, M.R., Thum, M. (2012). Pollution, shadow economy and corruption: Theory and evidence. *Ecological Economics*, 75, 114-125.
Cole, M.A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological Economics*, 48, 71-81.
Conroy, S.J., & Emerson, T.L.N. (2014). A tale of trade-offs: The impact of macroeconomic factors on environmental concern. *Journal of Environmental Management*, 145, 88-93.
Constantini, V., & Monni, S. (2006). Environment, human development and economic growth. *Ecological Economics*, 64, 867-880.
De Mendonc¸ H.F., & Da Silva Veigaa, I. (2014). Note on openness and inflation Targeting: Implications for the unpleasant fiscal arithmetic. *Macroeconomic Dynamics*, 18, 1187-1207.
Elgina, C., & Oyvatb, C. (2013). Lurking in the cities: Urbanization and the informal economy. *Structural Change and Economic Dynamics*, 27, 36-47.
Friedman, M. (1962). Capitalism and Freedom. *The Chicago University Press.* ISBN 0-226-26401-7.
Hayek, F.A. (2006). The Constitution of Liberty. *Routledge Classics (Routledge 1960*), ISBN 0-415-40424-X.
Hayek, F.A. (2001). The Road to Serfdom. R*outledge Classics (Routledge 1944),* ISBN 0-415-25543-0.
Hsu, A., Johnson, L.A., & Lloyd, A. (2013). Measuring Progress: A Practical Guide From the Developers of the Environmental Performance Index (EPI). *New Haven:Yale Center for Environmental Law & Policy*.
Hudson, R. (2005). Towards Sustainable Economic Practices, Flows and Spaces: Or is the Necessary Impossible and the Impossible Necessary? *Sustainable Development*, 13, 239-252.
International Chamber of Commerce (2013). Open Markets Index, Second edition.
Jackson, M. (2005). Liberty and economic growth in Adam Smith's possible world. *Constitutional Political Economy,* 16, 277-284.
Kirchhoff, B.A. (1991). Entrepreneurship's contribution to economics. *Entrepreneurship Theory & Practice,* 16, 93-112.
Liu, R.X., Kuang, J., Gong, Q., & Hou, X.L. (2003). Principal component regression analysis with SPSS. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 71, 141-147.
Meisenberg, G., & Lynn, R. (2011). Intelligence: A measure of human capital in nations. *Journal of Social Political and Economic Studies,* 36, 421-454.
Meller, B. (2013). The two-sided effect of financial globalization on output volatility.
Rev World Economics,149, 477-504.
Mosseau, M. (2009). The Social Market Roots of Democratic Peace. *International Security*, 33(1), 52-86.
Mueller, J. (2010). Capitalism, Peace, and the Historical Movement of Ideas. *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, 36(2), 169-184.
Tintin, C. (2013). The determinants of foreign direct investment inflows in the Central and Eastern European Countries: The importance of institutions. *Communist and Post-Communist Studies*, 46, 287-298.
Wursthorn, S., Poganietz, W.R., & Schebek, L. (2011). Economic-environmental monitoring indicators for European countries: A disaggregated sector-based approach for monitoring eco-efficiency. *Ecological Economics*, 70, 487-496.
Zajenkowski, M., Stolarski, M., & Meisenberg, G. (2013). Openness, economic freedom and democracy moderate the relationship between national intelligence and GDP. *Personality and Individual Differences*, 55, 391-398.

Μη παραμετρική προσέγγιση για την αξιολόγηση μακροχρόνιων σεναρίων ενεργειακής πολιτικής: Η περίπτωση του Ελληνικού ενεργειακού συστήματος.

Γεώργιος Χάλκος, Νικόλαος Γ. Τζερεμές, Παναγιώτης Γ. Τζερεμές
Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
halkos@uth.gr bus9nt@econ.uth.gr tzeremes@uth.gr

Περίληψη
Η εργασία εφαρμόζοντας την μεθοδολογία δημιουργίας και σχεδιασμού ενεργειακών σεναρίων γνωστή ως Long range Energy Alternatives Planning System (LEAP) εξετάζει τέσσερα διαφορετικά σενάρια ενεργειακής πολιτικής για τους κλάδους των μεταφορών, της ενέργειας και της βιομηχανίας στην Ελλάδα. Με βάση τα συγκεκριμένα σενάρια δημιουργούνται προβλέψεις μέχρι το 2020 και το 2030 για τους τρεις κλάδους σε σχέση με τα επίπεδα κατανάλωσης ανανεώσιμης ενέργειας και της αντίστοιχης παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα. Εν συνεχεία και με βάση τα σενάρια και τις προβλέψεις δημιουργούνται δείκτες αποτελεσματικότητας των ενεργειακών πολιτικών. Με τον τρόπο αυτό παρουσιάζονται ποσοτικοί δείκτες έλεγχου της αποτελεσματικότητας των μελλοντικών ενεργειακών στόχων /πολιτικών στους τρεις αυτούς κλάδους. Τα αποτελέσματα μας δείχνουν ότι η μεγαλύτερη πρόκληση για την Ελληνική ενεργειακή πολιτική βρίσκεται στον τομέα της βιομηχανίας και στην αστοχία αυτών που ασκούν και θα ασκήσουν την ενεργειακή πολιτική ώστε δώσουν εκείνα τα κίνητρα που θα κατευθύνουν την παραγωγή σε κατανάλωση μεγαλύτερων ποσοστών ενεργείας από ανανεώσιμες πηγές. Αποδεικνύεται ότι με τις παρούσες συνθήκες ο κλάδος της βιομηχανίας δεν θα μπορέσει να επιτύχει με αποτελεσματικότητα τους περιβαλλοντικούς στόχους που έχουν τεθεί. Τέλος οι περιβαλλοντικοί στόχοι για το 2020 και το 2030 μπορούν να επιτευχθούν μόνον για τον κλάδο της ενέργειας ενώ για τον κλάδο των μεταφορών μπορούν να επιτευχθούν μόνο οι στόχοι του 2030.

Λέξεις κλειδιά: Κλιματική αλλαγή; Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας; Ελληνικό ενεργειακό σύστημα; Γραμμικός προγραμματισμός; Μη παραμετρική ανάλυση.
JEL κωδικοί: C60, Q40, Q53, Q58.

A nonparametric approach for evaluating long-term energy policy scenarios: An application to Greek energy system

George Halkos, Nickolaos G Tzeremes, Panayiotis G Tzeremes
Laboratory of Operations Research, Department of Economics, University of Thessaly

Abstract
This paper by applying Long range Energy Alternatives Planning System (LEAP) constructs four different energy scenarios for the Greek transport, energy and industry sectors. By projecting in to 2020 and 2030 the renewable energy consumption and the generation of carbon dioxide emissions the paper constructs through nonparametric analysis efficiency measures evaluating the different energy policy which can be adopted. As a result it provides a quantitative measure of future policy performance under different energy consumption scenarios. The results reveal that the largest policy challenge for Greek authorities will be the energy usage of the Greek industry since it is robust towards the adoption of renewable energy sources. It appears that under the four different policy scenarios the Greek industry sector will not be able to meet the environmental targets set by the Greek government. Finally, the analysis reveals that the targets for 2020 and 2030 can be met for the energy sector however for transport can only be met for the year 2030.

Keywords: Climate change; Renewable energy sources; Greek energy system; Linear programming; Nonparametric analysis.
JEL classifications: C60; Q40; Q53; Q58.

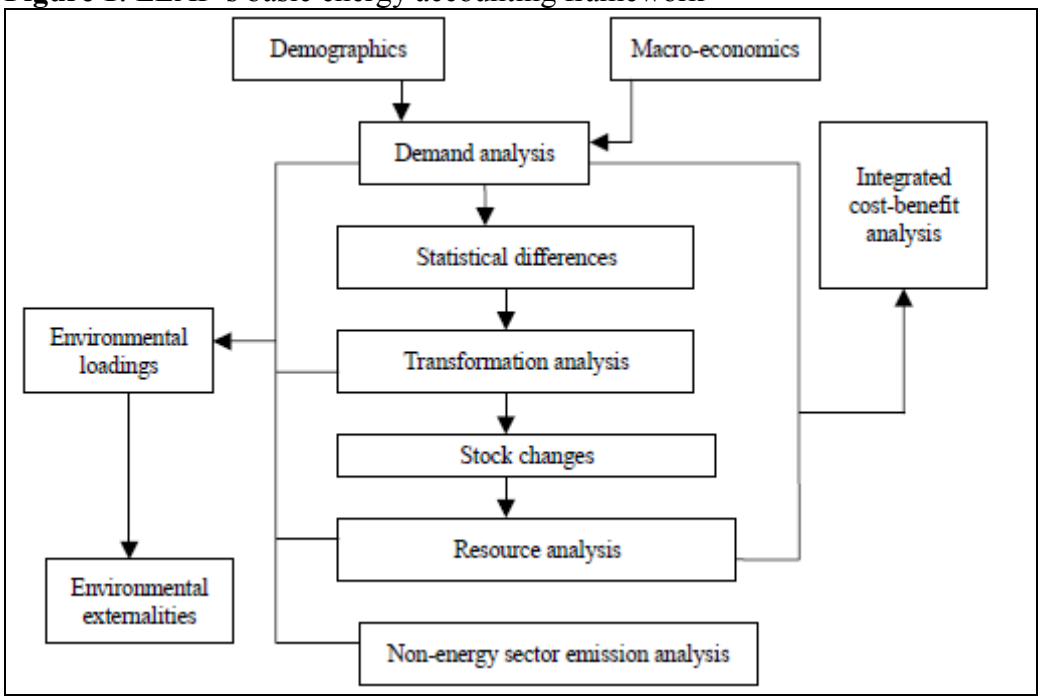
* Work in this research has received funding from the "GHGsMETI" program, which takes place within the **SYNERGASIA 2011** action and is supported by the European Regional Development fund and Greek National Funds, project number **11SYN_8_118**. The text represents the authors' views.

1. Introduction

The Long range Energy Alternatives Planning System (LEAP) is a widely-used software tool for energy policy analysis and climate change mitigation assessment developed by the Stockholm Environment Institute. According to Heaps (2008) LEAP is a standard tool that enables countries to contact integrated resource planning, greenhouse gases (GHG) mitigation assessments, and Low Emission Development Strategies (LEDS). Furthermore several countries have been based on LEAP's output in order to report to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

There are various studies in Greece that have been conducted in order to provide the literature with long-term projections in the energy sector using LEAP (among others, Papagiannis et al. 2008; Giatrakos et al. 2009; Roinioti et al. 2012). According to Bhattacharyya and Timilsina (2010) LEAP is based on the accounting framework in order to generate energy demand (and supply) and on the physical description of the examined energy system. Furthermore on their extensive review Bhattacharyya and Timilsina (2010) emphasise the fact that LEAP is based on the scenario approach in order for several paths of energy system evolution to be developed. Figure 1 describes this framework in which the LEAP is based on. As can be observed the forecast of the energy demand is based on the effect of alternative market shares, whereas the supply side is based on what-if analysis and possible development scenarios which LEAP integrates through simulation and accounting approaches.

Figure 1: LEAP's basic energy accounting framework



Source: Heaps (2002)

Our paper constructs four different scenarios for the period 1990-2030 in order to evaluate the demand of energy derived from renewable energy sources (RES) and the GHG emissions generated over the same period for the sectors of industry, transport and energy. Therefore in a first stage the paper forecasts the energy demand derived from renewable sources alongside with the generated GHG emissions (under the four scenarios). Furthermore in a second stage analysis it applies a nonparametric estimator based on the mathematical

approach known as Data Envelopment Analysis (DEA) in order to evaluate the efficiency of the Greek renewable energy policies imposed under the Law L3851/2010 which was introduced in order to comply with the European targets set in 2007 and in 2014[87]. As a result we will present here a way for evaluating the efficiency of the future implementation of renewable energy policies set by the Greek government and under the four scenarios.

The article is constructed as follows. Section 2 presents the four scenarios while section 3 presents the methodology adopted. Section 4 presents the empirical results, whereas the last section concludes the paper.

2. A description of the LEAP-based renewable energy policy scenarios[88]

Scenarios are self-consistent story lines of the evolution of future energy systems in the context of a specific set of conditions. Scenarios assemble information about different trends and possibilities into internally consistent images of plausible alternative futures (Wiseman et al., 2011; Carter, 2007; Moss et al., 2010). The main concept of LEAP is an end-use driven scenario analysis with a baseline scenario and alternative scenarios. The scenarios are used for a number of "what if" questions under the arrangement of user-defined assumptions. The set of conditions is detailed in the scenarios and are constructed in order to encompass some factors (parameters) that are anticipated to change.

In our case there are four scenarios generated under different options. The policy options and the key assumptions the scenarios are based on are presented next.

Baseline Scenario-BASE, BAU: The first scenario is the "Baseline", which is based on historical trends from 1990 till 2010. Changes in demographic and macroeconomic variables are given in Table 1. Specifically, Table 1 describes the projections for the annual population growth rate, annual GDP growth rate, annual growth rate of income, annual growth rate of GDP per capita till the target year 2030 (Ministry of Environment, Energy and Climate Change, 2013). The projected potential withdrawals of Power Plants are also presented in Table 2 (Ministry of Environment, Energy and Climate Change, 2013).

Target 2020 Scenario-TAR20: The second scenario is based on the European target set in 2007, in order to develop an energy efficient and low carbon Europe via an increase in the share of EU energy consumption produced from renewable resources to 20%. According to the government and to Law L3851/2010 it is stated that the protection of the climate or the reduction of GHG emissions, through the promotion of electrical energy production from RES is a crucial element of the energy sector of the country. In order to achieve the national target of 20% contribution of the energy produced from RES to the gross final energy consumption, specific targets include increasing RES electricity share by 40%, RES heating and cooling share for the household sector by 20%, and RES transport share by 10%. This target will be achieved through the large penetration of RES technologies in electricity production, heat supply and in the transport sector.

[87] The European targets implies that by 2020 EU countries' renewable energy penetration in final consumption should be at least by 20%, whereas by 2030 it should be at least by 27%.

[88] The main scenarios presented in this section is based on the analysis presented by Halkos et al. (2014).

Table 1: Changes of demographic and macroeconomic variables used

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Annual population growth rate	0,1%	0,0%	-0,2%	-0,2%	-0,1%	-0,3%	-0,2%
Annual GDP growth rate	-4,0%	-2,6%	1,1%	2,1%	2,1%	2,6%	2,6%
Annual growth rate of income	-4,0%	-3,7%	0,8%	2,8%	2,5%	2,6%	2,6%
Annual growth rate of GDP per capita	-9,0%	-2,0%	0,9%	1,8%	1,6%	2,6%	2,6%
	2018	**2019**	**2020**	**2025**	**2030**		
Annual population growth rate	-0,1%	-0,1%	-0,2%	-0,2%	-0,4%		
Annual GDP growth rate	2,5%	2,5%	2,9%	2,2%	1,5%		
Annual growth rate of income	2,5%	2,5%	2,9%	2,2%	1,5%		
Annual growth rate of GDP per capita	2,5%	2,5%	2,9%	2,2%	1,5%		

Note: Projections are based on estimates by the Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2013).

Table 2: Projected potential withdrawals of power stations

Withdrawal of Power Units	Power Output (MW)	Power Units	Fuel
2011	64	Ptolemaida 1	Lignite
2011	113	Megalopoli 1	Lignite
2011	113	Megalopoli 2	Lignite
2012	117	Ptolemaida 2	Lignite
2012	33	Liptol	Fuel oil
2013	144	Aliveri 3	Fuel oil
2013	145	Aliveri 4	Fuel oil
2014	145	Laurio 1	Fuel oil
2014	285	Laurio 2	Fuel oil
2014	173	Laurio 3	Natural Gas
2014	117	Ptolemaida 3	Lignite
2015	153	Ag. Geor. 8	Natural Gas
2015	185	Ag. Geor. 9	Natural Gas
2015	276	Ptolemaida 4	Lignite
2019	275	Kardia 1	Lignite
2019	275	Kardia 2	Lignite
2019	300	Kardia 3	Lignite
2019	275	Kardia 4	Lignite
2019	273	Amintaio 1	Lignite
2019	273	Amintaio 2	Lignite
2022	274	Ag. Dimitrios 1	Lignite
2022	274	Ag. Dimitrios 2	Lignite
2022	283	Ag. Dimitrios 3	Lignite
2022	283	Ag. Dimitrios 4	Lignite
2024	260	Megalopoli 4	Lignite
2024	270	Megalopoli 3	Lignite

Source: Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2013).

The changes in demographic and macroeconomic variables that are used *in target 2020 scenario* are also presented in Table 1. Finally, we assume a 50% increase of RES capacity, which corresponds to 5.311,7 MW. Specifically, as the Hellenic Transmission System Operator S.A. publishes binding and final Offers for Connection System or Network for power stations of Renewable Energy and Stations and cogeneration plants of Electricity & Heat and High Performance (CHP), we assume that till 2020 will be achieved half of the non binding offers. Table 3 describes in details the structure of the assumed generated capacity per RES category.

Target 2030 Scenario-TAR30: We follow the target set in 22 January 2014 by the European Commission towards a renewable energy economy. Specifically, the share of renewable energy penetration in final consumption is set to increase at least up to 27% by 2030. This will be achieved by the introduction of RES in industry. Following Heaps et al. (2009) concerning the industry sector, CO_2 emissions can be further reduced through the increased use of biomass, natural gas and increased participation of RES in electricity, the iron and steel production sector, the cement production, chemicals production and other industrial subsectors. As far as the changes in demographic and macroeconomic variables that are used in *target 2030 scenario* these are given also in Table 1. Furthermore, we assume a 100% increase of RES capacity, which corresponds to 10.563,2 MW. Specifically, as in the previous scenario and relying on the Hellenic Transmission System Operator S.A., the last column of Table 3 describes in details the structure of the assumed generated capacity per RES category.

Table 3: Generation capacity projections per RES category till 2020 and 2030

RES	Capacity (MW) 2020	Capacity (MW) 2030
Photovoltaics	207,5 MW	415 MW
Wind Park	4.666,5 MW	9.333 MW
Small Hydro	350,2 MW	640,2 MW
Biomass	87,5 MW	175 MW
TOTAL	5.311,7 MW	10.563,2 MW

Source: HELLENIC TRANSMISSION SYSTEM OPERATOR S.A. available at: http://www.desmie.gr/ape-sithya/stathmoi-ape-sithya-me-prosfora-syndesis/

Green Scenario-Green: Under this scenario we follow as in TAR30 the target set in 22 January 2014 by the European Commission towards a renewable energy economy. However, and in contrast to TAR30 we assume that the share of renewable energy penetration in final consumption is set to increase at least up to 27% by 2020 instead of 2030. The same assumptions imposed for TAR30 are also imposed for the Green scenario however under the *Green* scenario the Greek government should increase the share of energy consumption produced from renewable resources to 27% by 2020.

Figure 2 below presents the projections of GHG emissions for the sectors of industry, transport and energy. As can be observed industry produces the lowest levels of GHG emissions, whereas the transport sector produces the highest GHG emissions levels. As can be viewed the emissions produced by the Greek industry have been declined especially during the financial crisis period. The same is reported for the energy sector. However, the emissions generated by the transport sector have been monotonically increasing (Base and TAR20 scenario). In all cases as expected and under the base scenario the sectors will be generating higher levels of GHG emissions compared to the Green scenario.

Figure 2: Estimated projections of GHG emissions under the four scenarios

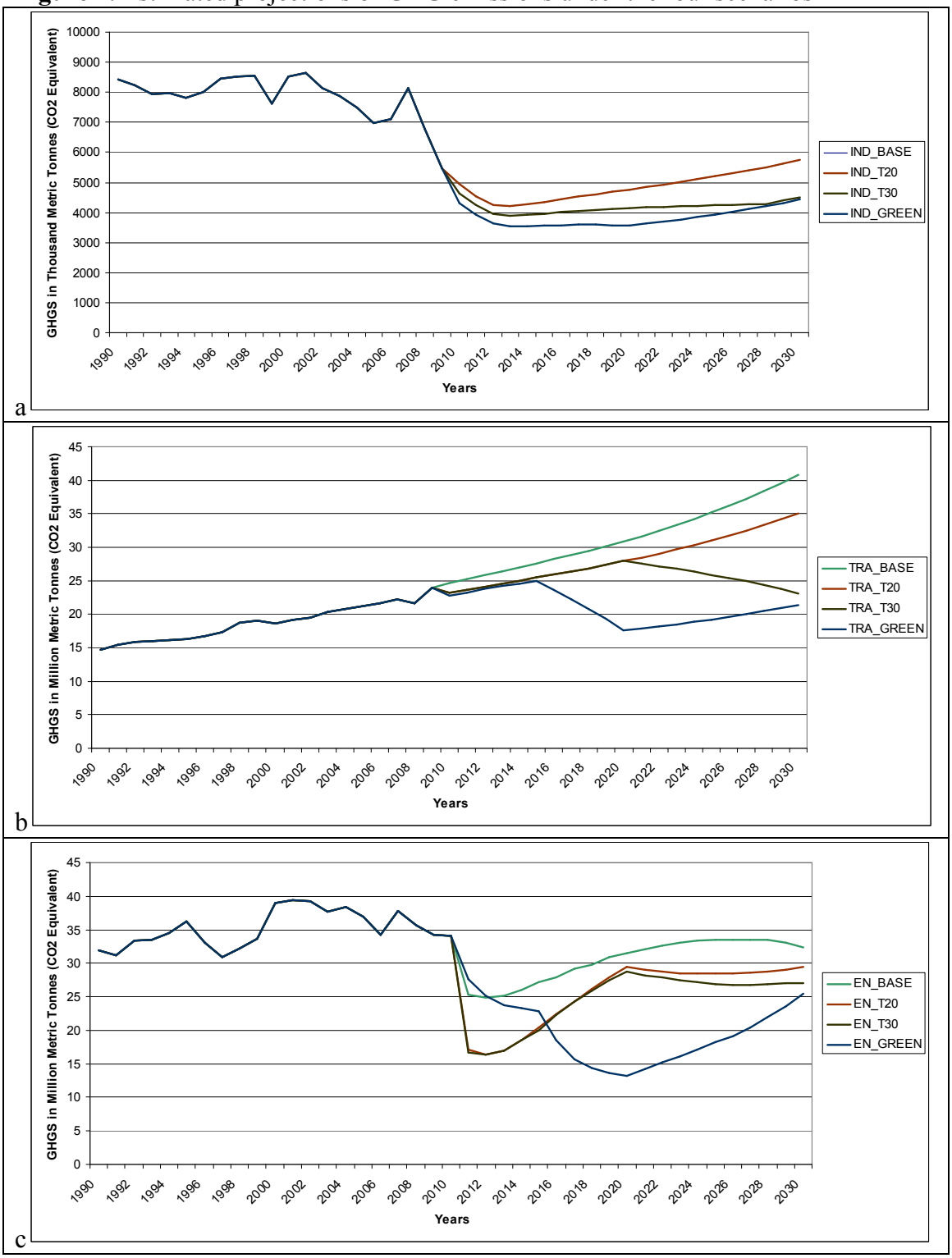
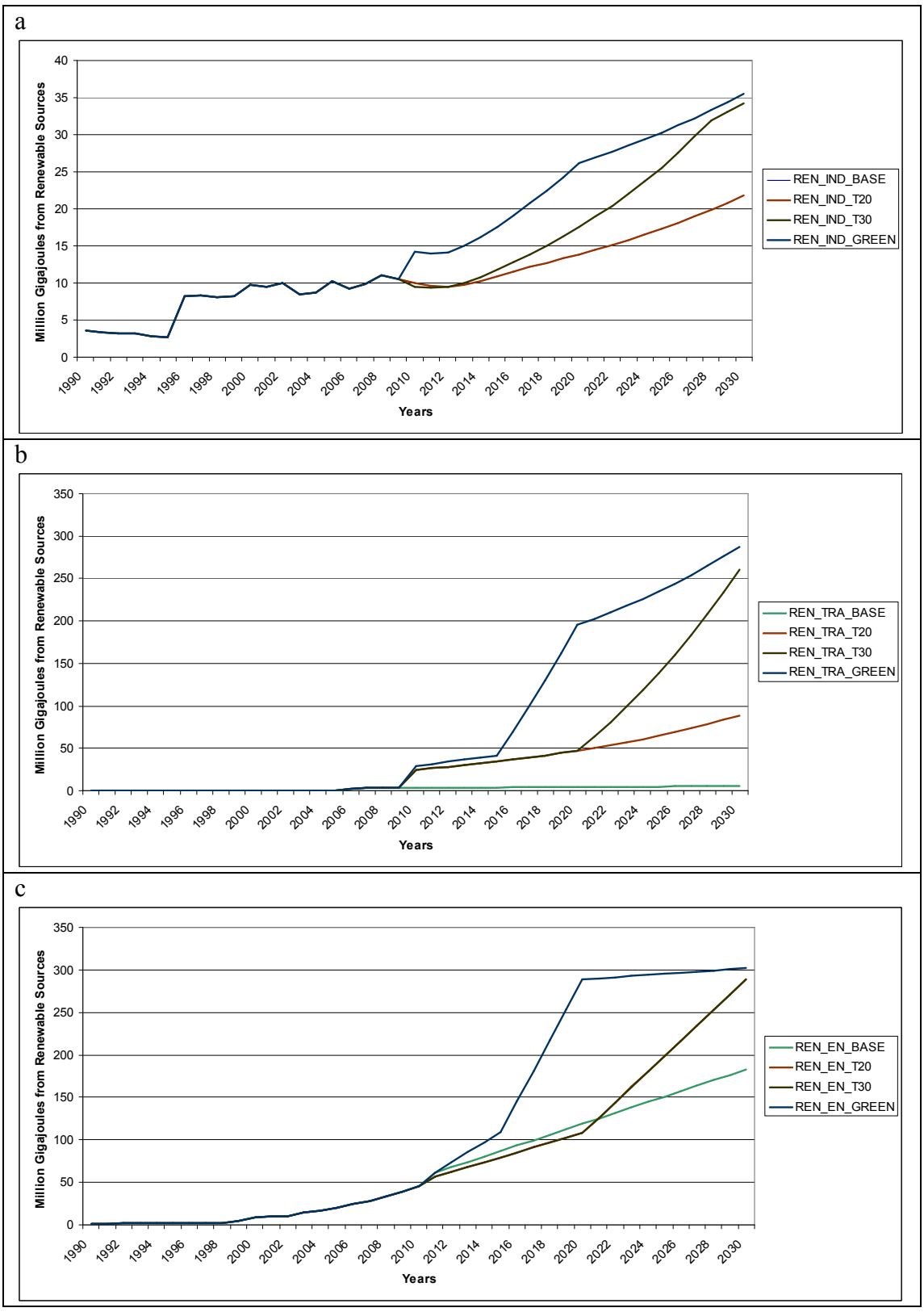


Figure 3: Estimated projections of energy consumption produced by RES under the four scenarios



Finally, Figure 3 presents the estimated energy consumption from RES under the four scenarios. It can be viewed that under the Green scenario the different sectors will have more investments on RES and therefore the consumption levels will be higher. However, again it can be noticed that the energy levels generated from RES of industry sector (subfigure 3a) will be significant lower compared to the sectors of transport (subfigure 3b) and energy (subfigure 3c).

3. Methodology

In order to evaluate the efficiency of the Greek government's energy renewable policies, we need to evaluate also their ability to reduce greenhouse gases (GHG) under the four energy policy scenarios described previously (BAU, TAR20, TAR30 and GREEN). Specifically, we need to evaluate under the four scenarios generated in LEAP for the period 1990-2030 the estimated energy usage of renewable sources of the Greek main sectors (industry, transport and energy) alongside with the generated greenhouse gases (GHG) produced. This can be accomplished by creating a composite performance index which can be comparable among the four renewable energy scenarios and among the sectors for the period 1990-2030. As a result this will enable us to evaluate the efficiency of the renewable energy policy (EREP) based on the future estimates produced using LEAP.

In order to do so we apply a nonparametric approach known as data envelopment analysis (DEA). DEA is a mathematical programming technique which enables us to evaluate a specific process which is based on the estimation of a benchmark frontier – a relative frontier against which the decision making units (DMUs) are assessed, using specified DMUs' inputs and outputs (Daraio and Simar, 2007). Then the efficiency is calculated as the distance of each DMU from the estimated ('efficient') frontier. In our case the role of the DMUs are the years of each sector under the four energy scenario. Typically the DEA methodology is applied in a production framework investigating the efficiency of specific inputs to produce specific outputs.

However, in our study we follow a similar approach as the one initiated by Kuosmanen and Kortelainen (2005). They suggest an eco-efficiency indicator which involves the calculation of the ratio of value added (i.e. the good output/GDP) to the environmental damage or pressure index (i.e. the bad output/pollutant), approaching therefore the environmental efficiency from a social point of view rather than from the managerial point of view. Therefore their proposed index excludes the primary production factors even though they are important cost factors in technical and economic efficiency analysis (Kuosmanen and Kortelainen 2005, p. 64).

In our case the value added from the renewable energy policy perceptive is the energy consumption (measured in millions Gigajoules) from renewable sources whereas the bad output is the Greenhouse emissions (CO_2, CH_4 and N_2O) which will be produced in the future (based on the scenarios entered in LEAP) from the sectors of industry, energy and transport. Based on the approach by Koopmans (1951) we can define the efficiency of renewable energy policy in a multiple dimensional Euclidean space. For the purpose of our analysis let us have M pollutants (Greenhouse emissions - CO_2, CH_4 and N_2O) measured by the variables $\mathbf{u} = (u_1, ..., u_m)$ and let ρ to denote the energy demand of the three sectors derived only from renewable energy sources (measured in millions Gigajoules). As a result we will be able to define the pollution generating technology set as:

$$T = \left\{ (\rho, \mathbf{u}) \in \Re_+^{1+M} \,\middle|\, \begin{array}{l} \text{the energy consumption derived from renewable sources } \rho \\ \text{can be generated also with damage } \mathbf{u} \text{ derived from non-renewable energy sources} \end{array} \right\} \quad (1)$$

Expression (1) implies that even though and under the specified energy scenarios there will be a specific percentage of commitment of energy consumption from renewable sources, however, there will be also pollution generated from energy consumption from non-renewable sources. Therefore, in our case for efficiency the renewable energy policies implemented by the Greek government will have the aim to reduce the generated pollution. This efficiency can be represented as:

$$EREP_n = \frac{\mathrm{P}_n}{D(\mathbf{U}_n)} \tag{2}$$

In ratio (2) D represents the damage function of the M pollutants in a weighted average indicator represented as:

$$D(\mathbf{u}) = v_1 u_1 + v_2 u_2 + ... + v_m u_m \tag{3}$$

Since the problem of a proper weight (v) on the pollutants is crucial we follow Kuosmanen and Kortelainen (2005) suggesting the *benefit of the doubt* weighting scheme. This approach applies weights that maximize the relative EREP of the evaluated year and industry in comparison with the maximum attainable EREP. This can be calculated as[89]:

$$\max_{v} EREP_n = \frac{\mathrm{P}_n}{v_1 U_{n1} + v_2 U_{n2} + ... + v_M U_{nM}}$$

$$s.t.$$

$$\begin{aligned}
&\frac{\mathrm{P}_1}{v_1 U_{11} + v_2 U_{12} + v_M U_{1M}} \le 1 \\
&\frac{\mathrm{P}_2}{v_1 U_{21} + v_2 U_{22} + v_M U_{2M}} \le 1 \\
&\vdots \\
&\frac{\mathrm{P}_N}{v_1 U_{N1} + v_2 U_{N2} + v_M U_{NM}} \le 1. \\
&v_1, v_2, ..., v_M \ge 0
\end{aligned} \tag{4}$$

Therefore we use weights $v_m \, (m = 1, ..., M)$ to maximize the EREP ratio, subject to the condition that the highest attainable efficiency score does not exceed the maximum index value of one when the same weights are applied across all other years and industries. As can be observed the weights are not negative and the efficiency score can take the values between 0 and 1. As can be realised the value of 1 indicates an efficient renewable energy policy whereas values below 1 indicate inefficient policies. Furthermore, the program in (4) is fractional can is difficult to be solved. However by following Charnes and Cooper (1962) and Charnes et al. (1978) we can transform the fractional program presented in (4) into a linear program as:

[89] In our analysis the letters with the upper case are referring to the observed data, whereas the lower case letters are referring to theoretical values.

$$\min_{v} EREP_n^{-1} = v_1 \frac{U_{n1}}{\mathrm{P}_n} + v_2 \frac{U_{n2}}{\mathrm{P}_n} + \ldots + v_M \frac{U_{nM}}{\mathrm{P}_n}$$

$$s.t.$$

$$v_1 \frac{U_{11}}{\mathrm{P}_1} + v_2 \frac{U_{12}}{\mathrm{P}_1} + \ldots + v_M \frac{U_{1M}}{\mathrm{P}_1} \geq 1$$

$$v_1 \frac{U_{21}}{\mathrm{P}_2} + v_2 \frac{U_{22}}{\mathrm{P}_2} + \ldots + v_M \frac{U_{2M}}{\mathrm{P}_2} \geq 1, \qquad (5)$$

$$\vdots$$

$$v_1 \frac{U_{N1}}{\mathrm{P}_N} + v_2 \frac{U_{N2}}{\mathrm{P}_N} + \ldots + v_M \frac{U_{NM}}{\mathrm{P}_N} \geq 1$$

$$v_1, v_2, \ldots, v_M \geq 0.$$

Then by using the distance function approach Shephard (1970) having k years in our analysis we can express our linear program as:

$$\min_{\lambda} EREP_{\mathrm{n}} = \theta$$

$$s.t.$$

$$\theta U_{nm} \geq \sum_{k=1}^{N} \lambda_k Z_{km} \forall m = 1, \ldots, M \qquad (6)$$

$$\mathrm{P}_n \leq \sum_{k=1}^{N} \lambda_k \mathrm{P}_k$$

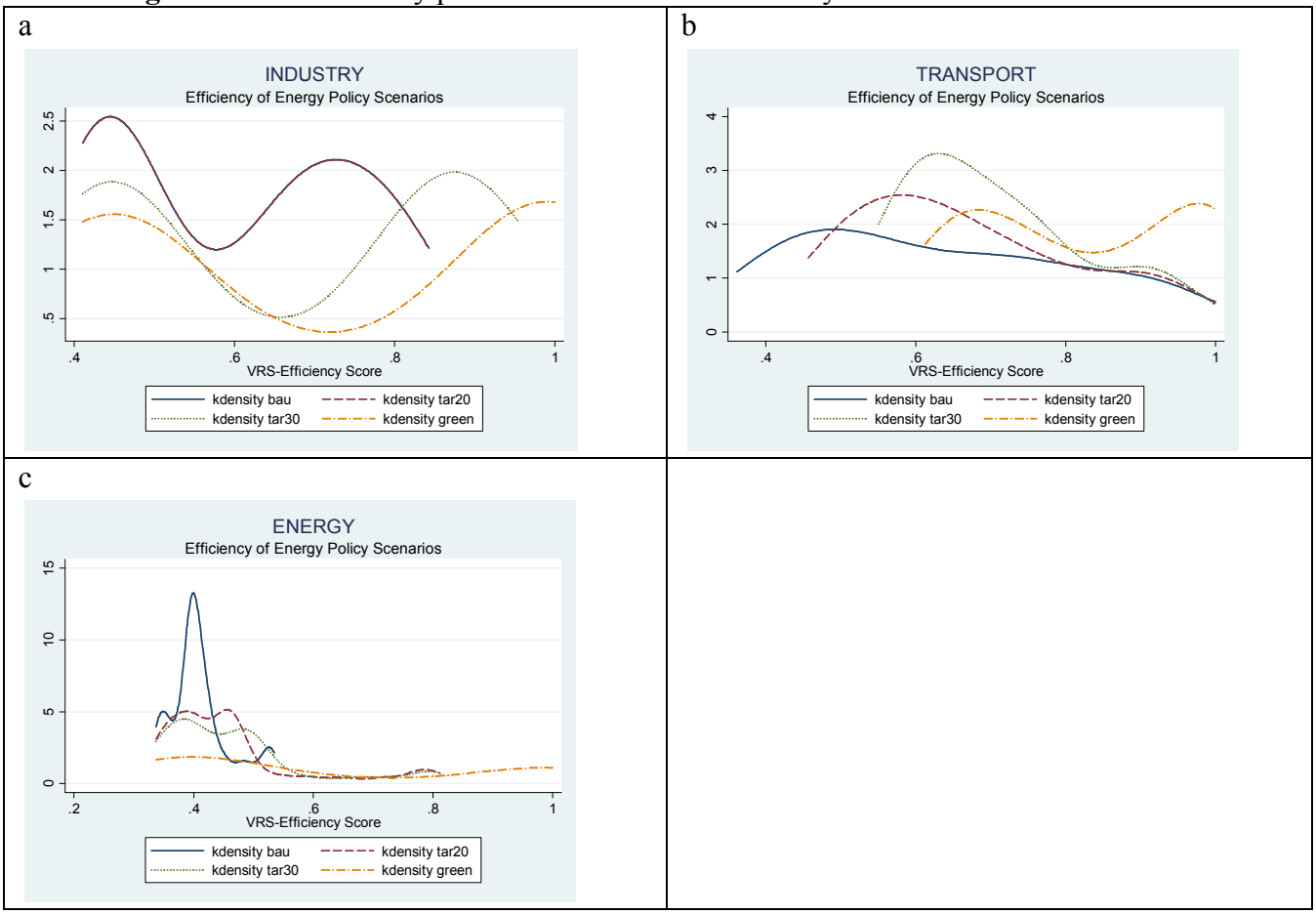
$$\sum_{k=1}^{N} \lambda_k = 1, \lambda_k \geq 0 \forall k = 1, \ldots, N.$$

It must be noted that in the above linear programming we have also added an extra condition $\left(\sum_{k=1}^{N} \lambda_k = 1 \right)$ allowing therefore for variable returns to scale-VRS (Banker et al. 1984) in our measurement. Since our analysis is based over a large period of time (1990-2030) it is expected that there will be a lot of variations involved in the demand of energy from renewable sources and variations among the pollutants generated from the consumption of non-renewable energy sources. According to several authors the assumption of VRS is more suitable when investigating the impact of changing energy use over time and you expect such variations (Honma and Hu, 2013; Fang et al., 2013).

4. Empirical results

As analysed previously we compared for each sector separately the EREP for each year between the four scenarios. Therefore in our case and within the framework of DEA the decision making units (DMUs) are the years of our analysis which are compared against each other and among the four scenarios presented previously. More analytically Figure 4 presents the kernel density plots of the estimated efficiency scores using Gaussian kernels (Silverman, 1998).

Figure 4: Kernel density plots of the estimated efficiency scores

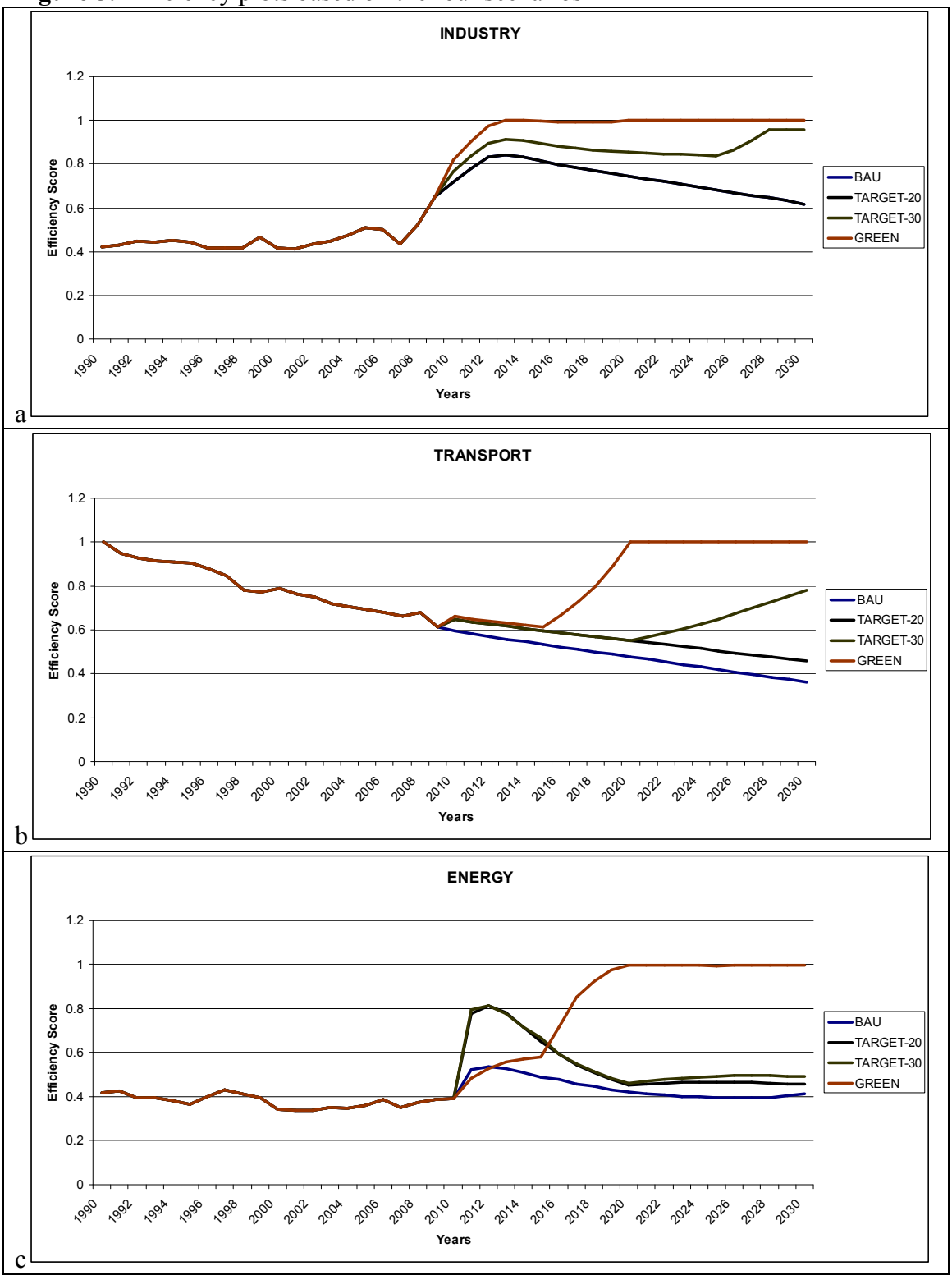


For the case of industry sector (subfigure 4a) the results reveal that the BAU and TAR20 scenario have identical efficiency distributions[90]. Furthermore, it appears that there is a bimodal distribution of efficiencies with a first peak around the 45% level of efficiency and a second peak around the 75%. The bimodality is also reported for TAR30 and Green scenarios. Again for both scenarios there is a first peak at the 45% level of EREP whereas the second peak for the TAR30 is around the 87% and for the Green scenario is around 100%. For the case of transport (subfigure 4b) the twin-peak is observed only for the Green scenario with one peak around 70% of efficiency and the second peak around 100%.

Under the BAU scenario the distribution of the efficiencies of the renewable energy policies over the examined period is platykurtic. This indicates that the efficiency estimates are highly dispersed and their distribution is less clustered around the mean than in a leptokurtic distribution. Similar results can be also viewed for the efficiencies of TAR20 and TAR30. Finally, subfigure 4c presents the distribution of efficiency estimates for the Greek energy sector. It appears that under the BAU scenario the efficiency distribution has three peaks one around 35%, a second one around 40% and a third one around 55%. Under the TAR20 and TAR30 the distribution is bimodal with a first peak around 38% and a second peak of 45% for TAR20 and 50% for TAR30.

[90] This is due to the fact that the Greek government under the law of L3851/2010 has decided to commit on energy investments from RES only for the sectors of transport, energy, industry and households. As a result the BAU energy scenario is identical with the TAR20.

Figure 5: Efficiency plots based on the four scenarios



Similarly, under the Green scenario the distribution of efficiency is platykurtic. Figure 5 presents the efficiency estimates under the four scenarios for the three sectors under examination. When analysing the industry (subfigure 5a) we realise that the efficiency of the renewable energy policies adopted under the BAU and TAR 20 (same line) will decrease over the years. That is their ability to decrease GHG emissions over the examined period will be

weak. As a result this indicates that the commitments made by the Greek government especially for TAR20 and BAU will be not sufficient to tackle the increased GHG emissions. Under the TAR30 it appears that the EREP will increase after 2024, whereas only under the Green scenario the efficiency of the Greek policy scenarios will be efficient on reducing the projected GHG emissions.

Moreover, subfigure 5b represents the efficiency levels for the Greek transport sector. It appears that under the BAU and TAR20 the EREP will decrease over the examined period indicating that under these two scenarios the Greek government will not succeed on reducing efficiently the GHG emission in the sector of transport. Under the TAR30 the efficiency will increase after 2022 whereas under the Green scenario the efficiency will increase after 2015. In these lines and for the energy sector it appears that only the Green scenario the efficiency will increase. Under the BAU scenario the efficiency will decrease whereas under theTAR20 and TAR30 the efficiencies are in similar efficiency levels.

5. Concluding remarks

The paper analyses four long term renewable energy scenarios by using LEAP software for three Greek sectors. We present the energy consumption estimates from RES and the GHG emissions generated over the period of 1990-2030 for the sectors of industry, transport and energy. In a second stage analysis we use DEA methodology in order to evaluate the efficiency of renewable energy commitments on decreasing GHG emissions. The results reveal that the efficiency of renewable energy commitments set by the Greek government under the Law 3851/2010 will not be sufficient to decrease systematically the generated GHG emissions over the examined period. In order for the Greek government to have more significant results should increase the share of energy consumption produced from renewable resources at least up to 27% by 2020 this in turn will decrease significantly more the generated GHG emissions compared to the energy policies which are based on the original commitments set by the Law 3851/2010.

References

Banker R., Charnes A., and Cooper C. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, **30**, 1078-1092.

Bhattacharyya S.C. and Timilsina G.R. (2010). A review of energy system models. *International Journal of Energy Sector Management*, **4**, 494-518.

Carter T.R. (2007). General Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment (Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment (TGICA), Geneva.

Charnes A. and Cooper W. (1962). Programming with Linear Fractional Functionals. *Naval Research Logistics Quarterly*, **9**, 181-186.

Charnes A., Cooper W., and Rhodes E. (1978). Measuring the Efficiency of decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, **2**, 429-444.

Daraio C., Simar L. (2007). *Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis*. Springer Science, New York.

Fang C.Y., Hu J.L. and Lou T.K. (2013). Environment-adjusted total-factor energy efficiency of Taiwan's service sectors. *Energy Policy*, **63**, 1160-1168.

Giatrakos G.P., Tsoutsos T. D. and Zografakis N. (2009). Sustainable power planning for the island of Crete. *Energy policy*, 37, 1222-1238.

Halkos G., Galani G. and Tzeremes, P. (2014). An analysis of long-term scenarios for the transition to renewable energy in Greece. Proceeding of the 1st National Conference of Economics of Natural Resources and the Environment: Climate Change, 26-27 March. University of Thessaly, Department of Economics, Laboratory of Operations Research, Volos.

Heaps C., Erickson P., Kartha S. and Kemp-Benedict E. (2009). Europe's Share of the Climate Challenge. Domestic Actions and International Obligations to Protect the Planet. Stockholm Environment Institute.

Heaps C. (2002). Integrated Energy-environment Modelling and LEAP, SEI Boston and Tellus Institute, Boston, MA. Available at: http://www.energycommunity.org/default.asp?action=47.

Heaps C. (2008). An Introduction to LEAP. Available at: http://www.energycommunity.org/documents/LEAPIntro.pdf.

Honma S. and Hu J.L. (2013). Total-factor energy efficiency for sectors in Japan. *Energy Sources Part B*, **8**,130–136.

Koopmans T. C. (1951). An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. In: Koopmans TC (Ed), Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No. 13, Wiley, New York.

Kuosmanen T. and Kortelainen M. (2005). Measuring Eco-efficiency of Production with Data Envelopment Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, **9**, 59-72.

Law 3851/2010. Accelerating the development of Renewable Energy Sources to address climate change and other provisions relating to the jurisdiction of the Ministry of Environment, Energy and Climate Change. Government Gazette A 85, pp.1753-1780. Available at: http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=qtiW90JJLYs%3D&tabid=37.

Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2013). Annual Inventory Submission of Greece under the Convention and the Kyoto Protocol for Greenhouse and other gases for the years 1990-2011. Available at: http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=285&language=el-GR.

Moss R.H., Edmonds J.A., Hibbard K.A., Manning M.R., Rose S.K., van Vuuren, D.P, et al. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, **463**, 747-756.

Papagiannis G., Dagoumas A., Lettas N. and Dokopoulos P. (2008). Economic and environmental impacts from the implementation of an intelligent demand side management system at the European level. *Energy Policy*, **36**, 163-180.

Roinioti A., Koroneos C. and Wangensteen I. (2012). Modeling the Greek energy system: Scenarios of clean energy use and their implications. *Energy Policy*, **50**, 711-722.

Shepard R.W. (1970). *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton.

Silverman B.W. (1998). *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Chapman & Hall/CRC, London.

Wiseman J., Biggs C., Rickards L. and Taegen E. (2011). Scenarios for Climate Adaptation report. Available at: http://www.vcccar.org.au/files/vcccar/SPCA%20REPORT_FINAL_200711.pdf

Ενσωματώνοντας την ανεπιθύμητη εκροή στην συνολική αποδοτικότητα του ενεργειακού τομέα των οικονομικών συστημάτων των χωρών της ΕΕ-15

Χριστίνα Μπαμπάτσου[1], Δήμητρα Καΐκα[1], Δημήτριος Αστερίου[3], Ευθύμιος Ζέρβας[1,*]
[1]Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
*Σαχτούρη 11, 26 222, Πάτρα, *e-mail: zervas@eap.gr*
[2]Σχολή Κοινωνικών Επιστημών, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
Μπουμπουλίνας 57-59, 262 22, Πάτρα

Περίληψη
Στη παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (DEA), προκειμένου να προσδιοριστεί ο δείκτης της Συνολικής Αποδοτικότητας (Malmquist) των οικονομικών συστημάτων των χωρών της ΕΕ-15, με βάση την ενεργειακή κατανάλωση από το 1995 έως το 2011. Μέσω της μεθόδου DEA εφαρμόζεται ένα υπόδειγμα ανάλυσης εισροών για σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Ως εισροή χρησιμοποιείται ο δείκτης της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας σε κατά κεφαλήν όρους, ενώ ως εκροές χρησιμοποιούνται οι δείκτες του ΑΕΠ (επιθυμητή εκροή) και των εκπομπών CO_2 (ανεπιθύμητη εκροή) από την κατανάλωση ενέργειας σε κατά κεφαλήν όρους. Στη συνέχεια, ο δείκτης των μεταβολών της συνολικής αποδοτικότητα (TFPCH) επιμερίζεται στους δείκτες που αποτυπώνουν τις μεταβολές στην τεχνολογία παραγωγής (TECHCH) και στην τεχνική αποτελεσματικότητα (EFFCH), δείχνοντας εάν η βελτίωση της συνολικής αποδοτικότητας προέρχεται από τη βελτίωση της τεχνικής αποτελεσματικότητας ή είναι απόρροια της τεχνολογικής προόδου. Σε όρους της οικο-αποδοτικότητας, και συνδυάζοντας τις οικονομικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους που προκύπτουν από την έννοια της βιωσιμότητας, η διάσπαση του δείκτη TFPCH δείχνει κατά πόσο η συνολική ανάπτυξη της ΕΕ-15, ως ξεχωριστής μονάδας λήψης αποφάσεων (DMU), αλλά και κάθε μιας από τις επιμέρους χώρες της ΕΕ-15, είναι αποτέλεσμα εξοικονόμησης των ενεργειακών πόρων ή βελτίωσης της περιβαλλοντικής επίδοσης.

Λέξεις Κλειδιά: Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων**,** Δείκτης Συνολικής (Ολικής) Αποδοτικότητας, Ενεργειακή Κατανάλωση, Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα, Οικο-Αποδοτικότητα.

JEL Κωδικοί: O11, O57, Q01, Q43, R15.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, εντείνεται το ενδιαφέρον γύρω από τη προσπάθεια επίτευξης βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης με χαμηλότερα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας ορυκτών καυσίμων. Το αυξανόμενο μερίδιο των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της χώρας είναι αναγκαία, αλλά όχι ικανή, συνθήκη για τη βιωσιμότητα του οικονομικού συστήματος μιας χώρας με χαμηλότερα επίπεδα συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας, η οποία όμως δε δύναται να καλυφθεί μόνο από τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Για να διασφαλιστεί η ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών μιας χώρας είναι απαραίτητη η επίτευξη και διατήρηση υψηλών επιπέδων ενεργειακής αποδοτικότητας. Ως εκ τούτου, κρίνεται σκόπιμο να διερευνηθεί η εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας, προκειμένου να αναπτυχθεί ένα πιο αντιπροσωπευτικό μέτρο των παραγόντων που επηρεάζουν την

ενεργειακή αποτελεσματικότητα/ αποδοτικότητα για συγκεκριμένες εκροές της παραγωγικής διαδικασίας.

Ο δείκτης ολικής αποδοτικότητας (TFP) είναι ένα μέτρο της αποδοτικότητας της παραγωγής και ορίζεται ως ο λόγος του συνόλου των εκροών προς το σύνολο των εισροών (Fischer et al, 2009; Kitcher et al, 2013). Η ιδέα για τη δημιουργία του δείκτη ολικής αποδοτικότητας ανήκει στον Malmquist (1953) και, ως εκ τούτου, ο δείκτης που αποδίδει την αύξηση της ολικής αποδοτικότητας ονομάζεται δείκτης Malmquist. Ο δείκτης Malmquist αναπτύχθηκε σε ένα γενικό υπόδειγμα συνάρτησης παραγωγής από τους Caves et al (1982). Ο δείκτης Malmquist μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της μεταβολής της ολικής αποδοτικότητας (TFPCH) των μονάδων λήψης αποφάσεων (DMUs) μεταξύ δύο σημείων δεδομένων υπολογίζοντας το λόγο των αποστάσεων του κάθε σημείου σε σχέση με μια κοινή τεχνολογία.

Στις περιπτώσεις που υπάρχει διαθεσιμότητα δεδομένων πάνελ, ο δείκτης TFPCH βοηθά στο να εκτιμηθεί το κατά πόσο η αύξηση της αποδοτικότητας σε πολλαπλές χρονικές περιόδους είναι αποτέλεσμα των βελτιώσεων της τεχνικής αποτελεσματικότητας ή οφείλεται στην τεχνολογική πρόοδο. Ο δείκτης TFPCH καταφέρνει να επισημάνει τον τρόπο μετασχηματισμού των εισροών σε εκροές. Επιπλέον, η μεταβολή της αποδοτικότητας, η οποία μπορεί να οφείλεται στη διαφορετική σύνθεση του συνολικού ενεργειακού μείγματος με το χρόνο, αποτελεί ένα σημαντικό θέμα που πρέπει να εξεταστεί, καθώς προσδιορίζεται από τη συμβολή της τεχνολογικής καινοτομίας (Sarkis and Weinrach, 2001), από τη βελτίωση της παραγωγικότητας (Bevilacqua and Braglia, 2002) και από τη βέλτιστη κατανομή των πόρων (Kuo et al, 2010; Fukuyama eta al, 2013).

Η παρούσα μελέτη εφαρμόζει την μέθοδο DEA σε μακροοικονομικό επίπεδο, προκειμένου να διερευνήσει την απόδοση των οικονομικών συστημάτων των χωρών της ΕΕ-15 που βασίζεται στην ενεργειακή τους κατανάλωση για τη χρονική περίοδο από το 1995 έως το 2011. Εξετάζοντας ταυτόχρονα οικονομικά και περιβαλλοντικά ζητήματα καταφέρνουμε να προσεγγίσουμε την έννοια της οικονομικής και οικολογικής αποδοτικότητας, γνωστή και ως οικο-αποδοτικότητα. Ο δείκτης της οικο-αποδοτικότητας είναι ένα ποσοτικό μέτρο στην περίπτωση του διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο δεν τιμολογείται στις περισσότερες αγορές. Υπό αυτές τις συνθήκες, και λαμβάνοντας υπόψη τη παρουσία της ανεπιθύμητης εκροής στη σύνθεση του δείκτη Malmquist, μετράμε την αποδοτικότητα της ενεργειακής κατανάλωσης προκειμένου να αναλύσουμε τις διαχρονικές μεταβολές της ολικής αποδοτικότητας στα δυο συστατικά της στοιχεία, που αντιπροσωπεύουν από τη μια μεριά τις μεταβολές εξαιτίας της προόδου των φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών και από την άλλη τις μεταβολές εξαιτίας της αποδέσμευσης της οικονομικής ανάπτυξης από την ρύπανση (εκπομπές CO_2).

Στη σχετική βιβλιογραφία υπάρχουν εργασίες όπου προσδιορίζεται ο δείκτης Malmquist μέσω της μεθόδου DEA, παρουσία ανεπιθύμητων προϊόντων, προκειμένου να υπολογιστεί η αποδοτικότητα διαφορετικών μονάδων λήψης αποφάσεων (DMUs) με την πάροδο του χρόνου (Kortelainen, 2008). Ωστόσο, η έρευνα για την οικο-αποδοτικότητα σε όρους ενεργειακής αποτελεσματικότητας και επιδόσεων στα επίπεδα εκπομπών CO_2 εμφανίζεται πολύ περιορισμένη σε μικροοικονομικό επίπεδο (Pardo Martínez, 2013) και, από όσο γνωρίζουν οι συγγραφείς της παρούσας εργασίας, δεν υπάρχει αντίστοιχη μελέτη που να διαπραγματεύεται το ζήτημα της απώλειας και του κέρδους της ολικής αποδοτικότητας σε διαχρονική βάση σε μακροοικονομικό επίπεδο. Συνεπώς, η παρούσα εργασία στοχεύει στο να καλύψει αυτό το κενό και να βοηθήσει στην πιο αποτελεσματική αξιολόγηση από μέρους των DMUs, των διαφόρων οικονομικών/ενεργειακών πολιτικών που κατά καιρούς εφαρμόζονται.

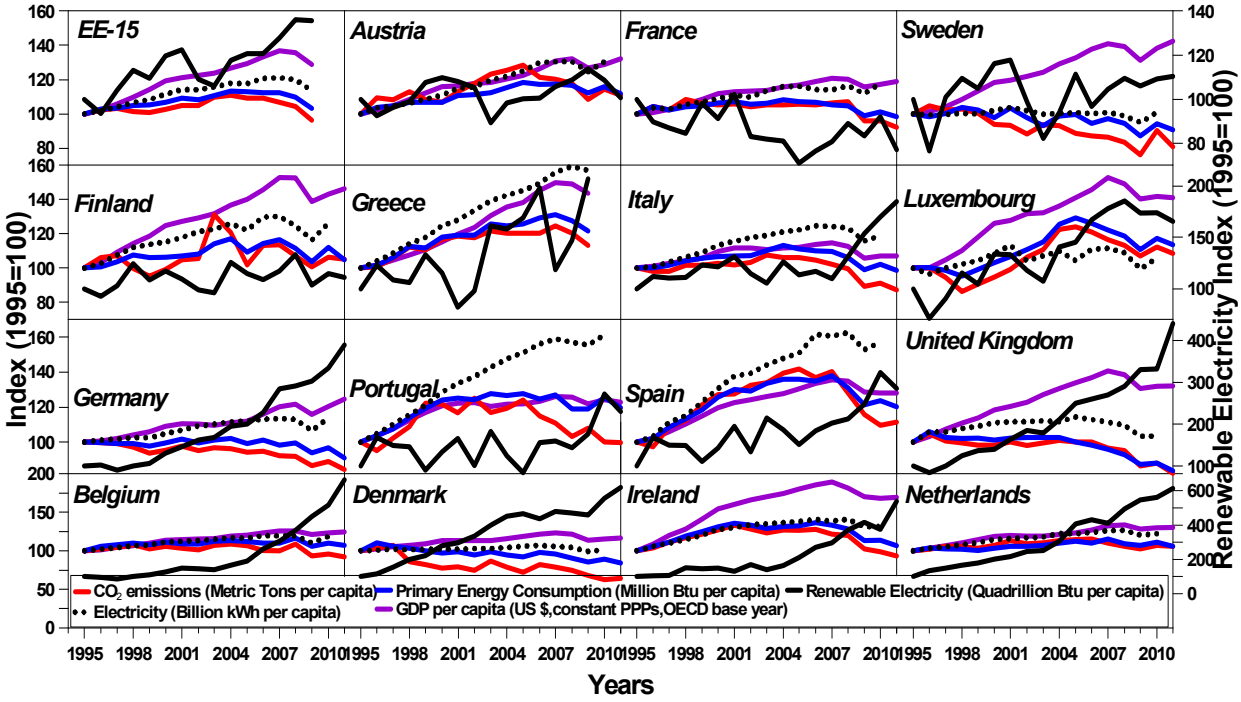
2. Δεδομένα και Μεθοδολογία

Για το προσδιορισμό του δείκτη Malmquist, τόσο η ΕΕ-15 ως σύνολο όσο και οι επιμέρους χώρες που την απαρτίζουν, λογίζονται ως ξεχωριστές DMUs, οπότε γίνεται λόγος για 16 DMUs. Οι εκτιμήσεις που γίνονται μέσω της μεθόδου DEA βασίζονται σε ένα υπόδειγμα εισροών για σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Ως εισροή χρησιμοποιείται ο δείκτης της Συνολικής Κατανάλωσης Πρωτογενούς Ενέργειας σε κατά κεφαλήν όρους, ενώ ως εκροές χρησιμοποιούνται οι δείκτες του κατά κεφαλήν ΑΕΠ (επιθυμητή εκροή) και των κατά κεφαλήν εκπομπών CO_2 (ανεπιθύμητη εκροή) από την κατανάλωση ενέργειας.

2.1. Πηγές Δεδομένων

Τα δεδομένα των χωρών της ΕΕ-15 που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση καλύπτουν τη περίοδο από το 1995 έως το 2011 και συνοψίζονται στο Γράφημα 1. Ο αριστερός κάθετος άξονας του Γραφήματος 1, παριστάνει τους δείκτες σε κατά κεφαλήν όρους των εκπομπών CO_2, της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, του ΑΕΠ και της καθαρής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ο δεξιός κάθετος άξονας του Γραφήματος 1 παριστάνει τον δείκτη της καθαρής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμους πόρους σε κατά κεφαλήν όρους.

Γράφημα 1: Σχετικές Εξελίξεις των εισροών και εκροών της ΕΕ-15 ως σύνολο και των επιμέρους χωρών που την απαρτίζουν. (*Source:* EIA. 2013; OECD, 2013).



Σύμφωνα με τους Shephard και Fare (1974), το γεγονός ότι οι επιθυμητές και ανεπιθύμητες εκροές παράγονται από κοινού δείχνει ότι η παραγωγή των επιθυμητών εκροών δεν είναι δυνατή χωρίς την παραγωγή ανεπιθύμητων εκροών. Στα πλαίσια της τρέχουσας εφαρμογής που εντάσσεται στις εναλλακτικές εφαρμογές της μεθόδου DEA που αναπτύχθηκαν σταδιακά πάνω σε θέματα μακροοικονομικού ενδιαφέροντος (Golany and Thore, 1997; Ramanathan, 2006), το ΑΕΠ και οι εκπομπές CO_2 δεν είναι οι εκροές που προκύπτουν αποκλειστικά και μόνο από την κατανάλωση ενέργειας ορυκτών και μη ορυκτών καυσίμων, αλλά οι αντιπροσωπευτικές εκροές και εισροές που σχετίζονται με τον προσδιορισμό του δείκτη αποδοτικότητας Malmquist μέσω της μεθόδου DEA.

2.2. Το Υπόδειγμα

Σύμφωνα με τους Fare et al (1994), ο δείκτης Malmquist, που αποδίδει τις μεταβολές της ολικής αποδοτικότητας για ένα υπόδειγμα εισροών, αποτυπώνεται στη σχέση (1):

$$M_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = \left[\frac{D_I^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_I^t(y^t, x^t)} \times \frac{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_I^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2} \quad (1)$$

Όπου *I*, υποδηλώνει ότι πρόκειται για ένα υπόδειγμα ελαχιστοποίησης εισροών, το *y* υποδηλώνει την εκροή, το *x* υποδηλώνει την εισροή, το *M* υποδηλώνει την αποδοτικότητα του πιο πρόσφατου σημείου παραγωγής σε σχέση με το προγενέστερο σημείο παραγωγής και το *D* υποδηλώνει τη συνάρτηση απόστασης εισροής.

Ο πρώτος λόγος μέσα στις αγκύλες, αντιπροσωπεύει τον δείκτη Malmquist για την περίοδο *t*. Υποδεικνύει το προγενέστερο σημείο παραγωγής (x^t, y^t), χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της περιόδου *t*. Μετρά τη μεταβολή της αποδοτικότητας από την περίοδο *t* έως τη περίοδο *t+1* χρησιμοποιώντας ως σημείο αναφοράς το επίπεδο τεχνολογίας της περιόδου *t*. Σε αυτή τη περίπτωση όπου ο δείκτης ολικής αποδοτικότητας Malmquist βασίζεται στην τεχνολογία της περιόδου *t*, το αποτέλεσμα είναι:

$$M_I^t = \frac{D_I^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_I^t(y^t, x^t)} \quad (2)$$

Ο δεύτερος λόγος μέσα στις αγκύλες, αντιπροσωπεύει τον δείκτη Malmquist για την περίοδο *t+1*. Υποδεικνύει το πιο πρόσφατο σημείο παραγωγής (x^{t+1}, y^{t+1}) χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της περιόδου *t+1*. Μετρά τη μεταβολή της αποδοτικότητας από την περίοδο *t* έως τη περίοδο *t+1* χρησιμοποιώντας ως σημείο αναφοράς το επίπεδο τεχνολογίας της περιόδου *t+1*. Σε αυτή τη περίπτωση όπου ο δείκτης ολικής αποδοτικότητας Malmquist βασίζεται στην τεχνολογία της περιόδου *t+1*, το αποτέλεσμα θα είναι:

$$M_I^{t+1} = \frac{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_I^{t+1}(y^t, x^t)} \quad (3)$$

Ο δείκτης ολικής αποδοτικότητας Malmquist μπορεί ισοδύναμα να αποδοθεί και με τον τρόπο που υποδεικνύει η σχέση (4):

$$M_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = \frac{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_I^t(y^t, x^t)} \left[\frac{D_I^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \times \frac{D_I^t(y^t, x^t)}{D_I^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2} \quad (4)$$

ή

$$M_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = \underbrace{\frac{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_I^t(y^t, x^t)}}_{\text{EFFC}} \underbrace{\left[\frac{D_I^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \times \frac{D_I^t(y^t, x^t)}{D_I^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2}}_{\text{TECHC}} \quad (5)$$

Στην εξίσωση 5, ο δείκτης ολικής αποδοτικότητας Malmquist είναι προϊόν της μεταβολής που συντελείται στην τεχνική αποτελεσματικότητα (EFFCH) κατά την ίδια χρονική περίοδο και αποτελεί μέτρο της τεχνολογικής προόδου (TECHCH), όπως αυτή αποτυπώνεται από τις μετακινήσεις των συνόρων τις περιόδους *t + 1* και *t*.

Οι τιμές του δείκτη Malmquist και των συνιστωσών του μπορούν να είναι μεγαλύτερες, ίσες ή μικρότερες της μονάδας. Εάν ο δείκτης Malmquist μεταξύ των χρονικών

περιόδων *t* και *t+1* είναι μεγαλύτερος από 1, τότε η αποδοτικότητα του ενεργειακού τομέα

των οικονομικών συστημάτων βελτιώνεται. Εάν ο δείκτης Malmquist είναι ίσος με 1, τότε η αποδοτικότητα του ενεργειακού τομέα των οικονομικών συστημάτων παραμένει αμετάβλητη, και εάν ο δείκτης Malmquist είναι μικρότερος από 1, τότε η αποδοτικότητα του ενεργειακού τομέα των οικονομικών συστημάτων μειώνεται.

Η δεύτερη συνιστώσα (TECHCH) συλλαμβάνει την μεταβολή στην τεχνολογία παραγωγής ως μετατόπιση του εμπειρικού συνόρου παραγωγής μεταξύ των περιόδων *t* και *t+1*, γεγονός που υποδεικνύει τη στροφή της DMU στην τεχνολογία παραγωγής.

Για τον προσδιορισμό της αποδοτικότητας στην περίπτωση που παράγονται τόσο επιθυμητές όσο και ανεπιθύμητες εκροές εξετάζεται η από κοινού παραγωγή τους, καθώς η παραγωγή των επιθυμητών εκροών είναι δυνατή μόνο στη περίπτωση που αυτή συνοδεύεται από την ταυτόχρονη παραγωγή των ανεπιθύμητων εκροών. Οι Fixler και Ziechang (1992) ανέπτυξαν, μέσω ενός υποδείγματος εισροών, τον δείκτη ολικής αποδοτικότητας Malmquist που ενσωματώνει και την παράμετρο των εκπομπών, όπως αποτυπώνεται στην εξίσωση (6), που προκύπτει από την εξίσωση (5) και επιπλέον ενσωματώνει το διάνυσμα *a*:

$$M_{\alpha}^{Fixler}(x^{t+1},y^{t+1},\alpha^{t+1},x^{t},y^{t},\alpha^{t})=\left[\frac{D^{t}(x^{t},y^{t},\alpha^{t})}{D^{t}(x^{t+1},y^{t+1},\alpha^{t+1})}\times\frac{D^{t+1}(x^{t},y^{t},\alpha^{t})}{D^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1},\alpha^{t+1})}\right]^{1/2} \quad (6)$$

Στην πραγματικότητα, ο ορισμός που δίνουν οι Fare et al (1995) για τον δείκτη Malmquist δεν απέχει από αυτόν που είχαν διατυπώσει οι Fixler και Ziechang (1992). Οι Fare et al (1995) προτείνουν έναν νέο δείκτη Malmquist που ενσωματώνει και τα μη εμπορεύσιμα χαρακτηριστικά της παραγωγής. Το υπόδειγμα που ακολουθεί, και στο οποίο ενσωματώνεται η ανεπιθύμητη εκροή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για τη μέτρηση της αποδοτικότητας μιας περιόδου όσο και για τον υπολογισμό της συνάρτησης απόστασης.

$$M_{\alpha}^{Fare}(x^{t+1},y^{t+1},\alpha^{t+1},x^{t},y^{t},\alpha^{t})=\left[\frac{D^{t}(x^{t+1},y^{t+1},\alpha^{t+1})}{D^{t}(x^{t},y^{t},\alpha^{t})}\times\frac{D^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1},\alpha^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t},y^{t},\alpha^{t})}\right]^{1/2} \quad (7)$$

Με την ίδια λογική με αυτήν που περιγράφεται στην εξίσωση (5), η εξίσωση (7) μπορεί να διασπαστεί σε δυο συνιστώσες ως ακολούθως:

$$M_{\alpha}^{Fare}=\underbrace{\frac{D^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1},\alpha^{t+1})}{D^{t}(x^{t},y^{t},\alpha^{t})}}_{\text{EFFCH}_{\alpha}}\underbrace{\left[\frac{D^{t}(x^{t+1},y^{t+1},\alpha^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1},\alpha^{t+1})}\times\frac{D^{t}(x^{t},y^{t},\alpha^{t})}{D^{t+1}(x^{t},y^{t},\alpha^{t})}\right]^{1/2}}_{\text{TECHCH}_{\alpha}} \quad (8)$$

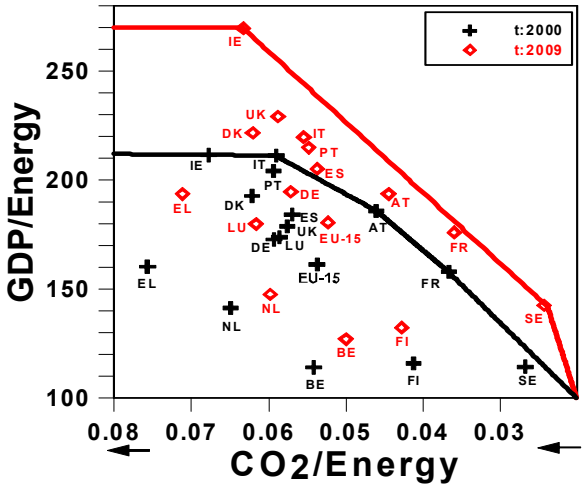
Εάν EFFCH>TECHCH, τότε η αύξηση της αποδοτικότητας είναι κατά κύριο λόγο αποτέλεσμα των βελτιώσεων στην τεχνική αποτελεσματικότητα, ενώ εάν EFFCH<TECHCH, τότε η αύξηση της αποδοτικότητας είναι κατά κύριο λόγο αποτέλεσμα της τεχνολογικής προόδου (Charnes et al, 1993).

3. Εμπειρικά Αποτελέσματα

Η έννοια της οικονομικής και οικολογικής αποδοτικότητας, ευρέως γνωστή και ως οικο-αποδοτικότητα, φέρνει στο επίκεντρο οικονομικά και περιβαλλοντικά ζητήματα. Η έννοια αυτή εμφανίστηκε στη δεκαετία του ενενήντα και απορρέει από τον ορισμό της βιώσιμης ανάπτυξης. Ο ΟΟΣΑ ορίζει την οικο-αποδοτικότητα ως "την αποτελεσματικότητα με την οποία χρησιμοποιούνται οι οικολογικοί πόροι προκειμένου να καλύψουν τις ανθρώπινες ανάγκες" (OECD, 1998). Σύμφωνα με το περιεχόμενο της έννοιας της οικο-αποδοτικότητας είναι δυνατόν να παραχθούν περισσότερα αγαθά και υπηρεσίες με λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον και λιγότερη κατανάλωση φυσικών πόρων. Το συγκεκριμένο

σκεπτικό μπορεί να αποτυπωθεί και διαγραμματικά μέσω της καμπύλης παραγωγικών δυνατοτήτων του Γραφήματος 2.

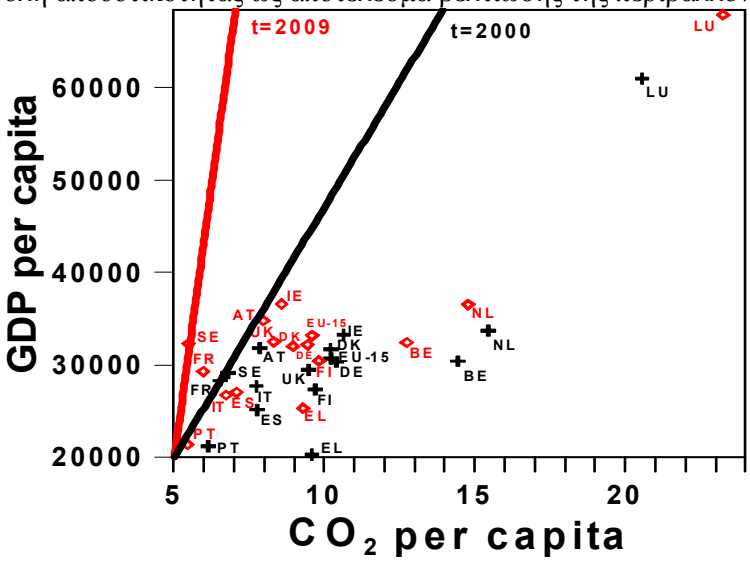
Γράφημα 2: Μεταβολή της αποδοτικότητας ως αποτέλεσμα της εξοικονόμησης εισροών. ***FR:*** *Γαλλία,* ***DE:*** *Γερμανία,* ***IE:*** *Ιρλανδία,* ***LU:*** *Λουξεμβούργο,* ***NL:*** *Ολλανδία,* ***SE:*** *Σουηδία,* ***UK:*** *Ηνωμένο Βασίλειο,* ***AT:*** *Αυστρία,* ***BE:*** *Βέλγιο,* ***DK:*** *Δανία,* ***FI:*** *Φινλανδία,* ***EL:*** *Ελλάδα,* ***IT:*** *Ιταλία,* ***PT:*** *Πορτογαλία,* ***ES:*** *Ισπανία.*



Με τη βοήθεια του Γραφήματος 2 αποτυπώνονται οι αποστάσεις των μη αποδοτικών DMUs (π.χ. Ελλάδα 2000/2009, Ολλανδία 2000/2009, Βέλγιο 2000/2009) από το σύνορο αποδοτικότητας και πιο συγκεκριμένα από τις DMUs που βρίσκονται πάνω στο σύνορο και λειτουργούν ως οριοθέτες για τις υπόλοιπες καθώς παρουσιάζουν τις καλύτερες πρακτικές με διαφορετικά μείγματα παραγωγής. Οι DMUs με τις καλύτερες πρακτικές (Ιρλανδία 2000, Ιταλία 2000, Αυστρία 2000, Γαλλία 2000, Ιρλανδία 2009 και Σουηδία 2009) εμφανίζονται εξίσου ελκυστικές για την αναποτελεσματική DMU που έχει ευελιξία κινήσεων και την ευχέρεια να επιλέξει την κατεύθυνση βελτίωσης προς μια DMU-οριοθέτη η οποία θα μεγιστοποιήσει την αποτελεσματικότητά της.

Την έως τώρα ανάλυση έρχεται να ενισχύσει το Γράφημα 3 από το οποίο παίρνουμε τα σύνορα αποδοτικότητας συνδέοντας την αρχή με το πιο απομακρυσμένο προς τα αριστερά σημείο. Στην περίπτωση της Γαλλίας το 2009, η παραγωγή λαμβάνει χώρα εκτός του συνόλου της εφικτής παραγωγής στη χρονική περίοδο t, γεγονός που υποδεικνύει την εμφάνιση της τεχνολογικής προόδου.

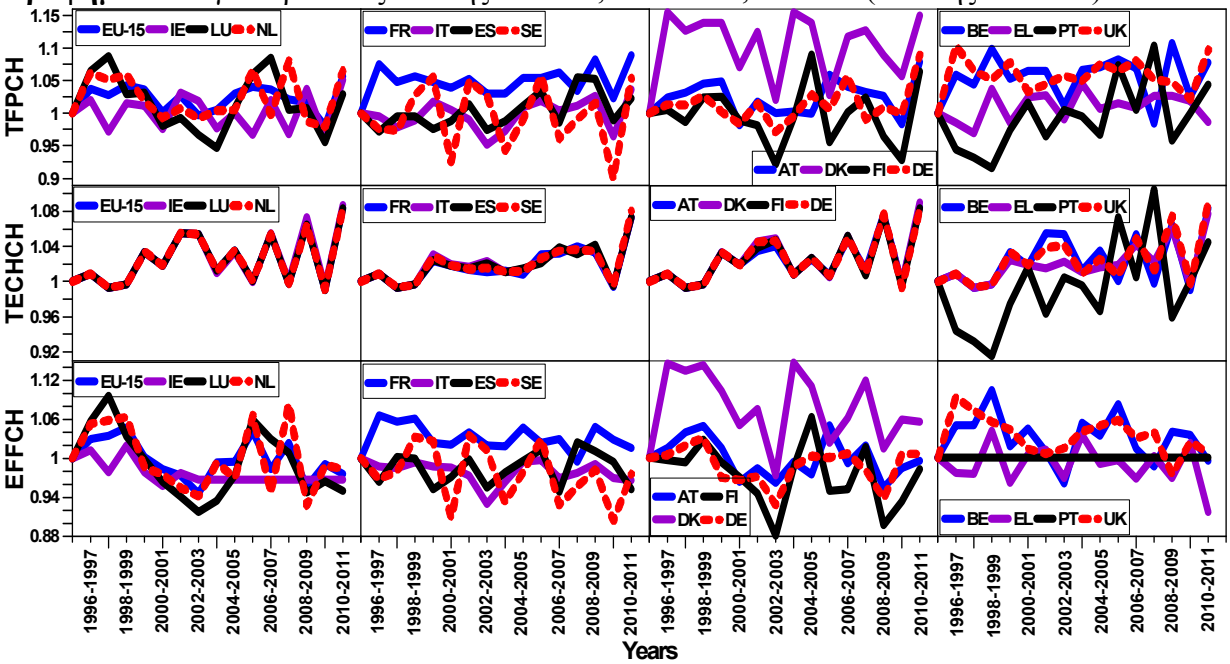
Γράφημα 3: Μεταβολή αποδοτικότητας ως αποτέλεσμα βελτίωσης της περιβαλλοντικής επίδοσης.



Στο Γράφημα 2, η μετατόπιση της καμπύλης παραγωγικών δυνατοτήτων προς τα πάνω, είναι αποτέλεσμα της τεχνολογικής προόδου. Όπως προκύπτει από το Γράφημα 3, το σύνορο μετατοπίζεται προς τα αριστερά, γεγονός που επισημαίνει την ύπαρξη τεχνολογικής προόδου για το χρονικό διάστημα από το 2000 έως το 2009, όπως στη περίπτωση της Σουηδίας. Στην περίπτωση που απουσιάζει η τεχνολογική πρόοδος από μια DMU, τότε υπάρχει το ενδεχόμενο είτε της σημαντικής απομάκρυνσης της DMU από τις μονάδες καλύτερης πρακτικής. (π.χ. Ελλάδα, Βέλγιο, Ολλανδία) είτε της ταυτόχρονης αύξησης (Λουξεμβούργο, Φινλανδία) ή μείωσης (Ιταλία) της παραγωγής του ΑΕΠ και των εκπομπών CO_2 (Γράφημα 3).

Παρά τις πληροφορίες που παίρνουμε από τα Γραφήματα 2 και 3, εξακολουθεί να παραμένει ασαφές το εάν η κινητήρια δύναμη των μεταβολών της ολικής αποδοτικότητας των DMUs είναι αποτέλεσμα της αποδέσμευσης της οικονομικής ανάπτυξης από την ρύπανση (εκπομπές CO_2) ή οφείλεται στην πρόοδο των φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών. Η απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα προϋποθέτει τον προσδιορισμό των μεταβολών των δεικτών Malmquist (TFPCH), EFFCH και TECHCH όπως απεικονίζονται στο Γράφημα 4.

Γράφημα 4: Συγκεντρωτικός δείκτης TFPCH, TECHCH, EFFCH (Δείκτης: 1995=1).



Το Γράφημα 4 απεικονίζει τη φύση της συνολικής μεταβολής (οφέλη ή απώλειες) της αποδοτικότητας που διαμορφώνει τον δείκτη Malmquist. Λεπτομερείς παρατηρήσεις του Γραφήματος 4 περιλαμβάνονται στον Πίνακα 1 που κατασκευάζεται σταδιακά έως ότου εξαχθούν τα τελικά αποτελέσματα. Το πρώτο βήμα είναι ο προσδιορισμός της διαφοράς μεταξύ των δεικτών TECHCH και EFFCH. Το δεύτερο βήμα είναι να διαπιστωθεί εάν ο δείκτης ολικής αποδοτικότητας Malmquist μεταξύ δύο περιόδων *t* και *t+1* είναι μεγαλύτερος από 1, ίσος με 1, ή παραμένει αμετάβλητος. Από τον συνδυασμό της γνώσης που απορρέει από τα δυο προηγούμενα βήματα εξάγονται τα τελικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

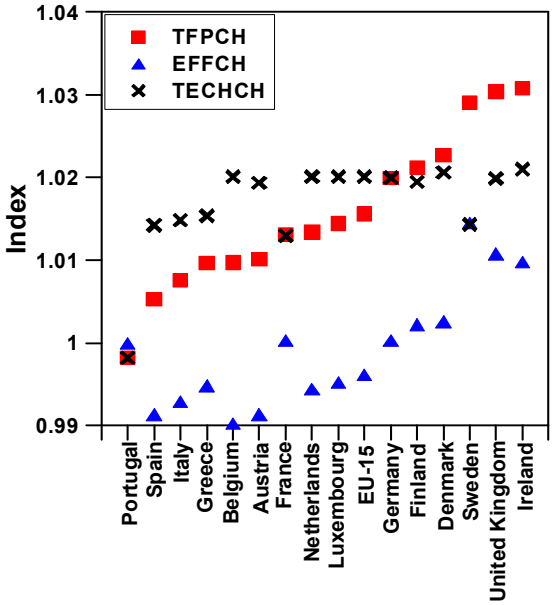
Το Γράφημα 5 αποδίδει διαγραμματικά τους μέσους ρυθμούς μεταβολής του δείκτη Malmquist (TFPCH) και των συνιστωσών του (EFFCH, TECHCH) για τις χώρες της ΕΕ-15. Οι μεγαλύτερες αυξήσεις στις μέσες τιμές του δείκτη TFPCH παρατηρούνται στην Ιρλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο και τη Σουηδία, ενώ οι μικρότερες στην Πορτογαλία, την Ισπανία και την Ιταλία.

Πίνακας 1: Κέρδη αποδοτικότητας ως αποτέλεσμα βελτίωσης της αποτελεσματικότητας και της τεχνολογικής προόδου και απώλειες αποδοτικότητας

t	EU-15	IE	LU	NL	FR	IT	ES	SE	AT	DK	FI	DE	BE	EL	PT	UK
1995-1996	Έτος Βάσης															
1996-1997	EFF	EFF	EFF	EFF	EFF	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	EFF	EFF	TECH	TECH	EFF	$TECH^{L}$	EFF^{L}	EFF
1997-1998	EFF	$TECH^{L}$	EFF	EFF	EFF	$TECH^{L}$	EFF^{L}	$TECH^{L}$	EFF	EFF	EFF^{L}=$TECH^{L}$	EFF	EFF	$TECH^{L}$	EFF^{L}	EFF
1998-1999	EFF	EFF	EFF	EFF	EFF	$TECH^{L}$	EFF^{L}	EFF	EFF	EFF	EFF	EFF	EFF	EFF	EFF^{L}	EFF
1999-2000	TECH	TECH	TECH	TECH	EFF=TECH	TECH	$TECH^{L}$	TECH	TECH	EFF	TECH	TECH	TECH	$TECH^{L}$	EFF^{L}	EFF
2000-2001	TECH	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	EFF	TECH	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	EFF	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	EFF	TECH	TECH	TECH
2001-2002	TECH	TECH	$TECH^{L}$	TECH	EFF	$TECH^{L}$	TECH	EFF	TECH	EFF	$TECH^{L}$	TECH	TECH	TECH	EFF^{L}	TECH
2002-2003	$TECH^{L}$	TECH	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	EFF	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	TECH	TECH	TECH	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	TECH	$TECH^{L}$	TECH	TECH
2003-2004	TECH	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	TECH	EFF	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	TECH	EFF	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	EFF	EFF	EFF^{L}	EFF
2004-2005	TECH	TECH	TECH	TECH	EFF	TECH	TECH	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	EFF	EFF	TECH	TECH	TECH	EFF^{L}	EFF
2005-2006	EFF	$TECH^{L}$	EFF	EFF	TECH	TECH	TECH	EFF	EFF	EFF	$TECH^{L}$	TECH	EFF	TECH	TECH	EFF
2006-2007	TECH	TECH	TECH	$TECH^{L}$	TECH	TECH	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	TECH	EFF	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH
2007-2008	EFF	$TECH^{L}$	EFF	EFF	TECH	TECH	TECH	$TECH^{L}$	EFF	EFF	EFF	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	TECH	TECH	EFF
2008-2009	TECH	TECH	TECH	$TECH^{L}$	EFF	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH	$TECH^{L}$	TECH	TECH	TECH	EFF^{L}	TECH
2009-2010	EFF^{L}= $TECH^{L}$	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	EFF	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	$TECH^{L}$	EFF	$TECH^{L}$	EFF^{L}	EFF	EFF	EFF=TECH	EFF
2010-2011	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH	TECH	$TECH^{L}$	TECH	TECH

EFF: Κέρδη αποδοτικότητας ως αποτέλεσμα βελτίωσης της αποτελεσματικότητας, TECH: Κέρδη αποδοτικότητας ως αποτέλεσμα της τεχνολογικής προόδου, EFF^{L}: Βελτίωση στην αποτελεσματικότητα αλλά απώλεια αποδοτικότητας, $TECH^{L}$: Τεχνολογική πρόοδος αλλά απώλεια αποδοτικότητας, EFF=TECH: Ισότητα μεταξύ μεταβολής στην αποτελεσματικότητα και τεχνολογικής μεταβολής στην περίπτωση όπου υφίστανται κέρδη αποδοτικότητας, EFF^{L}=$TECH^{L}$: Ισότητα μεταξύ μεταβολής στην αποτελεσματικότητα και τεχνολογικής μεταβολής στην περίπτωση όπου υφίστανται απώλειες αποδοτικότητας.

Γράφημα 5: Μέσος δείκτης TFPCH, EFFCH, TECHCH. Οι χώρες είναι ταξινομημένες κατά αύξουσα σειρά με βάση τον δείκτη TFPCH.



Η ανάλυση των μεταβολών της οικο-αποδοτικότητας (EFFCH) δείχνει ότι η μέση μεταβολή της οικο-αποδοτικότητας είναι θετική (μεγαλύτερη από 1) για 7 από τις συνολικά 16 DMUs. Αυτές είναι η Σουηδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ιρλανδία, η Δανία, η Φινλανδία, η Γερμανία και η Γαλλία. Από τις εν λόγω χώρες, η Σουηδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ιρλανδία και η Δανία σημειώνουν τις υψηλότερες μέσες τιμές στον δείκτη EFFCH για την περίοδο 1995-2011.

Ωστόσο, η συνιστώσα που συμβάλλει περισσότερο στα κέρδη αποδοτικότητας (TFPCH) είναι η μέση τεχνολογική μεταβολή (Γράφημα 5). Από το Γράφημα 5 προκύπτει πως εάν η μέση ετήσια αύξηση του δείκτη EFFCH είναι μεγαλύτερη από τη μονάδα και χαμηλότερη από τη μέση ετήσια αύξηση του δείκτη TECHCH, τότε τα κέρδη αποδοτικότητας (TFPCH), που κατά κύριο λόγο είναι αποτέλεσμα της τεχνολογικής προόδου, λαμβάνουν τις υψηλότερες τιμές (Ιρλανδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Σουηδία, Δανία, Φινλανδία, Γερμανία). Στην περίπτωση της Σουηδίας, η μέση ετήσια αύξηση του δείκτη EFFCH (1.45%) είναι σχεδόν ίση με την μέση ετήσια αύξηση του δείκτη TECHCH (1.44%).

Από την άλλη πλευρά, εάν η μέση ετήσια αύξηση του δείκτη EFFCH είναι μικρότερη από τη μονάδα και χαμηλότερη από τη μέση ετήσια αύξηση του δείκτη TECHCH, που λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες από τη μονάδα, τότε τα κέρδη αποδοτικότητας (TFPCH), που κατά κύριο λόγο είναι αποτέλεσμα της τεχνολογικής προόδου, λαμβάνουν τις χαμηλότερες τιμές (ΕΕ-15, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Γαλλία, Αυστρία, Βέλγιο, Ελλάδα, Ιταλία και Ισπανία). Στην περίπτωση της Γαλλίας, η μέση ετήσια αύξηση του δείκτη EFFCH είναι θετική (μεγαλύτερη από 1) με μέση αύξηση της τάξης του 0.03% (Γράφημα 5).

4. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία εφαρμόζει, μέσω της μεθόδου DEA, ένα υπόδειγμα ανάλυσης εισροών για σταθερές αποδόσεις κλίμακας, ενσωματώνοντας σε έναν περιεκτικό δείκτη ολικής αποδοτικότητας (Malmquist) τόσο παραγωγικούς όσο και περιβαλλοντικούς παράγοντες, με απώτερο σκοπό την αξιολόγηση της ολικής αποδοτικότητας των DMUs.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελεστεί κατά τη χρονική περίοδο 1995-2011 είναι, για την πλειοψηφία των DMUs του δείγματος, ο σημαντικότερος παράγοντας για την ταυτόχρονη αύξηση της επιθυμητής εκροής και μείωση της ανεπιθύμητης εκροής. Σε περίπτωση που δεν υφίσταται τεχνολογική πρόοδος για κάποια DMU, τότε υπάρχει το ενδεχόμενο είτε της σημαντικής απομάκρυνσης της συγκεκριμένης DMU από τις μονάδες καλύτερης πρακτικής. (π.χ. Ελλάδα, Βέλγιο, Ολλανδία) είτε της ταυτόχρονης αύξησης (Λουξεμβούργο, Φινλανδία) ή μείωσης (Ιταλία) της παραγωγής του ΑΕΠ και των εκπομπών CO_2.

Όπως προκύπτει από την ανάλυση, τα υψηλότερα κέρδη αποδοτικότητας (TFPCH) μπορούν να επιτευχθούν στην περίπτωση που η μέση ετήσια αύξηση του δείκτη EFFCH είναι μεγαλύτερη από τη μονάδα και μικρότερη από τη μέση ετήσια αύξηση του δείκτη TECHCH. Από την άλλη πλευρά, τα χαμηλότερα κέρδη αποδοτικότητας (TFPCH), σημειώνονται στις περιπτώσεις που η μέση ετήσια αύξηση του δείκτη EFFCH είναι μικρότερη από τη μονάδα και χαμηλότερη από τη μέση ετήσια αύξηση του δείκτη TECHCH.

Η παρούσα εργασία αποτυπώνει τα διαφορετικά αίτια που προκαλούν σε μια DMU απώλεια ή κέρδος αποδοτικότητας από έτος σε έτος. Ποσοτικοποιεί το μέγεθος της αναποτελεσματικότητας των DMUs που βρίσκονται κάτω του συνόρου αποδοτικότητας, μέσω των δεικτών EFFCH, TECHCH και TFPCH. Μια τέτοια προσέγγιση αποσκοπεί στην ενθάρρυνση των αναποτελεσματικών DMUs να συγκρίνουν τις επιδόσεις τους με αυτές των αποτελεσματικών DMUs που λειτουργούν ως οριοθέτες, και έτσι να επιτύχουν πρόοδο και βελτιώσεις.

Βιβλιογραφία

Bevilacqua M. and Braglia M. (2002). Environmental efficiency analysis for ENI oil refineries, Journal of Cleaner Production, 10 (1), 85–92.

Caves D.W, Christensen L.R. and Diewert W.E. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity, Econometrica, 5, 1393-1414.

Charnes A, Cooper W.W, Lewin A.Y. and Seiford L.M. (1993). Data Envelopment Analysis: Theory, methodology, and application, Kluwer Academic Publishers Boston.

Fare R, Grosskopf S, Lovell C.A.K. (1994). Production Frontiers, Cambridge University Press, Cambridge.

Fare R, Grosskopf S. and Roos P. (1995). Productivity and Quality Changes in Swedish Pharmacies, International Journal of Production Economics, 39, 137-147.

Fischer M. M, Scherngell T. and Reismann M. (2009). Knowledge spillovers and total factor productivity: evidence using a spatial panel datamodel, Geographical Analysis, 41(2), 204– 220.

Fixler D. and Zieschang K. (1992). Incorporating Ancillary Measures of Process and Quality Change into a Superlative Productivity Index, The Journal of Productivity Analysis, 2, 245-267.

Fukuyama H, Masaki H, Sekitani K. and Shi J. (2013). Distance optimization approach to ratio-form efficiency measures in data envelopment analysis, Journal of Productivity Analysis, 1-12, http://dx.doi.org/10.1007/s11123-013-0366-7

Golany B and Thore S. (1997). The economic and social performance of nations: efficiency and returns to scale, Socio-Economic Planning Sciences, 31(3), 191-204.

International Energy Annual-Energy Information Administration (EIA). (2013). U.S. Department of Energy. Available from: http://www.eia.doe.gov/iea/contents.html, accessed on 6 October 2013.

Kitcher B, McCarthy I. P, Turner S. and Ridgway K. (2013). Understandinig the effects of outsourcing: unpacking the total factor productivity variable, Production Planning & Control, 24 (4-5), 308–317.

Kortelainen M. (2008). Dynamic environmental performance analysis: a Malmquist index approach, Ecological Economics, 64, 701–715.

Kuo R. J, Wang Y. C. and Tien F. C. (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection, Journal of Cleaner Production, 18(12), 1161–1170.

Malmquist S. (1953). Index numbers and indifference surfaces, Trabajos de Estadistica, 4, 209-242.

OECD. (1998). Organisation for Economic Co-operation and Development. Towards Sustainable Development. Environmental indicators, Organization for economic co-operation and development. France; 1998. p.298.

OECD. (2013). Organisation for Economic Co-operation and Development. Gross Domestic Product (GDP) in national currency, in current prices and constant prices (national base year, previous year prices and OECD base year i.e. 2005). Available from: http://stats.oecd.org/, accessed on 04 Oct 2013.

Pardo Martínez C.I. (2013). An analysis of eco-efficiency in energy use and CO2 emissions in the Swedish service industries, Journal Socio-Economic Planning Sciences, 47(2), 120-130.

Ramanathan R. (2006). A multi-factor efficiency perspective to the relationships among world GDP, energy consumption and carbon dioxide emissions, Technological Forecasting and Social Change, 73, 483-494.

Sarkis J. and Weinrach J. (2001). Using data envelopment analysis to evaluate environmentally conscious waste treatment technology, Journal of Cleaner Production, 9 (5), 417–427.

Shephard R. W and Fare R. (1974). The law of diminishing returns, Zeitschrift für Nationalökonomie, 34, 69–90.

Δυναμικά μοντέλα εισροών-εκροών σε περιβαλλοντικά προβλήματα. Μια υπολογιστική προσέγγιση σε CAS λογισμικά

Γεώργιος Χάλκος & Κυριακή Τσιλίκα
Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Κοραή 43, 38333 Βόλος
halkos@uth.gr ktsilika@uth.gr

Περίληψη
Η μελέτη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ της οικονομίας και του περιβάλλοντος υπήρξε πάντα ένα ενδιαφέρον θέμα. Εκτός από στατικά μοντέλα εισροών-εκροών, η περιβαλλοντικά διευρυμένη ανάλυση εισροών-εκροών έχει προτείνει και δυναμικά μοντέλα εισροών-εκροών. Η δυναμική προσέγγιση απαιτεί προχωρημένες μαθηματικές δεξιότητες, ειδικά σε περιπτώσεις όπου διερευνάται η σταθερότητα του συστήματος υπό μελέτη. Στην εργασία αυτή παραθέτουμε κάποια εφαρμοσμένα περιβαλλοντικά μοντέλα όπως αυτά διατυπώνονται μέσα από τη δυναμική ανάλυση εισροών-εκροών και προτείνουμε μια υπολογιστική προσέγγιση σε περιβάλλοντα συστημάτων υπολογιστικής άλγεβρας (CASs) που εξετάζει τον βαθμό και τη φύση της σταθερότητας τους. Οι υπολογιστικοί κώδικες που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται πλήρως και μπορούν να αναπαραχθούν εύκολα σε αντίστοιχα θέματα στην έρευνα και εκπαίδευση.

Λέξεις Κλειδιά: Ανάλυση εισροών-εκροών, περιβαλλοντικά μοντέλα εισροών-εκροών, υπολογιστικές μέθοδοι, συστήματα υπολογιστικής άλγεβρας.

JEL Κωδικοί: C60, C67, C88, Q50.

Dynamic input-output models in environmental problems: A computational approach with CAS software

George Halkos & Kyriaki Tsilika
Laboratory of Operations Research, Department of Economics, University of Thessaly, Volos

Abstract
The study of interactions between the economy and the environment has always been an interesting subject. Apart from static input-output models, environmentally extended input–output analysis has resulted in dynamic input–output models as well. The dynamic approach requires advanced mathematical skills especially in cases where the stability of the system under study is considered. In this paper we state some applied environmental models based on dynamic input-output analysis and we propose a computational approach in computer algebra system (CAS) environments that investigates the extent and the nature of their stability. The computer codes are fully presented and can be reproduced as they are in computational-based research practice and education.

Keywords: Input-output analysis; environmental input-output models; computational-based research; CAS software.

JEL Classification: C60; C67; C88; Q50.

1. Introduction

Input-output analysis is a useful tool in studying the interactions between the economy and the environment. Leontief proposed a theoretical model between the structure of the economy and the various interdependent sectors of the economy and the environmental effects of economic activity (in the form of CO_2 emissions). Many different input-output models are specified in order to study the interrelations between economic activities and their impacts on the environment, pollution and natural resources use.

Dynamic input-output models as well as multi-regional models can be used to relate emissions and emissions reductions. A number of studies consider the relationship and the link of economic and environmental systems in input-output model formulation (e.g. fisheries and forests, or integrated input-output models with physical models of land use or hydrological flows). These studies make an effort to approach a combined model for specific material subsystems like materials' recycling or the by-products of one industrial unit used by another. In industrial ecology this process is referred to as "closing the loops" (Duchin and Steenge, 2007).

Input output models can represent pollution and ways of reducing pollution and assigning responsibility for it (Duchin and Steenge, 2007). As models become larger their dynamic behavior becomes more difficult and less straightforward. The property of asymptotic stability is key issue when studying the dynamic character of a system in the industrial ecology context. In economic terms the instability is explained by the fact that the outputs of the one period are the inputs for the next one (Duchin and Steenge, 2007).

The potential for computing environmental input-output models and predicting their dynamic behavior using CAS software is our methodological contribution to environmentally extended input–output applications. The study is organized as follows. Materials and Methods section introduces the concepts of stability and asymptotic convergence and sets the theoretical framework that ensures stability for simultaneous single, linear, constant coefficient difference equations. In addition, eigen-decomposition and asymptotic stability are discussed for multivariable economic models expressed in matrix form. In Results' section some applications are used to illustrate the computational performance of our codes for several selected dynamic models in matrix form, in two CAS environments; the main (commercial) computer algebra system *Mathematica* and the free computer algebra system Xcas. Finally, the last section concludes the study.

2. Literature Review

The input-output literature covers issues across a wide range of topics (e.g. growth, welfare, interdependence); policy issues (e.g. income distribution, employment, investments, migration, energy consumption, and the environment); analytical frameworks (e.g. static, comparative static, dynamic, structural, spatial, and open versus closed); units and levels of analysis (e.g. enterprises, industries, metropolitan areas, regions, multiple regions, single nations, groups of countries, and the world) (Arbex and Perobelli 2010).

A review concerning environmentally extended input–output analysis has been carried out by Shmelev (2009).

Pan and Kraines (2001) covered the issues of interaction between the development of the economy and the natural environment via a dynamic input-output model for pollutant abatement and a dynamic input-output model for resource recycling (see also section 4). Environmental input-output models for life cycle analysis has been also made by Hoekstra and Janssen (2006),

who proposed a dynamic input-output model for the emissions from products that cross national boundaries during its life cycle.

Dobos and Tallos (2013) used the standard dynamic Leontief model to study the interdependence of the economic activities and the associated flow of renewable resources.

Safonov (1996) in a basic dynamic multisectoral economy model dealt with the various dynamic interactions between the n sectors of an economy and the basic natural resources available in the region. The dynamics of natural resources are constrained to the (effects) of the economic uses as well as to the self- and artificial restoration. Empirical application of the proposed model was provided to environmental and economic development scenarios for Russia and Germany.

Similarly, the interdependence of the economic activities and the associated pollution emission was analyzed in a dynamic input-output model by Dobos and Floriska (2009). Idenburg and Wilting (2004) developed DIMITRI, a Dynamic Input-output Model to study the Impacts of Technology Related Innovations on sectoral production, the use of natural resources and emissions to the environment.

3. Materials and Methods

Stability conditions for systems of linear constant coefficient difference equations. Consider a system of linear constant coefficient first order difference equations in u_t:

$$u_{t+1} = Au_t \tag{1}$$

where u_t is a vector of date t economic variables and A is some square matrix. By extending the vector u_t and relabeling some lagged variables we can transform a higher order difference equation system into a first order difference equation (Chiang, 1984, p. 606). It turns out that the eigenvalues of A help determining whether an equilibrium exists. After t steps there are t multiplications of the transformation $A = PDP^{-1}$ and the solution of (1) is the solution of:

$$u_{t+1} = A^t u_1 = PD^t P^{-1} u_1 \tag{2}$$

where P is a matrix with columns the eigenvectors and characteristic vectors of the matrix A and D is the Jordan matrix of A verifying $D = P^{-1}AP$ (Strang, 1988, p.264).

The necessary stability conditions for the system (1) are:

$$\begin{aligned} &-n < trA < n \\ &-1 < |D| < 1 \end{aligned} \tag{3}$$

where trA is the trace of the coefficient matrix A and n is the number of variables.

4. Empirical Results

The models under study do not allow for changes over time in the coefficient matrices. In a further research we could investigate models with dynamic coefficients, i.e. cases where the matrices of the model could be changed in time.

Dobos and Floriska (2009) specified an environmental model in matrix form combining the dynamic input-output Leontief model with a system of inequalities for pollution emission:

$$\begin{aligned} &x_t = Ax_t + B(x_{t+1} - x_t) + c_t \\ &Ex_t \le e_t \end{aligned} \tag{4}$$

(x_t is the n-dimensional vector of gross industrial outputs, c_t is the n-dimensional vector of final consumption demand for economic commodities, A is the $n \times n$ matrix of conventional input coefficients, B is the $n \times n$ matrix of capital coefficients, E is the $m \times n$ matrix of pollution output coefficients of producing sectors, e_t is m-dimensional vector of environmental standards imposed).

Pan and Kraines (2001) proposed the quasi-dynamic environmental input-output model in matrix form for resource recycling (Y_t are the final demands, Z_t the stocks of recyclable resources, X_t^E the total outputs, $\hat{\beta} = diag\{\beta_1, \cdots, \beta_k\}$, β_i: annual conversion ratio from stock to flow of durable goods i and $\hat{G}_t = diag\{G_1, \cdots, G_m\}$, G_t the total recycled resources at year t), $\Gamma = \{\gamma_{ij}\}$, γ_{ij}: distribution coefficient of recycled resource i input to industry sector j:

$$\begin{aligned} X_t^E &= (I - A^E)^{-1} Y_t + (I - A^E)^{-1} E S_t \\ Z_t &= (I - \hat{\beta}) Z_{t-1} + \Omega X_t^E \\ G_t &= N \hat{\beta} Z_{t-1} \\ H_t &= \hat{G}_t \Gamma \end{aligned} \qquad (5)$$

The extent and the nature of the stability of environmental IO models can be investigated by our programmed CAS functions, which perform a series of symbolic computations in a black box mode. The computer codes for programmed functions stabilitytest2, steadystate, distributionk in Xcas and *Mathematica* have been presented analytically in (Halkos & Tsilika, 2012a,b). For illustration purposes, we will use the general model $u_{t+1} = Au_t$ in a numerical, a parametric and an environment-inspired application in Xcas and *Mathematica*.

Application 1: Let us assume $A = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.3 \\ 0.4 & 0.2 & 0.3 \\ 0.4 & 0.4 & 0.4 \end{pmatrix}$, $u_0 = \begin{pmatrix} 0 & 10 & 0 \end{pmatrix}$

Application 2: Let us assume $A = \begin{pmatrix} a & b \\ 1-a & 1-b \end{pmatrix}$, $u_0 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \end{pmatrix}$

In Xcas' environment, stabilitytest2 function returns «stable» for systems with equilibrium state(s) in case conditions (3) are satisfied and «unstable» for systems that have explosive behavior otherwise. steadystate function calculates the asymptotic state of the system in a column matrix form as it results by matrix equation (2) after t=100000 steps.
In Xcas, by writing
stabilitytest2([[0.2,0.4,0.3],[0.4,0.2,0.3],[0.4,0.4,0.4]])
we get the output:
"stable"

In Xcas, by writing
steadystate([[0.2,0.4,0.3],[0.4,0.2,0.3],[0.4,0.4,0.4]],[[0],[10],[0]])
we get the output:

$$\begin{bmatrix} 3.0 \\ 3.0 \\ 4.0 \end{bmatrix}$$

Figure 1: A screenshot of Xcas interface when solving application 1

```
stabilitytest2([[0.2,0.4,0.3],[0.4,0.2,0.3],[0.4,0.4,0.4]])
Low accuracy for Schur row 0 [2e-19,5e-18,2e-16]
                                    stable
steadystate([[0.2,0.4,0.3],[0.4,0.2,0.3],[0.4,0.4,0.4]],[[0],[10],[0]])
Low accuracy for Schur row 0 [2e-19,5e-18,2e-16]
                                    3.0
                                    3.0
                                    4.0
```

In *Mathematica*'s environment, steadystate function calculates the asymptotic behavior of the system in a column matrix form as it results by matrix equation (2). steadystate function in *Mathematica* provides greater calculative precision, since the asymptotic behavior of the system is estimated for t→∞. Generalizing previous output in Xcas, distributionk function calculates the system state in any step / time k, in a column matrix form. Computations in *Mathematica* are performed as shown in figures 2 and 3.

Figure 2: A screenshot of *Mathematica*'s interface for steadystate function

```
steadystate[{{0.2, 0.4, 0.3}, {0.4, 0.2, 0.3}, {0.4, 0.4, 0.4}}, {{0}, {10}, {0}}]
{{3.}, {3.}, {4.}}
```

Figure 3: A screenshot of *Mathematica*'s interface for distributionk function

```
distributionk[{{a, b}, {1 - a, 1 - b}}, {{1}, {1}}]
```

$$\begin{pmatrix} \frac{\left(-1+(a-b)^k\right) b}{-1+a-b} + \frac{(a-b)^k - a\,(a-b)^k + b}{1-a+b} \\ -\frac{(-1+a)\left(-1+(a-b)^k\right)}{-1+a-b} + \frac{1-a+(a-b)^k\, b}{1-a+b} \end{pmatrix}$$

Next, we will demonstrate our programmed functions in a case study proposed by Dobos and Floriska (2009).

Application 3: A hypothetical economy produces two goods and emits two pollutants. The current investments in one sector demand a number of goods to be produced in some specific time interval by other sectors. In the present application, this production will be added to the existing production capacity with a time lag of a single period. The invested products will increase the output of the producing sectors by a unit. In the equation of economic goods, the balance between the total output of goods of production and the sum of total input of goods of all activities of the economy and the consumed goods is described. The equation of goods in its closed form, which is with no exogenous final demand, is the following

$$x_t = Ax_t + B(x_{t+1} - x_t) \quad (6)$$

The matrices of input coefficients, capital coefficients are the following:

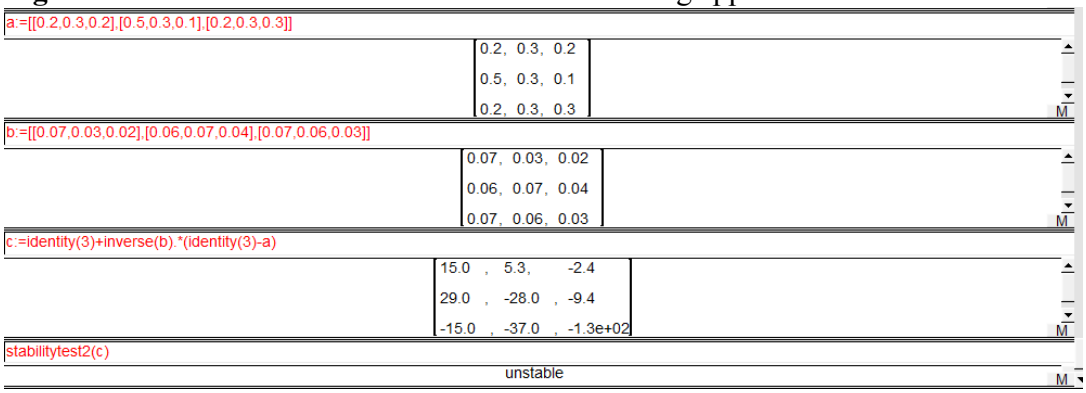
$$A = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.5 & 0.3 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0.07 & 0.03 & 0.02 \\ 0.06 & 0.07 & 0.04 \\ 0.07 & 0.06 & 0.03 \end{pmatrix}$$

Solving equation (6) for x_{t+1}, we result in

$$x_{t+1} = [I + B^{-1}(I - A)]x_t \quad (7)$$

The stability of the equation of economic goods (7) is checked in just one entry, by stabilitytest2 function:

Figure 4: A screenshot of Xcas interface when solving application 3



5. Conclusions

In this study, classic results from theory on eigenvalue problems in linear algebra were applied. We proposed several programmed functions, with potential applications to the generation of pollution and policies to combat it, capital investments in a dynamic context and in multi-regional IO models of the world economy. Our computational approach aims at prediction of dynamic behavior of nature-economy models in the environmental IO framework, formulated as simultaneous linear constant coefficient difference equations. Specifically, we examine whether they follow a convergent time path or not. In the case where convergence is assured, the asymptotic state of the system is given, taking into account its initial value.

References

Arbex M. and Perobelli F.S. (2010). Solow meets Leontief: Economic growth and energy consumption, Energy Economics, 32(1), 43–53.

Chiang A. (1984). Fundamental methods of mathematical economics, Third Edition, McGraw-Hill Book, Singapore.

Dobos I. and Floriska A. (2009). A Dynamic Leontief Pollution Model with Environmental Standards, Journal of Applied Input-Output Analysis, 15, 40-49.

Dobos I. and Tallos P. (2013). A Dynamic Input-Output Model with Renewable Resources, Central European Journal of Operations Research, 21(2), 295-305.

Duchin F., Steenge A.E. (2007). Mathematical Models in Input-Output Economics, Rensselaer Working paper in Economics. Available from:
http://www.economics.rpi.edu/workingpapers/rpi0703.pdf

Halkos G.E., Tsilika K.D. (2012a). Computational Techniques for Stability Analysis of a Class of Discrete Time Discrete State Dynamic Economic Models, American Journal of Applied Sciences 9(12), 1944-1952

Halkos G.E., Tsilika K.D. (2012b). Stability Analysis in Economic Dynamics: A Computational Approach. MPRA paper. Available from:
http://mpra.ub.uni-muenchen.de/41371/

Hiroyuki Tamura, Tsutomu Ishida (1985). Environmental-economic models for total emission control of regional environmental pollution — input-output approach, Ecological Modelling 30(3–4), 163-173.

Hoekstra R. and Janssen M.A. (2006). Environmental responsibility and policy in a two-country dynamic input-output model. Economic Systems Research 18(1), 61-84.

Idenburg A. M. and Wilting H. C. (2004). DIMITRI: a Dynamic Input-output Model to study the Impacts of Technology Related Innovations, In: Bergh JCJM van den, Janssen MA, eds. Economics of industrial ecology: materials, structural change and spatial scales. Cambridge: MIT Press, 223-52.

Pan X. and Kraines S. (2001). Environmental Input-Output Models for Life-Cycle Analysis, Environmental and Resource Economics, 20(1), 61-72.

Proops J. and Safonov P. (2004). Modeling in Ecological Economics, Edward Elgar Publishing, Northampton, Massachusetts.

Safonov P. (1996). Dynamic Ecology-Economy Interactions Modeling: Some Experience and Perspectives of Application in Russian and German Context, in Proceedings of the International Conference "Ecology, Society, Economy: in Pursuit of Sustainable Development", University of Versailles Saint-Quentin, France.. Available from:
http://www.ulb.ac.be/ceese/STAFF/safonov/ZEW.pdf

Shmelev S.E. (2009). Environmentally Extended Input–Output Analysis of the UK Economy: Key Sector Analysis, 17th International Conference on Input-Output Techniques, Sao Paulo, Brazil, July 13-17.

Strang G. (1988). Linear algebra and its applications 3rd edition, Harcourt Brace Jovanovich College, Philadelphia, New York.

Wiedmanna T., Lenzenb M., Turnerc K. and Barrett J. (2007). Examining the global environmental impact of regional consumption activities — Part 2: Review of input–output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade, Ecological Economics, 61, 15-26.

Η ερμηνεία της κλιματικής αλλαγής στις αναφορές εταιρικής κοινωνικής ευθύνης των ελληνικών τραπεζών

Δημήτριος Μπελιάς & Αθανάσιος Κουστέλιος
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Καρυές, Τρίκαλα 42100
dbelias@pe.uth.gr akoustel@pe.uth.gr

Περίληψη
Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι να ερμηνευθεί η έννοια της πράσινης τραπεζικής και να παρουσιαστούν συνοπτικά διάφορα πράσινα τραπεζικά προϊόντα που έχουν εμφανιστεί στην αγορά τα τελευταία χρόνια ως μια συνέπεια των κλιματικών αλλαγών. Ταυτόχρονα, γίνεται μια επεξήγηση της έννοιας της Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης καθώς αυτός είναι ο μοχλός ο οποίος κινεί την δραστηριοποίηση στον τομέα της πράσινης τραπεζικής. Θα παρουσιαστούν κάποια τραπεζικά προϊόντα που εμφανίστηκαν στην Ελλάδα και η μεθοδολογία της έρευνας θα βασιστεί σε ελληνική, ξένη βιβλιογραφία και σε δευτερογενή δεδομένα. Παρατηρείται μια έντονη κινητοποίηση των Ελληνικών Τραπεζών προς αυτές τις κατευθύνσεις, καθώς δημιουργήθηκε ένα πλήθος προϊόντων που αφορά ιδιώτες και επιχειρήσεις, λόγω του αυξημένου ενδιαφέροντος του κοινού για περιβαλλοντικά ζητήματα αλλά και εξαιτίας της διεθνούς οικονομικής κρίσης. Στην παρούσα εργασία τέλος θα γίνει και μια σύγκριση των διαφόρων «πράσινων» τραπεζικών προϊόντων που εμφανίστηκαν στην Ελλάδα, με πλήρη επεξήγηση της νομοθεσίας και των όρων που τα διέπουν. Ο στόχος είναι να φανεί πώς έχει μεταβληθεί η πολιτική του ελληνικού χρηματοπιστωτικού συστήματος όσον αφορά την εταιρική κοινωνική ευθύνη τους μετά τις σημαντικές κλιματικές αλλαγές.

Λέξεις Κλειδιά: Κλιματική Αλλαγή, Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη, Πράσινη Τραπεζική, Πράσινες Επενδύσεις, Παγκόσμια Οικονομική Κρίση

JEL Κωδικοί: Ο440.

1. Εισαγωγή

Σε κάθε καπιταλιστικό σύστημα ένας από τους πυλώνες της οικονομίας είναι ο τραπεζικός κλάδος. Οι τράπεζες διαδραματίζουν βασικό ρόλο στα οικονομικά μεγέθη ενός κράτους καθώς θεωρούνται οι «μεσάζοντες» μεταξύ των ατόμων και των επιχειρήσεων που έχουν έλλειμμα ή πλεόνασμα κεφαλαίου. Ορισμένα από τα σημαντικότερα προϊόντα των τραπεζών είναι: καταθέσεις, δάνεια, επενδύσεις, διαμεσολάβηση, συμβουλευτική επιχειρήσεων και ιδιωτών, πληρωμές, εγγυήσεις και άλλες δραστηριότητες. Ένα ποσοστό τραπεζών έχουν εξειδικευτεί σε κάποιον από τους παραπάνω τομείς ενώ οι μεγάλες τράπεζες (πολυεθνικές) συχνά καλύπτουν τις περισσότερες δραστηριότητες που προαναφέρθηκαν (*Jeucken & Bouma, 1999)*. Επίσης, παρατηρείται μια διεύρυνση του ρόλου του χρηματοπιστωτικού συστήματος τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της απελευθέρωσης των αγορών και της παγκοσμιοποίησης της οικονομίας.

Στην ίδια χρονική περίοδο ο κόσμος αντιμετωπίζει μεγάλες περιβαλλοντικές προκλήσεις που έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη διεθνή κοινότητα, με αποκορύφωμα την κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες και εκθέσεις (*Stern 2007)* τα στοιχεία

που παρατίθενται από την επιστημονική κοινότητα είναι αδιάσειστα. Πλέον η κλιματική αλλαγή θεωρείται μια τεράστια παγκόσμια απειλή και απαιτούνται συστηματικές ενέργειες από κάθε κοινωνικό και οικονομικό κλάδο. Τα πιο εμφανή αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής είναι τα εξής: αύξηση συχνότητας ακραίων καιρικών φαινομένων, ερημοποίηση, αποψίλωση των δασών (*Tsele & Mokueva et al 2007).* Οι ραγδαίες αλλαγές στο κλίμα που προαναφέρθηκαν έχουν οδηγήσει στην ανάληψη δράσης από τους πολιτικούς φορείς κάθε χώρας. Πλέον όλο και περισσότερα άτομα σε θέσεις ευθύνης ενστερνίζονται την άποψη για πολιτικές κατευθύνσεις προς τη βιώσιμη ανάπτυξη. Ο χαρακτηριστικότερος ορισμός για την βιώσιμη ανάπτυξη δόθηκε από την επιτροπή Burtland το 1987 που συγκεκριμένα αναφέρει ότι: *«βιώσιμη είναι η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενιάς χωρίς να θέτει διακύβευμα για την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες».*

Ο τραπεζικός τομέας συγκεκριμένα, που όπως αναφέρθηκε είναι ο βασικός πυλώνας των οικονομιών, ανταποκρίθηκε στις νέες περιβαλλοντολογικές προκλήσεις πολύ πιο αργά σε σχέση με άλλους τομείς. Μια πιθανή αιτία είναι γιατί ο τραπεζικός τομέας γενικά θεωρείται ως μια βιομηχανία φιλική προς το περιβάλλον. Παρόλα αυτά, το τραπεζικό σύστημα έχει καθυστερήσει πάρα πολύ να ενσωματώσει στις πολιτικές του τον έλεγχο των περιβαλλοντικών επιδόσεων των πελατών του. Μόνο κατά την τελευταία δεκαετία παρατηρήθηκε μια περιβαλλοντική ωρίμανση των χρηματοπιστωτικών συστημάτων που πλέον δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα σε πράσινα προϊόντα που απευθύνονται και σε ιδιώτες και σε επιχειρήσεις. Μερικές από τις καινοτόμες ιδέες των τραπεζών που ακολουθούν το πνεύμα της εποχής είναι οι πράσινες ασφάλειες και δάνεια για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Η ανάλυση της παρούσας εργασίας έχει ως εξής: στην ενότητα 2 θα παρουσιαστεί σύντομα η έννοια της Εταιρικής κοινωνικής Ευθύνης και η ιστορική της εξέλιξη, ενώ θα γίνει εστίαση στον τραπεζικό τομέα. Στην ενότητα 3 θα γίνει μια συνοπτική επισκόπηση των πιο δημοφιλών πράσινων χρηματοοικονομικών προϊόντων παγκοσμίως και θα επικεντρωθεί το ενδιαφέρον στις μεθόδους που χρησιμοποιούν ειδικά οι ελληνικές τράπεζες. Τέλος, στην ενότητα 4 θα εξαχθούν τα βασικά συμπεράσματα που θα αφορούν την πράσινη τραπεζική.

2. Εταιρική κοινωνική ευθύνη

2.1. Ορισμός εταιρικής κοινωνικής ευθύνης

Στην ενότητα αυτή θα δοθούν ορισμένοι από τους πιο διαδεδομένους ορισμούς της έννοιας της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη δεκαετία του 1960, ο πρώτος που αναφέρθηκε σε αυτήν την έννοια, ο Keith Davis, πρότεινε ότι η κοινωνική ευθύνη των επιχειρήσεων αφορά αποφάσεις και δραστηριότητες που δεν έχουν σχέση με οικονομικά αποτελέσματα ή με τομείς με τεχνολογικό ενδιαφέρον *(Davis, 1960)*. Περίπου στην ίδια δεκαετία, οι Eeels και Walton ανέφεραν πως η εταιρική κοινωνική ευθύνη εμφανίζεται όταν οι επιχειρήσεις επικεντρώνουν σε θέματα με κοινωνικό ενδιαφέρον και γενικά σε αξίες που αφορούν τη σχέση εταιρίας – κοινωνίας (*Eeels & Walton 1961)*. Πριν 10 χρόνια περίπου, οι Jackson και Nelson κατέταξαν την ΕΚΕ ως το βασικό μέσο για την επιτυχία των επιχειρηματικών λειτουργιών, καθώς οι επιχειρήσεις επεκτείνουν το ενδιαφέρον τους από τα οικονομικά αποτελέσματα σε έναν ευρύτερο κοινωνικό προβληματισμό *(Jackson & Nelson 2004).*

Τέλος, απαραίτητο είναι να αναφερθούν οι τρεις βασικότεροι ορισμοί που έχουν δοθεί κατά καιρούς από μείζονες οργανισμούς σχετικά με την ΕΚΕ. Το 1998 στο World Business Council for Sustainable Development, εκφράστηκε ο ακόλουθος ορισμός: *«ΕΚΕ είναι η συνεχής δέσμευση μιας επιχείρησης να ενεργεί ηθικά και να έχει συμβολή στην οικονομική ανάπτυξη, ενώ ταυτόχρονα θα βελτιώνει το βιοτικό επίπεδο των εργαζομένων και των οικογενειών τους, καθώς και των ατόμων που απαρτίζουν την τοπική κοινωνία γενικότερα». (www.crshellas.org)*. Σύμφωνα με τον διεθνή μη κερδοσκοπικό οργανισμό BSR, ΕΚΕ ορίζεται *«η ικανότητα μιας επιχείρησης να εξασφαλίζει διαρκή βιωσιμότητα και επαρκή κερδοφορία, χρησιμοποιώντας μεθόδους και ενέργειες που σέβονται τους εργαζόμενους, τις τοπικές κοινωνίες και το φυσικό περιβάλλον. Το σύνολο των μεθόδων και πρακτικών της ΕΚΕ ενσωματώνεται στις επιχειρηματικές διαδικασίες και στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και περιλαμβάνει την ευθύνη για τρέχουσες αλλά και προγενέστερες και μελλοντικές δράσεις.» (www.bsr.org)* Κλείνοντας, δίνεται ο ορισμός που χρησιμοποίησε το Ελληνικό Δίκτυο για την ΕΚΕ το οποίο αναφέρει ότι: *«ΕΚΕ είναι η οικιοθελής δέσμευση των επιχειρήσεων για προσαρμογή των πρακτικών τους σε κοινωνικές και περιβαλλοντικές δράσεις που υπερβαίνουν την τρέχουσα νομοθεσία και αφορούν όσους επηρεάζονται από τις εκάστοτε δραστηριότητές τους, με στόχο την ισορροπία μεταξύ οικονομικής κερδοφορίας και βιώσιμης ανάπτυξης». (www.crshellas.org)*

2.2. Ιστορική εξέλιξη της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης

Αν γίνει μια ιστορική αναδρομή θα παρατηρηθούν πρακτικές της ΕΚΕ σε διάφορα μέρη του κόσμου πριν από 3000 χρόνια, απλά με διαφορετική μορφή από τις σημερινές. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αρχαία ισλαμικά και βουδιστικά κείμενα που αναφέρουν μεθόδους περιορισμού της τοκογλυφίας, φορολόγησης του πλούτου, η ορισμός νόμων για προστασία δασών από υλοτομικές δραστηριότητες *(Wayne V., 2010)*. Η ΕΚΕ με τη μορφή που έχει σήμερα ανάγεται στις αρχές του 18^{ου} αιώνα όταν μια ομάδα ανθρώπων οι «κουακέροι» απαγόρευαν στα μέλη τους το δουλεμπόριο, μια εποχή μάλιστα που κάτι τέτοιο ήταν πολύ διαδεδομένο. Μετά τη βιομηχανική επανάσταση παρουσιάστηκε πιο έντονη η επίδραση των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων στο περιβάλλον. Ο πρώτος πάντως επίσημος όρος της ΕΚΕ εμφανίστηκε το 1953 στο σύγγραμμα του Bowen R. "Social Responsibilities of the Businessmen".

Η έννοια της ΕΚΕ βρήκε καθολική απήχηση τη δεκαετία του 70 καθώς αναγνωρίστηκαν οι περιβαλλοντικές και ηθικές ευθύνες των επιχειρήσεων προς την κοινωνία. Τη δεκαετία του 80 έγινε η εφαρμογή των πρώτων συστημάτων διαχείρισης της ποιότητας και συντάχθηκαν οι πρώτοι νόμοι που αφορούσαν την υγιεινή και την ασφάλεια στο εργασιακό περιβάλλον. Τη δεκαετία του 90 η εφαρμογή διεθνών προτύπων όπως το ISO 14001 και το SA 8000 οδήγησε στη θεσμοθέτηση της ΕΚΕ. *(Wayne V., 2010)*. Το 1995 υπεγράφη στο Λονδίνο η Ευρωπαϊκή Διακήρυξη των Επιχειρήσεων κατά του κοινωνικού αποκλεισμού. Στόχος ήταν η προαγωγή της ΕΚΕ αλλά και η προστασία της κοινωνικής συνοχής μέσω των επιχειρήσεων. Πάντως, η σημαντικότερη στιγμή που καθόρισε την εξέλιξη της ΕΚΕ ήταν το οικονομικό σκάνδαλο της Enron, όταν μετά από πολυετή δικαστικό αγώνα, υψηλά ιστάμενα μέλη της εταιρίας καταδικάστηκαν με κατηγορίες για οικονομικές απάτες. Λόγω του μεγέθους και της φήμης της εταιρίας το αμερικάνικο κογκρέσο αναγκάστηκε να περάσει άμεσα μια σχετική νομοθεσία (Sarbanes – Oxley) που είχε σαν στόχο την αποτροπή παρόμοιων οικονομικών εγκλημάτων στο

μέλλον. Αυτό ήταν και το πραγματικό ορόσημο στη νομοθετική προσπάθεια να μετατραπούν οι επιχειρήσεις σε ηθικές και κοινωνικά υπεύθυνες *(Coates 2007)*.

Στην βιβλιογραφία αναφέρονται πολλά κίνητρα που έχουν προταθεί ώστε τα προγράμματα ΕΚΕ να ενισχυθούν και να επεκταθούν. Τα περισσότερα από αυτά ωθούν τις εταιρίες να θεωρήσουν την ΕΚΕ ως επένδυση και όχι ως οικονομική επιβάρυνση. Εταιρίες που υιοθετούν πλέον ένα από τα προγράμματα ΕΚΕ αποκτούν ταυτόχρονα πλεονέκτημα στον ανταγωνισμό της αγοράς. Δυστυχώς οι περισσότερες από τις μεγάλες πολυεθνικές εταιρίες, ακόμα έχουν κοντόφθαλμες πολιτικές που αφορούν μόνο στη μεγιστοποίηση του κέρδους, συνεπώς απαιτείται από εταιρίες μεσαίου βεληνεκούς να έχουν έμπνευση και να παρουσιάσουν καινοτομίες, καθώς μάλιστα έχουν στενότερη επαφή με τους ανθρώπους που παράγουν και καταναλώνουν τα προϊόντα σε σχέση με τις διεθνείς εταιρίες κολοσσούς. *(Doane 2004)*.

2.3. Εταιρική κοινωνική ευθύνη στον τραπεζικό τομέα

Σε αυτήν την ενότητα θα αναπτυχθεί η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης και η σύνδεσή της με την πράσινη τραπεζική. Για να πραγματοποιηθεί θα πρέπει να συνυπάρξει η κοινωνική πρόοδος που θα εξετάζει τις ανάγκες των μελών της κοινωνίας, η αποτελεσματική διαχείριση των περιβαλλοντικών πόρων και η διατήρηση υψηλών ρυθμών οικονομικής μεγέθυνσης και απασχόλησης. Η βιώσιμη ανάπτυξη έχει θεωρηθεί την τελευταία δεκαετία ως το νέο πρότυπο ανάπτυξης, επεκτείνοντας το υπάρχον μοντέλο που προέβλεπε αποκλειστικά οικονομική ευημερία χωρίς να λαμβάνει τις συνέπειες στο περιβάλλον. Είναι φανερό πως ένας από τους βασικούς παράγοντες που ρυθμίζουν τις βιομηχανικές δραστηριότητες μέσω κυρίως των επενδύσεων και των δανείων που παρέχουν, είναι ο χρηματοοικονομικός τομέας και ειδικότερα οι τράπεζες. Γι' αυτό το λόγο θεωρείται πως ο τραπεζικός τομέας παίζει σημαντικό ρόλο στην προώθηση μιας περιβαλλοντικά βιώσιμης επένδυσης. Ενώ λοιπόν οι τράπεζες δεν επηρεάζουν πρωτογενώς το μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης (δεν είναι ρυπαίνοντες) έχουν σχέσεις με εταιρίες και επενδυτικά σχέδια που είναι εν δυνάμει πηγές ρύπανσης για το περιβάλλον. *(Sahoo & Nayak 2008)*.

Οι μοναδικές πρωτογενείς επιρροές του τραπεζικού τομέα στο περιβάλλον είναι η χρήση ενέργειας, χαρτιού και νερού και θεωρούνται σχετικά χαμηλές. Αντίθετα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν έχουν σχέση με την ίδια τη λειτουργία τους αλλά με τις δραστηριότητες των πελατών τους. Αυτό καθιστά και δύσκολη την εκτίμηση με ακρίβεια των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των δραστηριοτήτων μιας τράπεζας. Μια από τις ευθύνες των τραπεζών θα πρέπει λοιπόν να είναι η προώθηση περιβαλλοντικά φιλικών επενδύσεων με συνετό δανεισμό. Πιο συγκεκριμένα, προτεραιότητα στο διατραπεζικό δανεισμό θα πρέπει να έχουν εταιρίες που έχουν χαρακτηριστεί *πράσινες* ή κάνουν προσπάθειες να γίνουν. Το παραπάνω μοντέλο ονομάζεται γενικά «Πράσινη Τραπεζική», δηλαδή η δημιουργία κινήτρων στις βιομηχανίες να επιδοθούν σε δραστηριότητες φιλικές προς το περιβάλλον. Η Πράσινη Τραπεζική προβλέπεται πως θα εξασφαλίσει την ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής ευαισθησίας των βιομηχανιών στις δραστηριότητές τους αλλά και θα βελτιώσει μακροπρόθεσμα την ποιότητα του τραπεζικού ενεργητικού. *(Sahoo & Nayak 2008)*.

Ο μακροπρόθεσμος στόχος κάθε τράπεζας είναι να επιτύχει ένα σταθερό ρυθμό απόδοσης πιστώσεων και επενδύσεων. Υπάρχει όμως πάντα ο κίνδυνος της μη

αποπληρωμής σε κάθε επενδυτική ενέργεια λόγω πιθανών περιβαλλοντικών υποχρεώσεων. Αυτό καθιστά απαραίτητο το σχεδιασμό μιας περιβαλλοντικής αξιολόγησης κάθε έργου πριν τη χρηματοδότηση. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία παρουσιάζονται στοιχεία που αποδεικνύουν τη θετική συσχέτιση των περιβαλλοντικών και οικονομικών επιδόσεων. *(Hamilton 1995, Hart 1995, Blacconiere & Pattern, 1993).* Συνεπώς η υιοθέτηση της Πράσινης Τραπεζικής είναι πλέον ένα αναπόσπαστο κομμάτι της γενικής στρατηγικής που ακολουθούν οι τράπεζες. Οι αυστηροί περιβαλλοντικοί κανόνες που επιβάλλουν οι αρμόδιες αρχές στις περισσότερες χώρες οδηγούν αρκετές βιομηχανίες στο κλείσιμο στην περίπτωση που δεν μπορούν να τους ακολουθήσουν, κάτι που αυτόματα σημαίνει και αθέτηση των υποχρεώσεών τους προς τις τράπεζες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ψήφιση στις ΗΠΑ το 1980 του νόμου που σχετίζεται με τη συνολική περιβαλλοντική απόκριση και την αστική ευθύνη (CERLA) ο οποίος και οδήγησε σε τεράστιες τραπεζικές απώλειες καθώς οι τράπεζες ήταν αυτές που θεωρήθηκαν άμεσα υπεύθυνες για την περιβαλλοντική επιβάρυνση, συνεπώς είχαν την ευθύνη να αποπληρώσουν το κόστος για την αποκατάσταση.

Η σημασία της πράσινης τραπεζικής είναι εμφανής απ' το γεγονός πως εξασφαλίζει την αποφυγή των παρακάτω τραπεζικών κινδύνων: *(Sahoo & Nayak 2008).*

**Πιστωτικός Κίνδυνος*. Είναι ο έμμεσος κίνδυνος που προκύπτει όταν οι τράπεζες προβαίνουν σε δάνεια για επιχειρήσεις που επηρεάζονται αρνητικά από το κόστος και τα πρόστιμα που τους επιβάλλονται και αφορούν την περιβαλλοντική νομοθεσία. Ο κίνδυνος μάλιστα εμφαίνεται αυξημένος στις περίπτωσης συνευθύνης των τραπεζών με εταιρίες οι οποίες ενώ μεν είχαν έσοδα δεν ακολούθησαν τις προβλεπόμενες περιβαλλοντικές πολιτικές. *(Schmidheiny & Zorraquin 1996, Ellis, Millians & Bodeau 1992).*

**Νόμιμος Κίνδυνος*. Εμφανίζεται με διαφορετικές μορφές. Το βασικότερο στοιχείο είναι ο κίνδυνος των τραπεζών που, όπως και κάθε άλλη εταιρία, δεν συμμορφώνονται στην εκάστοτε περιβαλλοντική νομοθεσία. Πιο συγκεκριμένα, η ευθύνη των τραπεζών παρουσιάζεται άμεσα αν έχουν στην κατοχή τους «μολυσμένα» περιουσιακά στοιχεία που αποτελούν πηγές ρύπανσης. Οι στρατηγικές ορθής περιβαλλοντικής διαχείρισης συνεισφέρουν στη μείωση των κινδύνων και του κόστους των τραπεζών, ενώ ταυτόχρονα ενισχύεται η εικόνα τους και δίνεται η ευκαιρία αξιοποίησης ευκαιριών δημιουργίας εσόδων. *(Sahoo & Nayak 2008).*

**Κίνδυνος Φήμης*. Η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση των κοινωνιών για τα περιβαλλοντικά ζητήματα καθιστά μια τράπεζα επιρρεπή στο να χάσει τη φήμη της εφόσον συμμετέχει σε δραστηριότητες επιζήμιες προς το περιβάλλον ή ηθικά αμφισβητήσιμες. *(Heim 2005).*

Εν κατακλείδι, τα τραπεζικά ιδρύματα πλέον είναι υποχρεωμένα να συντάσσουν και να υποβάλλουν εκθέσεις για κάθε μελλοντική τους επένδυση ή έργο. *(Jeucken 2001).* Δικαιούνται μάλιστα να απαιτήσουν περιβαλλοντική αποτίμηση για κάθε έργο που διαπραγματεύονται για χρηματοδότηση. Η περιβαλλοντική διαχείριση έχει ενσωματωθεί σε αρκετά διεθνή χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, όπως ο Διεθνής Χρηματοδοτικός Οργανισμός (International Financial Corporation, IFC) και η τράπεζα της Ιαπωνίας για τη Διεθνή Συνεργασία (Japan Bank for International Cooperation, JBIC). Η ταξινόμηση κάθε πρότασης έργου γίνεται με βάση κριτήρια όπως, ο τομέας, το μέγεθος του έργου, η φύση του, η προτεινόμενη χωροθέτηση, ο βαθμός αβεβαιότητας, οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τέλος, τα δάνεια και οι επιχορηγήσεις της Παγκόσμιας Τράπεζας έχουν άμεση

σύνδεση με το επίπεδο δέσμευσης της εκάστοτε χώρας ως προς τη νομοθεσία περί την προστασία του περιβάλλοντος. *(Sahoo & Nayak 2008).*

3. Πράσινα χρηματοοικονομικά προϊόντα

3.1. Γενικά

Την τελευταία δεκαετία οι πολίτες, είτε με το ρόλο του καταναλωτή είτε του επενδυτή, γίνονται μάρτυρες μιας πλημμύρας καινοτόμων χρηματοοικονομικών προϊόντων και υπηρεσιών που στοχεύουν στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης. Η ραγδαία επιτάχυνση των εξελίξεων στον τομέα αυτό καθιστά δύσκολη την ενημέρωση των ενδιαφερομένων για τις νέες τάσεις στην οικονομία. *(UNEP, 2007).* Μερικά από τα πιο διαδεδομένα χρηματοοικονομικά «πράσινα» προϊόντα διεθνώς είναι τα εξής: εναλλακτικά επιχειρηματικά κεφάλαια ενέργειας, οικολογικές καταθέσεις ταμιευτηρίου, πράσινες πιστωτικές κάρτες κλπ. Είναι φανερό λοιπόν ότι οι επιλογές που αφορούν την συμφιλίωση των περιβαλλοντικών θεμάτων με τις οικονομικές επενδύσεις αυξάνονται συνεχώς. Ο βασικός σκοπός των προϊόντων αυτών είναι να δοθεί έμφαση στις ευκαιρίες μάθησης, στη φύση, στη δυνατότητα επιλογής των πρακτικών με τα βέλτιστα αποτελέσματα, στην αύξηση του μεριδίου της αγοράς και παραγωγή κέρδους και τέλος στην ενίσχυση της αναγνωσιμότητας και της φήμης του χρηματοπιστωτικού ιδρύματος και της επιχείρησης.

Παρουσιάζεται μια αυξανόμενη ζήτηση για περιβαλλοντικά προϊόντα και υπηρεσίες ιδιαίτερα στη Βόρεια Αμερική. Αυξητικές τάσεις όμως παρουσιάζονται και διεθνώς. Οι τρεις βασικοί παράγοντες που έχουν οδηγήσει στη διαμόρφωση της κοινής πεποίθησης για στροφή στα πράσινα τραπεζικά προϊόντα είναι οι ακόλουθοι:

**Μέσα Ενημέρωσης*. Η εποχή της πληροφορίας οδήγησε εκτός των άλλων στην ευαισθητοποίηση του κοινού όσον αφορά τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Ειδικά τα τελευταία χρόνια, παρουσιάζεται υψηλό επίπεδο κάλυψης από τα μέσα ενημέρωσης και η προβολή κάθε περιβαλλοντικής πρωτοβουλίας, εκστρατείας με στόχο τη δημιουργία περιβαλλοντικής συνείδησης.

**Περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και Κοινή Γνώμη*. Η δημιουργία της περιβαλλοντικής συνείδησης αλλά και της κρατικής στήριξης για βιώσιμη ανάπτυξη στα κράτη της ΕΕ οδηγεί σε διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση των καταναλωτών σε εναλλακτικά προϊόντα και υπηρεσίες, φιλικές προς το περιβάλλον. Μια αντίστοιχη περιβαλλοντική αφύπνιση παρατηρείται την τελευταία δεκαετία και στη Βόρεια Αμερική.

**Περιβαλλοντική Νομοθεσία και Κανονισμοί*. Η τόνωση της ζήτησης για τα πράσινα προϊόντα των τραπεζών εξαρτάται από τη μόρφωση τα τελευταία χρόνια ενός νομοθετικού πλέγματος που αφενός εγγυάται τις τιμές των περιβαλλοντικών αγορών, αφετέρου απαγορεύει τις μη βιώσιμες πρακτικές.

3.2. Επισκόπηση πράσινων προϊόντων και υπηρεσιών διεθνώς

Μέχρι πρόσφατα οι πράσινες στρατηγικές από τις τράπεζες διεθνώς δεν ήταν διαδεδομένες. Πλέον υπάρχει ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον προς αυτές τις μεθόδους, όχι μόνο μεταξύ των μικρότερων τραπεζών αλλά και από εταιρίες που διαχειρίζονται περιουσιακά στοιχεία και από ασφαλιστικά ιδρύματα. Παρόλο που κάθε εταιρία έχει διαφορετικά κίνητρα για την προώθηση των πράσινων προϊόντων, οι πρόσφατες εξελίξεις αποδεικνύουν ότι βρισκόμαστε στην απαρχή μιας υποσχόμενης διαδρομής για την ένταξη των πράσινων προϊόντων στις παραδοσιακές τραπεζικές μεθόδους. Για να επιτευχθεί μια

πληρέστερη επισκόπηση των υπαρχόντων στρατηγικών, ο διαχωρισμός των πράσινων χρηματοοικονομικών προϊόντων θα γίνει στους ακόλουθους κλάδους:

1. Λιανική Τραπεζική
2. Εταιρική και Επενδυτική Τραπεζική
3. Διαχείριση Κεφαλαίων
4. Ασφάλιση

3.2.1. Λιανική Τραπεζική

Ο κλάδος της λιανικής τραπεζικής αφορά τραπεζικά προϊόντα που απευθύνονται σε ιδιώτες, νοικοκυριά και μικρομεσαίες επιχειρήσεις (δεν σχετίζεται με μεγάλες επιχειρήσεις και θεσμικούς φορείς – πελάτες). Οι παραδοσιακές υπηρεσίες στο χώρο της λιανικής τραπεζικής είναι τα ενυπόθηκα δάνεια, οι χρεωστικές και πιστωτικές κάρτες, οι ταξιδιωτικές επιταγές, οι εντολές πληρωμών, οι λογαριασμοί με δικαίωμα υπερανάληψης, οι υπηρεσίες διαχείρισης διαθεσίμων και οι ασφάλειες. Τα πράσινα προϊόντα και στρατηγικές που υιοθετούνται γενικά από τη λιανική τραπεζική είναι οι ακόλουθες:

Πράσινα στεγαστικά δάνεια: Παροχή δανείων με πολύ χαμηλότερα επιτόκια σε σχέση με τα συμβατικά στεγαστικά δάνεια σε καταναλωτές που επενδύουν στην αγορά ενεργειακά αποδοτικών κατοικιών ή σε μετατροπές οικιών που αφορούν πράσινη ενέργεια.

Επιχειρηματικά στεγαστικά δάνεια: Παροχή ελκυστικών δανείων και ρυθμίσεων για εμπορικά κτήρια φιλικά προς το περιβάλλον με κύριο χαρακτηριστικό τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, μείωση των αποβλήτων και της ρύπανσης.

Ενυπόθηκα στεγαστικά δάνεια: Πρόκειται για δάνεια που συνήθως είναι εγγυημένα με υποθήκη δεύτερης τάξης. Αφορούν κυρίως εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή οικολογικών τεχνολογιών σε νοικοκυριά, με μειωμένα επιτόκια.

Πράσινα δάνεια αυτοκινήτων: Αφορά την παροχή δανείων με χαμηλότερα επιτόκια για αγορά αυτοκινήτων με χαρακτηριστικό τη μειωμένη εκπομπή αερίων θερμοκηπίου και υψηλές αποδόσεις καυσίμων.

Πράσινες χρεωστικές και πιστωτικές κάρτες: Είναι οι χρεωστικές και πιστωτικές κάρτες που συνδέονται με περιβαλλοντικές δραστηριότητες. Προσφέρουν συνήθως ένα ποσοστό των χρημάτων κάθε αγοράς σε Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις που έχουν σαν στόχο την προστασία του περιβάλλοντος.

Προσωπικοί Λογαριασμοί: Αφορά ειδικά προγράμματα καταθετικών λογαριασμών. Η τράπεζα συνήθως προβαίνει σε δωρεές σε περιβαλλοντικές οργανώσεις με ποσά ανάλογα του μέσου υπολοίπου καταθέσεων των πελατών της. Τέτοιες πρακτικές εφαρμόζονται στην Αυστραλία και σε ορισμένες τράπεζες των ΗΠΑ.

Λοιπά πράσινα προϊόντα και υπηρεσίες: Κατά καιρούς έχουν παρουσιαστεί διάφορες εναλλακτικές πράσινες τραπεζικές στρατηγικές, όπως αυτή της Barclay's που δημιούργησε ιστοσελίδα που προωθούσε τις επενδύσεις κεφαλαίων σε μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας, αποκατάστασης των δασών κλπ. Επίσης, αρκετές τράπεζες έχουν ξεκινήσει να παρέχουν μικρές πιστώσεις σε ιδιώτες ή μικρομεσαίες επιχειρήσεις ώστε να χρηματοδοτηθούν μικρά έργα με περιβαλλοντικό προσανατολισμό (ηλιακές εγκαταστάσεις κλπ)

3.2.2. Εταιρική και επενδυτική τραπεζική

Αυτός ο χρηματοοικονομικός κλάδος ονομάζεται επίσης και «χονδρική τραπεζική» και αφορά τράπεζες που ασχολούνται με τη χρηματοδότηση μεγάλων επιχειρήσεων και δημοσίων οργανισμών που έχουν αυξημένες και πολυσύνθετες οικονομικές ανάγκες. Οι πράσινες στρατηγικές που ακολουθούνται είναι οι εξής:

Χρηματοδότηση μεγάλων έργων: Αφορά τα δάνεια της χονδρικής τραπεζικής σε μεγάλες επενδύσεις υποδομής (πχ έργα τηλεπικοινωνίας, φυσικοί πόροι κλπ). Η εξόφληση των δανείων γίνεται μέσω των εσόδων που θα αποφέρει το έργο αυτό.

Τιτλοποίηση: Εάν πρόκειται για δανεισμό που αφορά έργα μεγάλης κλίμακας, αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω των ονομαζόμενων ομολόγων asset-backed securities που έχουν σχέση με περιβαλλοντικές υποδομές. Τα περιβαλλοντικά ομόλογα αγοράζονται με εγγυημένες τιμές από τις τράπεζες και κατόπιν μεταπωλούνται σε θεσμικούς επενδυτές.

Επιχειρηματικά κεφάλαια και ιδιωτικά επενδυτικά κεφάλαια: Πρόκειται για χρηματοδότηση επιχειρήσεων μέσω των κεφαλαιαγορών. Οι τράπεζες μπορούν να καταθέσουν βοηθητικές εγγυήσεις σε εταιρίες ή και ιδιώτες με πράσινες στρατηγικές που αναζητούν την οικονομική τους ανάπτυξη μέσω του χρηματιστηρίου.

Μετεωρολογικά προϊόντα: Πρόκειται για προϊόντα τραπεζών που αφορούν όσες εταιρίες είναι εξαρτώμενες σε μεγάλο ποσοστό από τις καιρικές συνθήκες (επίδραση στη μεταβλητότητα της σχέσης εσόδων – εξόδων). Ένα παράδειγμα είναι τα παράγωγα αιολικής ενέργειας που προσφέρουν χρηματοδότηση σε περίπτωση που τα έσοδα λόγω των καιρικών συνθηκών εμφανιστούν κάποια χρονική περίοδο χαμηλότερα από το αναμενόμενο.

3.2.3. Διαχείριση κεφαλαίων

Πρόκειται για έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς στον χρηματοπιστωτικό τομέα. Αφορά την παροχή συμβουλών χρηματοοικονομικής φύσης για πελάτες σχετικά με αγορές ακινήτων, αμοιβαία κεφάλαια, διαχείριση περιουσιακών στοιχείων, φορολογικές ρυθμίσεις, χρηματιστηριακές συνδιαλλαγές κλπ. Η ειδίκευση είναι στον τομέα της συμβουλευτικής, συνεπώς απαιτούνται οικονομικές αναλύσεις με πολύ αυστηρά κριτήρια. Η διαχείριση κεφαλαίων αφορά κυρίως τα αμοιβαία κεφάλαια, τα συνταξιοδοτικά ταμεία καθώς και ιδιωτικά περιουσιακά στοιχεία. *(Deloirte, 2006)*. Οι πράσινες στρατηγικές που ακολουθούνται διεθνώς στο χώρο των επενδύσεων αφορούν κυρίως την προώθηση των λεγόμενων eco-funds. Παρόλο που δεν υπάρχει σαφής ορισμός για τα eco – funds, ο πρακτικός κανόνας είναι ότι αφορούν επενδύσεις που χρησιμοποιούν τους φυσικούς τρόπους με τέτοιες στρατηγικές ώστε να υποστηρίζεται η βιώσιμη και αειφόρος ανάπτυξη. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, στη σύγκριση των πράσινων και συμβατικών αμοιβαίων κεφαλαίων, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στις αποδόσεις τους. *(Maller & Michelson 2005)*.

3.2.4. Ασφάλιση

Ο ασφαλιστικός τομέας μπορεί να κατηγοριοποιηθεί στις ασφάλειες ζωής και στις γενικές ασφάλειες. Η επονομαζόμενη τα τελευταία χρόνια «Πράσινη Ασφάλιση» ανήκει στη δεύτερη κατηγορία ασφαλίσεων (Γενικές) και μέχρι σήμερα περιλαμβάνει δύο κατηγορίες προϊόντων: 1)Προϊόντα με χαμηλότερα ασφάλιστρα και ευνοϊκότερες

ρυθμίσεις αναλόγως και με τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της επιχείρησης ή του ιδιώτη. 2)Ασφαλιστικά προϊόντα στοχευμένα ειδικά σε εναλλακτικές καθαρές τεχνολογίες και μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων (πχ προγράμματα ασφάλειας αυτοκινήτου που παροτρύνουν τη μειωμένη χρήση του οχήματος από τον ασφαλισμένο ιδιώτη).

3.3. Πράσινη τραπεζική στην Ελλάδα

Οι μεγαλύτεροι τραπεζικοί όμιλοι στην Ελλάδα αντιλήφθηκαν με κάποια καθυστέρηση την αναγκαιότητα να στραφούν στα ονομαζόμενα «πράσινα» προϊόντα. Αυτή η καθυστέρηση εν μέρει οφείλεται και στην ελληνική νομοθεσία που είναι γενικά ελλιπής στο κομμάτι αυτό. Μέχρι σήμερα, τα πλέον διαδεδομένα πράσινα τραπεζικά προϊόντα είναι τα δάνεια για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι πράσινες πιστωτικές κάρτες και τα δάνεια με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι αρκετές ελληνικές τράπεζες κάνουν προσπάθειες για μείωση του ενεργειακού τους αποτυπώματος και να προβούν σε οικολογικές δράσεις όπως η ανακύκλωση, προκειμένου να επιτύχουν τη στήριξη των Ελλήνων που είναι περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένοι. Στη συνέχεια της εργασίας θα γίνει συγκεκριμένη αναφορά στα δημοφιλή «πράσινα» δάνεια των ελληνικών τραπεζών που αφορούν την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων αλλά και σε διάφορες καλές πράσινες πρακτικές τους.

3.3.1.Δάνειο για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Οι μεγάλοι ελληνικοί τραπεζικοί όμιλοι έχουν προχωρήσει στη δημιουργία δανείων με ειδικές ευνοϊκές συνθήκες που αφορούν την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Πιο συγκεκριμένα:

Α) *Εθνική Τράπεζα*: Το δάνειο *φωτοβολταϊκό σπίτι»* έχει στόχο την αγορά και εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος σε ταράτσα ή στέγη στο πλαίσιο της ισχύουσας νομοθεσίας που σχετίζεται με τα προγράμματα ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι τα 10kWp (ΦΕΚ 1079/Β/04-06-2009). Συγκεκριμένα, το ποσό που μπορεί να παρέχει η τράπεζα ανέρχεται στο σύνολο των δαπανών για τα ποσά μεταξύ 1500-40000 ευρώ, χωρίς να απαιτείται εγγραφή υποθήκης. Το ισχύον επιτόκιο στα δάνεια αυτά είναι το Euribor 3Μ που κυμαίνεται με περιθώριο προσαύξησης 7,45%. Η περίοδος αποπληρωμής είναι μεταξύ των 3 και 10 ετών. Εφόσον υφίσταται εγγραφή προσημείωσης υποθήκης η δυνατότητα χορήγησης του δανείου ανέρχεται στα 50000 ευρώ με κυμαινόμενο επιτόκιο και περιθώριο προσαύξησης 3,95%. Σε αυτήν την περίπτωση, η διάρκεια αποπληρωμής είναι τα 3-15 χρόνια.

Β) Alpha Bank: Το πρόγραμμα δανεισμού που παρέχει η τράπεζα ονομάζεται «Ενεργειακό σπίτι» και δίνει κι αυτό δυνατότητα εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων. Το ποσό δανεισμού διακυμαίνεται μεταξύ των 1500-40000 ευρώ χωρίς προσημείωση ακινήτου. Έχει κυμαινόμενο επιτόκιο και περιθώριο προσαύξησης 8,75%. Η περίοδος αποπληρωμής κυμαίνεται μεταξύ των 6 και 84 μηνών. Σε περίπτωση ενυπόθηκου δανείου οι όροι γίνονται πολύ ευνοϊκότεροι. Το ποσό δανεισμού ανέρχεται ως τα 100000 ευρώ, με κυμαινόμενο επιτόκιο, περιθώριο 3,1%, ενώ η περίοδος εξόφλησης είναι μεταξύ 5 και 20 ετών.

Γ) Eurobank: Έχει το δημοφιλέστερο πρόγραμμα δανεισμού στην Ελλάδα για Φ/Β συστήματα που ονομάζεται «Πράσινο δάνειο κατοικίας – Φωτοβολταϊκά». Παρέχονται δύο δυνατότητες δανεισμού, μία μέσω υποχρεωτικής προσημείωσης ακινήτου και μία

υποχρεωτική σύμβαση συμψηφισμού με τη ΔΕΗ. Στην πρώτη περίπτωση το ποσό δανεισμού φτάνει τα 3000-60000 ευρώ. Και πάλι γίνεται χρήση του επιτοκίου Euribor3M με περιθώριο προσαύξησης 3,9%, αλλά δίνεται επίσης και η δυνατότητα επιλογής σταθερού επιτοκίου 6,4% για πέντε έτη. Ο χρόνος αποπληρωμής ορίζεται τα 3-25 έτη. Στη δεύτερη επιλογή, το ποσό ανέρχεται στα 3000-45000 ευρώ. Έχει κυμαινόμενο επιτόκιο με 5,95% περιθώριο προσαύξησης και αποπληρωμή δανείου από 3-12 χρόνια.

Δ) Τράπεζα Πειραιώς: Το πρόγραμμα δανεισμού έχει τίτλο «Φωτοβολταϊκά συστήματα». Και πάλι υπάρχει διαφοροποίηση των κανόνων δανεισμού ανάλογα με το αν υπάρχει εγγραφή υποθήκης ή προσωπική εγγύηση. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει πρόσθετη διασφάλιση το ποσό ανέρχεται στα 3000-50000 ευρώ με κυμαινόμενο επιτόκιο με 6% περιθώριο και χρόνο αποπληρωμής τα 6-12 έτη. Σε εγγραφή υποθήκης το ποσό δανεισμού πρέπει να είναι μεγαλύτερο των 10000 ευρώ. Το επιτόκιο είναι κυμαινόμενο με περιθώριο 3,75% και χρόνος αποπληρωμής τα 2-25 έτη.

Ε) ATE Bank: Η ονομασία του προγράμματος είναι «Πράσινη ενεργειακή αναβάθμιση κατοικίας». Η τράπεζα απαιτούσε υποχρεωτικά την εκχώρηση σύμβασης συμψηφισμού με τη ΔΕΗ. Το ύψος του δανείου ανέρχονταν στα 20.000 ευρώ χωρίς εγγραφή υποθήκης. Κυμαινόμενο επιτόκιο με περιθώριο προσαύξησης τα 8,6% και περίοδο αποπληρωμής μέχρι τα 8 έτη. Αν υπάρχει εγγραφή υποθήκης χορηγείται εξ ολοκλήρου η αρχική επένδυση. Το κυμαινόμενο επιτόκιο έχει περιθώριο 6,4% και η αποπληρωμή φτάνει μέχρι τα 20 έτη.

ΣΤ) Εμπορική Τράπεζα: Το πρόγραμμα είχε τίτλο Solar Ecologικό. Όπως και με την Αγροτική ήταν υποχρεωτική η εκχώρηση σύμβασης συμψηφισμού με τη ΔΕΗ. Χωρίς εγγραφή υποθήκης το ποσό δανεισμού ανέρχονταν από 3.000,00 έως 50.000,00 ευρώ, με κυμαινόμενο επιτόκιο περιθωρίου 5,5% και αποπληρωμή μέχρι τα 15 έτη. Με εγγραφή υποθήκης το ποσό ανέρχονταν από 3.000,00 – 6.000,00 ευρώ, κυμαινόμενου επιτοκίου προσαύξησης 3,5% και περιθώριο αποπληρωμής τα 25 έτη.

Ζ) Ταχυδρομικό Ταμιευτήριο: Το πρόγραμμα τιτλοφορούνταν ως «Ηλιακή Ταράτσα». Κάλυπτε το σύνολο των δαπανών και η αποπληρωμή έφτανε μέχρι και τα 20 έτη. Εάν υπήρχε εμπράγματη διασφάλιση ήταν υποχρεωτική η εκχώρηση σύμβασης συμψηφισμού με τη ΔΕΗ και το επιτόκιο κυμαινόμενο με περιθώριο 5,9%. Για εγγραφή υποθήκης το περιθώριο του επιτοκίου είναι χαμηλότερο (4%) και δεν ήταν απαραίτητη η εκχώρηση σύμβασης συμψηφισμού.

3.3.2. Εξοικονόμηση κατ' οίκον

Πρόκειται ένα πρόγραμμα συγχρηματοδότησης που στοχεύει στην παροχή κινήτρων στους πελάτες της τράπεζας ώστε να βελτιωθούν οι ενεργειακές αποδόσεις των οικιών τους, με εξοικονόμησης ενέργειας, χρημάτων και αύξησης της αντικειμενικής του αξίας. Αφορά το σύνολο των μονοκατοικιών, πολυκατοικιών και μεμονωμένων διαμερισμάτων που πληρούν τους ακόλουθους περιορισμούς: 1)Βρίσκονται σε περιοχές με τιμή ζώνης μικρότερη ή ίση των 2,1ευρώ/τ.μ., 2)έχουν καταταχθεί έπειτα από σύνταξη του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης σε κατηγορία χαμηλότερη ή ίση της Δ. Προβλέπεται η δυνατότητα δανεισμού με χρονικό ορίζοντα 4-6 έτη, δυνατότητα άμεσης αποπληρωμής του δανείου χωρίς επιπρόσθετες επιβαρύνσεις και εξόφληση των προμηθευτών/αναδόχων χωρίς να χρειάζεται να εμπλακεί ο ιδιώτης. Υπάρχουν επίσης και διάφορες άλλες ευνοϊκές ρυθμίσεις ανά περίπτωση όπως επιδότηση συνολικά του

επιτοκίου και αναλόγως με το εισόδημα του δικαιούχου μια μερική επιχορήγηση που ανέρχεται ως το 70%.

Οι παρεμβάσεις που αφορούν το παρόν πρόγραμμα αναφέρονται σε: 1)Τοποθέτηση θερμομόνωσης στο φέροντα οργανισμό του κτηρίου, 2) αντικατάσταση κουφωμάτων και τοποθέτηση συστημάτων σκίασης, 3)αναβάθμιση του θερμομονωτικού συστήματος της οικίας και παροχή ζεστού νερού χρήσης. Για τα παραπάνω δεν είναι απαραίτητη η αδειοδότηση, ούτε όσον αφορά την έγκριση δομικών εργασιών σε μικρή κλίμακα, εκτόςαπό πολύ ειδικές εξαιρέσεις. Στο πρόγραμμα αυτό υπάγονται οι : Εθνική Τράπεζα, Τράπεζα Πειραιώς και η Alpha Bank.

3.3.3. Πράσινες πρακτικές ελληνικών τραπεζών

Α) Τράπεζα Πειραιώς: Έχει καταβάλλει εντατικές προσπάθειες για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματός της, έχει προχωρήσει σε μια εκστρατεία ενημέρωσης σχετικά με τις ελληνικές εταιρίες με πράσινες οικολογικές πρακτικές, αλλά και στην υποστήριξη ιδιωτών και επιχειρήσεων με πράσινα επενδυτικά πλάνα. Η καινοτομία της Τράπεζας Πειραιώς στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματός της αφορά την κατάστρωση ετήσιων στόχων μέσω συγκεκριμένων διαδικασιών του Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης, σε όλα τα διοικητικά κτήρια και υποκαταστήματά της. Υλοποιούνται προγράμματα για Εξοικονόμηση Ενέργειας, Ανακύκλωση και Πράσινων Προμηθειών.

Υλοποιούνται πράσινα προγράμματα για την εξοικονόμηση ενέργειας όπως η εξυπηρέτηση των καταστημάτων από το σύστημα Remote Light Control που βοηθά στη βέλτιστη διαχείριση του εξωτερικού φωτισμού, του φωτισμού ασφαλείας και των μηχανημάτων εξαερισμού προκειμένου να μειωθεί η μέση κατανάλωση ενέργειας. Το 2011 αντικαταστάθηκαν οι φωτεινές επιγραφές των καταστημάτων με άλλες λιγότερο ενεργοβόρες ενώ έγινε και τοποθέτηση ανιχνευτών κίνησης σε μέρη των κτηρίων που έχουν χαμηλή επισκεψιμότητα. Επίσης, υπάρχει αυτόματη απενεργοποίηση των υπολογιστών της τράπεζας καθημερινά έπειτα από προειδοποιητική σήμανση μισή ώρα πριν. Υλοποιούνται προγράμματα ανακύκλωσης χαρτιού, πλαστικού, τόνερ κλπ από το 2006 και εξής. Εκτιμάται ότι έχει επιτευχθεί ανακύκλωση περισσότερων από 1300 τόνων χαρτιού.

Οι προμήθειες της Τράπεζας Πειραιώς ακολουθούν «πράσινα κριτήρια», δηλαδή κατά την πλειοδοσία ενός προϊόντος από προμηθευτές εξετάζονται όλοι οι περιβαλλοντικοί παράγοντες. Τα συμβατικά οχήματα της τράπεζας σταδιακά αντικαταστάθηκαν από ειδικά οχήματα που εκπέμπουν μειωμένα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί το πρόγραμμα climabiz το οποίο οδήγησε στη δημιουργία του Green Banking Portal το οποίο έχει σαν στόχους: την έκθεση των καλών πρακτικών που υιοθετούνται από επιχειρήσεις για την προστασία του περιβάλλοντος, την παρουσίαση των λεγόμενων «πράσινων επιχειρήσεων», την διαρκή ενημέρωση σχετικά με τις νέες καινοτόμες τεχνολογίες που εφαρμόζονται από οργανισμούς στα πλαίσια προσαρμογής τους με τις κλιματικές αλλαγές, την ανταλλαγή ιδεών και τεχνογνωσίας μεταξύ οργανισμών και ιδιωτών, την περαιτέρω δικτύωση επιχειρήσεων που ειδικεύονται στην πράσινη επιχειρηματικότητα.

Β) Τράπεζα Eurobank Η Eurobank ήταν η πρώτη ελληνική τράπεζα και μία από τις λίγες στην Ευρώπη που πιστοποιήθηκαν με βάση διεθνή πρότυπα για την εφαρμογή του

συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης. Πριν 5 χρόνια έγινε ένα ακόμα βήμα καθώς ολοκληρώθηκαν οι διαδικασίες καταχώρησής της στο EMAS δηλαδή τη λίστα των επιχειρήσεων που τηρούν τους Κανονισμούς Περιβαλλοντικής Διαχείρισης.

Στα πλαίσια των παραπάνω περιβαλλοντικών συστημάτων, η τράπεζα έχει αναπτύξει προγράμματα μείωσης χρήσης μη ανανεώσιμων πηγών, ανακύκλωσης χαρτιού και μπαταριών και εκπομπών αερίων. Σχετικά με τη χορήγηση δανείων, συντάσσεται πάντα μια αναλυτική έκθεση αξιολόγησης που αφορά τους πιθανούς περιβαλλοντικούς κινδύνους σε περίπτωση ατυχήματος από την πλευρά του δανειολήπτη.

Επίσης έχουν αναπτυχθεί αρκετά πράσινα τραπεζικά προϊόντα που έχουν σκοπό την βιώσιμη ανάπτυξη. Το 2007 εκδόθηκαν πιστωτικές κάρτες με το σήμα της οικολογικής οργάνωσης WWF. Ένα μεγάλο ποσό διατέθηκε στην οργάνωση αυτή για να υποστηριχτεί το οικολογικό της έργο. Επίσης η Διεύθυνση Επαγγελματικής Πίστης προσφέρει μια ποικιλία πράσινων δανείων σε ιδιώτες αλλά και επιχειρήσεις. Τέλος, όσον αφορά την ενημέρωση του προσωπικού, πραγματοποιήθηκαν το 2007 εκπαιδευτικά σεμινάρια με θέμα την Περιβαλλοντική Διαχείριση, το οποίο κατόπιν επεκτάθηκε σε ένα καινοτόμο πρόγραμμα e learning που αφορούσε τη συσχέτιση περιβαλλοντικών ζητημάτων και των διαδικασιών της τράπεζας.

C) Attica Bank. Η Attica Bank με αίσθηση εταιρικής κοινωνικής ευθύνης, πήρε την πρωτοβουλία να πιστοποιήσει το περιοδικό «Attica Mag» κατά FSC (Forest Stewardship Council – Συμβούλιο Διαχείρισης των Δασών, Διεθνής μη κερδοσκοπικός οργανισμός ο οποίος έχει στόχο την υποστήριξη των δασών του πλανήτη), συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Η κατά FSC πιστοποίηση του «Attica Mag» συνεπάγεται ότι η πρώτη ύλη χαρτιού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του περιοδικού, προέρχεται από δάση ορθής διαχείρισης, δάση δηλαδή, η αξιοποίηση των οποίων πραγματοποιείται με υπεύθυνο και ορθό τρόπο και με στόχο την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος αλλά και των τοπικών κοινωνιών που εμπλέκονται στην εκμετάλλευσή τους. Με την κατά FSC πιστοποίηση του περιοδικού της «Attica Mag», η εταιρεία αναβαθμίζοντας την εικόνα του εντύπου της, αποδεικνύει στη πράξη την ευαισθησία της σε θέματα εταιρικής κοινωνικής ευθύνης. Επιπλέον, η συγκεκριμένη πρωτοβουλία κατέστησε την Attica Bank έναν υπεύθυνο κοινωνικό εταίρο, εντασσόμενη στην ομάδα εκείνων των εταιρειών που με τις πράξεις και τις επιλογές τους νουθετούν τους αναγνώστες τους στην υιοθέτηση πρακτικών με ορθά περιβαλλοντικά κριτήρια.

4. Συμπεράσματα

Κατά την τελευταία δεκαετία έχουν γίνει σημαντικά βήματα στον τραπεζικό τομέα προς την κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης. Φυσικά είναι πολλές ενέργειες που πρέπει να γίνουν ακόμα, καθώς οι τράπεζες αποτελούν το βασικότερο κλάδο της οικονομίας. Πρέπει να γίνεται ενημέρωση από μέρους μεγάλων οργανισμών στις τράπεζες σχετικά με την σύνδεση χρηματοοικονομικών ενεργειών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Θα πρέπει επίσης να υπάρξει δέσμευση των τραπεζών προς τους πελάτες τους ότι θα προωθούν τη βιώσιμη ανάπτυξη με χρήση καινοτόμων προγραμμάτων και προϊόντων.

Κάνοντας έναν συνοπτικό απολογισμό για τα υπάρχοντα πράσινα προϊόντα στην Ελλάδα, αναφέρουμε ότι ο κλάδος έχει παρουσιάσει μεγάλη άνθιση τα τελευταία χρόνια. Παρόλο που η γραφειοκρατία και η ελλιπής ελληνική νομοθεσία αποτέλεσε για καιρό τροχοπέδη στην προσπάθεια για βιώσιμη ανάπτυξη, παρατηρούμε πλέον όλο και

περισσότερες ενέργειες τραπεζικών ιδρυμάτων που είναι στοχευόμενες προς την πράσινη ανάπτυξη, ιδιαίτερα μέσω δανείων με σκοπό την επένδυση σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Επίσης παρατηρείται μια συστηματική προσπάθεια από μερικές ελληνικές τράπεζες για μείωση του ενεργειακού τους αποτυπώματος.

Είναι προφανές ότι τα παραπάνω σημάδια αποτελούν έναν θετικό οιωνό για την περαιτέρω στροφή των τραπεζών προς την πράσινη ανάπτυξη. Είναι απαραίτητη η συνεργασία των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων με τους επιχειρηματίες αλλά και την εκάστοτε κυβέρνηση και τους ΜΚΟ ώστε να διαμορφωθούν τα βέλτιστα πράσινα προϊόντα. Στην Ελλάδα συγκεκριμένα λόγω των αιτιών που αναφέρθηκαν, οι προσπάθειες αυτές βρίσκονται σε πρωτόλειο στάδιο. Αξίζει πάντως να αναφερθεί πως σύμφωνα με μια έκθεση της WWF Hellas (2008) η Ελλάδα έχει τη δυναμική ώστε να μειώσει τις εκπομπές των ρύπων της ως το 2050 μέχρι και στα 2/3 των σημερινών, με μηδενική επιρροή στην οικονομική της ανάπτυξη.

Βιβλιογραφία

Blacconiere W. and Dennis P. (1993). Environment Disclosure, regulatory costs and changes in firm values, Journal of Accounting and Economics, 109-121

Coates B. (2007). Market controls on Corporate Social Responsibility: An exploratory study of Banking and Investment policies, Journal of American Academy of Business, Cambridge March 2007, 532-540

Davies K. (1960). Can business afford to ignore its social responsibilities? California Management Review

Doane D. (2004). Beyond corporate social responsibility: minnows, mammoths and markets, New economics Foundation Elsevier Ltd

Eeels R. and Walton C. (1961). Conceptual Foundations of Business, Richard D Irwin Inc, Homewood Illinois, 140-152

Ellis, B. J, (1992). Helping a Lender Develop an Environmental Risk Program, The practical Real Estate Layer

Friedman A. Miles S. (2001). SMEs and the environment: two case studies, Business Strategy and the Environment Volume 11, Issue 5, 232-245

Harris J. (2005). Rethinking Sustainability: Power, Knowledge and Institutions, the University of Michigan Press USA, 56-67

Heim G. and Zenklusen O. (2005). Sustainable Finance: Strategy options for Development Financing Institutions Eco: Fact. Stampfenbachstrass, Zurich

Sahoo P. and Nayak B. (2008). Green Banking in India, Discussion Paper Series No 125/2008, 654-671

Tsele J. Mokuena O. et al (2007). Sustainable Banking: Opportunities and Challenges

UNEP FI (2007). Green financial products and services. Current trends and future opportunities in North America, A report of the North American Task Force (NATF) of the United Nations Environment Finance Initiative August 2007

Wayne V. (2010). CSR 2.0. The evolution and Revolution of Corporate Social Responsibility in Responsible Business: How to manage a CSR strategy successfully, edited by M. Pohl and N. Tolhurst, John Wiley and Sons Ltd, Publishing

Ο όμιλος ALPHA BANK. Available from: http://www.alpha.gr/page/default.asp?la=1&id=30

Research and discussion. Available from: www.aviva.com

Investment products. Available from: www.bankofamerica.com

Green products. Available from: www.banksiagroup.com.au

New reports call for smaller, greener banking. Aug 19, 2014. Available from: www.banktrack.org

Help us make a new mark on safer products. September 8, 2014. Available from: www.epa.gov

Ένας Ευρωπαϊκός Τραπεζικός Οργανισμός που στηρίζει ενεργά την πραγματική ικονομία. Available from: www.eurobank.gr

Ανάλυση της νέας Κοινοτικής Οδηγίας για την υποβολή θεμάτων μη οικονομικού περιεχομένου. Εφαρμογή για Ελληνικές Εταιρείες και θέματα κλιματικής αλλαγής

James Wallace & Olga Stapountzi
Environmental, Social and Governance Office, Allianz Climate Solutions, Seidlstr. 24-24a, Munich, 80335, Germany
james.wallace@allianz.com olgastapountzi@yahoo.co.uk

Περίληψη
Η ολομέλεια του Ευρωκοινοβουλίου ενέκρινε στις 15/4/2014 μια νέα Κοινοτική Οδηγία για εταιρείες που αφορά σε υποχρεώσεις υποβολής εκθέσεων μη οικονομικού περιεχομένου. Εκτιμάται ότι περίπου 6000 Ευρωπαϊκές εταιρείες (μερικές από τις οποίες για πρώτη φορά) θα υποχρεωθούν να αποκαλύψουν και να δημοσιοποιήσουν οικεία θέματα μη οικονομικού περιεχομένου, όπως π.χ. αυτά της κλιματικής αλλαγής, της προστασίας του περιβάλλοντος κλ.π. Η οδηγία έχει σκοπό να ενισχύσει την διαφάνεια των Ευρωπαϊκών εταιρειών, να τις κάνει πιο υπεύθυνες και ελκυστικές προς μελλοντικούς επενδυτές. Η παρούσα εργασία αναλύει τις θεσμοθετημένες πλέον απαιτήσεις και τις εναλλακτικές μεθόδους που δύνανται να υλοποιηθούν. Γίνεται επισκόπηση των ήδη υπαρχουσών πρωτοβουλιών για Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη, αειφορία και περιβαλλοντική προστασία, οι οποίες μπορούν να εξασφαλίσουν συμμόρφωση με τη νέα Οδηγία. Εξετάζεται ο στόχος της κανονιστικής αυτής Οδηγίας σε σχέση με Ελληνικές εταιρείες (κυρίως εκείνες που είναι εισηγμένες στο Χρηματιστήριο και έχουν περισσότερους από 500 εργαζομένους. Αποτιμάται το επίπεδο ετοιμότητας αυτών των εταιρειών και δίνεται έμφαση στις ενέργειες για την κλιματική αλλαγή. Γίνεται επίσης εκτίμηση των μελλοντικών ωφελημάτων σχετικά με την agenta της κλιματικής αλλαγής.

Λέξεις Κλειδιά: Κλιματική Αλλαγή, Αναφορές μη Οικονομικού Περιεχομένου, Εταιρική Ευθύνη, Αειφορία, Περιβάλλον.
JEL Κωδικοί: Q54, Q56, M14, Q01.

An analysis of the new EU non-financial reporting requirements and their implications for Greek companies and climate change

James Wallace & Olga Stapountzi
Environmental, Social and Governance Office, Allianz Climate Solutions, Seidlstr. 24-24a, Munich, 80335, Germany
james.wallace@allianz.com olgastapountzi@yahoo.co.uk

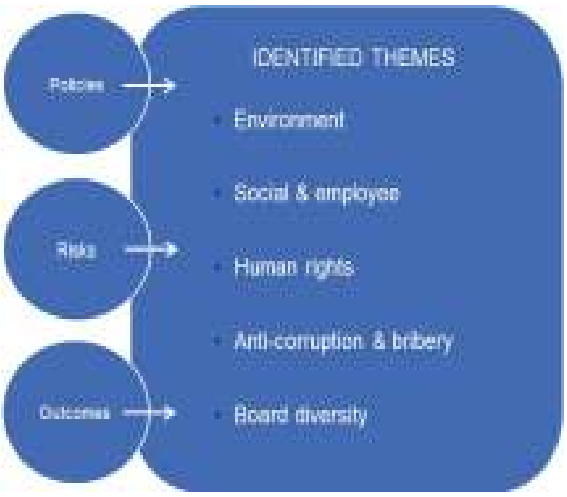
Abstract
The plenary of the European Parliament adopted a new directive on the 15th April 2014 relating to new non-financial reporting requirements for companies. It is estimated that approximately 6,000 European companies will be required, the majority for the first time, to disclose a range of non-financial information including climate change aspects. The directive intends to drive more transparency into EU companies to make them more responsible and attractive to investors. This paper analyses the stated requirements of the directive and the potential routes of compliance which companies might be able to take. Existing initiatives relating to corporate social responsibility, sustainability and the environment are reviewed which may facilitate compliance. The potential scope of the intended regulation is examined and considers how this relates to listed companies in Greece. The state of readiness of those companies is assessed, providing an overview with a particular focus on climate change. The potential benefits of the legislation is considered with respect to the climate agenda.

Keywords: Climate change; non-financial reporting; corporate social responsibility; sustainability; environment.
JEL Classification: Q54; Q56; M14; Q01.

1. Introduction

The plenary of the European Parliament adopted a new directive on the 15th April 2014 relating to new non-financial and diversity reporting requirements. The requirements, as described by the European Commission (2014), cover a wide range of themes to be disclosed covering three distinct disclosure elements (see Figure 1).

Figure 1: Disclosure elements and themes



The intended scope of the new directive is to cover approximately 6,000 organizations across the EU. The focus will be primarily on publicly listed companies on stock exchanges with over 500 employees and unlisted or public interest organizations as designated by the member states (with over 500 employees). At present only 10% of all EU companies disclose non-financial information, a total of approximately 2,500 companies.

The directive will need to be adopted by the EU Council and published in the Official Journal. It could then take up to four years for member states to implement the legislation. If companies feel compelled to take action, the development and full implementation of a policy can take up to a year or more. If member states are proactive or have existing national legislative structures, then companies could face the requirements sooner than they think.

The reason for the directive is the low number of disclosing companies suggests that the voluntary approach to non-financial reporting has not been effective, at least in terms of numbers participating. A wide range of benefits are attributed to improved transparency of non-financial information, including employee retention, improved financing costs and being more attractive for investors. Flexibility is stated as a key objective where companies will be able to disclose in a format that they wish, utilize existing corporate responsibility/sustainability initiatives and that formal guidelines will be developed to support the implementation.

Two key areas are stated as being out-of-scope at this time, are taxation reported on a country by country basis and utilizing 'integrated reporting'. It appears both concepts are of interest, but deemed to be too soon for companies to adhere to. Of particular interest will be to see what extent climate change is explicitly mentioned within the directive. At present the general reference to environment would certainly cover this area, but is also an area where more reporting pressure would support other EU and national energy objectives to fully account for the costs of climate change.

2. Literature Review

The use of the term non-financial reporting is closely associated with the terms of sustainability and corporate responsibility. The debate over the extent of interchangeable use of the terms (Wallace et al, 2006) and different nuances has been covered extensively by many authors. The concept of a company reporting on its' non-financial information can be extremely broad varying from environmental performance data to the company contribution to society that it operates in. Ernst & Young (2009), define it as:

"Non-financial or sustainability reporting: the practice of measuring, disclosing and being accountable to internal and external stakeholders for organizational performance towards the goal of sustainable development".

The practice of non-financial reporting is one which has mainly been voluntary in nature. A number of countries though, have been proactive in requiring certain aspects of non-financial information to become a legal requirement for disclosure. Often when there is a requirement for mandatory disclosure of non-financial information, the underlying guidance or requirements are left extremely flexible. This ensures that companies are not being over-burdened with specific requirements but can also create confusion or a lack of comparability between companies. These concepts are explored by (UNEP, 2013) in their report "Carrots and Sticks – Promoting Transparency and Sustainability" which assesses countries and their legislative approaches to non-financial reporting.

Table 1: Pros and cons of reporting types

	Reasons for	Reasons against
Mandatory approaches to reporting	• Changing the corporate culture – leaders will continue to innovate above minimum requirements • Incompleteness of voluntary reports • Comparability • Non-disclosure of negative performance • Legal certainty • Market failures – theory of regulation • Reduction of non-diversifiable market risk free rider problem • Cost savings • Standardisation • Equal treatment of investors	• Knowledge gap between regulators and industry • One size does not fit all • Inflexibility in the face of change and complexity • Lack of incentive for innovation • Constraints on efficiency and competitiveness
Voluntary approaches to reporting	• Flexibility • Proximity • Compliance • Collective interest of industry	• Conflicts of interest • Inadequate sanctions • Under-enforcement • Global competition • Insufficient resources

One of the key points from the report, is that unsurprisingly, mandatory requirements drive disclosure of non-financial information. Whilst there are numerous global frameworks available to organizations which support the disclosure of non-financial information, there is a range of developing terminology which can create confusion. These are namely the concepts of integrated, connected and triple bottom line reporting. The International Integrated Reporting Council (2014) describes integrated reporting as:

"…a concise communication about how an organization's strategy, governance, performance and prospects, in the context of its external environment, lead to the creation of value in the short, medium and long term."

The IIRC expects the concept of integrated reporting to become the standard form of reporting replacing various disconnected forms of corporate reporting. The aim is to show and encourage more integrated thinking within companies showing the longer term value creation of a company and the interactions with stakeholders and material issues. No specific indicators or criteria are required and it is stressed as a principles based approach. A pilot programme of over 100 participating companies is actively involved and memorandum of understandings have been signed with other major reporting frameworks. At present, integrated reporting will not be a requirement of the EU directive but would qualify as an appropriate form of compliance.

The term "connected reporting" is often used and sometimes interchangeably with integrated reporting. The phrase has its origins in the Accounting for Sustainability Initiative (ASI) and as a result of the programme championed the establishment of an IIRC. The ASI is now a part of the core initiative on integrated reporting. Triple bottom line (TBL) as described by Elkington (1994) is an accounting framework with the three dimensions of economic, environmental and social. The concept is also used interchangeably with the terms of 'People, Profit and Plant' and aligns with the three core areas of sustainability definitions in the main. The concept encourages the economic consideration of the economic and social contributions or impacts to the economic bottom line. The key barrier as with most sustainability reporting frameworks is being able to accurately quantify environmental or social impacts.

As stipulated by UNEP et al 2013 (carrots and sticks), mandatory requirements drive disclosure of non-financial information. Naturally, this will be steered to a great extent by the formation of national legislation to implement the EU directive. As the current non-financial reporting requirements are limited in Greece, the future legislation is likely to be implemented on a like-for-like basis. The specific requirements of the directive, pending further guidance, state that companies must, "…disclose in their management report relevant and material information on policies, outcomes and risks, including due diligence that they implement, and relevant non-financial key performance indicators concerning environmental aspects…"

The wording relating to relevant and material information allows complete flexibility for interpretation by companies. In addition, the focus on environmental aspects, means that climate change is considered a subset of environmental management and it is up to the company to determine if it is materially relevant to their business. Three specific initiatives are referenced which would indicate compliance via other initiatives including the UN Global Compact, ISO 26000 guidance and the German Sustainability Code. Alternative international, European or national initiatives are also considered acceptable. Again, this stresses the flexibility which companies are being given to facilitate an easy start, but may lead to a very low level of compliance with the stated objectives of the directive. The OECD Guidelines on multi-national enterprises are not referenced, potentially due to the stronger compliance requirements and complaint mechanism for stakeholders.

Both the UN Global Compact and ISO 26000 are interesting as they are both high profile initiatives, but not without criticism. The Global Compact, a set of ten voluntary and aspirational principles for companies to work towards, have been criticized for the lack of sanctions on members and use of the initiative by companies alleged to have poor environmental and/or human rights records – a dedicated website highlighting shortcoming of the members is regularly updated. The Global Compact has responded by delisting members who do not comply with the annual external reporting process of producing a 'Communication of Progress' and the introduction of 'Integrity Measures' which aim to facilitate a dialogue between a complainant and a company as highlighted by Somo 2013.

ISO 26000 differs from other management system standards in their range in that it is considered a guidance document and actually has not requirements. The multi-stakeholder development process which created the standard was extensive and does provide a strong overview of sustainability/CSR focus areas for an organization. Most individuals are not aware of this and many organizations are offering to consult on the basis of using it as an auditing standard. As highlighted by ISO (2010), "This International Standard is not a management system standard. It is not intended or appropriate for certification purposes or regulatory or

contractual use. Any offer to certify, or claims to be certified, to ISO 26000 would be a misrepresentation of the intent and purpose and a misuse of this International Standard."

Due to the wide-ranging nature of compliance options, there is an extensive landscape of environmental-related or wider CSR/Sustainability initiatives and frameworks which might facilitate compliance. The initiatives vary from non-financial reporting frameworks (e.g. GRI, SASB, CDP, GHG Protocol) to principle-based initiatives where companies sign-up to commit (e.g. Global Compact, OECD MNE, PRI, PSI, Climatwise). Increasingly, reporting and even external assurance is a requirement to give credibility to many of these initiatives. Where it relates to specific management standards such as ISO14001 or EMAS, external assurance is a critical part to maintain certification to the standard. ISO 26000 stands alone as purely providing guidance to interested stakeholders. Whilst this range of initiatives are voluntary in nature, many companies are already covered by mandatory legislative requirements such as emissions trading schemes which would demonstrate compliance.

The benefits of non-financial reporting are highlighted in table 1.0, but what does that mean for climate change? It is certainly likely that many companies will be forced to at least consider their environmental impact for the first time, if not their more strategic exposure to climate change. Certainly one of the key drivers of CSR/Sustainability is the ability to reduce costs by measuring operational environmental impacts, which can help to identify cost reductions. Likewise, this can result in positive cost impacts in the supply chain depending upon the sector.

What many companies find in their first attempts at environmental reporting or implementing an environmental management system is that the data is not complete, unavailable from suppliers or are incorrect. The process is one of evolution in building the management systems, training competent personnel and the communications to report it. If the level of ambition of first-time reporters go beyond a basic qualitative description of their possible environmental impacts, the basic quoted cost of 5,000 Euros is likely to be exceeded by a much greater margin, especially if external service provider assistance is needed (e.g. consultants, auditors, designers, copywriters, etc).

It is likely that a greater amount of comparability in data will be available allowing an improved assessment of the contribution of Greek companies to greenhouse gas emissions and the potential to reduce impacts. Often, the process of comparability between peers stimulates innovation to go beyond the minimum levels of compliance and quality as highlighted by KPMG (2013). It is unlikely that this specific aspect will contribute to companies being better investment opportunities in the short-term. But, with regular reporting it will have beneficial impacts on climate mitigation for operating companies in Greece.

The flexibility of the directive and likely implementation by national governments avoids most of the disadvantages against mandatory reporting. The low level of compliance will provide room for criticism from civil society groups campaigning for improved standards due to the lack of a strong compliance mechanism. Due to the wide range of criteria for impacts, it may help to stimulate greater thinking towards the risks and opportunities associated with climate adaptation for companies. This type of criteria often embedded into investor supported initiatives such as the Carbon Disclosure Project. Key elements listed by the Directive, which companies will be required to report on or explain the omission include: Policies, outcomes of policies, risks identified, due diligence conducted and KPI's (e.g. GHG Protocol or GRI).

What is also conspicuous by its' absence are opportunities identified through environmental/climate reporting and management. This is a key point stressed in the Carbon Disclosure Project and other sustainability ranking initiatives. It is anticipated that companies will find new marketing opportunities or product niches to exploit.

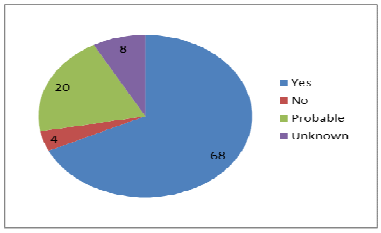
3. Methods and Data

This paper utilizes a sample of an overall assessment on current non-financial reporting activity of listed companies on the FTSE/Athex Large Cap Index (Athex Group, 2014).

3.1 Data (Δεδομένα)

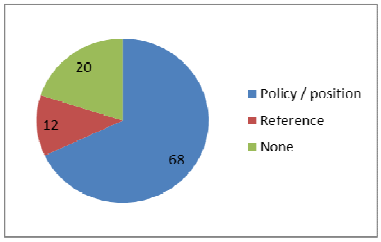
3.1.1 How many companies will be covered by the EU reporting requirements?

Figure 2: Percentage of FTSE/Athex Large Cap companies covered by the EU non-financial reporting requirements.



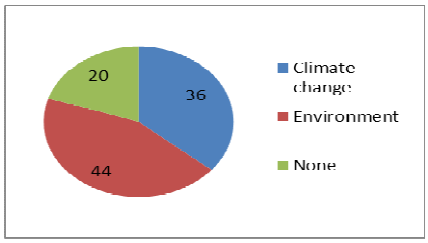
3.1.2 How many companies have environmental or climate change policies?

Figure 3: Percentage of FTSE/Athex Large Cap companies with environmental and/or climate change policies



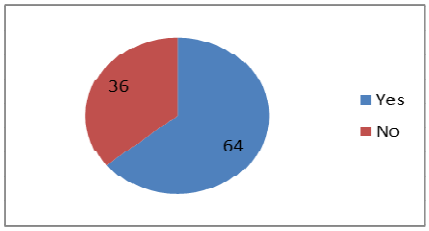
3.1.3 What type of policy do companies have?

Figure 4: Percentage of type of policies of FTSE/Athex Large Cap companies



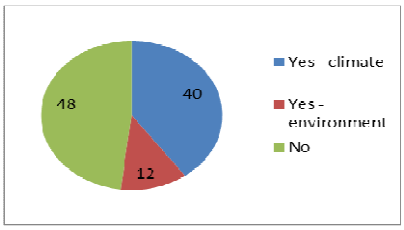
3.1.4 Do companies describe their policy outcomes?

Figure 5: Percentage of FTSE/Athex Large Cap companies describing policy outcomes



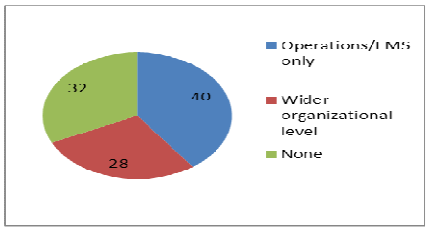
3.1.5 Do companies identify climate change or environmental risks?

Figure 6: Percentage of FTSE/Athex Large Cap identifying climate or environmental risks



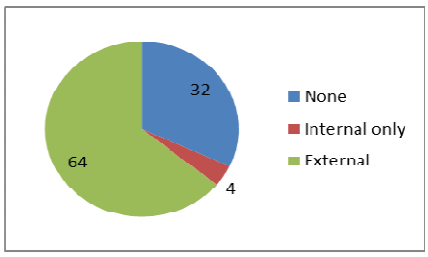
3.1.6 Do companies carry out due diligence on climate change issues?

Figure 7: Percentage of FTSE/Athex Large Cap conducting a form or environmental related due diligence



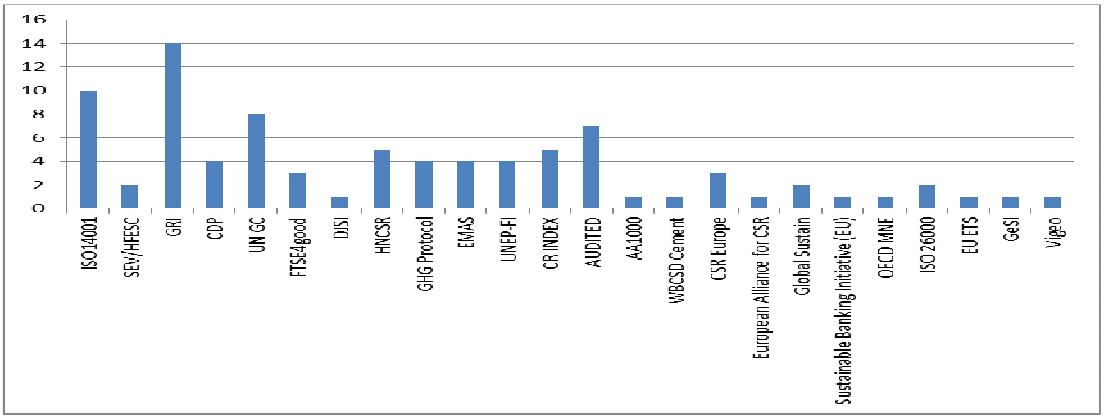
3.1.7 Do companies use environmental related KPI's?

Figure 8: Percentage of FTSE/Athex Large Cap companies communicating environmental related KPI's



3.1.8 What environmental related initiatives are currently used by companies?

Figure 9: Number of FTSE/Athex Large Cap companies using environmental/climate related initiatives



3.2 Methods (Μέθοδοι)

Each company represented on the Index is reviewed examining corporate disclosures for: Financial/annual reports, CSR/sustainability/environmental reports and Web-only content

(English and Greek). The results here specifically focus on the environmental and in particular climate change focused activity assessed against the directive requirements. All external disclosures by each listed company are reviewed focusing on 2010-14. All company websites and documentation were accessed in August 2014. Key assessment criteria include: Employee numbers, policy covering environmental and/or climate change impacts, stated outcomes of the policy, environmental or climate risks identified, if due diligence is carried out, what KPI are communicated and initiatives covering this area used by companies.

4. Empirical Results

It is highly likely that over 68% of FTSE/Athex Large Cap companies will be required to comply with the non-financial reporting requirements. These companies clearly state that they have over 500 employees, it is often unclear the exact number which are based in Greece. The reporting requirements need to be clarified on whether the number of employees relate to the global company including subsidiaries, or only the operations within Greece. At present, there is also no clarification on how contractors, sub-contractors, part-time employees and other flexible arrangements will be considered.

Another 20% of companies are likely to be covered by the requirements, although their employee data is not clearly disclosed. In some instances, separate subsidiaries of the parent companies are listed on the same index. Clarification will be needed on whether each subsidiary is required to report (which is likely) and what happens if employee numbers of the parent company drop below 500 when excluding the subsidiaries.

It can be expected that only a single company of the FTSE/Athex will not be required to comply with the reporting requirements. There are a wide range of approaches being used but the use of certified management systems is strong. This results in 68% of companies having either a publicly available policy/position on climate change or the environment. In some cases it is referenced, but linked to the successful certification under ISO14001 or EMAS which demonstrates management. Whether the requirements of the directive require an external disclosure or if the exact formulation must be a “policy” remains to be seen. An additional 12% of companies did provide some form of reference or statement regarding the environment or climate change demonstrating an awareness, if not an actual effective managed approach. Unfortunately 20% had no formal disclosure on the environment or climate change.

When considering the breakdown of the policies/positions, only 36% are specifically for or referencing climate change. A total of 44% are focused only on the environment with no reference to climate change at all. This is partly because the high usage of certified environmental management systems which primarily focuses on energy reduction. It is also possible that there is an aversion to the issue of climate change, a lack of understanding on how to tackle it or a feeling that it is not material.

Information within the EU requirements is vague in relation to defining what an outcome of a policy actually is. This could be interpreted as ongoing activity in relation to the policy, an annual assessment of compliance, reassessment of risks/opportunities and even quantitative data charting progress. It can be expected that there will be a great deal of flexibility.

The results show that 64% provide some kind of commentary on their environmental or climate approach depending on the nature of their policy. The identification of climate change risks can be challenging for organizations. In some sectors, like financial services, the concept can seem abstract, for example if you do not have large-scale polluting operations. There is also

a challenge in considering the potential timescale of the impact of a climate change risk, which may not occur before the next quarterly financial results, or even the annual shareholder meeting and then considered at best a medium-term risk. Even the identification of what presents a climate change risk is open to debate depending on the type of company and location. Nevertheless, most organizations can consider the change of weather patterns as a potential risk to their operations and/or business.

The results are interesting in that a large proportion of the companies do not disclose any form of climate risk, potentially for the reasons suggested above. There is certainly a large number who are aware of the issue and attempting to communicate their risks in line with recommended best practice standards. The exact meaning of due diligence is open to interpretation by companies. Some might suggest it to mean specific due diligence on the risks your business faces, perhaps more commonly on a transaction basis (e.g. mergers & acquisitions, or provision of financial services, etc). It can quite easily be considered as a form of due diligence relating to policy implementation and effective auditing on data. Whatever the interpretation, in the absence of more stringent guidance, there is likely to be a substantial degree of flexibility in keeping with the essence of the requirements.

There is a close alignment between the companies who have an environmental-only policy and due diligence being focused on environmental management system (EMS) certification or self-assessment unsurprisingly. There is a wide range of creativity being demonstrated by companies, particularly in the finance sector taking first steps in assessing their lending practices and supply chains. It is quite likely that more companies are conducting wider due diligence but choose not to make it public in their external communications.

A large proportion currently communicate no aspects of due diligence, either on their operational environmental impact or any more advanced due diligence on climate-related issues. The strong focus on EMS suggests the overall due diligence figures will increase. 64% of the FTSE/Athex Large Cap companies provide some form of external disclosure on the KPI's utilized for environmental disclosure. As per previous results, there is a strong tendency towards environmental indicators in support of ISO14001 and EMAS certifications. The use of climate change indicators was also strong with a large number of companies aligning with the WBCSD/WRI Greenhouse Gas Protocol and the Global Reporting Initiative climate change indicators. As we can see 32% provide no data or indicators relating to their environmental or climate change impacts.

A wide range of management standards, reporting frameworks and voluntary initiatives are used by the FTSE/Athex Large Cap companies. The most common initiative (14 companies) was the use and compliance with the Global Reporting Initiative (GRI) guidelines. GRI provides a comprehensive disclosure framework, which includes climate impacts, as well as a system for declaring your level of compliance (GRI, 2014). Certification to environmental management systems was strong as highlighted earlier with a total of 10 companies referencing ISO14001 and 4 using EMAS. Only two companies referenced the ISO 26000 sustainability guidelines. It is also of note that 7 companies highlighted auditing processes, with the majority of those being externally audited. It is likely that this figure is higher due to the audit requirement of ISO14001 and EMAS.

A wide range of voluntary initiatives are highlighted which require disclosure, such as CDP, UNGC, DJSI and FTSE4good. Other memberships of organizations such as Global Sustain, CSR Europe, UNEP-FI and the Hellenic Network for CSR are referenced. Activity

within associations demonstrate a commitment, each company would need to show how it supports compliance with future reporting requirements.

5. Conclusions

The proposed non-financial reporting requirements will increase the number of companies actively managing and considering the issue of climate change. Whilst the results indicate 88% of the FTSE/Athex Large Cap index have some form environmental or climate change approach, the extent to which they will be in scope of the regulations will be key.

The biggest consideration relates to the potential criteria on which a company will be covered by the requirements. At the EU level the threshold of companies with 500 employees will need clarification in their supporting guidance. This figure needs to be defined further to establish if it is 500 full time employees, if part-time employees are considered or should it be based on full-time equivalent measures (FTE) which is commonly used for more accurate environmental reporting? Similarly, there needs to be the consideration of the use of contractors or outsourced functions; where will the scope boundaries lie?

Another important consideration will be the treatment of subsidiaries with separate listings on the stock exchange. The EU might choose to only focus on the parent company, allowing subsidiaries to be part of a Group disclosure, or a separate stock exchange listing might require a separate disclosure, if over the 500 employee threshold. This might have implications if the parent and subsidiary separation then take them each respectively below the 500 employee threshold. Naturally, it remains to be seen if under the national legislation implementation additional clarification is provided. This will be the most important aspect for non-listed companies or state-owned enterprises

Approximately 12% of the FTSE/Athex Large Cap may need to develop improved environmental and/or climate change approaches within the next two years. There may already be activity within each corporation, but the lack of disclosure suggests this might not be the case. The projected costs of 5,000 Euros for compliance by the EU requirements is optimistic, especially if the company needs to use internal resources, has communication costs and potential external sources of support.

Generally, the FTSE/Athex Large Cap companies do provide a solid response in policies and defining their outcomes. Slightly more companies focus on environmental issues for the policy focus. This is significantly reduced when discussing risks facing the company. This either demonstrates a lack of knowledge in the identification or climate change risks or an internal assessment which does not consider it a priority. These management structures are well-supported by the use of KPI's to monitor and report on progress publicly.

Due diligence is highly variable with the biggest proportion of 40% focusing purely on operational issues. Only 28% are looking beyond operational impacts to aspects like products, services and supply chains. At least 7 companies communicate about their auditing processes, with a mixture of internal and external assessment. Three initiatives stand out which could provide sufficient compliance with the reporting requirements to satisfy any legislation. Fourteen companies are using the GRI reporting framework, the structured requirements clearly set out the environmental and climate change criteria. ISO14001 is referenced by 10 companies, not all disclose too much externally, but the presence of a management system highlights that there is a policy, structured management and data available. The UN Global Compact and it's principle

based compliance is used by 8 companies. As part of the disclosure process a Communication on Progress is required which covers environmental issues.

In summary, the EU reporting requirements will not present a significant challenge for the majority of the FTSE/Athex Large Cap companies. There will be an increase in the level of quality and disclosure in many companies which in turn should have a positive impact in the management of emissions reduction. There is also likely to be an improvement in understanding of potential climate risks to different sectors of business, which in the medium to long-term may stimulate innovate climate related products and services. The most critical aspect will relate to the scope for company inclusion under any national legislation and how the 500 employee threshold will be designed.

References

Athex Group (2014). FTSE/Athex Large Cap Index constituents. Retrieved 20th August 2014. Available at : www.helex.gr

The Economist, "Triple Bottom Line" (17th November, 2009). Retrieved 14th August 2014. Available at: http://www.economist.com/node/14301663

Ernst & Young (2009). *Non-financial Reporting.* Available at: http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Non-financial_reporting/$FILE/Climate%20change_Non%20financial%20reporting.pdf

European Commission (2014) Press release, *Improving corporate governance: Europe's largest companies will have to be more transparent about how they operate*. Available at: http://europa.eu/rapid/press-release_STATEMENT-14-124_en.htm

Global Reporting Initiative (2014). *G4 Sustainability Reporting Guidelines.* Available at: https://www.globalreporting.org/reporting/g4/Pages/default.aspx

International Integrated Reporting Council (2014). *About Integrated Reporting.* Available at: http://www.theiirc.org/the-iirc/about/

International Standards Organization, (2010). ISO26000:2010, Guidance on social responsibility.

KPMG International (2013). The KPMG Survey of Corporate Responsibility Reporting 2013. Available at: www.kpmg.com/sustainability

Somo (2013). Corporate Responsibility Instruments. A Comparison of the OECD Guidelines, ISO26000 & the UN Global Compact. Available from: http://somo.nl/themes-en/corporate-accountability

United Nations Environment Programme, KPMG, Global Reporting Initiative and the Unit for Corporate Governance in Africa (2010). Carrots and Sticks – Promoting Transparency and Sustainability.

Wallace J. and Stapountzi O. (2006). Sustainability and corporate responsibility: a comparison between Greece and the UK. ESRA conference papers series.

Αναπτύσσοντας ένα διεθνές λογιστικό πρότυπο μέτρησης και παρουσίασης των αερίων του θερμοκηπίου για χρηματοδοτικούς οργανισμούς

Καρατζόγλου Βενιαμίν
Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας – Επισκέπτης Καθηγητής, Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
venos@uom.edu.gr

Περίληψη
Η αποτίμηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑτΘ) από τις εταιρικές δραστηριότητες έχει ως σκοπό την ποσοτικοποίηση των συνολικών σχετικών αέριων ρύπων που παράγονται άμεσα και έμμεσα από τις δραστηριότητες αυτές και επιδρούν στη κλιματική αλλαγή. Τα κίνητρα για την ανάπτυξη μίας λογιστικής διαχείρισης των ΑτΘ περιλαμβάνουν την προοπτική υποχρεωτικών δημοσιευμένων καταστάσεων, την αποτίμηση και διαχείριση λειτουργικού κινδύνου, την ενημέρωση των μετόχων και άλλων ενδιαφερομένων φορέων, την εμπλοκή του προσωπικού στη σχετική προσπάθεια, και την ικανοποίηση ρητρών για συμμετοχή της επιχείρησης σε ανάληψη εθνικών και διεθνών συμβολαίων. Η μέτρηση, καταγραφή, και παρουσίαση των εταιρικών εκπομπών ΑτΘ βαθμιαία ανάγεται σε προυπόθεση άσκησης επιχειρηματικών δραστηριοτήτων. Ωστόσο, η ακριβής διαδικασία για τη συλλογή στοιχείων, υπολογισμό των εκπομπών, μέτρηση τους σε φυσικούς και λογιστικούς όρους, ποιοτική επαλήθευση, και έκδοση σχετικών καταστάσεων δεν έχει τυποποιηθεί ακόμη. Ως αποτέλεσμα, οι εκθέσεις σχετικά με το αποτύπωμα αέριων ρύπων μπορούν να χειραγωγηθούν ή παραποιηθούν από τις εκδούσες επιχειρήσεις και χαρακτηρίζονται από χαμηλή αξιοπιστία. Σε επίλυση αυτού του προβλήματος δημιουργήθηκε το Greenhouse Gas (GHG) Protocol, μία πρωτοβουλία υποστηριζόμενη από διεθνείς, κρατικούς και ιδιωτικούς φορείς, και ΜΚΟ. Οι συνεργαζόμενοι φορείς ανέπτυξαν το πλέον ευρέως αποδεκτό πρότυπο λογιστικής καταγραφής και παρουσίασης των εκπομπών ΑτΘ από τις επιχειρήσεις. Το 2011 το αρχικό πρότυπο επεκτάθηκε προκειμένου να καλύπτει και τις έμμεσες εκπομπές αέριων ρύπων που παράγονται από τις επιλογές και παραλείψεις της διοίκησης κάθε εταιρίας σε όλο το μήκος της αλυσίδας αξίας της και αφορούν τις εισροές προς, και τις εκροές από, τα αντιληπτά όρια της επιχείρησης. Υπό την αιγίδα του Περιβαλλοντικού Πρόγράμματος του ΟΗΕ, η παραπάνω πρωτοβουλία οργάνωσε το 2013 μία ομάδα ειδικών με σκοπό την επέκταση και προσαρμογή του προαναφερθέντος πρότυπου στις ανάγκες χρηματοδοτικών φορέων (ΧΦ), με έμφαση στην συνεκτίμηση των 'χρηματοδοτούμενων εκπομπών' δηλαδή εκείνων που προέρχονται από τη λειτουργία χρηματοδοτημένων από ΧΦ επιχειρήσεων. Σκοπός του παρόντος κειμένου είναι η σύντομη παρουσίαση της πρωτοβουλίας GHG Protocol και η περιγραφή της διαδικασίας προσαρμογής των προτύπων της στις ανάγκες ΧΦ μέσω μίας εν εξελίξει διαδραστικής διαδικασίας στην οποία ο γράφων συμμετέχει.

Λέξεις Κλειδιά: Λογιστική και Εκθέσεις ΑτΘ, Το GHG Protocol-Scope 3, Χρηματοδοτικοί Οργανισμοί, Χρηματοδοτούμενες Εκπομπές Ρύπων.
JEL Κωδικοί: G11, G32, Q51, Q56.

Developing an International GHG Accounting Standard to measure and report on corporate GHG performance for Financial Institutions

Benjamin Karatzoglou
University of Macedonia

Abstract
Corporate or organisational greenhouse gas (GHG) emission assessments quantify the total greenhouse gases produced directly and indirectly from business or organisational activities and resulting in climate change impacts. The drivers for developing corporate GHG accounting include mandatory GHG reporting in directors' reports, investment due diligence, risk assessment and management, shareholder and stakeholder communication, staff engagement, and tender requirements for business and government contracts. Accounting and reporting on corporate greenhouse gas emissions is increasingly seen as a standard requirement for conducting business. However, the process for data collection, emission calculation, measurement in accounting terms, process quality assurance, and reporting has not been standardized yet. As a result, reports on the carbon footprint of reporting entities can be easily manipulated and are considered of low credibility. In response to this issue the Greenhouse Gas Protocol Initiative, a multi-stakeholder partnership of entities, was established to develop a globally accepted greenhouse gas (GHG) accounting and reporting standard for business. The UNEP-FI (United Nations Environmental Program – Financial Institutions) has set up an international committee of experts to expand and adapt this standard to the needs of financial institutions (FIs) with the emphasis shifting to financed emissions, i.e., those resulting from the FIs investment portfolios. This paper briefly presents the GHG Protocol as well as the problems tackled and the advances achieved so far in the effort to adjust it to the accounting and reporting needs of FIs along an ongoing financed emissions Standard development process.

Keywords: GHG accounting and reporting; GHG Protocol Scope3; financial institutions; financed emissions.
JEL Classification: G11; G32; Q51; Q56.

1. Introduction

Over the last few years, the issue of climate change has received escalating emphasis and has become central in public, corporate and political discourse. Few fields have been unaffected by the joint effort to address climate change, while many sectors are currently identifying the critical role they can play in managing the impact of climate change and contribute to sustainability. To this end the accounting profession has a pivotal role to play in the development of disclosure practices that can assist broader public decision making (ACCA Global, 2008; KPMG, 2008). Accounting is a social practice, thus its purpose and focus have often changed over time (Jones and Oldroyd, 2009) following the changing pattern of social priorities and requirements for different types of information. This change has been apparent over the last ten years, as accountants have become more involved in the disclosure of social and environmental information emerging from organizations, NGOs and business (Adams and Frost, 2008). Extensive environmental discourse, an increasing body of literature and research on corporate environmental and social accounting practices, and the emerging voluntary and mandatory regulatory regimes to encourage standardized reporting and disclosure practices, attest to this shift. Although its contribution and long-term added value to sustainability are still researched and disputable, the shift indicates a change in social expectations and in the broader political context in which all entities operate (Andrew and Cortese, 2011).

Information is critical to decision making. Thus, unless relevant, transparent and accurate information on greenhouse gases (GHG) and carbon dioxide (CO2) emissions becomes publicly available in a timely mode, climate-related decisions, tackling issues such as policy development, risk management, stakeholder communication, and capital allocation, will actually be unsupported, deceitful of the performance and role of the publishing entity, and undermining the collective effort to develop the ideal climate change abatement policy. While this is a widely accepted truism among politicians, markets, investors, insurers, and other interested parties, most of the GHG and CO2-related disclosure schemes remain voluntary, allowing the reporting entities to position themselves favourably in the market and influence positively their stakeholders. As a result, researchers posit that the methodological diversity within publicly available carbon data inhibits homogeneity, comparability and usefulness of the information, undermines the quality of reporting and of perceived performance, and impairs the capacity for optimal climate-related decision making (Andrew and Cortese, 2011).

2. A review of initiatives: The Greenhouse Gas Protocol and the GHG Corporate Value Chain (Scope 3) Initiative

As a response to "self-regulation" and methodological diversities there have been a number of international and national attempts to regulate and standardize disclosing practices. The Carbon Disclosure Project (CDP) is an international, not-for-profit organization providing the only global system for companies and cities to measure, disclose, manage and share vital environmental information and, currently, it is the largest international repository of corporate carbon data. CDP requires that information be supplied with reference to the GHG Protocol. The Greenhouse Gas (GHG) Protocol Initiative is a multi-stakeholder partnership of businesses, NGOs, governments, and other parties convened by the World Resources Institute (WRI) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Launched in 1998, the Initiative's mission has been to develop internationally accepted greenhouse gas accounting and reporting standards for business and to promote their broad adoption. The principal standard

developed by the GHG Protocol is the Corporate Accounting and Reporting Standard (hereafter GHG Standard), a document, which provides a step-by-step guide for companies to use in quantifying and reporting their GHG emissions.

The first edition of the GHG Standard was published in 2001 and enjoyed global acceptance and adoption, probably because of the multi- stakeholder procedure used in its development. The GHG Standard was designed to provide principles and guidance for all entities preparing a GHG emissions inventory. It covers the accounting and reporting of the six greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol, namely carbon dioxide (CO2), methane (CH4), nitrous oxide (N2O), hydrofluorocarbons (HFCs), perfluorocarbons (PFCs), and sulphur hexafluoride (SF6). The revised edition of the GHG Standard (2004) provided additional guidance, case studies, appendices, and a new chapter on GHG target setting. Both editions serve the following objectives (WBCSD and WRI, 2004):

• To help companies prepare a GHG inventory that represents a true and fair account of their emissions, through the use of standardized approaches and principles
• To simplify and reduce the costs of compiling a verifiable GHG inventory
• To provide business with information that can be used to manage and reduce GHG emissions, minimize risks, and identify reduction opportunities
• To provide information that facilitates participation in voluntary and mandatory GHG programs and in GHG markets
• To increase consistency and transparency in GHG accounting and reporting among various companies and GHG programs.

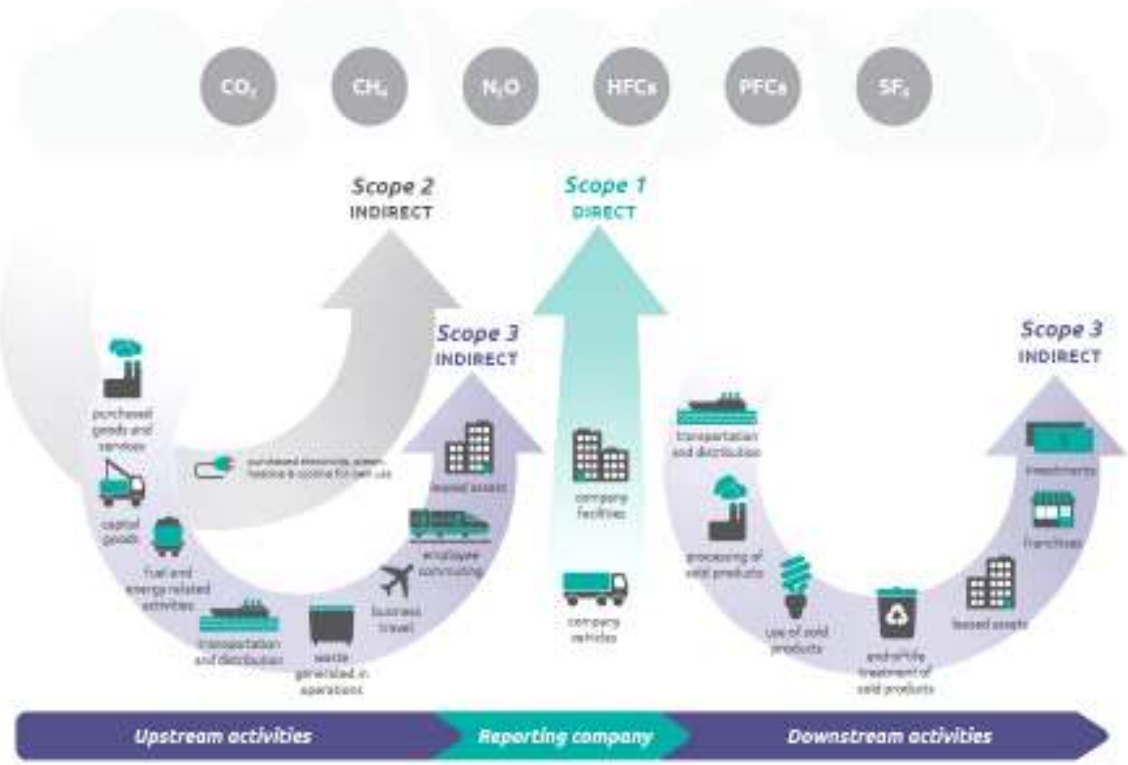
Contrary to other GHG programs, the GHG Standard focuses *only* on standardizing the accounting and reporting practices of emissions. Both business and external stakeholders benefit from converging on a common standard. For business, the GHG Standard reduces GHG inventory information requirement costs. For external parties it improves the consistency, transparency, and understandability of reported information, facilitating tracking and progress comparison over time.

The maintenance of a corporate GHG inventory allows companies to take into account the emissions-related risks and opportunities from *their own* operations and focus company efforts on *their* most important GHG impacts. Through the ensuing development of the GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard (hereafter GHG Scope 3 Standard), the GHG Protocol has responded to the demand for an internationally accepted method to proactively enable effective GHG management of companies' *value chains*.

The GHG Scope 3 Standard (WBCSD and WRI, 2011) complements and builds upon the original GHG Standard. It provides requirements and guidance for companies and other organizations to prepare and publicly report a GHG emissions inventory that includes indirect emissions resulting from upstream and downstream value chain activities. Specifically, the GHG Standard classifies a company's direct and indirect GHG emissions into three "scopes," and requires that companies account for and report all scope 1 emissions (i.e., direct emissions from owned or controlled sources) and all scope 2 emissions (i.e., indirect emissions from the generation of purchased energy consumed by the reporting company) while it gives companies flexibility on *whether and how* to account for scope 3 emissions (i.e., all other indirect emissions that occur in a company's value chain). But as GHG accounting expertise has grown, so has the realization that significant emissions – and associated risks and opportunities – result from value chain activities not captured by scope 1 and scope 2 inventories. The Scope 3 Standard has been

designed to enable a company to identify the greatest GHG reduction opportunities across the entire corporate value chain and *requires* that it report on its Scope 3 activities. The primary goal of this model is to provide a standardized step-by-step approach to help companies understand their *full value chain* emissions impact in order to focus corporate efforts on the optimal GHG reduction opportunities, leading to more sustainable decisions across the life-cycle of products. The following figure (1) provides an overview of the three GHG Protocol scopes and categories of Scope 3 emissions.

Figure 2: Overview of GHG Protocol scopes and emissions across the value chain



While each standard can be implemented independently, both standards are mutually supportive. Common data as well as data collected from suppliers, customers and other companies in the value chain are used to develop Scope 3 inventories. To avoid overlap and double counting and to improve efficiencies in data collection, companies on the same value chain may find it useful to develop Scope 3 reporting in parallel. Yet, the complexity of the process has led the GHG Protocol initiative to design and provide a web-based variety of cost-free useful GHG data sources, calculation tools and reporting guidance.

Critical terms, used by the Scope 3 Standard, need to be conceptualized at this point. Defining the organizational boundary and using a consistent consolidation approach are key steps in corporate GHG accounting. If a company applies the *equity share approach*, emissions from any asset the company partially or wholly *owns* are included in its direct (Scope 1) emissions, but emissions from any asset the company controls but does not partially or wholly own, such as a leased asset, are included in its Scope 3 inventory. If a company selects the

operational control approach, emissions from any asset the company controls are included in its direct emissions (i.e., scope 1), but emissions from any asset the company wholly or partially owns but does not control (e.g., investments) are included in its scope 3 inventory. Further, emissions from activities can be categorized as direct (i.e., scope 1 emissions) or indirect (i.e., scope 2 and scope 3 emissions). They can be *upstream* emissions, i.e., indirect GHG emissions related to purchased or acquired goods and services or *downstream* emissions, i.e., indirect GHG emissions related to sold goods and services, as summarized in Figure 1. Finally, the Scope 3 Standard categorizes scope 3 emissions into 15 distinct, mutually exclusive categories, as listed in the following Table 1.

Table 1: List of scope 3 categories

Upstream or downstream	*Scope 3 category*
Upstream scope 3 emissions	1. Purchased goods and services 2. Capital goods 3. Fuel- and energy-related activities (not included in scope 1 or scope 2) 4. Upstream transportation and distribution 5. Waste generated in operations 6. Business travel 7. Employee commuting 8. Upstream leased assets
Downstream scope 3 emissions	9. Downstream transportation and distribution 10. Processing of sold products 11. Use of sold products 12. End-of-life treatment of sold products 13. Downstream leased assets 14. Franchises 15. Investments

The reporting time boundary is another critical issue resulting from the effort to introduce the matching principle in GHG accounting. The GHG Standard is designed to account for all emissions related to the reporting company's activities in the reporting year. This is reasonable with those Scope 3 categories where emissions occur simultaneously with the activity. But for most Scope 3 categories, emissions may have occurred in previous years from upstream or may be expected to occur in future years from downstream activities with long-term emissions impacts as a result of the waste generated, investments made, and products sold in the reporting year. Apparently, special care should be taken with the allocation and reporting of the emissions of these categories.

The variety in characteristics and information requirements among sectors has made it imperative for the GHG Protocol initiative to proceed in the development of complementary sector-specific implementation guidance and tools to drive more consistent corporate GHG measurement, reporting, and performance tracking practices for particular sectors. Several cross-sector and sector-specific calculation tools and over 80 emission factor databases have already been developed to help companies calculate and interpret GHG emissions from specific sources

or sectors (such as the aluminium, cement, and paper industry) and recommend sector-specific performance metrics. The tools, typically in the form of electronic worksheets, are consistent with those proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007); they are accurate, user-friendly for non-technical stakeholders, and believed to represent the current "best accounting practice" in the field. The long lasting, comprehensive, multi-stakeholder process used in their development ensures broad acceptance and facilitates increased consistency and credibility in the outcome. As a next step along this ongoing standard development procedure, the GHG Protocol partnered with the UNEP Finance Initiative (UNEP FI) to develop a FI sector supplement providing guidance on GHG Accounting and Risk Management according to the Scope 3 Standard. The purpose of this cooperation is to create a robust, harmonized approach to foster greater transparency, an informed dialogue among stakeholders, and a GHG- risks shield for financial institutions.

3. Financed Emissions Initiative – A brief presentation of terms and rationale

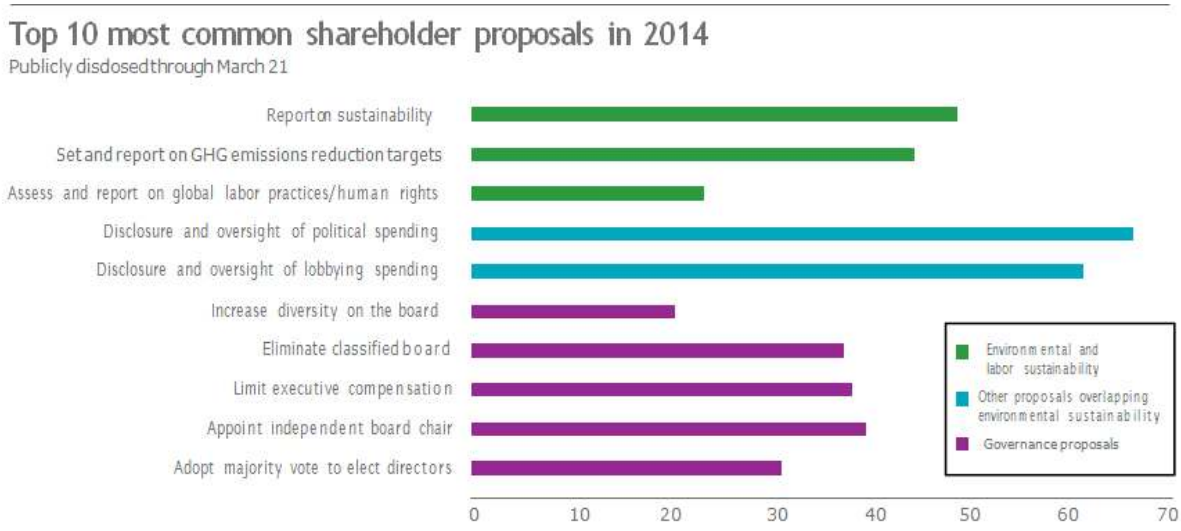
Financial institutions are needed in the transition from high to low carbon. Carbon intensive industries need capital to move towards carbon efficient practices and the investment community can motivate and support them in decoupling economic growth from increasing emissions and environmental degradation. In 2003, the private sector accounted for 45 per cent of the total volume of emission reductions contracted for in developing countries, double the share recorded in 2002. While the goal to limit climate change to +2°C over pre-industrial levels has been officially established by world governments, the results are inequitable and limited. A financial environment that promotes financing and investment in accordance with the +2°C climate principle suggests that new tools and new rules be developed to connect the existing regulatory frameworks with emerging performance and risk assessment and reporting practices (The 2° Investing Initiative, 2012). The Scope 3 Standard is one of those tools which FIs should use to assess the profitability and risk prospects in the case of financed emissions.

For business, the severity of climate change impacts depends on several factors, including climatic sensitivity, location, management practices, market conditions, existing policies and regulations, and so forth. Some investment sectors are intrinsically more climatically sensitive, because of the nature of their operations or supply chains. Others, such as agribusiness, energy, and tourism, operate in markets where supply, demand, and price rise and fall significantly in line with variations in the weather. The accounting perception of the imminent changes entails fluctuating prices, decreased efficiency and productivity, increased operating expenses, additional capital expenditure (CAPEX), faster asset depreciation, loss contingencies, and aggravated supportive costs –especially those related to insurance, health, safety and environmental issues. At an individual company level, proactive assessment and management calls for additional CAPEX to potentially decrease the likelihood of adverse impacts from creeping changes or extreme events and aid the company to gain a competitive advantage. Finally, advancement of information and evolving knowledge about climate change and its impacts are rapid, resulting in the development of risk management tools to facilitate incorporation of climate considerations into decision making (IFC 2010). The emphasis has shifted towards integrating climate change issues into mainstream finance.

As part of the transition to a low-carbon economy, the financial sector must better understand its exposure to GHG emissions. Today most banks only measure the emissions of their own operations which are negligible in comparison to those of their lending and investing

portfolios (their 'financed emissions'). Over the past ten years a large number of methods to measure financed emissions were developed by FIs but the number and quality of financed emissions reporting remain low despite strong such demand by external stakeholders. A probable reason is the lack of an internationally accepted accounting methodology customized to the needs of the financial sector. Additionally, banks face growing shareholder concerns over high risks and low returns related to GHG-exposed investments and loans as society moves towards a carbon-constrained economy. An overview of shareholder proposals submitted to public companies during the 2014 proxy season ranked climate change issues third in importance (Gibson Dunn, 2014). Through further proposal analysis, Ernst & Young classified the ten most common shareholder proposals in the 2014 proxy season as follows:

Figure 2: The top 10 most common shareholder proposals in 2014 (E&Y, 2014)



Apparently, three of the ten most common shareholder proposals, marked green in the graph, focus exclusively on sustainability, while the two most common proposals to date, marked blue, share a peripheral focus on sustainability topics indicating that environmental and social issues dominate shareholder concerns. FIs now have the opportunity to capitalize on these expectations and accelerate the transition to a low carbon economy. Measuring and reporting on the environmental impacts of financing low or zero-carbon projects and investments can minimize the perceived risk by investors. Credible GHG measurement, management, and reporting help FIs demonstrate a clear commitment to sustainability, improve brand reputation, bolster transparency and credibility, and distinguish reporting entities from their peers. On the other hand, the wide number of audiences increases expectations, complicates the compliance efforts, and boosts associated costs making the measurement and reporting of the environmental impacts of investment portfolios a demanding reputational challenge (Ernst & Young, 2014). Identifying the optimal level of GHG measurement and reporting by balancing the aforementioned motives and barriers, is fast becoming a prerequisite for viability and success in the financial sector.

4. Financed Emissions Initiative: An evolving effort to provide to the financial sector Guidance on GHG Accounting and GHG Risk Management

4.1 Description of past efforts

Many financial institutions and other institutional investors, such as pension funds or asset management firms, have environmental and social goals associated with those of the major companies in which they invest. Such actors aim to create long-term sustained revenues and minimize investment risks in climatically sensitive sectors or regions. 'Risk' in this context literally refers to all types of possible hazards, namely credit and financial risk, operational and strategic risk, legal and environmental risk. Evidently, if changing climate conditions are not actively managed, investments and institutions may underperform in terms of revenue, profit, and risk management (IFC, 2010). Apart from threats, climate change also presents opportunities for business and FIs investing in areas such as renewable energy and energy efficiency and in companies with expertise in areas such as flood prevention or climate change abatement. Finally, governments are likely to look to the private sector to provide part of the capital required to deliver significant reductions in GHG emissions and respond to physical impacts of climate change. In practice, for the private sector to play a meaningful role in financing investments with the typical characteristics of public goods requires significant levels of public support through the provision of capital or other financial motives and by allowing the funding institutions to capture partial benefits from the investment (CISL, 2014). The steps that Banks should follow along this effort are described next (BankTrack, 2009):

- Banks should disentangle from clients and disengage from all activities and projects that substantially contribute to climate change, such as supporting new coal-fired power plants, oil and gas extraction and delivery, or other GHG intensive companies or sectors.
- Banks should minimize the extent to which their remaining activities and investments contribute to climate change. Towards this end, they should:
    - Assess and report on GHG pollution associated with all their loans, investments, and other financial services;
    - Establish sufficiently ambitious portfolio and business-unit emissions reduction targets in line with current science on climate stabilization; and
    - Develop a set of tools to address climate issues and reduce GHG pollution across the full range of their operations and services.
- Banks should increase their support for the development and use of climate-friendly technologies and production processes. Accordingly, they should:
    - Increase support for GHG pollution reduction technology, renewable energy production and energy efficiency in all business lines; and
    - Develop new financing products and services to help retail customers address climate change and accommodate the small scale, decentralized efficiency initiatives, likely to be more prevalent in a decarbonized economy.
- Banks should refrain from contested activities with doubtful contribution to climate change, such as carbon trading, financing of nuclear energy, large scale hydro power, biofuel production, and carbon capture and storage.

The management of financed emissions mostly involves the 2nd step. It refers to the policies that FIs must adopt to ensure that the impact of their remaining portfolios on climate change is drastically reduced. To fully account for their climate footprint, FIs should:

- Measure and report GHG emissions associated with the financial services they render rather than simply measure their own carbon footprint.
- Establish ambitious (beyond the insufficient Kyoto Protocol determined) reduction targets and benchmarks for their financed emissions.
- Develop and implement appropriate and rigorous management tools and oversight mechanisms to ensure compliance with other corporate policies and strategic objectives, such as their credit rating, risk management, and personnel incentives frameworks.

The accepted standard for the 1st recommendation on accounting, measuring and reporting on GHG emissions, is the GHG Protocol. Newer methodologies are being developed to customize the GHG Protocol to financial institutions; FIs are expected to induce all their clients that produce significant quantities of greenhouse gases to use the GHG Protocol accounting and reporting procedures as a condition of financing. Actually, the GHG Scope 3 Standard is the one that FIs should use to measure and report on their own performance since, in terms of the GHG categorization, 'financed emissions' are indirect downstream emissions, classified in the number 15 category as presented in table 1. Category 15 includes Scope 3 emissions associated with the reporting company's investments in the reporting year. Relevant investments must have been excluded from scope 1 or scope 2 inventory of the fund recipient companies according to the consolidation approach and the organizational boundaries as defined by the reporting company - FI. *Investments* are categorized as a downstream scope 3 category because the provision of capital or financing is a service provided by the reporting company. Apparently, a reporting company's scope 3 emissions from investments will reflect the scope 1 and scope 2 emissions of investees.

For purposes of GHG accounting, this standard divides financial investments into four types:

- Equity investments
- Debt investments
- Project finance
- Managed investments and client services

The required or optional GHG accounting approach, most appropriate for each type of financial investment or service, is analytically provided in the Scope 3 Standard (WBCSD and WRI, 2011, tables 5.9 and 5.10). Emissions from investments should be allocated to the reporting company based on the reporting company's proportional share of investment in the investee. Because investment portfolios are dynamic and can change frequently throughout the reporting year, companies should identify investments by choosing a fixed point in time, or using a representative average over the course of the reporting year. No significant activity should be excluded while the most critical activities should be identified ad hoc by using criteria such as size and influence of emissions, financial significance, contribution to corporate risk exposure, availability of guidance, and perception by key stakeholders.

After a company has identified the activities to be included in its scope 3 boundary, the next step is to collect the necessary data to calculate its scope 3 emissions. The two key methods used to quantify emissions are direct measurement and calculation. Physical measurements of critical activities take place and special emission factors are used to convert activity data into GHG emissions data. Companies are also expected to use the Global Warming Potential (GWP) values provided by the IPCC to convert GHG emissions data for non-CO2 gases into units of carbon dioxide equivalent (CO2e). If different FIs have funded the same entity, site-specific

Scope 3 emissions data should be allocated among them via economic allocation based on each institution's proportional share of equity or debt in the investee.

GHG accounting and reporting allows companies to track and report their emissions performance over time. The four steps applied involve:

- Choosing a representative base year and determining base year emissions
- Setting scope 3 reduction targets, separate for individual scope 3 categories
- Recalculating base year emissions, if significant changes in company structure or inventory methodology occur, and
- Accounting for scope 3 emissions and implementing a variety of actions to reduce them over time. For a Bank, such actions might involve engagement in lower-emitting investments, technologies, and/or projects.

External assurers (third parties) may be used to enhance internal accounting and reporting practices, increase management self-reliance, and improve stakeholder confidence in the reported information. ISO 14064-3 (2005) provides specification with guidance for the validation and verification of GHG assertions and can function as a basis together with the GHG Protocol Product Standard guidelines.

The last step for any FI engaged in the process is GHG reporting. A credible GHG emissions report presents information based on the principles of relevance, accuracy, completeness, consistency, and transparency. It should be based on the best data available, be transparent about its limitations and, ideally, be verified by a qualified external examiner. The Scope 3 Standard provides analytical guidance on the implementation of selected reporting requirements and optional information as well as reporting sample forms. The content of the report *must* disclose information about total GHG internal and financed emissions reported in metric tons of CO2e and a description of the methodologies, allocation methods, and assumptions used to calculate scope 3 emissions. It *may* also provide information on supplier/ partner/ customer engagement and performance, on product performance, comparison of the actual performance to internal and external benchmarks, and any additional qualitative or quantitative information needed to explain or provide context to the reported data.

4.2 Pending issues and suggestions for the future

The GHG Protocol has partnered with UNEP -FI in developing guidance to help FIs better account for, report on, and manage risks from financed GHG emissions according to the Scope 3 Standard. The end product of this partnership will be comprised of two documents providing guidance one on accounting and reporting of financed emissions and one on GHG-risk assessment and management for the financial sector. The scoping phase lasted for one year and the development phase, an inclusive, multi-stakeholder process, is expected to last two years. International organizations, scientific experts, industry representatives, NGOs and other parties contribute to the process. All Scope 3 components (vision, goals, methods, metrics, targets, and reporting) are reviewed and adjusted to the needs of FIs. Technical Working Groups (TWGs) have been arranged for each component and cross-cutting TWGs coordinate the guidance development process, products, and role of each TWG to reach a broad agreement.

Stakeholders seem to have achieved strong consensus on certain topics but they equally strongly disagree on other issues. It has become evident that different FIs have diverse goals and different elasticities to serve those goals. For instance, while institutional or individual investors may decide to rebalance their stock portfolio overnight, Banks cannot respond to changes swiftly by adjusting their clients and financed activities or projects. FIs suffering from high visibility,

such as major international Banks, tend to focus their efforts on managing their reputational risk, while obscured Asset Management or Pension Fund ventures may focus exclusively on managing their operational risk. Yet, different corporate goals call for dissimilar performance measurement systems, different metrics, and a variety of accounting applications. Further, the extent to which the metrics chosen should be of a purely quantitative or qualitative nature and, in the former case, whether they should bear physical, financial /accounting, or mixed content are among those issues most strongly debated. It now seems that the investment and banking communities need different, activity- or asset-class specific, measures and the produced guidance should comprise a suite of metrics to allow ad hoc selection and customization to individual corporate needs. Currently there are four propositions on how to proceed: hybrid, wait and see, phased, and business-as-usual; each one of them has its pros and cons but none enjoys broad approval. The gist of the whole process has been contested by some participants, including the appropriateness of the Scope 3 Standard to function as the basis for the process, or the use of 'financed emissions' as the ideal tool to measure FIs climate performance. It appears that creating a unique GHG accounting guidance for a large and very diverse sector, such as the financial one, has been a very ambitious goal. Thus, TWGs have proceeded to a 'landscape' review of the alternate climate metrics to record the existing commonly reported climate and environmental performance metrics by FIs (supply side), and to identify the most frequently requested climate and environmental performance metrics by external stakeholders (demand site). Based on these findings TWGs are currently working on:

- Developing a rubric relating FIs to specific activities, asset classes, and/or transaction types
- Suggesting alternative GHG financed emissions metrics for each combination, and
- Determining reporting requirements

In the next few months, TWGs are expected to submit their final proposals so that the public consultation period begins and the two supplements for FIs to measure and report on the accounting and risk management of their 'financed emissions' become available.

References

ACCA Global (2008). Sustainability Focus. Available from: http://www.accaglobal.com/allnews/members/2008/NEWSQ3/Features/3136043

Adams C.A. and Frost G.R. (2008). Integrating sustainability reporting into management practices. *Accounting Forum*, 32(4), 288–302.

Andrew J. and Cortese C. (2011). Accounting for climate change and the self-regulation of carbon disclosures. *Accounting Forum* (Vol. 35, No. 3, pp. 130-138). Elsevier.

BankTrack (2009). A Challenging Climate 2.0: What banks must do to combat climate change. Updated position paper. 2nd Copenhagen ed. Nijmegen, Netherlands. Available from: www.banktrack.org

CISL (University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership) (2014). Climate Change: Implications for Investors and Financial Institutions. Available from: www.cisl.cam.ac.uk/ipcc

Ernst and Young (2014). Banking on the benefits of accounting for GHG emissions: Let's talk: sustainability. April 2014 Issue 2

Gibson Dunn (2014). Shareholder proposal developments submitted to public companies during the 2014 proxy season. N.Y., USA Available from: http://www.gibsondunn.com/publications/Documents/Shareholder-Proposal-Developments-During-2014-Proxy-Season.pdf

IFC (International Finance Corporation (World Bank)). (2010). Climate Risk and Financial Institutions: Challenges and Opportunities. Washington, USA. Available from: http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/444e0400488559418274d26a6515bb18/IFCClimate_RiskandFIs_FullReport.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=444e0400488559418274d26a6515bb18

IPCC (2007). Summary for Policymakers in Climate Change: Mitigation. Contribution of WG III to the Fourth Assessment Report of the IPCC, ed. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Jones M. J., & Oldroyd, D. (2009). Financial accounting: Past, present and future. *Accounting Forum,* 33(1), 1–10.

KPMG (2008). Climate change: Current accounting and tax issues for Australian business leaders. KPMG. Sydney.

The 2° Investing Initiative. (2012). Financing the transition to a low carbon economy. Paris, France. Available from: http://2degreesinvesting.org/IMG/pdf/ connecting_the_dots-2deginvesting_2012-v2.pdf?iframe=true&width=986&height=616

WBCSD and WRI. (2004). The Greenhouse Gas Protocol, Revised Edition,. Geneva Switzerland. Available from: http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/ghg-protocol-revised.pdf

WBCSD and WRI. (2011). The Greenhouse Gas Protocol: Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. USA. Available from: http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Corporate%20Value%20Chain%20%28Scope%203%29%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf

Πρόβλεψη κινήτρων καταναλωτών στην Ελλάδα για την αγορά εθελοντικών αντισταθμισμάτων άνθρακα μέσω σύγκρισή τους με άλλα πιστοποιημένα προϊόντα

Κωνσταντίνος Γ. Παπασπυρόπουλος[1], Χρήστος Ν. Καραχρήστος[2], Ιωάννης Α. Παππάς[1] & Δημήτριος Καραμανώλης[1,3]

[1]*Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Οικονομικής, ΤΘ 242, 54124*

[2]*Υλωρική Ε.Ε., Εταιρία Μελετών, Θεσσαλονίκη*

[3]*Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστική και Τηλεπισκόπησης, ΑΠΘ*

kodafype@for.auth.gr chrtun@gmail.com ipappas04@yahoo.gr karam@for.auth.gr

Περίληψη

Οι Εθελοντικές Αγορές Πώλησης Αντισταθμισμάτων Άνθρακα (Voluntary Carbon Markets) είναι ένα από εργαλεία αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Μέσω αυτών, καταναλωτές (πολίτες ή επιχειρήσεις) που δεν έχουν κάποια νομική υποχρέωση μείωσης των εκπομπών CO_2 που παράγονται από τις δραστηριότητές τους, αποφασίζουν εθελοντικά να μειώσουν το ανθρακικό τους αποτύπωμα (carbon footprint). Στην Ελλάδα, τουλάχιστον στην γνώση μας, φαίνεται να μην υπάρχει ανάλογη αγορά μέχρι στιγμής και, έτσι, δεν έχει διερευνηθεί ποιοι είναι οι λόγοι και τα κίνητρα που θα οδηγούσαν τους καταναλωτές σε μια τέτοια ενέργεια. Είναι άγνωστο, επίσης, αν καταναλωτές στην Ελλάδα αγοράζουν αντισταθμίσματα άνθρακα από αγορές του εξωτερικού. Στην παρούσα έρευνα εξετάζεται μέσω της διεθνούς βιβλιογραφίας το θεωρητικό πλαίσιο που αφορά τα κίνητρα των ενδιαφερομένων για εθελοντικό αντιστάθμισμα εκπομπών. Στη συνέχεια συγκρίνονται τα κίνητρα αυτά με ανάλογα ευρήματα στη βιβλιογραφία, τα οποία σχετίζονται με την αγορά πιστοποιημένων ως προς την περιβαλλοντική τους συμπεριφορά προϊόντων (αειφορικά πιστοποιημένη ξυλεία, οργανικά τρόφιμα, βιοκαύσιμα) από καταναλωτές στην Ελλάδα. Στο τέλος, με βάση την παραπάνω σύγκριση, γίνεται πρόβλεψη για τα κίνητρά τους ως προς την αγορά αντισταθμισμάτων άνθρακα.

Λέξεις Κλειδιά: Εκπομπές CO_2, Αντισταθμίσματα Άνθρακα, Αειφορικά Πιστοποιημένη Ξυλεία, Οργανικά Τρόφιμα, Βιοκαύσιμα.

JEL Κωδικοί: Q01, Q02, Q21, Q23, Q54, Q56, Q57.

1. Εισαγωγή

Η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Κιότο (United Nations, 1997) δημιούργησε διάφορους μηχανισμούς παγκοσμίως για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism) και αυτός της Κοινής Εφαρμογής (Joint Implementation) αποτέλεσαν δημοφιλείς εναλλακτικές για την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, καθώς και για τη δυνατότητα των ανεπτυγμένων χωρών να αντισταθμίζουν τις εκπομπές αερίων από τις δραστηριότητές τους (Taiyab, 2006). Τα αντισταθμίσματα άνθρακα (carbon offsets) που παρήχθησαν, και παράγονται ακόμα, από αυτούς

τους μηχανισμούς, εμπορεύονται σε συστήματα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (Emission Trading), τα οποία με τη σειρά τους αποτελούν τον τρίτο μηχανισμό του Πρωτοκόλλου του Κιότο (Hepburn 2007, Perdan and Azapagic 2011).

Πέρα από την ανάπτυξη αυτών των υποχρεωτικών μηχανισμών, δημιουργήθηκε παράλληλα και μια αγορά εθελοντική, με σκοπούς είτε να συμμετέχει και αυτή σε ανάλογους μηχανισμούς όπως το CDM μέσω συστημάτων εμπορίας, είτε στο να διαθέσει αντισταθμίσματα άνθρακα μέσω συναλλαγών που προκύπτουν από προγράμματα παραγωγής αντισταθμισμάτων (Estrada et al., 2008). Οι Εθελοντικές Αγορές Άνθρακα (Voluntary Carbon Markets), όπως ονομάζονται, είναι μη ρυθμιζόμενες αγορές για πώληση πιστώσεων άνθρακα (carbon credits) που λειτουργούν ανεξάρτητα από το Πρωτόκολλο του Κιότο ή το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και σε αυτές διακινούνται αντισταθμίσματα άνθρακα τα οποία μπορούν να αγοράζονται από ιδιώτες, επιχειρήσεις, υπηρεσίες και άλλους οργανισμούς χωρίς αυτοί να είναι υποχρεωμένοι από κάποιου είδους νομοθεσία (Kollmuss et al., 2008). Από το τέλος, μάλιστα, του 2010 έπαψαν να γίνονται συναλλαγές στο Χρηματιστήριο Άνθρακα του Σικάγο (CCX) και έτσι όλες οι συναλλαγές προκύπτουν από έργα για την μείωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και την διακίνησή τους στην ανοιχτή αγορά (Over the Counter Market) (Peters-Stanley et al., 2012).

Στις εθελοντικές αγορές άνθρακα (VCM) αναπτύσσονται κυρίως έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έργα καλύτερης χρήσης της ενέργειας, καθώς και δασικά έργα (δασώσεις, αναδασώσεις, αποφυγή αποδάσωσης), με τα τελευταία να είναι ιδιαίτερα δημοφιλή στις εθελοντικές αγορές σε σχέση με τις υποχρεωτικές (Παπασπυρόπουλος κ.ά., 2013). Οι VCM αγορές εμφάνισαν ιδιαίτερη άνθιση μέχρι το 2008, όμως με την έναρξη της διεθνούς οικονομικής κρίσης εκείνη τη χρονιά, επηρεάστηκαν κατά πολύ. Από το 2011, όμως, και μετά αυξήθηκε ξανά τόσο ο όγκος των συναλλασσόμενων αντισταθμισμάτων άνθρακα, όσο και η αξία της αγοράς, αλλά το 2013 υπήρξε η μεγαλύτερη μέχρι στιγμής πτώση (Peters-Stanley and Gonzalez, 2014). Παρόλα αυτά, η αγορά συνεχίζει να είναι μεγάλη και δημοφιλής και να πουλά τις πιστώσεις άνθρακα που δημιουργούνται κατά πολύ περισσότερο σε σχέση με την τρέχουσα τιμή των υποχρεωτικών αγορών (το 2013 η σταθμισμένη μέση τιμή στις VCM αγορές ήταν 4,9$/τόνο CO_{2e}, ενώ στις υποχρεωτικές κινήθηκε και κάτω του ενός δολαρίου) (Peters-Stanley and Gonzalez, 2014).

Η δημοφιλής αυτή αγορά πώλησης ενός άυλου ουσιαστικά προϊόντος στο εξωτερικό, του άνθρακα, δεν έχει βρει μέχρι στιγμής, τουλάχιστον στη γνώση μας, μιμητές στην Ελληνική αγορά. Έτσι, είναι περιορισμένη και η έρευνα που αφορά το πεδίο αυτό στη χώρα μας. Στο εξωτερικό συναντάται ένα μεγάλο εύρος οργανισμών που πωλούν απευθείας στους πολίτες ή σε επιχειρήσεις αντισταθμίσματα άνθρακα για να μειώσουν το ανθρακικό αποτύπωμα (carbon footprint) των ενεργειών τους στην καθημερινότητα. Έτσι, υπάρχουν και ανάλογες έρευνες που μελετούν τα χαρακτηριστικά των καταναλωτών αντισταθμισμάτων άνθρακα.

Στην Ελλάδα δεν φαίνεται να υπάρχουν τέτοιες έρευνες. Γι αυτό στην παρούσα έρευνα προσπαθούμε να προβλέψουμε τα χαρακτηριστικά των καταναλωτών στην Ελλάδα οι οποίοι θα αγόραζαν αυτό το προϊόν. Ξεκινούμε αρχικά μελετώντας τις κοινωνικοοικονομικές θεωρίες που υπαγορεύουν μια τέτοια κίνηση και, στη συνέχεια, μελετούμε τη βιβλιογραφία για το ποιόν της πλευράς της ζήτησης για τριών ειδών «περιβαλλοντικά» προϊόντα: α) τα οργανικά (βιολογικά) τρόφιμα, β) τα βιοκαύσιμα, και γ) τα πιστοποιημένα προϊόντα ξυλείας. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται στο τέλος της έρευνας μια περιγραφή των πιθανών αγοραστών αντισταθμισμάτων άνθρακα στην Ελλάδα.

2. Μέθοδοι και Δεδομένα

Η έρευνα είναι κυρίως βιβλιογραφική. Βασίστηκε στη μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας οι οποίες σχετίζονται με τα εξής θέματα-λέξεις κλειδιά: α) εθελοντικές αγορές άνθρακα, β) κοινωνικοοικονομικές θεωρίες, γ) προθυμία πληρωμής (WTP) για οργανικά τρόφιμα, δ) WTP για βιοκαύσιμα και ε) WTP για πιστοποιημένα προϊόντα ξυλείας. Η αναζήτηση έγινε στις ευρέως διαδεδομένες επιστημονικές βάσεις, όπως το Scopus και το Web of Knowledge, καθώς και στη δημοφιλή μηχανή αναζήτησης Google Scholar. Για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα και καλύτερη πρόβλεψη των πιθανών μελλοντικών αγοραστών αντισταθμισμάτων άνθρακα στην Ελλάδα, εξετάστηκαν μόνο έρευνες που είχαν δημοσιευτεί σε αναγνωρισμένα επιστημονικά περιοδικά. Επειδή, όπως αποδείχτηκε από την εύρεση επιστημονικών άρθρων, οι έρευνες που αφορούσαν την Ελλάδα σχετικά με τα οργανικά τρόφιμα, τα βιοκαύσιμα και τα πιστοποιημένα προϊόντα ξυλείας ήταν αρκετά περιορισμένες, εξετάστηκαν και μερικές δημοσιεύσεις που αφορούσαν τις αντίστοιχες αντιλήψεις καταναλωτών στο εξωτερικό.

3. Αποτελέσματα

Χωρίζουμε τα αποτελέσματα της έρευνας σε έξι υποενότητες, σύμφωνα με τους στόχους της παρούσας έρευνας. Πρώτα αναλύονται τρεις κοινωνικοοικονομικές θεωρίες που πιθανά ερμηνεύουν τα κίνητρα των καταναλωτών να προβούν σε αγορά αντισταθμισμάτων άνθρακα στο εξωτερικό. Στη συνέχεια διαπιστώνεται το διεθνές πρότυπο καταναλωτών του συγκεκριμένου προϊόντος και στη συνέχεια εξετάζονται οι Έλληνες καταναλωτές που προχωρούν στην αγορά οργανικών τροφίμων, βιοκαυσίμων και πιστοποιημένης ξυλείας. Τέλος παρουσιάζεται η πρόβλεψη στην οποία στοχεύει η έρευνα.

3.1 Κοινωνικοοικονομικές θεωρίες

Τρεις θεωρίες αναλύονται παρακάτω, που πιθανά επεξηγούν γιατί επιχειρήσεις και ιδιώτες ενδιαφέρονται να αγοράσουν αντισταθμίσματα άνθρακα εθελοντικά, χωρίς να τους υποχρεώνει η νομοθεσία.

3.1.1 Η θεωρία των ενδιαφερόμενων μερών (stakeholder theory)

Η θεωρία αυτή επεξηγεί κυρίως τη συμπεριφορά των επιχειρήσεων σε σχέση με το υπό ανάλυση προϊόν. Σύμφωνα με τον Freeman (1984), τα ενδιαφερόμενα μέρη ενός οργανισμού μπορεί να είναι οποιαδήποτε ομάδα ή πρόσωπο που επηρεάζει ή επηρεάζεται από την επιτυχία των στόχων του οργανισμού. Η θεωρία των ενδιαφερομένων μερών εξηγεί ότι ο οργανισμός είναι εξαρτώμενος από τον περίγυρό του, όπως και ο ίδιος ο περίγυρος είναι αμοιβαία εξαρτώμενος από τον οργανισμό. Ο περίγυρος αυτός μπορεί να είναι διάφορα άτομα, δημόσιες αρχές, μη κυβερνητικές οργανώσεις, δανειστές, προμηθευτές, πελάτες, η ίδιοι οι υπάλληλοι, ακόμα και ολόκληρη η υφήλιος, όταν πρόκειται για πολυεθνικούς οργανισμούς. Όλοι αυτοί αποτελούν την ομάδα των ενδιαφερομένων μερών. Η ομάδα αυτή ζητάει πληροφορίες για τη λειτουργία του οργανισμού, οπότε αυξάνεται η πίεση σε αυτόν να είναι υπόλογος στις διαφορετικές ανάγκες των ενδιαφερομένων μερών (Mitchell et al., 1997). Αν και η θεωρία αυτή έχει δεχτή κριτική για το ότι δεν περιλαμβάνει την ηθική πλευρά της συμπεριφοράς των εταιριών στο φυσικό περιβάλλον (Orts and Strudler, 2002), φαίνεται να είναι αρκετά κατάλληλη για να εξηγήσει το γεγονός πως οι τελευταίες ενδιαφέρονται να ικανοποιήσουν την επιθυμία των γύρω τους για φιλικότερη προς το περιβάλλον συμπεριφορά (Papaspyropoulos et al., 2011).

Έτσι, στα πλαίσια της Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης ή άλλων πρωτοβουλιών (Απολογισμός Αειφορίας, Λογαριασμός Εκπομπών κτλ) αποφασίζουν να αντισταθμίσουν τις εκπομπές τους για να βελτιώσουν την εικόνα τους στην κοινωνία (Peters-Stanley and Gonzalez, 2014).

3.1.2 Η θεωρία της νομιμοποίησης (legitimation theory)

Η θεωρία της νομιμοποίησης προέρχεται από το επιστημονικό πεδίο της κοινωνικής και περιβαλλοντικής λογιστικής (Tilling, 2004). Η νομιμοποίηση των οργανισμών μπορεί να οριστεί ως η κοινωνική και πολιτιστική στήριξη που προσφέρουν τα ενδιαφερόμενα μέρη σε έναν οργανισμό (Dart & Hill, 2010). Η θεωρία αυτή διερευνά τους λόγους για τους οποίους οι οργανισμοί συνεισφέρουν με διάφορους τρόπους στην κοινωνία. Εξηγεί ότι με τη συνεισφορά τους στην κοινωνία οι οργανισμοί προσπαθούν να ελέγξουν τις διάφορες αντιδράσεις που μπορεί να έχουν τα πολυποίκιλα ενδιαφερόμενα μέρη, έτσι ώστε να διασφαλίσουν ότι οι ενδιαφερόμενοι που σχετίζονται σε πιο σημαντικό βαθμό με τον οργανισμό, θα θέλουν να συνεχίσουν να συνεισφέρουν σε αυτόν (Suchman, 1995). Διάφορες έρευνες (Patten 2002, Patten & Crampton 2003) έχουν δείξει ότι η θεωρία της νομιμοποίησης ισχύει σε πολλές εταιρίες που επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον. Είναι πιθανό, λοιπόν, τέτοιες εταιρίες που ακόμα δεν έχουν μπει σε κάποιον ελεγκτικό μηχανισμό να επιθυμούν την αγορά αντισταθμισμάτων άνθρακα (Papaspyropoulos et al., 2011)

3.1.3 Η θεωρία των εξωτερικοτήτων (externalities theory)

Μία θεωρία που σχετίζεται αρκετά με την ηθική θεώρηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών προς το φυσικό περιβάλλον είναι η θεωρία των εξωτερικοτήτων (Baumol & Oates 1988, Στάμου 2006). Η θεωρία αυτή φαίνεται να είναι η μόνη που μπορεί να εξηγήσει και τα κίνητρα των πολιτών να αγοράσουν αντισταθμίσματα άνθρακα, μειώνοντας το περιβαλλοντικό τους-ανθρακικό τους αποτύπωμα. Αν και η θεωρία αυτή ασχολείται με τις παράπλευρες συνέπειες που μπορεί να έχει η οικονομική δραστηριότητα ενός οργανισμού, ιδιαίτερα όταν ο οργανισμός αυτός δεν εσωτερικοποιεί τις εξωτερικές αυτές συνέπειες (Howes, 2004), μπορεί να γίνει παραλληλισμός με τις συνέπειες που προκαλούνται από την καθημερινή δραστηριότητα των πολιτών (χρήση οχήματος, ηλεκτρικού ρεύματος, θέρμανσης, ταξίδια κλπ) και να εξηγηθεί γιατί κάποιοι άνθρωποι μπορεί να βλέπουν ηθικά και θετικά την εσωτερικοποίηση αυτών των συνεπειών ώστε να μην προκαλούν βλάβες στην κοινωνία.

3.2 Πρότυπο καταναλωτών της αγοράς αντισταθμισμάτων άνθρακα στο εξωτερικό

Για τους παραπάνω λόγους υπάρχουν πολλοί αγοραστές που συμμετέχουν στη λεγόμενο OTC αγορά αντισταθμισμάτων άνθρακα. Υπάρχουν πολλοί κερδοσκοπικοί και μη οργανισμοί, οι οποίοι διαθέτουν το προϊόν αυτό μέσω των ιστοσελίδων τους. Εκεί ο υποψήφιος αγοραστής μπορεί συνήθως να χρησιμοποιήσει ένα διαδικτυακό υπολογιστή, να εκτιμήσει το εκπεμπόμενο CO_2 από τις δραστηριότητές του και να αγοράσει τον αντίστοιχο αριθμό αντισταθμισμάτων για να εξαλείψει τις εξωτερικότητες που έχει προκαλέσει (Παπασπυρόπουλος κ.ά., 2013). Οι καταναλωτές που αγοράζουν εθελοντικά αντισταθμίσματα διακρίνονται στις κατηγορίες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Όπως διαπιστώνεται, η συντριπτική πλειοψηφία των αγοραστών είναι κερδοσκοπικές επιχειρήσεις, ενώ η συμβολή των ιδιωτών περιορίζεται στο 1%. Ο βασικός λόγος που οι κερδοσκοπικές επιχειρήσεις αγοράζουν εθελοντικά αντισταθμίσματα άνθρακα είναι η προβολή τους, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 2, όπου παρουσιάζεται μια σειρά κινήτρων.

Ο Πίνακας 2 έχει κάποιες διαφορές όσον αφορά τα κίνητρα 2011 και αυτά του 2013 και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια μπήκαν στην αγορά επιχειρήσεις που ήταν ευάλωτες σε εκπομπές αερίων και στόχος τους δεν ήταν τόσο να αναπτύξουν τις δημόσιες σχέσεις τους, όσο να αυτορρυθμιστούν για να προλάβουν μελλοντικά αιτήματα της νομοθεσίας. Οι δημόσιες σχέσεις πέφτουν σταδιακά στο 1% και παραμένει ως μεγάλο κίνητρο η Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη.

Πίνακας 1: Τύπος καταναλωτών εθελοντικών αγορών άνθρακα

Αγοραστές	**Μερίδιο αγοράς σε ποσοστό**
Κερδοσκοπικές επιχειρήσεις	93%
Άλλου είδους οργανισμοί	3%
ΜΚΟ-μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί	1%
Κυβερνήσεις και δημόσιοι οργανισμοί	1%
Ιδιώτες	1%

Πηγή δεδομένων: (Peters-Stanley et al., 2012)

Πίνακας 2: Κίνητρα εθελοντικής αγοράς αντισταθμισμάτων από επιχειρήσεις

2011	**2013**
Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη (32%)	Μεταπώληση (32%)
Δημόσιες Σχέσεις (22%)	Αντιμετώπιση κλιματικής αλλαγής (20%)
Μεταπώληση (22%)	Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη (19%)
Αυτορρύθμιση λόγω μελλοντικής νομοθεσίας (19%)	Πρωτοπορία στον τομέα του κλίματος στη βιομηχανία (14%)
«Πρασίνισμα» εφοδιαστικής αλυσίδας (7%)	Προτροπή προς τους καταναλωτές για αντιστάθμισμα εκπομπών (10%)

Πηγή δεδομένων: (Peters-Stanley et al. 2012, Peters-Stanley and Gonzalez 2014)

Όσον αφορά τους ιδιώτες καταναλωτές, δεν υπάρχουν πολλές έρευνες για το ποιος είναι ο λόγος που αγοράζουν αντισταθμίσματα άνθρακα. Οι Peters-Stanley and Yin (2013) μιλάνε για την ηθική των ανθρώπων που τους οδηγεί στην αγορά, ενώ οι MacKerron et al. (2009) αποδεικνύουν πως μερίδα καταναλωτών που, όμως, έχει ήδη σκοπό να αγοράσει αντισταθμίσματα, θα ήταν διαθέσιμη να πληρώσει ένα ποσό παραπάνω εφόσον τα αντισταθμίσματα προσέφεραν επιπρόσθετα κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη (για παράδειγμα εργασία στον ντόπιο πληθυσμό, οφέλη στην άγρια πανίδα), ή ήταν πιστοποιημένα από επίσημο φορέα. Ουσιαστικά, δηλαδή, δεν διαπιστώνεται κάποιο προσωπικό όφελος για τον ιδιώτη που αγοράζει αντισταθμίσματα, αλλά υπαγορεύεται η κίνησή του από μια γενικότερη ηθική που μπορεί να τον εκφράζει. Για την Ελλάδα δεν βρέθηκαν κάποια στοιχεία που να σχετίζονται με το θέμα της υποενότητας αυτής.

3.3 Προθυμία πληρωμής για οργανικά τρόφιμα στην Ελλάδα

Αντιθέτως, δεν συμβαίνει το ίδιο με τα οργανικό τρόφιμα ως προϊόν, δηλαδή οι ιδιώτες καταναλωτές έχουν συνήθως κάποιο προσωπικό όφελος από την αγορά τους. Ο κύριος παράγοντας που συντέλεσε στην αύξηση της ζήτησης για οργανικά τρόφιμα είναι η αυξανόμενη ανησυχία της κοινής γνώμης (καταναλωτές) για τις αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον και στη δημόσια υγεία από τη χρήση αγροχημικών στις γεωργικές καλλιέργειες (Yiridoe et al. 2005, Smed 2012). Οι Aertsens et al. (2009) και Van Loo et al. (2012) βρήκαν ότι η προτίμηση των

καταναλωτών προς την αγορά οργανικών τροφίμων καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά των προϊόντων αυτών όπως η ασφάλεια και η εναρμόνιση του τρόπου παραγωγής με το περιβάλλον, η απόλαυση της γεύσης αλλά και η διέγερση της περιέργειας των καταναλωτών για καινούρια προϊόντα. Τέλος, πολύ σημαντική κρίνεται η πιστοποίηση των προϊόντων αυτών. Οι Janssen and Hann αναφέρουν ότι οι καταναλωτές είναι έτοιμοι να πληρώσουν για οργανικά τρόφιμα τα οποία έχουν ελεγμένα λογότυπα πιστοποίησης και δεν αρκούνται μόνο στη λέξη «βιολογικό προϊόν» στην ετικέτα.

Όσον αφορά την Ελλάδα, οι Krystallis and Chryssochoidis (2005) διαπίστωσαν ότι οι Έλληνες καταναλωτές προτιμούν τα οργανικά τρόφιμα γιατί τα θεωρούσαν ανώτερης ποιότητας και ποιο ασφαλή. Η πιστοποίηση παίζει θετικό ρόλο στην απόφασή τους να τα αγοράσουν, όπως και το γεγονός της επωνυμίας της εταιρίας που τα παρέχει. Οι Krystallis et al. (2006) διαπιστώνουν ότι η εκπαίδευση των Ελλήνων παίζει ρόλο στην αγορά βιολογικών προϊόντων, ενώ η υψηλή τιμή τους φαίνεται να εμποδίζει τη διάδοσή τους. Οι Tsakiridou et al. (2008) διαπιστώνουν ότι οι Έλληνες καταναλωτές περιλαμβάνουν και την περιβαλλοντική προστασία στα κίνητρα για την αγορά οργανικών τροφίμων. Εξάγουν όμοιο, με παραπάνω, συμπέρασμα ότι η μόρφωση έχει θετική συσχέτιση με την αγορά τέτοιων προϊόντων, όπως και το εισόδημα και η ηλικία. Τέλος, οι Kontogeorgos and Semos (2008) διαπιστώνουν ότι οι παραγωγοί οργανικών τροφίμων μπορούν να προσελκύσουν αγοραστές χρησιμοποιώντας κάποιο σύστημα πιστοποίησης ποιότητας για τα τρόφιμά τους (για παράδειγμα HACCP ή ISO).

3.4 Προθυμία πληρωμής για βιοκαύσιμα στην Ελλάδα

Όσον αφορά τα βιοκαύσιμα, εδώ τα κίνητρα είναι περισσότερο περιβαλλοντικά. Τα εναλλακτικά αυτά καύσιμα συνδέονται από τους καταναλωτές με τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και με τη σχέση τιμής και αποδοτικότητας (Zhang et al., 2011), αν και η τιμή τους, ως πιο ακριβή, είναι πολλές φορές περιοριστικός παράγοντας (Paccini and Silveira, 2011). Επίσης, οι Morrone et al. (2009) εξετάζοντας τα κίνητρα των εταιριών που αγοράζουν βιοκαύσιμα, διαπιστώνουν αρχικά λόγους συμμόρφωσης με τη νομοθεσία, ενώ σε τοπικό επίπεδο διαπιστώνεται ότι πολλοί προχωρούν στην αγορά τους για να ενισχύσουν την τοπική αγροτική οικονομία.

Όσον αφορά την Ελλάδα, βρέθηκε μόνο μια έρευνα που σχετίζεται με τα βιοκαύσιμα. Οι Savvanidou et al. (2010) ερευνώντας την αποδοχή των βιοκαυσίμων (βιοντίζελ & βιοαιθανόλης) από τους καταναλωτές στη Θράκη, βρήκαν ότι το 53,9% των ερωτηθέντων θεωρεί τη χρήση των βιοκαυσίμων ως μια αποτελεσματική λύση στο ενεργειακό πρόβλημα και ότι επιπλέον το 90,7% θεωρεί τις κλιματικές αλλαγές να σχετίζονται με την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων. Αυξημένη προθυμία αγοράς τους εμφάνισαν περισσότερο οι άνθρωποι που πιστεύουν ότι η κλιματική αλλαγή σχετίζεται με την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, αυτοί που θεωρούν ότι θα μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη μείωση της άντλησης ορυκτών καυσίμων, αυτοί που δεν συνδέουν την αύξηση των τιμών των τροφίμων από τις ενεργειακές καλλιέργειες και αυτοί που θεωρούν ότι η απώλεια βιοτόπων και βιοποικιλότητας λόγω της εντατικής καλλιέργειας των βιοκαυσίμων δεν αποτελεί μειονέκτημα.

3.5 Προθυμία πληρωμής για πιστοποιημένη ξυλεία στην Ελλάδα

Για την Ελλάδα δεν βρέθηκαν έρευνες που να σχετίζονται με κίνητρα καταναλωτών για την αγορά πιστοποιημένη ξυλείας. Μόνο οι Papadopoulos et al. (2010) εξετάζουν τις αντιλήψεις των βιομηχανιών και βιοτεχνιών ξυλείας στην Ελλάδα για την ξυλεία που προέρχεται από αειφορικά πιστοποιημένα δάση και διαπιστώνουν ότι οι επιχειρηματίες υποστηρίζουν τη χρήση

πιστοποιημένης ξυλείας και πιστεύουν ότι η πιστοποίηση των Ελληνικών Δασών μπορεί να προσελκύσει το ενδιαφέρον των Ελλήνων καταναλωτών και να προσφέρουν οι τελευταίοι ένα επιπλέον 6% ώστε να αγοράσουν τέτοια ξυλεία. Όσον αφορά το εξωτερικό, οι Vlosky et al. (1999) διαπιστώνουν θετική συσχέτιση της προθυμίας πληρωμής για τέτοια ξυλεία με την περιβαλλοντική συνείδηση των καταναλωτών, καθώς και με την ποιότητα του ίδιου του πιστοποιητικού που χρησιμοποιείται στο προϊόν. Τέλος, οι Stevens et al. (1998) διαπιστώνουν ότι οι εταιρίες που πωλούν πιστοποιημένη ξυλεία το κάνουν γιατί πιστεύουν πως θα βελτιώσουν τη θέση τους στην αγορά και όχι για την αύξηση της τιμής της, η οποία υπολογίζεται γύρω στο 5,4%.

3.6 Πρόβλεψη χαρακτηριστικών καταναλωτών στην Ελλάδα για αγορά αντισταθμισμάτων άνθρακα

Τα αντισταθμίσματα άνθρακα δεν είναι ένα κλασικό προϊόν της αγοράς. Έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως το γεγονός ότι είναι άυλο, αλλά και το ότι ο αγοραστής του, ειδικά ο ιδιώτης, δεν έχει κάποιο άμεσο όφελος, δεν το χρησιμοποιεί στην καθημερινή του ζωή. Δεν είναι δηλαδή άμεσα συγκρίσιμο με τα παραπάνω προϊόντα. Το γεγονός, όμως ότι δεν υπάρχει ανάλογη έρευνα στη χώρα για το ποιοι θα μπορούσαν στην Ελλάδα να αγοράσουν το προϊόν αυτό, μας οδήγησε στο να εξετάσουμε τι γίνεται στο εξωτερικό. Σύμφωνα, λοιπόν, με την παραπάνω ανάλυση, φαίνεται ότι οι βασικοί καταναλωτές σε μια εθελοντική αγορά αντισταθμισμάτων άνθρακα πρόκειται να είναι οι επιχειρήσεις.

Βασικότεροι λόγοι της συμμετοχής τους πρόκειται να είναι η Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη, με πιθανό αποτέλεσμα τη βελτίωση τη θέση τους στην αγορά. Πιθανά, επιχειρήσεις που μπορεί άμεσα στο μέλλον να επηρεαστούν από νομοθεσία περί ρύπων να έχουν και άλλους λόγους συμμετοχής στην αγορά, όπως η συμμόρφωση με τη νομοθεσία. Τέτοιες επιχειρήσεις είναι γενικά ευάλωτες σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και είναι πιθανό ότι θα δείξουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για μια τέτοια αγορά. Η συμμετοχή ιδιωτών καταναλωτών φαίνεται ότι θα είναι σχετικά μικρή. Αυτοί που θα συμμετέχουν θα το κάνουν κυρίως από ηθικούς λόγους, γιατί είναι πιο περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένοι πολίτες, γιατί επιζητούν την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, ενώ ρόλο θα έπαιζε το πιστοποιητικό και τα επιπλέον οφέλη των αντισταθμισμάτων. Τα χαρακτηριστικά αυτών των πολιτών θα είναι πιθανόν η ανώτερη μόρφωσή τους, το υψηλό σχετικά εισόδημά τους. Αν και τα βιολογικά τρόφιμα προτιμώνται κυρίως από μεγαλύτερους σε ηλικία ιδιώτες, στην περίπτωση των αντισταθμισμάτων δεν φαίνεται να ταιριάζει αυτό το εύρημα. Οι αγορές αυτές, κυρίως διαδικτυακές, είναι λιγότερο προσβάσιμες στους πιο ηλικιωμένους, λόγω και της χαμηλής διείσδυσης του διαδικτύου και τον online συναλλαγών σε αυτή τη μερίδα του πληθυσμού στην Ελλάδα.

4. Συμπεράσματα

Η παρούσα έρευνα εκτίμησε τα κίνητρα των καταναλωτών που θα αγόραζαν στην Ελλάδα αντισταθμίσματα άνθρακα για να μειώσουν το ανθρακικό τους αποτύπωμα. Η έρευνα ήταν έμμεση, μέσω βιβλιογραφικής αναζήτησης. Διαπιστώθηκε ότι κύριοι «παίχτες» σε μια εθελοντική αγορά αντισταθμισμάτων άνθρακα στην Ελλάδα θα ήταν κερδοσκοπικοί οργανισμοί που θα ενδιαφέρονταν για της Εταιρική Κοινωνική του Ευθύνη, ή τη συμμόρφωσή τους με μελλοντική νομοθεσία, κυρίως ορμώμενοι από το την ανάγκη τους να ικανοποιήσουν τα διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη που βρίσκονται γύρω τους. Οι πολίτες θα συμμετείχαν σε πολύ μικρότερο βαθμό, κυρίως για ηθικούς φιλοπεριβαλλοντικούς λόγους. Βασική προϋπόθεση θα ήταν η αξιόπιστη πιστοποίηση των αντισταθμισμάτων και η παροχή από αυτά επιπρόσθετων ωφελειών στην κοινωνία και το περιβάλλον.

Ευχαριστίες
Η έρευνα χρηματοδοτήθηκε από την ΕΥΔΕ-ΕΤΑΚ της ΓΓΕΤ στο πλαίσιο της Δράσης Εθνικής Εμβέλειας «Συνεργασία 2011»

Βιβλιογραφία

Achilleas K. and Anastasios S. (2008). Marketing aspects of quality assurance systems: The organic food sector case, British Food Journal, 110(8), 829-839.

Aertsens J., Verbeke W., Mondelaers K. and Van Huylenbroeck G. (2009). Personal determinants of organic food consumption: a review, British Food Journal, 111 (10), 1140-1167.

Baumol W.J. and Oates W.E. (1988). The theory of environmental policy. 2nd edition, Cambridge University Press.

Dart R. and Hill S.D. (2010). Green matters? An exploration of environmental performance in the nonprofit sector, Nonprofit management & leadership, 20(3), 295-314.

Estrada M., Corbera E. and Brown K. (2008). How do regulated and voluntary carbon-offset schemes compare, Tyndall Centre for Climate Change.

Freeman R.E. (1984). Strategic Management: a Stakeholder Approach, Boston, MA, Pitman.

Hepburn C. (2007). Carbon trading: a review of the Kyoto mechanisms. Annual Review of Environment and Resources., 32, 375-393.

Howes R. (2004). Environmental Cost Accounting: Coming of Age? Tracking Organisational Performance Towards Environmental Sustainability, in A. Henriques and J. Richardson. The Triple Bottom Line, Does It All Add Up?: Assessing the Sustainability of Business and CSR. London: Earthscan.

Janssen M. and Hamm U. (2012). Product labelling in the market for organic food: Consumer preferences and willingness-to-pay for different organic certification logos, Food Quality and Preference, 25, 9-22.

Kollmuss A., Zink H. and Polycarp C. (2008). Making sense of the voluntary carbon market: A comparison of carbon offset standards, WWF Germany.

Krystallis A. and Chryssohoidis, G. (2005). Consumers' willingness to pay for organic food: factors that affect it and variation per organic product type, British Food Journal, 107(5), 320-343.

Krystallis A., Fotopoulos C. and Zotos Y. (2006). Organic consumers' profile and their willingness to pay (WTP) for selected organic food products in Greece, Journal of International Consumer Marketing, 19(1), 81-106.

MacKerron G.J., Egerton C., Gaskell C., Parpia A. and Mourato S. (2009). Willingness to pay for carbon offset certification and co-benefits among (high-) flying young adults in the UK, Energy Policy, 37(4), 1372-1381.

Mitchell R.K., Agle B.R. and Wood D.J. (1997). Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts, Academy of Management Review, 22(4), 853–886.

Morrone M., Stuart B.J., McHenry I. and Buckley, G.L. (2009). The challenges of biofuels from the perspective of small-scale producers in Ohio Energy Policy, 37(2), 522-530.

Orts E.W. and Strudler A. (2002). The ethical and environmental limits of stakeholder theory, Business Ethics Quarterly, 12(2), 215–233.

Pacini H. and Silveira S. (2011). Consumer choice between ethanol and gasoline: lessons from Brazil and Sweden, Energy Policy, 39 (11), 6936-6942.

Papadopoulos I., Karagouni G., Trigkas M. and Platogianni, E. (2010). Green marketing: The case of Greece in certified and sustainably managed timber products, EuroMed Journal of Business, 5(2), 166-190.

Παπασπυρόπουλος Κ.Γ., Καραχρήστος Χ.Ν., Ιωάννου Κ., Παππάς Ι.Α., Γούναρης Ν., Μανδάνα Β., Θεοχάρης Ν., Λεφάκης Π., Χριστοδούλου Α.Σ. (2013). Λειτουργία των εθελοντικών αγορών

πώλησης αντισταθμισμάτων άνθρακα μέσω έργων φυσικής και τεχνητής δασοπονίας. Τόμος πρακτικών 16ου Πανελλήνιου Δασολογικού Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, σελ. 939-946.

Papaspyropoulos K.G., Christodoulou A.S., Blioumis V., Skordas K.E., Birtsas P.K. (2011). The improvement of environmental performance in the nonprofit sector through informatics, in Z. Andreopoulou et al., Agricultural and environmental informatics, governance and management: emerging research applications, IGI Global.

Patten D.M. (2002). The relation between environmental performance and environmental disclosure: A research note, Accounting, Organizations & Society, 27, 763–773.

Patten D.M. and Crampton W. (2003). Legitimacy and the internet: an examination of corporate web page environmental disclosures, Advances in Environmental Accounting & Management, 2, 137-165.

Perdan S., Azapagic A. (2011). Carbon trading: Current schemes and future developments, Energy Policy, 39(10), 6040-6054.

Peters-Stanley M. and Gonzalez G. (2014). Sharing the stage: State of the voluntary carbon markets 2014, Forest Trends' Ecosystem Marketplace, Washington.

Peters-Stanley M. and Yin D. (2013). Maneuvering the mosaic: State of the voluntary carbon markets 2013, A Report by Forest Trends' Ecosystem Marketplace & Bloomberg New Energy Finance, Washington, DC, 126.

Peters-Stanley M., Hamilton K., Marcello T., Orejas R., Thiel A. and Yin D. (2012). Developing dimension: State of the voluntary carbon markets 2012, Ecosystem Marketplace & Bloomberg New Energy Finance, New York, Washington.

Savvanidou E., Zervas E. and Tsagarakis K.P. (2010). Public acceptance of biofuels, Energy Policy, 38, 3482–3488.

Smed S. (2012). Information and consumer perception of the "organic" attribute in fresh fruits and vegetables, Agricultural Economics, 43, 33–48.

Στάμου Ν.Ι. (2006). Οικονομική φυσικών πόρων και περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη, ΑΠΘ.

Stevens J., Ahmad M. and Ruddell S. (1998). Forest products certification: a survey of manufacturers, Forest products journal, 48(6), 43-49.

Suchman M.C. (1995). Managing Legitimacy: Strategic and Institutional Approaches, Academy of Management Journal, 20(3), 571-610.

Taiyab N. (2006). Exploring the market for voluntary carbon offsets (No. 8), International Institute for Environment and Development, London.

Tilling M. (2004). Communication at the Edge: Voluntary Social and Environmental Reporting in the Annual Report of a Legitimacy Threatened Corporation, APIRA Conference Proceedings, Singapore, July.

Tsakiridou E., Boutsouki C., Zotos Y. and Mattas K. (2008). Attitudes and behaviour towards organic products: an exploratory study, International Journal of Retail & Distribution Management, 36(2), 158-175.

United Nations (1997). United Nations framework convention on climate change. Kyoto Protocol, Kyoto.

Van Loo E.J., Diem M.N.H., Pieniak Z. and Verbeke W. (2013). Consumer attitudes, knowledge, and consumption of organic yogurt, Journal of Dairy Science, 96, 2118-2129.

Vlosky R.P., Ozanne, L.K. and Fontenot, R.J. (1999). A conceptual model of US consumer willingness-to-pay for environmentally certified wood products, Journal of Consumer Marketing, 16(2), 122-140.

Yiridoe E.K., Bonti-Ankomah S. and Martin R.C. (2005). Comparison of consumer perceptions and preference toward organic versus conventionally produced foods: a review and update of the literature, Renewable Agriculture and Food Systems, 20, 193–205.

Zhang Y. Yu Y., Li T. and Zou B. (2011). Analyzing Chinese consumers' perception for biofuels implementation: The private vehicles owner's investigating in Nanjing, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, 2299-2309.

Συνεργασία και ανταγωνισμός στις πολιτικές της κλιματικής αλλαγής: Μετριασμός Εκπομπών και Γεωμηχανική όταν οι χώρες είναι Ασύμμετρες

Βασιλική Μανούση και Αναστάσιος Ξεπαπαδέας
Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Οικονομικών Επιστημών,
Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Οικονομικών Σπουδών
amanousi@aueb.gr xepapad@aueb.gr

Περίληψη
Μελετάμε ένα απλό δυναμικό μοντέλο βέλτιστου σχεδιασμού πολιτικής, όσον αφορά τις εκπομπές και τις ενέργειες γεωμηχανικής,το οποίο περιλαμβάνει δύο ετερογενείς χώρες. Επιδιώκουμε τον χαρακτηρισμό συνεργατικών και μη-συνεργατικών στρατηγικών εκπομπών στο πλαίσιο των ασύμμετρων χωρών. Από την πλευρά της μοντελοποίησης θεωρούμε ένα κόσμο που αποτελείται από δύο ασύμμετρες χώρες με παραγωγικές δραστηριότητες που δημιουργούν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Έχουμε διαμορφώσει την ετερογένεια μεταξύ των δύο χωρών όσον αφορά το κοινωνικό κόστος της γεωμηχανικής, τις περιβαλλοντικές αλλαγές που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή, την παραγωγικότητα της χώρας, το κόστος των εκπομπών που οφείλονται στην παραγωγή της χώρας, την προτίμηση του χρόνου, το ιδιωτικό κόστος της γεωμηχανικής και το συνδυασμό της παραγωγικότητας της χώρας και του κοινωνικού κόστους της γεωμηχανικής. Μας ενδιαφέρει η ανάλυση των επιπτώσεων κάθε μέσου στην απόφαση της κάθε χώρας για τις δικές της εκπομπές και το επίπεδο της γεωμηχανικής.

Λέξεις Κλειδιά: Κλιματική αλλαγή, ετερογένεια, γεωμηχανική, συνεργασία, διαφορικό παίγνιο, ισορροπία Nash, ασυμμετρία.

JEL Κωδικοί: Q53, Q54.

Cooperation and Competition in Climate Change Policies: Mitigation and Climate Engineering when countries are Asymmetric

Vassiliki Manoussi and Anastasios Xepapadeas
Athens University of Economics and Business, School of Economic Sciences,
Department of International and European Economic Studies

Abstract
We study a simple dynamic game of optimal policy design in terms of emissions and geoengineering efforts involving two heterogeneous countries. We seek to characterize cooperative and noncooperative emission strategies in the framework of asymmetric countries. On the modeling side we consider a world consisting of two asymmetric countries with production activities that generate GHG emissions. We formulate the heterogeneity between the two countries in terms of the social cost of geoengineering, the environmental changes due to climate change, the productivity of the country, the cost of emissions due to the production of the country, the time preference, the private cost of geoengineering and the combination of productivity of the country and the social cost of geoengineering. We are interested in analyzing the impact of each instrument alone to each country's decision about her own emissions and geoengineering level.

Keywords: Climate change, heterogeneity, geoengineering, cooperation, differential game, feedback Nash equilibrium, asymmetry.

JEL Classification: Q53; Q54.

1. The Model

1.1 Benefits and Costs

The world consists of two countries, or regions of countries, indexed by i=1,2. We develop our model along the lines of the standard LQ model of international pollution control analyzed by Dockner and van Long (1993), and others. Output is a function of emissions $F_i(E_i)$, where $F_i(.)$ is strictly concave with Fi(0)=0. Emissions contribute to the stock of GHGs denoted by G(t) at time t. The evolution of GHGs emitted by both countries is described by the linear differential equation:

$$G(t) = E_1(t) + E_2(t) - mG,\ G(0) = G_0 \quad (1)$$

where 0<m<1 is the natural decay rate of GHGs.

Individual country net private benefits, or utility net of environmental externalities, is given by U(Fi(Ei(t)))-Ci(ζi(t)) where Ci(ζi(t)) is a strictly increasing and convex function of the private cost of geoengineering or SRM activity ζi(t). The utility function U(Fi(Ei(t))) is given by the quadratic function

$$U\left(F_i\left(E_i(t)\right)\right) = A_{1i}E_i(t) - \frac{1}{2}A_{2i}E_i^2(t) \quad (2)$$

where A_{1i}, A_{2i} are parameters indicating the intercept and the slope of the private marginal benefits from emissions which are defined as $A_{1i} - A_{2i}E_i(t)$. Thus A_{1i} can be regarded as reflecting the level effect on marginal benefits, while A_{2i} as reflecting the strength of diminishing returns.

We assume a simple quadratic cost function for the private cost of geoengineering in each country,

$$C_i\left(\zeta_i(t)\right) = \frac{1}{2}\theta\zeta_i^2(t), \theta > 0 \quad (3)$$

We also assume two types of damage functions related to climate change, which affect private utility. The first one reflects damages from the increase in the average global surface temperature because of GHGs emissions. This damage function is represented as usual by a convex, quadratic in our case, function,

$$\Omega_T(T) = \frac{1}{2}c_{iT}T^2 \quad (4)$$

where $c_{iT}T$ is the marginal damage cost from a temperature increase for each country.

The second is the social damage function associated with SRM effects, such as for example ocean acidification, increased acid depositions or change in precipitation patterns. Assume that country i undertakes SRM activities ζiii, which will generate total global social damages in both countries. Thus global damages from geoengineering when both countries undertake SRM efforts will be:

$$\Omega_{\zeta}(\zeta)=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2}\left(\sum_{j=1}^{2}c_{j\zeta}\zeta_i^{2}\right) \quad (5)$$

where $c_{j\zeta}\zeta$, is the social marginal damage cost suffered by country j=1,2 from the geoengineering undertaken in country i=1,2.

1.2 Emissions, SRM and the global temperature

We model climate by a simplified "homogeneous-earth" EBCM (see for example North 1975a, 1975b, 1981, North et al. 1979, Coakley 1979, Coakley and Wielicki 1979). This approach describes the relation between outgoing infrared radiation I(t) at time t, and the average global surface temperature T(t) (measured in degrees Celsius) at time t. The infrared radiation flux to space I(t) can be represented as a linear function of the surface temperature T(t) by the empirical formula: $I(t)=A+BT(t)$ (6)
where A,B are constants used to relate outgoing infrared radiation to the corresponding surface temperature.

In our model the change in the average global surface temperature T(t) is determined by the sum of the absorbed solar heating (T_0), the reduction of incoming radiation due to the aggregate SRM effort (T_1) and the increase in the surface temperature due to emissions of GHGs (T_2) which block autgoing radiation,

$$T=T_0+T_1+T_2 \quad (7)$$

$$T_0=\frac{-(A+BT)+Sq(1-\alpha)}{B},\ T_1=-\frac{\phi}{B}\sum_{i=1}^{2}\zeta_i, T_2=\frac{\psi}{B}\ln\left(1+\frac{G}{G_0}\right) \quad (8)$$

The term (A+BT) reflects outgoing radiation; S is the mean annual distribution of radiation; q is the solar constant that includes all types of solar radiation, not just the visible light; α is the average albedo of the planet; the function $\phi(\zeta)=\frac{\phi}{B}\sum_{i=1}^{2}\zeta_i$ is the reduction in solar radiation due to aggregate geoengineering $\sum_{i=1}^{2}\zeta_i$; φ>0 is the sensitivity of incoming radiation to geoengineering in reducing the average global temperature; ψ is a measure of climate's sensitivity; and G,G_0

denote the GHGs, where G is the current accumulation of GHGs and G_0 is the preindustrial GHGs accumulation.

We substitute T_0, T_1, T_2 to obtain:

$$\dot{T} = \frac{-(A + BT) + Sq(1 - \alpha)}{B} - \frac{\phi}{B}\sum_{i=1}^{2}\zeta_i + \frac{\psi}{B}\ln\left(1 + \frac{G}{G_0}\right) \quad (9)$$

From the above equation we have that: a) the average global temperature increases when current accumulation of GHGs is above the preindustrial GHGs accumulation because GHGs block outgoing radiation, and b) the average global temperature decreases when SRM activities manage to reduce incoming radiation.

We assume, following evidence indicating that there is a fast and a slow response of global warming to external forcing with the slow component being relatively small (Held et al. 2010), that the average global temperature T converges fast to a steady state relative to the accumulation of GHGs, (G) (see also Brock et al. 2014). Then this `quasi steady state' for T can be used to express T as a function of G, as follows:

$$T=0 \Rightarrow T = \frac{-(A + BT) + Sq(1 - \alpha) - \phi\sum_{i=1}^{2}\zeta_i + \eta(G - G_0)}{B} \quad 10)$$

To simplify the exposition we replace the term $\frac{\psi}{B}\ln\left(1 + \frac{G}{G_0}\right)$ in (10) with its linear approximation around G_0, in this case $\eta=(\psi/(2BG_0))$.

The global welfare function that could be maximized by some "global social planner" is the unweighted discounted life time utility in each country minus the private cost of geoengineering and the social damages related to the increase in global temperature and to geoengineering. Thus a cooperative case is equivalent to having a social planner solving:

$$W = \max_{E_i,\zeta_i} \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \left\{ \sum_{i=0}^{2} U(F_i(E_i(t))) - C_i(\zeta_i(t)) - \frac{1}{2} c_{iT} T^2 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{2} \left(\sum_{j=1}^{2} c_{j\zeta} \zeta_i^2 \right) \right\}$$

subject to (1) , (10)

Thus the problem of the social planner is to maximize the joint welfare of both countries by choosing paths for emissions Ei(t) and geoengineering ζi(t) subject to the constraint of the accumulation of GHGs and the constraint of the average global temperature. A noncooperative case corresponds to a differential game where each country chooses paths for emissions and SRM to maximize own welfare subject to the climate constraints.

Conclusions

The present paper analyzed a stylized climate change model represented as an LQ differential game, where countries may act predominantly noncooperatively in affecting climate change through their emissions which generate private benefits, mitigation and SRM or geoengineering. Mitigation and geoengineering are beneficial in terms of reducing global warming, but geoengineering has private costs and `public bad' characteristics, since SRM activities of one country may have harmful effects on the other country. The novel element is that countries are asymmetric with respect to critical parameters such as the cost of global warming, the social cost of geoengineering, the private marginal benefits from emissions and the degree of impatience. To provide a benchmark for comparisons we first obtain a solution of the symmetric model and then compare the asymmetric solution with the symmetric solution in terms of individual emissions, individual SRM activities, the steady-state stock of GHGs and the average global temperature. It should be noted that given the very low private costs of SRM, any variation in this cost, other things being equal, does not provide any substantial changes in each country's behavior.

Thus we excluded the private cost of SRM from our sensitivity analysis. Our results provide some insights regarding the expected behavior of noncooperating asymmetric countries or groups of countries, in terms of mitigation and SRM activities, and in particular insights regarding whether and under what conditions there exist tradeoffs between mitigation and SRM. That is country that is expected to have a substantially relatively lower social cost due to its own as well as the other country's geoengineering activities is expected to increase both geoengineering and emissions. Geoengineering increases because its social cost to the country is small and country emissions also increase because they generate private benefits, while their costs in terms of global warming can be, at least partly, counterbalanced by low cost geoengineering. Thus there is no tradeoff between emissions and SRM activities. The result is an increase in the steady-state stock of GHGs and a moderate decrease in the average global temperature.

When the asymmetry is in the cost of global warming to each country, the country with the lower costs substantially increases emissions and reduces geoengineering. This is because emissions generate private benefits but have a very low cost in terms of global warming. If the asymmetry is substantial, the behavior of the low cost country dominates and the result is an increase in both the steady-state stock of GHGs and the average global temperature. The opposite result holds when the behavior of the high cost country dominates. In this case we have emissions reduction and SRM increase. Thus a tradeoff between emissions and SRM takes place at the noncooperative solution if the asymmetry is in the cost of global warming to each country.

Then the private marginal benefits from emission are uniformly higher in one country, which means that this country is more productive in generating benefits from emissions, then the more productive country increases emissions as expected. If the productivity gap is substantial in favor of the more productive country, then both the steady-state stock of GHGs and the average global temperature increase. When countries differ in the degree of diminishing returns in private benefits generated from emissions, then the country with substantially weaker diminishing returns increases emissions. The behavior is similar to the case above where private marginal benefits from emissions are uniformly higher in one country. Again, when the diminishing returns gap is substantial, both the steady-state stock of GHGs and the average global temperature increase.

It should be noted that in the context of our noncooperative model, higher productivity in generating private benefits from emissions in one country does not lead to lower emissions. Lower emissions might have been expected since the same level of benefits could have been obtained with lower emissions and at the same time the global environment could have been improved. This is not the case however; private benefits from more productive emissions outweigh any gains in social benefits that reduced emissions, due to higher productivity, might have generated since social benefits have public good characteristics. Furthermore, the effect of productivity gaps on geoengineering behavior is not substantial. It seems that when the more productive country dominates, there is a moderate increase in SRM activities. This is explained by the fact that when emissions increase a lot as a result of the productivity gap, countries might increase SRM activities to counterbalance the global warming effects of increased emissions.

Similarly if countries differ with respect to the degree of impatience, that is the rate for discounting future utilities, then the more impatient country increases emissions and the less impatient country decreases them. The final outcome depends on the size of the impatience gap and the level of impatience in each country. If one country has a very low discount rate (e.g. $\rho=0.005$), even if the other country is impatient (e.g. $\rho=0.1$), the final outcome is a reduction in overall emissions, geoengineering, the steady-state stock of GHGs and the average global temperature. On the other hand, if one country is moderately impatient (e.g. $\rho=0.02$) and the other country is impatient (e.g. $\rho=0.1$), the final outcome is an increase in overall emissions, geoengineering, the steady-state stock of GHGs and the average global temperature.

Finally if one country is more productive in generating private benefits from emissions and the other country suffers relatively less social cost from SRM, the final outcome will be an increase in global emissions, SRM activities, the steady-state stock of GHGs and the average global temperature. Our results suggest that breaking down symmetry between countries could have important repercussions for global climate. The most striking results are obtained when countries deviate asymmetrically from the benchmark (the symmetric solution). If the deviations are symmetric in the sense, for example, that the amount by which the cost of global warming in one country is below the benchmark is the same in absolute value as the amount by which the cost of global warming is higher than the benchmark in the other, then the symmetric and the asymmetric solutions do not differ much. Under asymmetric deviations, however, we have substantial deviations from the benchmark solution.

Another result is that in the noncooperative solution, a tradeoff between emissions and SRM appears only in certain cases. In fact, in cases that are likely to be encountered in the real world, a country has an incentive to increase emissions in order to capture private benefits and increase SRM

in order to counterbalance the effects of increased emissions on global temperature. These effects become stronger the less the social cost of SRM to the country, the higher the private productivity of emissions and the lower the private cost of SRM. In a context of substantial asymmetries, these incentives may determine the steady-state global average temperature and the stock of GHGs.

This work suggests several interesting avenues for future research. A more complete treatment of the issues presented here would extend the basic model to incorporate other geoengineering methods such as carbon capture and storage, and most importantly adaptation, in addition to mitigation and SRM, as alternative policy options against climate change. If the LQ structure is kept, then the problem can be solved. If nonlinearities are introduced, then FBNE solutions can be obtained in principle by numerical methods, although this is not an easy task. Introduction of uncertainty - especially as deep structural uncertainty - including characteristics such as model uncertainty, ambiguity aversion, robust control methods, or regime shifts, is also a very important area for further research.

References

Brock W., Engstrom G., Xepapadeas A. (2014) Spatial climate-economic models in the design of optimal climate policies across locations. *European Economic Review* 69, 78-103.

Coakley J.A. (1979). A study of climate sensitivity using a simple energy balance climate model. *Journal of the Atmospheric Sciences* 36, 260-269.

Coakley J.A., Wielicki B.A. (1979). Testing energy balance climate models. *Journal of the Atmospheric Sciences* 36, 2031-2039.

Dockner E., van Long N. (1993). International pollution control: co-operative versus noncooperative strategies. Journal of Environmental Economics and Management 25:13-29.

Held I.M., Winton M., Takahashi K., Delworth T., Zeng F., Vallis G.K. (2010). Probing the fast and slow components of global warming by returning abruptly to preindustrial forcing. *Journal of Climate* 23, 2418-2427.

North G.R. (1975a). Analytical solution to a simple climate model with diffusive heat transport. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 32, 1301-1307.

North G.R. (1975b). Theory of energy-balance climate models. Journal of the Atmospheric Sciences 32:2033-2043.

North G.R. (1981). Energy balance climate models. *Reviews of Geophysics and Space Physics* 19, 91-121.

North G.R., Howard L., Pollard D., Wielicki B. (1979). Variational formulation of Budyko - Sellers climate models. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 36, 255-259.

Έλεγχος ρυπαινουσών επιχειρήσεων: Nash και Stackelberg στρατηγικές

Γεώργιος Χάλκος & Γεώργιος Παπαγεωργίου
Εργαστήριο Επιχειρησιακής Έρευνας, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
halkos@uth.gr gjpap@otenet.gr

Περίληψη
Σ' αυτή την εργασία μοντελοποιούμε τη σύγκρουση που συμβαίνει μεταξύ της ομάδας των ρυπαινουσών επιχειρήσεων μιας χώρας και του κοινωνικού σχεδιαστή της ίδιας χώρας, ο τελευταίος προσπαθεί να ελέγξει τον όγκο των εκπομπών των ρύπων που παράγονται κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Αμφότεροι οι παίκτες του παιγνίου έχουν τις δικές τους πολιτικές ελέγχου, οι οποίες είναι ο ρυθμός των εκπομπών ρύπων για λογαριασμό των ρυπαινόντων και ο ρυθμός ελέγχου των ρύπων (δηλ. ο μετριασμός αυτών ή η φορολόγηση των ρυπαινόντων) εκ μέρους της χώρας. Η μεταβλητή κατάστασης του υποδείγματος είναι κοινή και για τους δύο παίκτες και εκφράζεται από τον αριθμό των ρυπαινόντων, ο οποίος αριθμός ελαχιστοποιείται μέσω της πολιτικής ελέγχου της χώρας, αλλά μεγιστοποιείται από τους ρυπαίνοντες. Από την παιγνιοθεωρητική άποψη το παίγνιο είναι αρκετά απλό και ανήκει στην ειδική περίπτωση των διαχωρίσιμων διαφορικών παιγνίων. Μια σημαντική ιδιότητα αυτών των παιγνίων είναι ότι η Nash ισορροπία ανοικτού βρόχου συμπίπτει με αυτή του κλειστού βρόχου Nash ισορροπία, ενώ στην ιεραρχική (Stackelberg) ισορροπία η επίλυση του παιγνίου είναι εύκολη διαδικασία. Στο παίγνιο ταυτόχρονης κίνησης (Nash) βρίσκουμε, στην ισορροπία, τις αναλυτικές εκφράσεις των μεταβλητών ελέγχου καθώς επίσης και της μεταβλητής κατάστασης. Ακολουθεί η ανάλυση ευαισθησίας των μεταβλητών αυτών. Στο ιεραρχικού τύπου παίγνιο (Stackelberg) βρίσκουμε επίσης τις αναλυτικές τιμές των μεταβλητών ελέγχου και κατάστασης και στη συνέχεια τις συγκρίνουμε με αυτές της Nash ισορροπίας. Η ανάλυση της σύγκρισης που ακολουθεί αποκαλύπτει ότι η σύγκρουση είναι περισσότερο έντονη στην περίπτωση κατά την οποία οι επιχειρήσεις αναλαμβάνουν τον ρόλο του οδηγού στο ιεραρχικού τύπου παίγνιο.

Λέξεις κλειδιά: Έλεγχος ρύπανσης, Οικονομικά του Περιβάλλοντος, Διαφορικά Παίγνια.
JEL Κωδικοί: C61, C62, D43, H21, Q50, Q52, Q53.

Controlling polluting firms: Nash and Stackelberg strategies

George E. Halkos and George J. Papageorgiou
Laboratory of Operations Research, Department of Economics, University of Thessaly

Abstract
In this paper we model the conflict between the group of polluting firms of a country and the social planer of the same country which attempts to control the volume of emissions generated during the production process. Both players of the game have their own control policies which are the rate of emissions on behalf the polluting firms and the rate of pollution control (e.g. abatement or taxation) on behalf the home country. The common state variable of the model is the number of the polluting firms, which is better to minimized through the country's control policy, but beneficial to maximized on the polluters' side. From the game theoretic point of view the model setup is very simple and belongs in to the special class of differential games also called state separable differential games. An important property for these games is that the open-loop Nash equilibrium coincides with the Markovian (closed-loop) equilibrium and in the case of hierarchical moves the analytical solutions are easy obtained. The game proposed here is analyzed for both types of equilibrium, i.e. Nash and Stackelberg. In the simultaneous move game (i.e. the Nash game) we find the equilibrium analytical expressions of the controls for both players as well as the steady state stock of the polluting firms. A sensitivity analysis of the crucial variables of the model takes place. In the hierarchical move game (i.e. the Stackelberg game) we find the equilibrium values of the controls as well as of the state variable. As a result a comparison between the two types of equilibrium for the game takes place. The analysis of the comparison reveals that the conflict is more intensive (since both controls have greater values) for the case in which the polluting firms play as the leader of the hierarchical move game.

Keywords: Pollution control; Environmental Economics; Differential games.
JEL Codes: C61; C62; D43; H21; Q50; Q52; Q53.

1. Introduction

The choice of the differential game models, in order to design efficiently conflicting situations between the polluters and the victims of pollution, is rather the rule than the exception. In this paper, we may use the efficiency of the differential game models to study the dynamic interactions of the polluting firms in a country and the social planer of the same country. The strength of the polluting firms as a group changes over time and it is measured by the volume of active polluters, the transactions made among them, by how dangerous for the environmental amenities are the polluting firms as a group and so on. New polluting firms are initiated and encouraged by the existing.

Regarding the polluter's attrition, their decay rate is affected by their own actions and by the counter–pollution actions of the home country as well. The essential targets of the home country are to derive utility from the polluting firms' emissions reduction, but the home country face substantial costs combating the polluters and suffer from disutility stemming from the size of the polluters. Conversely, each polluting firm wants to maximize the size of the group of the polluters as well as its utility stemming from the emissions.

In this study we deal with a special class of differential games called the state–separable game. The state–separable differential games belong into the special class of dynamic games which allow, in the most cases, the derivation of the Nash solutions in explicit form. The advantage of the analytical solutions, according to Dockner et al. (2000), is of great importance because the derived mathematical expressions of the solutions are crucial for the study of the qualitative properties of equilibrium.

Due to the simplicity of the structure the state separable differential games are characterized by the linearity of the objective functional with respect to the state variable(s) and by no interaction between control and state variables (Dockner et al, 1985). An important property of the state separable games is related with the information structure employed. The importance of that property is that the open loop Nash solution coincides with the closed loop (Markovian) Nash solution.

Another important property hinges on the way the game played, i.e. simultaneously (Nash) or hierarchically (Stackelberg). As it is known (e.g. Başar and Olsder 1992, Dockner et al 2000), in the Stackelberg games, the adjoint variable of the leader w.r.t. the adjoint variable of the follower plays a crucial role at the solution process, but due to the state separability the interconnection between these variables vanishes.

In the rest of the paper we determine the Nash and the Stackelberg solutions of the environmental differential game and the state–separability advantage allow to write down some useful propositions and to carry out sensitivity analyses. On the design efficient counter–pollution actions against the polluting firms of a country, the model parameters of the game and the relevance of the two solutions offers useful information as well.

The paper is organized as follows. In section 2 we setup the basic model. Section 3 considers the solutions of the Nash equilibrium and performs a simple sensitivity analysis. In section 4 we compute the analytical expressions of the open–loop Stackelberg equilibrium while the polluting firms leads and the social planer of home country follows. Section 5 compares the two solution strategies, while the last section concludes the paper.

2. The model

In the real world scenario, it seems plausible that the mere existence of polluting firms (the polluters) is considered as being an intertemporal threat to any home country's environmental quality. Translating into strategies, the polluting firms on one hand, have to decide about the volume of the emission attacks will carry out, while the home country on the other hand has to defend in the "war of pollution". In the model presented here the state variable of the above clash is the volume of polluting firms, which denoted by x.

Moreover, we make the assumption that the new polluting firms are supported and financed by the existing, thus it is reasonable to face the growth of the polluting firms as in the population models in the absence of controls. Analogously to the models of population a very simple equation that is suitable to describe the evolution of population of the polluting firms at time t, $x(t)$, is the following differential

$$\dot{x} = gx, \qquad x(0) > 0 \tag{1}$$

where g denotes the endogenous growth rate of the polluting firms.

The volume of emissions realizations (denoted by υ) reduces the number of polluting firms due to the compliance costs, i.e. the more (stronger) the emissions the higher the penalties imposed by authorities, consequently the lower the number of the polluting firms that survive from the curse of compliance costs. We assume for simplicity that this fact is proportional to the number of emissions realizations, i.e. $\gamma\upsilon$, and as reduces the volume of the polluters, it is added as an outflow term to equation (1), i.e. it is entered into (1) with the minus sign.

Moreover, we set as the control variable of the home country the intensity u of the counter–emissions effort. The greater the intensity of the counter–emissions effort, the more resources there are that can be devoted to investigating the implications of emissions realization. Moreover, the stronger the home country's counter–pollution effort, the more effective is the reduction of the polluting firms. We assume that this fact is the linear term $f(u) = \beta u$, and the parameter β denotes the percentage looses per emission realization, on behalf the polluters, when the social planer of the home country, abates (or taxes) the pollutants (is counter–offensive). Again, the above term reduces the volume of the polluting firms, and therefore we add a second outflow term to (1) that weights the volume of emissions υ with βu.

Regarding the control variable of the home country, i.e. the intensity of counter–pollution effort, this control certainly reduces the volume of the polluters and therefore a new negative term is entered into the equation (1). This term represents the looses due to the intensity of counter–measures at the initiation phase and is proportional to the control u, i.e. is the term ϕu. Here we note that taking measures against the polluting firms' initiation is very sensitive process as the planer of the home country has to discriminate among the firms. Since the discrimination process lurking risks (e.g. the taxation must be not a blind taxation), we designate this inflow to equation (1), as a quadratic, with respect to the intensity of pollution control measures, cost function (e.g. the square of abatement or taxation).

After all, the volume of polluting firms evolves according to the following equation:

$$\frac{dx}{dt} = \dot{x} = gx - \phi u + \frac{a}{2}u^2 - \gamma\upsilon - \beta u\upsilon$$

where:

$x \geq 0$ the state variable (the volume of polluting firms)

$u \geq 0$ the control variable of the home country i.e. the intensity of the home country's counter pollution effort,

$\upsilon \geq 0$ emissions' rate (control variable of the polluting firms)

$g \geq 0$ endogenous growth rate of the group of polluters

$\phi \geq 0$ rate at which the counter pollution measures would reduces the polluting firms

$\frac{a}{2} \geq 0$ the cost factor which faces the home country due to the unsuccessful discrimination among the overall firms during the abatement (or taxation).

$\beta \geq 0$ percentage looses of the polluters per emission

$\gamma \geq 0$ average number of polluting firms which are not able to face the compliance costs.

In this paper, we assume that the social planer of home country wishes to minimize the following objectives. First, he wants to minimize the volume of emissions υ and second to minimize the volume of the polluting firms x (which is the state variable of the model). An important reason the social planer may wish to minimize the volume of polluters is that the threat of pollutants concentration is costly for the home country, because of costs associated with the uncertainty of business investments which in turn leads to the market shrinkage. As the third objective, the home country has an interest in minimizing the counter–pollution effort (e.g. in lowering the environmental tax factor), by minimizing its control variable u. It is well known that the pollution–control activities cost money, as almost any control policy execution.

In the decision making literature, the social planning, in intertemporal formulations, is described as trying to minimize a weighted sum of the state x and the opponent's control υ, as well as the effort cost stemming from its own control variable u. Therefore after the above simplified assumptions and with a positive discount rate ρ_1, the intertemporal home country's minimized functional will be the following

$$\min_{u(.)} \int_0^{\infty} e^{-\rho_1 t} \left(c_1 x + c_2 \upsilon + c_3 u\right) dt \qquad (2)$$

The polluting firms as a group, on the other hand, are interested to increasing their number x in order to exert more market power. The emissions' rate υ is their control variable which is maximized. But the emission realizations cost money and this cost is represented in the objective functional by the quadratic cost function $\left(c_4/2\right)\upsilon^2$. Regarding the polluting firms benefits with respect to the counter pollution effort, i.e. the home country's control variable u, the high values of that control may work as an indirect way of stirring up sentiments against the home's environmental policy. Therefore we represent this displeasure as a polluting firms' benefit and we set in their objective functional as the weighted term bu.

Finally, for a positive discount rate ρ_2 the intertemporal objective function of the polluting firm may be the following

$$\max_{\upsilon(.)} \int_0^{\infty} e^{-\rho_2 t} \left(b_1 x + b_2 \upsilon + b_3 u - \frac{c_4}{2} \upsilon^2\right) dt \qquad (3)$$

with

$$\rho_i > g \quad i = 1, 2 \qquad (4)$$

the home country minimizes functional (2) and the polluting firms maximizes (3) subject to (1) and the path constraints

$$x,\ u,\ \upsilon \geq 0$$

In the next sections we proceed with the calculation of both Nash and Stackelberg equilibrium solutions.

3. Nash equilibrium

The Nash equilibrium computation is derived under the assumption that both players play the game at the same time. Then, every player of the game (i.e. the home country and the polluting firms) has to solve their own optimal control problem, taking the opponent's reaction as given. Finally, the two optimal control solutions determine the game optimal controls u^*, υ^*. In the following we denote by λ and μ the shadow prices of the state variable x for the home country and the polluters respectively. Now the current value Hamiltonians of the game described above are given by

$$H_1 = -c_1 x - c_2 \upsilon - c_3 u + \lambda\left(gx - \phi u + \frac{a}{2}u^2 - \gamma\upsilon - \beta u\upsilon\right) \quad (5)$$

$$H_2 = b_1 x + \left(b_2 - \frac{c_4}{2}\upsilon\right)\upsilon + b_3 u + \mu\left(gx - \phi u + \frac{a}{2}u^2 - \gamma\upsilon - \beta u\upsilon\right) \quad (6)$$

Proposition 1

Along the optimal path, the shadow price of the home country's state variable is always negative, since one additional polluting firm is always harmful for the home country's environmental quality. Conversely, since one more polluting firm increases the benefits of the group of polluters, the shadow price of the state variable of the polluters is positive along the optimal path.

Proof

The result is obtained through the Pontryagin's maximum principle optimality conditions, i.e.,

$$\dot{\lambda} = (\rho_1 - g)\lambda + c_1 \quad (7)$$

with the equilibrium

$$\dot{\lambda} = 0 \Rightarrow \hat{\lambda} = -\frac{c_1}{\rho_1 - g} < 0 \quad (8a)$$

and the polluting firms' shadow price evolves according to the following equation

$$\dot{\mu} = (\rho_2 - g)\mu - b_1$$

with equilibrium

$$\hat{\mu} = \frac{b_1}{\rho_2 - g} > 0 \quad (8b)$$

According to $(8a)$ the long–run damage to the home country, implied by having one more polluting firm ($\hat{\lambda}$), increases. This is the result of an increasing cost associated with the existence of a polluting firm (i.e. the factor c_1 in the home country's objective functional). Note that according to basic theorems of the optimal control theory the transversality conditions hold for all admissible state trajectories (e.g. Grass et al, 2008).

For the following analysis presented here it is assumed that only interior solutions exist and they are positive, i.e. $u,\ \upsilon > 0$. According to Pontryagin's maximum principle, the maximizing condition of the Hamiltonian for the intensity of the home country's pollution–control effort (the home country's control variable) is given by

$$\frac{\partial H_1}{\partial u} = 0 \ \Leftrightarrow\ -c_3 + \lambda\phi - \lambda\beta\upsilon + \lambda a u = 0 \ \Leftrightarrow\ \quad u^* = \frac{1}{a}\left(\frac{c_3}{\lambda} + \gamma + \beta\upsilon\right) \qquad (9)$$

The result (9) is recorded in proposition 2.

The result (9) is recorded in proposition 2.

Proposition 2

The optimal counter–pollution effort u^* increases with:
a) a rising volume of emissions,
b) an increasing percentage lost of polluting firms per emissions (β),
c) an increasing rate at which pollution–control reduce the polluting firms (γ).
The cost factor which faces the home country due to the unsuccessful discrimination among the firms of the country during the exercise of the counter pollution measures $(a/2)$ has a decreasing influence on the home country's intensity of conducting the above effort.

Looking at the control variable analytical expression (9), it is worth noting that if the cost of control (c_3) is large relative the home's shadow price λ (which is negative along the optimal path), the home country's optimal control u^* becomes low and possibly meets the boundary at $u^* = 0$. Conversely, if the cost of the control is negligible with respect to the shadow price λ, the home's optimal control collapses into a linear function of emissions υ, since the term c_3/λ in (9) vanishes. Therefore it is optimal, in the former case, for the home country to not exert any counter–pollution control.

Turning in the polluters' problem and regarding their emissions, the Hamiltonian maximizing condition is determined by

$$\frac{\partial H_2}{\partial \upsilon} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad b_2 - c_4\upsilon - \mu(\gamma - \beta\upsilon) = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \upsilon^* = \frac{b_2}{c_4} - \frac{\mu}{c_4}(\gamma + \beta u) \qquad (10)$$

We record the result (10), as

Proposition 3

The optimal rate of the polluters' emissions υ^* decreases with:
a) an increasing average number of the polluting firms abandonment (γ),
b) an increasing percentage looses per emission (βu), *and*
c) an increasing state's variable shadow price μ of the group of polluters.

According to (10) if the shadow price of the polluting firms is raised, then it is optimal for the polluters to curb the emissions' rate. Conversely, along the polluters' optimal path, the rate of emissions increases as the emissions' benefits (b_2) increases relative to the costs (c_4).

A useful corollary according to the optimality conditions (9) and (10) it must be the following: "Along the home country's optimal path the intensity of pollution–control measures raises while the rate of emissions increases, and the rate of emissions declines while the intensity of the counter-pollution measures is increasing".

The stationary values of the controls in the Nash equilibrium are the following

$$\hat{u}_N = \frac{\beta(b_2 - \hat{\mu}\gamma) + c_4\left(\phi + c_3/\hat{\lambda}\right)}{c_4 a + \hat{\mu}\beta^2}$$
$$\hat{v}_N = \frac{a(b_2 - \hat{\mu}\gamma) - \hat{\mu}\beta\left(\phi + c_3/\hat{\lambda}\right)}{c_4 a + \hat{\mu}\beta^2} \qquad (11)$$

with $\hat{\lambda}$, $\hat{\mu}$ given by $(8a)$ and $(8b)$, where N in (11) means the Nash solution. The Nash equilibrium value for the polluting firms is given by

$$\hat{x}_N = \frac{1}{g}\left[\left(\phi - \frac{a}{2}\hat{u}_N\right)\hat{u}_N + (\gamma + \beta\hat{u}_N)\hat{v}_N\right] \qquad (12)$$

and $\hat{u}_N$, $\hat{v}_N$ as in (11).

Here it is worth noting the advantage regarding the structure of the state separable games, due to which we have the opportunity to find the analytical expressions of the controls as well as of the state variable. The solution (11) is a unique closed loop Nash equilibrium. This advantage is rather unusual, since the multiple solutions in differential games is the rule. Due the analytical expressions (11) and (12) it is easy to proceed with sensitivity analysis with respect to the model parameters.

Table 1 represents the results of sensitivity analysis. Taking the partial derivatives $\partial(.)/\partial(\text{parameter})$, the symbol "+" means that the partial derivative is greater than zero, the symbol "–" means the opposite case, 0 indicates that the result of the partial derivative is zero (the parameter is not a part of the control), and ? denotes that the result is unknown. The results in Table 1 make some economic sense. Taking into account (8*b*) the polluters' shadow price $\hat{\mu}$ decreases with the discount factor ρ_2, but increases with the factor b_1 and with the endogenous growth rate g.Taking into account (11) the stationary value of the polluting firms $\hat{x}_N$ decreases with increasing endogenous rate g (as the control factor c_3 is equal to zero).

Table 1: A summary of the sensitivity analysis results

	ϕ	α	β	γ	c_1	c_2	b_1	b_2	c_4	ρ_1	ρ_2
$\hat{u}_N$	+	–	?	–	0	0	0	+	0	0	0
$\hat{v}_N$	–	?	?	0	0	0	0	+	+	0	0
$\hat{x}_N$	+	–	+	+	0	0	0	0	0	0	0

4. The Leader–Follower game (polluting firms as a leader)

In the Nash equilibrium solution, as illustrated above, it is assumed that the two player game played simultaneously. i.e. the moves of the rivals are made at the same time. As it is mentioned above, in this paper we explore and the other class of games in which one player, the leader, moves first, and the opponent, the follower, makes his/her decision at the second time. As it is known, this hierarchical or sequential mode of playing the game is the leader–follower or Stackelberg mode. In the game theoretic literature, e.g. Olsder and Başar, 1999, it has been developed at least one stepwise procedure to derive the equilibrium solution. In order to describe (for completeness) the solution procedure we assume, without any loos of generality, that the first player is the leader and the second is the follower. The control and adjoint variables of the leader are denoted with u, λ respectively, and with υ, μ we denote the same variables for the follower. We assume moreover that the cost of pollution control vanishes, i.e. $c_3 = 0$.

The three step procedure for the (open–loop) Stackelberg solution (e.g. Grass et al, 2008, Dockner et al., 2000, Basar T., Olsder G.,1999):

Step 1: The polluting firms, as group, announce their common strategy, υ

Step 2: For the given strategy υ, the home country (the follower) solves the same Nash optimal control problem. As it is mentioned in the Nash case (see (9)), the home's optimal response to the polluters' strategy υ, will be

$$u^* = u^*(\upsilon) = \frac{1}{a}(\gamma + \beta\upsilon) \tag{13}$$

since it is assumed that $c_3 = 0$.

the adjoint λ variable for the follower is given by equation (7).

Step 3: Now, in the last step, the leader has to solve the same as in the Nash case optimal control problem, but for the known reaction function (13) of the follower:

$$\max_{\upsilon(.)} \int_0^\infty e^{-\rho_2 t}\left(b_1 x + \left(b_2 - \frac{c_4}{2}\upsilon\right)\upsilon + b_3 u^*(\upsilon)\right)dt$$

subject to the following state equations

$$\dot{x} = gx - \left(\phi - \frac{a}{2}u^*(\upsilon)\right)u^*(\upsilon) - \gamma\upsilon - \beta u^*(\upsilon)\upsilon \tag{14}$$

$$\dot{\lambda} = (\rho_1 - g)\lambda + c_1 \tag{15}$$

with $u^*(\upsilon)$ given by (13).

The Hamiltonian of player 2 (the follower) becomes

$$H_2 = b_1 x + \left(b_2 - \frac{c_4}{2}\upsilon\right)\upsilon + b_3 u^*(\upsilon) + \mu\dot{x} + \psi\dot{\lambda} \tag{16}$$

The adjoint variables are the shadow values of the states x, λ for which the equations of motion are given by (14) and (15) respectively. Taking the first order condition for the Hamiltonian (16), i.e., $\partial H_2/\partial\upsilon = 0$ we found the optimal strategy υ^*. The calculations of the stationary

strategies are made through the substitutions in (13) the player's 2 optimal strategy. After the rearrangement the final expressions are:

$$\hat{u}_S = \frac{\beta(b_2 - \hat{\mu}\gamma) + c_4\phi + b_3(\beta^2/a)}{c_4 a + \hat{\mu}\beta^2}$$
$$\hat{v}_S = \frac{a(b_2 - \hat{\mu}\gamma) - \beta(\hat{\mu}\phi - b_3)}{c_4 a + \hat{\mu}\beta^2} \qquad (17)$$

with *S* to denote the Stackelberg strategy. The number of polluting firms is given by

$$\hat{x}_S = \frac{1}{g}\left(\left(\phi - \frac{a}{2}\hat{u}_S\right)\hat{u}_S + (\gamma + \beta\hat{u}_S)\hat{v}_S\right) \qquad (18)$$

and the optimal controls are given by (17). Since the analytical expressions of the optimal strategies are computed for both types of the game, in the next section we compare these values.

Note that, In the reverse case at which the home country moves first as a leader and the polluting firms follow the following controls are optimal[91]

$$\hat{u}_{S,L} = \frac{\beta(b_2 - \hat{\mu}\gamma) + c_4\phi - \beta\hat{\mu}\left(\frac{c_2}{\hat{\lambda}} + \gamma\right)}{c_4 a + 2\beta^2\hat{\mu}}$$
$$\hat{v}_{S,F} = \frac{b_2 a - \hat{\mu}(a\gamma + \beta\phi) + b_3\beta + \frac{\beta^2\hat{\mu}^2}{c_4}\left(\frac{b_2}{\hat{\mu}} + \frac{c_2}{\hat{\lambda}}\right)}{c_4 a + 2\beta^2\hat{\mu}}$$

5. Comparison of the two solutions

Taking the Nash solutions (11) and the Stackelberg solutions (17) the optimal controls can be expressed as

$$\hat{u}_S = \hat{u}_N + \frac{\beta}{a}\Delta$$
$$\hat{v}_S = \hat{v}_N + \Delta$$

while

$$\Delta = \frac{b_3\beta}{c_4 a + \beta^2\hat{\mu}} > 0 \qquad (19)$$

the difference between the optimal stationary strategies is given by (19). Some remarks can be drawn about the difference of the two solutions of the same game. These observations could be:

i) The fewer the polluting firms losses per emission (β), the smaller the difference Δ. If the losses rate β vanishes $(\beta = 0)$, the Nash and Stackelberg equilibrium solutions become equal.

ii) if the polluting firms have no objective which is related with the unsuccessful discrimination on behalf the social planer ($b_3 = 0$), the Nash and Stackelberg equilibrium solutions are equal. If the same factor b_3 is positive, the group of polluting firms announces a volume of emissions, v_S,

[91] The analysis of the latter Stackelberg equilibrium case is left for future research.

such that the home country reacts with a higher of counter–pollution effort, u_S. As a result the number of polluting firms x increases which in turn increase the volume of emissions.

As follows from the comparison of (11) and (17)

$$\hat{u}_S > \hat{u}_N \qquad \text{and} \qquad \hat{v}_S > \hat{v}_N$$

the conflict will be more intensive if the group of polluting firms has the first mover advantage and announces the volume of emissions to be carried out (compared to the simultaneous move game). Consequently, the next result becomes obvious.

Proposition 4

The pollution control hierarchical game in which the group of polluting firms being the leader and the home country the follower, gives a higher volume of emissions and a more intensive counter–pollution effort, i.e. the conflict between the players is more intensive.

The difference between the equilibrium values (12) and (18) is positive, that is $D = \hat{x}_S - \hat{x}_N > 0$, and therefore we can conclude that the polluting firms being the leader verifies its better position due to the increase D in its size.

The linear state equations (12) and (18) can explicitly solved with respect to the state $x(t)$, yielding:

$$x_N(t) = x_{N0}e^{gt} + \hat{x}_N\left(1 - e^{gt}\right)$$
$$x_S(t) = x_{S0}e^{gt} + \hat{x}_S\left(1 - e^{gt}\right)$$

And the value functions for the Nash and Stackelberg equilibrium is easy computed as:

$$V_{2,N} = \int_0^\infty e^{-\rho_2 t}\left(b_1 x + b_2\hat{v}_N + b_3\hat{u}_N - \frac{c_4}{2}\hat{v}_N^2\right)dt =$$
$$= b_1\frac{\rho_2 x_{N0} - g\hat{x}_N}{\rho_2(\rho_2 - g)} + \frac{2b_2\hat{v}_N - c_4\hat{v}_N^2 + 2b_3\hat{u}_N}{2\rho_2}$$

and

$$V_{2,S} = \int_0^\infty e^{-\rho_2 t}\left(b_1 x + b_2\hat{v}_S + b_3\hat{u}_N - \frac{c_4}{2}\hat{v}_S^2\right)dt =$$
$$= b_1\frac{\rho_2 x_{S0} - g\hat{x}_S}{\rho_2(\rho_2 - g)} + \frac{2b_2\hat{v}_S - c_4\hat{v}_S^2 + 2b_3\hat{u}_S}{2\rho_2}$$

Moreover, the difference of the two value functions

$$V_{2,S} - V_{2,N} = \frac{b_3\beta\Delta}{2\rho_2 a} > 0$$

is positive, and therefore becomes better for the group of the pollutin firms to lead playing the Stackelberg strategy than playing the Nash strategy. This result is recorded as Proposition 5.

Proposition 5.

In the environmental pollution game between the polluting firms of a country and the social planer of the same country the more beneficial strategy, on behalf of the polluters, is the strategy in which they lead (and the home country follows) in a Stackelberg setting.

6. Conclusions

In this paper we setup a differential game model between the polluting firms of a country and the social planer of the same country. The model belongs into the special tractable class of the state separable games. This class of games has the special feature, in the Nash equilibrium, for which the open-loop equilibrium coincides with the closed-loop (Markovian) equilibrium. During the solution process, of the simultaneous move game, we found the analytical expressions of both players' controls as well as the steady state of the stock variable (which is the volume of the polluting firms). A sensitivity analysis, which is an analysis between the controls and the crucial variables of the model, makes economic sense.

Moreover a number of propositions are stated from the same Nash equilibrium game. As an extension of the model, we setup the game in the case of hierarchical move, i.e. we transform the Nash game into a Stackelberg game. With the above transformation the computed equilibrium values become different. The analysis of the control values comparison, for both equilibrium concepts, reveals that the conflict between the players of the game becomes more intensive in the case of the Stackelberg game. Moreover we found, comparing the payoffs of the polluting firms for both equilibrium concepts, that is better to play as leaders in a Stackelberg game. Finally, some results, recorded as propositions, are stated as well as in the case of the Stackelberg equilibrium.

References

Başar T., Olsder G., (1999). Dynamic Noncooperative Game Theory, Academic Press New York, 2nd Edition

Dockner, J., Feichtinger, G., (1991). On the Optimality of Limit Cycles in Dynamic Economic Systems, Journal of Economics, 53, 31 – 50.

Dockner, J., Feichtinger, G., Jorgensen, S., (1985). Tractable classes of Non Zero Sum open Loop Nash Differential Games: Theory and Examples, Journal of Optimization Theory and Applications, 45(2), 179–197.

Dockner, E., Jorgensen, S., Long, N.V., Sorger, G., (2000), Differential games in economics and management science, Cambridge University Press.

Grass, D., Gaulkins, J., Feichtinger, G., Tragler, G., Behrens, D., (2008), Optimal Control of Nonlinear Processes. With Applications in Drugs, Corruption and Terror, Springer, Berlin.

Uncertainty, subjectivity and group decision making in environmental economics

Electra Petracou[(1)]*and Athanasios N. Yannacopoulos[(2)]
(1) Department of Geography,
University of the Aegean,
(2) Department of Statistics,
Athens University of Economics and Business.

Abstract

We develop the concept of barycentric utility or middle of the road utility as a new tool in the theory of group decision making under uncertainty. An example from the theory of sustainability is presented.

Keywords: Group decision making, discounting
JEL: C02, D71

1 Introduction

The theory of group decision making presents many theoretical challenges, which however are often arising from concrete real life situations. One of the key problems in this field is combining the preferences of a group of agents which may be diverging, in such a way so that a proposal for a single decision affecting the group, which can not be enforced but has to be adopted, is made by a mediator (social planner), while trying to represent as equally as possible the opinions of all agents in the group. This important question has certain aspects in common with Social Choice theory (see e.g., Suzumura et al. (2010)), however the non coercive nature of the proposal of the mediator which is prevalent in the situation under consideration alleviates many of the difficult ethical and philosophical issues that social choice theory has to account for. Several suggestions have been made, on

*ipetr@geo.aegean.gr, ayannaco@aueb.gr

based upon different axiomatic foundations and depending on different views with respect to the notions of justice and equality. These suggestions range from utilitarian approaches (Benthamite approach) to approaches based on the concept of the veil of ignorance and justice (Rawls) and provide different and possibly opposing policy impications. Risk plays an important role in this theory, as usually decisions have to be taken in the absence of complete knowledge concerning the states of the world that will materialize, and Knightian uncertainty (i.e., absense of trust to a unique probability model describing occurence of the future states of the world) may make things even harder, calling for game theoretic or minimax approaches to the problem (see e.g., Gilboa et al. (2004)).

It is the intention of this paper to propose an alternative approach to the theory of group decision making under uncertainty, which combines an approach to group elicitation of preferences, with the theory of expected utility. We illustrate our results using an example from the theory of discounting.

2 Statement of the problem and two different proposals

Consider the following situation:

Let $(\Omega, \mathcal{F})$ be a Polish space modelling the states of nature and $\mathcal{G}$ be a group of n agents (or experts). Each agent i, has a particular view concerning the future states of the world modelled by a probability measure Q_i, on $(\Omega, \mathcal{F})$, $i = 1, \cdots, n$. Consider now a decision maker (a central planner or a proposer of a treaty) that has to propose a course of action concerning the group. How is she going to proceed through these diverging opinions in order to propose a single course of action, that would be acceptable by everybody?

Clearly, this situation is very common in cases where a single decision or a single proposal concerning a group of agents, has to be made, and the decision maker (proposer) nor any of the members of the group can act as dictators. If the success of the proposal is based upon the mutual consent of the agents, i.e., if the proposal or the decision cannot be enforced, then it is important that the proposed course of action should be drawn so as to account as much as possible for the (possibly divergent) opinions of all members of the group. A closely related problem, is the problem of consulting a group of experts $\mathcal{G}$, whose opinions disagree, and the single decision maker does not have any a priori reason so as to trust one expert more than another.

Example 1. *To make the situation more concrete consider the following example: Let $\mathcal{G}$ be a group of countries or a group of experts wishing to agree on*

a particular issue, e.g., a climate or water regulation, involving an unknown future payoff (or loss) i.e. a lottery $X : \Omega \to \mathbb{R}$. In particular a common course of action has to be taken (e.g. a treaty has to be proposed or designed) which requires a single estimate of this uncertain payoff (or loss), acceptable by every member of the group. Since each agent $i \in \mathcal{G}$ has a different view concerning the probability measure Q_i modelling the distribution of the unknown payoff (or loss), each agent would value X, differently, assigning a utility (or disutility) value to it equal to $U_i(X) := \mathbb{E}_{Q_i}[U(X)]$. How should this uncertain payoff (or loss) be valued by the proposer of the treaty or the regulation?

The minimax approach

Using the Gilboa-Schmeidler approach we may consider the following decision rule: Consider the decision maker as a single agent, who is offered a set of models $\mathcal{Q} := \{Q_1, \cdots, Q_n\}$ concerning the future states of the world. Then, the utility used by the decision maker could be

$$\mathcal{U}_R(X) = \min_{Q \in \mathcal{Q}} \mathbb{E}_Q[U(X)] = \min\{\mathbb{E}_{Q_1}[U(X)], \cdots, \mathbb{E}_{Q_n}[U(X)]\}$$

(with max in lieu of min if disutility of a loss is studied). This utility function complies with the nice axiomatic framework of minimax utility, but provides a worst possible scenario and will thus provide an extreme valuation of the lottery. As such it may keep most of the agents in the group $\mathcal{G}$ unhappy, since $\mathcal{U}_R$ coincides with the utility of the agent providing the worst valuation and thus will probably make all the rest unhappy, as it may lead to proposed actions when applied in decision making that will be considered as excessive for most of the members of the group but the most cautious. If the success of the proposal made relies on whether the various agents in the group $\mathcal{G}$ comply with it or not then it is important for the decision maker to pick a decision rule that will make as many as possible agents in the group $\mathcal{G}$ satisfied. As a concrete example consider an international treaty, such as e.g. the Kyoto protocol, that cannot be forced, but whose success will depend on the number of nations that ratify it. In this example, $\mathcal{G}$ is the group of countries involved, the decisions taken involve uncertainty modelled by a probability space $(\Omega, \mathcal{F})$, and each country may have a personal view or interest concerning this probability space, Q_i. If the treaty is designed using the utility function $\mathcal{U}_R$ then, the only country that will be fully happy with the conditions, and will thus fully comply (if no coercion is exerted) will be the one whose expected utility corresponds to the minimum over $\mathcal{Q}$, all the others being unhappy with it and therefore having incentives to deviate from the conditions, a fact that will eventually lead to failure of the treaty.

The barycentric utility approach

In situations where coercion is not involved, it is important to design the conditions, i.e. evaluate lotteries using a middle of the road utility, rather than a minimax utility. The proposal of such a middle of the road utility is the main goal of this work.

If consensus of the agents in the group $\mathcal{G}$ is important, the decision maker should try to make a decision which will keep as many of the agents in the group $\mathcal{G}$ as possible happy. Our first suggestion, is that the central planner uses an expected utility function. The crucial question is which probability measure out of the set $\mathcal{Q}$ should she use? Suppose the mediator makes a proposal using a probability measure Q It is plausible to assume that an agent $i \in \mathcal{G}$ would be happier the closer the probability measure Q used by the decision maker is to her initial view concerning the future states of the world, modelled by the probability measure Q_i. Let $d(Q, Q_i)$ be the distance of the probability measure Q employed by the decision maker from agents i view concerning future states of the world. We will specify explicitly the notion of distance we will use to quantify the difference between probability measures, however at this point we will be a bit slack to make our argument more easily accessible. The most viable choice of Q by the decision maker would be to choose $Q \in \mathcal{P}$ (where $\mathcal{P}$ is the set of probability measures) as the solution of the vector optimization problem,

$$\min_{Q \in \mathcal{P}} \{d(Q, Q_1), d(Q, Q_2), \cdots, d(Q, Q_n)\}$$

If $Q^* \in \mathcal{P}$ is the solution of this problem, then the probability measure Q^* is the one that diverges as little as possible from the views concerning the future states of the world, therefore, the one that is most likely to be acceptable by the agents in the group. Vector optimization problems can be treated in various ways, a popular way among them being a scalarization argument. According to this method, choose a set of weights $w = \{w_1, w_2, \cdots, w_n\}$, such that $w_i \in [0, 1]$, $\sum_{i \in \mathcal{G}} w_i = 1$ and then consider the scalar optimization problem

$$\min_{Q \in \mathcal{P}} \sum_{i=1}^{n} w_i d(Q, Q_i). \tag{1}$$

The weights w correspond to the relative importance assigned to the opinion of each agent in the group, the higher w_i, the more important it is for the decision maker to please agent i and choose a probability measure Q which is closer to her. Having obtained the minimizer Q^* of problem (1), the decision maker sets up the expected utility function $\mathcal{U}_\beta$ defined by $\mathcal{U}_\beta(\cdot) :=$

$\mathbb{E}_{Q^*}[U(\cdot)]$ and uses that everafter to classify lotteries and make decisions. The construction we have just described has a nice geometric interpretation. Since, we may consider each probability measure in the set of beliefs $\mathcal{Q}$, as a point Q_i of a the space of probability measures $\mathcal{P}$ which is a metric space when endowed with an appropriate metric d. Under this interpretation, Q^* is the point in the metric space $(\mathcal{P}, d)$, which has the smallest distance from each point $Q_i \in \mathcal{P}$, so in some sense it is the barycenter of the set of points $\{Q_1, \cdots, Q_n\} \subset (\mathcal{P}, d)$.

Definition 1. *The mediator can use the following procedure,*

1. *Solve the optimization problem* (1) *(for some choice of weights* $w = (w_1, \cdots, w_n)$ *and obtain the barycenter which is a probability measure* $Q^* \in (\mathcal{P}, d)$.

2. *Set up the expected utility* $\mathcal{U}_\beta(\cdot) = \mathbb{E}_{Q^*}[U(\cdot)]$, *and use that to classify lotteries according to the rule,* X_1 *is preferred to* X_2, *if* $\mathcal{U}_\beta(X_1) \geq \mathcal{U}_\beta(X_2)$.

We will call $\mathcal{U}_\beta$ *the barycentric utility.*

An important issue in the definition of the barycentric utility $\mathcal{U}_\beta$ is the choice of distance (i.e. the choice of metric d) that is employed to measure the distance between two probability measures $Q_1, Q_2 \in \mathcal{P}$. In fact, turning $\mathcal{P}$ into a metric space requires some careful consideration since the space of probability measures is not a vector space. A true metric on the space of $\mathcal{P}$ is the so called Wasserstein-Kantorovich distance. This is obtained in terms of the solution of a dual problem. We refrain from providing the general definition here for lack of space and consider the special, yet very important case of probability measures supported on the real line, i.e. probability measures related with a random variable $W : \Omega \to \mathbb{R}$. We will consider this random variable W as a factor variable introducing uncertainty into the model. In this case the measures Q_1, Q_2 can be identified with different probability distributions F_1, F_2 for the random variable W, and the Wasserstein distance can then be expressed in terms of the quantiles of the distributions F_1, F_2 as

$$W_2^2(Q_1, Q_2) := \int_0^1 |F_1^{-1}(x) - F_2^{-1}(x)|^2 dx.$$

This is probably, one of the very few cases where there is an explicit expression for the Wassertein distance.

Once the Wasserstein distance has been selected as the relevant metric in $\mathcal{P}$, the problem of determination of the barycenter can be treated. In the

next proposition we provide an explicit form for both the adopted probability measure Q^* (the barycenter measure) as well as the corresponding barycentric utility.

Proposition 1. *Suppose that all uncertainty is introduced into the economy through a random factor $W : \Omega \to \mathbb{R}$ so that the probability models for W are measures Q_i on the real line $\mathbb{R}$, expressed in terms of distribution functions $F_i : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$, defined by $F_i(x) := Q_i((-\infty, x])$.*

(i) The solution of the problem (1) is a measure Q^* on the real line, expressed in terms of the distribution function F, such that

$$F^{-1} = \sum_{i=1}^{n} w_i F_i^{-1}.$$

(ii) The barycentric utility of a lottery $X : \Omega \to \mathbb{R}$, influenced by the factor W, is given by

$$\mathcal{U}_\beta(X) = \mathbb{E}_{Q^*}\left[U(X;W)\right] = \int_0^1 U(X; \sum_{i=1}^{n} w_i F_i^{-1}(p))dp$$

Assume that the n agents in $\mathcal{G}$ wish to evaluate a potential future loss X, depending on a stochastic factor $W : \Omega \to \mathbb{R}$. We will use the notation $X(W)$ to denote that the agents face the lottery $Y := X(W)$, i.e., if the state of the world $\omega \in \Omega$ is realized then the loss $Y(\omega) = X(W(\omega))$. Let x_0 be the wealth level. Then, the agents face the lottery $Z = x_0 - X(W)$, which has to be evaluated by a utility function $\mathcal{U}$ chosen by the decision maker and used so that the future loss X is evaluated by a certainty equivalent cost C according to the rule

$$U(x_0 - C) = \mathcal{U}(x_0 - X(W)).$$

It is the objective of this section to discuss the dependence of the cost C on the choice of utility function $\mathcal{U}$, as an instrument for decision making on behalf of the group $\mathcal{G}$.

Our first result concerns the comparison of $\mathcal{U}_\beta$, with other notions of group welfare, an in particular with a Benthamite utility $\mathcal{U}_B$ and a Rawlsian or Gilboa-Schmeidler type of utility $\mathcal{U}_R$.

Proposition 2. *Consider a possible random loss $L : \Omega \to \mathbb{R}_+$, which is expressed in terms of $L = X \circ W$, where $X : \mathbb{R} \to \mathbb{R}_+$ is a convex function, $W : \Omega \to \mathbb{R}$ is a random factor (meaning that $L(\omega) = X(W(\omega))$ for every $\omega \in$*

Ω). *Furthermore, let* $\mathcal{U}_\beta(\cdot) = \mathbb{E}_{Q^*}[U(\cdot)]$ *be the barycentric utility function,* $U_i(\cdot) = \mathbb{E}_{Q_i}[U(\cdot)]$ *be the expected utility functions of each agent,* $\mathcal{U}_B(\cdot) = \sum_{i=1}^n w_i U(\cdot)$ *the generalized utilitarian or Benthamite utility and* $\mathcal{U}_R(\cdot) = \min_{i\in\mathcal{G}} \mathbb{E}_{Q_i}[U(\cdot)] = \min_{i\in\mathcal{G}} U_i(\cdot)$, *the Gilboa-Schmeidler min-max utiilty or Rawlsian utility. Then,*

$$\mathcal{U}_\beta(x_0 - L) \geq \mathcal{U}_B(x_0 - L) \geq \mathcal{U}_R(x_0 - L),$$

leading to certainty equivalents

$$C_\beta \leq C_B \leq C_R.$$

3 Applications in aggregate discounting

Suppose now that the decision maker wishes to estimate the present value of a future loss L which is deterministic. Under the assumption of exponential discounting, if the discount factor is $r > 0$ and the loss occurs at time T from now ($t = 0$) the present value of the loss C is given by the $e^{-rT}U(L)$, where U is the utility function. The choice of the discount factor λ has been an issue that has created serious discussions and controversies, as it relies on the discretion of the social planner, and should reflect somehow the preferences of the society with respect to time.

Let us assume that the discount factor is constant but unknown and subject to uncertainty. An interesting corollary of Proposition 2, is the following one which is related to discounting.

Proposition 3. *Consider a group of agents, which discounts the utility of a future loss, with an exponential discount function, with a constant but unknown discount factor* r. *Each agent* $i \in \mathcal{G}$, *assumes that* $r \sim F_i$. *Let* D_β *be the average discount factor as calculated in terms of the Wasserstein barycenter,* D_i *the expected discount factors for each agent* $i \in \mathcal{G}$ *according to the beliefs* $r \sim F_i$, $D_B = \sum_{i=1}^n w_i D_i$ *the utilitarian (Benthamite) discount factor,* $D_R = \max_{i\in\mathcal{G}} D_i$, $D'_R = \min_{i\in\mathcal{G}} D - i$, *Rawlsian type discount factors, representing the most patient agent in the group and the most austere agents in the group respectively. Then,*

$$D_\beta(t) = \int_0^1 \exp\left(-t \sum_{i=1}^n w_i F_i^{-1}(p)\right) dp,$$

and the following comparison holds,

$$D'_R(t) \leq D_\beta(t) \leq D_B(t) \leq D_R(t), \text{ for every } t > 0.$$

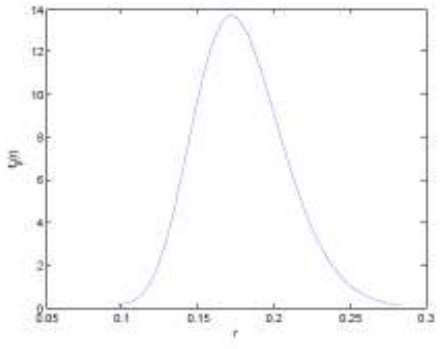


Figure 1: The probability distribution of the group for the discount factor

Example 2 (Aggregation of exponentially distributed discount rates). *Assume that each of the members i of the group $\mathcal{G}$ adopts a distribution for the random variable $r : \Omega \to \mathbb{R}_+$ as $r \sim Exp(\lambda_i)$. The barycenter Q^* corresponds to an exponential distribution $Exp(\lambda)$, which parameter λ such that*

$$\frac{1}{\lambda} = \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{\lambda_i},$$

the weighted harmonic mean of the parameters of the individual agents of the group. The valuation of the project for a fixed horizon T according to Q^* corresponds to a time dependent discount rate

$$R(T) = \frac{1}{T} \ln \left(1 + T \sum_{i=1}^{N} \frac{w_i}{\lambda_i} \right)$$

Note that in the limit as $T \to \infty$, $R \to \sum_{i=1}^{N} \frac{w_i}{\lambda_i}$. One way to interpret this result, could be the following: If each agent $i \in \mathcal{G}$ we asked to provide a quote for the most probable value of the discount rate, she could give as the answer $r_i := \mathbb{E}_{Q_i}[r] = \frac{1}{\lambda_i}$. With the same argument, the social planner would provide as answer $r_{\mathcal{G}} = \mathbb{E}_{Q^*}[r] = \frac{1}{\lambda}$. That implies that $r_{\mathcal{G}} = \sum_{i=1}^{N} w_i r_i$, i.e., to averaging return rates over the group.

Example 3 (Gamma discounting). *An extension of the above procedure can be provided under different probability distribution assumptions for the discount rate r. We may therefore, following Weitzman (see e.g., Weitzman*

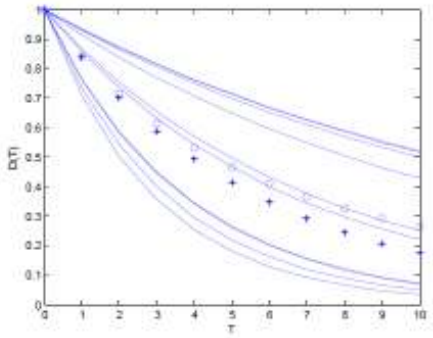


Figure 2: The individual discount factors, the barycentric discount factor (*) and the Benthamite discount factor (o).

(2001)), assume that $r \sim Gamma(\alpha, \beta)$ *the gamma distribution, with parameters* α, β*. In particular assume that each agent within the group* $\mathcal{G}$*, has a view towards the distribution of* r *as* $r \sim Gamma(\alpha_i, \beta_i)$*. In this case, the quantile functions* F_i^{-1} *are no longer known in closed form. An application of Proposition 1 provides the quantile function of the Wasserstein barycenter as* $F^{-1} = \sum_{i=1}^{n} w_i F_i^{-1}$*, which may only be calculated numerically. Unlike the case where each of the* F_i *are exponential, now we no longer expect that* F *is a gamma distribution in general, although this is not impossible for particular parameter choices. Having an explicit representation of the quantile* F^{-1} *in terms of the quantiles* F_i^{-1}*, it is a straightforward task to calculate the Wasserstein barycenter quantile, and use it to obtain the barycenter discount factor. The derivation of the barycentric quantile as well as the expectations which lead to the group discount factors now have to be performed numerically. As a simple illustration of the results, we provide in Figure 1 the barycenter probability distribution function concerning the discount factor, for a group of 10 agents, each one of which assumes that the discount factor is distributed according to a gamma distribution* $Gamma(\alpha_i, \beta_i)$*, for different values of* α_i *and* β_i*. Note that the barycentric probability distribution does not follow at least visually the gamma distribution, as expected. Furthermore, in Figure 2 we provide the individual discount factors for the members of the group, the barycentric discount factor* D_β *and the Benthamite discount factor* D_B*. Note that these discount factors differ and compare in accordance with the general results of Proposition 3. Although the barycentric discount factor* D_β *is smaller than the Benthamite one* D_B*, we maintain that the* D_β *factor*

is more acceptable by the group as it is the one obtained by combining their beliefs about the future, rather than just the average discount rates. As such it represents in a better way the possibility of occurence of extreme events and in our view has better chances of keeping the majority of the agents in the group happy, so that the majority of agents will have no incentive to disrespect the choice of the mediator.

Acknowledgment

The authors wish to thank Professor A. Xepapadeas (AUEB) for useful discussions and comments on a preliminary version of the manuscript. We also wish to thank Mr. G. Papagiannis, for his support. Finally, we are indebted to Professor G. Halkos, for his warm hospitality and for organizing this stimulating conference.

References

Gilboa, I., D. Samet, and D. Schmeidler (2004). Utilitarian aggregation of beliefs and tastes. *Journal of Political Economy 112*(4), 932–938.

Suzumura, K., K. J. Arrow, and A. Sen (2010). *Handbook of Social Choice & Welfare*, Volume 2. Elsevier.

Weitzman, M. L. (2001). Gamma discounting. *American Economic Review 91*(1), 260–271.

Επισκόπηση των μεθοδολογιών υπολογισμού αξίας των παράκτιων υγροτόπων, υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής

Μελίνα Κουραντίδου & Δημήτρης Παλάσκας
ΣΥΣΤΑΔΑ, Συστήματα Ανάπτυξης Δασών και Περιβάλλοντος Ο.Ε.
Αμασείας 8, Θεσσαλονίκη 55133
mkourantidou@gmail.com diomitri@systada.gr

Περίληψη
Η αξιοποίηση παράκτιων, δημόσιας ιδιοκτησίας, εκτάσεων στην Ελλάδα χρησιμοποιείται τελευταία ως μέσο για την αντιμετώπιση των δημοσιονομικών προβλημάτων της χώρας. Ωστόσο, πολλές από τις εκτάσεις αυτές περιλαμβάνουν προστατευόμενες περιοχές υγροτόπων, γεγονός που καθιστά περισσότερο περίπλοκη, αλλά και επιστημονικά ενδιαφέρουσα, την εκτίμηση της αξίας τέτοιου είδους εκτάσεων, αφού θα πρέπει να συνυπολογισθεί η αξία της βιοποικιλότητας των εκτάσεων αυτών, καθώς επίσης και των πολλαπλών υπηρεσιών που αυτές προσφέρουν. Επιπλέον, οι υγρότοποι εμφανίζονται ως ιδιαίτερα ευαίσθητα οικοσυστήματα στην κλιματική αλλαγή, επιτείνοντας τον παράγοντα της αβεβαιότητας στους υπολογισμούς και δημιουργώντας την ανάγκη υιοθέτησης παραδοχών, καθώς επίσης και μεθοδολογίας τέτοιας η οποία θα επιτρέπει την αξιολόγηση της κατάστασής τους και την εκτίμηση της αξίας των υπηρεσιών που προσφέρουν, λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα δεδομένα. Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, με επίκεντρο τους ελληνικούς υγροτόπους, πραγματοποιούνται διερευνητικές προσεγγίσεις σχετικά με τη μεθοδολογία υπολογισμού της αξίας των παράκτιων υγροτοπικών εκτάσεων, ως συνεισφορά στο ευρύτερο αντικείμενο της Οικονομικής των Φυσικών πόρων, αλλά και στο δημόσιο διάλογο για την οικονομική αξιοποίηση των εκτάσεων αυτών.

Λέξεις Κλειδιά: Παράκτιοι υγρότοποι, βιοποικιλότητα, οικονομική αποτίμηση.
JEL Κωδικοί: Q25, Q51, Q54, Q57.

An overview of economic valuation methodologies for coastal wetlands, in the light of climate change

Melina Kourantidou & Dimitris Palaskas
SYSTADA G.P., Systems *of Forests and Natural Environment Development*
8 Amasias Str, P.O. 55133, Thessaloniki

Abstract
The exploitation of coastal, public owned, land in Greece has recently been used as a means to address the national fiscal problems. However most of those areas include protected wetlands, which creates a more complicated but at the same time scientifically challenging status for the evaluation of areas of that kind, since there arises the need to determine their biodiversity value as well as the value of the multiple services they provide. Furthermore, wetlands seem to be particularly climate change sensitive ecosystems, thus intensifying the uncertainty factor in calculations and creating the need for adoption of assumptions as well as of a methodology that will allow the evaluation of their conditions and the assessment of the services they provide, on the basis of the available data. In terms of this paper, some exploratory approaches on the coastal wetlands valuation methodology, with a special focus on Greek wetlands, are being outlined, with regard to the wider scientific discipline of natural resource economics, but also as a contribution to the public dialogue for the economic exploitation of these areas.

Keywords: Coastal wetlands; biodiversity; economic valuation.

JEL Classification: Q25; Q51; Q54; Q57

1. Introduction

Wetlands are defined, under the Ramsar international wetland conservation treaty as "areas of marsh, fen, peatland or water, whether natural or artificial, permanent or temporary, with water that is static or flowing, fresh, brackish or salt, including areas of marine water the depth of which at low tide does not exceed six metres", while they may also "incorporate riparian and coastal zones adjacent to the wetland and islands or bodies of marine water deeper than six metres at low tide lying within the wetlands". Nowadays there are many variations of the above, which is considered the most commonly accepted definition, and differ from country to country or even from region to region.

Despite all the international agreements and national policies applied for the conservation of wetlands, lately they have been facing numerous threats while overall wetland losses are accelerating. On a national level, there is especially heavy pressure on wetlands which is often attributed to human activity while the mounting fiscal problems Greece has recently been facing, often displaces governmental economic policy priorities over other policy areas such as environmental protection and conservation. The Greek state asset privatization fund "Hellenic Republic Asset Development Fund" has recently released 412 properties of public land for exploitation of a total area of 10,261.6 ha, 195 of which are displayed on a web-gis application developed by Hellenic Ornithological Society[92]. A total number of 88 of the listed properties are within Natura 2000 sites, or at a distance of 1 km, including coastal wetlands as well.

Wetland ecosystem services are often underestimated due to lack of awareness that leads to placing them in low priority when it comes to environmental policy decision making. This in turn results in wetland degradation or substantial modification (Turner et al., 2000) which may create significant economic and social costs. Both the public nature of wetlands and the conflicting interests of different stakeholder groups contribute to that direction, while there also exist information failures leading to immeasurable social and economic costs, as a result of wetlands being often ignored in policy decision making.

According to Millennium Ecosystem Assessment (MA, 2005), valuation is the process of expressing a value for a particular good or service in a certain context (e.g. decision making) usually in terms of something that can be counted, often money, but also through methods and measures from other disciplines (sociology, ecology and so on). Taking into account however the public character of ecosystems' goods or services, and especially of wetlands, it is very likely that there arises a gap between their actual economic value and their market valuation. Thus, integrating wetland benefits into their economic appraisal seems to be particularly challenging, especially when it comes to policy and management decisions (such as restoration, water allocation etc), involving cost-benefit analyses approaches.

Despite the fact that lately there have been important advances in the scientific discipline of ecosystems valuation and particularly on wetlands valuation (Brander et al., 2006, Ghermandi et al., 2010, Woodward and Wui, 2001), as well as in valuing ecosystem services provided by coastal wetlands as a whole (Turner et al., 2001) or in specific site locations and considering specific types of wetlands, in practice their economic value is still quite often missed out. This paper aims at exploring the valuation approaches for coastal wetlands and their principle services along with contributing to the public dialogue for potential exploitation of the coastal areas.

[92] http://files.ornithologiki.gr/docs/TAIPED/map.html

2. Literature Review

Wetlands' public nature may often create difficulties in Cost Benefit Analysis (CBA) which is a very commonly used economic appraisal tool in policy making for wetland management. Determining whether a good can be considered public or not, depends on whether its consumption is non-rival and non-excludable or in other words, whether a person's consumption does not reduce the amount of availability to others and whether it is impossible to supply only those who choose to pay for it and exclude everyone else, respectively (Birol et al., 2006). In addition to the above, there are many other constraints in assessing the value of ecosystem services provided by wetlands. Taking into account the availability of market prices, few different scenarios may be considered for the valuation process itself. In the first place, there might be impacts for which markets may exist but in reality the associated market prices reflect scarcity values. This is not uncommon for wetland policies, regarding most of the times, costs rather than benefits. There might also exist impacts for which market prices are observed but fail to reflect social values, just as when valuating benefits from agricultural land use. Furthermore, there are impacts where there are no market prices at all, ignoring of course any substitutes (whether they exist or not), which is usually the case for non – tradable ecosystem service benefits (Young, 2005). This brings into view the need to determine the above mentioned prices through "non market based techniques".

The methods used for wetland valuation may be classified into indirect or Revealed Preference Methods (RPM) and direct or Stated Preference Methods (SPM). The RPM indirectly estimate use values through market goods and services as they actually use the information that comes through the observed behavior in surrogate markets so as to estimate the Willingness to Pay (WTP) that indicates the valuation for the wetland. One of the most popular RPMs is Hedonic Pricing method (HPM), which represents the status of prices of properties that are located near the wetlands (housing prices). Likewise, Travel Cost Method (TCM) is also very often applied for ecosystems valuation and represents the time and travel costs of those traveling to the wetland destination so as to enjoy the associated services (recreation etc) or in other words, their WTP to visit the wetland. Under particular circumstances other RPM may be used for wetland valuation such as the Replacement Cost Method (RCM) which values for replacing costs of damaged assets, the Damage Cost Method (DCM) that uses the maximum WTP as the monetary value of possible damages from wetland changes, the Averting Behavior Method (ABM) that values the cost or expenditures variations for avoiding negative impacts derived from changes towards environmental degradation and the Cost-of-illness method (COI) that counts for possible savings from costs related to illness. The Production Function Method (PFM) which is also considered one of the commonly used valuation methods, aims at estimating the value of a non-marketed ecosystem product or service through its contribution to the production of commercially marketed goods, but is most of the times hard to be applied as it necessitates data often difficult to collect. The Net Factor Income (NFI) method differs from PFM in that it estimates the value of ecosystem services as a direct input in the production of a marketed good, thus estimating the input's value as the surplus between revenues and other inputs in production.

Except for the surrogate market approaches described above (TCM, HPM), which are most often found in the literature, valuing wetlands in terms of RPM can also be approached through econometric estimations (where the input is wetland services), mathematical programming (where marginal costs of wetland change are being counted) and observation of market prices (through transaction of rights for wetland services).

On the other hand, SPM serve valuing non-market tradable resources through estimation of their non-use values as they rely on survey-based approaches. Contingent Valuation Method (CVM) is one of the most commonly used approaches, and lately in Greece as well, for assessing preferences related to changes in qualitative or quantitative changes in the wetland, through the construction of a hypothetical market where a sample is being surveyed for their WTP (Kourantidou and Blioumis, 2011). A relatively newer survey based approach is the Choice Experiment Method (CEM) where the sample is being interviewed so that the researcher identifies the WTP as well as possible tradeoffs among different goods or services, by asking the respondent to choose among different consumption bundles (Hanley et al., 1998).

3. Methods and Data

In terms of the current study, there was a special focus put on Greek coastal wetlands protected under national or international legislation, as reported within the Greek Biotope/Wetland Centre's (EKBY) lists of protected areas. Most of these coastal wetlands are designated under Ramsar Convention, also declared as National Parks (NP) (Table 1). Coastal wetlands that are included only into Natura 2000 network (Sites of Community Interest and Special Protection Areas), were excluded from the analysis, although these areas are also protected under the recent Law 3937/2011. Moreover, the subset of coastal wetlands was selected due to the heavier pressures these ecosystems suffer from tourism activities and potential exploitation, along with greater expected effects from climate change, since these areas are more vulnerable to various climate change physical risks, such as future raise of the sea level. However, conclusions drawn from the current research analysis are expected to be applicable to all other wetland types as well.

Figure 5: Geographic distribution of protected coastal wetlands of Greece.

Fig. 1 shows the geographical distribution of these coastal wetlands, which are, in general words, rather evenly distributed across northern and western coastline of Greece. Descriptive information for the wetlands was extracted from Ramsar information sheets and the Standard Data Forms (SDF's) of the correspondent Natura 2000 sites, although the latter do not exactly match, on a spatial level, with the selected coastal wetlands. Biodiversity attributes, such as number of bird species, habitat conservation status and principal services of the selected coastal wetlands, are regarded in terms of the current analysis, as descriptive information and potential variables for wetland valuation.

A short analysis on the most appropriate valuation approaches of the selected wetlands' predominant services was made, on the basis of their attributes.

Practical valuation problems as well as significant externalities and influencing parameters, such as the need for discounting are being considered, under the light of the climate change.

3. Results

The analysis in this section aims at providing a critical review of valuation approaches for coastal wetlands rather than indicating a specific monetary range for each service. The special focus on the designated services provided by coastal wetlands in Table 1, was placed, in spite of the fact that there might be other very significant ecological services that need to be taken into account in an overall economic valuation. This is attributed to the authors' intention to emphasize on the value of those services that will be more severely affected by some given pressure, thus resulting in higher economic costs.

Table 1 presents the main biodiversity attributes of the 10 selected coastal wetlands, whereas Table 2 summarizes the most common wetland services and activities related to them as well as the most appropriate or commonly used valuation methods for each service. It is worth mentioning here that only services reported in data sheets are included in Table 2, which practically results in some important services, with potential global effects, therefore missing from the undertaken analysis. The intense focus on biodiversity and wetland habitat services is also justified by the fact that the dominant nomination Ramsar criteria under which most of those sites were listed, was Criterion 3[93] which stands for "wetlands supporting population of plant and/or animal species important for maintaining the biological biodiversity of a particular biogeographic region".

The classification of the information related to wetlands' biodiversity and ecological significance, presented in Table 1, may also serve survey purposes in terms of survey-based techniques used for approximating WTP/WTA, as it provides respondents with the necessary facts for conceiving a wetland's comparative importance towards others. These information can hence be used as either variables in a valuation model or as an initial reference point for research analyses of that type.

Apart from the above mentioned services, it is also worth mentioning that generally coastal wetlands contribute to carbon sequestration which assists in climate change mitigation. The so called "blue carbon" provided by marshes is estimated around 4.8 to 87.2 Tg C yr^{-1} on a global level (22,000 to 400,000 km^2) (Mcleod et al., 2011). Salt marsh plants have the tendency to remove and store atmospheric carbon due to their increased primary productivity as well as the flow attenuation, thus resulting in deposing the waterbone organic carbon in deep peat layers (Coverdale et al., 2014). However it seems that habitat loss together with other indirect impacts such as recreational fishing, eutrophication etc might turn the ecosystem from a carbon sink to an actual carbon store (Coverdale et al., 2014). Benefit transfer methods are most of the times used for that kind of analyses, since the amount of CO_2 sequestration from coastal wetlands resulting in climate change mitigation is more of a global issue. However, granted the fact that benefit transfer methods employ estimates from some previous study in a different location and context,

[93] 3a was specified as most significant criterion applicable to Amvrakikos Gulf and to Evros Delta, 3b was specified as most significant criterion applicable to Kotychi Lagoons, to Axios-Loudias-Aliakmos Delta, to Nestos Delta & adjoining Lagoons, to Lake Vistonis, Porto Lagos, Lake Ismaris & adjoining Lagoons and to Evros Delta, 3c was specified as most significant criterion applicable to Messlonghi Laggons and to Evros Delta

so as to account for economic values, they might lack accuracy and thus raise concerns about their soundness.

Table 1: Main attributes of protected coastal wetlands of Greece

No	Name	Area (ha)	Main biodiversity attributes					Protection status
			bird species	other important species	rare[1] species	other motiv.[2]	conserv. status[3]	
1	Kotychi Lagoons	6,302	69	-	31	22		R/NP
2	Messolonghi Lagoons	33,687	191	22	65	42	C/B (A)	R/NP (AP/NPA)
3	Amvrakikos Gulf	23,649	223	14	14	36	B/C	R/P4/NP (NPA)
4	Axios - Loudias - Aliakmon Delta	11,808	242	10	14	14	B (A/C)	R/NP (AP/NPA)
5	Nestos Delta & adjoining Lagoons	21,930	272	16	33	36	B (C/A)	R/NP (NPA)
6	Lake Vistonis, Porto Lagos, L. Ismaris & adjoining Lagoons	24,396	263	15	97	37	B/A/C	R/NP (NPA)
7	Evros Delta	9,267	250	15	69	33	B/A/C	R/NP (NPA)
8	Laganas Gulf	2,450	-	6	5	19	C/B/A	NP/BR
9	Samos wetlands (Alyki, Glyfada, Kampos choras)	301	49	2	8	9	C/B	PNFL
10	Wetland & coast of Psalidi, Kos	49.22	15	-	-	-		NPA

[1] rare (R) or very rare species (V); [2] other motivation categories (Red Book, endemics, international conventions etc); [3] according to habitat type's site assessment

Protection status acronyms: R: Ramsar Convention; NP: Natural Park; AP: Absolute Protection Areas; NPA: Areas of Natural Protection; PNFL: Protected natural formations and landscapes; BR: Biogenetic Reserve; P4: Protocole 4 of Barcelona Convention

Benefit transfer methods are generally preferred in cases where there is only a short budget available for site-specific benefit studies and the time to conduct an original valuation study is inadequate. Unfortunately, a large number of analyses by government agencies, including Greek as well, employ benefit transfer methods when formulating environmental related policies which is a practice sometimes yielding approximations, oversimplifications and other errors. Choosing between valuation techniques can be often hard and in some cases it might even be necessary to use more than one techniques so as to examine the results'

consistency. In the following paragraphs there is a short justification of the most suitable techniques for valuating each one of the main services of protected Greek coastal wetlands.

Table 2: Principal services of the coastal wetlands and appropriate valuation methods

Wetland services and activities			Wetlands	Valuation methods
Habitat or supporting services	Wildlife Food & Habitat	bird species, especially migratory and waterfowl (breeding, resting etc)	1,2,3,4,5,6, 7,9,10	CVM,CEM
		endangered / rare species	3,4,6,7,8	CVM,CEM
		game refuge	7	MP,CVM,NFI
		spawning ground and nesting	4,8	CVM
Regulating services	Flood & sedimentation control	flood control	1,2,3,5,6,7	RC,MP,OC
		sedimentation trapping	2,6,7	RC,PF
	Groundwater Recharge/ Water Quality	groundwater recharge	2,4,5,6	PF,NFI,RC
		water purification/ quality maintenance	2,5,7	RC,COI,MP
Cultural services	Recreation	high seasonal tourism	1,5,6,8,9,10	HP,TC,CVM,CEM
		ecotourism	3,4,5,6,7,8	HP,TC,CVM,CEM
		hunting	1,3,4,6,7,10	TC,CVM,CEM,MP
	Education	environmental education	4,5,6,7	CVM,CEM
Provisioning services	Fisheries & Aquaculture	fisheries	1,2,3,5,6,7	PF,MP,NFI
		aquaculture	4,5,7	PF,MP,NFI
	Agricultural and other resources	fertile land	1,3,4,5,6,7	NFI,MP,RC
		irrigation	1,2,4,5,6,7	PF,NFI,RC,MP
		grazing land	1,2,3,4,7	PF,MP
		salt production	2,4,6	PF,MP
		wood, biomass	5	PF,MP
		industrial activities	4	PF,NFI,RC,MP

PF: Production Function; NFI: Net Factor Income; RC: Replacement Cost; MP: Market Prices; CVM: Contingent Valuation Method; CEM: Choice Experiment Method; RC: Replacement Cost; COI: Cost of Illness; HP: Hedonic Pricing; TC: Travel Cost; OC: Opportunity Cost

Source: with modifications adapted from Brander et al (2006) and Birol et al (2008)

Economic valuation of coastal wetlands' biodiversity, which is obviously the predominant attribute in our case, is most of the times rather controversial and complex, while expressing it in monetary terms is especially challenging, since it is essential for facilitating cost-benefit analyses. Under a more economic perspective rather than an ecological one, monetary values arising from biodiversity changes are especially helpful as they can either support an array of comparisons, usually through alternative options (e.g. investment project benefits) or throw light on the actual costs resulting from ecosystem damages. On the other hand, under a non-economic oriented perspective, biodiversity value has also been approached through accounting

for the changes in the levels of biodiversity which might in some cases prove unsuccessful since both WTP and WTA usually imply rather small changes compared to income levels (Nunes and Van den Bergh, 2001). Biodiversity valuation for coastal wetlands in the literature, most of the times focuses on single species (rare and protected) and often uses CVM for capturing WTP or WTA for some loss. The analysis on Greek costal wetland services, as indicated in Table 2, highlights the importance of species and habitat diversity, however coastal wetlands' biodiversity as a whole, might not always be satisfactorily expressed through CVM, as it is highly likely that, due to the fact that surveys' participants may not be fully aware of all benefits associated with coastal wetlands' biodiversity services, the WTP/WTA values will be missed out. Survey-based methods very often suffer from various different biases, such as the one described above and this sometimes directs the researchers towards avoiding CVM and choosing TCM, ABM or PFM.

The CVM approach has broadly been applied for the valuation of various services of most of the Greek coastal wetlands such as for the National Parks of Axios Delta and Evros Delta (Halkos and Jones, 2011), Amvrakikos Gulf (Kotta, 2004), Eastern Macedonia and Thrace National Park (which includes L.Vistonis, Porto Lagos, L.Ismaris and the adjoining Lagoons) (Pavlikakis and Tsihrintzis, 2006) and for Laganas Gulf (Stithou, 2009). Table 3 shows the main findings and methodology aspects of these studies.

Table 3: Valuation studies for the selected coastal wetlands of Greece

Study area	**Sample size****	**WTP (€)/ [year]**	**Valuation scope**	**Payment Vehicle & periodicity**	**Comments**
Amvrakikos Gulf	352 (228)	39,26 – 53,59 [2003]	Site Protection Prioritization of use values	Management Body of Amvrakikos National Park (payment once)	Payment card used at 400 visitors of the Information Centres. Pre-sample: 40 visitors Regression analysis of socioeconomic characteristics
National Park of Eastern Macedonia and Thrace*	1598 (1047)	36,15 [2001]	Park's Protection and management Distribution of WTP (%) on use values	No payment vehicle Periodic payment (yearly)	Random sample of NP's area (residents), including cities of Xanthi and Komotini. Pre-sample: 79 students
Laganas Gulf	200 (155)	13,00 - 40,00 [2003]	Sea Turtle, Monk Seal Comparison of alternative payment vehicles	donation, taxation, landing-fee	Random sample of residents and foreign visitors (285)
Evros Delta	240	4,00 - 5,20 [2010]	Site Protection	3 management scenarios (state-based, market-based [entrance fee], community-based)	Random sample of residents (every 5th occupied house). Development of probit and tobit models
Axios - Loudias - Aliakmon Delta	261				

*includes the coastal wetland sites of Nestos Delta and Lakes Vistonis, Porto Lagos, Ismaris and adjoining Lagoons; ** number in brackets: responds with WTP>0

Apart from the use of all those methods described in this paper, for means of valuating biodiversity for coastal wetlands, it is not uncommon practice especially for policy makers to rely on market price valuation mechanisms such as values of contracts related to revenues from the ecosystem or values arising from financial revenues due to recreation or environmentally-based tourism. Normally, recreation benefits from coastal wetlands can be perceived through consumers' preferences, as they are not often reflected in markets. Thus it is very common, in order to value for coastal wetlands' recreational benefits, to use either CVM or TCM when trying to retrieve the actual travel costs spent on visits to a particular coastal wetland site.

In the same way as all ecosystems change over time, so do wetlands, since both water availability and management policies alter through time. Climate change inducing factors such as greenhouse gas emissions as well as climate change effects such as changes in temperature and precipitation, are very likely to have direct altering effects on coastal, estuarine and non tidal wetland ecosystems (Burkett and Kusler, 2000), changing both their structure and function as well as plants' physiology (Marsh, 1999). Climate change usually has obvious effects on wetland biodiversity, which can easily be easily perceived, in most of the cases, through habitat changes.

The discount rate and the time frame used in wetland valuation, especially when considering the wetlands' value over a period into the future, can be considered as a raising uncertainty factor especially under changing climatic conditions. Climate change itself may also have direct economic effects on a wetland's TEV, since climate change impacts on specific wetland services, such as loss of habitat provision or flood control and water purification are considered as negative externalities. While various different scenarios have been developed so far, for climate change impacts on wetlands, reliable future scenarios, including the uncertainties arising form climate projections, for coastal wetlands at a national level, pertinent to this study, remain to be developed, on the grounds of the above described vulnerability towards climate change. Policy makers in charge, will have to offset those negative externalities related to climate-related threats, but granted the fact that climate change impacts are expected to begin occurring in the mid future, appropriate discounting of these impacts is needed.

4. Conclusions

The current overview study has attempted to present the appropriate framework for valuating the most important services generated by Greek coastal wetlands. Although some of the presented methodologies may perform satisfactorily enough in certain settings, there often arise reliability issues concerning the final monetary outcomes, which indicates clearly the need for flexibility and thus constitutes a call for an integrated approach towards economic valuation of the ecosystem. The majority of the methods presented here, have received considerable attention lately due to the increasing need for restoring and conserving coastal wetlands as well as for running investment projects around these areas that might influence severely and eventually alter the ecosystem in various different ways. The Greek coastal wetlands case studies used in terms of this paper highlight the habitat services that are mostly associated with biodiversity values as well as with the recreational ones, as they seem to be the predominant services within the selected protected under national and international legislation sites, however the overall approach presented here is meant to assist in identifying the optimal approach towards providing consistent valuation data for wetland decision making. Conclusively, it is worth noting that the methodologies presented here for assessing individual coastal wetland values such as biodiversity, cannot always be reflected through national accounts but are captured by other productive sectors of the economy (agriculture, industry etc).

References

Birol E., Karousakis K. and Koundouri P. (2006). Using economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application. Science of the Total Environment 365: 105–122.

Birol E., Koundouri P. and Kountouris Y. (2008). Using Economic Valuation Techniques to Inform Water Resources Management in the Southern European, Mediterranean and Developing Countries: A Survey and Critical Appraisal of Available Techniques. In: Koundouri P. (Eds) Coping with Water Deficiency, From Research to Policymaking, vol. 48. Greece: Athers; 2008. p. 135-155.

Brander L., Florax R. and Vermaat J. (2006). The Empirics of Wetland Valuation: A Comprehensive Summary and a Meta-Analysis of the Literature. Environmental and Resource Economics, 33:223-250.

Burkett V. and Kusler J. (2000). Climate Change: Potential Impacts and Interactions in Wetlands of the United States. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 36: 313–320.

Coverdale T.C. and Brisson C.P., Young E.W., Yin S.F., Donnelly J.P., Bertness M.D. (2014). Plos One 9.3 e93296.

Ghermandi A., Van den Bergh J.C.J.M., Brander L.M., Groot H.L.F. and Nunes P.A.L.D. (2010). Values of natural and human‐made wetlands: A meta‐analysis. Water Resources Research, 46: W12516.

Halkos G. and Jones N. (2011). Social factors influencing the decision to pay for the protection of biodiversity: A case study in two national parks of Northern Greece, MPRA Paper, University Library of Munich, Germany 34581, University Library of Munich, Germany.

Hanley N., Mac Millan D., Wright E.R., Bullock C., Simpson I., Parisson D. and Crabtree B. (1998). Contingent Valuation Versus Choice Experiments: Estimating the Benefits of Environmentally Sensitive Areas in Scotland. Journal of Agricultural Economics 49(1):1-15.

Kotta G. (2004). Economic valuation of protected areas: Valuation of Amvrakikos Gulf with Contingent Valuation Method. MSc Thesis. Laboratory of Forest Economics, Faculty of Forestry and National Environment, A.U.Th., Thessaloniki *(in Greek)*.

Kourantidou M. and Blioumis V. (2011). Overview of CVM and its implementation in evaluation studies of forest ecosystems. Proceedings of the 15th Forestry Conference: Multipurpose Forestry and climate change - protection and exploitation of natural resources, Karditsa, 16-19 October 2011 *(in Greek)*.

Marsh A.S. (1999). How Wetland Plants Respond to Elevated Carbon Dioxide. National Wetlands Newsletter 21(2):11-13.

MA. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends. Vol. 1, Island Press, Washington DC.

Mcleod E., Chmura G.L., Bouillon S., Salm R., Björk M., Duarte C.M., Lovelock C.E., Schlesinger W.H. and Silliman B.R. (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO2. Frontiers in the Ecology and the Environment 9: 552–560.

Nunes P.A.L.D and Van den Bergh J.C.J.M. (2001). Economic valuation of biodiversity: sense or nonsense? Ecological Economics 39: 203–222.

Pavlikakis G. and Tsihrintzis V. (2006). Perceptions and preferences of the local population in Eastern Macedonia and Thrace National Park in Greece. Landscape and Urban Planning, 77: 1–16.

Stithou M. (2009). Respondent Certainty and Payment Vehicle Effect in Contingent Valuation: an Empirical Study for the Conservation of Two Endangered Species in Zakynthos Island, Greece. Stirling Economics Discussion Paper 21: University of Stirling.

Turner R.K., Van den Bergh J.C.J.M., Soderqvist T., Barendregt A., Van der Straaten J., Maltby E. and Van Ierland E.C. (2000). Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. Ecological Economics, 35(1): 7-23.

Turner R.K., Bateman I.J. and Adger W.N. (2001). Economics of Coastal and Water Resources: Valuing Environmental Function, London: Kluwer Academic Publishers

Woodward R.T and Wui Y.-S. (2001). The economic value of wetland services: a meta-analysis. Ecological Economics 37: 257–270.

Young R. (2005). Determining the economic value of water. Concepts and Methods. Resources for the Future: Washington.

Εφαρμόζοντας την πέμπτη αρχή της συστημικής θεωρίας στο παράκτιο τουριστικό σύστημα. Μια προοπτική ωφελειών

Γιώργος Οικονόμου , Χρήστος Νεοφύτου & Στεριανή Ματσιώρη
Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, Νέα Ιωνία, Περιφερειακή Ενότητα Μαγνησίας, Θεσσαλία
oikongeorge@gmail.com chneofit@apae.uth.gr steriani@uth.gr

Περίληψη
Εκ φύσεως, η παράκτια ζώνη συγκεντρώνει το ενδιαφέρον μιας πλειάδας εμπλεκόμενων φορέων ενώ παράλληλα τονίζει το πολυπαραγοντικό της χαρακτήρα όσον αφορά τη διατήρηση του περιβάλλοντος, τα οικονομικά οφέλη, τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά και την ευημερία των ανθρώπων. Ως ένα σύνθετο σύστημα στο οποίο οι φυσικές διεργασίες και ο ανθρώπινος παράγοντας αλληλεπιδρούν η αποκωδικοποίηση δυνάμεων και δυναμικών που επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την οικολογική κατάσταση του φυσικού πόρου αποτελεί ζήτημα μείζονος σημασίας. Σκοπός της εργασίας αυτής αποτελεί η εφαρμογή των νόμων της πέμπτης αρχής της συστημικής θεωρίας έτσι ώστε να αποφευχθούν δυσλειτουργίες και ανακολουθίες μεταξύ των μερών του παράκτιου τουριστικού συστήματος που επηρεάζουν άμεσα την απόδοσή του και ασκούν πίεση σε ποικίλες φυσικές λειτουργίες. Παρουσιάζονται προτάσεις για μια αποτρεπτική συμπεριφορά καθώς και στρατηγικές επικεντρωμένες στη γνώση με στόχο την επίτευξη ισόρροπης ανάπτυξης στη διάδραση μεταξύ της αξιοποίησης του φυσικού πόρου και της οικονομικής ανάπτυξης.

Λέξεις κλειδιά: Παράκτια ζώνη, βιώσιμη ανάπτυξη, οφέλη.
JEL Κωδικοί: O13, Q01, A10.

Applying the laws of the fifth discipline to the coastal tourism system: A win-win perspective

George Ekonomou, Christos Neofitou & Steriani Matsiori
Department of Ichthyology and Aquatic Environment, University of Thessaly, Fytokou St., Nea Ionia, Prefecture of Magnisia, Thessaly
oikongeorge@gmail.com chneofit@apae.uth.gr steriani@uth.gr

Abstract
By nature, coastal tourism brings together a wide range of interested parties called tourism stakeholders as well as allows for highlighting its multifaceted character in terms of environmental conservation, financial benefits, socioeconomic aspects and human well being. As a complex system in which natural settings and human intervention interrelate, it remains an issue of great importance to decode forces and dynamics that largely affect the ecological status of the natural resource. The purpose of this study is to apply the laws of the fifth discipline with a view of avoiding dysfunctions and discrepancies among the parts of the coastal tourism system that directly influence its performance and exert pressure on various natural functions. Recommendations related to proactive behaviour and knowledge focused strategies are presented in light of achieving a state of equilibrium and balanced development in the interface of resource exploitation and economic growth.

Keywords: Costal zone, sustainable development, benefits.

JEL Classification: O13; Q01; A10.

1. Introduction

Tourism industry encompasses a wide range of enterprises and organizations promising advanced services and recreation to the visitors. Many sorts of tourism have been launched in tourism market in view of fulfilling the visitors' needs and wants and becoming flexible in meeting their expectations. It goes without saying that beyond the economical concerns tourism is closely connected with environmental and social issues as well. Moreover, social parameters have their roots in the tourism planning processes especially if we are referred to coastal zones and marine environments. Aesthetic and recreational benefits in accordance with future returns concerning productivity from natural resources (Remoundou et al., 2009) are goals that must be achieved and retained to benefit the next generations. The purpose of this study was to incorporate the laws of the fifth discipline into the coastal tourism system in view of:

i) seeing reality subjectively and fostering them into a coherent strategy for making a transition into a system that behaves proactively with clear, understandable and eco friendly processes
ii) providing insights for managers and environmentalists to cooperate and coordinate their expertise and scientific knowledge in favour of holding a sustainable and shared picture of the future

2. Literature Review

2.1 The learning organization

When we refer to the tourism industry we obviously and purely indicate a large organization composed of various businesses whether they belong in the private or public sector, hotels, tourist agents and operators that function in the same domain and are in a constant interdependency and interaction. Tourism destinations can be conceptualised as "learning regions," a concept that has been fostered by international organisations such as the Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) and UNESCO (Saxena, 2005; Cooke, 1997; OECD 2001). Policy makers, host community, government, the active recipients of the new proposed tourism products, the large variety of tourism related business and the tourism supply chain form an organization which learns and is composed of a mosaic of various stakeholders. The goal has changed from achieving sustainable tourism destinations to creating tourism organisations within a destination which are adaptive to change and capable of learning how to continuously improve sustainability (Schianetz et al., 2007).

Learning in organization means the continuous testing of experience, and the transformation of that experience into knowledge – accessible to the whole organization, and relevant to its core purpose. It means that an organization is continually expanding its capacity to create its future (Senge et al., 1994). For such an organization, it is not enough merely to survive. "Survival learning" or what is more often termed "adaptive learning" is important. But for a learning organization, "adaptive learning" must be joined by "generative learning," learning that enhances our capacity to create. A learning organization has five main features; systems thinking, personal mastery, mental models, shared vision and team learning. Supportively, Garvin et al. (2008) argue that with tougher competition, technology advances and shifting customer preferences it is more crucial than ever that companies should become learning organizations.

In our modern world the volatile market conditions (demand and need for more consumption or new trends and lifestyles related to socio economic conditions and parameters) as well as the strong and usually immoral competition are parameters that if not considered in a

thorough manner they will certainly exert more pressure on coastal systems. Furthermore, the "new tourism" approach demands new products and destinations which involve the use of information, marketing and sales technologies (Alegre & Cladera, 2006). Thus the critical challenge is to create the combination of culture and climate that maximizes organizational learning and consequently how to create superior customer value in dynamic and turbulent markets by pursuing learning, behaviour change and performance improvement (Slater & Narver, 1995).

2.2 Systems thinking: the fifth discipline

Coastal zones may be characterized as a system that should be managed with a focus on the various physical, chemical and biological interactions of the components of the system in relation to natural and anthropogenic inputs (Fabbri, 1998; OECD, 1993). Tourism can be deemed as an inherently non-linear, complex and dynamic system (McKercher, 1999). The identification of the underlying forces or "structures" that influence the behavior of the system should be subject of thorough research so as to gain insights and overcome dysfunctions for the long term. Systems thinking encompasses a large and fairly amorphous body of methods, tools and principles, all oriented to looking at the interrelatedness of forces and seeing them as part of a common process (Senge et al., 1994). By perceiving situations (real and potential) as systems, the way in which components relate to each other and the relationships between systems and their environments can also be investigated (Stewart & Fortune, 1995). Systems thinking is a conceptual framework which can utilize different theories, tools and techniques to help construct holistic, contingent perspectives and practices (Joham et al., 2009; Pourdehnad, 2007).

In view of achieving thorough destination management and sustainable use of the natural setting it is crucial to perceive all the factors and characteristics that form the relevant system and integrate processes and procedures that alleviate the pressures exert on the site, mostly from human intervention, with harmful consequences on the ecosystem. From a holistically standpoint (Mingers & White, 2010) systems thinking is an approach that recognizes an hierarchy among the parts of the system in which relationships or interactions between elements are more important than the elements themselves. In the same wavelength, systems thinking is a way of thinking holistically and focusing on relations that exist in complex systems while its greatest promise is the unification of knowledge across all fields (Senge, 1990; Sano, 2009).

As a scientific methodology or an approach that consists of a set of principles and tools systems thinking deals with complexity, ambiguity and mental models underlying our most present social, economic, ecological, and political challenges (Bosch et al., 2007). Conventional approaches and traditional coastal management have become inefficient and time consuming with poor results. In most cases only the symptoms of problematic situations have been arranged by applying short term or quick fixes. But the problem still exists causing dysfunctions and discrepancies among the parts of the coastal system. Beach erosion, pollution, and disappearance of biodiversity are major problems that seek solutions. The coastal resource systems suffer from multiple, growing and competing usages demand that need to be addressed in an integrated manner resulting in the need to think "systems and networks" for coastal ecosystems and socio-systems interconnected with the land and the sea at different scales (Turner et al., 1996; David et al., 2010).

3. Applying the laws of the fifth discipline

The multifaceted character of environmental goods in accordance with the innovative nature of tourism (Hjalager, 2010) demands thorough decision making processes and effective coastal management in light of biodiversity conservation and appropriate marine resource exploitation. Tourists depict a desire to nature based concepts, seek for travel experiences, require quality and active participation and look for environmental awareness (Moutinho, 2000).

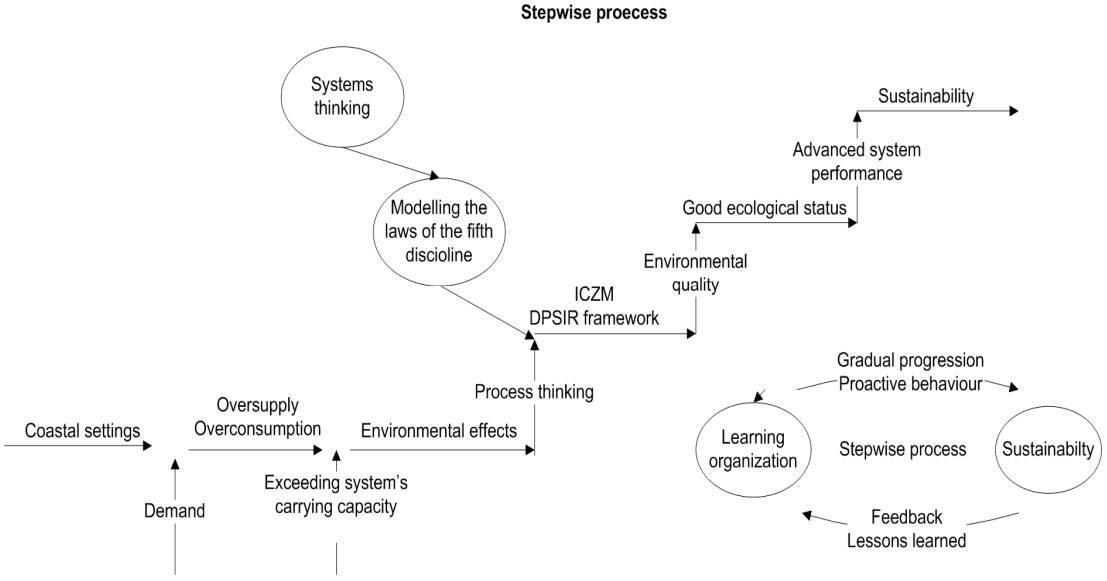
Resource depletion, pollution, biodiversity conservation, sea level rise, eroding shorelines, land use impacts and resource conflicts constitute the most crucial problems addressed by ICZM (Clark, 1997). In addition, the energy that is used by the tourism enterprises or the amount of hazardous wastes and rubbish generated by the tourist units are parameters that link the concept of tourism with the principles of sustainable growth. Another related point is the over consumption of the natural resources created be the increased tourism demand. As a result the carrying capacity of the costal resource is being exceeded causing severe environmental effects. When applying thorough decision making processes the most rewarding and gainful choices with reduced uncertainty among other alternatives are enabled.

Figure 1 depicts the stepwise process for achieving sustainability within the context of coastal tourism. Management involves tools and techniques for optimizing resources and process towards sustainable development. Since ICZM is a multidisciplinary and iterative process it seeks for balancing environmental, economic social, cultural, and recreational objectives concerning the limits set by natural dynamics (Basraoui et al., 2011). The Drivers-Pressure-State-Impact-Response model can be used as a tool for gaining feedback and taking instant action in view of avoiding 'hard to fix' and problematic situations. In addition, the model depicts the cause and effect relationship concerning human and environmental systems (Tscerning, 2012). As a direct consequence, the importance of an effective organizational structure for tourism management (Inskeep 1991) allows for the development of new mechanisms and processes for incorporating the diverse elements of the tourism system (Jamal & Getz, 1995). The following laws of the fifth discipline in light of thinking systematically and adopting the concept of the learning organization are clearly proposed (Senge, 1990):

- Today's problems come from yesterday's solutions: solutions that merely shift problems from one part of a system to another often go undetected. Those who "solved" the first problem are different from those who inherit the new problem
- The harder you push the harder the system pushes back: pushing harder, whether through an increasingly aggressive intervention or through increasingly stressful withholding of natural instincts is exhausting. When our initial efforts fail to produce lasting improvements we "push harder"
- Behaviour grows better before it grows worse: A typical solution feels wonderful when it first cures the symptoms. Many short-sighted interventions work in the short term. This is why systemic problems are so hard to recognize
- The easy way out usually leads back in: we look for familiar solutions to problems, while the fundamental problem persists
- The cure can be worse than the disease: the easy or familiar solution is ineffective and may become addictive and dangerous. The system will be left fundamentally weaker than before and more in need for help
- Faster is slower: when the growth we experience seems excessive then the system itself will seek to compensate by slowing down

- Cause and effect are not closely related in time and space: effects (problem symptoms) and causes (the root causes that generate the problem symptoms) should be recognized and by thinking systemically will experience long lasting improvements
- Small changes can produce great results – but the areas of highest leverage are often the least obvious: small targeted actions produce enduring improvements once areas with high leverage changes will be identified (small changes that if put into practice will bring results)
- You can have your cake and you can eat it too – but not at once: by avoiding static thinking and adopting process thinking we may experience increased system performance. The relationship between product quality and costs is an example.
  Lowering costs may be devastating concerning the product quality. But if we adopt processes that advance product quality then costs will eventually be reduced and the processes will be cost effective (for instance reduced rework)
- Dividing an elephant in half does not produce two small elephants: the character of a system depends on the whole, since systems depict integrity. Understanding requires seeing the whole system. By isolating parts of the system, interactions cannot be seen from looking only at the piece you are holding.
- There is no blame: The causes of the problems are parts of a single system. The cure lies in our relationship with the "enemy". There is no meaning when blaming outside circumstances for our problems. There is not "someone else". It is us.

Figure 1: Diagramming the flow for achieving sustainability within the coastal tourism system



Coastal zones are experiencing intense and sustained environmental pressures from a range of driving forces causing fundamental problems in coastal policies such as resource use conflicts and resource depletion and degradation (Turner et al., 1996; Noronha 2004). A wide range of today's environmental problems demand a clear understanding of the way that society and nature interact to make a whole while socio-ecological systems demonstrate multiscale dynamics, unexpected and non linear character (Kinzig 2001; Bennett et al., 2005; Scheffer, 2009). Figure 2 shows the interrelations among the parts of the coastal tourism system and the

role that the laws of the fifth discipline play in experiencing sustainable growth when acting in the coastal environment. The importance of promoting management to work more closely with natural processes and fit them with strategic coastal planning is of high importance (Jennings, 2007). Planning is a process for implementing policies (Fennell, 2001) and constitutes a means by which replication can be avoided, synergy between development initiatives can be increased and different uses of an area that create optimal benefits can be reconciled (Garrod & Wilson, 2003).

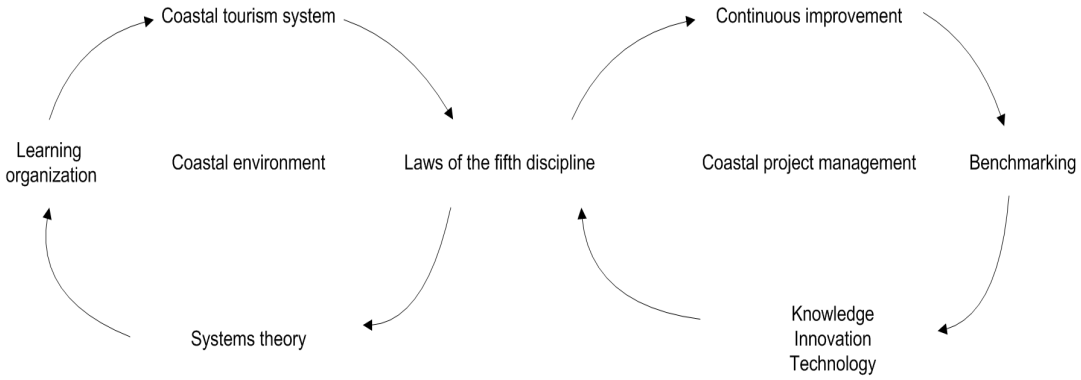
Tourism and marine management projects represent the clear and unified vision as well as the planning and monitoring processes in the life cycle of the proposed tourism product. Coastal project management broadly supports the tourism system in becoming flexible in changes, adaptive in innovation and compatible to effective management styles and technological tools. It provides a management platform for measuring the accomplishments against the initial goals set and offers an improved estimated capability for future planning (Kerzner, 2003). Viable budgets, robust schedules and precise project scope (triple project constraints) assist the efforts to embed quality aspects, acquire benefits and satisfy the targeted consumers. Project management approach broadly supports the tourism system to become flexible in changes, adaptive in innovation and compatible with management styles and technological tools.

Measurements and indicators that forecast the performance level of the system will highly assist the effectiveness of combating time consuming meetings, over budget situations, discrepancies, restoration expenditures and user dissatisfaction. Related issues such as “value for money” and “value for time” will become motives to fulfill the expectations of visitors and gain customer satisfaction. Getting the full benefit of the tourism product with a feeling of not losing time and money in conventional and boring tourism destinations is essential. The utilization of technology guarantees advanced communication modes and better information flow. Innovations are bright general ideas for establishing useful products (Hjalager, 2010). Decision making efforts based on preference structures and traveler behavior in selecting destination places create improved processes, viable plans and sustainable tourism products. Feedback and lessons learned assist the efforts to define dysfunctions between inputs and outputs throughout the procedures and become better when attempting future projects by adopting a win-win approach. Conflicts of interest among stakeholders and competing uses of the study area are reconciled by involving cohesion and coherence in the tourism system, protecting environmental values and managing resources in a decent manner.

We ought to be proactive and take corrective action rather than reactive and just trying not to get worse (instead of getting better and better). Continuous improvement as the never ending pursuit for excellence (Barkley & Saylor, 2001) or the incremental process of becoming smarter, stronger and more successful organization (Cochran, 2003) and benchmarking (internal and external) as the method of measuring the organization against those who are recognized as leaders (Barkley & Saylor, 2001) aim at improving the existing performance by driving better tourism product deliverables, helping gather lessons learned and taking corrective action. The journey to excellence is long and requires a well defined mission. The aim is to identify potential benchmark gaps, make solid decisions and develop plans to improve our status and progress the work to be done. Moreover, benchmarking helps to legitimate project schedules, cost and resource requirement estimates (Crawford, 2002). The translation of customer preferences into requirements demands key measures that “put strategy into language that everyone can

understand" (Cochran, 2003) and helps in remaining competitive by creating new products which are the lifeblood of any business (Hodgson, 1990).

Figure 2: Modeling the laws of the fifth discipline into the costal tourism system



4. Conclusions

The present study provided a theoretical framework for the application of the laws of the fifth discipline within the coastal tourism system. Multidisciplinary teams and committees have been set up so as to stimulate comprehensive discussions and activate core concepts concerning the implications of tourism on crucial environmental issues, especially applied to coastal zones. To this perspective, systems thinking constitutes a valuable approach for ensuring that modern trends will find the stakeholders aligned, flexible and determined to perform at high levels. High levels of performance means increased future visitation rates, tolerance of price increases and enhanced reputation (Baker & Crompton, 2000). The application of the laws of the fifth discipline allow for identifying discrepancies and dysfunctions among the parts of the coastal system as well as putting into place a new approach for confronting problematic situations and experiencing a win-win approach among sustainable development, coastal tourism development and economical growth.

References

Alegre J. and Cladera M. (2006). Repeat visitation in mature sun and sand holiday destinations. *Journal of Travel Research*, 44, 288-297.

Baker D.A. and Crompton J.L. (2000). Quality, satisfaction and behavioural intentions. *Annals of Tourism Research*, 27, 785-804.

Barkley B.T. and Saylor J H. (2001). *Customer-Driven Project Management: Building Quality into Project Processes*. McGraw Hill. New York.

Basraoui Y., Chafi A., Zarhloule Y. and Demnati S. (2011). An integrated coastal zone management initiative for sensitive coastal wetland on either sides of The Moulouya Estuary in Morocco. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 19, 520-525.

Bennett E.M., Cumming G.S. and Peterson G.D., 2005. A systems model approach to determining resilience surrogates for case studies. *Ecosystems*, 8, 945-957.

Bosch, O., Maani, K., E. and Smith, C. (2007). System thinking - Language of complexity for scientists and managers. Paper presented at the Improving the Triple Bottom Line Returns from Small-scale Forestry.

Clark J.R. (1997). Coastal zone management for the new century. *Ocean & Coastal Management*, 37, 191-216.

Cochran C. (2003). *The Continual Improvement Process: From Strategy to the Bottom Line*. Patton Press LLC. Chico, CA.

Cooke P. (1997). Regions in a global market: The experiences of Wales and Baden–Wurttemberg. *Review of International Political Economy*, 4, 349–381.

Crawford J. K. (2002). *The Strategic Project Office: A Guide to Improving Organizational Performance*. CRC Press. New York.

David G., Leopold M., Dumas P.S., Ferraris, J., Herrenschmidt J.B., and Fontenelle, G. (2010). Integrated Coastal Zone Management Perspectives to Ensure the Sustainability of Coral Reefs in New Caledonia. *Marine Pollution Bulletin*, 61, 323-334.

Fabbri K,P. (1998). A methodology for supporting decision making in integrated coastal zone management. *Ocean & Coastal Management*, 39, 51-62.

Fennell D.A., Buckley R. and Weaver D.B. (2001). Policy and Planning. **In**: The encyclopedia of ecotourism, ed D. Weaver. Wallingford, UK: CABI Publications.

Garvin D.A., Edmondson A.C. and Gino F. (2008). Is Yours a Learning Organization? Harvard Bussiness Review.

Garrod B. and Wilson J.C. (2003). *Marine Ecotourism. Issues and Experiences*. Great Britain: Cromwell Press.

Hjalager A.M. (2010). A review of innovation research in tourism. *Tourism Management*, 31, 1-12

Hodgson P. (1990). New tourism product development. *Tourism Management*, 11, 2-5.

Inskeep E. (1991). *Tourism Planning: An Integrated and Sustainable Development Approach*. Van Nostrand Reinhold. New York.

Jamal T.B. and Getz D. (1995). Collaboration theory and community tourism planning. *Annals of Tourism Research*, 22,186-204.

Jennings G. (2007). *Water-based Tourism, Sport, Leisure, and Recreation Experiences*. UK: Elsevier.

Joham C., Metcalfe M. and Sastrowardoyo S. (2009). Project conceptualization using pragmatic methods. *International Journal of Project Management*, 27, 787–794.

Kerzner H. (2003). *Project management – A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. New York: John Wiley and Sons.

Kinzig A.P. (2001). Bridging Disciplinary Divides to Address Environmental and Intellectual Challenges. *Ecosystems*, 4, 709-715.

McKercher B. (1999). A chaos approach to tourism. Tourism Management, 20, 425–434.

Mingers J. and White L. (2010). A review of the recent contribution of systems thinking to operational research and management science. *European Journal of Operational Research*, 207, 1147-1161.

Moutinho L. (2000). *Trends in Tourism. In Strategic Management in Tourism*, ed. L. Moutinho. Wallingford, UK: CAB International.

Noronha, L. (2004). Coastal management policy: observations from an Indian case. *Ocean & Coastal Management*, 47, 63-77.

OECD. (1993). *Organization for Economic Co-operation and Development. Coastal zone management: Integrated policies*. OECD Publications.

OECD. (2001). *Organization for Economic Co-operation and Development. Cities and regions in the new learning economy*. Paris: OECD Publications.

Pourdehnad G. (2007). Synthetic (integrative) project management, an idea whose time has come. *Business Strategy Series Journal*, 8, 426–434.

Remoundou K., Koundouri P., Kontogianni A, Nunes P.A.L.D. and Skourtos M. (2009). Valuation of natural marine ecosystems: an economic perspective. *Environmental Science and Policy*, 12, 1040-1051.

Sano, M. (2009). A Systems Approach to Identify Indicators for Integrated Coastal Zone Management. PhD dissertation submitted to the Department of Water Science and Technology of the Civil Engineering School of the Universidad de Cantabria and approved by the dissertation committee on the 9th of June 2009.

Saxena G. (2005). Relationships, networks and the learning regions: Case evidence from the Peak District National Park. *Tourism Management*, 26, 277–289.

Scheffer M. (2009). *Critical Transitions in Nature and Society*. New Jersey, USA, Principal University Press.

Schianetz K., Kavanagh L. and Lockington D. (2007). The learning tourism destination: The potential of a learning organization approach for improving the sustainability of tourism destinations. *Tourism Management*, 28, 1485-1496.

Senge P.M. (1990). The Fifth Discipline. *The Art and Practice of the Learning Organization*. New York: Doubleday-Currency.

Senge P.M., Kleiner A., Roberts C., Ross R.B. and Smith B.J. (1994). *The fifth discipline fieldbook*. New York: Doubleday-Currency.

Slater S.F and Narver J.C. (1995). Market orientation and the learning organization. *Journal of Marketing*, 59, 63-74.

Stewart R.W. and Fortune J. (1995). Application of systems thinking to the identification, avoidance and prevention of risks. *International Journal of Project Management*, 13, 279-286.

Tscerning K., Helming K., Krippner B., Sieber, S., Gomez Y. and Paloma S. (2012). Does research applying the DPSIR framework support decision making? *Land and Use Policy*, 29, 102-110.

Turner, R.K., Subak, S. and Adger, N. (1996). Pressures, trends, and impacts in coastal zones: Interactions between socio-economic and natural systems. *Environmental Management*, 20, 159- 173.

Αξιολογώντας την ικανότητα ανομήλικων καλλιεργειών από ενδημικά πολυετή λιβαδικά φυτά να απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα στην Ελλάδα: Η περίπτωση του είδους *Phalaris aquatica* L.

Ιωάννης Α. Παππας[1], Κωνσταντίνος Γ. Παπασπυρόπουλος[1], Χρήστος Ν. Καραχρήστος[*], Δημήτριος Καραμανώλης[2] & Αθανάσιος Χριστοδούλου[1]

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος,
[1]Εργαστήριο Δασικής Οικονομικής,
[2]Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης, Πανεπιστημιούπολη Θεσσαλονίκη 54124
[*]Φ. Φασούλας-Ν. Μαντζιος Ε.Ε, "Υλωρική", Θεσσαλονίκη
iapappas@for.auth.gr, kodafype@for.auth.gr

Περίληψη

Οι αλλαγές στη χρήση γης έχουν σημαντικές επιδράσεις στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και στα αποθέματα άνθρακα τόσο στη βλάστηση όσο και στο έδαφος κι έτσι έχουν ενταχθεί στους ευέλικτους μηχανισμούς του Πρωτοκόλλου του Κυότο (ΠΚ). Ένα από τα διαχειριστικά μέτρα που μπορεί να χρησιμοποιήσει κάθε αναπτυγμένη χώρα, για να εκπληρώσει τους στόχους της βάσει του ΠΚ, αποτελεί η διαχείριση των αγροτικών εκτάσεων. Γενικά, η μετατροπή των αγροτικών εκτάσεων σε πολυετείς καλλιέργειες με λιβαδικά φυτά αναμένεται να προκαλέσει αύξηση του αποθηκευμένου άνθρακα στην υπέργεια και υπόγεια φυτική βιομάζα αλλά και στην οργανική ουσία του εδάφους, εξαιτίας της μακροβιότητας τους και της μεγάλης παραγωγής ριζών. Ωστόσο, η οργανική ουσία του εδάφους μπορεί να αποτελέσει πηγή ή δεξαμενή του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα ανάλογα τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες, το είδος και την προέλευση των φυτών, την ηλικία της φυτείας, τις ιδιότητες και τη διαχείριση του εδάφους και τις υδατικές πηγές. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η εκτίμηση των αποθεμάτων άνθρακα τόσο στην υπέργεια βιομάζα όσο και στο εδαφικό προφίλ των καλλιεργειών του ενδημικού πολυετούς λιβαδικού είδους *Phalaris aquatica* L., τόσο σε νεαρή όσο και ώριμη ηλικία, οι οποίες αναπτύσσονται σε διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας, με στόχο να καθοριστούν τα δυνητικά αντισταθμίσματα άνθρακα από τη συγκεκριμένη χρήση γης. Τα αποτελέσματα της έρευνας αποκάλυψαν ότι τόσο οι νεαρές όσο και οι ώριμες καλλιέργειες του είδους *Phalaris aquatica* L. αποτελούν μια αποτελεσματική χρήση γης στην Ελλάδα για την ανάσχεση της κλιματικής αλλαγής, καθώς μπορούν να απορροφήσουν και να συσσωρεύσουν μακροχρόνια σημαντικές ποσότητες του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα τόσο στην υπέργεια βιομάζα όσο και στο έδαφος.

Λέξεις Κλειδιά Αλλαγή χρήσης γης, ενδημικά λιβαδικά φυτά, εδαφικός άνθρακας, κλιματική αλλαγή, αντισταθμίσματα άνθρακα.

JEL Κωδικοί: Q57, Q23, Q15, Q54, Q42.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΕΠΑΝ ΙΙ
ΕΣΠΑ 2007-2013
Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Πολιτισμού και Αθλητισμού
ΓΓΕΤ – ΕΥΔΕ-ΕΤΑΚ
Ε. Π. Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΝ ΙΙ), ΠΕΠ Μακεδονίας – Θράκης, ΠΕΠ Κρήτης και Νήσων Αιγαίου, ΠΕΠ Θεσσαλίας – Στερεάς Ελλάδας – Ηπείρου, ΠΕΠ Αττικής

Assessing the potential of uneven aged crops from native perennial range plants to absorb carbon dioxide in Greece: the case of species *Phalaris aquatica* L.

Ioannis A. Pappas[1], Konstantinos G. Papaspyropoulos[1], Christos N. Karachristos[*], Dimitrios Karamanolis[2] & Athanasios Christodoulou[1]

[1]*Laboratory of Forests Economics, Department of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, 54124, Thessaloniki, Greece.*

[2]*Laboratory of Forest Management, Department of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, 54124, Thessaloniki, Greece.*

[*]*"F. Fasoulas – N. Mantzios L.P.", "Yloriki E.E.", Thessaloniki, Greece.*

Abstract

Land use changes have significant effects on greenhouse gas emissions and carbon stocks in vegetation and soil that have been included in the mechanisms of the Kyoto Protocol (KP). Cropland management is an alternative that can be used to achieve the target that each developed country has under the KP. Generally, the conversion of agricultural land to perennial range species crops can be expected to increase C stored in above and belowground biomass and in soil organic matter (SOM) due to their perennial nature and high root biomass production. However, soil organic matter can be a source or sink for atmospheric CO_2 depending on local environmental conditions, plant species, plant origin, crop age, soil properties and management, and water resources. The purpose of the present study was to assess the potential of the native perennial range plant species of *Phalaris aquatica* L. from young and aged crops to absorb and accumulate carbon dioxide in the aerial biomass and soil profile at different sites of Greece, in order to determine the potential carbon offsets generated from this land use type. The results revealed that both *Phalaris aquatica* L. species crops (young and aged) are an effective land use option in Greece to tackle climate change since they can absorb and accumulate for long-term significant quantities of atmospheric carbon dioxide in aerial biomass and into the soil profile.

Keywords: Land use change native range species; soil carbon; climate change; carbon offsets.

JEL Classification: Q57; Q23; Q15;Q54; Q42.

1. Introduction

Land-use change (especially deforestation) has been historically responsible for a large part of the cumulative human-induced greenhouse gas (GHG) emissions (IPCC, 2007, Watson et al., 2000), while approximately 14% of recent anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions were attributable to agricultural activity (IPCC, 2007). Likewise, forest and agricultural lands may play a key role in the overall strategy for slowing the atmospheric accumulation of GHG. Improved management of agricultural land has the potential to both reduce net GHG emissions (Smith et al., 2008) and to act as a direct CO_2 sink through soil carbon sequestration (Lal, 2004), has been recognized as one of the alternatives that can be used to achieve the target that each developed country has under the Kyoto Protocol (Ovando and Capparos, 2009). In addition, results from agronomic field trials generally show a relative gain in carbon stocks with implementation of management practices that return or retain more of the carbon captured by growing plants (Sanderman and Baldock, 2010).

Perennial crops from range plant species are more efficient than annual species in supplying C and N to the soil through their residual above-ground parts and root systems, while concurrently slowing C and N turnover through reduced tillage operations in South Europen agricultural area

(Cattaneo et al., 2014a). Furthermore, perennial crops also have the potential to reduce soil erosion and nutrient leaching due to their permanent ground cover and more extensive root systems than conventionally grown annual crops (Girouard et al., 1999). Soil organic matter (SOM) is the main reservoir of soil organic carbon (SOC) and soil organic nitrogen (SON) in crops and determines soil fertility, water retention, and soil structure (Lal, 2004a). However, the amount of organic matter stored in soils is controlled by natural site-specific factors such as climate, topography, plant cover, plant origin and human-induced factors associated with land use (Pineiro et al., 2010).

Phalaris aquatica L. is a perennial range plant (cool season grass), native of the Mediterranean region, well adapted to the climatic constraints (low rainfall incidence and high temperature) that especially occur in the summer period. Furthermore, it has been used for forage in Greece due to its high biomass yield potential and drought tolerance (Dini-Papanastasi and Goulas, 1995) while recently has been identified as an alternative second generation energy crop in Greece (Pappas et al., 2014). However, there is no available data about the quantity of carbon stored in aboveground biomass and in soil profile under uneven aged *Phalaris aquatica* L. crops in Greece.

Therefore, the purpose of the present study was to examine the potential of uneven aged crops from perennial range plant species of *Phalaris aquatica* L. to absorb and store carbon dioxide in the aerial biomass and soil profile at different sites in Greece, in order to determine the potential carbon offsets generated from this land use type.

2. Methods and Data

Harvested biomass came from perennial grass (*Phalaris aquatica* L.) rainfed crops at sites in Central and North Greece, located at sites Pteleos (39º3΄0΄΄N and 22º57΄0΄΄E), Thermi (40º30΄30΄΄N and 23º4΄57΄΄E) and Chrysopigi (41º10΄5΄΄N and 23º33΄32΄΄E) with different crop age. Crops aged varied from 7 years (Pteleos) to 13 years (Thermi, Chrysopigi). Biomass samples were collected at the end of the growing season of 2014. Biomass production was measured using 10 (1x1 m^2) plots. Harvested biomass was dried at 60 ºC for 48h and milled to a size of 1 mm. The ash free dry weight (organic matter in biomass) was determined by loss on ignition at 600 ºC for 4h (Allen, 1989). Carbon content was calculated by dividing the percentage ash-free dry weight by 1.8 (Koukoura, 1998). Carbon offsets were estimated after the conversion of one tone of organic carbon to CO_2 tones multiplying by 44/12 = 3.67 factor. Soil samples were collected at two depths 0-15cm and 15-30cm where the majority of the root system is located, and soil properties were determined using common analysis methods. Total nitrogen and organic matter concentration were measured by the $K_2Cr_2O_7$ method using the modified Kjeldahl wet digestion procedure of Miller and Keeney (1982). Soil C (t ha^{-1}) was calculated according to the formula: C (t ha^{-1}) = [C (%) x soil depth (m) x 10000 x bulk density (g cm^{-3}) x 10]/1000 (Alifragis, 2008). One-way Analysis of Variance was used to compare means in three crops. Further differences were evaluated with the LSD post hoc test, at a level of significance of 0.05 (Kinnear and Gray, 2008).

3. Results and discussion

The change of carbon stocks in aboveground biomass of crops with different age are presented in Table 1. Crop age had significant effect on carbon stocks (C t ha^{-1} D.M) in aboveground biomass. High carbon stocks were stored in younger than mature crops mainly due to significant yield differences rather than organic carbon concentration (Kg t^{-1} D.M), which corresponds to maximum carbon offsets of 31.0 CO_2 t ha^{-1} at Pteleos site compared to lower value of 8.1 CO_2 t ha^{-1} at Chrysopigi site. However, organic matter concentration (Kg t^{-1} D.M) followed different trend due to different ash (inorganic component) content in biomass. The latter is mainly attributed to soil texture, since for any given plant species, soil type, and in particular its texture, is a very important

factor in deposition of inorganic constituents in biomass (Bakker and Elbersen, 2005). Soil texture under Pteleos and Chrysopigi sites is characterized as Sandy Clay Loam and Sandy Loam, respectively while at Thermi site soil as Clay Loamy (Table 2). According to Burval (1997) *Phalaris arundinacea* L. biomass, a species of the same taxa with *Phalaris aquatica,* grown on high clay content soils had high amount of ash content. The difference in total ash among these soil types can be largely explained by the higher soluble silica level in clay soils, which results in higher ash levels in crops grown on clay soils.

Table 1: Mean of ash, organic matter, organic carbon, biomass yield, organic carbon and CO_2 (t ha^{-1}) stored on aboveground biomass of uneven aged *Phalaris aquatica* L. crops grown in the year of 2014.

Crop site	Pteleos	Thermi	Chrysopigi
Crop age (years)	7 years old	13 years old	13 years old
Ash (g Kg^{-1} D.M)	83.3	101.0	72.4
Organic matter (Kg t^{-1} D.M)	916.7	899.0	927.6
C (Kg t^{-1} D.M)	509.3	499.4	515.3
Biomass yield (t ha^{-1} D.M)	16.6	5.7	4.3
C (t ha^{-1} D.M)	8.5	2.8	2.2
CO_2 (t ha^{-1} D.M)	31.0	10.4	8.1

Soil depth had significant effect on organic carbon sequestration (Table 2). C content was higher in the topsoil (0-15 cm) than in the 15-30 cm depth. However, high quantities of total organic carbon stocks (t ha^{-1}) were sequestered in the soil at 0-30 cm depth. Increased soil carbon reserves have reported by several studies evaluating carbon sequestration under different perennial grasses planted on arable land (Field et al., 2007, Lee et al., 2007, Fargione et al., 2008, Hillier et al., 2009, Monti et al., 2012). According to Zan et al. (2001) the conversion of agricultural land to perennial forage crops can be expected to increase C stored in above- and belowground biomass and in soil organic matter because perennial crops translocate large proportions of carbon to the root system or rhizomes as a reserve for spring growth (Kuzyakov and Domanski, 2000). In addition, Cattaneao et al. (2014b) found that perennial forage crops have a remarkable potential for SOC sequestration compared to annual crops, also under Mediterranean climatic conditions.

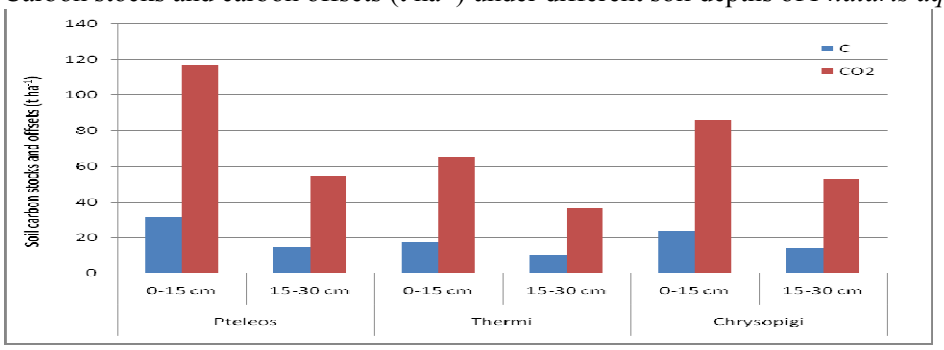
Total soil carbon sequestration (t ha^{-1}) was significant higher in younger (46.8 t ha^{-1}) than in older crops (27.7 and 37.6 t ha^{-1}), corresponding to higher total carbon offsets (CO_2 tonnes) per hectare of 172 and (102 and 139 t ha^{-1}), respectively (Figure 1). The results are in line with those reported by Hansen et al. (2004) for uneven aged crops of perennial grass named *Mischanthus* in Denmark. In addition, the absence of any soil disturbance in *Phalaris* crops such as tillage, increase the stability of carbon offsets, especially those stored in the soil. According to Mazzoncini et al. (2011) no-tillage is able to conserve SOC in the long run because of the lower soil organic matter mineralization rate than under conventionall tillage system in a long-term study in Mediterranean climate of Italy.

Therefore the basic criteria of additionality, permanence, leakage and double counting to produce standardized carbon emission reduction credits (CERCs) are also fulfilled, in order to include them as tradable product in the carbon finance mechanisms such as voluntary carbon markets (Murray et al., 2007, Benessaiah, 2012, Papaspyropoulos et al., 2013).

Table 2: Soil characteristics under uneven aged *Phalaris aquatica* L. crops in selected sites.

Crop site & age	Pteleos		Thermi		Chrysopigi	
Crop age	7 years old		13 years		13 years old	
Depth (cm)	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
Sand (%)	64	64	44	46	70	69
Silt (%)	14	16	24	24	18	20
Clay (%)	22	20	32	30	12	11
Soil texture	Sandy Clay Loam	Sandy Clay Loam	Clay Loam	Clay Loam	Sandy Loam	Sandy Loam
Bulk density (g m^{-3})	1.5	1.0	1.40	1.0	1.31	1.0
Nitrogen (%)	0.12	0.09	0.08	0.07	0.09	0.07
C (%)	1.41	0.99	0.85	0.67	1.19	0.96

Figure 1: Carbon stocks and carbon offsets (t ha^{-1}) under different soil depths of *Phalaris aquatica* crops.



4. Conclusions

The results revealed that the land-use change from annual arable crops to perennial grass species positively influenced carbon dioxide absorption. *Phalaris aquatica* L. crops both (young and mature) are an effective land use option in Greece to tackle climate change since they can accumulate for long-term significant quantities of atmospheric carbon dioxide into the soil profile. These carbon offsets can be efficiently verified as a novel product such as carbon credits and trade in the developing voluntary carbon markets, maximizing the potential value to agricultural producers.

Acknowledgements

The research was financially supported the "CARMA" program, which takes place within the SYNERGASIA 2011 action and is supported by the European Regional Development fund and Greek National Funds, project number 11SYN_8_1275. The text represents the authors' views.

References

Alifragis D.A. (2008). The Soil: Birth-Properties-Classification, vol.1, Aivazi Editions, Thessaloniki, Greece.

Allen S.E. (1989). Chemical Analysis of Ecological Material, Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.

Bakker R.R. and Elbersen H.W. (2005). Managing ash content and quality in herbaceous biomass: An analysis from plant to product. In: ETA-Florence Renewable Energies (Eds), Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, The 14th European Biomass Conference, ETA-Florence Renewable Energies, France: Paris; 2005. p. 210-213.

Benessaiah K. (2012). Carbon and livelihoods in Post-Kyoto: Assessing voluntary carbon markets, Ecological Economics, 77, 1-6.

Burvall J. (1997). Influence of harvest time and soil type on fuel quality in reed canary grass (Phalaris arundinacea L.), Biomass and Bioenergy, 12(3), 149-154.

Cattaneo F., Barbanti L., Gioacchini P., Ciavatta C. and Marzadori C. (2014a). ^{13}C abundance shows effective soil carbon sequestration in Miscanthus and giant reed compared to arable crops under Mediterranean climate, Biology and Fertility of Soils, 50(7), 1121-1128.

Cattaneo F., Di Gennaro P., Barbanti L., Giovannini C., Labra M., Moreno B., Benitez E. and Marzadori C. (2014b). Perennial energy cropping systems affect soil enzyme activities and bacterial community structure in a South European agricultural area, Applied Soil Ecology, 84, 213-222.

Dini-Papanastasi O. and Goulas C.K. (1995). Variation of the number of flowering stems and its effect on forage yield in a population of *Phalaris aquatica* L. in Greece, Options Mediterraneennes, 12, 53–56.

Fargione J., Hill J., Tilman D., Polasky S. and Hawthorne P. (2008). Land clearing and the biofuel carbon debt, Science, 319, 1235–1238.

Field C.B., Campbell J.E. and Lobell D.B. (2007). Biomass energy: the scale of the potential resource, Trends in Ecology and Evolution, 23, 65–72.

Girouard P., Zan C., Mehdi B. and Samson R. (1999). Economics and carbon offsets potential of biomass fuels. Resource Efficient Agricultural Production (REAP). Final report. Canada, Quebec, July 1999. Available from: http://www.reapcanada.com/online_library/ghg_offsets_policy/17%20Economics%20and.pdf

Hansen E.M., Christensen B.T., Jensen L.S. and Kristensen K. (2004). Carbon sequestration in soil beneath long-term Miscanthus plantations as determined by C-13 abundance, Biomass and Bioenergy, 26, 97–105.

Hillier J., Whittaker C., Dailey G., Ayllot M., Casella E., Richter G.M., Riche A., Murphy R., Taylor G. and Smith P. (2009). Greenhouse gas emissions from four bioenergy crops in England and Wales: integrating spatial estimates of yield and soil carbon balance in life cycle analyses, Global Change Biology Bioenergy, 1, 267–281.

IPCC. (2007). Summary for Policymakers. In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (Eds), Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, UK: Cambridge; 2007.p.7-22.

Kinnear P.R. and Gray C.D. (2008). SPSS 15 Made Simple, Psychology Press, Hove, UK.

Koukoura Z. (1998). Decomposition and nutrient release from C_3 and C_4 plant litters in a natural grassland, Acta Oecologica, 19(2), 115-123.

Kuzyakov Y. and Domanski G. (2000). Carbon input by plants into the soil, Review, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 163, 421-431.

Lal R. (2004). Soil carbon sequestration in India, Climatic Change, 65, 277–296.
Lal R. (2004a). Carbon emission from farm operations, Environment International, 30, 981–990.
Lee D.K., Owens V.N. and Doolittle J.J. (2007). Switchgrass and soil carbon sequestration response to ammonium nitrate, manure, and harvest frequency on conservation reserve program land, Agronomy Journal, 99, 462–468.
Mazzoncini M., Sapkota T.B., Barberi P., Antichi D. and Risaliti R. (2011). Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content, Soil & Tillage Research, 114, 165–174.
Miller R.H. and Keeney D.R. (1982). Methods of soil analysis. Part 2: chemical and microbiological properties, 2nd Edn, American Society of Agronomy Publications, Madison, Wisconsin.
Monti A., Barbanti L., Zatta A. and Zegada-Lizarazu W. (2012). The contribution of switchgrass in reducing GHG emissions, Global Change Biology Bioenergy, 4, 420–434.
Murray B.C., Sohngen B. and Ross M.T. (2007). Economic consequences of consideration of permanence, leakage and additionality for soil carbon sequestration projects, Climate Change, 80, 127-143.
Ovando P. and Caparros A. (2009). Land use and carbon mitigation in Europe: A survey of the potentials of different alternatives, Energy Policy, 37(3), 992-1003.
Papaspyropoulos K.G., Karachristos C.N., Ioannou K., Pappas I.A., Gounaris N., Mandana V., Theocharis N., Lefakis P. and Christodoulou A.S. (2013). The operation of voluntary carbon offset markets with the implementation of natural and artificial forestry projects. In: Hellenic Forestry Society (Eds), Conservation-Management of Hellenic Forests in the economic crisis period and the challenge of Natural Forestry, The 16th National Forestry Conference, Hellenic Forestry Society, Greece:Thessaloniki; 2013. p. 939-946.
Pappas I.A., Koukoura Z., Tananaki Ch. and Goulas Ch. (2014). Effect of dilute acid pretreatment severity on the bioconversion efficiency of *Phalaris aquatica* L. lignocellulosic biomass into fermentable sugars, Bioresource Technology, 166, 395-402.
Pineiro G., Paruelo J.M., Oesterheld M. and Jobbagy E.G. (2010). Pathways of grazing effects on soil organic carbon and nitrogen, Rangeland Ecology & Management, 63, 109-119.
Sanderman J. and Baldock J.A. (2010). Accounting for soil carbon sequestration in national inventories: a soil scientist's perspective, Environonmental Research Letters, 5, 034003.
Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O., Howden M., McAllister T., Pan G., Romanenkov V., Schneider U., Towprayoon S., Wattenbach M. and Smith J. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture, Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences, 363,789–813.
Watson R.T., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath N.H., Verardo D.J., Dokken D.J. (2000). Land use, land-use change and forestry, A special report of the IPCC, Cambridge University Press, Cambridge.
Zan S.C., Fyles J.W., Girouard P. and Samson R.A. (2001). Carbon sequestration in perennial bioenergy, annual corn and uncultivated systems in southern Quebec, Agriculture, Ecosystems and Environment, 86, 135–144.

Μέτρηση της οικονομικής αξίας της Αειφόρου Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού: Η Μέθοδος Rank Πλήρης Προτιμήσεις

Οσιελ Γκονζάλεζ Δάβιλα,[1] Φοίβη Κουντούρη[2] & Θεολόγος Παντελίδης[3]

[1] *SOAS, University of London, UK*

[2] *Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και London School of Economics, UK*

[3] *Πανεπιστήμιο Μακεδονίας*

osiel.davila@soas.ac.uk pkoundouri@aueb.gr pantelidis@uom.gr

Περίληψη

Η μελέτη αξιοποιεί τα δεδομένα από ένα Πείραμα Επιλογής (ΠΕ) πλήρους κατάταξης προτιμήσεων, το οποίο σχεδιάστηκε για να διερευνήσει το πώς οι ερωτηθέντες αξιολογούν μια σειρά από προτεινόμενες βελτιώσεις στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού στην Ελλάδα. Αυτές οι βελτιώσεις ανταποκρίνονται στη Οδηγία-Πλαίσιο για τη Διαχείρηση των Υδάτινων Πόρων της Ευρωπαϊκής Ένωση. Το ΠΕ εκτιμά τη προθυμία των ερωτηθέντων να πληρώσουν (WTP) για τις προτεινόμενες βελτιώσεις στα εξής χαρακτηριστικά: (α) περιβαλλοντικές συνθήκες, (β) επιπτώσεις για τη τοπική οικονομία και (γ) αλλαγές στις πιθανές χρήσεις του νερού. Το μοντέλο αρχικά εκτιμείται για το πλήρες δείγμα και στη συνέχεια εκ νέου υπολογίζεται δύο φορές για δύο υπο-δείγματα που συμπεριλαμβάνουν: (α) μόνο τους κατοίκους της Αθήνας και (β) μόνο τους κατοίκους του Ασωπού. Στη συνέχεια, εξετάζουμε την επίδραση διαφόρων δημογραφικών και κοινωνικο-οικονομικών παραγόντων (όπως το εισόδημα, το φύλο, η ηλικία, η απασχόληση και η εκπαίδευση) στις εκτιμήσεις του μοντέλου μας, σε μια προσπάθεια να αποκαλύψουμε τυχόν διαφορές μεταξύ των ερωτηθέντων με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Η ανάλυση μας παρέχει ταυτόχρονα μια επικύρωση της οικονομετρικής ευρωστίας σε σχέση με τα προηγούμενα ευρήματα στη βιβλιογραφία και πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο διάφορα δημογραφικά και κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν την αξιολόγηση των επιλεγμένων χαρακτηριστικών σε ενα Πείραμα Επιλογής πλήρους κατάταξης προτιμήσεων.

Λέξεις Κλειδιά: Πείραμα επιλογής πλήρους κατάταξης προτιμήσεων, Υπόδειγμα και πιθανότητες logit, Λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού, Περιβαλλοντολογική υποβάθμιση, Ποσότητα και ποιότητα νερού, Μεγιστοποίηση χρησιμότητας, Οδηγία-Πλαίσιο για τη Διαχείρηση των Υδάτινων Πόρων, Προθυμία πληρωμής (WTP).

JEL Κωδικοί: Q25, Q51, Q53.

Measuring the Economic Value of Sustainable River Basin Management: The Full-Preference Rank Method

Osiel González Dávila[1], Phoebe Koundouri[2] & Theologos Pantelidis[3]

[1] *SOAS, University of London, UK*

[2] *Athens University of Economics and Business, GREECE and London School of Economics, UK*

[3] *University of Macedonia, GREECE*

Abstract

This study exploits the data from a full-preference ranking Choice Experiment (CE) designed to investigate how respondents evaluate a set of proposed improvements in the Asopos water catchment in Greece. These improvements are following the prescriptions of the European Union Water Framework Directive (2000). We first estimate a rank-ordered logistic regression based on the full set of choices by respondents to calculate the willingness to pay (WTP) of respondents for each one of the three attributes considered in the CE (that is, environmental conditions, impact on the local economy and changes in the potential uses of water). The model is initially estimated for the full sample and then re-estimated twice for two sub-samples: the one includes only the residents of Athens and the other includes only the residents of Asopos. Afterwards, we examine the effect of various demographic and socio-economic factors (such as income, gender, age, employment and education) on the estimates of our model in an attempt to reveal any differences among respondents with different characteristics. Thus, our analysis simultaneously provides a robustness check on previous findings in the literature and additional information about how various demographic and socio-economic characteristics affect the evaluation of the selected attributes.

Keywords: Choice experiment, Full-preference ranking, Logistic regression, Asopos River Basin, Environmental degradation, Water quality and quantity; Random utility maximization; Logit probabilities; Water Framework Directive; Residency-specific use and non-use valuation, Willingness to pay (WTP).

JEL Classifications: Q25; Q51; Q53.

1. Introduction

Asopos is a 57km long river in Greece that runs across Viotia and Attiki. The catchment of the river covers an area of 724 km^2 and hosts numerous rare habitats and bird species, many of which are protected by EU legislation. The local area is also visited by many tourists who organize various recreational activities. It is worth mentioning that more than one third of the total residences in Asopos river basin (RB) serve as a second residence for their owners.

Unfortunately, this area of unique natural beauty, which supports a rich ecosystem that creates the perfect environment for the wildlife, is nowadays environmentally degraded due to unregulated human activities. A major source of environmental degradation is related to the industrial activities that take place in the areas nearby the Asopos River. Pollution became a hazard for the health of the local residents and visitors, while farmers started to worry about the effect of contamination on their agricultural production. Protests by the local population raised public awareness and put pressure on the government and the local authorities to take action and investigate the severity of the problem. This also attracted the interest of researchers.

Dimaras *et al.* (2010) and Papadiochou *et al.* (2011) apply a Contingent Valuation Method to obtain willingness to pay (WTP) estimates for improvements in the groundwater resources of the Asopos area. The former study focuses on local residents, while the latter uses a sample of households in Athens. The analysis of Dimaras *et al.* (2010) concludes that households in the Asopos area are willing to pay €400 per year to an independent management organization, while the relative estimated WTP for households in Athens by Papadiochou *et al.* (2011) is €45 per year. Laoudi *et al.* (2011) is another study that analyzes the economic damage of groundwater degradation in the Asopos area. The study examines the cost of developing alternative methods for the provision of drinking water to local communities. On the other hand, Louzidou (2009) investigates the cost of constructing a Central Wastewater Processing Unit for the industrial and domestic waste of the Avlona region in Attiki. Finally, Koundouri *et al.* (2012) estimate the WTP for a number of improvements in the Asopos RB for residents in Athens and the Asopos area. In general, their analysis does not reveal any significant differences between the WTP estimates of the two populations.

Our study is based on the results of a full-preference ranking Choice Experiment (CE) designed to investigate how respondents evaluate a bundle of proposed improvements in the Asopos water catchment. The CE focuses on three attributes: environmental conditions, impact on the local economy and changes in potential water uses. Our goal is twofold: First, we estimate the willingness to pay of respondents for each one of the three attributes considered in the CE by means of a rank-ordered logistic regression. Second, we investigate the effect of numerous demographic and socio-economic factors on the estimates of our model. In this way, we reveal how each one of the factors under scrutiny affects the evaluation of the selected attributes. Our analysis uses the full set of choices by respondents in an attempt to take advantage of all information available in dataset.

To anticipate our key results, our estimates for the WTP are qualitatively similar to those of Koundouri *et al.* (2012). However, our WTP estimates are substantially higher revealing a stronger willingness by respondents to finance environmental revitalization and conservation activities in the Asopos RB. When it comes to the sensitivity of the estimated coefficients on various demographic and socio-economic characteristics, we find strong evidence that suggest that some socio-economic factors (e.g. income and especially gender, age and education) affect most of our estimates and especially the cost coefficient. Unemployment is also highlighted as a

crucial factor that generates statistically different estimates. Moreover, respondents who are employed in tourism and people who frequently visit the Asopos area seem to have a different attitude towards the proposed improvements in the area compared to all other respondents. Finally, the place of living (Athens or Asopos) affects only how people evaluate the improvements in the environmental conditions.

Our analysis reveals useful information about how various demographic and socio-economic characteristics affect the willingness to pay of respondents for each one of the proposed improvements in the Asopos river basin. Our findings can assist policymakers to perform a cost-effectiveness and cost-benefit analysis for the determination of the optimal set of activities needed for the environmental upgradation of the area. Our analysis can also help in the development of the proper socio-economic instruments to select an efficient pricing system for the implementation of various environmental improvements in the region.

The layout of this paper is as follows: Section 2 describes the dataset and the methodology, while Section 3 reports the empirical findings and the policy implications of our analysis. Finally, Section 4 concludes.

2. Data and methodology

The initial dataset consists of the results of a full-preference ranking choice experiment that took place from September to October 2011 by trained interviewers. Quota sampling was followed according to 2001 Census data and the final sample included 150 respondents from Asopos RB and 150 respondents from Athens.

The design of the survey followed the standard five steps for a Choice Experiment: selection of desired attributes, definition of levels, choice of the experimental design, construction of choice cards to present to respondents and measurement of preferences. The experiment focused on the following three attributes that are often identified in the literature as impacted by the degradation of a region: environment, local economy and human health. The experiment assumes that the current status (*status quo*) of the environmental conditions is bad, the impact on the local economy is negative and the water is not suitable for drinking, cooking or irrigation. For each attribute, two levels of improvement are defined. Specifically, the environmental conditions can become moderate or good, the status of the local economy can be improved by 2015 or improve even further and become positive by 2027 and the water can become suitable for some uses (i.e. drinking and cooking) or for all uses (i.e. drinking, cooking and irrigation). Finally, the experiment assumes five levels of cost (these are 2, 4, 6, 8 or 12 Euros) associated to various sets of improvements and paid every three months in the water bill. Respondents were told that an independent body will assure that the collected funds will be spent for the improvement of the environmental conditions in the Asopos RB.[94]

A personal interview was scheduled with each selected respondent. The interviewer presented a set of five choice cards to the respondent who was instructed to follow the following sequential choice process: First, the respondent chose the most preferred alternative out of the initial five alternatives in the choice set. This best alternative was then excluded from the choice set and the respondent was asked to select the least preferred out of the remaining four, which was also excluded. This process was repeated for the remaining three alternatives from which the respondent selected the second most preferred out of the remaining three, and finally the second

[94] A more detailed description of the design of the choice experiment can be found in Koundouri *et al.* (2012).

least preferred out of the remaining two cards. This approach, known as the "repeated best-worst" approach, provides a full preference ranking of the alternatives in each choice set. Contrary to alternative approaches, the "repeated best-worst" approach is believed to help respondents to rank their preferences (Scarpa *et al*., 2011).

As stated before the objective of our study is twofold. First, the study aims to estimate marginal WTP for different attributes and attribute levels as described in the scenarios presented to the respondents. Second, this study also examines whether groups of respondents with different demographic and socio-economic characteristics have different attitude towards the four attributes under scrutiny. In an attempt to take advantage of the full set of information available to us, the analysis presented here use the whole set of repeated best/worst observations. So, the pseudo-choice sets used here were 60 for each respondent.

The utility gains from increasingly larger improvements on the three attributes under scrutiny are determined by means of a piece-wise linear coding. Given that the choice experiments allows for level of gradual improvements, the coding we follow is (0,0) for the status quo, (1,0) for the first level of improvement and (1,1) for the second level of improvement. Thus, the estimated coefficient for the second level of improvement measures the additional utility effect beyond that captured by the estimated coefficient of the first level of improvement.

A preliminary examination of the dataset revealed a small number of respondents (30 participants) that displayed a serial non-participation choice behaviour. In other words, some respondents consistently chose the status-quo condition across all 12 first best decisions on the full set choice tasks. For these serial non-respondents the alternative to the status-quo offering various improved scenarios were never sufficiently appealing to motivate a payment. We, therefore, choose to exclude the serial non-respondents from our analysis. For the remaining respondents, we first estimate our model thrice; once for the full sample and once for each of the two sub-populations of beneficiaries (inhabitants of Athens and Asopos). Estimates of WTPs for the different levels of policy attributes are then derived from each of these models. Finally, we investigate the effect of various demographic and socio-economic characteristics on how people form their values related to the same set of proposed categories of improvement.

3. Empirical findings and policy implications

Let us first focus on the estimation results from the full sample (all respondents) reported in Table 1. The coefficient for the *status quo* is not statistically significant indicating that there is no systematic incentive to stay with the current condition and avoid the proposed alternative scenarios (this is also the case when we estimate our model based on a sample that includes serial non-respondents). On the other hand, we obtain a negative and significant coefficient for the cost (equal to -0.088) and therefore we can use the estimated model to calculate welfare estimates.

Turning to the remaining estimates, we would expect to find positive signs in all coefficients. This is indeed the case. The only exception is the coefficient for the extreme improvement of the local economy (by the year 2027) which is negative but statistically insignificant. This means that respondents give no extra value to the additional marginal effect for the 2027 scenario. As argued by Koundouri *et al.* (2012), a possible explanation for this is that 2027 might be too far away in time for most respondents to be able to relate to it, or perhaps it was not clear in most respondents' mind that it implied the 2015 target, or perhaps their discount rate is such that makes the net present value of benefits of these improvements

insignificant. Finally, the estimated marginal WTP for the first level of improvement in the local economy (by the year 2015) is €6.69, while the corresponding 95% confidence interval ranges from €5.24 to €8.15.

As far as the remaining two attributes are concerned (that is, environmental condition and human health), our findings suggest a significant increase in the utility in the moderate improvement levels. The estimated marginal effect is as high as €18.46 and €11.84 for the environmental condition and the human health respectively. These figures further increase by €5.53 and €14.77 when we consider the case of an extreme improvement in the environmental condition and the human health respectively. It is interesting to note that the estimated marginal effect of extending water uses from "some uses" to "all uses" (that suggests water suitable for irrigation too) is higher than the marginal effect of the first level of improvement. This clearly reveals the importance to respondents of achieving the highest possible level of improvements in the quality of the river's water. In the case of environmental conditions, the additional increase in the utility effects from the moderate to the extreme improvement level is smaller but significant even when we account for the uncertainty that surrounds our estimates. To be more specific, the calculated 95% confidence interval indicates that the upper bound for the marginal effect for the first level of improvement in the environmental condition is €20.41 which is lower than €22.26 (calculated as (18.46+5.53)-1.96*0.88) that corresponds to the lower bound of the 95% confidence interval for the extreme level of environmental improvement.

We now turn our attention to the estimated models for the Athens and Asopos sub-samples reported in Table 2 and 3 respectively. In both cases, the findings are qualitatively similar to those for the full sample. In other words, the coefficients for the *status quo* and the extreme improvement of the local economy are both statistically insignificant. The cost coefficient is negative, while all other estimated coefficients are positive and significant. However, we also observe some differences between the two estimated models. Respondents from Asopos seem to have slightly higher marginal effects for a moderate level of improvement in environmental conditions and human health compared to respondents from Athens. For example, the WTP estimate for the local residents of Asopos to achieve a moderate improvement in the quality of water is €12.31 compared to €11.25 for those leaving in Athens. However, respondents from Athens show a higher WTP for achieving the highest level of improvement in the aforementioned two attributes. Although our findings are, in general, qualitatively similar to those reported in Koundouri *et al.* 2012), our WTP estimates are significantly higher revealing a stronger willingness by all respondents (i.e. residents of both Athens and Asopos) to support the environmental improvements in the Asopos RB.

In what follows, we perform a series of Wald tests to investigate whether various demographic and socio-economic characteristics affect the attitude of respondents towards the four attributes considered in our analysis. Under the null hypothesis, there is no difference in the behaviour of groups of respondents with different characteristics. We first examine whether the place of living of the respondent has an effect on the way she evaluates each one of the four attributes. The results, given in Table 4, reveal no differences between residents of Athens and residents of Asopos. The only exception is when it comes to improvements in the environmental condition as suggested by the low p-value of the test (0.033) that leads to the rejection of the null hypothesis. We also divided respondents based on whether they are visitor of the Asopos lagoon, the Asopos estuary or the coastal zone. The results in Table 4 suggest that the estimate for the cost coefficient is not statistically different in all cases. However, it seems that the coefficients for the impact on the local economy and the human health depend on whether the respondent is a visitor or not of either the Asopos lagoon or the Asopos estuary. Moreover, the estimated coefficients for the environmental

conditions are statistically different for respondents who visit either the Asopos estuary or the coastal zone.

Next, we examine the effect of employment on our estimates. We consider four fields of employment: agriculture, industry, tourism, while all other fields of employment form the fourth group. On the other hand, unemployed respondents form our fifth group. The results, reported in Table 5, clearly show that unemployment affects the estimated coefficients for all four attributes. Similarly, respondents employed in tourism seem to differ in the way they evaluate all attributes except for the environmental condition compared to all other respondents. Furthermore, respondents employed in industry generate a significantly different cost coefficient. As expected, the farmers in our sample appear to have a different attitude towards the human health factor, since the quality of water is crucial for them. A similar finding holds for respondents included in the "all other fields" group.

Finally, we focus on various socio-economic characteristics, namely income, gender, age and education. The results presented in Table 6 highlight that the aforementioned characteristics affect almost all estimated coefficients. More in detail, the cost coefficient depends on all four socio-economic characteristics, while three out of four characteristics (education is the exception) affect the estimates for the environmental condition. The estimated coefficients that capture the impact on the local economy depend on the gender and the level of education, while the age and the education influence the estimates for the human health attribute.

4. Conclusions

This paper uses the results of a multi-attribute stated preference choice experiment (CE) specifically designed to estimate the use and non-use values that the respondents hold for a bundle of possible improvements in the Asopos catchment. The CE considers the following three attributes: environmental conditions, impact on the local economy and changes in potential uses of water. We estimate our rank-ordered logistic model based on the full set of choices by respondents. We initially estimate our model using the full sample and afterwards we repeat the analysis focusing on either the residents of Athens or the residents of Asopos. Finally, we investigate the effect of various demographic and socio-economic factors on our estimates in an attempt to reveal any differences among respondents with different characteristics. We, therefore, simultaneously check the robustness of the findings of previous studies in the literature and provide additional information about how various demographic and socio-economic characteristics affect the evaluation of the selected attributes.

When it comes to the willingness to pay (WTP) estimates, our results are qualitatively similar to those of Koundouri *et al.* (2012). However, we also observe some significant quantitative differences. Specifically, our WTP estimates are substantially higher revealing a stronger willingness by respondents to support the environmental improvements in the Asopos area. When we move one step forward and examine the effect of various demographic and socio-economic characteristics on the estimated coefficients that determine the evaluation of the selected attributes, we end up with some useful findings. It seems that socio-economic factors (income and especially gender, age and education) affect most of the estimates and especially the cost coefficient. Moreover, unemployment is a crucial factor that generates statistically different estimates. Similarly, respondents who are employed in tourism appear to have a different attitude towards the proposed improvements in the area compared to all other respondents. The same holds for respondents who frequently visit either the Asopos estuary or Asopos lagoon. Finally, the place of living (Athens or Asopos) has only a minor effect on the estimations.

References

Commission of the European Communities (CEC) 2000 Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. 1997/0067 (COD), C5-0347/00.

Dimaras, A., Mastrogiannis, F. and D. Damigos, 2010. *Estimation of the cost of pollution of Asopos River*. MSc dissertation, National Technical University of Athens, School of Mining and Metallurgical Engineering. (In Greek)

Koundouri, P., Scarpa, R., Stithou, M. 2012. A Choice Experiment for the Estimation of the Economic Value of the River Ecosystem: Management Policies for Sustaining NATURA 2000) species and the Coastal Environment. In Koundouri, P., and N. Papandreou (editors); M. Stithou (assistant editor), 2012. Water Resources Management Sustaining Socio-Economic Welfare: The Implementation of the European Water Framework Directive in Asopos River Basin in Greece. Springer Publishing, Global Issues in Water Policy, Series ISBN: 978-94-007-7635-7 (Print) 978-94-007-7636-4 (Online)

Laoudi, A., Tentes, G. and D. Damigos, 2011. *Groundwater damage: A cost-based valuation for Asopos River basin.* Proceedings of the 3rd International CEMEPE & SECOTOX Conference Skiathos, June 19-24, 2011, ISBN 978-960-6865-43-5.

Loizidou, M., 2009. Environmental Impact Assessment for a Central Processing Unit for the Industrial Wastewater of Asopos Area and the Urban Wastewater of the Municipality of Avlonas. National Technical University of Athens, School of Chemical Engineering. (In Greek)

Papadiochou, O., Triandafyllou, M. and D. Damigos, 2011. *Estimation of the value of water in the Asopos basin using Contingent Valuation Method*. MSc dissertation, National Technical University of Athens, School of Mining and Metallurgical Engineering. (In Greek)

Scarpa, R., Notaro, S., Louviere, J. and Raffaelli, R., 2011. Exploring Scale Effects of Best/Worst Rank Ordered Choice Data to Estimate Benefits of Tourism in Alpine Grazing Commons. *American Journal of Agricultural Economics* 93 (3), 813–828.

Table 1: Model for the full sample (Asopos and Athens)

	RUM estimates			Marginal WTP estimates					
	Coeff.	St. Error	*z*-value	Coeff.	St. Error	*z*-value	*p*-value	95% conf. int.	
Status Quo ASC	-0.025	0.038	-0.670	-0.58	0.85	-0.68	0.50	-2.25	1.09
Env. Moderate	0.812***	0.033	24.670	18.46	0.99	18.57	0.00	16.51	20.41
Env. Good	0.243***	0.035	6.940	5.53	0.88	6.27	0.00	3.80	7.26
LocalEcon Improved2015	0.294***	0.031	9.600	6.69	0.74	9.02	0.00	5.24	8.14
LocalEcon Positive2027	-0.003	0.031	-0.110	-0.08	0.70	-0.11	0.91	-1.44	1.29
Water for some uses	0.521***	0.031	16.550	11.84	0.66	17.98	0.00	10.55	13.13
Water for all uses	0.650***	0.042	15.540	14.77	1.31	11.25	0.00	12.20	17.34
Cost	-0.088***	0.004	-23.470						
Log likelihood function =	11941.55		N=	14400					

Note: * p-value<0.10; ** p-value<0.05; *** p-value<0.01

Table 2: Model for Athens

	RUM estimates			Marginal WTP estimates					
	Coeff.	St. Error	*z*-value	Coeff.	St. Error	*z*-value	*p*-value	95% conf. int.	
Status Quo ASC	0.014	0.052	0.270	0.35	1.28	0.27	0.79	-2.17	2.86
Env. Moderate	0.734***	0.044	16.700	18.10	1.47	12.35	0.00	15.23	20.98
Env. Good	0.347***	0.048	7.160	8.55	1.39	6.15	0.00	5.83	11.28
LocalEcon Improved2015	0.338***	0.043	7.820	8.33	1.16	7.17	0.00	6.05	10.61
LocalEcon Positive2027	0.015	0.043	0.360	0.38	1.06	0.36	0.72	-1.69	2.45
Water for some uses	0.456***	0.043	10.730	11.25	0.97	11.56	0.00	9.35	13.16
Water for all uses	0.701***	0.057	12.290	17.29	2.06	8.37	0.00	13.24	21.33
Cost	-0.081***	0.005	-15.970						
Log likelihood function =	-6242.04		N=	7500					

Note: * p-value<0.10; ** p-value<0.05; *** p-value<0.01

Table 3: Model for Asopos

	RUM estimates			Marginal WTP estimates					
	Coeff.	St. Error	*z*-value	Coeff.	St. Error	*z*-value	*p*-value	95% conf. int.	
Status Quo ASC	-0.075	0.056	-1.340	-1.57	1.12	-1.39	0.16	-3.77	0.63
Env. Moderate	0.899***	0.050	18.090	18.67	1.34	13.95	0.00	16.05	21.29
Env. Good	0.131***	0.051	2.580	2.73	1.12	2.45	0.01	0.55	4.92
LocalEcon Improved2015	0.248***	0.044	5.650	5.14	0.94	5.44	0.00	3.29	6.99
LocalEcon Positive2027	-0.025	0.044	-0.580	-0.53	0.91	-0.58	0.56	-2.32	1.26
Water for some uses	0.593***	0.047	12.710	12.31	0.89	13.90	0.00	10.57	14.05
Water for all uses	0.595***	0.062	9.670	12.37	1.66	7.44	0.00	9.11	15.63
Cost	-0.096***	0.006	-17.250						
Log likelihood function =	-5690.28		N=	6900					

Note: * p-value<0.10; ** p-value<0.05; *** p-value<0.01

Table 4: Effect of place of living/visit experience on our results

	Place of living	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	18.180	0.011
Environmental Condition	6.840	0.033
Impact on local economy	2.990	0.224
Human health	0.510	0.774
Cost	1.050	0.305
	Visitor of Asopos lagoon	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	63.020	0.000
Environmental Condition	3.680	0.158
Impact on local economy	31.060	0.000
Human health	35.040	0.000
Cost	1.980	0.160
	Visitor of Asopos estuary	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	19.020	0.008
Environmental Condition	6.050	0.049
Impact on local economy	10.150	0.006
Human health	6.300	0.043
Cost	0.380	0.539
	Visitor of coastal zone	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	13.270	0.066
Environmental Condition	5.100	0.078
Impact on local economy	0.130	0.935
Human health	4.040	0.133
Cost	0.590	0.441

Table 5: Effect of employment on our results

	Employed in agriculture	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	20.370	0.005
Environmental Condition	1.480	0.476
Impact on local economy	2.570	0.276
Human health	13.830	0.001
Cost	0.880	0.348
	Employed in industry	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	22.700	0.002
Environmental Condition	1.800	0.406
Impact on local economy	0.900	0.639
Human health	0.560	0.756
Cost	12.740	0.000
	Employed in tourism	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	27.460	0.000
Environmental Condition	0.820	0.665
Impact on local economy	11.260	0.004
Human health	5.130	0.077
Cost	5.100	0.024
	Employed in any other field	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	20.900	0.004
Environmental Condition	3.260	0.196
Impact on local economy	2.980	0.226
Human health	6.570	0.038
Cost	2.430	0.119
	Unemployed	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	36.260	0.000
Environmental Condition	14.090	0.001
Impact on local economy	5.200	0.074
Human health	22.340	0.000
Cost	6.260	0.012

Table 6: Effect of socio-economic characteristics on our results

	Income	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	63.990	0.000
Environmental Condition	5.340	0.069
Impact on local economy	4.340	0.114
Human health	0.560	0.756
Cost	38.860	0.000
	Gender	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	22.280	0.002
Environmental Condition	8.820	0.012
Impact on local economy	5.440	0.066
Human health	4.110	0.128
Cost	4.020	0.045
	Age group	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	70.080	0.000
Environmental Condition	44.610	0.000
Impact on local economy	1.680	0.431
Human health	16.980	0.000
Cost	36.300	0.000
	Education	
	Wald Statistic	p-value
All attributes	31.400	0.000
Environmental Condition	2.670	0.263
Impact on local economy	10.510	0.005
Human health	11.240	0.004
Cost	23.760	0.000

Μεθοδολογία για τη διαχείριση και την αξιολόγηση της αειφόρου ανάπτυξης στην περιοχή του Ασωπού ποταμού με τη χρήση Δυναμικών Μοντέλων.

Θωμάς Α. Τσάλης[1], Ιωάννης Ε. Νικολάου[1], Σπυρίδων Ρουμελιώτης [2], Νικολέττα Τζόουνς[3], Κωνσταντίνος Ευαγγελινός[2]

[1]Εργαστήριο Οικονομικά των Επιχειρήσεων και της Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

[2] Εργαστήριο Επιχειρησιακής Περιβαλλοντικής Πολιτικής και Διαχείρισης, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

[3]Faculty of Social Sciences, Department of Geography, Open University

ttsalis@env.duth.gr inikol@env.duth.gr roumeliotis@env.aegean.gr kevag@aegean.gr nikoleta.jones@open.ac.uk

Περίληψη

Η Ατζέντα 21 ορίζει την αειφόρο ανάπτυξη ως τον πρωταρχικό στόχο κάθε κοινωνίας. Η προστασία του περιβάλλοντος, η οικονομική και η κοινωνική ευημερία αποτελούν τους τρεις βασικούς άξονες για την επίτευξη της περιφερειακής αειφόρου ανάπτυξης. Η αειφόρος ανάπτυξη σε επίπεδο περιφέρειας είναι ένας πολύπλοκός και πολυσύνθετος στόχος που καθιστά απαραίτητη τη δημιουργία ολοκληρωμένων μεθοδολογιών οι οποίες θα βοηθήσουν τις τοπικές αρχές και τις κυβερνήσεις να σχεδιάσουν και να εφαρμόσουν αειφόρες στρατηγικές και πολιτικές. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία η οποία συνδυάζει τα Διαγράμματα Αιτιότητας και τα ποσοτικοποιημένα Δυναμικά Μοντέλα. Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη μεθοδολογία βοηθά τις ομάδες λήψης αποφάσεων και στρατηγικού σχεδιασμού να αναγνωρίσουν τους βρόχους ανάδρασης του συστήματος- περιφέρειας και να κατανοήσουν τις σχέσεις αιτιότητας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόστηκε στην υποβαθμισμένη περιοχή του Ασωπού ποταμού, αναδεικνύοντας την πολυπλοκότητα και τη δυναμική σύνθεση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών προβλημάτων της.

Λέξεις Κλειδιά: Διαγράμματα Αιτιότητας, αειφόρος ανάπτυξη, Δυναμικά Μοντέλα, Ασωπός ποταμός.

JEL Κωδικοί: Q56, Q57, Q58.

A conceptual methodology for regional sustainable development based on System Dynamics: A case study of Asopos River.

Thomas A. Tsalis[1], Ioannis E. Nikolaou[1], Spyridon Roumeliotis[2], Nikoleta Jones [3] & Konstantinos Evangelinos[2]

[1]Business and Environmental Technology Economics Laboratory, Department of Environmental Engineering, Democritus University of Thrace

[2] Centre for Environmental Policy & Strategic Environmental Management, Department of Environment, University of the Aegean

[3]Faculty of Social Sciences, Department of Geography, Open University

Abstract

According to (Local) Agenda 21 sustainable development is the ultimate goal for each society all over the world. Economic welfare, environmental protection and social wellbeing are the three basic pillars of the regional sustainable development. Because regional sustainability is a complex and dynamic objective which encompasses many actors and local peculiarities, authorities and governments need to be equipped with appropriate tools which facilitate the development and execution of sustainable strategies and policies. By adopting the Causal Loop Diagram (CLD) tool and quantitative dynamic models, this paper provides a comprehensive methodology that helps policy maker to articulate the crucial feedback loops of each system-region and understand the effects from the multidirectional causality relationships among different stakeholders groups. It is applied in the deteriorated region alongside Asopos River trying to represent the complex and dynamic structure of the local environmental and social problems.

Keywords: Causal Loop Diagram, regional sustainability, System Dynamic, Asopos river.

JEL Classification: Q56; Q57; Q58.

1. Introduction

During the last decades, the global community is inundated with numerous environmental, social and economic problems. For instance, climate change, environmental deterioration, economic crisis and deadly diseases are some serious problems that put governments and international organizations under a tremendous pressure, sparking off a worldwide debate over the sustainable development and how a sustainable world could be realized. Thus, sustainability has to be both the fundamental prerequisite and primary objective for policy formulation and decision making at global, national and regional level.

In line with the unprecedented challenges posed by sustainable development, a number of sustainability methodologies and indices have been proposed in order to help policy makers to track the progress towards sustainability, to develop effective sustainability strategies and to spread awareness of sustainability issues among different stakeholders (Mayer, 2008; Ness et al., 2007; Singh et al., 2012; UN Commission on Sustainable development, 2007; Booysen, 2002; Valentin and Spangenberg, 2000; Wood and Garnett, 2010). Despite of the popularity of these methodologies, criticism has been leveled against them regarding their effectiveness and applicability to a regional level (Graymore et al., 2008; Böhringer and Jochem et al., 2007). More precisely, the main drawbacks of these methodologies concern difficulties in gathering appropriate data and information as well as problems related to the management of a large number of indicators, which are essential for the assessment of region's sustainability performance. Given that, policy makers or regional authorities are unable to take a holistic view of the sustainability performance and how sustainable strategic alternatives may influence either the system-region or its sub-systems (for example, ecological, social and human systems).

Taking into consideration the above limitations, the aim of this paper is to contribute to the field of the regional sustainability management proving a new approach based on Causal Loop Diagram (CLD) tool. It is an integrate methodology that facilitates policy makers to understand the contribution of each sub-system's performance to the regional sustainability. Moreover, it is an evolutionary process that continuously enhances decision makers' beliefs and understanding concerning the causality relationships among the key components of the system-region providing an effective communication mechanism whereby stakeholders can share their knowledge and perceptions of regional sustainability with different interested parties.

In this paper, the suggested methodology is applied in the depressed region of Asopos River which faces many social and environmental problems due to river's basin pollution. Specifically, both a qualitative and quantitative descriptions of the crucial feedback loops are presented, trying to shed light on the grave region's problems. Local authorities can use it as a navigator that will help them in selection appropriate set of sustainability indicators which comprehensively assess the regional sustainability.

2. Case study

As for the investigated region, it is situated in the Central Greece, alongside Asopos River covering a total area of 720 km^2 approximately. The river has a total length of 75km and crosses Viotia and Attica prefectures. In particular, the river rises in the western side of the case study region (its sources are in Kitherona mountain), heads east flowing through Thiva's plain and finally meats South Evoikos gulf which is the eastern boundary of the case study region (Mallouchou, 2012; Koundouri et al., 2014a). It is estimated that investigated region has roughly 70000 inhabitants who

resides in the near towns or settlements (Koundouri et al., 2014a). Initially, Asopos region was rural region owing to the excellent weather conditions, the long cultivate season and the arable lands. However, in 1968 an industrial zone was established in the middle and lower Asopos course close to Oinofita settlement. The industrial zone was arbitrarily developed without any plan or top level oversight in the form of industrial regulations. Asopos River was the receiver of partially treated or untreated industrial effluents or wastes. Due to the fact that there has not been any effective mechanism for monitoring industrial activities, Asopos River is heavily polluted with hexavalent chromium (Cr(VI)) as well as inorganic and organic load (Techical Camber of Greece, 2009; Koundouri et al., 2014b; Mallouchou, 2012). It is evident that the pollution of Asopos River is a serious challenge which brings numerous troubles for the entire region. All region's sub-systems and stakeholder groups suffer from adverse consequences of water quality degradation.

3. Causal Loop Diagram and quantitative dynamic models

Causal Loop Diagram is a qualitative technique broadly used in the field of System Dynamic (SD) so as to analyze and describe the structure of complex systems translating them into a set of feedback loops. It is applied in many disciplines due to the fact that use simple graphic icons to depict system's fundamental components and their interplays which influence its behavior (Sterman, 2000).

Generally speaking, the formation of a CLD can be divided into three levels. The first level comprises the basic elements, namely variables and arrows. In particular, variables depict the key components of the investigated system and arrows illustrate the relationships among components. Every arrow is assigned a polarity sign, either positive (+) or negative (-), which corresponds to the kind of relationships between two variables. The next level is the feedback loops. Two or more variables are necessary to form a feedback loop which is responsible for any change in system's behavior or performance. Feedback loops can be Reinforcing (R) or Balancing (B). The former is a positive loop that inclines to amplify the magnitude of a change which happens in the system leading it away from its equilibrium, while the latter is a negative loop which tends to return system in its initial stable state. The final level is the Causal Loop Diagram which includes at least a reinforcing and balancing loop (Sterman, 2000; MacGarvey and Hannon, 2004).

Finally, it is also worth pointing out that the CLD technique provides the basis for a fully quantitative System Dynamic (SD) model. In other words, a SD model is a mathematical expression of qualitative causal relationships depicted in a specific CLD. Such a quantified model can be used for building computer simulation models whereby policy makers can evaluate their perceptions and assumptions about the dynamic behavior of system-region. Furthermore, quantitative models provide a safe environment wherein decision makers are able to perform what – if analysis, evaluating the future results of today's action(Warren, 2008; Sterman, 2000; Barnabè, 2011, Bianchi and Montemaggiore, 2008).

4. The proposed methodology for Asopos region

As already noted the environmental deterioration of Asopos region is a knotty problem which requires a drastic solution. In order to address this problem, all stakeholders have to engage in constructive dialogue about the possible actions or strategies which will restore region's natural ecosystem and revert the system-region's balance in a stable state.

Obviously, the assessment of region's current sustainability performance as well as the development and the implementation of sustainability strategies are not straightforward processes. Unlike, it is continuous and grueling processes that need a lot of effort and time so as to achieve consensus among interested parties about the articulation of system- region, its implications for the sub-systems and finally the optimal sustainability strategy.

To this end, this paper provides CLD technique in conjunction with SD models as a remedy for issues related to regional sustainability and particular the time consuming processes of policy formulation and decision making. To demonstrate the abilities of the proposed methodology, Figure 1 depicts a Causal Loop Diagram that articulates the pollution problem of Asopos Rivers and its social and economic ramifications. Basically, the proposed CLD is based on authors understanding and perception regarding the pollution problem of Asopos region. Therefore, it could be used by local authorities or policy makers as a compass for developing sustainability strategies. Needless to say, policy makers can add or remove components in such a way the final CLD to reflect better the regional sustainability.

Figure 1: A generic Causal Loop Diagram for Asopos region

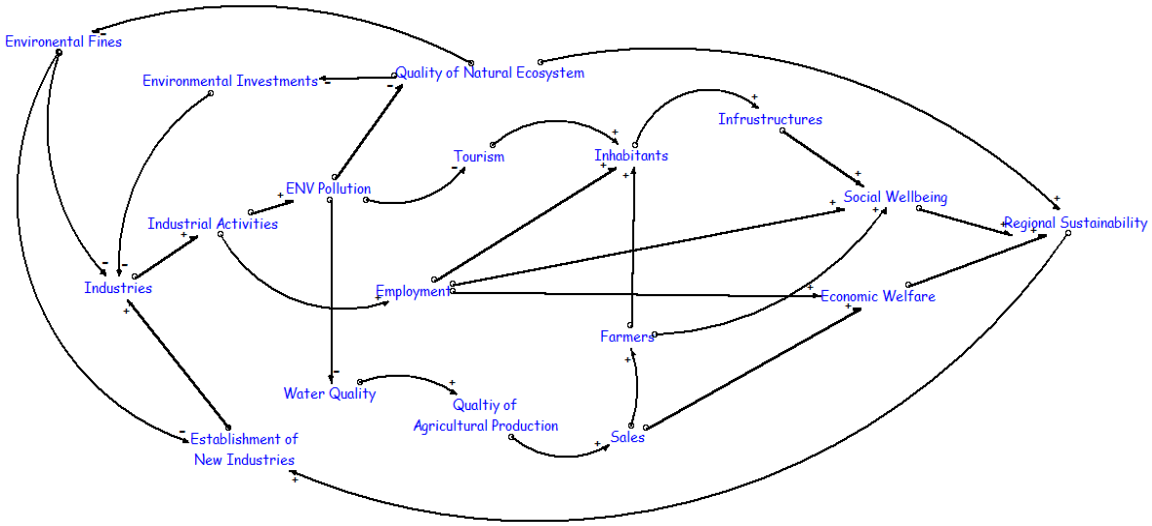
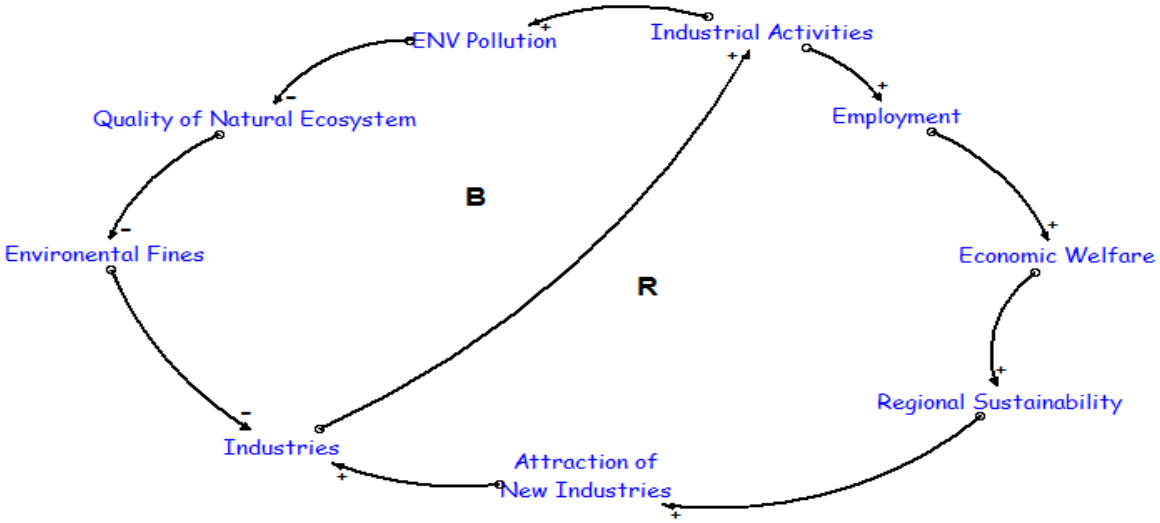


Figure 2: Reinforcing and Balancing loops



According to Figure 1, the environmental deterioration of Asopos region, due to industrial activities, is a complicated problem which creates many difficulties in all critical region' s components. To reduce the complexity of the proposed CLD and to provide some explanations for its structure and logic, two feedback loops are analyzed (Figure 2).

Figure 2 presents the behavior of two basic sub-systems of Asopos region, namely Employment and Natural Ecosystem loops, which are integral parts of the proposed CLD. In more detail, it is described how the enactment of a new environmental legislation which imposes more stringent regulations on environmental pollution and environmental fines, forcing industries to allocate more investment budget to environmental investment can influence the "Economic Welfare" and the "Quality of Natural Ecosystem" which are fundamental perspectives of region's sustainability performance (Regional Sustainability).

As shown in Figure 2, there is a Reinforcing loop through which any change in the number of industries (Industries), will have the same impact on region's sustainability performance (Regional Sustainability). For instance, if there is no any change in the environmental legislation, Asopos region will continue to attract more industries increasing the number of industries operated in this industrial zone (Industries). Under this condition, the "Employment" will be also stimulated. Except for new workers who will move to this region, industries will recruit staff from the particular area. Therefore, region's unemployment rate will be fallen, while the "Economic Welfare" will be improved contributing to superior regional sustainability performance "Regional Sustainability".

However, a Balancing loop is activated in case environmental legal regulations are enforced in order to restore and protect the natural environment. Considering that, industries have to invest money in environment-friendly technologies or to pay "Environmental Fines" on condition that they cannot obey the new regulations. Naturally, such conditions are unfavorable for attracting new industries. Besides, some industries which operate is this region, may decide to relocate their operations in other industrial areas in order to reduce their operating costs and enhance their corporate financial performance. As a result, the employment rate will be reduced and consequently it will have negative effect on "Economic Welfare" and "Regional Sustainability".

As a next step of the proposed methodology, a SD model is constructed using hypothetic initial values (Figure 3). This model is an effort to quantify the qualitative relationships of the above feedback loops. Specifically, two potential scenarios are simulated in order to estimate and evaluate how the introduction of new environmental legislation, which imposes new acceptable pollution levels regarding the quality of river water, will influence the number of firms, the unemployment rate and natural ecosystem over the simulation period (25 years).

As for the first scenario, the basic assumption is that government or local authorities do not introduce a new environmental regulation and simultaneously industries do not stop polluting the river's water. Consequently, the river is still the receiver of partially or not treated industrial effluents and wastes which deteriorate the water quality. According to the results of this simulation (Figure 4) the industrial zone will continue to attract new industries until it is filled to capacity (during the 14th simulation year). As more industries will operate in this region, the unemployment rate will be also dropped. Initially, the unemployment is 25% and will be reduced to 14%, which is the minimum possible value. Although, such a scenario will have a positive impact on the unemployment rate, which is a central aspect of regional

sustainability performance, the water quality will not be improved. What is more, the natural ecosystem will have been destroyed by the end of the 22th simulation year. Obviously, not only this scenario is does not promote the regional sustainable development but also it is likely to have devastated consequences for the entire system-region.

Figure 3: System Dynamic model

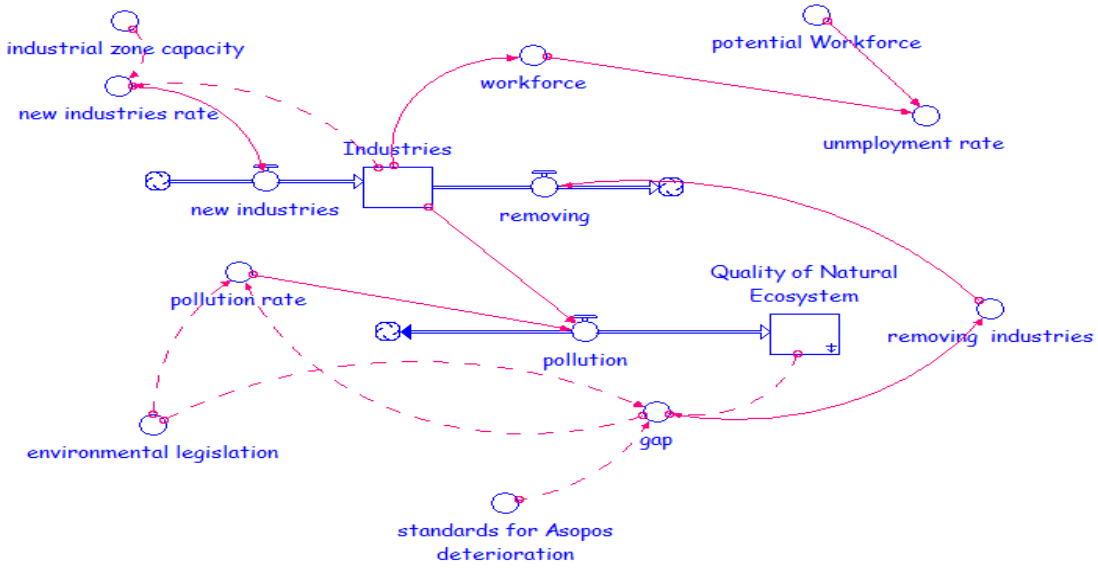


Figure 4: First scenario

Figure 5 illustrates the simulation result of the second scenario. In particular, this scenario describes region's behavior on condition that a new environmental legislation will be forced in order to protect and restore Asopos ecosystem. As it can be seen, the outcomes of the second scenario are completely different from the first one. For reasons of clarity, the simulation period is divided into distinct ones. The first period spans 6 years and it is characterized by immense changes in system's behavior. Due to the new environmental regulations that stipulate the limits on effluents quality, industries will have to increase the percentage of the budget allocate

to environmental investments in order to comply with the stringent regulatory regime. Although, such investments will gradually improve natural ecosystem, many industries will decide to relocate their operations because such investments damage their financial performance. Particularly, by the end of the sixth simulation year, the water quality is likely to be completely restored, while the number of industries and the unemployment rate are 85 and 36%, respectively. As regards the second simulation period, the regional sustainability is on upward trajectory. Since the natural ecosystem has been restored, the necessary environmental investments will be considerably reduced. Therefore, region's industrial zone will be favorable again for new industries because they will have to invest less money in environmental purposes that the previous period. The industrial zone will continue to grow up until it is filled to capacity. Apparently, the above scenario promotes the sustainable development.

Figure 5: Second scenario

5. Conclusion

Lately, the sustainable development is regarded as the overall aim at regional level. Due to the lack of appropriate sustainability management frameworks in combination with human cognitive limitations, policy makers or decision makers confront quite a few obstacles to assessing region's sustainability performance as well as to developing and implementing successful policies or strategies.

After considering the above limitations, this paper supports that a compound of Causal Loop Diagram technique and System Dynamic models is an effective methodology for managing regional sustainability performance. It is a mechanism that helps decision making team to overcome impediments during the time consuming phase of developing regional sustainability strategy. Investigating the causal links among crucial components of system-region, decision makers understand the multidirectional relationships among the regional subsystems. In particular, System Dynamic models provide virtual worlds in which decision makers can simulate and rigorously test alternative strategic scenario estimating system's performance under extreme condition,. Finally, another important contribution of CLD to regional sustainability management concerns its communication abilities. Because of the visual representation of regional sustainability strategy, CLD provides a tool for internal strategic consensus and it assists in gaining internal commitment among the members

of policy development and decision making teams. Also, apart from internal communication proposes, top management team can explain the regional sustainability objectives to the key region's stakeholders. Hence, all stakeholder groups can be completely informed about regional sustainability performance and how their actions and participation will contribute to the public benefit and an excellent sustainability performance..

References

Barnabè, F. (2011). A "system dynamics-based Balanced Scorecard" to support strategic decision making: Insights from a case study. International Journal of Productivity and Performance Management, 60(5), 446-473.

Bianchi, C., & Montemaggiore, G. B. (2008). Enhancing strategy design and planning in public utilities through "dynamic" balanced scorecards: insights from a project in a city water company. System Dynamics Review, 24(2), 175-213.

Böhringer, C., & Jochem, P. E. P. (2007). Measuring the immeasurable — A survey of sustainability indices. Ecological Economics, 63(1), 1-8.

Booysen, F. (2002). An Overview and Evaluation of Composite Indices of Development. Social Indicators Research, 59(2), 115-151.

Graymore, M. L. M., Sipe, N. G., & Rickson, R. E. (2008). Regional sustainability: How useful are current tools of sustainability assessment at the regional scale? Ecological Economics, 67(3), 362-372.

Koundouri, P., Papandreou, N., Stithou, M., & Dávila, O. G. (2014b). A Value Transfer Approach for the Economic Estimation of Industrial Pollution: Policy Recommendations. In P. Koundouri & N. A. Papandreou (Eds.), Water Resources Management Sustaining Socio-Economic Welfare (Vol. 7, pp. 113-128): Springer Netherlands.

Koundouri, P., Papandreou, N., Stithou, M., Mousoulides, A., Anastasiou, Y., Mousoulidou, M., Vasiliou, K. (2014a). Introducing the Case Study, the Asopos River Basin in Greece. In P. Koundouri & N. A. Papandreou (Eds.), Water Resources Management Sustaining Socio-Economic Welfare (Vol. 7, pp. 25-47): Springer Netherlands.

Mallouchou, M. (2012). Public health impact in the case of Asopos River. A silent environmental crisis. MSc, National and Kapodistrian University of Athens, Athens.

Mayer, A. L. (2008). Strengths and weaknesses of common sustainability indices for multidimensional systems. Environment International, 34(2), 277-291.

McGarvey, B., & Hannon, B. (2004). Dynamic modeling for business management: an introduction: Springer-Verlag.

Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., & Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. Ecological Economics, 60(3), 498-508.

Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, A. K. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. Ecological Indicators, 15(1), 281-299.

Steramn J.D. (2000). Business Dynamics. System Thinking and Modelling for a Complex World Irwin/McGraw-Hill Higher Education, Boston, MA.

Technical Chamber of Greece. (2009). The problem of Asopos River- Suggestiond for facing it. Report, July 2009. (In Greek).

UN Commission on Sustainable development. (2007). Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. 3rd Edition.

Valentin, A., & Spangenberg, J. H. (2000). A guide to community sustainability indicators. Environmental Impact Assessment Review, 20(3), 381-392.

Warren, K. (2008). Strategic Management Dynamics: Wiley, Chichester.

Wood, R., & Garnett, S. (2010). Regional sustainability in Northern Australia —A quantitative assessment of social, economic and environmental impacts. Ecological Economics, 69(9), 1877-1882.

Διερευνώντας τη Συνύπαρξη Βιομηχανιών και Τοπικών Κοινωνιών σε Περιβαλλοντικά Υποβαθμισμένες Περιοχές: Η Περίπτωση του Ασωπού Ποταμού

Μαρίνα Προικάκη[1], Χρυσοβαλάντης Μαλέσιος[2], Σπυρίδων Ρουμελιώτης[1], Ευαγγελια-Ελευθερια Τζαγκαρακη [1], Θωμάς Α. Τσάλης[3], Κατιάνα Χούλη[1], Αντώνης Σκουλούδης[1], Πηνελόπη Καπετανάκη[1], Γιώργος Αναστασίου[1], Nikoleta Jones[4], Κων/ος[1]Ευαγγελινός

[1] *Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λόφος Πανεπιστημίου*

[2]*Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης*

[3] *Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης*

[4] *Faculty of Social Sciences, Department of Geography, Open University, UK*

proikaki@env.aegean.gr kevag@aegean.gr malesios@agro.duth.gr thomastsalis2@yahoo.gr nikoleta.jones@open.ac.uk

Περίληψη

Η οικονομική δραστηριότητα επιχειρήσεων είναι πολλές φορές ζωτικής σημασίας για τις τοπικές κοινωνίες. Οι επιχειρήσεις αποτελούν ένα σημαντικό μέσο αύξησης της απασχόλησης και ανάπτυξης των τοπικών κοινωνιών. Παρ΄όλα αυτά, συχνά οι βιομηχανικές δραστηριότητες συνοδεύονται απο περιβαλλοντική υποβάθμιση με σημαντικές επιπτώσεις για τις τοπικές κοινωνίες οι οποίες αφορούν περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά ζητήματα. Στο παρόν άρθρο εξετάζεται η συνύπαρξη επιχειρήσεων με άλλες τοπικές ομάδες συμφερόντων στην περιοχή του Ασωπού ποταμού. Ειδικότερα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εμπειρικής έρευνας η οποία πραγματοποιήθηκε σε τοπικές κοινωνίες στην ευρύτερη περιοχή του Ασωπού ποταμού το 2014. Στόχος της έρευνας ήταν α) να καταγράψει τις αντιλήψεις των πολιτών για την περιβαλλοντική ποιότητα της περιοχής τους και β) να αξιολογήσει τη σημαντικότητα των διαφορετικών διαστάσεων αειφορίας (οικονομική, κοινωνική, περιβαλλοντική) για την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Στα συμπεράσματα του άρθρου τονίζεται η ανάγκη μιας 'bottom-up' ενσωμάτωσης των κοινωνικών και οικονομικών διαστάσεων της αειφορίας σε πολιτικές οι οποίες θα πρέπει να στοχεύουν τόσο στην βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας όσο και στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Τέτοιου τύπου δράσεις είναι ιδιαίτερα σημαντικές ειδικά λόγω της υπάρχουσας εθνικής οικομικής κρίσης και των επιπτώσεών της.

Λέξεις Κλειδιά: Βιομηχανίες, δείκτες αειφορίας, Ασωπός ποταμός, οικονομική ανάπτυξη.

JEL Κωδικοί: Q53, Q56, Q58.

Exploring the Co-existence of Industries and Local Communities in Environmentally Degraded Areas: The Case of the Asopos River

Marina Proikaki[1], Chrisovaladis Malesios[2], Spyridon Roumeliotis[1], Evangelia-Eleftheria Tzagkaraki[1], Thomas A. Tsalis[3], Katiana Houli [1], Antonis Skouloudis[1], Pinelopi Kapetanaki[1], Giorgos Anastasiou[1], Nikoleta Jones[4], Evangelinos Kostantinos[1]

[1]*Department of Environment, University of the Aegean*

[2]*Department of Agricultural Development, Democritus University of Thrace*

[3]*Department of Environmental Engineering, Democritus University of Thrace*

[4]*Faculty of Social Sciences, Department of Geography, Open University, UK*

Abstract

Economic activities of industries are often very important for the local communities in which they are established. Local enterprises can significantly contribute to the increase of employment level and the economic development of local communities. However, the establishment of industries may be accompanied with environmental degradation with significant environmental, social and economic impacts. In the present paper, we will explore the co-existence of industries with local communities in the area of the Asopos river in Voiotia, Greece. In particular, we present the results of an empirical research which was implemented in local communities in the wider areas of the Asopos river during Summer 2014. The aim of the research was to: a) record perceptions of citizens for the level of environmental quality in their area, b) to evaluate perceptions on the importance of different dimensions of sustainability for the economic development of the area. In the conclusions of the paper, we highlight the need to implement a bottom up integration of socio-economic dimensions of sustainability in environmental policies in order to increase environmental quality in the area while securing socio-economic well-being of local communities. These types of actions are crucial taking also into consideration the impact of the economic recession that Greece currently faces.

Keywords: Industries; sustainability indicators; Asopos river; economic development.

JEL Κωδικοί: Q53; Q56; Q58.

1. Introduction

Sustainability has become a fundamental term in the context of public environmental policies in the past decades. This is mainly because nowadays it is widely accepted the public policies should be developed in accordance with the main principles of sustainable development: that is the creation of appropriate policies promoting economic development, while securing a good environmental quality and social justice for future generations (Grunewald and Bastian, 2014; Dibie, 2014).

The concept of sustainability is increasingly important especially in the case of areas which face environmental degradation due to industrial activities (Chapin *et al.*, 2009; Folke *et al.*, 2005; Sueyoshi and Goto, 2014). This is because it is often the case that the level of economic development in a specific area is dependent from the functioning of the same entity (industry) that causes environmental degradation. Thus, local communities are faced with a paradox. This paper aims to examine this situation focusing on how local communities co-exist with industries causing environmental degradation. A main question that we aim to explore is how local communities understand and perceive the role of local enterprises for environmental degradation and how these findings can be incorporated in public policies which are based on the main principles of sustainable development. We will explore these issues by focusing on the area of Asopos River in Greece, which faces environmental degradation during in the past decades.

2. Exploring the co-existence of local communities with local-enterprises.

According to Brundtland Commission (1987) "Our Common Future", Sustainable development refers to *the kind of development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs* (Our Common Future, 1987). Based on this term, the level of sustainability in a specific area, especially when it faces environmental degradation, is directly related to multiple types of externalities and environmental disruptions, such as industrial pollution (Huppes and Simonis, 2009; Sueyoshi and Goto, 2014). People who live in environmentally degraded areas are often exposed to a wide array of environmental pollutants, through air, water and food. In this term, policy processes have to deal with diffuse impacts and complexities at the systemic level of society and among different actors and sectors (Kemp *et al.*, 2005; Boz and El-adaway, 2014). Due to this fact, it is essential to take into consideration local communities' perceptions for the role of the industries in their area and then to find ways to involve them in decision-making processes.

Within the above, from the public perspective, the last decades a steady rise is observed asking local enterprises and industries to be transparent about their environmental, social and governance performance. Various studies have underlined that the type and the level of distribution of enterprises in a local area define the spatial extent of their impact (Condrad, 2008; Hendryx, 2008). It should be notes at this point that communities do not always react to environmental change in the same way. It is important to explore if their reaction promotes the main sustainability principles (Nelson *et al.,* 2007; Ramirez-Andreotta *et al.,* 2014). Understanding community perceptions toward local enterprises is a critical factor for successful citizen involvement and empowerment, so as to be considered more effectively in the long term the environmental, economic and social impacts caused by pollution stressors (Kirkpatrick *et al.,* 2014). Furthermore, such perceptions arise mainly from the interplay between socio-economic benefits and environmental risks (Hadden, 1991). Other studies highlight that perceptions are affected by local enterprisers

function and are influenced mainly from the social, cultural, financial and political factors characterizing the life of a community (Sjoberg, 2000; Chauvin *et al.,* 2007).

Studies have shown that residents of industrial areas who are aware of pollution issues do not necessarily act in order to protest for the specific problem in their area. Nevertheless, regions that are in a close proximity to high pollutant enterprises and have been experiencing multiple environmental, social and political problems, can only tackle these issues through a collaborative and integrated approach (Esteves and Vanclay, 2009). Through a collaborative and integrated approach, social impacts are seen in relation to environmental stressors. Factors such as the type of participation process, collaboration techniques and other various levels of social and scientific knowledge, are significant in framing and analyzing residents perception for pollution and enterprises activities in environmentally degraded regions (Glucker *et al.,* 2013; Mahoney *et al.,* 2007; Innes and Booher, 2014).

Taking into consideration the importance of citizens' perceptions in environmentally degraded areas; we present in the next sections the results of a study which was conducted in Greece, in an area which faces significant environmental problems due to the functioning of high pollutant industries.

3. Methods

3.1 Description of the Research Area

The Asopos River runs through the regions of Viotia and Attiki in Greece. In total the river has a length of 57 km. The river starts near the village of Lefktra and ends in the coastal area near Xalkoutsi and Oropos. During its flow, the river goes through the area of Oinofita where several industries have been established in the past 50 years. The area has faced environmental degradation for several decades. In 1969, a ministerial decision permitted industries established in the area to deposit their waste in the Asopos River (Linos *et al.,* 2011). Furthermore, in the regions of Viotia and Attiki, the number of industries increased significantly since 1984 (Tentes *et al.,* 2009), and the creation of an industrial zone was permitted in the Oinofita region. Today, almost 700 industries function in the area. In this way, Asopos river started to receive large amounts of untreated industrial waste (Loizidou, 2009; Giannoulopoulos, 2008) while very few environmental monitoring systems existed in the area. Although, there are several studies which focus on the environmental impact from the functioning of the industries in the area (Loizidou, 2009; Giannoulopoulos, 2008), few studies have explored the socio-economic impacts resulting from environmental degradation issues. In this context, we decided to explore social factors which are mainly linked with environmental degradation and focus on the understanding on how local communities co-exist with local enterprises and industries.

3.2 Research Design and implementation

An empirical study was conducted through the distribution of a structured questionnaire in all the communities which are near to the Asopos river in the regions of Viotia and Attiki. According to the data from Hellenic Statistical Authority the total population of these communities is approximately 30,000. Through the questionnaire, we explored among other topics, citizens' perceptions on the environmental degradation in the area, the contribution of local enterprises in local communities and potential links of local enterprises with communities.

In order to minimize sampling error we decided to approach a sample of 1000 individuals in the area through face-to-face interviews. The number of participants from each community was determined based on the population of the community. For

selecting an adequate sample size from the (finite) population of the region we have used the simple random sampling (SRS) technique that allows drawing valid conclusions about the entire population of the region based on the selected sample. Particularly, for selecting the sample size of the finite population (n_{finite}) of a total size of N≈30.000 population, we have utilized the following formula:

$$n_{finite} = \frac{N \cdot n}{N + n - 1} \quad where \quad n = \frac{t^2 \hat{p}(1-\hat{p})}{e^2} \tag{1}$$

In the latter formulas $$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i)}{n} \tag{2}$$

denotes the estimate of population proportion that share a certain characteristic on one of the dichotomous variables in the survey. With (e) we denote the proportion of error we are willing to accept between the sampling proportion and the unknown proportion of the population (we chose e=3%). (For a confidence level of 95% it is t=1.96).

In addition, according to a pilot survey of 50 questionnaires the higher proportion value is p=0.50, and the required total sample size n is thus determined to be approximately n_{finite}=1000. The present analysis is therefore based on a sample frame of approximately 1000 individuals in the area interviewed through face-to-face interviews. This was done due to the absence of lists with the total population and also to ensure that specific groups were included in the sample which was important for our research (farmers, free-lancers). Thus, the demographics of the sample were checked in relation to the demographics of the actual population. Face to face interviews were conducted by six experienced researchers during the summer 2014. The response rate was around 80%. In parallel with the face to face interviews, 500 questionnaires were also left in specific households selected randomly in order to be returned with a pre-paid envelope. The response rate of the main survey was approximately 10%. In total 858 questionnaires were collected from both types of surveys. Data have been analyzed through SPSS. The main characteristic of the sample are presented in Table 1.

Table 1: Demographic Characteristics of the sample

Sample characteristics		%
Gender	Male	68.6
	Female	31.4
Educational level	Up to 6 years	14.8
	9 years	11.6
	12 years (secondary education)	32
	15 years (post secondary)	14.8
	Higher education	23.5
	Post-graduate studies	3.1
Income level	No income	25.6
	Up to 12,000	46.3
	12.0001-30,000	23.5
	300001-60000	2.9
	Over 60,000	1.7
Age	(mean)	46.7
Years living in the area	(mean)	32.4

4. Results

4.1 Perception for the Environmental Quality Levels in the area

A first issue investigated was the perceptions of citizens on the problem of environmental quality. 74.2% of the participants mentioned that they regard that there is a problem in their area. Those respondents who replied positively in this first question, they were then asked to evaluate the severity of the problem on a 5 point Likert scale with 5 representing very severe. The mean score for the total sample was 4.57 (st.dev.=0.84) revealing that these citizens consider the problem as very important. All participants were then asked to evaluate the level of environmental quality in their area for different environmental aspects. These questions were measured on a 5 point Likert scale with 5 representing the best environmental quality. Regarding the level of environmental quality in their area in general, respondent's answers gave a mean of 3.30. When exploring more specific environmental problems, 'air quality' was considered as the least important problem (3.64) followed by 'soil quality' (3.41) and 'biodiversity' (3.20). The lowest mean (most important environmental problem) was observed for the 'quality of drinking water' (3.05).

4.2 Perceptions on the contribution of local enterprises

A second issue explored was how individuals perceive the impact of local enterprises for their community. Several potential impacts were presented to respondents and they were asked to declare if they regarded that local enterprises had a positive, negative or no impact. The most positive impact was observed for the level of 'employment' in the area (49.9%). This means that almost half of the sample regarded that local enterprises assist in the reduction of unemployment in their community. It should be noted that according to a different question of the study, 34.3% of the participants mentioned that they had worked in a local business in the past 5 years. The second most important positive impact was the 'increase of agricultural production' (49.4%). Regarding the 'exchange of knowledge' (mainly on technological issues) to the local community, 48.6% of respondents considered that no activities were done by enterprises in order to exchange this knowledge.

Concerning the level of 'contribution to social and cultural event', 42.1% mentioned that there is a positive impact, while 36.4% that there was no impact. Furthermore, a positive impact on the 'purchase of local products' was mentioned by 49.4% of the sample and 44.7% regarded that there is a positive impact from industries on the 'quality of life'. In all of the above impacts the positive impacts had higher percentages than the negative ones. Only in two cases more participants considered that the impacts were more negative than positive. These were the impacts on 'health issues' and 'environmental issues' where 31% and 34.3% respectively considered that local enterprises had a negative impact. However, it should be noted that 42.9% and 37.2% of respondents regarded that local industries did not have an impact on health and environmental issues respectively.

4.3. Activities implemented from local enterprises benefiting local communities

A final issue explored through the study concerned the 'social profile' of local enterprises. Taking into consideration the environmental impact that some of them have in their area, we thought it would be interesting to check if these enterprises do some activities which assist local communities. This question is also linked to the potential implementation of Corporate Social Responsibility activities in the area. From the results of the study it became evident that apart from socio-cultural events (mainly traditional festivals, festivals for promoting agricultural products- food and

wine- and music events) other activities are very weakly developed. In particular socio-cultural events were mentioned by 44.7% of respondents (Table 2) followed by financial (mainly financial aid to local municipalities for the construction of buildings for educational and athletic events) and humanitarian events (mainly financial help and scholarships for educational enhancement of employees' children). The lowest level of activities was presented for events boosting the touristic profile of the area.

Table 2: Activities from local enterprises in the local communities

Activities for…	
Social/cultural events	44.7
Financial aid	27.4
Humanitarian events	27.1
Environmental protection events	24.3
Tourist activities	13.3
Educational activities	21.6

5. Discussion and Conclusions

In this paper some preliminary findings are presented concerning the co-existence of local communities with enterprises taking as a case study the area of the Asopos river in Greece. The investigation of the co-existence of communities with enterprises is very important topic taking into consideration that often local enterprises cause environmental degradation but at the same time provide local communities with significant benefits, such as increase in employment rates. One important issue that emerged from the study is that local enterprises seems to have a positive effect on employment levels, the production and promotion of local agricultural production and exchange of knowledge (mainly on technological issues). Also, social and cultural activities are also implemented by some local enterprises. However, it is clear from the responses of participants that health and environmental negative impacts are important.

Economic and social impacts based on the co-existence of local enterprises and municipalities around Asopos river, can be easily transformed into auxiliary factors that integrate regional economy into the local market. While it can strengthen democratic reforms and increase welfare conditions of local population (Glasson *et al.,* 2012). It is important for citizens to understand the risks and benefits associated with industrial co-existence so they can reach informed public decisions (Marara, 2011). Public concerns are sometimes ignored or downplayed by environmental policy makers, as they refer to complex risk perceptions (Hadden, 1991; Williams *et al.,* 1999; Badr *et al.,* 2011). During the policy formulation procedure, one possible challenge could be the differences in obtaining information and conducting research involving individuals, communities, stakeholders and policy makers (Glasson *et al.,* 2012; Badr *et al.,* 2011).

Furthermore, policy formulation in this context can incorporate public participation and an extended social analysis into a policy design mainly focused on the positive impact maximizing social utility and development potential within a sustainability framework (Becker and Vanclay, 2003). In the policy implementation stage, it is equally important to involve all affected parties and stakeholders, by incorporating scientific and social knowledge, collecting data on attitudes and perceptions towards the coexistence with industries, in order to minimize potential conflicts (Cashmore *et al.,* 2013; Devine-Wright, 2005). In this context, building a strong political and policy platform and proving possibilities to create a link between local population and the industry, policy-makers and communities can secure the incorporation of sustainability principles on an environmentally degraded region (Zah and Ruddy, 2009; Innes and Booher, 2014). In the case of the Asopos river this would mean that all local stakeholders should be invited in deliberation techniques in order to plan effective environmental policies in the area.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research has been co-financed by the European Union (European Social Fund – ESF) and Greek national funds through the Operational Program "Education and Lifelong Learning" of the National Strategic Reference Framework (NSRF) - Research Funding Program: THALES - Investing in knowledge society through the European Social Fund.

References

Badr E.A, Zahran A.A, Cashmore M. (2011). Benchmarking performance: environmental impact assessment in Egypt, *Environmental Impact Assessment Review*, 31, 279-285.

Becker H.A. and Vanclay F. (2003). *The international handbook of social impact assessment Cheltenham*: Edward Elgar, Publishing Limited.

Boz M. and El -adaway I. (2014). Managing sustainability, Assessment of civil infrastructure projects using work, nature and flow, *Journal of Management Engineering*, 30, 5.

Brundtland Commission (1987). Report of the World Commission on Environment and Development. United Nations.

Cashmore M, Kornov L. (2013). The changing theory of impact assessment. In Bond A, Morisson-Sounders R, Howitt. Sustainability assessment: pluralism, practice and progress, London: Routledge, 18-33.

Chapin, F.S, Folke, C, Kofinas, G. (2009). *Principles of ecosystem stewardship resilience,* Based Natural Resource Management in a changing world, New York: Springer-Verlag, 3-28.

Chauvin B, Hermand D, Mullet E. (2007). Risk Perception and Personality facets, Risk Analysis: *An international Journal*, 27, 1, 171-185.

Conrad C. (2008). Development in extractive communities: Ridgeway's and St. Mary's Pennsylvania, 1850-1914.

Devine-Wright (2005). Beyond NIMBYism: towards an integrated framework for understanding public perceptions of Wind energy, *Wind Energy*, 8, 2, 125-139.

Dibie R.A. (2014). *Comparing Perspectives on environmental policies and issues*, Routledge, Taylor and Francis.

Esteves A.M. and Van Clay, F. (2009). Social development needs analysis as a tool for SIA to guide corporate-community involvement: applications in the mineral industry, *Environmental Impact Assessment Review*, 29, 137-145.

Folke C, Carpenter S, Walker B, Scheffer M, Elmqvist T, Gunderson L, Holling C.S. (2004). Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management, *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 35, 357-581.

Giannoulopoulos P. (2008), Hydrogeological-Hydrochemical survey of groundwater quality in the wider area of Asopos River basin, Voiotia Perfecture, Institute of Geology and Mineral Exploitation (IGME), Athens, Greece.

Glasson J, Therivel R, Chadwick A. (2012). Int*roduction to environmental impact assessment*, Oxon: Routledge.

Glucker A.N, Driessen P.P, Kolhoff H, Runhaar H.A. (2013). Public Participation in Environmental Impact Assessment: why, who and how? , *Environmental Impact Assessment Review*, 43, 104-111.

Grunewald K. and Bastian O. (Eds) (2014). Ecosystem Services –concept, methods and case studies, Springer Berlin, Heidelberg, New York.

Hadden S.G. (1991). Public perception of hazardous waste, *Risk Analysis*, 11, 1, 47-57.

Hendryx M. (2008). Mortality from heat, respiratory in kidney disease in coal mining areas of Appalachia International Archives of Occupation and Environmental Health.

Huppes G. and Simonis U.E. (2009). Environmental Policy Instruments, *Principles of Environmental Sciences*, II, Springer Netherlands, 239-280.

Innes J.E. and Booher, D.E. (2014). A turning point for planning theory? Overcoming dividing discourses?, *Planning Theory*, OnlineFirst.

Kemp R, Parto S, Gibson R.B. (2005). Governance for Sustainable Development: moving from theory to practice, *International Journal of Sustainable Development*, 18, 12, 30.

Kirkpatrick B, Kohler K, Byrne M, Fleming L.E, Scheller K, Reich A, Hitchcock G, Kirkpatrick G, Ullimann S, Hoagland P. (2014). Human Responses to Florida red tides: Policy awareness and adherence to local fertilizer ordinances, *Science of the Local Fertilizer ordinances, Science of the total Environment*, 493,898-909.

Linos A, Petralias A, Christophi A, Christoforidou E, Kouroutou P, Stoltidis M, Karayas M.R. (2011).Oral ingestion of hexavalent chromium through drinking water and cancer mortality in an industrial area of Greece-an ecological study, *Environmental Health*, 10, 50.

Loizidou M. (2009). Integrated management of industrial wastes and waste waters of the broader area of Oinofita-Schimatari, National Technical University of Athens, School of Chemical Engineering, Project assigned by the Hellenic Environmental Inspectorate (HEI) of the Ministry of Environment Energy and the Climate Change (MOEECO).

Mahoney M.E, Potter J.L.L. and Marsh R.S. (2007). Community Participation in HIA: Discords in technology and terminology, *Critical Public Health*, 17, 3, 229-241.

Marara M, Okello N, Kuhanwa Z, Douven W, Beevers D, Leentvaar J. (2011). The importance of context in delivering effective EIA: Case Studies from East Africa, *Environmental Impact Assessment*, 31, 286-296.

Nelson D.R, Adger W.N, Brown K. (2007). Adaptation to Environmental change: contributors of resilience framework, *Annual Review of Environment and Resources*, 32, 395-419.

Perez M, Tujchneider O, Paris M, D'Elia M. (2014). Sustainability indicators of ground water resources in the central area of Santa Fe Province, Argentina, *Environmental Earth Science.*

Potter R.B, Binns T, Elliott J.A, Smith D. (2008). *Geographies of Development: An introduction to development studies* (3rd ed). England: Pearson Education Limited.

Ramirez-Andreotta M.D, Brusseau M.L, Artiola J.F, Maier R.M, Gandolfi A.J. (2014). Environmental research translation enhancing interactions with communities at contaminated sites, *Science of the Total Environment*, 497-498, 651-664.

Ravallion M. and Walle D.V.D. (2008). *Land in transition: reform and poverty in rural Vietnam*, Washington USA: Palgrave Macmillan and the World Bank.

Sjoberg L. (2000). Factors in risk perception, *Risk Analysis*, 20, 1, 1-2.

Sueyoshi T. and Goto M. (2014). Investment strategy for sustainable society by development of regional economies and prevention of industrial pollutions in Japanese manufacturing sectors, *Energy Economics*, 42, 299-312.

Tentes G. and Damigos D. (2011). The last value of groundwater: the case of Asopos River Basin in central Greece, *Water Resource Management,* 26, 147-164.

Williams B.L, Brown S, Greenberg M, and Kahn M.A. (1999). Risk Perception in context: the Savannah River Site, *Risk Analysis*, 19, 6, 1019-1035.

World Commission on Environment and Development, (1987). Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development, Published as Annex to General Assembly Document, A/42/427/ Development and International Co-operation, Environment August 2, 1981.

Zah R. and Ruddy F. (2009). International trade in biofuels: an introduction to the special issue, *Journal of Cleaner Production*, 17, 51-53.

Εμπόδια στην ανάληψη πρακτικών καθαρότερης παραγωγής: Μια έρευνα για τις επιχειρήσεις που λειτουργούν στην περιοχή του Ασωπού ποταμού

Αντώνης Σκουλούδης[1], Νικολέτα Τζόουνς[1], Ρουμελιώτης Σπυρίδων[1], Κωνσταντίνος Ευαγγελινός[1] & Μαρίνα Προϊκάκη[1]
[1] Εργαστήριο Επιχειρησιακής Περιβαλλοντικής Πολιτικής & Διαχείρισης, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λόφος Πανεπιστημίου, Λέσβος, 81100
[2]Τμήμα Κοινωνιολογίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λόφος Πανεπιστημίου, Λέσβος, 81100
skouloudis@env.aegean.gr nikoleta.jones@open.ac.uk, kevag@aegean.gr proikaki@env.aegean.gr

Περίληψη
Η εργασία παρουσιάζει μια υπό εξέλιξη ποσοτική έρευνα για την εξέταση εν δυνάμει εμποδίων στην ανάληψη πρακτικών καθαρότερης παραγωγής από επιχειρήσεις που λειτουργούν στην ευρύτερη περιοχή του Ασωπού ποταμού. Εστιάζοντας στην οπτική των ιδιοκτητών και μελών της διοίκησης των συγκεκριμένων επιχειρήσεων και στηριζόμενοι στην υπάρχουσα σχετική βιβλιογραφία, εντοπίζουμε και κατηγοριοποιούμε μια σειρά από συναφή εμπόδια. Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στο να προσφέρει γόνιμα συμπεράσματα για το σχεδιασμό πολιτικής, για την ανάπτυξη οικονομικών δεικτών αειφορίας και να επισημάνει στοιχεία σημαντικά τόσο για τους εκπροσώπους επιχειρήσεων όσο και για τα ενδιαφερόμενα μέρη τους σε σχέση με την προαγωγή της καθαρότερης παραγωγής σε βιομηχανικές ή/και περιβαλλοντικά υποβαθμισμένες περιοχές.

Λέξεις-κλειδιά: Καθαρότερη παραγωγή, περιβαλλοντική διαχείριση, Ασωπός ποταμός, ποσοτική έρευνα, βιωσιμότητα.
JEL Κωδικοί: Q01, Q50, Q56, Q59.

Barriers to the implementation of cleaner production: A survey on firms operating in the greater Asopos River area

Antonis Skouloudis[1], Nikoleta Jones[1], Roumeliotis Spyridon[2], Konstantinos Evangelinos[1] & Marina Proikaki[1]
[1]Centre for Environmental Policy & Strategic Environmental Management, Department of Environment, University of the Aegean, University Hill, Lesvos Island, 81100
[2]Department of Sociology, University of the Aegean, University Hill, Lesvos Island, 81100

Abstract
This paper outlines a quantitative survey designed to examine and prioritize underlying barriers to the adoption of cleaner production by enterprises operating in the greater area of Asopos River. Focusing on the perspectives of business owners and managers and relying on the findings of prior research and related EMS literature we aim to identify and group an array of barriers into distinct categories. The study seeks to offer fruitful evidence for policy design, inform the development of economic indicators of sustainability and point out implications for practitioners and related stakeholders in order to facilitate widespread cleaner production implementation in industrial and/or environmentally-degraded areas.

Keywords: Cleaner production; environmental management; Asopos River area; quantitative survey, sustainability.

JEL Classification: Q01; Q50; Q56; Q59.

1. Introduction

Cleaner Production (henceforth CP) has gained increased interest around the world mainly because of the win-win opportunities that promises to yield in terms of economic gains and reduced environmental externalities (Frijns and Van Vliet, 1999). Through CP strategies business entities aim to achieve increased levels of waste minimization while simultaneously maximize their product output (Doniec *et al*., 2002). Hence, CP has been identified as a business-level contribution to the model of sustainable development (Fang and Côté, 2005). The concept of CP is particularly meaningful and significant to industrial areas where the pollution footprint is large and pressures for effective waste management are intense. It encapsulates practices and processes that endorse efficient production under the scope of appropriate treatment of by-products. In contrast to end-of-pipe approaches that curb environmental impacts through reactive/*ad hoc* solutions, such pollution mitigation techniques focus on the elimination of pollution at the source (Frondel *et al*., 2007).

However, CP technologies and relevant initiatives are usually hampered and still not fully or widely utilized due to obstacles and bottlenecks that the principal actors of CP (i.e. industrial-manufacturing facilities and sites) encounter when attempting to engage in a CP agenda. Such *barriers to CP* are increasingly stressed in the literature while they are identified and grouped in various levels and perspectives which cumulatively can hinder or even prevent the adoption of proactive pollution control aproaches. Barriers to CP tend to be different among organizations, regions-countries and from time to time (Karatzoglou and Spilanis, 2010). Nevertheless, these obstacles are generally greater for small and medium enterprises (SMEs) primarily due to their intrinsic organizational characteristics and short-term planning (Walker *et al*., 2008).

In order to abandon end-of-pipe options and promote the formulation of appropriate policies towards the diffusion of CP, it is essential to fully study and address CP barriers so that they can be reduced or even removed. To date, CP barriers have never been adequately studied either in the Greek business sector or an industrial area. This is where this study aims to contribute by focusing on the industrial zone of the greater Asopos river area, where environmental degradation (due to ineffective waste management techniques) remains a much-debated issue, has attracted extensive publicity and led to public protests over the past few years.

2. Background

CP is directly related to the level of environmental responsiveness and strategic intent of organizations. Several authors have proposed a continuum of responses with respect to environmental management practices. Henriques and Sadorsky (1999) identify the various environmental strategies of firms into four groups: reactive, defensive, accommodative and proactive strategy. Likewise, Buysse and Verbeke (2003) propose three typologies of environmental strategy: reactive, pollution prevention and environmental leadership. Murillo-Luna *et al*. (2008) propose four types of environmental response: passive response, attention to legislation, attention to stakeholders and total environmental quality response. These authors, along with several other scholars in the pertinent literature, highlight a continuum of environmental responsibility, ranging from negligence for environmental issues to proactive-integrated environmental strategy and CP endorsement. The emergence of environmental management system standards (EMSS) during the 1990s turned many scholars' attention (from a normative as well as an empirical perspective) to parameters that hinder CP strategies (e.g. Shrivastava

and Hart, 1994). Recently, there has been a renewed interest on CP barriers in an attempt to highlight the need for shaping long-term and effective environmental planning (Murillo-Luna *et al*., 2007; Chan, 2008; Luken and Van Rompaey 2008; Parker *et al*., 2009; Dahlmann *et al*., 2008; Massoud *et al*., 2010).

In its attempt to move towards higher levels of CP integration a firm faces several barriers which initially are numerous and multidimensional. As these barriers are gradually addressed and overcomed, the firm manages to achieve CP interventions and environmental performance improvements. Likewise, when business entities experience extensive CP barriers their intentions to foster environmental protection are rarely translated into actions. These obstacles can be either internal or external (Hillary, 2004; Chan, 2008; Shi *et al*., 2008). Barriers that do not lie within the organizations themselves (i.e. external barriers) refer to factors which the firm cannot directly control or influence. In contrast, internal barriers are dependent upon factors which can be directly controlled by the firm as they represent its inherent characteristics, resources or capabilities. Likewise, another well-established classification of CP barriers is between industry/sectoral and organizational barriers (Post and Altman, 1994). Industry barriers relate to the characteristics of the business activity and mostly impact firms pertaining to environmentally sensitive sectors. In contrast, organizational barriers refer to specific traits of the stand-alone firm and affect all companies irrespective of the sector they operate in.

Industry's slack uptake of CP technologies and processes is primarily attributed to one or more of the following clusters of obstacles: availability of resources, managerial perceptions, organizational culture, institutional (in)effectiveness, quality of external guidance and information provision as well as the general economic climate. Lack of funding, access to financial resources and related economic constraints have been defined as the most crucial constraint to CP by practitioners, scholars and policy-makers. Lack of time and availability of human resources are also critical barriers towards the design, implementation and maintenance of CP initiatives. Managerial perceptions, shaped by inadequate environmental literacy and low awareness of CP win-win opportunities, pose critical aspects that affect CP penetration in the firm.

Likewise, an organizational culture defined by resistance to change and cost-cutting mentality will favor reactive and end-of-pipe practices. Scholars have also pinpointed the influence of the ineffective institutional framework that hinders CP diffusion among firms. The lack of coordination between institutional arrangements and mechanisms (usually accompanied with increased bureaucratic conditions) undermine the enforcement of environmental regulation and give room to inertia or opportunistic environmental behavior. Fragmentary or inexplicit information provision and support to business (e.g. in the form of guidelines, call-centers, success-stories, consultation, etc.) in order to convey a CP agenda sets back the adoption of CP options and technologies since practitioners' (technical as well as non-technical) knowledge gaps preserve their skepticism on whether such (i.e. CP-related) organizational readjustments and management tools are advantageous to the firm. Finally, the general economic climate determines business prospects, defines financial assistance to firms for CP measures and has a mediating effect on the pressure primary stakeholders (supply chain partners and customers) exert on companies to develop CP practices. An unstable economic climate breeds uncertainty and makes the survival of the firm the very priority, with any CP-related investments to be potentially disregarded as unnecessary risks with dubious benefits.

Table 1 summarizes major barriers to CP and environmental proactivity as identified in the business and environmental management literature.

Table 1: Major barriers to CP penetration

Barriers	Authors
Economic/financial barriers	Masurel, 2007; Shi *et al*., 2008; Johnstone and Labonne, 2009; Jones, 2010; Thiruchelvam *et al*,. 2003; Massoud *et al*., 2010; Chan, 2008; Zhu and Geng, 2010
Lack of time/human resources	Walker *et al*., 2008; Rowe and Enticott, 1998; Thompson, 2002; Hillary, 2004; Thompson, 2002; Vernon *et al*., 2003; Revell and Blackburn, 2004
Technical/information barriers	Young, 2001; Walker *et al*., 2008; Post and Altman, 1994; Rojsek, 2001; Van Hemel and Cramer, 2002; Hillary, 2004; Zilahy, 2004; Zutshi and Sohal, 2004; Murillo-Luna *et al*., 2007; Chan, 2008; Massoud *et al*., 2010; Zhu and Geng, 2010; Frijns and van Vliet, 2006; Geng *et al*., 2010
Lack of awareness/ uncertainty about potential benefits	Drake *et al*, 2004; Revell, 2007; Shi *et al*., 2008; Thiruchelvam *et al*,. 2003; Massoud *et al*., 2010; Rutherfoord *et al*., 2000; Gerrans and Hutchinson, 2000; Thompson, 2002; Frijns and van Vliet, 2006; Fang and Côté, 2005
Unfavorable organizational culture	Cooray, 1999; Thompson, 2002; Hillary, 2004; Azzone and Noci, 1998; Frijns and van Vliet, 2006
Managerial perceptions	Vernon *et al*., 2003; Perez-Sanchez *et al*., 2003; Walker *et al*., 2008; Gerrans and Hutchinson, 2000; Vernon *et al*., 2003; Revell and Rutherfoord, 2003
Institutional/regulatory inefficiencies	Hilson, 2000; Shi *et al*., 2008; Moors *et al*., 2005, Massoud *et al*., 2010; Post and Altman, 1994; Bianchi and Noci, 1998; Hillary, 2004; Zilahy, 2004; Zutshi and Sohal, 2004; Murillo-Luna *et al*., 2007; Chan, 2008; Walker *et al*., 2008; Geng *et al*., 2010; Fang and Côté, 2005
Short-term planning	Young, 2001; Rojsek, 2001; Zilahy, 2004; Moors *et al*., 2005; Murillo-Luna *et al*., 2007; Chan, 2008; Walker *et al*., 2008; Massoud *et al*., 2010; Zhu and Geng, 2010
Competitive/market pressures	Petts *et al*., 1999; Hillary, 2000; Rutherfoord *et al*., 2000; Drake *et al*., 2004; Revell, 2007
Slack stakeholder pressures	Hillary, 2004; Shi *et al*., 2008; Revell, 2007; Drake *et al*. 2004; Verheul, 1999; Bianchi and Noci, 1998; Merritt, 1998; Rowe and Hollingsworth, 1996)
General economic climate	Shi *et al*., 2008; Hillary, 2004; McCormick and Kaberger, 2007; Tinsley, 2002

3. The case of Asopos river area

The Asopos river is situated in Viotia and Attica prefectures, with a stream length of about 75 km and a basin area of approximately 750 km^2. Flowing from west to east, it crosses Viotia and enters northeast Attica where it discharges into the South Euboean Gulf, between Halkoutsi and Oropos settlements. Over the years, the Asopos river area has been in the forefront of media coverage due to the severe environmental pollution that has been taking place for more than forty years. In 1969, under a Presidential Decree, incentives were provided to industries to relocate their facilities from Athens to Viotia and an (unofficial) industrial zone was established in the wider areas of Inofyta and Sximatari and Asopos, which flows by these two settlements, was proclaimed a receiver of processed industrial waste.

However, the industrial zone was developed without spatial planning considerations or meaningful environmental monitoring of the operating firms. The situation was aggravated even more ten years later (1979) when additional permissions were given to industrial activities that were formerly forbidden. Since then the river and the area's groundwater have been subjected to long-term pollution due to untreated industrial waste or insufficient environmental management techniques. Likewise, inadequate environmental audits by apposite governmental authorities have failed to address and put an end to poorly-treated industrial liquid wastes/effluents, untreated sludge or improper solid waste disposal. During 2004-2009, 4.3 million euros in

environmental fines for non-compliance with environmental laws and regulations have been imposed to 163 industries operating in the area (Laoudi *et al*. 2011).

In May 2010 the resulting situation was declared an "environmental crisis" that forced governmental authorities to take appropriate legislative action (Tentes *et al*., 2012). Nowadays, more than 400 industries (mostly SMEs) pertaining to the textile, metal finishing, chemical, food, fertilizer, paint, tannery and pharmaceutical sectors operate in the area (Massoura, 2008). Tentes *et al*. (2012) stress that "the river basin has foregone any ability to provide services to both humans and the ecosystem and has suffered a total loss of value", suggesting that the elicited value of areas' groundwater lies between 7.0-9.3 million euros.

The case of Asopos river has received extensive media coverage; international attention was also drawn through US environmental advocacy groups (Friends of the Earth) focusing on the river's red water caused by high values of concentration of hexavalent chromium and the rising number of cancer incidents in the area. Hexavalent chromium is a chemical used in various manufacturing activities and the high concentrations detected, indicate a link between the pollution in natural and municipal water with the widespread industrial activity in the river's basin (Vasilatos *et al*., 2008). In this respect, local communities have expressed their health concerns and organized protests, coalition movements and associations in order to exert pressure to business entities but mostly to the government for the effective compliance to and enforcement of environmental laws and regulations. With the ecosystem of the area severely deteriorated, local producers of agricultural products have been stigmatized and encounter difficulties in selling their products while firms of the tourism and hospitality sector have also been negatively affected by environmental degradation.

While most of the industrial facilities in the area do have liquid waste treatment systems, the problem with natural and municipal water quality still remains. This is because waste treatment equipment operates at suboptimal levels or does not have the capacity to process the full volume of byproducts (Loizidou, 2009). Proper environmental management and meaningful CP integration within local industries will definitely assist in the restoration of the Asopos river basin and the environmental rehabilitation of the ecosystem. However, in order to achieve such sustainability-related targets, bottlenecks and obstacles that undermine the ability of companies to operate under CP principles need to be adequately explored, identified and effectively overcomed.

4. Research design

In order to address the central research question of the study (i.e. which are the main barriers to CP that manufacturing firms operating in the Asopos river area face?) we opted for a quantitative survey through the distribution of a structured questionnaire to all sample organizations (n≈400). Questionnaires will be hand-delivered and collected to production/general managers or owners by members of the research team as an effective way to increase the response rate.

The research instrument consists of four parts. In the first part, questions pertaining to the number of employees and turnover (size), the type of activity (sector), the age and the financial position of the firm are included. The second part aims to gauge the relative importance firms attach to CP compared to other perspectives of socially responsible business behavior. In this respect, respondents are asked to rank ten practices of organizational responsibility (CP included) according to the importance they perceive these have to their organization. These perspectives are: health and safety, cleaner production, labor practices, supply chain management, product responsibility, stakeholder engagement, environmental and social accountability, confronting bribery and corruption, engaging in social investments or charitable contributions and responsible advertising/marketing.

The third part includes 25 statements that respondents are asked to evaluate on a five point Likert-type scale. These statements refer to eight groups of internal and external barriers to CP as derived by the literature. Internal barrier groups include resources, perceptions, organizational culture and implementation practices, while statements pertaining to external barriers cover institutional inefficiencies, economic conditions, external support/guidance and the role of third party verifiers/certifiers. Finally, the fourth part of the questionnaire includes an open-ended question in order to generate additional – qualitative – data to explain the CP barriers sample firms are facing. In this context, respondents are asked to denote and point out the major problems their enterprise currently faces ("Please indicate the major problems your organization currently faces").

Data analysis will involve the identification of the highest-rating barriers, factor and cluster analysis of data as well as structural equation modeling in order to shed light on the relationship among the various variables reflecting barrier aspects and to improve our understanding of the way these barriers may influence organizational decision-making. The relationship between barriers and size, age and financial health will also be examined. Finally, qualitative data will be contrasted to quantitative results in order to bolster or challenge the study's quantitative findings.

5. Concluding remarks

The enforcement of and compliance to environmental laws and regulations in Greece is considerably problematic and cumbersome (Getimis and Giannakourou, 2001; Watson and Emery, 2004). A situation of fragmented administrative bureaucracy along with ineffective coordination of governmental authorities and overlapping jurisdictions give place to environmental violations and long-standing pollution problems, such as the one found in the Asopos river basin.

A key issue for decision-makers in successfully overcoming environmental mismanagement and facilitating the dissemination of CP technologies/practices is to accurately identify the barriers that undermine environmentally responsible production and aggravate the quality of natural resources, especially in industrial and/or environmentally degraded areas. Assessing barriers to CP is a promising avenue of fruitful evidence for policy design and the development of business-related sustainability indicators, which in turn can inform the development of robust governance mechanisms to motivate companies in upgrading their environmental performance. Reliance on 'one-dimensional' or bureaucratic strategies (e.g. relying strictly on compliance) may not achieve the overall target of environmental restoration if all other barrier clusters which can impede and offset desirable outcomes are isolated.

Therefore, in order to enhance the propensity for CP implementation, all barrier groups should be weakened through initiatives, incentives and guidelines towards meaningful environmental responsibility. CP penetration in environmentally degraded areas will benefit from studies as the one proposed in this paper; equipped with such findings governmental bodies can adjust their policy approach and ensure better compatibility with the needs of local industries and community concerns.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research has been co-financed by the European Union (European Social Fund – ESF) and Greek national funds through the Operational Program "Education and Lifelong Learning" of the National Strategic Reference Framework (NSRF) - Research Funding Program: THALES - Investing in knowledge society through the European Social Fund.

REFERENCES

Azzone G. and Noci G. (1998). Identifying effective PMSs for the deployment of "green" manufacturing strategies, *International Journal of Operations & Production Management*, 18, 308-335.

Bianchi R, Noci G. 1998. "Greening" SMEs' Competitiveness. Small Business Economics 11(3): 269–281.

Buysse K. and Verbeke A. (2003). Proactive environmental strategies: a stakeholder management perspective, *Strategic Management Journal*, 24, 453-470.

Chan E.S. (2008). Barriers to EMS in the hotel industry, *Hospitality Management*, 27, 187-196.

Cooray N. (1999). *Cleaner production assessment in small and medium industries of Sri Lanka*, Global competitiveness through cleaner production: Proceedings of the second Asia Pacific Cleaner Production Roundtable.

Dahlmann F., Brammer S. and Millington A. (2008). Barriers to proactive environmental management in the U.K.: implications for business and public policy *Journal of General Management*, 33, 1-20.

Doniec A., Reichel J. and Bulinska M. (2002). Assessment of the potential of cleaner production implementation in Polish enterprises, *Journal of Cleaner Production*, 10, 299-304.

Drake F., Purvis M. and Hunt J. (2004). Meeting the environmental challenge: a case of win–win or lose–win? A study of the UK baking and refrigeration industries, *Business Strategy and the Environment*, 13, 172-185.

Fang Y. and Côté R.P. (2005). Towards sustainability: Objectives, strategies and barriers for cleaner production in China, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 12, 443-460.

Frijns J. and Van Vliet B. (1999). Small-scale industry and cleaner production strategies, *World Development*, 27, 967-983.

Frondel M., Horbach J. and Rennings K. (2007). End-of-Pipe or Cleaner Production? An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions Across OECD Countries, *Business Strategy and the Environment*, 16, 571-584.

Geng Y., Xinbei W., Qinghua Z. and Hengxin Z. (2010). Regional initiatives on promoting cleaner production in China: a case of Liaoning, *Journal of Cleaner Production*, 18, 1502-1508.

Gerrans P., Cowan E. and Hutchinson B. (2000). *Sustainable development and small to medium-sized enterprises: a long way to go*. In: Hillary R. (Ed), Small and Medium-Sized Enterprises and the Environment: Business Imperatives, Sheffield: Greenleaf, 75-81.

Getimis P. and Giannakourou G. (2001). *The development of environmental policy in Greece*. In: Heinelt, H., Malek, T., Smith, R., Toller, A.E. (eds.), European Union Environmental Policy and New Forms of Governance. Ashgate, Aldershot, pp. 289-294.

Henriques I. and Sadorsky P. (1999). The relationship between environmental commitment and managerial perceptions of stakeholder importance, *Academy of Management Journal*, 42, 87-99.

Hillary R. (2004). Environmental management systems and the smaller enterprise, *Journal of Cleaner Production*, 12, 561-569.

Hilson G. (2000). Barriers to implementing cleaner technologies and cleaner production (CP) practices in the mining industry: a case study of the Americas, *Minerals Engineering*, 13, 699-717.

Johnstone N and Labonne J. (2009). Why do manufacturing facilities introduce environmental management systems? Improving and/or signaling performance, *Ecological Economics*, 68, 719-730.

Jones C. (2010). Exploring new ways of assessing the effect of regulation on environmental management, *Journal of Cleaner Production*, 18, 1229-1250.

Karatzoglou B. and Spilanis I. (2010). Sustainable tourism in Greek islands: the integration of activity-based environmental management with a destination environmental scorecard based on the adaptive resource management paradigm, *Business Strategy and the Environment*, 19, 26-38.

Laoudi A., Tentes G. and Damigos D. (2011). *Groundwater damage: A cost-based valuation for Asopos River basin*, Skiathos: Third International CEMEPE/SECOTOX Conference, June 19-24, 975-980.

Loizidou, M. (2009). *Environmental impact assessment for a central processing unit for the industrial wastewater of Asopos area and the urban wastewater of the municipality of Avlonas*. Athens: National Technical University of Athens, School of Chemical Engineering. (in Greek)

Luken R. And Van Rompaey F. (2008). Drivers for and barriers to environmentally sound technology adoption by manufacturing plants in nine development countries, *Journal of Cleaner Production*, 16, 67-77.

Marshall R., Cordano M. and Silverman M. (2005). Exploring individual and institutional drivers of proactive environmentalism in the US wine industry, *Business Strategy and the Environment*, 14, 92-109.

Massoud M.A., Fayad R., El-Fadel M. and Kamleh R. (2010). Drivers, barriers and incentives to implementing environmental management systems in the food industry: a case of Lebanon, *Journal of Cleaner Production,* 18, 200-209.

Massoura G. (2008). *Pollutant hydrochemistry in Asopos river basin*. Athens: Agricultural University of Athens (in greek).

Masurel E. (2007). Why SMEs invest in environmental measures: sustainability evidence from small and medium-sized printing firms, *Business Strategy and the Environment*, 16, 190-201.

McCormick K. and Kaberger T. (2007) Key barriers for bioenergy in Europe: economic conditions, know-how and institutional capacity, and supply chain co-ordination, *Biomass and Bioenergy*, 31, 443-452.

Merrit Q. (1998). EM into SME won't go? Attitudes, awareness and practices in the London Borough of Croydon, *Business Strategy and the Environment*, 7, 90-100.

Moors E.H.M., Mulder K.F. and Vergragt P.J. (2005). Towards cleaner production: barriers and strategies in the base metals producing industry, *Journal of Cleaner Production*, 13, 657-668.

Murillo-Luna J.L., Garcés-Ayerbe C. And Rivera-Torres P. (2007). What prevents firms from advancing in their environmental strategy? *International Advances in Economic Research*, 13, 35-46.

Murillo-Luna J.L., Garcés-Ayerbe C. and Rivera-Torres P. (2008). Why do patterns of environmental response differ? A stakeholders pressure approach, *Strategic Management Journal*, 29, 1225-1240.

Parker C.M., Redmond J. and Simpson M. (2009). A review of interventions to encourage SMEs to make environmental improvements, *Environment and Planning C: Government and Policy*, 27, 279-301.

Perez-Sanchez D., Barton J.R. and Bower D. (2003). Implementing environmental management in SMEs, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management,* 10, 67-77.

Petts J., Herd A,, Gerrad S. and Horne C. (1999). The climate culture of environmental compliance within SMEs, *Business Strategy and the Environment*, 8, 14-30.

Post J.E. and Altman B.W. (1994). Managing the environmental change process: barriers and opportunities, *Journal of Organizational Change Management*, 7, 64-81.

Revell A. (2007). The ecological modernisation of small firms in the UK's construction industry, *Geoforum*, 38, 114-126.

Revell A. and Blackburn R. (2004). *SMEs and their response to environmental issues in the UK*. Kingston Hill: Small Business Research Centre, Kingston University.

Rojsek I. (2001). From red to green: towards the environmental management in the country in transition, *Journal of Business Ethics*, 33, 37-50.

Rowe J. and Enticott R. (1998). Evaluating the links between locality and environmental performance of SMEs: some observations from survey and partnership programmes in the greater Bristol area, *Eco-Management and Auditing*, 5, 112-125.

Rowe J. and Hollingsworth D. (1996). Improving the environmental performance of small and medium-sized enterprises, *Eco-Management and Auditing*, 3, 97-107.

Rutherfoord R., Blackburn R. and Spence L.J. (2000). Environmental and the small firm: an international comparison, *International Journal of Environmental Behaviour and Research*, 6, 310-325.

Shi H., Peng S.Z., Liu Y. and Zhong P. (2008). Barriers to the implementation of cleaner production in Chinese SMEs: government, industry and expert stakeholders' perspectives, *Journal of Cleaner Production*, 16, 842-852.

Shrivastava P. and Hart S. (1994). Greening organizations, *International Journal of Public Administration*, 17, 607-635.

Tentes G. and Damigos D. (2012) The lost value of groundwater: the case of Asopos river basin in central Greece, Water Resource Management, 26, 147-164.

Thiruchelvam M., Kumar S. and Visvanathan C. (2003), Policy options to promote energy efficient and environmentally sound technologies in small- and medium-scale industries, *Energy Policy*, 31, 977-987.

Thompson D. (2002). *Tools for environmental management: a practical introduction and guide*. Gabriola Island: New Society Publishers.

Tinsley S. (2002). EMS models for business strategy development, *Business Strategy and the Environment*, 11, 376-390.

Van Hemel J. and Cramer J. (2002). Barriers and stimuli for ecodesign en SMEs, *Journal of Cleaner Production*, 10, 439-453.

Vasilatos C., Megremi I., Economou-Iliopoulos M. and Mitsis I. (2008). Hexavalent chromium and other toxic elements in natural waters in the Thiva-Tanagra-Malakasa Basin, Greece, Hellenic Journal of Geosciences, 43, 57-66.

Verheul H. (1999). How social networks influence the dissemination of cleaner technologies to SMEs, *Journal of Cleaner Production*, 7, 213-219.

Vernon J., Essex S., Pinder D. and Curry K. (2003). The 'greening' of tourism micro-businesses: outcomes of focus group investigations in South East Cornwall, *Business Strategy and the Environment*, 12, 49-69.

Walker B., Redmond J., Sheridan L., Wang C. and Goeft U. (2008). *Small and medium enterprises and the environment: barriers, drivers, innovation and best practice: A review of the literature*. Edith Cowan University: Small & Medium Enterprise Research Centre (SMERC).

Watson M. and Emery A.R.T. (2004). Law, economics and the environment: a comparative study of environmental management systems, *Managerial Auditing Journal*, 19, 760-773.

Young R. (2001). *SMEs and sustainable development: A scoping paper*. Geneva: World Business Council for Sustainable Development.

Zhu Q. and Geng Y. (2010). Drivers and barriers of extended supply chain practices for energy saving and emission reduction among Chinese manufacturers, *Journal of Cleaner Production*, 40, 6-12.

Zilahy G. (2004). Organizational factors determining the implementation of cleaner production measures in the corporate sector, *Journal of Cleaner Production*, 12, 311-319.

Zutshi A. and Sohal A. (2004). Environmental management system adoption by Australasian organizations: Part 1: reasons, benefits and impediments, *Technovation*, 24, 335-357.

Διερεύνηση περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος πολιτών

Γεώργιος Χάλκος[1] & Στεριανή Ματσιώρη[2]
[1] *Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Σχολής Κοινωνικών και Ανθρωπιστικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*
[2] *Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*
halkos@uth.gr steriani@uth.gr

Περίληψη
Η παρούσα έρευνα στοχεύει στη διερεύνηση του περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος των πολιτών και της στάσης τους απέναντι στο το φυσικό περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους. Για το σκοπό αυτό διενεργήθηκε έρευνα με τη χρήση δομημένου ερωτηματολογίων και συλλέχτηκαν συνολικά 359 «έγκυρα» ερωτηματολόγια. Η έρευνα δομήθηκε σύμφωνα με τις αρχές των ερευνών της μεθόδου υποθετικής αξιολόγησης (Contingent Valuation Method), ενώ η διερεύνηση των περιβαλλοντικών αντιλήψεων των πολιτών πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια της κλίμακας NEP (New Ecological Paradigm). Διάφορες στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης χρησιμοποιούνται στην εμπειρική εφαρμογή. Η εφαρμογή Ανάλυσης σε Κύριες Συνιστώσες (PCA) στα δεδομένα που συλλέχτηκαν με τη χρήση της κλίμακας NEP οδήγησε στην εξαγωγή τριών (3) παραγόντων που ερμηνεύουν το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον των πολιτών. Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχουν τρεις κατηγορίες περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος που εκφράζουν: α) την κυριαρχία του ανθρώπου στη φύση, β) τη μη ανθρωποκεντρική σχέση του ανθρώπου με τη φύση και γ) τα οικολογικά όρια της φύσης. Στη συνέχεια και με τη χρήση πολυμεταβλητών αναλύσεων έγινε προσπάθεια σύνδεσης των παραπάνω παραγόντων με τη συμμετοχή ή όχι των πολιτών σε οικολογικές οργανώσεις και προσπάθειες τους για την προστασία του περιβάλλοντος.

Λέξεις Κλειδιά: Περιβαλλοντικό ενδιαφέρον, NEP κλίμακα, περιβαλλοντική συμπεριφοράς.

JEL Κωδικοί: Q50, Q58, Q57.

1. Εισαγωγή

Η μείωση της βιοποικιλότητας με την ταυτόχρονη απώλεια ενδιαιτημάτων, η τρύπα του όζοντος, η ρύπανση της ατμόσφαιρας και των υδάτων αποτελούν κάποια από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα (Oskamp, 2000). Η ανάγκη της επίλυσης των παραπάνω προβλημάτων οδήγησε την έρευνα στη μελέτη της στάσης των πολιτών απέναντι στα περιβαλλοντικά προβλήματα, το φυσικό περιβάλλον και την προστασία του (Stern et al, 1995; O' Connor et al, 1999; Zelezny and Schultz, 2000; Kaplan, 2000; La Trobe and Acott, 2000; Dunlap and Van Liere, 1978). Οι ψυχολογία, όπως και πολλές άλλες επιστήμες, προσπαθούν να καθοδηγήσουν τους πολίτες σε πιο φιλικές για το περιβάλλον συμπεριφορές (Stern, 1992; Kruse, 1995). Αποτέλεσμα όλων αυτών ήταν η δημιουργία μιας νέας κατηγορίας κοινωνικών ερευνών αυτής της περιβαλλοντικής κοινωνιολογία (Catton & Dunlap 1978 Dunlap & Catton 1979). Στο πλαίσιο αυτό εκπονήθηκε ένας σημαντικός αριθμός ερευνών που σκοπό είχαν τη διερεύνηση της στάσης των πολιτών προς το περιβάλλον (Stern, 2000; Schultz, 2001; Gardner and Stern, 2002; Vining and Ebreo, 2002; Winter and Koger, 2004). Παρά την πλούσια βιβλιογραφία ορισμένες διαστάσεις της σχέσης

μεταξύ της περιβαλλοντικής συνείδησης και της πραγματικής περιβαλλοντικής συμπεριφοράς δεν έχουν εξηγηθεί ακόμα (Kaiser et al., 1999), γεγονός που οδήγησε στη δημιουργία δεικτών καταγραφής της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς (Hines, 1985; Hungerford & Volk, 1990).

Η περιβαλλοντική κοινωνιολογία, τμήμα της κοινωνικής έρευνας, αναγνωρίζει την αλληλεπίδραση μεταξύ της ανθρώπινης συμπεριφοράς και των φυσικών οικοσυστημάτων (Dunlap and Catton, 1979) και αποσκοπεί στη διερεύνηση των διαστάσεων και των κινήτρων του περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος των πολιτών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών η περιβαλλοντική συμπεριφορά είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις απόψεις των πολιτών σε σχέση με την ανθρωποκεντρική ή όχι θεώρηση του περιβάλλοντος, τα όρια της ανάπτυξης, την ισορροπία της φύσης και τη γενικότερα οικολογική τους συνείδησή (Dunlap & Van Liere, 1978; Dunlap et al., 2000). Στο πλαίσιο της προσπάθειας για την ερμηνεία περιβαλλοντικών παραδειγμάτων δημιουργούνται κλίμακες μέτρησης πεποιθήσεων, αξιών στάσεων και συμπεριφορών που σχετίζονται με το φυσικό περιβάλλον.

Η κλίμακα NEP (New Ecological Paradigm) αποτελεί μια διευρυμένη και πιο ενημερωμένη κλίμακα μέτρησης περιβαλλοντικών στάσεων που σκοπό έχει να αποτυπώσει την μεταβολή των πεποιθήσεων των πολιτών από ένα καθαρά ανθρωποκεντρικό σύστημα θεώρησης του περιβάλλοντος, στο οποίο ο άνθρωπος αντιμετωπίζεται ως κυρίαρχος απέναντι στη φύση σε μια πιο οικολογική θεώρηση που εντάσσει τον άνθρωπο σε αυτή (Kopnina, 2011). Στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η πιλοτική εφαρμογή της NEP κλίμακας για τη διερεύνηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των πολιτών και της στάσης τους απέναντι στο το φυσικό περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους.

2. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Ο όρος «περιβαλλοντικό ενδιαφέρον» χρησιμοποιείτε πολλές φορές εμπειρικά στη θέση του όρου «περιβαλλοντική στάση» (Fransson & Gärling, 1999; Dunlap & Jones, 2002), ο οποίος αναφέρεται στο σύνολο των πεποιθήσεων, επιρροών, συμπεριφορών και προθέσεων που ένα άτομο έχει σχετικά με το περιβάλλον και όλες τις συναφείς, με αυτό, δραστηριότητες (Schultz et al., 2004, σ. 31).

Η μέτρηση του περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος των πολιτών αποτέλεσε στόχο πολλών ερευνών και για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν πολλές εμπειρικές κλίμακες μέτρησης που προσπαθούσαν να προσεγγίσουν την περιβαλλοντική στάση των πολιτών ανάλογα με τις απόψεις τους τις αξίες τους κ.λπ. (Bogner & Wiseman, 2002). Η ανάγκη μέτρησης του περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος πηγάζει από τη συσχέτισή του με την πραγματική περιβαλλοντική συμπεριφορά των πολιτών ή οποία ποικίλει. Το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένες συμπεριφορές όπως για παράδειγμα η περιβαλλοντική συμπεριφορά (συμμετοχή σε δράσεις ανακύκλωσης κ.λπ.) αλλά μετριέται σε ένα γενικότερο, θεωρητικό, επίπεδο (Oerke & Bogner, 2011). Οι διάφοροι τύποι περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος διαφοροποιούνται ανάλογα με το πώς αντιλαμβάνονται οι πολίτες τον εαυτό τους σε σχέση με το περιβάλλον (Schultz, 2000). Σύμφωνα με τους Stern et al. (1993; 1995) η στάση το πολιτών απέναντι στο περιβάλλον εξαρτάται από την αξία που αποδίδουν οι ίδιοι στον εαυτό τους, στους άλλους πολίτες, στα φυτά και στα ζώα. Κατά συνέπεια δύο πολίτες μπορεί να έχουν ίδιο ακριβώς περιβαλλοντικό ενδιαφέρον, το οποίο όμως να προέρχεται από τελείως διαφορετικά κίνητρα. Οι Stern and Dietz (1994) όρισαν τρία είδη περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος: α) το ενδιαφέρον που οφείλεται σε εγωιστικά ένστικτα και προέρχεται από το γεγονός ότι οι άνθρωποι αξιολογούν τους εαυτούς τους υψηλότερα από τους υπόλοιπους ζωντανούς οργανισμούς, β) το

ενδιαφέρον που σχετίζεται με αλτρουιστικά ένστικτα προέρχεται από την αναγνώριση του κόστους που μπορεί να προκαλέσει μια περιβαλλοντική υποβάθμιση στους συνανθρώπους μας, την κοινωνία τη χώρα κ.λπ. και γ) το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον που σχετίζεται με την αξία που αποδίδουν οι πολίτες στη βιόσφαιρα και σε όλους τους μη ανθρώπινους ζωντανούς οργανισμούς.

Είναι εύκολα αντιληπτό ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά απέναντι στο περιβάλλον βασίζεται σε ένα σύνθετο σύστημα ηθικών και κοινωνικών αξιών (Clayton and Myers 2009) και στο πλαίσιο της κοινωνικής έρευνας δεν μπορεί να γίνει άμεσα αντιληπτή αλλά να εξαχθεί από τις απαντήσεις των πολιτών (Himmelfarb 1993; Heberlein 1981). Το γεγονός αυτό δημιουργεί το πρόβλημα της επιλογής του κατάλληλου εργαλείου μέτρησης της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς.

Η διερεύνηση του περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος έγινε με τη βοήθεια της θεωρίας των στάσεων (Bagozzi and Warshaw, 1990; Bagozzi, 1993; Netemeyer et al., 1991), με ταυτόχρονο διαχωρισμό σε στάσεις πρόθεσης και συμπεριφοράς (Fishbein and Ajzen 1975; Ajzen and Driver, 1991).

Για τη μέτρηση του περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος αναπτύχθηκε πλήθος εργαλείων χωρίς να είναι ευδιάκριτο το τι ακριβώς μετρά ή κάθε μια από τις κλίμακες μέτρησης που έχουν περιγραφεί στη βιβλιογραφία τον Dunlap and Jones (2002). Ορισμένες από τις πιο χαρακτηριστικές κλίμακες μέτρησης περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος είναι:

1. Η Environmental Concern Scale (ECS) και η New Ecological Consciousness Scale, η οποίες προτάθηκαν από τους Ellis και Thompson (1997α, β), αποτελούνται από 5 και 10 θέματα αντίστοιχα και αξιολογούν την ανησυχία των πολιτών για την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, τα όρια της οικονομικής ανάπτυξης, και τις πιθανές κρίσεις που θ; προέρχονται από τον υπερπληθυσμό.
2. Η Environmental Motives Scale (EMS), η οποία καταρτίστηκε από το Schultz (2000, 2001) και σκοπό είχε τη μέτρηση της περιβαλλοντικής ανησυχίας των πολιτών που προέρχεται από την ίδια τους τη συμπεριφορά. Η EMS αποτελείται από 12 θέματα που διαιρούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες (εγωισμός, αλτρουισμός και βιόσφαιρα). Τα θέματα της κλίμακας που σχετίζονται με τον εγωισμός αποτελούνται από εκφράσεις όπως εγώ, το μέλλον μου, η ευημερία μου και η υγεία μου, τα θέματα που αναφέρονται σε αλτρουιστικά ένστικτα περιέχουν εκφράσεις όπως οι μελλοντικές γενιές, η ανθρωπότητα, η κοινωνία και τα παιδιά, ενώ τα θέματα που αναφέρονται στη βιόσφαιρα περιέχουν εκφράσεις σχετικές με τα πουλιά, τα φυτά, τα ζώα και η θαλάσσια ζωή (Schultz et al., 2004).
3. Η General Environmental Behavior (GEB), η οποία καταρτίστηκε από τον Kaiser και τους συνεργάτες του (Kaiser, 1998; Kaiser & Biel, 2000; Kaiser & Keller, 2001) και σκοπό είχε την αποτύπωση της περιβαλλοντικής στάσεις με τη βοήθεια μιας κλίμακας πολυθεματικής ερώτησης (αποδοχής/απόρριψης) που στην πορεία έφτασαν στα 65 θέματα. Τα θέματα της GEB ανήκουν σε 6 βασικές κατηγορίες (διατήρηση ενέργειας, μεταφορές, αποφυγή παραγωγής αποβλήτων, καταναλωτισμό, ανακύκλωση και κοινωνική συμπεριφορά με σκοπό τη διατήρηση του περιβάλλοντος. Η GEB αποτελεί μια εναλλακτική κλίμακα μέτρησης κινήτρων περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος που είναι προσανατολισμένη σε μια συμπεριφορά που αποσκοπείς στη διατήρηση του περιβάλλοντος (Kaiser et al., 2007).

4. Το New ecological paradigm scale (NEP), το οποίο προτάθηκε από τους Dunlap και Van Liere (1978) και μετρά την περιβαλλοντική ανησυχία και φιλο – περιβαλλοντική στάση.

Η αρχική NEP κλίμακα αποτελούνται από τρεις διαστάσεις που σχετίζονται (Dunlap and Van Liere, 1978): α) με την ισορροπία της φύσης, β) τα όρια της ανάπτυξης και γ) τον ανθρωποκεντρισμό. Στη συνέχεια η κλίμακα ολοκληρώθηκε με την εισαγωγή δύο ακόμα διαστάσεων αποτυπώνοντας επιπλέον και την πιθανότητα μιας οικολογικής κρίσης και την εξαίρεση ή όχι του ανθρώπου από τους περιορισμούς της φύσης (Dunlap et al., 2000). Από τα 15 θέματα που απαρτίζουν την κλίμακα τα επτά σχετίζονται με την ανθρωποκεντρική θεώρηση του περιβάλλοντος και τα οκτώ με μια πιο οικολογική συμπεριφορά του ανθρώπου.

Η κλίμακα NEP έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς επιστήμονες (Dunlap and Van Liere 1978, Kotchen and Reiling 2000) αναδεικνύοντας την πεποίθηση των πολιτών ότι τα φυσικά οικοσυστήματα διαταράσσονται από την έντονη βιομηχανική δραστηριότητα που οδηγεί τη φύση πέρα από τα όριά της (Dunlap & Van Liere, 1978). Η εφαρμογή της κλίμακας έγινε σε διαφορετικά δείγματα πληθυσμού διαφορετικών εθνικοτήτων όπως για παράδειγμα γεωργούς, εθνικές μειονότητες, φοιτητές κ.λπ. (Schultz and Zelezny 1999; Schultz et al. 2000; Johnson et al. 2004; Pahl et al. 2005).

Η εφαρμογή της κλίμακας NEP έχει οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι αποτελεί ένα έγκυρο εργαλείο μέτρησης της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των πολιτών (Duplan, 1992; Scott and Willits 1994; Stern et al. 1995; Tarrant and Cordell 1997; Ebreo et al. 1999; Kotchen and Reiling, 1999; Rauwald and Moore 2002; Casey and Scott 2006). Έχει διαπιστωθεί επίσης ότι η NEP κλίμακα μπορεί να αποτυπώνει τη διαφοροποιημένη στάση διαφορετικών ομάδων πολιτών σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον (Widegren 1998; Mobley et al. 2010).

Από την άλλη πλευρά, από την εφαρμογή της NEP κλίμακας έχουν προκύψει διάφορα προβλήματα που σχετίζονται με τις διαστάσεις της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς που προσπαθεί να αποτυπώσει και με την εγκυρότητα των τροποποιημένων εφαρμογών της (Yencken et al. 2000; Johnson et al. 2004; Van Petegem and Blieck 2006). Ενώ υπάρχουν ερευνητές που υποστηρίζουν ότι η προβλεπτική ικανότητα της κλίμακας είναι μικρή (Scott and Willits, 1994) και πολύ απλή στο συλλογισμό της (Lalonde and Jackson, 2002).

3. Μέθοδοι και Δεδομένα

3.1 Δεδομένα – ερωτηματολόγιο έρευνας

Για την υλοποίηση των στόχων της έρευνας διενεργήθηκε έρευνα με τη χρήση δομημένου ερωτηματολογίου, στα δημοτικά διαμερίσματα του Βόλου και της Θεσσαλονίκης και συλλέχθηκαν συνολικά 359 έγκυρα ερωτηματολόγια. Οι δύο πόλεις επιλέχτηκαν γιατί αποτελούν δύο από τα σημαντικότερα λιμάνια της χώρας μας με πλούσια ιχθυοπανίδα. Η παρουσία του θαλάσσιου πάρκου Αλοννήσου Βορείων Σποράδων πολύ κοντά στην πόλη του Βόλου αποτελεί ένα ακόμα κίνητρο για την επιλογή της σε αντιδιαστολή με την πόλη της Θεσσαλονίκης. Η έρευνα δομήθηκε σύμφωνα με τις αρχές των ερευνών της CVM και το δείγμα επιλέχθηκε με τυχαίο τρόπο με προσωπικές συνεντεύξεις και με τη βοήθεια ενός ερωτηματολογίου που κατασκευάστηκε και δοκιμάστηκε, για τις ανάγκες της έρευνας, σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA panel) για τη βελτίωση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της (Arrow et al., 1993). Η παρούσα έρευνα αποτελεί τμήμα μιας μεγαλύτερης έρευνας που σκοπό είχε τη σκιαγράφηση της στάσης των πολιτών απέναντι στο περιβάλλον και τη θαλάσσια βιοποικιλότητα.

3.2 Μέθοδοι

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή της έρευνας είναι η επισκόπηση. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ερευνητικής επισκόπησης, μέσω της οποίας αναζητούνται σχέσεις μεταξύ διαφόρων μεταβλητών (Kerlinger 1979). Η μεθοδολογία που υιοθετήθηκε για την υλοποίηση των στόχων τη έρευνας ήταν ένας συνδυασμός εφαρμοσμένων μεθοδολογικών ερευνητικών τεχνικών στον ερευνητικό τομέα μάρκετινγκ. Πιο συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης αξιοπιστίας α-Cronbach, η παραγοντική ανάλυση σε κύριες συνιστώσες (PCA) προκειμένου και η ανάλυση ανάλυσης σε συστάδες (Cluster analysis), ενώ για τον εντοπισμό των σχέσεων μεταξύ των τμημάτων του δείγματος χρησιμοποιήθηκαν

Η παραγοντική ανάλυση ανήκει στις αναλύσεις αλληλεξάρτησης, οι οποίες αναλύουν την αλληλεξάρτηση μεταξύ μεταβλητών ή υποκειμένων, με στόχο να ερμηνεύσουν την βαθύτερη (εσωτερική) δομή τους και να τις συνδυάσουν σε νέες μεταβλητές (Aaker and Day 1990). Στην παρούσα έρευνα η PCA χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο για τη μείωση των διαστάσεων στα δεδομένα που συλλέχτηκαν με τη βοήθεια ης NEP κλίμακας, κατά συνέπεια οι παράγοντες που εξάγονται στην παρούσα έρευνα μετρούν διαφορετικές διαστάσεις της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των πολιτών (Khatun, 2009). Για να ελεγχθεί η αξιοπιστία, με την έννοια της εσωτερικής συνέπειας των αντιλήψεων των ερωτώμενων σχετικά με τη στάση τους απέναντι στο φυσικό περιβάλλον χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης a-Cronbach. Ο συντελεστής αυτός χρησιμοποιείται κυρίως για πολυμερείς απαντήσεις. Είναι το μέτρο που χρησιμοποιείται συνήθως για τη μέτρηση της εσωτερικής συνέπειας μιας δοκιμασίας (Churchill 1995).

Στη συνέχεια αναζητήθηκε η ύπαρξη σχέσεων μεταξύ των εξαγόμενων παραγόντων (περιβαλλοντική συνείδηση) και διαφόρων κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών των μελών του δείγματος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν, τα κριτήρια Mann – Whithney και Kruskal - Wallis, τα οποία ανήκουν στις μη παραμετρικές αναλύσεις, που χρησιμοποιούνται όταν τα στοιχεία που διαθέτουμε είναι πολύ δύσκολο να εξακριβωθεί από ποια κατανομή προέρχονται. Συγκεκριμένα, το κριτήριο Mann – Whithney χρησιμοποιείται για τον έλεγχο διαφοράς μεταξύ δύο ανεξάρτητων δειγμάτων ή ομάδων που έχουν παρθεί από τον ίδιο πληθυσμό (Χάλκος, 2011). Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε για να ελεγχθεί, αν οι παράγοντες που σχετίζονται με την περιβαλλοντική συμπεριφορά διαφοροποιούνται σε σχέση με κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στην έρευνα και τις απόψεις τους σχετικά με τη διατήρηση της βιοποικιλότητας.

4. Εμπειρικά Αποτελέσματα

4.1 Κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων στην έρευνα

Στον Πίνακα 1 δίνονται τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στην έρευνα.

Πίνακας 1: Κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων στην έρευνα

	Μέσος όρος	**Τυπική απόκλιση**
Φύλο (%)	Γυναίκες (53,9%)	
Ηλικία (έτη)	33,01	13,71
Επίπεδο σπουδών (έτη)	Απόφοιτος ΑΕΙ (23,6%)	
Οικογενειακή κατάσταση	Άγαμος/η (58,1%)	
Επαγγελματική δραστηριότητα	Ελεύθεροι επαγγελματίες (28,9 %)	
Αριθμός μελών οικογένειας	3,37	1,04
Μέσο μηναίο προσωπικό εισόδημα (€)	727,17	477,70
Μέσο μηνιαίο οικογενειακό εισόδημα (€)	1.667,22	731,60

4.2 Αποτελέσματα εφαρμογής της κλίμακας NEP.

Οι περιβαλλοντικές αντιλήψεις των συμμετεχόντων στην έρευνα σκιαγραφήθηκαν με τη χρήση της NEP κλίμακας. Η αναγνώριση των παραγόντων, οι οποίοι περιγράφουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά των ερωτώμενων, έγινε με εφαρμογή Παραγοντικής Ανάλυσης με περιστροφή των παραγόντων με τη μέθοδο της ορθογωνικής περιστροφής (orthogonal rotation) ή μέθοδο της περιστροφής της μέγιστης διακύμανσης (Varimax). Τα αποτελέσματα μετά την περιστροφή των αξόνων δίνονται στον Πίνακα 2. Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες έδωσε 3 παράγοντες, που εξηγούν το 45,26 % της συνολικής διακύμανσης. Για τον καθορισμό των παραγόντων που εξήχθησαν δε χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο της ιδιοτιμής (eigenvalue), η λύση περισσότερων παραγόντων δε συνέβαλε ουσιαστικά στην αύξηση της εξηγούμενης διακύμανσης (Addams, 2000).

Στη συνέχεια εξετάστηκε το κατά πόσο οι παράγοντες (στάση των πολιτών απέναντι στο περιβάλλον) που προέκυψαν από την παραγοντική ανάλυση, σχετίζονται με διάφορα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του δείγματος. Οι έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν με τα κριτήριο Mann – Whitney και Kruskal - Wallis,. Από τα αποτελέσματα (Πίνακας 3) προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ως προς το φύλο, την προέλευση, το εισόδημα, την ενεργό συμμετοχή σε δράσεις για το περιβάλλον.

5. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας υπάρχουν τρεις κατηγορίες περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος που εκφράζουν: α) την κυριαρχία ανθρώπου στη φύση, β) τη μη ανθρωποκεντρική σχέση του ανθρώπου με τη φύση και γ) τα οικολογικά όρια της φύσης. Ο δείκτης αξιοπιστίας του συνόλου της κλίμακας είναι πολύ χαμηλός υποδεικνύοντας ότι τα θέματα που περιλαμβάνονται σε αυτή δεν περιγράφουν επαρκώς την περιβαλλοντική συμπεριφορά των πολιτών.

Η περιβαλλοντική συμπεριφορά των πολιτών, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, καθορίζεται από κοινωνικοοικονομικά τους χαρακτηριστικά. Το φύλο καθορίζει κάποιες διαστάσεις της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των συμμετεχόντων στην έρευνα με τους άνδρες να απορρίπτουν τον ανθρωποκεντρισμό και να εκδηλώνουν περισσότερο την άποψη ότι ο άνθρωπος αποτελεί κομμάτι του περιβάλλοντος. Από την άλλη πλευρά οι κάτοικοι της Θεσσαλονίκης εκφράζουν περισσότερο την άποψη ότι ό άνθρωπος μπορεί να κυριαρχεί στη φύση και έχει το

δικαίωμα να την προσαρμόζει σύμφωνα με τις ανάγκες του. Αντίθετα, οι κάτοικοι του Βόλου φαίνεται να αναγνωρίζουν περισσότερο τα όρια της φύσης, τα οποία η οικονομική δραστηριότητα θέτει σε κίνδυνο.

Πίνακας 2: Παράγοντες περιβαλλοντικής συμπεριφοράς συμμετεχόντων στην έρευνα

θέματα	**F1**	**F2**	**F3**
Η φύση μπορεί να ανταπεξέλθει στις επιπτώσεις των σύγχρονων βιομηχανικών χωρών	,726		
Η ανθρώπινη εφευρετικότητα θα εξασφαλίσει τη βιωσιμότητα της γης.	,713		
Ο άνθρωπος θα μάθει, εν τέλει, πώς λειτουργεί η φύση ώστε να μπορέσει να την ελέγξει	,705		
Ο άνθρωπος έχει το δικαίωμα να τροποποιεί το φυσικό περιβάλλον προς όφελος των αναγκών του	,662		
Η γη έχει αρκετούς φυσικούς πόρους, αρκεί να μάθουμε να τους αξιοποιούμε σωστά	,593		
Όταν ο άνθρωπος επεμβαίνει στη φύση έχει πολλές φορές καταστροφικές συνέπειες		,734	
Ο άνθρωπος καταχράται σημαντικά το περιβάλλον		,707	
Τα φυτά και τα ζώα έχουν το ίδιο δικαίωμα στη ζωή όπως ο άνθρωπος		,682	
Παρά τις ικανότητές του, ο άνθρωπος υπόκειται ακόμα στους νόμους της φύσης		,425	
Η ισορροπία της φύσης είναι πολύ ευαίσθητη και διαταράσσεται εύκολα		,398	
Η γη είναι σαν ένα "σκάφος" με λιγοστό χώρο και προμήθειες			,741
Φτάνουμε το όριο των κατοίκων που μπορεί να συντηρήσει ο πλανήτης μας			,681
Ο άνθρωπος προορίζεται να κυριαρχήσει επί όλης της φύσης			,549
Η "περιβαλλοντική κρίση" που αντιμετωπίζει ο άνθρωπος είναι υπερβολή			,461
Αν τα πράγματα συνεχίσουν όπως είναι, σύντομα θα ζήσουμε μία μεγάλη φυσική καταστροφή			,314
Ποσοστό Διακύμανσης	18,688	14,922	11,650
Χαρακτηριστική ρίζα	2,803	2,238	1,747
Συνολική Διακύμανση	45,26 %		
Αξιοπιστία Cronbach' s a	0,735	0,589	0,528
Συνολική Αξιοπιστία Cronbach's a	0,592		
K.M.O. : 0,691 Bartlett's Test of Sphericity: Approx. χ^2=974,911 df = 105 Sig. = .000			

Η συμμετοχή σε δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος συσχετίζεται με όλους τους παράγοντες που προέκυψαν από την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες χωρίς όμως τα αποτελέσματα να είναι σε όλες τους τις διαστάσεις ερμηνεύσιμα. Έτσι, τα άτομα που δηλώνουν ότι συμμετέχουν ενεργά σε δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος εμφανίζονται να αναγνωρίζουν την κυριαρχία του ανθρώπου στη φύση περισσότερο, να απορρίπτουν τα οικολογικά όρια της φύσης και τον ανθρωποκεντρισμό ταυτόχρονα. Το γεγονός αυτό γεννά ερωτήματα για το αν πραγματικά συμμετέχουν σε δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος ή ωθούνται στο να δηλώσουν κάτι τέτοιο γιατί πιστεύουν ότι έτσι θα έχουν μια πιο ελκυστική εικόνα. Το γεγονός αυτό αποτελεί αντικείμενο περεταίρω έρευνας όπως επίσης θα πρέπει να διερευνηθούν τα κίνητρα της τυχόν πραγματικής συμμετοχής τους σε δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα του ελέγχου με τα κριτήρια Mann - Whitney και Kruskal - Wallis

	Μεταβλητή ελέγχου	**P**	**Decision**
Κυριαρχία ανθρώπου στη φύση	Γυναίκα	.584	Αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης
	Άνδρας		
	Κάτοικος Θεσσαλονίκης	.000	Απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης
	Κάτοικος Βόλου		
	Συμμετοχή σε δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος	.050	Απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης
	Αποχή από δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος		
	Επίδραση εισοδήματος στην περιβαλλοντική συμπεριφορά	.002	Απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης
Μη ανθρωποκεντρική σχέση του ανθρώπου με τη φύση	Γυναίκα	.001	Απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης
	Άνδρας		
	Κάτοικος Θεσσαλονίκης	.729	Αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης
	Κάτοικος Βόλου		
	Συμμετοχή σε δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος	.567	Αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης
	Αποχή από δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος		
	Επίδραση εισοδήματος στην περιβαλλοντική συμπεριφορά	.589	Αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης
Αναγνώριση οικολογικών ορίων	Γυναίκα	.506	Αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης
	Άνδρας		
	Κάτοικος Θεσσαλονίκης	.000	Απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης
	Κάτοικος Βόλου		
	Συμμετοχή σε δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος	.013	Απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης
	Αποχή από δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος		
	Επίδραση εισοδήματος στην περιβαλλοντική συμπεριφορά	.164	Αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης

Βιβλιογραφία

Aaker D, Kumer, V. and Day G. (2009). *Marketing Research*. 10th ed. John Wiley & Sons, New York, pp. 755.

Addams, H. (2000). Q Methodology. Chapter 2. In: H. Addams and J. Proops. Social Discourse and Environmental Policy: An Application of Q Methodology. Cheltenham: Elgar.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Process, 50, 179-211* In Fransson, N. & Garling, T. (1999). Environmental concern: Conceptual definitions, measurement methods, and research findings. *Journal of Environmental Psychology, 19, 369-382.*

Ajzen, I., & Driver, B. L. (1991). Prediction of goal- directed behavior: Attitudes, intentions, and perceived behavioral control. *Journal of Experimental Social Psychology, 22, 453-474.*

Arrow, K. Solow R. Portney P.R. Leamer E.E. Radner R. and Schuman H. (1993). Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation. *Federal Register* 58 (10), 4601-4614.

Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1990). Trying to consume. *Journal of Consumer Research, 17, 127-140.*

Bagozzi, R. P. (1993). On the neglect of volition in consumer research: A critique and proposal. *Psychology and Marketing, 17, 127-140.*

Casey, P. J., & Scott, K. (2006). Environmental concern and behavior in an Australian sample within an ecocentric-anthropocentric framework. Australian Journal of Psychology, 58, 57–67.

CATTON Jr., W. R. and DUNLAP, R. E. (1978) `Environmental Sociology: A New Paradigm', The American Sociologist 13(February): 41-49.
Catton. W.R. & Dunlap, R.E. (1978). Environmental sociology: a new paradigum. *The American Sociologist*, 13, 256-259.

Churchill, G. (1995): *Marketing Research: Methodological Foundations*, 6th ed. Forth Worth: Dryden Press.

Clayton, S., & Myers, G. (2009). Conservation psychology: Understanding and promoting human care for nature (pp. 15–33). Oxford, UK: Blackwell.

Dunlap, R. and W. Catton (1979) 'Environmental Sociology', Annual Review of Sociology 5:243-273.

Dunlap, R. E., & Jones, R. E. (2002). Environmental concern: Conceptual and measurement issues. In R. E. Dunlap & W. Michelson (Eds.), Handbook of environmental sociology (pp. 482–524). Westport, CT: Greenwood Press.

Dunlap, R. E., & Van Liere, K. (1978). The new environmental paradigm. Journal of Environmental Education, 9, 10–19.

Dunlap, R. E., Van Liere, K. D., Mertig, A. G., & Jones, R. E. (2000). Measuring endorsement of the new environmental paradigm: A revised NEP scale. Journal of Social Issues, 56, 425–442.

Dunlap, R.E. & Catton, W.R. (1979). Environmental sociology. *Progress in Resource Management and Environmental Planning, John Wiley.* & Sons, 57-85.

Ebreo, A., Hershey, J., & Vining, J. (1999). Reducing solid waste: Linking recycling to environmentally responsible consumerism. Environment and Behavior, 31, 107–135.

Ellis, R. J., & Thompson, F. (1997α). Cultureand thee nvironment in theP acific Northwest. *American Political Science Review*, *91*(4), 885-897.

Ellis, R. J., & Thompson, F. (1997β). Seeing green: Cultural biases and environmental preferences. In R. J. Ellis & M. Thompson (Eds.), *Culture matters*. Oxford, UK: Westview.

Gardner G.T. and Stern P.C. (1996). Environmental problems and human behavior. Allyn and Bacon.

Heberlein, T. A. (1981). Environmental attitudes. Zeitschrift for Umweltpolitik, 2, 241–270.

Himmelfarb, S. (1993). The measurement of attitudes. In A. H. Eagly & S. Chaiken (Eds.), The psychology of attitudes. Orland, FL: Harcourt Brace Javanovich.

Hines, J. M., Hungerford, H. R., & Tomera, A. N. (1986). Analysis and synthesis of research on responsible environmental behavior: A meta-analysis. Journal of Environmental Education, 18(2), 1-8.

Hungerford, H., & Volk, T. (1990). Changing learner behavior through environmental education. The Journal of Environmental Education, 21 (3), 8-22.

Induction of a Behavior-Based Decision Support System. Applied Psychology: An International Review, 57(1): 151–172.

Johnson, C. Y., Bowker, J. M., & Cordell, H. K. (2004). Ethnic variation in environmental belief and behavior. Environment and Behavior, 36, 157–186.

Kaiser G. F., Midden C., Cervinka R. (2007). Evidence for a Data-Based Environmental Policy:

Kaiser G.F. Ranney M. Hartig T. and Bowler A.P. (1999). Ecological Behavior, Environmental Attitude, and Feelings of Responsibility for the Environment. European Psychologist, 4 (2): 59-74.

Kaiser, F. G. (1998). A general measure of environmental behavior. *Journal of Applied Social Psychology, 28,* 395-422.

Kaiser, F. G., & Biel, A. (2000). Assessing general ecological behavior: A cross cultural comparison between Switzerland and Sweden. *European Journal of Social Psychology, 16,* 44-52.

Kaiser, F. G., & Keller, C. (2001). Disclosing situational constraints to ecological behavior: A confirmatory application of the mixed Rasch model. *European Journal of Psychological Assessment, 17,* 212-221.

Kaplan, S. (2000). Human nature and environmentally responsible Behavior. Journal of Social Issues, 56, 491–508.

Kerlinger, F. (1979). *Foundations of Behavior Research*. London: Holt, Rinehart and Winston.

Khatum, T. (2009). Measuring environmental degradation by using principal component analysis. Environment, Development and Sustainability (11): 439–457.

Kopnina, H. (2011) 'What about that wrapper? Using consumption diaries in green education'. In *Environmental Anthropology Today*. Edited by H. Kopnina and E. Shoreman-Ouimet, New York and Oxford: Routledge.

Kotchen M and Reiling SD., 2000., "Environmental attitudes, motivations, and contingent valuation of nonuse values: A case study involving endangered species." *Ecological Economics* 31(1), 93–107.

La Trobe HL, Acott TG (2000). Modified NEP/DSP Environmental Attitudes Scale. Journal of Environmental Education 32: 12–20.

Lalonde, R., & Jackson, E. L. (2002). The New Environmental Paradigm Scale: Has it outlived its usefulness? *The Journal of Environmental Education*, 33(4), 28–36.

Mobley, C., Vagias, W. M., & DeWard, S. L. (2010). Exploring additional determinants of environmentally responsible behavior: The influence of

environmental literature and environmental attitudes. Environment and Behavior, 42, 420–447.

Netemeyer, R. G., Burton, S., & Johnston, M. (1991). A comparison of two models for the prediction of volitional and goal- directed behaviors: A confirmatory analysis approach. *Social Psychology Quarterly, 54, 87-100.*

O'Connor, R.E., Bord, R.J., & Fisher, A. (1999). Risk perceptions, general environmental beliefs, and willingness to address climate change. Risk Analysis, 19,461-471.

Oerke B., Bogner X.F.(2011). Social Desirability, Environmental Attitudes, and General Ecological Behaviour in Children, International Journal of Science Education, DOI:10.1080/09500693.2011.566897.

Oskamp, S. (2000). Psychological contributions to achieving an ecologically sustainable future for humanity. Journal of Social Issues, 56(3), 373-390.

Pahl, S., Harris, P., Todd, H. A., & Rutter, D. (2005). Comparative optimism for environmental risks. Journal of Environmental Psychology, 25, 1–11.

Rauwald, K. S., & Moore, C. F. (2002). Environment attitudes as predictors of policy support across three countries. Environment and Behavior, 34, 709–739.

Schultz W.P. (*2000).* Empathizing With Nature: The Effects of Perspective Taking on Concern for Environmental Issues. *Journal of Social Issues, 56: (3) 391–406.*

Schultz, P. W. (2001). Assessing the structure of environmental concern: Concern for self, other people, and the biosphere. Journal of Environmental Psychology, 21, 327-339.

Schultz, P. W., & Zelezny, L. C. (1999). Values as predictors of environmental attitudes: Evidence for consistency across 14 countries. Journal of Environmental Psychology, 19, 255–265.

Schultz, P. W., Shriver, C., Tabanico, J. J., & Khazian, A. M. (2004). Implicit connections with nature. Journal of Environmental Psychology, 24, 31–42.

Schultz, P. W., Shriver, C., Tabanico, J., & Khazian, A. (2004). Implicit connections with nature. Journal of Environmental Psychology, 24,31-42

Schultz, P. W., Unipan, J. B., & Gamba, R. J. (2000). Acculturation and ecological worldview among Latino Americans. Journal of Environmental Education, 31, 22–27.

Schultz, P.W. (2001). Assessing the structure of environmental concern: Concern for the self, other people, and the biosphere. Journal of Environmental Psychology, 21, 327–339.

Schultz, P.W.(2000). Empathizing with nature: The effects of perspective taking on concern for environmental issues. Journal of Social Issues, 56, 391–406.

Scott, D., & Willits, F. K. (1994) Environmental attitudes and behavior: A Pennsylvania survey. Environment and Behavior, 26, 239–260.
social-psychological context. Environment and Behavior, 27, 723–743.

Stern, P. C. (2000). Toward a coherent theory of environmentally significant behavior. Journal of Social Issues, 36, 407-424.

Stern, P. C. 1992. Psychological dimensions of global environmental change. Annual Reviews of Psychology 43, 269 - 302.

Stern, P. C., Dietz, T., & Kalof, L. (1993). Value orientations, gender, and environmental concern. Environment and Behavior, 25, 322–348. Empathizing With Nature 405

Stern, P. C., Dietz, T., Guagnano, G. A. (1995). The new ecological paradigm in social-psychological context. Environment and Behavior, 27, 723–743.

Stern, P. C., Dietz, T., Kalof, L., & Guagnano, G. A. (1995). Values, beliefs, and proenvironmental action: Attitude formation toward emergent attitude objects. Journal of Applied Social Psychology, 25, 1611–1636.

Tarrant, M. A., & Cordell, H. K. (1997). The effect of respondent characteristics on general environmental attitude-behavior correspondence. Environment and Behavior, 29, 618–637.

Van Petegem, P. and Blieck, A. (2006) The environmental worldview of children: across-cultural perspective. Environmental Education Research, 12, (5): 625 – 635.

Vining J. and Ebreo A. (1992). Predicting behavior from global and specific environmental attitudes and changes in recycling opportunities. Journal of Applied Social Psychology, 22, 1580-1607.

Widegren, O. (1998). The new environmental paradigm and personal norms. Environment & Behavior, 30, 75–100.

Winter, D., & Koger, S. D. (2004). Psychology of everyday problems (2nd ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum

Yencken, D., Fein, J., & Sykes, H. (2000). Environment, education, and society in the Asia–Pacific. London: Routledge.

Χάλκος Γ. (2011). Στατιστική. Τυπηθήτω. Αθήνα.

Zelezny, L.C. & Schultz, P.W. (eds.). 2000. Promoting environmentalism. Journal of Social Issues 56, 3, 365–578.

Εφαρμογή της Μεθόδου Εξαρτημένης Αξιολόγησης για την υποστήριξη λήψης αποφάσεων και διαμόρφωσης πολιτικών στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων

Απόστολος Γαγλίας[1], Χρήστος Τουρκολιάς[1] & Σεβαστιανός Μοιρασγεντής[2]
[1]Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών
Εργαστήριο. Βιομηχανικής & Ενεργειακής Οικονομίας,
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου Αθήνα 15780
[2]Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης
Ανάπτυξης, Ι. Μεταξά και Βασ. Παύλου, Παλαιά Πεντέλη15236
agaglias@gmail.com ctourkolias@teemail.gr seba@noa.gr

Περίληψη
Η διαχείριση απορριμμάτων συνιστά ένα ιδιαίτερα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο στην Ελλάδα, και πολύ συχνά η επιλογή των τεχνολογιών διαχείρισης και η χωροθέτηση των απαιτούμενων υποδομών αποτελεί αντικείμενο έντονων αντιπαραθέσεων. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση σε χρηματικούς όρους της περιβαλλοντικής υποβάθμισης που προκαλείται από την ανάπτυξη Χώρων Υγειονομικής Ταφής Υπολλειμάτων (ΧΥΤΥ) σε νησιωτικές περιοχές και ο υπολογισμός του ύψους των αντισταθμιστικών ωφελειών που θα πρέπει να λάβει η κοινότητα στην περιοχή της οποίας θα χωροθετηθούν οι απαραίτητες υποδομές. Για το σκοπό αυτό εφαρμόζεται η Μέθοδος της Εξαρτημένης Αξιολόγησης (Contingent Valuation Method), όπου μέσω έρευνας πεδίου και τη χρήση κατάλληλα σχεδιασμένου ερωτηματολογίου επιδιώκεται η καταγραφή των απόψεων των κατοίκων μιας περιοχής σε σχέση με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΧΥΤΥ. Κεντρικό σημείο του ερωτηματολογίου είναι η οικονομική ερώτηση που τίθεται, όπου οι ερωτώμενοι καλούνται να δηλώσουν το χρηματικό ποσό που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν με σκοπό την παροχή αντισταθμιστικών ωφελειών στην κοινότητα χωροθέτησης του νέου ΧΥΤΥ. Η έρευνα πεδίου πραγματοποιήθηκε στην Ικαρία. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η μέση προθυμία πληρωμής στην προοπτική θέσπισης αντισταθμιστικών ωφελειών για την περιοχή χωροθέτησης του ΧΥΤΥ ανέρχεται σε 6,5-6,7 €/δίμηνο και νοικοκυριό, εξασφαλίζοντας τελικά περίπου 94.000-97.000 €/έτος.

Λέξεις Κλειδιά: Διαχείριση απορριμμάτων, αντισταθμιστικά οφέλη, Μέθοδος Εξαρτημένης Αξιολόγησης, προθυμία για πληρωμή.

JEL Κωδικοί: Q51, Q53, Q58.

1. Εισαγωγή

Η ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η χώρα. Παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια, η κατάσταση παραμένει προβληματική σε αρκετές περιφέρειες, συμπεριλαμβανομένης της Αττικής, ενώ συγχρόνως η πιθανότητα επίτευξης των νομικά δεσμευτικών σχετικών στόχων εντός των προθεσμιών που ορίζονται στις σχετικές Κοινοτικές Οδηγίες εξακολουθεί να παραμένει μικρή. Πολύ συχνά στις τοπικές κοινωνίες αλλά και στις κεντρικές και περιφερειακές αρχές αντικείμενο έντονου προβληματισμού και αντιπαραθέσεων αποτελούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των υποδομών που

απαιτούνται για τη διαχείριση των απορριμμάτων, η επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών διαχείρισης (για παράδειγμα υπάρχει μια γενικευμένη άρνηση του πληθυσμού στην εγκατάσταση μονάδων καύσης), η χωροθέτηση των απαιτούμενων υποδομών (μονάδες επεξεργασίας στερεών αποβλήτων, Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων/Υπολειμμάτων – ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ – κλπ.), η τιμολόγηση των υπηρεσιών αποκομιδής των απορριμμάτων, το ύψος των αντισταθμιστικών ωφελειών που θα πρέπει να λαμβάνουν κοινότητες που φιλοξενούν οχλούσες υποδομές διαχείρισης απορριμμάτων, κλπ.

Η περιβαλλοντική οικονομία είναι ένας σχετικά νέος κλάδος της οικονομικής επιστήμης που χρησιμοποιείται ευρύτατα τα τελευταία χρόνια για τη λήψη αποφάσεων και τη διαμόρφωση πολιτικών σε διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα. Στόχος λοιπόν της παρούσας εργασίας είναι η αξιοποίηση τεχνικών της οικονομικής του περιβάλλοντος για τη διερεύνηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης που προκαλείται από τη λειτουργία υποδομών διαχείρισης απορριμμάτων, καθώς και του ύψους των αντισταθμιστικών ωφελειών που θα πρέπει να θεσπιστούν για τη χρηματοδότηση περιβαλλοντικών και κοινωνικών έργων στις περιοχές χωροθέτησης. Βασική ιδέα των προσεγγίσεων αυτών είναι η εκτίμηση σε χρηματικούς όρους των προκαλούμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ώστε άμεσα να εκτιμάται η σοβαρότητά τους και να μπορούν να ενσωματωθούν στα κλασσικά οικονομικά εργαλεία λήψης αποφάσεων και σχεδιασμού. Στην παρούσα εργασία εφαρμόζεται η Μέθοδος της Εξαρτημένης Αξιολόγησης (Contingent Valuation Method - CVM), όπου μέσω ερευνών πεδίου και τη χρήση κατάλληλα σχεδιασμένου ερωτηματολογίου επιδιώκεται η καταγραφή των απόψεων των κατοίκων μιας περιοχής σε σχέση με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΧΥΤΥ και του ύψους των αντισταθμιστικών ωφελειών που πρέπει να θεσπιστούν. Η έρευνα πεδίου πραγματοποιήθηκε στην Ικαρία, περιοχή στην οποία το πρόβλημα διαχείρισης των απορριμμάτων είναι έντονο, ενώ οι διαθέσιμες εναλλακτικές επιλογές περιορίζονται λόγω της νησιωτικότητας και του σχετικά μικρού πληθυσμιακού μεγέθους.

Στις επόμενες λοιπόν ενότητες της παρούσας εργασίας, κατ' αρχήν παρουσιάζονται οι δυνατότητες εφαρμογής τεχνικών οικονομικής αποτίμησης περιβαλλοντικών αγαθών και ιδιαίτερα της Μεθόδου Εξαρτημένης Αξιολόγησης σε προβλήματα διαχείρισης απορριμμάτων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται διεξοδικά η Μέθοδος Εξαρτημένης Αξιολόγησης. Ακολουθεί η παρουσίαση της μελέτης περίπτωσης, με αναλυτικά στοιχεία για την περιοχή ενδιαφέροντος, την εφαρμογή της μεθόδου και τα βασικά αποτελέσματά της. Στην τελευταία ενότητα συνοψίζονται τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας.

2. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Μέχρι σήμερα διάφορες τεχνικές οικονομικής αποτίμησης περιβαλλοντικών αγαθών έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση προβλημάτων που σχετίζονται με τη διαχείριση απορριμμάτων τόσο σε αναπτυγμένες, όσο και σε αναπτυσσόμενες χώρες. Ενδεικτικά παραδείγματα αποτελούν η εφαρμογή της Μεθόδου Εξαρτημένης Αξιολόγησης στην Ντάκα του Μπαγκλαντές προκειμένου να διερευνηθεί η προθυμία πληρωμής (WTP) των κατοίκων για τη βελτίωση του συστήματος συλλογής των απορριμμάτων στην πόλη (Afroz et al. 2009), η εφαρμογή της μεθόδου Κόστους Ταξιδίου για την εκτίμηση της αξίας του συστήματος συλλογής επικίνδυνων αποβλήτων από τα νοικοκυριά περιοχής της Ουάσιγκτον και της συμβολής του στην κοινωνική ευημερία (Anex, 1994), η εφαρμογή της μεθόδου Μοντέλων Επιλογής για τη διερεύνηση των προτιμήσεων των νοικοκυριών σε σχέση με την ανάπτυξη υπηρεσιών ανακύκλωσης στην πόλη του Λονδίνου (Karousakis and Birol, 2008), κλπ.

Ειδικότερα όσον αφορά τη Μέθοδο Εξαρτημένης Αξιολόγησης, έχει αξιοποιηθεί σε ποικίλα προβλήματα διαχείρισης απορριμμάτων. Συγκεκριμένα, έχει χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση προγραμμάτων και τεχνικών έργων διαχείρισης στερεών αποβλήτων συμπεριλαμβανομένης της ανακύκλωσης (ενδεικτικά Jin et al. 2006, du Vair and Loomis 1993, Parra et al 2008, Vásquez et al 2014, Lake et al. 1995, Danso et al. 2006), για την καταγραφή και ποσοτικοποίηση των προτιμήσεων των νοικοκυριών με σκοπό τη βελτίωση των υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων (Afroz et al. 2009; Afroz and Mehedi Masud 2011, Begum et al. 2007), για τον προσδιορισμό των απαιτήσεων των τοπικών κοινωνιών προκειμένου να χωροθετηθούν στη γειτνιάζουσα περιοχή υποδομές διαχείρισης απορριμμάτων (μονάδες καύσης, ΧΥΤΑ, κλπ.) και τον καθορισμό αντισταθμιστικών παροχών (Ferreira and Gallagher 2010), για την ποσοτικοποίηση σε οικονομικούς όρους των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία υποδομών διαχείρισης απορριμμάτων (Brisson and Pearce 1995), κλπ.

3. Η Μέθοδος Εξαρτημένης Αξιολόγησης

Η Μέθοδος Εξαρτημένης Αξιολόγησης στοχεύει στην οικονομική αποτίμηση περιβαλλοντικών αγαθών και επιπτώσεων που δεν εντάσσονται στον υφιστάμενο μηχανισμό αξιών, επιδιώκοντας τη διαμόρφωση υποθετικών αγορών, στο πλαίσιο των οποίων ο δυνητικός καταναλωτής καλείται, συνήθως με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίου, να εκφράσει τις προτιμήσεις του σχετικά με το πόσο είναι διατεθειμένος να πληρώσει προκειμένου να βελτιωθεί η υφιστάμενη κατάσταση ενός περιβαλλοντικού αγαθού, ή πόσο είναι διατεθειμένος να αποζημιωθεί προκειμένου να αποδεχθεί περαιτέρω υποβάθμισή του (Hanley et al. 1997). Η τεχνική αυτή έχει εφαρμοσθεί ευρέως μέχρι σήμερα διεθνώς και μάλιστα σε ιδιαίτερα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η εκτίμηση των επιπτώσεων από την πετρελαιοκηλίδα που δημιουργήθηκε από το ναυάγιο του δεξαμενόπλοιου Exxon-Valdez, κλπ. Η απλότητα στην εφαρμογή της και η αποτίμηση τόσο της αξίας χρήσης, όσο και της αξίας μη-χρήσης των εξεταζόμενων περιβαλλοντικών αγαθών θεωρούνται τα βασικά πλεονεκτήματά της. Παρά το γεγονός ότι έχουν διατυπωθεί αρκετά ερωτηματικά και κριτικές ως προς την αξιοπιστία της, το πόρισμα μιας ειδικής ομάδας εμπειρογνωμόνων με επικεφαλής δύο οικονομολόγους κατόχους του βραβείου Nobel που συστάθηκε για την αξιολόγησή της από την εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας στις ΗΠΑ, θεωρεί ότι είναι μια πολύ χρήσιμη αρχική εκτίμηση της αξίας των περιβαλλοντικών αγαθών και διατυπώνει συγκεκριμένες κατευθυντήριες οδηγίες για τη βελτίωση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της (Arrow et al. 1993).

Τα βασικά βήματα κατά την εφαρμογή της Μεθόδου Εξαρτημένης Αξιολόγησης περιλαμβάνουν:

1. *Αποσαφήνιση και οριοθέτηση του προβλήματος αποτίμησης*. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας το προς αποτίμηση αγαθό είναι η περιβαλλοντική υποβάθμιση που προκαλείται από τη λειτουργία ΧΥΤΥ στην Ικαρία και το ύψος των αντισταθμιστικών ωφελειών που πρέπει να δοθούν για να χρηματοδοτήσουν περιβαλλοντικά και κοινωνικά έργα στην περιοχή χωροθέτησης, ενώ ο πληθυσμός που επηρεάζεται είναι οι κάτοικοι του νησιού (οι επισκέπτες δεν λαμβάνονται υπόψη δεδομένου του μικρού σχετικά ρόλου του τουρισμού στη συνολική οικονομική δραστηριότητα της περιοχής).

2. *Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών της έρευνας πεδίου που θα πραγματοποιηθεί*. Συγκεκριμένα, επιλέγεται το μέγεθος και το προφίλ του δείγματος των ερωτηθέντων, ο τρόπος συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων (προσωπικές ή

τηλεφωνικές συνεντεύξεις, αποστολές ερωτηματολογίων μέσω email ή ταχυδρομείου, κλπ.). Αναλυτικά τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται στην Ενότητα 4.1 «Περιοχή Μελέτης και Σχεδιασμός της Έρευνας Πεδίου».

3. *Σχεδιασμός του ερωτηματολογίου*. Η βασική δομή του περιλαμβάνει: (α) εισαγωγικές ερωτήσεις με στόχο την κατανόηση της εξοικείωσης του ερωτώμενου με το υπό εξέταση περιβαλλοντικό αγαθό, (β) πληροφοριακό υλικό για το υπό αποτίμηση αγαθό και σαφής περιγραφή της ενδεχόμενης μεταβολής του, (γ) τον τρόπο και το χρονοδιάγραμμα πληρωμής του ποσού που οι ερωτώμενοι είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν για να βελτιώσουν ή να αποφύγουν την υποβάθμιση του αποτιμώμενου αγαθού, (δ) την οικονομική ερώτηση σχετικά με το ύψος της προθυμίας για πληρωμή, η οποία μπορεί να τεθεί είτε με ανοικτού τύπου ερώτηση (πόσο είστε διατεθειμένος να πληρώσετε για...), είτε με διχοτομικού τύπου ερωτήσεις, είτε με την παρουσίαση μιας κάρτας πληρωμής, όπου ο ερωτώμενος καλείται να επιλέξει το ποσό που είναι διατεθειμένος να πληρώσει και (ε) ερωτήσεις για τα κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά του ερωτώμενου. Αναλυτικότερα στοιχεία για το ερωτηματολόγιο που διαμορφώθηκε δίνονται και πάλι στην Ενότητα 4.1 «Περιοχή Μελέτης και Σχεδιασμός της Έρευνας Πεδίου», ενώ η προθυμία για πληρωμή διερευνήθηκε μέσω μιας ανοικτού τύπου ερώτησης.

4. *Διενέργεια της έρευνας πεδίου*. Το πληθυσμιακό δείγμα που θα κληθεί να συμπληρώσει τα ερωτηματολόγια επιλέγεται τυχαία από τον πληθυσμό αναφοράς με την εφαρμογή κατάλληλων στατιστικών τεχνικών δειγματοληψίας.

5. *Στατιστική επεξεργασία των ευρημάτων*. Στο τελευταίο αυτό βήμα της μεθόδου γίνεται επεξεργασία των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων χρησιμοποιώντας στατιστικές τεχνικές. Ο τρόπος που τίθεται η οικονομική ερώτηση προδιαγράφει σε σημαντικό βαθμό και το είδος της στατιστικής ανάλυσης που απαιτείται. Σε ανοιχτού τύπου οικονομικές ερωτήσεις, όπως αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα, πραγματοποιείται συνήθως ανάλυση παλινδρόμησης όπου η προθυμία πληρωμής συσχετίζεται με ποσοτικά ή/και ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπό εξέταση αγαθού αλλά και με κοινωνικο-οικονομικές παραμέτρους, με βάση μια εξίσωση της γενικής μορφής:

$$WTP_i = f(Q_i, Y_i, S_i) \quad (1)$$

όπου WTP_i το προτιθέμενο ποσό πληρωμής, Q_i η ποσότητα ή η ποιότητα των στατιστικά σημαντικών χαρακτηριστικών που επηρεάζουν την προθυμία πληρωμής, Y_i το εισόδημα και S_i στατιστικά σημαντικές κοινωνικο-οικονομικές παράμετροι που επηρεάζουν την προθυμία πληρωμής.

Η μέση προθυμία για πληρωμή υπολογίζεται, χρησιμοποιώντας τους συντελεστές του μοντέλου παλινδρόμησης και τις μέσες τιμές των παραμέτρων που συμμετέχουν σε αυτό. Εναλλακτικά, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και μη-παραμετρικές στατιστικές τεχνικές εκτίμησης της προθυμίας για πληρωμή όπως ο εκτιμητής Kaplan-Meier. Τέλος, έχοντας υπολογίζει τη μέση προθυμία για πληρωμή, η συνολική αξία του υπό εξέταση περιβαλλοντικού αγαθού ή της μεταβολής του υπολογίζεται με αναγωγή της τιμής αυτής στον πληθυσμό αναφοράς.

4. Αποτελέσματα και Συζήτηση

4.1 Περιοχή μελέτης και σχεδιασμός της έρευνας πεδίου

Όπως ήδη έχει αναφερθεί στόχος της έρευνας είναι η οικονομική αποτίμηση της περιβαλλοντικής όχλησης από τη λειτουργία ΧΥΤΥ και ο προσδιορισμός του ύψους των αντισταθμιστικών ωφελειών που είναι κοινωνικά αποδεκτό να αποδοθούν στην περιοχή χωροθέτησής του. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο νησί της Ικαρίας, δεδομένου ότι στο νησιωτικό χώρο παρουσιάζονται μέχρι σήμερα οι μεγαλύτερες καθυστερήσεις στην εφαρμογή της Κοινοτικής νομοθεσίας και σημαντικός αριθμός Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) εξακολουθούν να λειτουργούν, ενώ η νησιωτικότητα και ο μικρός σχετικά πληθυσμός αρκετών νησιών περιορίζει τις τεχνολογικές δυνατότητες και αυξάνει το κόστος διαχείρισης των απορριμμάτων.

Η Ικαρία είναι ένα νησί του Αιγαίου πελάγους, με έκταση 255 τετραγωνικά χιλιόμετρα και πληθυσμό 8.423 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή πληθυσμού της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας του 2011. Κατά το παρελθόν η διαχείριση των απορριμμάτων στο νησί γινόταν μέσω 3 ΧΑΔΑ (2 εξ αυτών είναι ακόμη σε λειτουργία), ενώ ο αναθεωρημένος Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Αποβλήτων προβλέπει τη λειτουργία 3 χώρων προσωρινής αποθήκευσης σε κοντέινερ ανακυκλώσιμων υλικών, 3 μονάδων κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών, μονάδας μηχανικής βιολογικής επεξεργασίας (δυναμικότητας 2.500 t/έτος) στην οποία θα γίνεται ανάκτηση μετάλλων και αναερόβια επεξεργασία οργανικών, ενός ΧΥΤΥ για την ταφή των υπολειμμάτων και οικιακή κομποστοποίηση. Εντούτοις, η κατασκευή του ΧΥΤΥ παρουσιάζει έντονες καθυστερήσεις καθώς οι κάτοικοι, έχοντας την εμπειρία της λειτουργίας των ΧΑΔΑ, θεωρούν βέβαιη την υποβάθμιση που θα προκαλέσει η λειτουργία του στην περιοχή τους και την αλλοίωση του τοπικού οικοσυστήματος, ενώ ταυτόχρονα έχουν προσφύγει στο Συμβούλιο της Επικρατείας ενάντια στη χωροθέτησή του.

Η έρευνα πεδίου έγινε την περίοδο Μάρτιος-Ιούλιος 2013 μέσω προσωπικών συνεντεύξεων. Συνολικά συμπληρώθηκαν 150 ερωτηματολόγια. Η σύνθεση του δείγματος όσον αφορά στο φύλο και στην ηλικία των ερωτώμενων βασίσθηκε στο δημογραφικό προφίλ των κατοίκων της Ικαρίας με βάση την απογραφή πληθυσμού του 2011, ενώ με πληθυσμιακά κριτήρια έγινε και η διασπορά των ερωτηματολογίων που συμπληρώθηκαν ανά οικισμό της περιοχής ενδιαφέροντος.

Όσον αφορά στη δομή του ερωτηματολογίου, στο πρώτο μέρος του συμπεριλήφθησαν 7 ερωτήσεις που στόχο είχαν να διερευνήσουν το βαθμό ενημέρωσης των ερωτώμενων σε σχέση με το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων και τον υφιστάμενο Περιφερειακό Σχεδιασμό, καθώς και να καταγράψουν τις απόψεις τους σε σχέση με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούν οι ΧΑΔΑ και οι ΧΥΤΥ, την αναγκαιότητα θέσπισης αντισταθμιστικών ωφελειών για την περιοχή χωροθέτησης του ΧΥΤΥ, κλπ.

Στη συνέχεια, τέθηκε η οικονομική ερώτηση, όπου θεωρώντας ότι για το Δημοτικό Διαμέρισμα που τελικά θα χωροθετηθεί ο ΧΥΤΥ (δεν προδιαγράφεται ποιο θα είναι αυτό) θα πρέπει να προβλεφθούν αντισταθμιστικά οφέλη (π.χ. υλοποίηση περιβαλλοντικών έργων, απαλλαγή των κατοίκων από δημοτικά τέλη, κλπ.), οι ερωτώμενοι καλούνται να δηλώσουν ένα ποσό που είναι εύλογο να πληρώνουν σε σταθερή βάση μέσω των δημοτικών τελών προκειμένου να χρηματοδοτηθούν τα εν λόγω αντισταθμιστικά οφέλη. Η προθυμία πληρωμής διερευνάται μέσω ανοικτού τύπου οικονομική ερώτηση, ενώ προσδιορίζεται και το μέσο πληρωμής (δημοτικά τέλη ανά νοικοκυριό πληρωτέα σε δημινιαία βάση). Επιπλέον, με πρόσθετη ερώτηση

διερευνώνται οι λόγοι που κάποιοι κάτοικοι δηλώνουν μηδενική τιμή ή απροθυμία πληρωμής.

Στο τελευταίο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονταν 8 ερωτήσεις μέσω των οποίων αποτυπώνονται δημογραφικά και κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά του ερωτώμενου, ώστε αφενός να εξασφαλίζεται η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος και αφετέρου να διερευνηθεί πώς μια σειρά από κοινωνικο-οικονομικές παραμέτρους είναι δυνατόν να επηρεάσουν την προθυμία πληρωμής.

4.2 Αποτελέσματα έρευνας πεδίου

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας που πραγματοποιήθηκε το ζήτημα της διαχείρισης των απορριμμάτων θεωρείται ως πολύ σημαντικό από το 96% του δείγματος, υψηλότερο από κάθε άλλο τοπικό πρόβλημα (περιβαλλοντικό ή μη) που αναφέρθηκε. Φαίνεται ότι το πρόβλημα απασχολεί σε σημαντικό βαθμό την τοπική κοινωνία, η οποία ήταν καλά πληροφορημένη σε σχέση με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΧΑΔΑ και των ΧΥΤΥ. Συγκεκριμένα, το 98% των ερωτώμενων θεωρούν ότι οι ΧΑΔΑ έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις αναφέροντας συχνότερα τη ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα και του υπεδάφους, καθώς και τις επιπτώσεις στη χλωρίδα και πανίδα. Αντίθετα, 68% του δείγματος θεωρεί ότι ένας ΧΥΤΥ δεν προκαλεί καθόλου ή προκαλεί μικρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ενώ 30% του δείγματος θεωρεί ότι οι ΧΥΤΥ προκαλούν σημαντική περιβαλλοντική υποβάθμιση ακόμη και ανάλογη με αυτή των ΧΑΔΑ. Τέλος, περίπου 51% του δείγματος ήταν ενήμερο για τις προβλέψεις του αναθεωρημένου Περιφερειακού Σχεδιασμού για τη διαχείριση απορριμμάτων στην Ικαρία.

Η ανταπόκριση του δείγματος στην πιθανότητα χρηματικής συνεισφοράς για την παροχή αντισταθμιστικών ωφελειών στην Κοινότητα που θα κατασκευαστεί ο ΧΥΤΥ στο νησί ήταν ικανοποιητική. Ένα σημαντικό ποσοστό νοικοκυριών (65%) δέχεται να συνεισφέρει κάποιο χρηματικό ποσό σε σταθερή βάση μέσω αύξησης των δημοτικών τελών, ποσό που θα χρησιμοποιείται απευθείας από την Κοινότητα στα όρια της οποία θα χωροθετηθεί ο νέος ΧΥΤΥ.

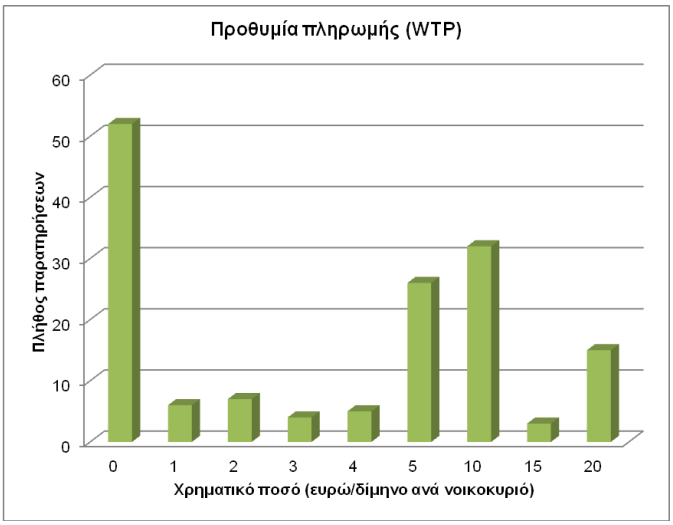
Το ποσοστό του δείγματος που αρνήθηκε να συνεισφέρει κάποιο χρηματικό ποσό για την υιοθέτηση αντισταθμιστικών ωφελειών ήταν 35%. Όμως, αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειονότητα όσων δεν δέχονται να πληρώσουν και συγκεκριμένα ποσοστό 59% εξ αυτών δηλώνουν αδυναμία πληρωμής κάποιου ποσού λόγω κακής οικονομικής κατάστασης του νοικοκυριού τους. Συνεπώς, παρατηρείται ότι μόλις το 14% του συνολικού δείγματος είναι αντίθετοι στην προοπτική χρηματικής συνεισφοράς για την παροχή αντισταθμιστικών ωφελειών για τη λειτουργία του ΧΥΤΥ. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως είναι η ελλιπής ενημέρωση σε περιβαλλοντικά ζητήματα, η γενική άρνηση σε οποιαδήποτε πληρωμή ή η ελλιπής κατανόηση του ερωτηματολογίου.

4.3 Προθυμία πληρωμής - Στατιστική επεξεργασία

Η οικονομική ερώτηση αποτελεί την καρδιά της έρευνας πεδίου που διενεργήθηκε, διερευνώντας την προθυμία πληρωμής των κατοίκων της Ικαρίας για τη θέσπιση αντισταθμιστικών ωφελειών προς την Κοινότητα χωροθέτησης του νέου ΧΥΤΥ. Συγκεκριμένα, διερευνά πόσα χρήματα επιπλέον είναι διατεθειμένοι να πληρώνουν οι ερωτώμενοι κάθε δίμηνο μέσω των δημοτικών τελών, ώστε να δοθούν αντισταθμιστικά οφέλη στην Κοινότητα που θα επιλεγεί να χωροθετηθεί ο νέος ΧΥΤΥ στο νησί. Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά οι απαντήσεις των κατοίκων στην παραπάνω ερώτηση. Όπως ήδη αναφέρθηκε, το 35% των ερωτώμενων

δεν δέχονται να πληρώσουν κάποιο ποσό (δηλώνουν μηδενική τιμή ή απροθυμία πληρωμής). Το 15% του δείγματος είναι διατεθειμένο να συνεισφέρει με σχετικά μικρά ποσά από 1 έως και 4 €/δίμηνο. Το 17% των ερωτώμενων δέχονται να συνεισφέρουν με 5 €/δίμηνο, ενώ ποσοστό 33% δηλώνει προθυμία πληρωμής 10 €/δίμηνο και άνω.

Διάγραμμα 1: Προθυμία πληρωμής για την παροχή αντισταθμιστικών ωφελειών στην περιοχή χωροθέτησης του νέου ΧΥΤΥ Ικαρίας.



Πραγματοποιήθηκε παραμετρική και μη-παραμετρική στατιστική ανάλυση της προθυμίας πληρωμής στο σύνολο του δείγματος εξαιρουμέων του τμήματος με απροθυμία πληρωμής (εντούτοις συμπεριλήφθησαν τα άτομα που δήλωσαν μηδενική τιμή λόγω της άσχημης οικονομικής τους κατάστασης). Με βάση τη μη-παραμετρική ανάλυση η μέση προθυμία πληρωμή υπολογίστηκε σε 6,5 €/δίμηνο και νοικοκυριό, ενώ η διάμεσος αντίστοιχα σε 5 €/δίμηνο και νοικοκυριό.

Όσον αφορά στην παραμετρική ανάλυση, εξετάσθηκαν διάφορα μοντέλα παλινδρόμησης και τελικά επιλέχθηκε αυτό που παρατίθεται στον Πίνακα 1. Με βάση το επιλεγέν μοντέλο παλινδρόμησης η προθυμία πληρωμής επηρεάζεται από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Μεγαλύτερη προθυμία πληρωμής καταγράφεται από άτομα με υψηλότερο επίπεδο μόρφωσης. Η παρατήρηση αυτή είναι λογική, καθώς δείχνει ότι η παιδεία και εν γένει η γνώση των περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι σημαντική παράμετρος για την υιοθέτηση ορθολογικών πολιτικών διαχείρισης των απορριμμάτων.
- Οι ερωτώμενοι που δεν αναφέρουν την ύπαρξη ΧΥΤΑ ως μέθοδο διαχείρισης των απορριμμάτων τείνουν να συνεισφέρουν περισσότερα χρήματα. Αυτό ερμηνεύεται από το γεγονός ότι οι περισσότεροι εξ αυτών ανέφεραν τη λύση του ΧΥΤΥ, κάτι που δείχνει αρκετά καλή ενημέρωση σε σχέση με τις τεχνικές διαχείρισης απορριμμάτων. Και πάλι επομένως οι ερωτώμενοι με μεγαλύτερες γνώσεις στο ζήτημα φαίνεται ότι είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν μεγαλύτερα ποσά.
- Οι ερωτώμενοι που συμφωνούν με την παροχή αντισταθμιστικών ωφελειών στο Δημοτικό Διαμέρισμα χωροθέτησης του νέου ΧΥΤΥ δέχονται να συνεισφέρουν και υψηλότερα ποσά.

- Τα άτομα που θεωρούν μικρή την περιβαλλοντική υποβάθμιση που προκαλεί ένας ΧΥΤΥ τείνουν να συνεισφέρουν υψηλότερο χρηματικό ποσό. Αν και το συμπέρασμα αυτό κατ' αρχήν μοιάζει αντιφατικό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι πράγματι οι ενημερωμένοι πολίτες αναγνωρίζουν ότι οι ΧΥΤΥ έχουν κάποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μικρότερες όμως σε σχέση με εναλλακτικές μεθόδους διαχείρισης, και επομένως θα πρέπει να υπάρξουν αντισταθμιστικά οφέλη για την εγκατάστασή τους. Αντίθετα, πολίτες που θεωρούν ότι οι ΧΥΤΥ έχουν πολύ μεγάλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι αρνητικοί σε έναν τέτοιο διακανονισμό, θεωρώντας ότι και θα επιβαρυνθούν οικονομικά και θα υπάρξουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, πιθανά δε όχι μόνο σε τοπική κλίμακα.

Με βάση το γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης που διαμορφώθηκε στο πλαίσιο της παραμετρικής ανάλυσης, η μέση τιμή προθυμίας πληρωμής υπολογίστηκε σε 6,7 €/δίμηνο και νοικοκυριό, πολύ κοντά στα αποτελέσματα της μη-παραμετρικής ανάλυσης.

Λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των νοικοκυριών της Ικαρίας, υπολογίστηκε ότι με βάση την προθυμία πληρωμής των κατοίκων, το ύψος των αντισταθμιστικών ωφελειών για τη χρηματοδότηση περιβαλλοντικών έργων και κοινωνικών δράσεων στην περιοχή χωροθέτησης του νέου ΧΥΤΥ είναι κοινωνικά αποδεκτό να φτάσει τα 94.000-97.000 €/έτος. Το ποσό αυτό θα μπορούσε να είναι ακόμη μεγαλύτερο αν υπήρχε πρόσθετη χρηματική συμβολή από επιχειρήσεις και επισκέπτες του νησιού, που δεν συμπεριλήφθησαν στην παρούσα ανάλυση.

Η συνολική ετήσια παραγόμενη ποσότητα αστικών απορριμμάτων στην Ικαρία εκτιμάται για το 2013 σε περίπου 4.000 t (Γιαννίρης, κ.α. 2014). Επομένως, η εφαρμογή αντισταθμιστικών ωφελειών με βάση τα ευρήματα αυτής της εργασίας θα επιβάρυνε το κόστος διαχείρισης των απορριμμάτων με ένα ποσό της τάξης των 24 €/t απορρίμματος.

Πίνακας 1: Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης

Μεταβλητή	**Κωδικοποίηση**	**Συντελεστής παλινδρόμησης**	**t**	**P**	**Τυπική απόκλιση**
Επίπεδο μόρφωσης	**0**: Δημοτική εκπαίδευση, **1**: Γυμνάσιο, **2**: Τεχνική / επαγγελματική σχολή, **3**: Λύκειο, **4**: ΤΕΙ/ΚΑΤΕΕ, **5**: ΑΕΙ, **6**: με Μεταπτυχιακό	0,78	2,14	0,04	0,36
Αναφορά ΧΥΤΑ ως μέσο διαχείρισης απορριμμάτων	**0**: Όχι, **1**: Ναι	-3,15	-2,69	0,01	1,17
Συμφωνία για παροχή αντιστ. ωφελειών	**0**: Όχι, **1**: Ναι	2,10	1,69	0,09	1,25
Συμβολή ΧΥΤΥ στην περιβαλλοντική υποβάθμιση	**1**: Δεν προκαλούνται επιπτώσεις, **2**: Μικρές επιπτώσεις, **3**: Σημαντικές επιπτώσεις, **4**: Επιπτώσεις ανάλογες ΧΑΔΑ	-2,90	-4,16	0,00	0,70
Σταθερά		9,50	4,33	0,00	2,19
R^2					21%
Adj. R^2					18%

5. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία έγινε εφαρμογή της Μεθόδου Εξαρτημένης Αξιολόγησης προκειμένου να εκτιμηθούν σε οικονομικούς όρους οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από τη λειτουργία του σχεδιαζόμενου νέου ΧΥΤΥ Ικαρίας και να προσδιορισθεί το ύψος των αντισταθμιστικών ωφελειών που είναι κοινωνικά αποδεκτό να λάβει η περιοχή χωροθέτησής του με στόχο την υλοποίηση περιβαλλοντικών έργων και κοινωνικών δράσεων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι το 65% των νοικοκυριών του νησιού συμφωνεί με την παροχή αντισταθμιστικών ωφελειών δηλώνοντας θετική προθυμία πληρωμής. Από το υπόλοιπο 35% πάνω από τα μισά νοικοκυριά συμφωνούν με τη λογική των αντισταθμιστικών παροχών, εντούτοις δήλωσαν μηδενική προθυμία πληρωμής λόγω περιορισμένων οικονομικών πόρων την περίοδο της έρευνας. Η μέση προθυμία πληρωμής που υπολογίστηκε ανέρχεται στα επίπεδα των 6,5-6,7 €/δίμηνο και νοικοκυριό, διαμορφώνοντας το συνολικό ύψος των αντισταθμιστικών ωφελειών που είναι κοινωνικά αποδεκτό να δοθούν για τη λειτουργία του νέου ΧΥΤΥ στα επίπεδα των 94.000-97.000 €/έτος. Η υιοθέτηση μιας τέτοιας πολιτικής συνεπάγεται επιβάρυνση στο κόστος διαχείρισης των απορριμμάτων της Ικαρίας κατά 24 €/t απορρίμματος.

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, φαίνεται ότι οι τεχνικές της περιβαλλοντικής οικονομίας μπορούν να δώσουν χρήσιμες ποσοτικές πληροφορίες συμβάλλοντας στη βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων στον τομέα της διαχείρισης των απορριμμάτων και στην προώθηση λύσεων που βελτιώνουν την ποιότητα του περιβάλλοντος και συναντούν την κοινωνική αποδοχή. Θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι με τη συμβολή της περιβαλλοντικής οικονομίας μπορεί να διαμορφωθεί ένα νέο πλαίσιο διαλόγου στον τομέα της διαχείρισης των απορριμμάτων, διευκολύνοντας την επικοινωνία και τη διαβούλευση μεταξύ περιφερειακών και τοπικών αρχών, τεχνοκρατών και κοινού, με στόχο την πληροφόρηση του πληθυσμού και την προώθηση αποτελεσματικών τεχνικών λύσεων που να συνάδουν με την κοινωνική αποδοχή.

Βιβλιογραφία

Afroz R., Hanaki K., Hasegawa-Kurisu K. (2009). Willingness to pay for waste management improvement in Dhaka city, Bangladesh. Journal of Environmental Management 90, 492-503.

Afroz R., Mehedi Masud M. (2011). Using a contingent valuation approach for improved solid waste management facility: Evidence from Kuala Lumpur, Malaysia. Waste Management 31, 800-808.

Anex R. P. (1995). A Travel-Cost Method of evaluating household hazardous waste disposal services. Journal of Environmental Management 45, 189-198.

Arrow K, Solow R, Portney P.R, Leamer E.E, Radner R. and Schuman H. (1993). Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation, Federal Register 58(10), 4601-4614.

Begum R. A., Siwar C., Pereira J. J., Jaafar A. H., (2007). Factors and values of willingness to pay for improved construction waste management – A perspective of Malaysian contractors. Waste Management 27, 1902-1909.

Brisson I., Pearce D., (1995). Benefits transfer for disamenity from waste disposal. CSERGE working paper WM 95-06.

Γιαννίρης Γ., Γαγλίας Γ., Κεφαλάς Τ., Κυρλαγκίτση Ι., Μουλά Μ., Φωτιάδης Μ., (2014). Πρόταση συνεννόησης και κοινής δράσης των φορέων της Ικαρίας για τη διαχείριση τοων απορριμμάτων. Ομάδα Εργασίας Συλλόγου Ικαριών Επιστημόνων.

du Vair P., Loomis J., (1993). Household's valuation of alternative levels of hazardous waste risk reductions: an application of the referendum format Contingent Valuation Method. Journal of Environmental Management 39, 143-155.

Ferreira S., Gallagher L. (2010). Protest responses and community attitudes toward accepting compensation to host waste disposal infrastructure. Land Use Policy 27, 638-652.

Hanley N., Shogren J.F., White B. (1997). Environmental Economics in Theory and Practice, MacMillan press Ltd.

Jin J., Wang Z., Ran S. (2006). Comparison of contingent valuation and choice experiment in solid waste management programs in Macao. Ecological Economics 57, 430-441.

Karousakis K. and Birol E., (2008). Investigating household preferences for kerbside recycling services in London: A choice experiment approach. Journal of Environmental Management 88, 1099-1108.

Parra S., Fernando J. Aguilar F. J., Calatrava J., (2008). Decision modelling for environmental protection: The contingent valuation method applied to greenhouse waste management. Biosystem Engineering 99, 469-477.

Vásquez O. C., Álvarez A., Silvad J., Muga A. P., (2014). Towards the estimation of demand for recycling in Chile: The case of Santiago. Resources, Conservation and Recycling 82, 94-102.

Ανάλυση κινδύνου για τη ρύπανση των υπόγειων υδάτων

Χρήστος Π. Κίτσος
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας
xkitsos@teiath.gr

Περίληψη
Σε αυτή την εργασία παρουσιάζονται και αναλύονται οι εκτιμήσεις της έκθεσης σε περιβάλλον ρύπανσης (χαρακτηριστικά πηγής, κατάσταση υπόγειων υδάτων, αξιολόγηση μεταφοράς των υδάτων) και η αξιολόγηση στατιστικά της δόσης-απόκρισης γενικά. Παρατηρείται αρχικά ότι η ρύπανση των υπόγειων υδάτων διαφέρει από άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα λόγω του ότι παρουσιάζει ο προσδιορισμός μέτρησης μεγαλύτερη αβεβαιότητα. Στη συνέχεια εξετάζεται η εκτίμηση του περιβαλλοντικού κινδύνου για την επιπλέον αβεβαιότητα. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιείται ένας αριθμός κατάλληλων στατιστικών μοντέλων και προτείνεται η Ανάλυση Κινδύνου ως η μέθοδος μελέτης της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.

Λέξεις Κλειδιά: Αβεβαιότητα, Ανάλυση Κινδύνου, υπόγεια ύδατα.

JEL Κωδικοί: Q50, Q53.

Risk analysis for the groundwater contamination

Christos P. Kitsos
Department of Informatics Technological Educational Institute of Athens

Abstract
The problem of the exposure assessment (source characterization, ground water fate, transport evaluation) and the dose response assessment is introduced and discussed**.** The latter introduces the greatest uncertainties into environmental risk assessment, while the former for the groundwater contamination is quite different from the other environmental media and is potentially fraught with more uncertainty. Therefore a number of appropriate models are assumed and a statistical oriented Risk Analysis is proposed for the groundwater contamination.

Keywords: Uncertainties; risk analysis; groundwater.

JEL Classification: Q50; Q53.

1. Introduction to Assessment of Diagnostic Tests

The process of sorting trials into plausible diagnostic categories, either informally or using discriminating analysis can be considered as a kind of diagnostic screen. This can be adopted in Risk methods, such as on evaluation of the pollution in groundwater, rivers, lakes, even patients, diseases etc. Frequently, a diagnostic test is required to clarify the diagnosis. In addition to this usage, as a confirmation of a suspected diagnosis, individual tests may also be used to exclude diagnoses or to discover unsuspected conditions. The characteristics of a test will determine its relative value for each of these tasks.

In order to assess a test we need measures of its usefulness, Kalish and Begg (1987). Various measures have been proposed. One popular measure is called the accuracy of the test. This, therefore, represents the overall error rate. This measure, though attractive in its simplicity, is limited in its usefulness in that it depends strongly on the prevalence of the characteristic (such as the pollution level) in the population (of ground water etc.) being studied.

It is conventional to use the proportions correctly classified rather than the error rates; the proportion of diseased patients, of polluted samples of rivers etc. who are correctly classified is called the sensitivity or true positive ratio, and the proportion of non-polluted samples, or the non-polluted samples from rivers etc correctly classified is the specificity or true negative ratio. It is possible to use these measures to obtain predictive values of a test (as the well-known Bayes theorem is always valid, even under criticism of the Bayesian approach), if the prevalence of the disease under investigation is known.

We try to introduce simple, in measurement terms, indexes considering the presence and absence of the pollution in groundwater as D+ and D- , respectively, and the (binary) test result as R+ or R-.Then we can adopt the following measures, using conventional probability notation,

Sensitivity = P(R+|D+):= se Specificity = P(R-|D-) : = sp

Through these definition we define

Accuracy = (p·se) ++ ((1-p)·sp),

where p is the prevalence of the pollution in the Groundwater population under study

The percentage of successes on failures concerning the estimation of the proportion p are calculated through

Positive Predicted Value = P (D+|R+) =

$$\frac{p \cdot se}{p \cdot se + (1-p) \cdot (1-sp)}$$

Negative predictive value =P (D-|R-) =

$$\frac{(1-p) \cdot sp}{(1-p) \cdot sp + p \cdot (1-se)}$$

Both the accuracy and the predictive values are explicitly dependent on the prevalence of the pollution. Sensitivity and specificity are frequently claimed to be fixed. In principle, these pollution-conditional characteristics are likely to depend on the chemical under investigation, location, depth of study, either in ground water recourses or rivers so that one cannot expect unadjusted characteristics to be transferred to alternative settings, in which the distribution of presenting features and consequently proportion is changed. Example: Rivers might be polluted in certain areas and might not be in other areas, like the origin of the river.

A more widely recognized problem is the fact that tests rarely have an either/or outcome, so that the categories R+ and R- are summaries of a more general, possibly continuous scale. In this circumstance the categorization of R+ and R- may be arbitrary and alternative categorization could lead to different test characteristics. Consequently a single pair of sensitivity-specificity values is an inadequate description of the potential diagnostic properties of the test.

As far as the main Geek Rivers concerned we notice briefly the following:

1. Evros: The river Evros, the largest river in Greece, is the most polluted, mainly due to the heavy industry pollution-taking place in its Bulgarian part.
2. Nestos: The river Nestos is chemically clear, as there is no pollution to its Bulgarian and Greek part. Its delta is getting smaller and smaller.
3. Stymonas: The river Strymonas , a rather “rechnical” river, including the

ecological scientific lake Kerkini. There are pollution problems there needed further identification.

4. Axios: The river Axios is the second more polluted river in Greece, mainly due to chemical pollution from the cities of FYROM, Skopia and Belles.
5. Gallikos: The river Gallikos is polluted due to the agricultural activities around.
6. Aliakmonas: The river Aliakmonas, related to the beautiful lake of Kastoria, has large parts unpolluted, and on the average, provides a good quality of water.
7. Aoos and Kalamas: The river Aoos provides a good water quality, while river Kalamas, although is polluted around the area of Ioannina city, it is getting clear around its delta.
8. Aheloos : The Aheloos river is unpolluted around the area of Karditsa and Trikala, but around low areas appears in bad shape, rather polluted, due to agricultural activities.
9. Alfios: The river Alfios is polluted around the industrial city of Megalopolis.
10. Evrotas: The river Evrotas is polluted around the area of Sparta and is very close the time that willvanish.

2. Measuring Uncertainty

Uncertainty rules all problems related to protection of an environmental quality and human health, IARC (2004). But, we believe, that issues related to groundwater contamination appear to be "more" uncertain than those from other environmental fields. This is due to the do called: Characterizing contaminant sources.

1. Source-related and Transport process.
2. Exposure levels for groundwater contamination
3. Use related

It is clear that both the transport process of the ground water, as well as the level of the existing ground contamination, are essential in measuring the pollution level. The characterization of pollution groundwater is less uncertain. Typical example is that we know the chemicals compounds, which are dangerous for contamination. If the water is for either humans or animals or irrigation is essential to be known, as the level of uncertainty is different to each case, for the polluted characteristics (chemical under investigation). Here is a typical case of mixtures, see Edler and Kitsos (editors, 2005). The mixture problem of two or more chemical needs particular investigation, under the appropriate experimental design.

Therefore, research is needed at two levels: On the factors contributing the uncertainty and the level of uncertainty, its factor is related. Certainty the mixture problem is present in this discussion as well, see Kitsos and Edler (2005) for a detailed experiment oriented consinteration..

The idea of adopting covariates, Kitsos (1998) in order to evaluate the risk is wider: the proportional hazard models, introduced by Cox (1972) provide a line of thought to face the problem. This can be adopted also in measuring Risk and Uncertainty in ground water problems. We briefly introduce this line of thought.

L et Z be the vector of covariates at time t, then this family of models is defined as that with hazard function $\Lambda(t;Z)=\lambda o(t)\exp(Z\beta)$ (1)

Where $\beta=(\beta_0,\beta_1,\ldots,\beta p)'$ is the vector of unknown parameters and $\lambda_0(t)$ is an unknown function of time. Three are the important cases for $\lambda_0(t)$:

Case1: $\lambda_0(t)=\lambda$

i.e. λ is constant and in such a case (1) is reduced to the exponential regression model.

Case2: $\lambda_0(t)=\theta t^{\theta-1}$

In such a case (1) is reduced to the Weibull regression model with θ>0 being the shape parameter.

Case3: $\lambda_0(t)=\xi e^{\xi t}$

In such a case we obtain the extreme value regression model. If we let F(t) to be the cumulative density function, Λ(t) the cumulative hazard function and S(t) the survivor function then if holds:

$$S(t)=1-F(t)=\exp\{-\Lambda(t)e^{Z\beta}\}$$

The density function equals

$$f(t) = \lambda_0(t)\exp\{E(t,Z)\}$$

With the expected value to be

$$E(t, Z)=Z\beta-\Lambda(t)\exp(Z,\beta)$$

In most of these problems, Fisher's information matrix is evaluated and the entropy is related to Fisher's information, when data comes from a Normal distribution, or approximated eventually by a Normal. The development of such a methodology would be interested for the pollution level in Greek water sources, and only a hind we attempt to this paper, so that to avoid only Descriptive Statistics analyses.

3. Criteria for Safe Dose

The necessity to present adverse human health effects implies trivially that the appropriate risks have to be estimated before human exposure takes place. In such cases, for the Groundwater contamination, it is essential that different samples are received, adopting the Sampling Theory techniques, and tested. There are mainly two criteria for interspecies extrapolation,n to express the carcinogenetic dose-equivalent

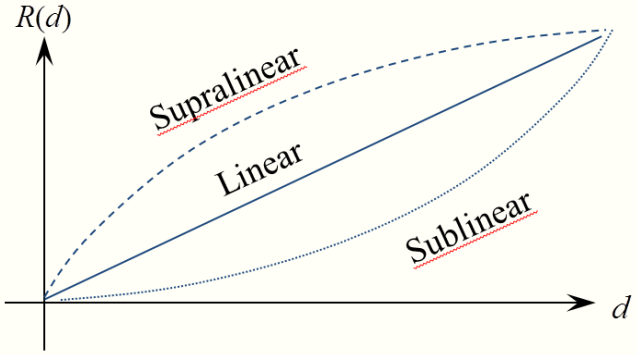
(i) Per body weight.
(ii) Per body surface.

The extrapolation between species is always a dangerous procedure. Some interspecies extrapolation factors have been proposed to scale the Michaelis-Menten (M-M) constant in the M-M kinetics model, in relation to the body weight of the different organisms, see Edler and Kitsos (editors, 2005) for a number of proposed methods and extended references.

In Toxicology the idea of the concept "dose" is fundamental: Due to this defined threshold point, a dose exists below which no observable effects may be reasonably expected. Most toxic effects are assumed to have a threshold. That practically means that contamination is dangerous above a defined level. Prediction is always a hazardous procedure, Kitsos and Zarikas (2013), but in Health problems more care is asked.

From a mathematical point of view this simply means that for a dose level $d_i > 0$, exist a dose level d, such that $d \le d_i$. If $R(d)$ is the response function under investigation, as a function of dose d, then $R(d) = 0$.

Figure 1. Supralinear – Linear – Sublinear Trends of $R(d)$.



From an experimental point of view, working for the response function $R(d)$, it is possible to derive the highest dose, for which no significant effect can be detected. Such a situation is known as NOEL: No-Observed-Effect-Level. We comment that this term describes results based on an experimental approach, so that we get an estimate of the true No Effect Level (and therefore a "region" – typically the confidence region - of the threshold, and not the unknown No Effect Level).

Therefore, experiments are necessary to provide Quality Improvement either in Groundwater examination or to an Industrial Process of the water.

We emphasize that the dose-response curve, presents an assumed correct statistical model, which we try to fit. Usually, we get the Least Square Estimates or the Maximum Likelihood Estimates to estimate the "form" of the model: the function, which describes best the risk phenomena under investigation.

Certainly, $R(d) = 0$ for $d = 0$.

That is in the neighborhood of zero the dose-response is zero. The situation of a supra linear or sub linear dose-response model R(d) in comparison to a linear one is described in Figure 1, see bellow.

The Food Safety Council, see Federal Safety (1980), suggested that, between the dose- response function, estimating in principle the risk $R(d)$ and the dose level d holds

$$\lim_{d\to 0}\frac{R(d)}{d^n} = c \qquad (2)$$

with c baaing a constant and n, known as the dose power, is the power of the linear model describing the phenomenon under investigation. The linear relation between the parameter $\boldsymbol{\theta} = (\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_n)$ and the dose $\Sigma_{i=1}^{n}\theta_i d^i$ might exists to an "intrinsic non-linear". From the relation (2) above, practically holds $R(d) = c \cdot d^n$ when $d \approx 0$.

The main three case are, see also Figure 1:

(i) $n > 1$: Sulinear low-dose trend. Thus, we have a decrease of the response and therefore the risk, with the decrease in the dose being more rapid than in linear case. Example with $n = 3$: A reduction of the dose by a factor 100, the risk is reduced by 100^3.

(ii) $n < 1$: The dual idea. That is a decrease of the response and therefore the risk with a decrease of the dose will be slower than a linear decrease.

(iii) $n = 1$: The low dose response and risk is directly proportional to the dose.

The main statistical models for experimental carcinogenic Dose-Response fitting, and their Low-Dose trends related to the groundwater pollution and not only, are:

(i) Probit Model: $R(d) = \Phi(\theta_0 + \theta_1 \log d)$.

See for a compact review of the models adopted in modelling Cancer see Kitsos

(2012). It assumed that a log-linear distribution approaches the individual tolerances, doses, with Φ being the cumulative distribution function of the standard Normal; see the pioneering paper of Mantel et al. (1971). Notice that probit model is always sub-linear, while the sape of the Weibull Model:

$$R(d) = 1 - \exp\{-(\theta_0 + \theta_1 d^n)\}.$$

Depend on n. The relative theory it is based on the assumption that a Weibull distribution approaches the time-to-tumor. The zero response approached proportionally to d^n. Now, depending on the values of the model, can be sub-linear, linear, and supra-linear One-Hit Model:

$$R(d) = 1 - \exp\{-(\theta_0 + \theta_1 d)\}.$$

It is based on the assumption that the Poisson distribution describes the phenomenon and that "one-hit" is sufficient to start the carcinogenic process. The model is always linear, see Hoel et al. (1975), Kitsos (2012). The so called Muti-Stage Model:

$$R(d) = 1 - \exp\{-(\theta_0 + \theta_1 d + \ldots + \theta_n d^n)\}.$$

is based on the assumption that the susceptible cells will pass through n distinct stages (compare with the one-hit above). This occurs at a rate, which is proportional to the active dose before becoming cancerous. That turns to be equivalent to the fact that the parameters themselves are functions of the time t, i.e. $\theta_i = \lambda_i + \mu_i t$, $i = 1, 2, \ldots, n$, where λ_i, μ_i constants. The model trend for low-doses behaves very well with the approximation using only the lowest order term $\theta_i d^i$, $\theta_i \neq 0$. For $\theta_1 > 0$ the model is linear, while for $\theta_i = 0$ and $\theta_2 > 0$ is sub-linear, pioneering Armitage and Doll (1961), as well as Kitsos (2012).

4. Discussion

A number of techniques were presented to examine the Groundwater contamination. The uncertainty behind such methods was also discussed. Moreover the basic statistical models to investigate the effect of the contamination to Cancer were also discussed. A very carefully consideration is needed to the Biological insight of these models, as Mathematician might consider as a unique exponential case, and doctors might not realize the indexes obtained examining Groundwater studies, Altman and Bland (1991).

References

Armitage P. and Doll R. (1961). Stochastic model for carcinogenesis. Proceedings of the 4th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, N4. New York, Lecan and Neyman, 19-38.

Armitage P. (1985). Multistage Models of Carcinogenesis. *Environmetal Health Prospectives,* 63, 195-201.

Altman G.D. and Bland J.M. (1991). Improving Doctor's understanding of Statistics. *Journal of The Royal Statistical Society, A*, 154 (2), 223-267.

Breslow N.E and Day N.E. (1980). Statistical Methods in Cancer Research. IARC Scientific Pub., No 32.

Cox D.R. (1972). Regression models and life tables (with discussion). *Journal of The Royal Statistical Society* 3, 34,187-220

Edler L. and Kitsos C.P eds (2005). *Recent Advances in Quantitative Methods in Cancer and Human Health Risk Assessment.* Wiley, UK.

Federal Register (1980). EPA water quality criteria documents. 45, 231, 79318-79379.

Hoel D.G., Gaylor D.W., Kirschstein R.L., Saffiotiti V. and Schneiderman, M.A. (1975). Estimating of risks of irreversible delayed toxicity. *Journal of Toxicology and Enviromental Health* 1, 135-151.

IARC (2004). Some Drinking - water Disinfectants and Contaminants, including Arsenic. Lyon, France.

Kalish L.A. and Begg B.C, (1987). Evaluation of Efficient Designs for observation Epidemiologic studies. *Biometrics*, 43,145-16

Kitsos C.P. and Zarikas V. (2013). On the Best Predictive General Linear Model For Data Analysis: A Tolerance Region Algorithm for Prediction. *Journal of Applied Science* 13(4), 513-524.

Kitsos C.P. (2012). *Cancer Bioassays: A Statistical Approach.* LAMPERT Academic Publishing.

Kitsos C.P. and Edler L. (2005). Cancer Risk assessment mixtures. **In**: *Quantitative Methods for Cancer and Human Health Risk Assessment*, by L. Edler and C. Kitsos (Eds), 283-298. Wiley, England.

Kitsos C.P. (1998). The Role of Covariates in Experimental Carcinogenesis. *Biometrical Letters*, 35(2), 95-106.

Mantel, N.R. Bohidar, D.C., Brown, J.L. Ciminera and J.W. Tukey (1971). An improved testing Mantel-Bryan procedure for safety testing of carcinogenesis. *Cancer Research* 35(4), 865-872.

Στατιστικά συμπεράσματα σχετικά με προηγμένες μεθόδους πρωτοβάθμιας απομάκρυνσης στερεών από τα αστικά υγρά απόβλητα

Βασίλειος Ζαρίκας[1] & Πέτρος Γκίκας[2]

[1] Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών (Τ.Ε.), ΤΕΙ Κεντρικής Ελλάδας[2] Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης

vzarikas@teilam.gr petros.gikas@enveng.tuc.gr

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει μια συνδυασμένη ανάλυση των πειραματικών ευρημάτων που ελήφθησαν από δύο πιλοτικές διατάξεις μεγάλης κλίμακας, για την επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων. Το πρώτο πείραμα διεξήχθη στην εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων της Woodsville, NH, ΗΠΑ. Πρόκειται για μια διεργασία διήθησης δύο σταδίων σε μείγμα πρωτογενών αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων. Το σύστημα αποτελούνταν από ένα λεπτό κόσκινο (ένα υφασμάτινο ατέρμονα ιμάντα), ακολουθούμενο από ένα αυτοκαθαριζόμενο διυλιστήριο ανοδικής ροής (Continuous Backwash Upflow Media Filter). Το συνολικό σύστημα αναφέρεται κάτωθι ως "προηγμένη πρωτοβάθμια διύλιση" (APF). Το δεύτερο πείραμα διεξήχθη στην δημοτική εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων της Πάτρας, Ελλάδα. Ένα λεπτό κόσκινο (με πορώδες 350 και 160 μm) λειτούργησε παράλληλα με την εγκατάσταση πρωτοβάθμιας καθίζησης, για την απομάκρυνση πρωτοβάθμιων στερεών. Η παρούσα εργασία παρουσιάζει στατιστικά συμπεράσματα που προκύπτουν από τις διαφορές της απόδοσης απομάκρυνσης μεταξύ του λεπτού κόσκινου, της μεθόδου APF, και της πρωτοβάθμιας καθίζησης. Η ανάλυση για στατιστικά σημαντικές διαφορές εφαρμόστηκε για όλους τους εμπλεκόμενους παράγοντες, δηλαδή COD, TSS και BOD5. Αρκετές στατιστικά σημαντικές διαφορές βρέθηκαν με 95% CI. Επιπλέον, η ανάλυση χρονοσειρών πραγματοποιήθηκε για όλα τα κύρια συστατικά των λυμάτων και τα ποσοστά απομάκρυνσης τους. Διάφορες περιοδικότητες ανακαλύφθηκαν μέσα από την μελέτη της φασματικής πυκνότητας του συνόλου των παραγόντων, την συμπεριφορά της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης και της συνάρτησης μερική αυτοσυσχέτισης, καθώς και από τα σχετικά περιοδο-γραφήματα.

Λέξεις Κλειδιά: Πρωτοβάθμια απομάκρυνση στερεών, Πρωτοβάθμια Καθίζηση, Λεπτό κοσκίνισμα, Υγρά απόβλητα, Στατιστική ανάλυση.

JEL Κωδικοί: Q53, C12.

Statistical inferences concerning advanced upfront solids removal from municipal wastewaters

Vasilios Zarikas[1] & Petros Gikas[2]

1. Department of electrical engineering, TEI of Central Greece

2. School of Environmental Engineering, Technical University of Crete

Abstract

The present study presents a combined analysis of experimental findings from two large pilot facilities, treating municipal wastewater. The first experiment was conducted at the municipal wastewater treatment plant of Patra, Greece. In this trial, a fine sieve device (with cloth pore sizes of 350 and 160 μm) was used parallel to the existing primary clarifiers for the removal of primary solids. The second experiment was conducted at the Woodsville's, NH, USA, municipal wastewater treatment plant. It is a two-step filtration process of combined raw municipal and industrial wastewaters. The System consisted of a fine sieve device (a rotary fabric belt filter screen), followed by a Continuous Backwash Upflow Media Filter. The present work presents statistical inferences derived for the differences from the removal efficiency among the fine sieve device, the APF method and primary clarification. The test for statistical significant differences was applied for all the involved factors i.e. COD, TSS and BOD5. Several statistical significant differences were found at 95% C.I. Furthermore, a time series analysis was performed for all the main solid ingredients of wastewater and their removal percentages. Various periodicities were discovered studying the spectral density of all the factors, the behavior of their autocorrelation functions and their partial autocorrelation functions as well as their periodograms.

Keywords: Upfront solids removal; primary sedimentation; wastewater; clarification; fine sieving; wastewater, statistical analysis.

JEL Classification: Q53; C12.

1. Introduction

The design and operation of wastewater treatment plants is rapidly changing, as modern treatment processes are investigated to provide high level of treatment at low energy needs and at reduced plant footprint (Tchobanoglous et al., 2009).. Particularly, the need for capacity expansion of existing wastewater treatment plants (where land is often unavailable), has triggered the urgency for the implementation of innovative treatment approaches.

Primary clarification has been used extensively to remove settable solids (Greeley, 1938; Steel, 1960, Chen, 1992),, prior to activated sludge process. However, primary clarifiers require relatively large areas of land to be constructed (which may be unavailable if they have to be incorporated into exiting wastewater treatment plants). On the other hand, the enhanced removal of primary solids, beyond the removal efficiency of primary clarification is also desirable, as the latter will enhance the treatment efficiency of downstream aeration processes. In an effort to achieve high removal efficiency of primary solids at reduced energy demand and at reduced footprint, a combination of microsieving followed by sand filtration has been proposed (Franci et al., 2012).

A number of large scale pilot facilities have been tested to investigate the efficiency of the aforementioned processes. Thus the efficiency of microsieving (MS) (Figure 8a) for the removal of primary solids has been compared with that of primary clarification, using a full scale microsieve operating in parallel to a primary clarifier (Koliopoulos and Gikas, 2013). Also, the combined efficiency of microsieving followed by filtration in a Continuous Backwash Upflow Media Filter (CBUMF) (Figure 8b) has also been investigated.

The present manuscript aims in examining the underlying structure and properties of the involved measured factors with the help of modern statistical methods. The presented statistical analysis includes a study of the probability distributions, a search for correlations and finally a time series analysis

2. Materials and Methods

2.1 Experimental setups and monitoring

Two large pilot facilities had been established and operated. The first one (Patra experimental setup) was for the direct comparison of primary clarification and microsieving. The experiments had been conducted at the municipal wastewater treatment plant of Partra, Greece and involved the use of a microsieve (model MS-52, M2 Renewables, Inc., California, USA) with mesh openings of 350 μm and hydraulic capacity of about 4000 m^3/d, in parallel with an existing primary clarifier (PC) with volume 900m^3 and average retention time of approximately 1.5h. The experimental setup has been described in detail elsewhere (Koliopoulos and Gikas, 2013). The other facility (Woodsville experimental setup) comprised of an M2 Renewables, Inc., California, USA, microsieve with approximate capacity of 2500 m^3/d and mesh openings of 250 μm, followed by a CBUMF with capacity 250 m^3/d (thus, only part of the MS effluent was pumped into the CBUMF). The system operated in the wastewater treatment plant of Woodsville, NH, USA, and has been descripbed by Franci et al. (2012).

During the Patra experiments, the COD and TSS values in three points were measured: (a) at the plant influent (raw wastewater), (b) at the MS effluent and (c) at the PC effluent. During the Woodsville experiments, the COD, and TSS values were measured (a) at the plant inlet (raw wastewater), (b) at the MS effluent and (c) at the CBUMF effluent, while the BOD_5 values were measured at the plant inlet (raw wastewater) (point (a)) and at the CBUMF effluent (point c).

2.2 Statistical methods

First, descriptive statistics for all factors was performed. In addition all histograms of the probability distribution of all the factors were drawn. Their study in addition with the results of skewness and kyrtosis can describe the characteristics of the distributions. The type of the distributions suggested the use of non parametric methods in order to compare means/medians. Thus the “Mann-Whitney Test” and the “Two-Sample Kolmogorov-Smirnov Test” were used for comparisons of medians for independent samples. Such comparisons refer to the two sets of measurements A and B of the Patra data. “Wilcoxon Signed Ranks

Test" for related samples was used for comparisons like those between the factors TSS inlet and TSS effluent.

Next a search for possible correlations was conducted among the various relevant factors. Pearson Correlation as well as the non parametric Kendall's tau_b and Spearman's rho coefficients were calculated. Furthermore some scatter plots for the correlated factors were drawn. Data analysis included also a set of time series methods (Box and Jenkins 1976; Fuller 1976; Gardner 1985; Makridakis, S. et al Wheelwright 1983).

It concerns a series of observations obtained by measuring variables with a certain fixed frequency (sampling period constant). One important reasoning for doing time series analysis is to try to forecast future values of the series. A known behaviour of the series that explained the past values may also predict whether and how much the next few values will change. The autocorrelation function (Bartlett 1946; Bloomfield 1976; Cryer 1986; Quenouville 1949) we use, most times shows a significant peak at a lag of 1 with a long exponential tail, a typical pattern for time series. A significant peak at a lag characterized by a number X, suggests the presence of a X times the lag period component in the data. Our data have a sampling period of 1 day. The partial autocorrelation function was estimated too, in order to allow a more definitive conclusion (Bartlett 1946; Bloomfield 1976; Cryer 1986; Quenouville 1949).

The sample autocorrelation function in use is

$$A_k = \frac{\sum_{j=1}^{n-k}(w_j - \overline{w})(w_{j+k} - \overline{w})}{\left[\sum_{i=1}^{n}(w_i - \overline{w})^2\right]} \quad (1)$$

and the sample partial autocorrelation function in use is defined from

$$\hat{y}_{11} = A_1,\ \hat{y}_{22} = \frac{(A_2 - A_1^2)}{(1 - A_1^2)} \quad (2)$$

$$\hat{y}_{kj} = \hat{y}_{k-1,j} - \hat{y}_{k-1,k-j}\hat{y}_{k,k} \quad k = 2,..., \quad j = 1,2,...,k-1 \quad (3)$$

where

$$\hat{y}_{kk} = \frac{\left(A_k - \sum_{j=1}^{k-1}\hat{y}_{k-1,j}\ A_{k-j}\right)}{\left(1 - \sum_{j=1}^{k-1}\hat{y}_{k-1,j}\ A_j\right)} \quad k = 3,..., \quad (4)$$

where w_i is i-th observation of data time series, i=1,...,n ,

A_k is the kth lag sample autocorrelation and $\hat{y}_{kk}$ is kth lag sample partial autocorrelation

In addition, Spectral Plots were drawn in order to identify periodic behavior in time series. These do not analyse the variation from one time point to the next, but instead they analyze the variation of the series as a whole into periodic components of different frequencies. The presented analysis comprises both smooth and unsmoothed series. Smooth series are characterized by stronger periodic components at low frequencies; random variation ("white noise") spreads the component strength over all frequencies. Low-frequency variation characterizes a smooth series. An unsmoothed plot of spectral amplitude (plotted on a logarithmic scale) against either frequency or period is called periodogram. Variation spread evenly across all frequencies indicates "white noise." These periodograms (Fast Fourier Analysis) show a sequence of peaks that stand out from the background noise.

Excluding the main peak, the remaining peaks are best analyzed with the spectral density function. The plot of this function is simply a smoothed version of the periodogram, named Spectral density. Thus, it is a type of periodogram that has been smoothed to remove irregular variation. The type of smoothing was selected to be this of Tukey-Hamming. Smoothing is a technique of removing the background noise from a periodogram leaving the underlying structure to be more clearly isolated. Now periodic components resembling the shape of a sine or cosine function (sinusoidal) appear in the periodogram as single peaks. On the other hand periodic components which not sinusoidal show up as a series of equally

spaced peaks of different heights, with the lowest frequency peak in the series occurring at the frequency of the periodic component. The SPSS v16 software was used for statistical calculations.

3. Results and discussion

Descriptive statistical quantities have been derived. These results together with the analysis of all probability distributions (see for example Figure 1) of all involved factors reveal that data are not respecting the normal distribution. Only few factors are somewhat close to normality. Such an example is the COD inlet factor of data set A from Patra plant. We also have observed that data from Patra plant are somewhat more normal than those from Woodsville plant. Therefore non parametric methods will be applied in the statistics that follow.

Tables 1 and 2 show all interesting correlation between factors for both Woodsville and Patra plants. One can easily notice that there are more statistical significant correlation for Patra data. In Figure 7 one can also observe a strong and significant correlation between COD inlet and COD CBUMF effluent. Tables 3 and 4 present all relevant comparison of medians between the factors from WOODSVILLE and Patra plants. The Tables show that all differences are significant which is expected since the cleaning of wastewater through PC process, MS process and CBUMF process are important.

Table1a: Correlations for TSS factors of set A, from Patra plant

Correlations					
			TSS_ influent	**TSS_M2R _enfluent**	**TSS_PC_ enfluent**
Kendall's tau_b	TSS_influent	Correlation Coefficient	1.000	.607**	.417**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.006
		N	23	23	23
	TSS_M2R_enfluent	Correlation Coefficient	.607**	1.000	.597**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000
		N	23	23	23
	TSS_PC_enfluent	Correlation Coefficient	.417**	.597**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.006	.000	.
		N	23	23	23
Spearman's Rho	TSS_influent	Correlation Coefficient	1.000	.803**	.583**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.004
		N	23	23	23
	TSS_M2R_enfluent	Correlation Coefficient	.803**	1.000	.764**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000
		N	23	23	23
	TSS_PC_enfluent	Correlation Coefficient	.583**	.764**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.004	.000	.
		N	23	23	23
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).					

Table 1b: Correlations for COD factors of set A, from Patra plant

Correlations					
			COD_ influent	**COD_M2R_ enfluent**	**COD_PC_ enfluent**
Kendall's tau_b	COD_influent	Correlation Coefficient	1.000	.810**	.733**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000
		N	15	15	15
	COD_M2R_enfluent	Correlation Coefficient	.810**	1.000	.886**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000
		N	15	15	15
	COD_PC_enfluent	Correlation Coefficient	.733**	.886**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.
		N	15	15	15
Spearman's rho	COD_influent	Correlation Coefficient	1.000	.907**	.854**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000
		N	15	15	15
	COD_M2R_enfluent	Correlation Coefficient	.907**	1.000	.964**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000
		N	15	15	15
	COD_PC_enfluent	Correlation Coefficient	.854**	.964**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.
		N	15	15	15
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).					

Table 2a: Correlations for TSS factors, from Woodsville plant

Correlations					
			TSS_ INLET	**TSS_MS_ effluent**	**TSS_ CBUMF_ effluent**
Kendall's tau_b	TSS_INLET	Correlation Coefficient	1.000	.662**	.170
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.343
		N	17	17	17
	TSS_MS_effluent	Correlation Coefficient	.662**	1.000	.341
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.058
		N	17	17	17
	TSS_CBUMF_effluent	Correlation Coefficient	.170	.341	1.000
		Sig. (2-tailed)	.343	.058	.
		N	17	17	17
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).					

Table 2b: Correlations for BOD factors, from Woodsville plant

Correlations					
			BOD_ INLET	**BOD_MS_ effluent**	**BOD_ CBUMF effluent**
Kendall's tau_b	BOD_INLET	Correlation Coefficient	1.000	.366*	.197
		Sig. (2-tailed)	.	.046	.280
		N	17	17	17
	BOD_MS_effluent	Correlation Coefficient	.366*	1.000	.602**
		Sig. (2-tailed)	.046	.	.001
		N	17	17	17
	BOD_CBUMF_ effluent	Correlation Coefficient	.197	.602**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.280	.001	.
		N	17	17	17
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).					
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).					

Table 2c: Correlations for COD factors, from Woodsville plant

Correlations				
			COD_ INLET	**COD_ CBUMF_ efluent**
Kendall's tau_b	COD_INLET	Correlation Coefficient	1.000	.158
		Sig. (2-tailed)	.	.384
		N	17	17
	COD_CBUMF_efluent	Correlation Coefficient	.158	1.000
		Sig. (2-tailed)	.384	.
		N	17	17

Table 3: Comparison of medians for factors concerning Woodsville plant

Test Statistics[b]							
	TSS MS effluent //// TSS INLET	**TSS CBUMF Effluent //// TSS INLET**	**TSS CBUMF effluent //// TSS MS effluent**	**BOD MS effluent //// BOD INLET**	**BOD CBUMF effluent //// BOD INLET**	**BOD CBUMF effluent //// BOD MS effluent**	**COD CBUMF efluent //// COD INLET**
Z	-3.622[a]	-3.622[a]	-3.385[a]	-3.625[a]	-3.622[a]	-3.622[a]	-3.622[a]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000
a. Based on positive ranks.							
b. Wilcoxon Signed Ranks Test							

Table 4a: Comparison of medians for factors concerning Patra plant

Test Statistics[b]			
	TSS MS enfluent //// TSS influent	**TSS PC enfluent //// TSS influent**	**TSS PC enfluent //// TSS MS enfluent**
Z	-4.198[a]	-4.197[a]	-2.419[a]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000	.000	.016
a. Based on positive ranks.			
b. Wilcoxon Signed Ranks Test			

Table 4b: Comparison of medians for factors concerning Patra plant

Test Statistics[b]			
	COD MS enfluent //// COD influent	**COD PC enfluent //// COD influent**	**COD PC enfluent //// COD MS enfluent**
Z	-3.408[a]	-3.408[a]	-2.842[a]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001	.001	.004
a. Based on positive ranks.			
b. Wilcoxon Signed Ranks Test			

Figures 3 and 4 present an indicative result of the time series analysis we have performed. For these two figures we can understand that there is a periodic component of the data TSS inlet and COD inlet from the Patra plant. Another piece of information coming from the whole analysis, is shown in Figure 5. Here one can see that there are no significant and distinguished periodic components for TSS inlet factor from Woodsville plant. On the other hand results shown in Figure 6 reveals two distinguished periodic component of BOD inlet factor from Woodsville wastewater plant. The overall analysis shows that the periodicities appeared in the inlet factors become less strong after the cleaning processes. The Patra data exhibit more periodicities too.

4. Conclusions

In the present work we have estimated various spectral plots for each factor in order to confirm the existence of a periodic component of a time series, and we have verified that some periodicities are present. The spectral density indeed proved to be more useful than the periodogram for uncovering the underlying structure. This is due to the fact that the spectral density smoothes out the fluctuations that are caused by the non-periodic component of the data. The most important conclusions from the statistical study of the data are i) statistically significant correlations were found between the involved factors ii) data exhibit various periodicities especially those from Patra plant iii) the removing of certain ingredients from wastewater provides statistically significant differences (reduction of the density of these solids) which are not due to random variation.

Figure 1: Various distributions from Patra plant.

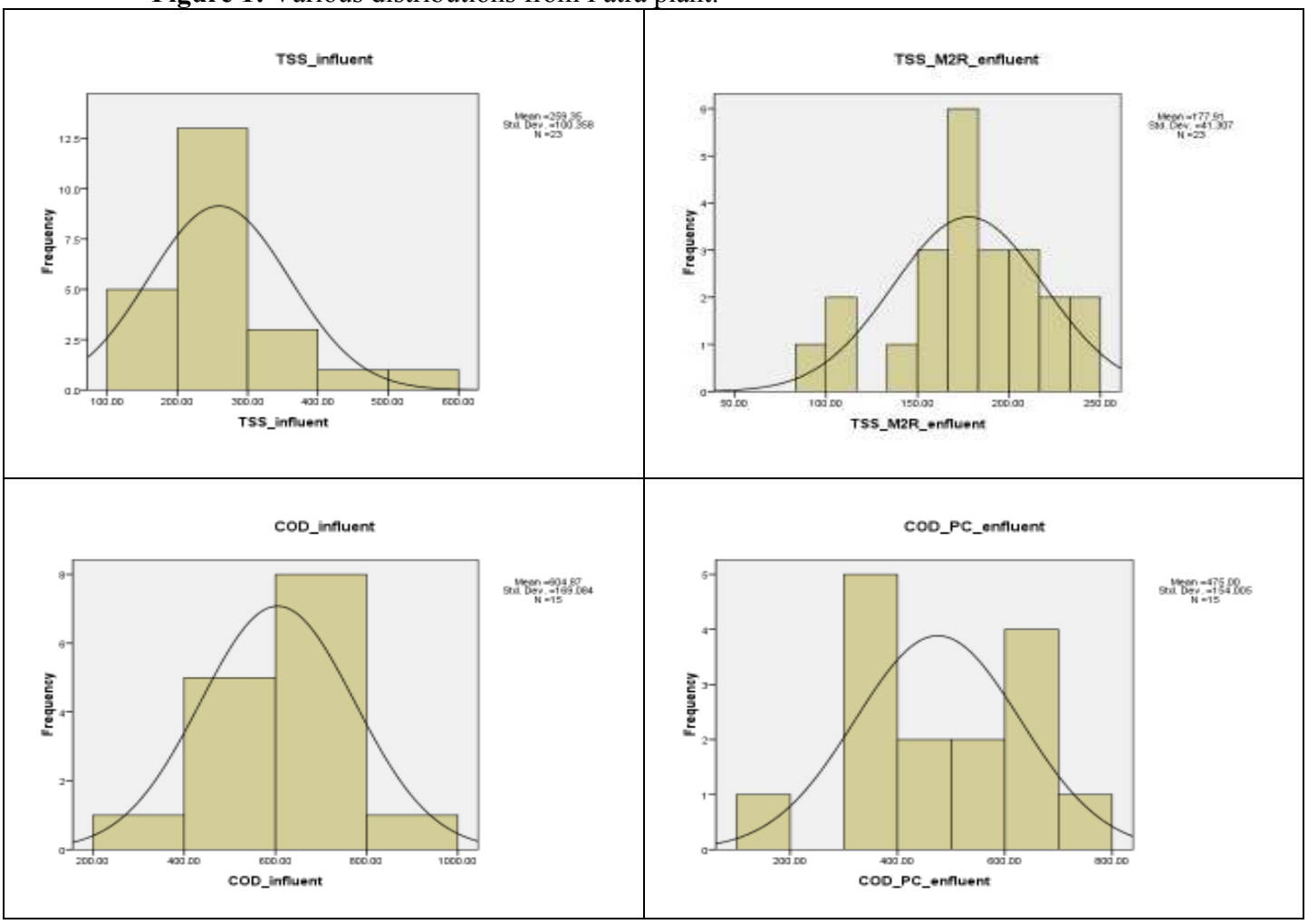


Figure 2: Sequence chart for data referring to Woodsville plant

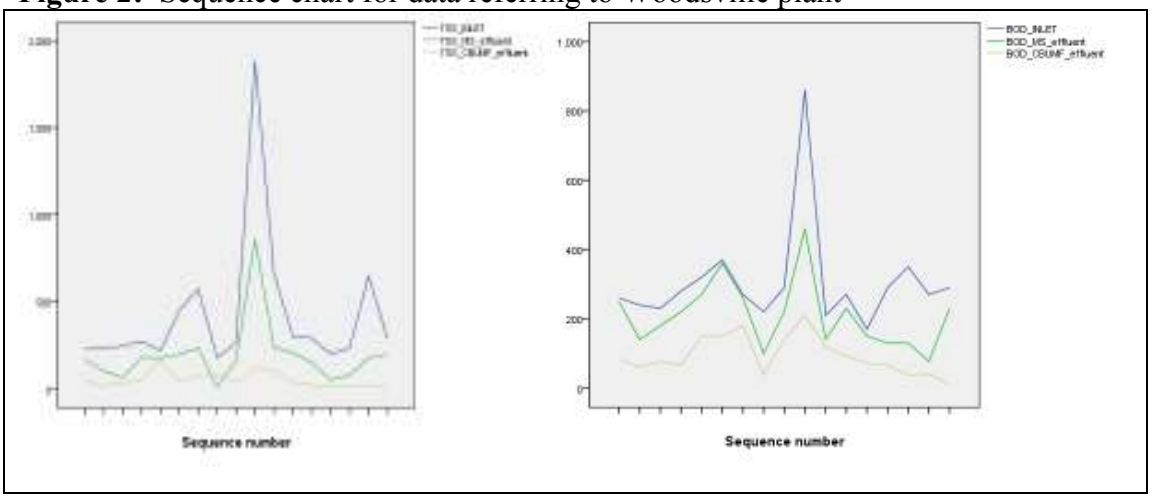


Figure 3: Autocorrelation function and Partial autocorrelation function for TSS factor, Patra plant

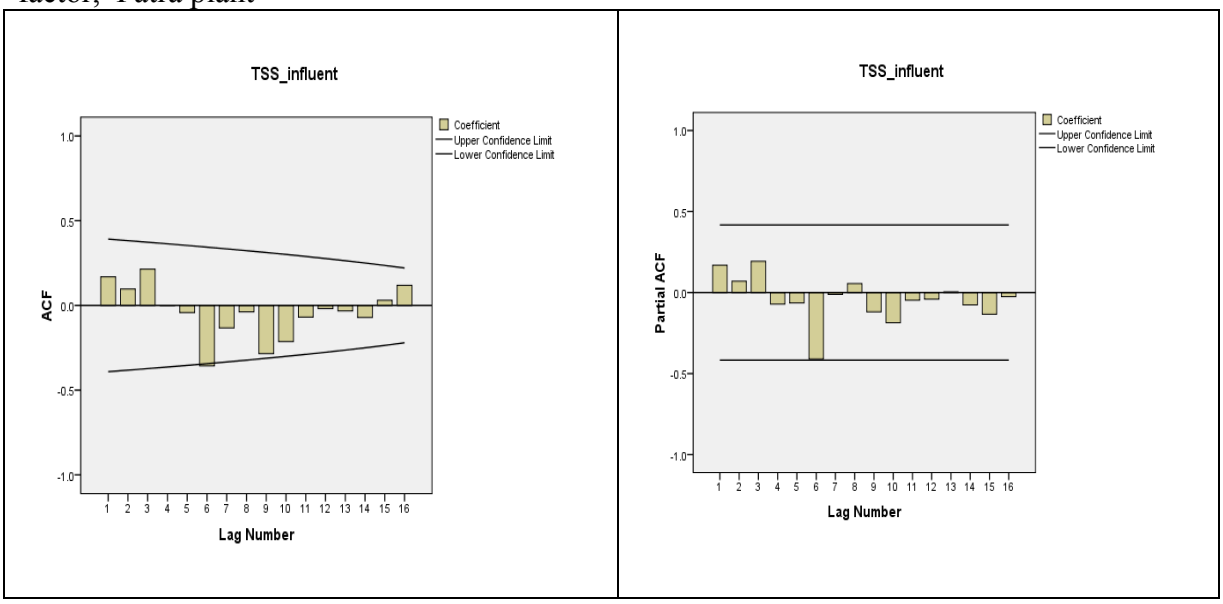


Figure 4: Autocorrelation and Partial autocorrelation function for COD factor of Patra plant

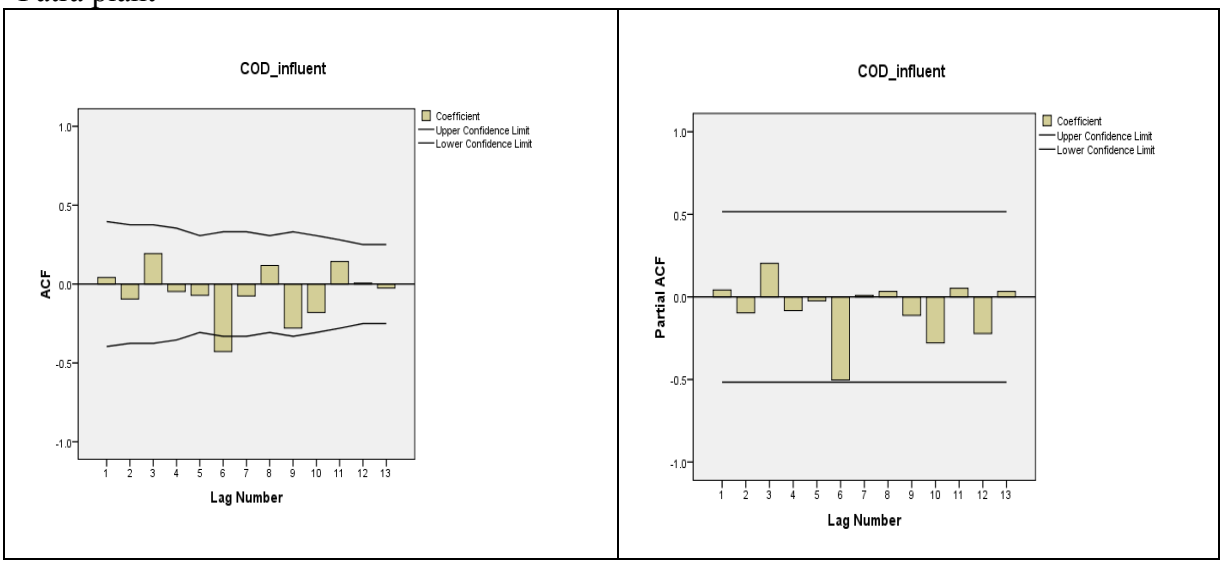


Figure 5: Periodograms spectral density and autocorrelation function and Partial autocorrelation function for TSS factor of Woodsville plant

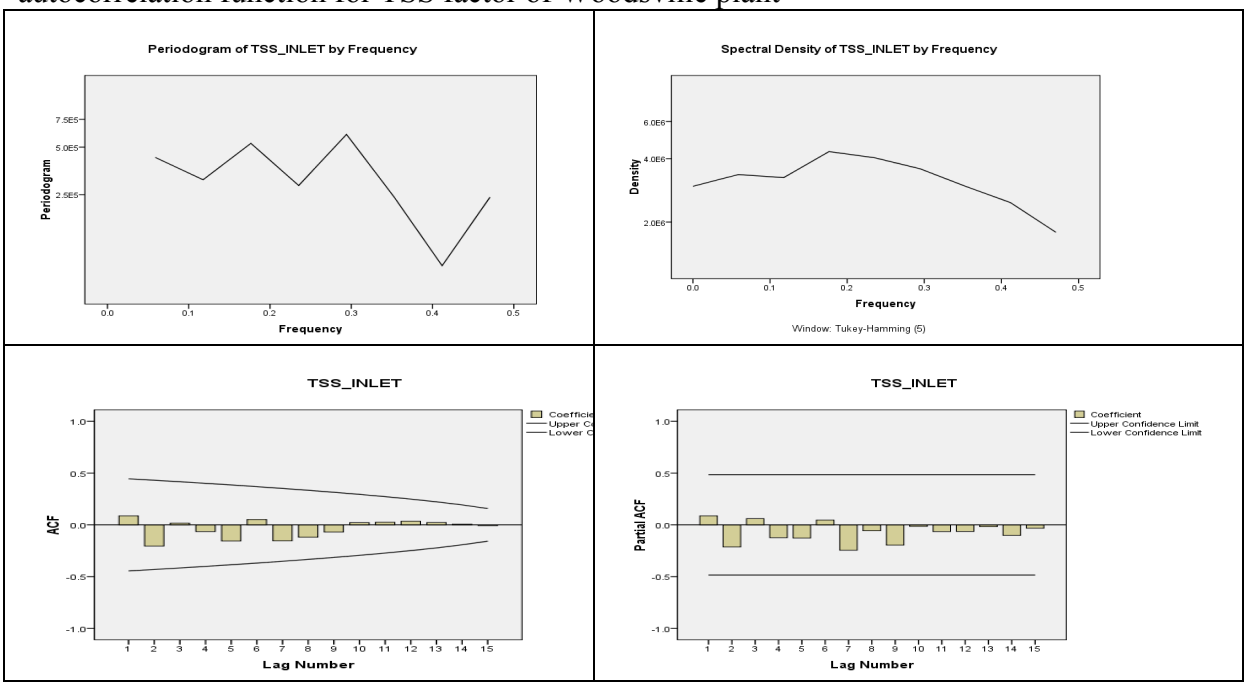


Figure 6: Periodograms and Partial autocorrelation function for BOD factor of Woodsville plant

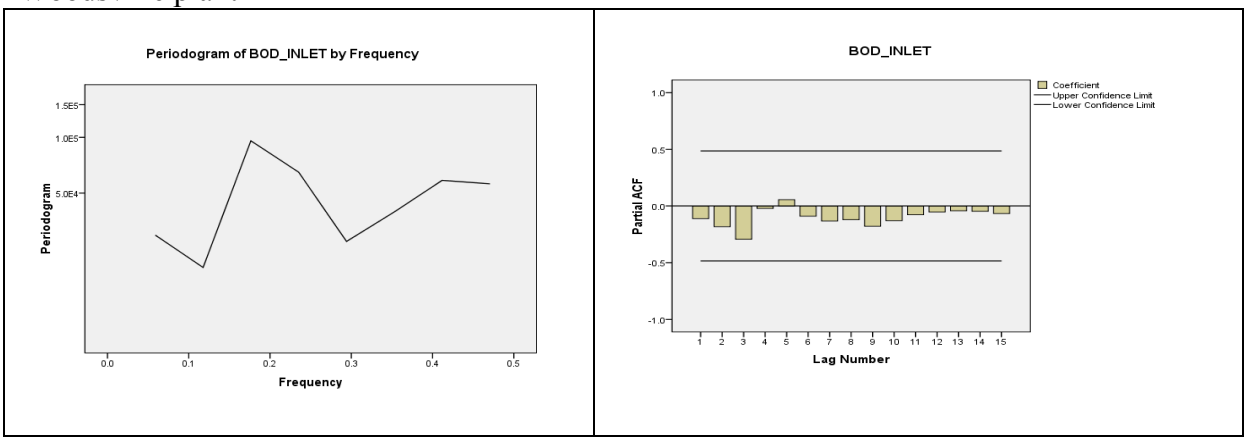


Figure 7: Indicative Scatter Plots for factors of set B of Patra plant.

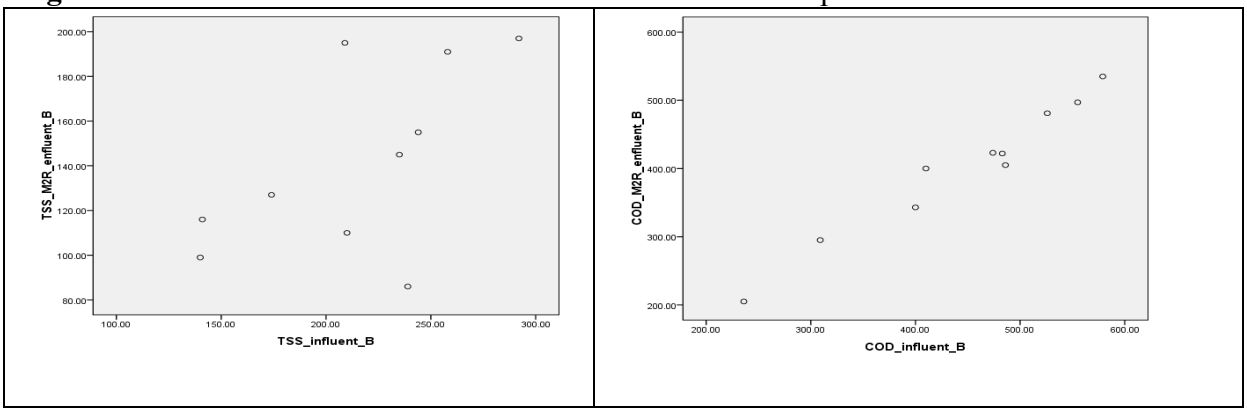
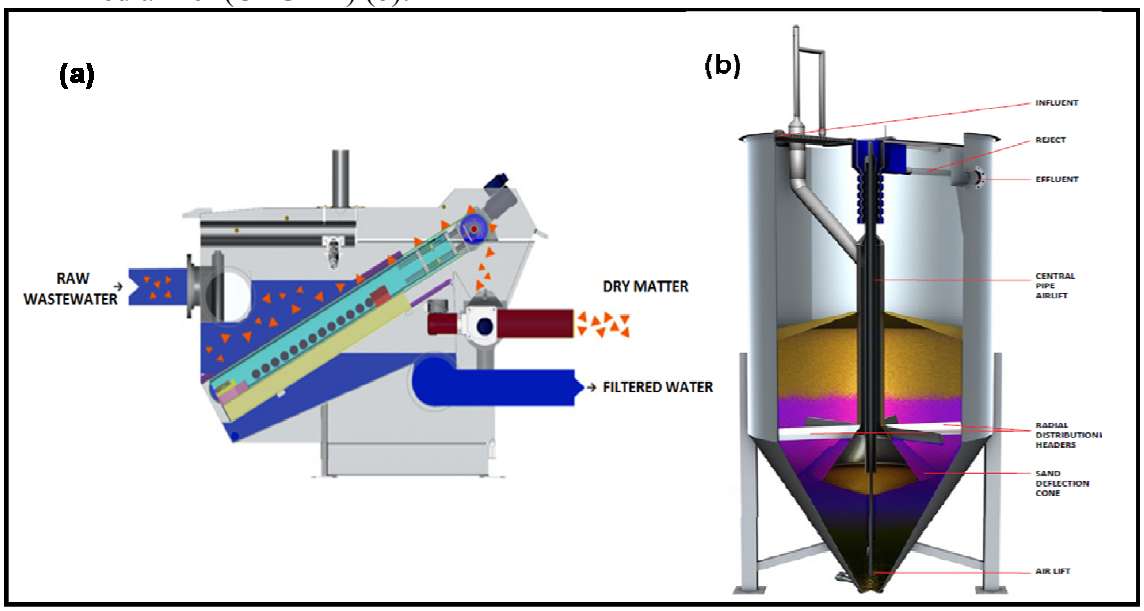


Figure 8: Scematic diagram of an microsieve (a) and a continous backwash upflow media filer (CBUMF) (b).



References

Bartlett, M. S., (1946). *On the theoretical specification of sampling properties of autocorrelated time series*, Journal of Royal Statistical Society, Series B, 8, 27-27.

Bloomfield, P., (1976). *Fourier analysis of time series*, John Wiley and Sons, New York.

Chen C.-Y. (1993). Comparative studies on the primary treatment of municipal wastewater for ocean disposal, *Wat. Sci. Tecnol.* **28(7)**, 1-7.

Box, G. E. P.; and Jenkins, G. M., (1976). *Time series analysis: Forecasting and control*, Rev. ed. San Francisco: Holden-Day.

Cryer, J. D., (1986). *Time series analysis*, Boston, Mass.: Duxbury Press.

Franchi A., Stedman K. and Gikas P. (2012). Enhanced Primary Solids Removal from Municipal Wastewater by Two Steps Filtration, IWA Regional Conference on Wastewater Purification and Reuse, 28-30 March 2012, Heraklion, Greece.

Gardner, E. S., (1985). *Exponential smoothing: The state of the art*, Journal of Forecasting, 4, 1-28.

Fuller, W. A., (1976). *Introduction to statistical time series*, John Wiley and Sons, New York.

Greeley S.A. (1938). Sedimentation and digestion in the United States, in L. Pearse (ed.) Modern sewer disposal: Anniversary Book of the Fermentation of Sewage Works Associations, Lancaster Press, Inc., New York.

Koliopoulos G & Gikas P (2013). Fine mesh sieving of raw municipal wastewater for TSS and COD removal, *Proceedings of the 13th International Conference on Environmental Science and Technology*, 5-7 September, Athens, Greece.

Steel E.W. (1960). Water supply and sewerage, 4th Edition, McGraw-Hill, New York.

Makridakis, S.; Wheelwright, S.C.; and McGee, V.E., (1983). *Forecasting: Methods and applications*, John Wiley and Sons, New York.

Quenouville, M. H., (1949). *Approximate tests of correlation in time series*, Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 11, 68-68.

Tchobanoglous G, Leverenz H & Gikas P (2009). Impacts of new concepts and technology on the energy sustainability of wastewater management. *Proceedings of the 3rd Conference on "Climate Change, Sustainable Development and Renewable Energy Sources"*, 15-17, Thessaloniki, Greece.

Τεχνο-οικονομική μελέτη συστήματος ηλιακής ψύξης με συγκεντρωτικούς ηλιακούς συλλέκτες

Παναγιώτης Τσεκούρας[1], Ρόζα Χριστοδουλάκη[2], Γιώργος Τσεκούρας[3], Βαγγέλης Λαμάρης[4] & Πάνος Λαμάρης[4]

[1] *Μηχανολόγος Μηχανικός, ptsek@novassol.gr*

[2] *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εργ. Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής, Ζωγράφου 15780, rchris@central.ntua.gr*

[3] *Πολιτικός Μηχανικός, gtsek@novassol.gr*

[4] *SOLE ABEE, Βιομηχανία Ηλιακών Συσκευών, Αχαρναί Αττικής 13671, info@sole.gr*

Περίληψη

Οι ραγδαίες κλιματικές αλλαγές σε συνδυασμό με το διαρκώς αυξανόμενο ενεργειακό κόστος επιτάσσουν βιώσιμες λύσεις που αξιοποιούν το εγχώριο δυναμικό. Όσον αφορά την ενεργοβόρα ψύξη, η χρονική σύμπτωση των φορτίων ψύξης με την ηλιακή ακτινοβολία κατά τους θερινούς μήνες, δημιουργεί ιδανικές συνθήκες για τα συστήματα ηλιακής ψύξης. Η παρούσα δημοσίευση αφορά την τεχνο-οικονομική μελέτη ενός συστήματος ηλιακής ψύξης για τυπική βιομηχανία με ετήσια και καθημερινή λειτουργία. Το ηλιακό σύστημα αποτελείται από συγκεντρωτικούς ηλιακούς συλλέκτες γραμμικής εστίασης τεχνολογίας Fresnel και θερμικό ψύκτη απορρόφησης διπλής βαθμίδας. Αρχικά, παρουσιάζονται ενδεικτικές διατάξεις του ηλιακού συστήματος εκ των οποίων επιλέγεται μία για την οποία γίνεται η αρχική διαστασιολόγηση του συστήματος. Ακολουθεί η ενεργειακή μελέτη με χρήση υπολογιστικού προγράμματος δυναμικών προσομοιώσεων. Κατά τις παραμετρικές προσομοιώσεις λαμβάνονται υπόψη τεχνο-οικονομικές παράμετροι, όπως ο προσανατολισμός του ηλιακού πεδίου. Τέλος, παρουσιάζονται τα ενεργειακά αποτελέσματα του συστήματος σε αντιπαραβολή με τα οικονομικά στοιχεία.

Απώτερος στόχος της μελέτης είναι η ανάδειξη της βιωσιμότητας καινοτόμων τεχνολογιών, όπως η ηλιακή ψύξη, που αξιοποιούν το πλούσιο εγχώριο ηλιακό και τεχνικό δυναμικό.

Λέξεις Κλειδιά: Ηλιακή ψύξη, Συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες, Τεχνολογία Fresnel, Εξοικονόμηση ενέργειας

JEL Κωδικοί: Q20, Q42.

1. Εισαγωγή

Το 2011, η κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη έφτασε τους 1109 Mtoe. Ένα τρίτο του ποσού αυτού καταναλώθηκε από τον τομέα μεταφορών (33%), ακολουθούμενο από τον τομέα της βιομηχανίας (26%), τις κατοικίες (25%) και τις υπηρεσίες (13%) (European Union, 2013). Ο ηλεκτρισμός και το φυσικό αέριο είναι οι σημαντικότερες πηγές ενέργειας για τη βιομηχανία, καταλαμβάνοντας το 32% και το 30% της αγοράς της Ευρώπης αντίστοιχα (ODYSSEE MURE, 2012). Το 2007, οι βιομηχανίες στην Ευρώπη ήταν υπεύθυνες για το 32% των συνολικών εκπομπών CO_2. Τα φορτία ηλεκτρισμού και θερμότητας ήταν υπεύθυνα για το 86% των εκπομπών CO_2 των βιομηχανιών (European Commission, 2009).

Σημαντικές διαφορές εντοπίζονται ανάμεσα στα κράτη της Ευρώπης: στη Φιλανδία οι βιομηχανίες αφορούν το 50% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ στην Ελλάδα το ποσοστό αυτό είναι λιγότερο από 20% (ODYSSEE MURE, 2012). Στην Ελλάδα, η συνολική παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας το 2011

κυμάνθηκε στους 10 Mtoe; 78% από τα οποία παρήχθησαν από λιγνίτη, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (21%) και πετρέλαιο (1%) (European Union, 2013). Η εγχώρια κατανάλωση το 2011 ήταν 28 Mtoe. Το ποσοστό του πετρελαίου στη συνολική παραγωγή ενέργειας ήταν 48%, του λιγνίτη 27%, ενώ των ΑΠΕ μόνο 8% (European Union, 2013). Η συνολική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα το 2011 ήταν 18.84 Mtoe, 3.32 Mtoe από τα οποία καταναλώθηκαν από τη βιομηχανία (European Union, 2013).

Τρία διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας περιγράφουν την ποιότητα της ενέργειας που απαιτείται σε κάθε βιομηχανία: Χαμηλό θερμοκρασιακό επίπεδο: < 100^{o}C, Μέσο θερμοκρασιακό επίπεδο: 100^{o}C-400^{o}C, και Υψηλό θερμοκρασιακό επίπεδο: > 100^{o}C. Στο σύνολο της κατανάλωσης θερμότητας στις βιομηχανίες, το 30% αφορά θερμοκρασίες κάτω των 100 ^{o}C, το 27% θερμοκρασίες μεταξύ 100 ^{o}C και 400 ^{o}C και το υπόλοιπο 43% υψηλότερες θερμοκρασίες (ECOHEATCOOL, 2006).

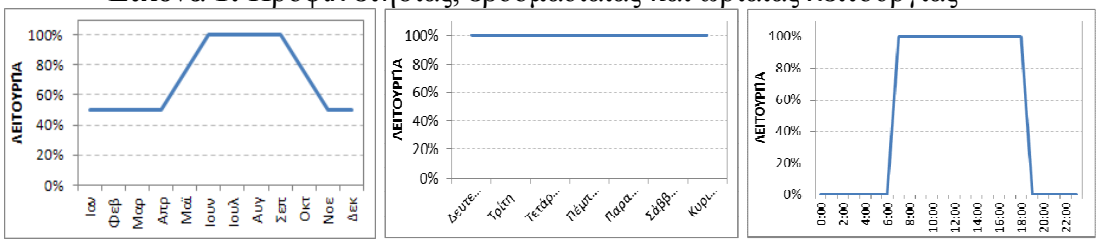
Σχετικά με τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις θερμικών ηλιακών συστημάτων, μόνο το 0.03% αφορά βιομηχανίες είτε για θερμότητα διεργασιών είτε για θέρμανση χώρου (ECOHEATCOOL, 2006). 33,991 m² θερμικών ηλιακών συλλεκτών έχουν εγκατασταθεί σε βιομηχανίες έχοντας συνολική ισχύ 24 MW_{th} (ECOHEATCOOL, 2006). Υπάρχει επομένως μεγάλο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στις βιομηχανίες που δεν έχει εκμεταλλευθεί.

Η δημοσίευση αυτή υπολογίζει τα οφέλη, όσον αφορά την ενέργεια και τα οικονομικά, που απορρέουν από την εγκατάσταση ενός συγκεντρωτικού ηλιακού συστήματος για κάλυψη των ψυκτικών φορτίων μίας βιομηχανίας στην Αθήνα.

2. Περιγραφή χρήστη

Η παρούσα μελέτη αφορά σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας σε δυνητική βιομηχανία τροφίμων στην Αττική, η οποία θεωρείται ότι καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες από συμβατικό σύστημα ψύξης με συμπίεση. Η παραγωγή των προϊόντων της βιομηχανίας θεωρείται ότι γίνεται σε ετήσια βάση, 7 μέρες ανά εβδομάδα από τις 7:00 έως τις 18:00.

Εικόνα 1: Προφίλ ετήσιας, εβδομαδιαίας και ωριαίας λειτουργίας



Οι ενεργειακές ανάγκες της βιομηχανίας εξυπηρετούνται από συμβατικά συστήματα ψύξης με ηλεκτρικούς συμπιεστές. Οι ηλεκτρικοί ψύκτες παράγουν ψυχρό νερό θερμοκρασίας 7 ^{o}C το οποίο διοχετεύεται είτε στους ψυκτικούς θαλάμους της συντήρησης των προϊόντων είτε στους εναλλάκτες που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγική διαδικασία.

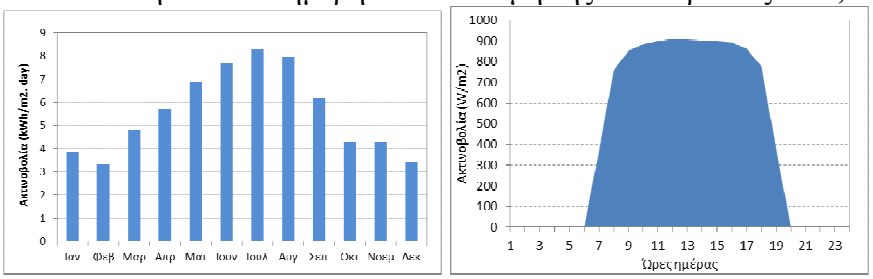
Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά συστήματος ψύξης

Θερμοκρασία ψυχρού νερού	7 ^{o}C
Μέγιστη παροχή μάζας	178 tn/hr
Ετήσια ενέργεια ψύξης	3,108 MWh/ έτος
Βαθμός απόδοσης ψύκτη (COP_{el})	2.5
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	1,243 MWh/ έτος
Ετήσιες εκπομπές CO_2	553731 kg CO_2 / έτος

3. Ηλιακό Δυναμικό

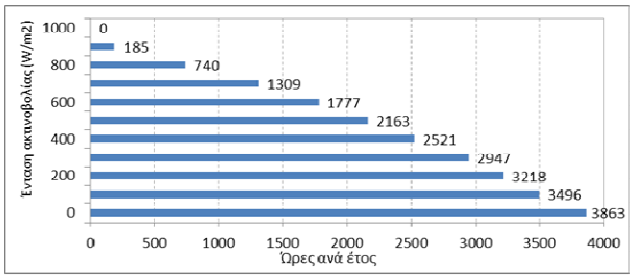
Για την εξαγωγή των μετεωρολογικών δεδομένων για την περιοχή της Αθήνας, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Meteonorm με περίοδο αναφοράς από το 1986 έως το 2005. Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες αξιοποιούν μόνο την άμεση (DNI) συνιστώσα της ηλιακής ακτινοβολίας. Ειδικότερα, για την περιοχή της Αθήνας η άμεση ακτινοβολία καθέτου επιπέδου (DNI) ανέρχεται σε 2,008 kWh/m^2 ανά έτος.

Εικόνα 2: Μηνιαία και ημερήσια κατανομή της ακτινοβολίας DNI, Αθήνα



Στην επόμενη εικόνα απεικονίζονται οι ώρες του έτους κατά τις οποίες η ακτινοβολία βρίσκεται πάνω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο. Παρατηρείται πως κατά τη διάρκεια ενός έτους η DNI ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη των 500 W/m^2 για 2163 ώρες από τις συνολικά 8760 ώρες, δηλαδή για το 25% του έτους. Η διάρκεια αυτή είναι κρίσιμη για την ετήσια απόδοση ενός ηλιακού συστήματος.

Εικόνα 3: Ετήσια κατανομή ωρών για συγκεκριμένα επίπεδα έντασης ακτινοβολίας, Αθήνα



4. Διατάξεις ηλιακού συστήματος

Σκοπός της ενότητας αυτής είναι η παράθεση των δυνατών συστημάτων παραγωγής ψύξης για βιομηχανίες, χρησιμοποιώντας τους συγκεντρωτικούς ηλιακούς συλλέκτες ως βασική πηγή ενέργειας. Σε όλα τα συστήματα, η εξοικονόμηση ενέργειας έγκειται στη χρήση του ηλιακού συστήματος για την παραγωγή ψύξης και τον δραστικό περιορισμό της λειτουργίας του συμβατικού ψύκτη.

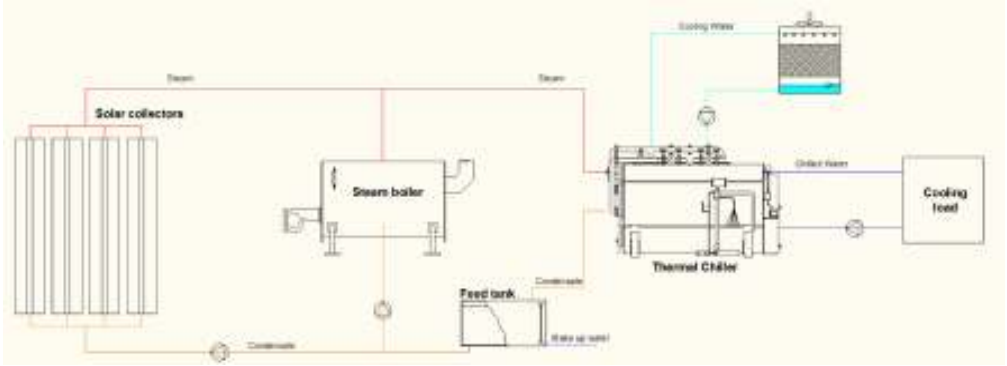
4.1 Διάταξη 1 - Ηλιακή ψύξη μέσω ατμού και backup από λέβητα

Ξεκινώντας από τον συγκεντρωτικό ηλιακό συλλέκτη, η ακτινοβολία ανακλάται στα κάτοπτρα, συγκεντρώνεται στον υπερυψωμένο δέκτη που βρίσκεται επάνω από τους ηλιακούς συλλέκτες και έτσι, θερμαίνει το νερό σε πίεση του δικτύου ατμού που κυκλοφορεί εσωτερικά της σωλήνας του δέκτη. Καθώς τώρα το νερό διέρχεται από το πρώτο τμήμα των ηλιακών συλλεκτών θερμαίνεται μέχρι την καμπύλη κορεσμένου υγρού. Στη συνέχεια, περνάει στο επόμενο τμήμα των συλλεκτών, όπου παράγεται ο ατμός. Ο παραγόμενος ατμός εισάγεται απευθείας στο δίκτυο του ατμού, από όπου οδεύει προς το θερμικό ψύκτη.

Εκεί, η θερμότητα του ατμού διοχετεύεται στον θερμικό ψύκτη. Ακολούθως της κατανάλωσης, παράγεται συμπύκνωμα (condensate) το οποίο εισάγεται στο ηλιακό πεδίο για να μετατραπεί ξανά σε ατμό, με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας.

Η θερμότητα του ατμού αξιοποιείται για την παραγωγή ψυχρού νερού θερμοκρασίας 7^{o}C περίπου, το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση. Για την συνέχιση του κύκλου λειτουργίας του θερμικού ψύκτη, το άθροισμα της ενέργειας που απορροφάται από τους ηλιακούς συλλέκτες και από την ψύξη απορρίπτεται μέσω πύργου ψύξης στον αέρα του περιβάλλοντος σε θερμοκρασία 30^{o}C περίπου. Για την παροχή ψύξης σε περιόδους χαμηλής ή ελάχιστης ηλιοφάνειας χρησιμοποιείται συμβατικός ατμολέβητας για την τροφοδοσία του θερμικού ψύκτη.

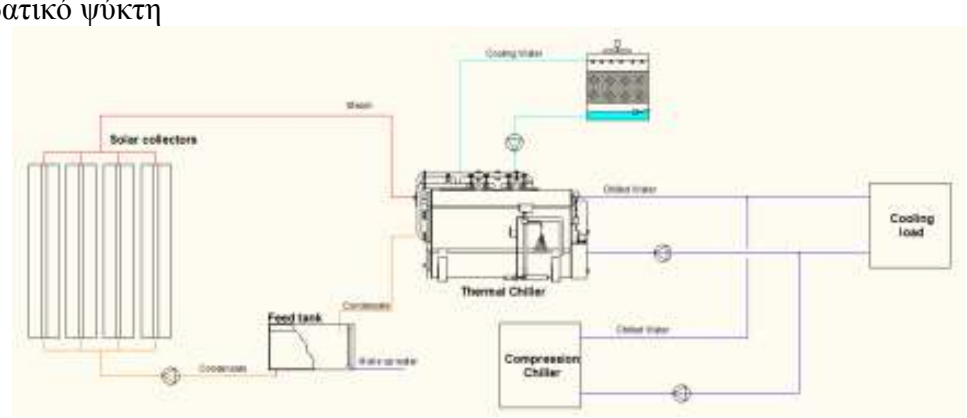
Εικόνα 4: Διάταξη 1 - Παραγωγή ψύξης μέσω ατμού και backup από λέβητα



4.2 Διάταξη 2 - Ηλιακή ψύξη μέσω ατμού και backup από συμβατικό ψύκτη

Η Διάταξη 2 είναι παρόμοια με τη Διάταξη 1, με τη διαφορά ότι για την παροχή ψύξης σε περιόδους χαμηλής ή ελάχιστης ηλιοφάνειας χρησιμοποιείται συμβατικός ψύκτης ο οποίος λειτουργεί παράλληλα με τον θερμικό ψύκτη.

Εικόνα 5: Διάταξη 2 - Παραγωγή ψύξης μέσω ατμού και backup από συμβατικό ψύκτη



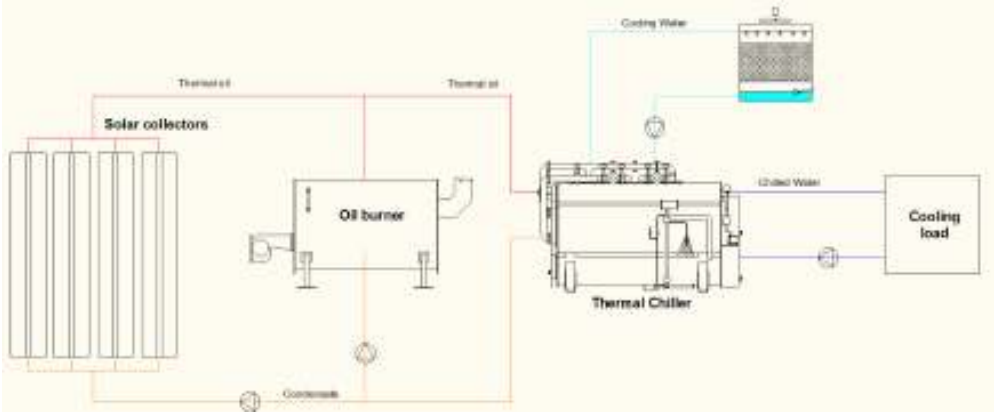
4.3 Διάταξη 3 - Ηλιακή ψύξη μέσω θερμικού λαδιού και backup από λέβητα

Ξεκινώντας από τον συγκεντρωτικό ηλιακό συλλέκτη, η ακτινοβολία ανακλάται στα κάτοπτρα, συγκεντρώνεται στον υπερυψωμένο δέκτη που βρίσκεται επάνω από τους ηλιακούς συλλέκτες και έτσι, θερμαίνει το θερμικό λάδι που κυκλοφορεί εσωτερικά της σωλήνας του δέκτη. Το λάδι αυτό έχοντας αυξήσει τη θερμοκρασία του σε επίπεδα μεγαλύτερα από την αναγκαία θερμοκρασία του δικτύου ατμού, οδηγείται απευθείας στον θερμικό ψύκτη.

Η θερμότητα του λαδιού αξιοποιείται για την παραγωγή ψυχρού νερού θερμοκρασίας 7^{o}C περίπου, το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση. Για την συνέχιση του κύκλου λειτουργίας του θερμικού ψύκτη, το άθροισμα της ενέργειας που απορροφάται από τους ηλιακούς συλλέκτες και από την ψύξη απορρίπτεται μέσω πύργου ψύξης στον αέρα του περιβάλλοντος σε θερμοκρασία 30^{o}C περίπου. Για την

παροχή ψύξης σε περιόδους χαμηλής ή ελάχιστης ηλιοφάνειας χρησιμοποιείται συμβατικός ατμολέβητας για την τροφοδοσία του θερμικού ψύκτη.

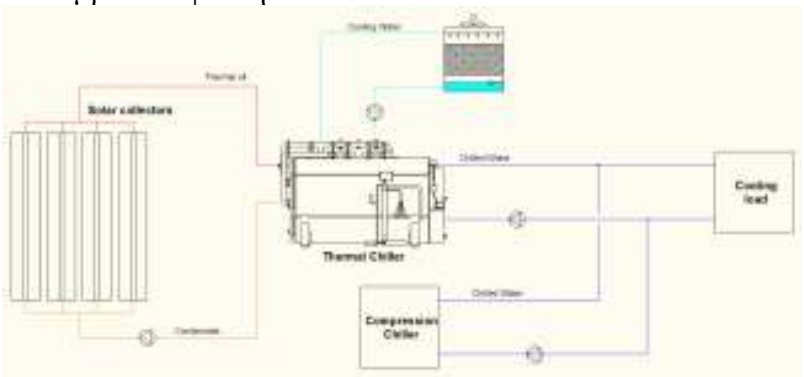
Εικόνα 6: Διάταξη 3 - Παραγωγή ψύξης μέσω θερμικού λαδιού και backup από λέβητα



4.4 Διάταξη 4 - Ηλιακή ψύξη μέσω θερμικού λαδιού και backup από συμβατικό ψύκτη

Η Διάταξη 4 είναι παρόμοια με τη Διάταξη 3, με τη διαφορά ότι για την παροχή ψύξης σε περιόδους χαμηλής ή μηδενικής ηλιοφάνειας χρησιμοποιείται συμβατικός ψύκτης ο οποίος λειτουργεί παράλληλα με τον θερμικό ψύκτη.

Εικόνα 7: Διάταξη 4 - Παραγωγή ψύξης μέσω θερμικού λαδιού και backup από συμβατικό ψύκτη



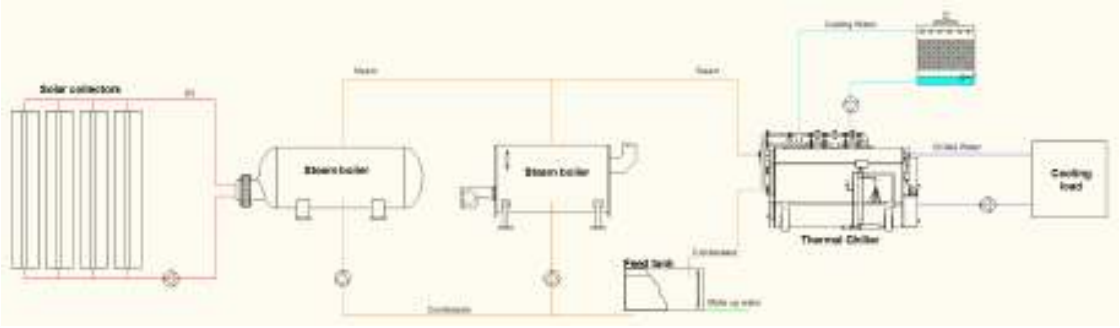
4.5 Διάταξη 5 - Ηλιακή ψύξη μέσω θερμικού λαδιού / ατμού και backup από λέβητα

Ξεκινώντας από τον συγκεντρωτικό ηλιακό συλλέκτη, η ακτινοβολία ανακλάται στα κάτοπτρα, συγκεντρώνεται στον υπερυψωμένο δέκτη που βρίσκεται επάνω από τους ηλιακούς συλλέκτες και έτσι, θερμαίνει το θερμικό λάδι που κυκλοφορεί εσωτερικά της σωλήνας του δέκτη. Το λάδι αυτό έχοντας αυξήσει τη θερμοκρασία του σε επίπεδα μεγαλύτερα από την αναγκαία θερμοκρασία του δικτύου ατμού, οδηγείται σε ειδικό λέβητα ατμού.

Εκεί, η θερμότητα του λαδιού μεταφέρεται στο νερό και έτσι, παράγεται ατμός συγκεκριμένης πίεσης. Στη συνέχεια, ο ατμός που παράγεται στο λέβητα διοχετεύεται στον θερμικό ψύκτη. Ακολούθως της κατανάλωσης, παράγεται συμπύκνωμα (condensate) το οποίο εισάγεται στο λέβητα ατμού για να μετατραπεί ξανά σε ατμό, με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας. Η θερμότητα του ατμού αξιοποιείται για την παραγωγή ψυχρού νερού θερμοκρασίας 7^{o}C περίπου, το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση. Για την συνέχιση του κύκλου λειτουργίας του θερμικού ψύκτη, το άθροισμα της ενέργειας που απορροφάται από τους ηλιακούς συλλέκτες και από την ψύξη απορρίπτεται μέσω πύργου ψύξης στον αέρα του

περιβάλλοντος σε θερμοκρασία 30^{o}C περίπου. Για την παροχή ψύξης σε περιόδους χαμηλής ή ελάχιστης ηλιοφάνειας χρησιμοποιείται συμβατικός ατμολέβητας για την τροφοδοσία του θερμικού ψύκτη.

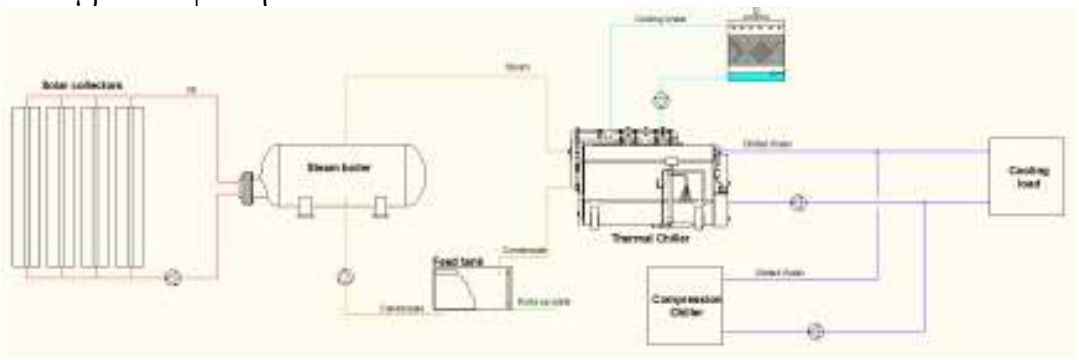
Εικόνα 8: Διάταξη 5 - Παραγωγή ψύξης μέσω θερμικού λαδιού / ατμού και backup από λέβητα



4.6 Διάταξη 6 - Ηλιακή ψύξη μέσω θερμικού λαδιού / ατμού και backup από συμβατικό ψύκτη

Η Διάταξη 6 είναι παρόμοια με τη Διάταξη 5, με τη διαφορά ότι για την παροχή ψύξης σε περιόδους χαμηλής ή ελάχιστης ηλιοφάνειας χρησιμοποιείται συμβατικός ψύκτης ο οποίος λειτουργεί παράλληλα με τον θερμικό ψύκτη.

Εικόνα 9: Διάταξη 6 - Παραγωγή ψύξης μέσω θερμικού λαδιού / ατμού και backup από συμβατικό ψύκτη



5. Περιγραφή ηλιακού συστήματος

Για την παρούσα μελέτη επιλέγεται η Διάταξη 6 – Ηλιακή ψύξη μέσω θερμικού λαδιού/ ατμού και backup από συμβατικό ψύκτη, καθώς πλεονεκτεί σε σχέση με τις υπόλοιπες διατάξεις στα εξής χαρακτηριστικά:

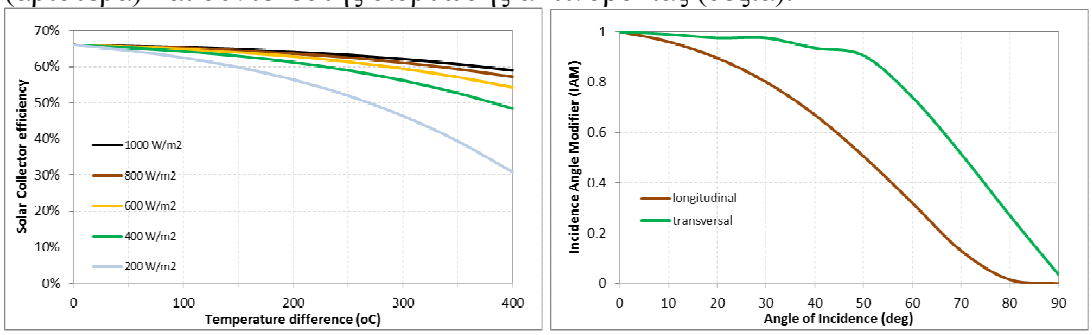
- Εμπορική διαθεσιμότητα του θερμικού ψύκτη με τροφοδοσία ατμού, σε αντίθεση με τους θερμικούς ψύκτες με τροφοδοσία λαδιού,
- Δυνατότητα υποστήριξης μελέτης και κατασκευής παρομοίων διατάξεων από μηχανικούς, άρα μεγαλύτερη πιθανότητα επαναληψιμότητας διάταξης,
- Μηδενική πιθανότητα διάβρωσης συλλεκτών,
- Χαμηλή πίεση λειτουργίας ηλιακού συστήματος, άρα μικρότερο αρχικό κόστος,
- Διαθεσιμότητα εξαρτημάτων στο εμπόριο,
- Μέσο κόστος θερμικού μέσου (λαδιού),
- Ικανοποιητική μεταφορά θερμότητας.

Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες Fresnel αποτελούνται από επίπεδες λωρίδες κατόπτρων, οι οποίες στρέφονται σε έναν άξονα και ακολουθούν την κίνηση του ήλιου. Η ηλιακή ακτινοβολία ανακλώμενη κατευθύνεται προς τον δέκτη, όπου

βρίσκεται μία σωλήνα κενού. Η συγκεντρωμένη πλέον ακτινοβολία απορροφάται από το θερμικό λάδι που κυκλοφορεί εσωτερικά της σωλήνας, το οποίο κατευθύνεται στον ατμολέβητα για την παραγωγή του ατμού.

Ο υπό εξέταση συλλέκτης αποτελείται από 14 σειρές ανακλαστήρων, που ο καθένας έχει πλάτος 0.5 m, με συνολική επιφάνεια 28.4m^2. Το συνολικό πλάτος του συλλέκτη είναι 9.8m, το μήκος είναι 4.06m και το ύψος του δέκτη από τους ανακλαστήρες 4m. Ο συλλέκτης έχει ολική επιφάνεια 39.8m^2 επιτυγχάνοντας έτσι κάλυψη εδάφους 71.3%. Η μέγιστη θερμοκρασία του συλλέκτη ανέρχεται σε 400^{o}C. Το ηλιακό πεδίο διαστασιολογήθηκε έτσι ώστε η θερμότητα που παράγεται από τους συλλέκτες κατά τις αίθριες μέρες του καλοκαιριού να μπορεί να απορροφάται πλήρως από το δίκτυο. Έτσι, το ηλιακό πεδίο αποτελείται από 52 ηλιακούς συλλέκτες συνολικής επιφάνειας κατόπτρων 1,456m^2, ενώ η ολική επιφάνεια των συλλεκτών ανέρχεται σε 2,070m^2. Οι ηλιακοί συλλέκτες σχηματίζουν 3 παράλληλες σειρές με προσανατολισμό Νότου – Βορρά με 18 συλλέκτες ανά σειρά, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Η θερμική απόδοση του ηλιακού συλλέκτη και ο συντελεστής διόρθωσης ακτινοβολίας απεικονίζονται γραφικά στην ακόλουθη εικόνα**Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**.

Εικόνα 10: Καμπύλες ενεργειακής απόδοσης του ηλιακού συλλέκτη (αριστερά) και συντελεστής διόρθωσης ακτινοβολίας (δεξιά).



Ο ηλιακός ψύκτης παράγει ψυχρό νερό θερμοκρασίας 7^{o}C περίπου, αξιοποιώντας τη θερμότητα που προέρχεται από τους ηλιακούς συλλέκτες. Η απουσία συμπιεστή σχεδόν μηδενίζει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργώντας με ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης COP_{el}=134. Ωστόσο, για την λειτουργία του απαιτείται θερμότητα με παροχή κορεσμένου ατμού πίεση 7.84bar. Ο ψύκτης λειτουργεί με θερμικό βαθμό απόδοσης ίσο με COP_{th}= 1.55.

Ο ατμολέβητας του ηλιακού συστήματος συνδέεται παράλληλα στον ατμολέβητα πετρελαίου και παράγει κορεσμένο ατμό πίεσης 7 bar. Η θερμοκρασία παροχής/ επιστροφής του λαδιού είναι 250^{o}C / 200^{o}C, με παροχή όγκου 26m^3/hr.

Το μέσο μεταφοράς θερμότητας είναι συνθετικό λάδι που πληροί τις ακόλουθες προϋποθέσεις: υγρή φάση στο θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας, χαμηλό σημείο πήξης, υψηλή μεταφορά θερμότητας, μη διαβρωτικό για τον εξοπλισμό και οικονομία.

6. Προσομοίωση συστήματος

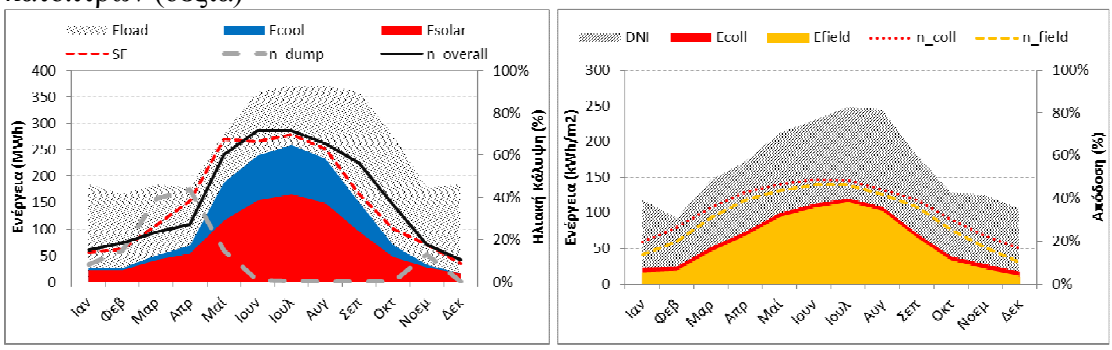
Για την ενεργειακή μελέτη του ηλιακού συστήματος χρησιμοποιήθηκε λογισμικό δυναμικών προσομοιώσεων με ωριαίο χρονικό βήμα. Προκειμένου να υπολογισθεί η θερμότητα που παράγεται από τους συλλέκτες, η εκκίνηση γίνεται από τα κλιματικά δεδομένα σε συνδυασμό με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εκάστοτε συλλεκτών. Αφού βρεθεί η θερμότητα που παράγεται από τους συλλέκτες, σειρά έχει

ο υπολογισμός της θερμότητας που παράγεται από όλο το πεδίο, λαμβάνοντας υπόψη τις θερμικές απώλειες. Στη συνέχεια, δεδομένου του προφίλ λειτουργίας της βιομηχανίας, υπολογίζεται η θερμότητα που δεν είναι αξιοποιήσιμη εξαιτίας χρονικών περιορισμών, οπότε τελικά καθορίζεται το πραγματικό ποσό της αξιοποιήσιμης θερμότητας. Αυτή η θερμότητα τροφοδοτεί τον ψύκτη για παραγωγή ψυχρού νερού. Το άθροισμα της απορροφούμενης θερμότητας από το ηλιακό σύστημα και της ψύξης απορρίπτονται στον αέρα περιβάλλοντος μέσω του πύργου ψύξης. Η συνολική ενεργειακή απαίτηση του χρήστη για ψύξη υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τον ηλιακό ψύκτη και το συμβατικό σύστημα.

Σύμφωνα με τα ετήσια αποτελέσματα της προσομοίωσης, η ηλιακή ακτινοβολία ανέρχεται σε 2,008 kWh/m^{2}έτος και οι ηλιακοί συλλέκτες παράγουν 790 kWh/m^2 θερμότητας επιτυγχάνοντας ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με 39%. Λαμβάνοντας υπόψη τις θερμικές απώλειες του ηλιακού πεδίου και τη θερμική αδράνεια του κυκλώματος, η παραχθείσα θερμότητα (E_{field}) είναι πλέον 1,017 MWh (700 kWh/m^2). Ωστόσο, κάποιο μέρος της παραχθείσας θερμότητας δεν απορροφάται από το δίκτυο λόγω χαμηλού ή μηδενικού φορτίου (E_{dump}) και τελικά, η θερμότητα που διοχετεύεται στον ηλιακό ψύκτη (E_{solar}) ισούται με 915 MWh (630 kWh/m^2). Η ψύξη που παράγεται από τον θερμικό ψύκτη αντιστοιχεί σε 1,358 MWh (930 kWh/m^2), ενώ η συνολική ενεργειακή απαίτηση για ψύξη είναι 3,108 MWh. Έτσι, το ηλιακό σύστημα επιτυγχάνει ηλιακή κάλυψη (SF) ίση με 44%. Το συμβατικό σύστημα παρέχει την απαιτούμενη συμπληρωματική ψύξη (E_{aux}).

Το ηλιακό σύστημα εξοικονομεί 1365 MWh ψύξης ετησίως, καλύπτοντας έτσι το 44% της συνολικής ενεργειακής απαίτησης της βιομηχανίας για ψύξη. Η ενέργεια αυτή αντιστοιχεί σε εξοικονόμηση ρεύματος ίση με 640 MWh/έτος και σε μείωση εκπομπών CO_2 κατά 608 tn.

Εικόνα 11: Ενεργειακή συμπεριφορά ηλιακού συστήματος (αριστερά) και ηλιακών συλλεκτών και ηλιακού πεδίου σε ανηγμένες τιμές ως προς την επιφάνεια των κατόπτρων (δεξιά)



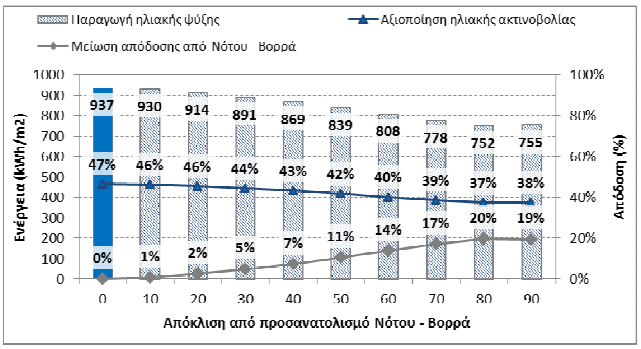
Οι απαραίτητες παραμετρικές προσομοιώσεις διενεργήθηκαν μεταβάλλοντας τον προσανατολισμό των ηλιακών συλλεκτών, τη θερμοκρασία λειτουργίας και την επιφάνεια των κατόπτρων.

6.1 Προσανατολισμός των ηλιακών συλλεκτών

Για το ηλιακό σύστημα καθαρής επιφάνειας κατόπτρων ίση με 1,456 m^2, θερμοκρασία προσαγωγής του θερμικού λαδιού ίση με 250^{o}C εξετάστηκε παραμετρικά η επίδραση του προσανατολισμού στην ενεργειακή απόδοση του συστήματος. Συνολικά εξετάστηκαν 10 περιπτώσεις από τον προσανατολισμό Νότου – Βορρά (απόκλιση 0^o) έως τον προσανατολισμό Ανατολής – Δύσης (απόκλιση 90^o) με βήμα 10^o. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων σε ετήσια βάση οπτικοποιούνται

στην Εικόνα 13. Η βέλτιστη περίπτωση αφορά τον προσανατολισμό Νότου – Βορρά, κατά τον οποίο η ετήσια παραγωγή ψύξης από το ηλιακό σύστημα ανέρχεται στις 937 kWh/m^2 ετησίως με βαθμό αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας 47%. Αποκλίσεις έως 20^o επιφέρουν σχεδόν αμελητέα μείωση στην παραγωγή θερμότητας. Η μείωση όμως γίνεται εμφανής από τις 30^o έως τις 90^o για την οποία η μείωση απόδοσης είναι ίση με 19% με ετήσια παραγωγή ψύξης 755 kWh/m^2.

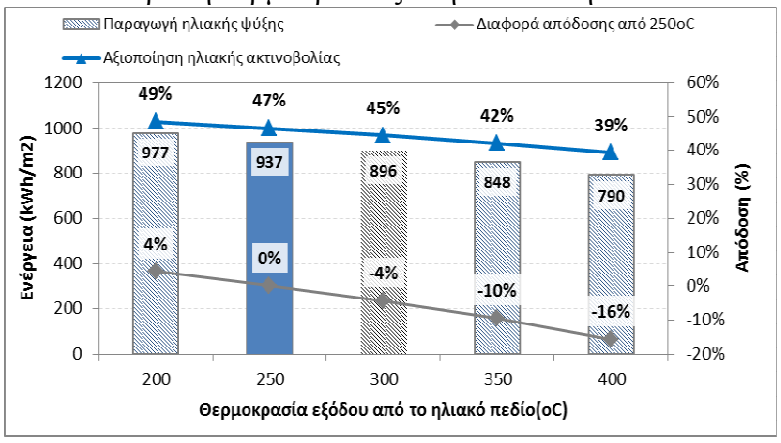
Εικόνα 12: Επίδραση προσανατολισμού στην ετήσια παραγωγή ψύξης από το ηλιακό σύστημα



6.2 Θερμοκρασία λειτουργίας

Συνολικά εξετάστηκαν 5 περιπτώσεις με θερμοκρασία εξόδου από τους συλλέκτες από τους 200 ^{o}C έως τους 400 ^{o}C. Η διαφορά θερμοκρασίας εισόδου και εξόδου στους ηλιακούς συλλέκτες είναι πάντα 50 ^{o}C. Η ελάχιστη θερμοκρασία για τη συγκεκριμένη εφαρμογή για παραγωγή ατμού στους 170 ^{o}C είναι στους 200 ^{o}C. Με θερμοκρασία εξόδου του θερμικού λαδιού από το ηλιακό πεδίο στους 250^{o}C, παράγονται 937kWh ανά τετραγωνικό μέτρο καθαρής επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών και ο βαθμός αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας ανέρχεται στο 47%. Σύμφωνα με το παρακάτω γράφημα, η λειτουργία πάνω από τους 250^{o}C οδηγεί σε μείωση της παραγωγής ενέργειας κατά 4% στους 300^{o}C, 10% στους 350^{o}C και 16% στους 400^{o}C. Από τεχνο-οικονομική άποψη, η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε χρήση υδραυλικού εξοπλισμού, κυκλοφορητών, μονώσεων και θερμικού λαδιού και εξαρτημάτων υψηλότερων θερμοκρασιών που αυξάνουν σημαντικά το κόστος. Από την άλλη μεριά, η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει τον εναλλάκτη του ατμολέβητα και επομένως, σε κάποιο βαθμό το κόστος αγοράς του. Για τους παραπάνω λόγους κρίνεται σκόπιμη η λειτουργία στους 250^{o}C.

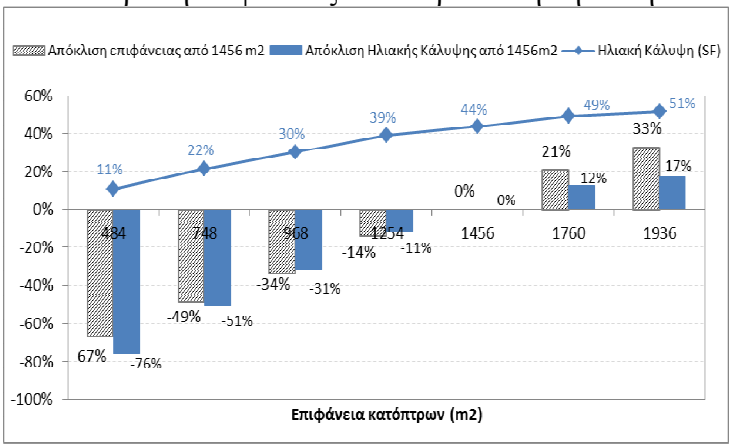
Εικόνα 13: Επίδραση θερμοκρασίας στην απόδοση των συλλεκτών



6.3 Επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών

Συνολικά εξετάστηκαν 7 περιπτώσεις με επιφάνεια από περίπου 500 m^2 έως 2,000 m^2 με βήμα 250m^2. Από ενεργειακής άποψης, η διαστασιολόγηση του ηλιακού πεδίου στα 1,456 m^2 κρίνεται ικανοποιητική. Η μείωση της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών οδηγεί σχεδόν σε ανάλογη μείωση της ηλιακής κάλυψης, επομένως δεν κρίνεται σκόπιμη. Παράλληλα, η αύξηση της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών οδηγεί σε συγκριτικά λιγότερη αύξηση της ηλιακής κάλυψης.

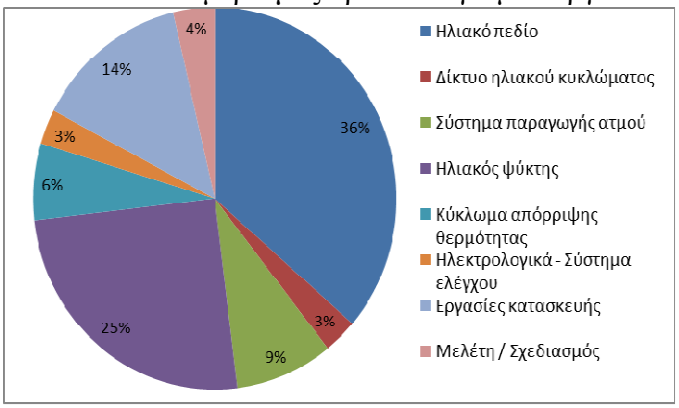
Εικόνα 14: Επίδραση επιφάνειας κατόπτρων στην ηλιακή κάλυψη



7. Οικονομικά στοιχεία συστήματος

Ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 865,450 €. Οι τιμές προέκυψαν από επαφές με προμηθευτές των επιμέρους εξοπλισμών και από δημοσιευμένα στοιχεία προηγούμενων έργων. Η κατανομή του κόστους απεικονίζεται στην ακόλουθη εικόνα, με τους ηλιακούς συλλέκτες να απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό. Η ελκυστικότητα της επένδυσης τεκμηριώνεται την απλή απόσβεση που εκτιμάται σε 9 έτη χωρίς επιδότηση. Οι παραδοχές της ανάλυσης είναι οι εξής: μείωση απόδοσης συστήματος 1%/έτος, λειτουργικά έξοδα 4%, COP_{el} συμβατικού ψύκτη 2.5, κόστος ρεύματος 0.15 €/kWh, ρυθμός αύξησης κόστους ενέργειας 10%, επιτόκιο προεξόφλησης 4%.

Εικόνα 15: Καταμερισμός προϋπολογισμού έργου



8. Συμπεράσματα

Η παρούσα δημοσίευση αφορά την τεχνο-οικονομική μελέτη ενός συγκεντρωτικού ηλιακού συστήματος για παραγωγή ψύξης σε βιομηχανία. Το σύστημα αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, τον ατμολέβητα, το θερμικό λάδι και τις βοηθητικές διατάξεις του, τον θερμικό ψύκτη 1MW, τον πύργο ψύξης 1.7MW και το υδραυλικό δίκτυο. Το ηλιακό πεδίο, ολικής επιφάνειας συλλεκτών 1,456m^2, διαστασιολογήθηκε έτσι ώστε η θερμότητα που παράγεται από τους συλλέκτες κατά τις αίθριες μέρες του καλοκαιριού να απορροφάται πλήρως από το δίκτυο.

Οι ηλιακοί συλλέκτες παράγουν 790 kWh/m^2 θερμότητας επιτυγχάνοντας ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με 39%. Το ηλιακό σύστημα εξοικονομεί 1365 MWh ψύξης ετησίως, καλύπτοντας έτσι το 44% της συνολικής ενεργειακής απαίτησης της βιομηχανίας για ψύξη. Η ενέργεια αυτή αντιστοιχεί σε εξοικονόμηση ρεύματος ίση με 640 MWh/έτος και σε μείωση εκπομπών CO_2 κατά 608 tn.

Από την παραμετρική μελέτη του συστήματος προέκυψε ότι η βέλτιστη ετήσια λειτουργία του πεδίου απαιτεί προσανατολισμό των συλλεκτών Νότου – Βορρά, θερμοκρασία λειτουργίας του ηλιακού πεδίου 250^{o}C και επιφάνεια κατόπτρων 1,456 m^2. Η οικονομική μελέτη του συστήματος υπολογίζει το συνολικό προϋπολογισμό του έργου στα 865,450 €. Η απόσβεση, χωρίς καμία επιδότηση στο αρχικό κόστος, πραγματοποιείται στα 9 έτη. Η παρούσα μελέτη δείχνει ότι η λειτουργία ενός συγκεντρωτικού ηλιακού συστήματος στην Ελλάδα για παραγωγή ψύξης βιομηχανικής χρήσεως παρουσιάζει ενθαρρυντικά οικονομοτεχνικά αποτελέσματα.

Ευχαριστίες

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του έργου Solecon «Συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες υψηλής θερμοκρασίας και απόδοσης», που συγχρηματοδοτείται από το Πρόγραμμα Ανάπτυξης Βιομηχανικής Έρευνας και Τεχνολογίας ΠΑΒΕΤ ΕΣΠΑ 2007 – 2013 της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας, της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και του Ευρωπαϊκού Ταμείου Περιφερειακής Ανάπτυξης.

Βιβλιογραφία

European Union (2013). Eurostat Pocketbooks: Energy, transport and environment indicators, Available from: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/publication?p_product_code=KS-DK-13-001

ODYSSEE MURE Intelligent Energy for Europe Program (2012). Energy Efficiency Trends in industry in the EU - Lessons from the ODYSSEE MURE project. Available from: http://www.odyssee-mure.eu/publications/br/transport-energy-efficiency-trends.pdf

European Commission (2009). Market Observatory For Energy: Europe's energy position markets and supply. Available from: http://ec.europa.eu/energy/observatory/annual_reports/doc/2009_annual_report.pdf

ECOHEATCOOL Intelligent Energy for Europe Program (2006). The European Heat Market: Final Report. Available from: http://www.euroheat.org/Files/Filer/ecoheatcool/documents/Ecoheatcool_WP1_Web.pdf

Εμπόδια και δράσεις διάδοσης των οικιακών συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας στην Ελλάδα: Ένα μοντέλο ανάλυσης διατεταγμένης παλινδρόμησης

Σπυρίδων Καρύτσας[1] & Ιωάννης Κωστάκης[2]
[1]*Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Διεύθυνση ΑΠΕ, Τμήμα Γεωθερμικής Ενέργειας,*
[2]*Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών*
spkary@hotmail.com, ikostakis@hua.gr

Περίληψη
Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εξετάσει τις απόψεις σχετικά με την παρούσα και μελλοντική διάδοση των οικιακών συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (ΓΑΘ), τα εμπόδια που αποτρέπουν τη διάδοση τους και τις ενέργειες που μπορούν να ενθαρρύνουν την υιοθέτησή τους. Αναπτύχθηκε ένα ερωτηματολόγιο με σκοπό την καταγραφή των απόψεων των ατόμων που δραστηριοποιούνται στον συγκεκριμένο κλάδο. Συνολικά 181 ερωτηματολόγια συγκεντρώθηκαν το 2012, ενώ η διεξαγωγή των αποτελεσμάτων έγινε μέσω υποδείγματος διατεταγμένης λογιστικής παλινδρόμησης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα κύρια εμπόδια διάδοσης της τεχνολογίας είναι α) η ελλιπής πληροφόρηση του κοινού σχετικά με την τεχνολογία και τα οφέλη των ΓΑΘ, β) η οικονομική ύφεση, γ) η έλλειψη επαρκούς επιδότησης / φοροαπαλλαγών για την εγκατάσταση και δ) το κόστος εγκατάστασης. Από την άλλη, ενέργειες οι οποίες θα μπορούσαν να συμβάλουν στη διάδοση των οικιακών συστημάτων ΓΑΘ είναι α) οι φοροαπαλλαγές προσαρμοσμένες στις ΓΑΘ, β) οι δραστηριότητες ενημέρωσης του κοινού από το κράτος σχετικά με τη συγκεκριμένη τεχνολογία και τα οφέλη της, γ) η διοργάνωση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων για τους εγκαταστάτες, δ) η εγκατάσταση επιδεικτικών μονάδων σε περισσότερα κρατικά κτίρια και ε) νομοθεσία και πολιτικές που να επιταχύνουν τη χρήση ΑΠΕ από τους οικιακούς χρήστες.

Λέξεις κλειδιά: Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, οικιακά, διάδοση, εμπόδια.
Κωδικοί JEL: Q42.

Barriers and diffusion actions of residential ground source heat pump systems in Greece: An ordered regression model analysis

Spyridon Karytsas[1] & Ioannis Kostakis[2]
[1]*Center for Renewable Energy Sources and Saving, RES Division, Geothermal Energy Department,*
[2]*Harokopio University of Athens*

Abstract
Aim of the study is to examine the perceptions on the current and future situation regarding the diffusion of residential ground source heat pump (GSHP) systems, barriers affecting their dissemination and actions that can encourage their adoption. A structured questionnaire was developed in order to record the perceptions of individuals activated in the specific field. A total of 181 questionnaires were collected during 2012, while the results were based on ordered logistic regression analysis. Results indicate that the main barriers that have hindered the technology's diffusion are a) lack of public awareness on the GSHP technology and benefits, b) economic recession, c) lack of adequate subsidies or tax exemptions for the installation and d) the installation cost. On the other hand, actions that could contribute to the future diffusion of residential GSHP systems are a) tax reductions suited for GSHP, b) public awareness activities on the technology and its benefits, c) training activities for installers, d) installation of demonstration systems in governmental buildings and e) legislation and policies that will accelerate the use of RES by homeowners.

Keywords: Ground source heat pumps; residential; diffusion; barriers.
JEL Classifications: Q42.

1. Introduction

1.1 Ground source heat pump systems

The energy systems that use shallow geothermal energy in order to provide heating, cooling and hot water for buildings and other facilities are known as ground source heat pumps (GSHP). The operating principle of GSHP is based on the fact that unlike air, earth has a constant temperature during the whole year. So, during winter the system transfers thermal energy from the ground to the building in order to heat it, while during summer it cools the building by disposing thermal energy to the ground. In addition, GSHP can provide hot water without any extra energy consumption (Sanner et al., 2003; Lund et al., 2004; Omer, 2008; Sanner, 2008; Younis et al., 2010).

Application of GSHP systems does not depend on the underground temperature; it can be installed in any area, which means that it has a great development potential. The regions where the technology is more widespread are North America and some European countries (Germany, Switzerland, Austria, France, Scandinavian countries), while development also occurs in some other countries like Japan and Turkey (Sanner et al., 2003; Lund et al., 2004; Omer, 2008). Concerning the EU market, in 2012 98,807 GSHP units were sold, thus exceeding the number of 990,000 total installed units. Despite this, there was a decrease in sold units compared to 2011 by 8.9%, due to the economic recession and the decline of the construction activity (EurObserv'ER, 2013). In Greece the GSHP market has been growing since 2004, with an annual growth rate of 20% (Haldezos and Karytsas, 2014). Available data show that in 2013 there were 800 GSHP systems installed in Greece, with estimations giving a total number up to 1,000 units (Andristos et al., 2013).

GSHP systems usually have a higher installation cost than conventional systems, but on the other hand their operation and maintenance costs are significantly lower. Regarding the installation cost of GSHP, it should be mentioned that today in Greece the cost of installing an open-loop system ranges from 500 to 1,200 € / $kW_{(th)}$, while the cost for closed loop-systems ranges from 1,000 to 1,800 € / kW (th) (Haldezos and Karytsas, 2012; Haldezos and Karytsas, 2014). The payback period of a typical GSHP system (20 KW_{th} and 16 KW_c) is achieved in 15 to 20 months, when compared to an equivalent conventional system that uses heating oil or natural gas for heating, electricity for cooling and heating oil, natural gas or electricity for hot water. Also, the comparison between the two aforementioned systems (GSHP and conventional) shows that annually a GSHP system can achieve (Haldezos and Karytsas, 2014): a) equivalent primary energy savings of around 35-45%, b) equivalent electricity savings of at least 55%, c) money savings between 60-80% and d) over 5 TCO_2 reduction of CO_2 emissions.

1.2 Barriers and actions for GSHP diffusion

There are a number of studies targeting specifically on the barriers and actions for the GSHP industry. These studies have been carried out mainly for the United States (Hughes, 2008; Navigant Consulting Inc., 2009; California Energy Commission, 2011; NREL, 2011; Goetzler et al., 2012; Dougherty, 2014; Lim, 2014) and for European countries (Thilliez, 2008; Sanner, 2011; Rees and Curtis, 2014). Barriers identified through these studies are:

• Economic: a) high initial investment cost (IEA-ETSAP and IRENA, 2013; NGWA, 2003; Hughes, 2008; Thilliez, 2008; Navigant Consulting Inc., 2009; California

Energy Commission, 2011; NREL, 2011; Goetzler et al., 2012; Lim, 2014; GSHP roadmap, n.d.), b) long or uncertain payback period (Navigant Consulting Inc., 2009; Lim, 2014; GSHP roadmap, n.d.), c) incomplete or unclear financing options (NREL, 2011; Thilliez, 2008; GSHP roadmap, n.d.), d) the value of the investment is not reflected in the value of the property (GSHP roadmap, n.d.), e) landlord-tenant dilemma (who will make the investment?) (Thilliez, 2008).

• Technical: a) lack of qualified personnel to install and promote systems (NGWA, 2003; Thilliez, 2008; Navigant Consulting Inc., 2009; NREL, 2011; Goetzler et al., 2012; GSHP roadmap, n.d.), b) lack of certification, guidelines and standards for the design, installation and reference data (Thilliez, 2008; Navigant Consulting Inc., 2009; Goetzler et al., 2012; GSHP roadmap, n.d.) c) lack of infrastructure for the design and installation of GSHP systems (Hughes, 2008; NREL, 2011; Goetzler et al., 2012; Dougherty, 2014), d) limited space for installation in urban areas (NGWA, 2003; Navigant Consulting Inc., 2009; Goetzler et al., 2012; Lim, 2014), e) difficult and expensive installation in cases of existing buildings (Navigant Consulting Inc., 2009; Goetzler et al., 2012). Literature also reports other technical barriers, referring specifically to the GSHP systems technology (Hughes, 2008; Navigant Consulting Inc., 2009; NREL, 2011; Goetzler et al., 2012; GSHP roadmap, n.d.).

• Institutional and legislative: a) regulatory barriers and unsuitable regulatory frameworks (Navigant Consulting Inc., 2009; California Energy Commission, 2011; Sanner, 2011; Dougherty, 2014), b) unclear requirements in order to receive a grant (Thilliez, 2008).

• Information: a) low awareness level on GSHP and their benefits among consumers, industry, government officials, policymakers and regulators (NGWA, 2003; Hughes, 2008; Thilliez, 2008; Navigant Consulting Inc., 2009; California Energy Commission, 2011; NREL, 2011; Goetzler et al., 2012; IEA-ETSAP and IRENA, 2013; GSHP roadmap, n.d.), b) limited availability of objective data on the technology, its costs and benefits (Thilliez, 2008; GSHP roadmap, n.d.).

• Market: a) competition with fossil fuels (Dougherty, 2014), b) operation cost depends on the price of electricity (Navigant Consulting Inc., 2009), c) consumers cannot easily access the technology (GSHP roadmap, n.d.).

On the other hand, actions proposed in order to promote GSHP systems are:

• Financial actions: a) providing financial incentives (loans with favorable rates, grants, subsidies, tax reductions) (IEA-ETSAP and IRENA, 2013), b) removal of financial barriers (GSHP roadmap, n.d.), c) development of financial models through which the installation of geoexchangers will be realized by public utility companies (as it is done for example with the electricity poles or gas pipelines), in order to reduce the initial installation cost for the consumer and to take into account that the system may have more than one users during its whole lifetime (Hughes, 2008; Goetzler et al., 2012; GSHP roadmap, n.d.).

• Institutional and policy actions: a) development of appropriate regulatory and legal framework (for companies, technology, installation) (NGWA, 2003; California Energy Commission, 2011; Geng et al., 2013; Rees, and Curtis, 2014), b) creation of a strategic development plan (Geng et al., 2013), c) existence of an institutional body responsible for the overall completion of the licensing process (California Energy Commission, 2011), d) lower price of electricity when used by GSHP systems (California Energy Commission, 2011), e) cooperation between public and private actors (Navigant Consulting Inc., 2009), f) development of partnerships in order to create new business models which will reduce the cost of drilling / trenching

(Navigant Consulting Inc., 2009), g) reduction of the necessary documents for licensing to the minimum required (Sanner, 2011).

• Technological actions: a) establishment of certifications, standards and guidelines for installers, equipment suppliers, maintainers and equipment (Navigant Consulting Inc., 2009; Sanner, 2011; Geng et al., 2013), b) development and standardization of performance factors (e.g. COP, SPF) (Goetzler et al., 2012; IEA-ETSAP and IRENA, 2013), c) development of research and technology (Goetzler et al., 2012; IEA-ETSAP and IRENA, 2013), d) training of designers, installers and policy makers (Navigant Consulting Inc., 2009; Sanner, 2011; GSHP roadmap, n.d.), e) development of infrastructure for design and installation of GSHP systems (Hughes, 2008; Goetzler et al., 2012), f) coordination between installers, designers and other stakeholders, in order to develop efficient and economical systems (GSHP roadmap, n.d.), g) planning system installation in entire communities, not just in individual buildings (Navigant Consulting Inc., 2009).

• Information activities: a) awareness and information programs on GSHP systems and their benefits (Navigant Consulting Inc., 2009; IEA-ETSAP and IRENA, 2013; GSHP, n.d.), b) collection and evaluation of objective data of the GSHP systems (Hughes, 2008; Navigant Consulting Inc., 2009; Goetzler et al., 2012; GSHP roadmap, n.d.), c) demonstration / pilot applications (California Energy Commission, 2011), d) publication of good practice guides (Goetzler et al., 2012), e) mapping of GSHP installations (Goetzler et al., 2012).

Aim of this study is to examine the perceptions on the current and future situation regarding the diffusion of residential ground source heat pump (GSHP) systems, barriers affecting their dissemination and actions that can encourage their adoption.

2. Empirical results

2.1 Methodology

A questionnaire was developed in order to collect data from people involved in the GSHP technology sector; the questionnaire was structured based on the previous literature review findings. It included the following four sections of questions: a) profession of respondent, b) perceptions on GSHP technology diffusion, c) barriers of technology penetration and d) actions to encourage technology adoption.

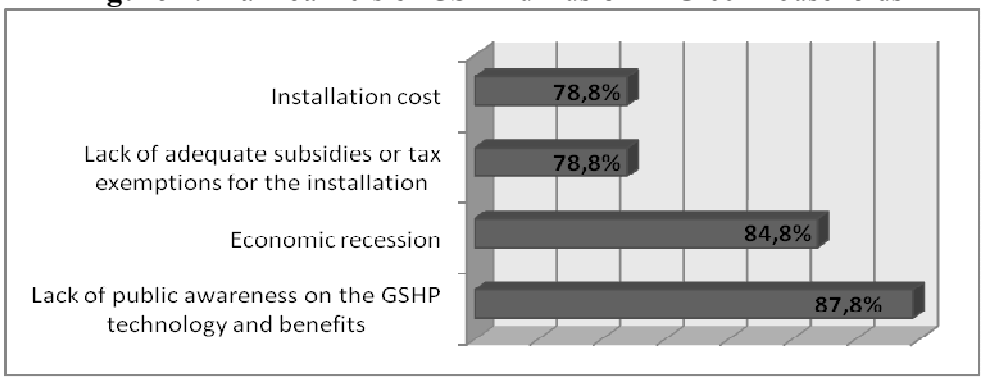
The distribution of the questionnaires was conducted during two scientific workshops relevant to the technology, carried out by the Centre for Renewable Energy Sources and Saving (CRES). Specifically, it was distributed during the two «Local Forums for stakeholders and MAs» within the GEO.POWER project, which took place in January and May 2012. Also, the questionnaire was distributed electronically through an electronic mailing list to individuals and companies of the GSHP industry during July and August 2012. In total, 181 questionnaires were collected; the statistical package SPSS 20 was used in order to perform the descriptive statistics analysis, while the statistical package Stata 12 was used for the ordered regression models analysis.

2.2 Results

The participants of the survey were mainly executives from private companies, public bodies and research institutions, as well as freelancers. Regarding the specialties of the respondents, there was representation from a range of science disciplines, with the majority being Mechanical and Electrical Engineers. About ¾ (73.7%) of the respondents disagree and clearly disagree that so far, the adoption level of GSHP as household heating / cooling systems in Greece is satisfactory. On the

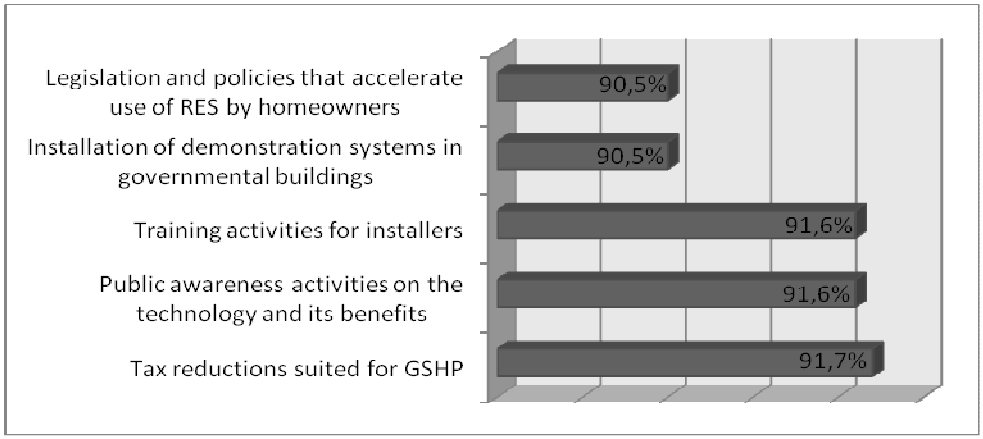
other hand, 37.7% believe (agree and clearly agree) that in the future GSHP will be the predominant heating / cooling system for Greek households. Regarding adoption barriers, Figure 1 illustrates the main factors that may hinder the implementation of GSHP systems in households. Based on the results, the majority of the respondents supports (Agrees and Clearly Agrees) that economic factors and awareness issues are the main determinants that affect negatively the diffusion of GSHP in Greece.

Figure 1: Main barriers of GSHP diffusion in Greek households



The actions that are mainly proposed (Agree and Clearly Agree) by the respondents in order to promote the adoption of GSHP systems by Greek households are presented in Figure 2. It has been identified that the actions that could enhance the installation of GSHP systems in Greek households are the establishment of funding incentives and the organization of awareness and training activities. More specifically, more than 90% of the respondents support that public awareness activities on the GSHP technology and its benefits, as well as training activities for GSHP installers can contribute to the adoption of GSHP systems. Here, it should be mentioned that the agreement level on the possible actions is so high, due to the fact that the respondents are people that are involved in the GSHP technology sector.

Figure 2: Main actions for GSHP adoption in Greek households



The empirical results of the study are based mainly on the estimation of ordered logistic regression models. In general, logistic regression analysis is used for the prediction of the probability of an event occurring by fitting data to a logit function. Further, ordered and generalized ordered logit models are estimated to predict the level of agreement regarding the statement "So far, the adoption level of GSHP as household heating / cooling systems in Greece is satisfactory" and "I believe that in the future GSHP will be the predominant household heating / cooling system in Greece" (Answers: Totally disagree, Disagree, Neutral, Agree, Totally agree). The general specification of the proposed model is:

$$y_i^* = \gamma_0 + \gamma_i x_i + e_i \quad (1)$$

where y^*_i is the latent variable measuring the level of responders' perceptions towards GSHP diffusion, γ_0 is the constant term, x_i is the vector of independent variables of the models and e_i is the error term. It is important to mention that the developed regression models include the barriers and actions that present statistically significant differences regarding the agreement level of the respondents in relation to the dependent variables. This means that the two models do not include the most important –according to the respondents- barriers and actions, but the independent variables that have a statistically significant impact on the dependent ones. The empirical results from the estimation of Eq. (1) are presented in Tables 1 and 2.

The first model, which examines the perceptions on current adoption level of GSHP as household heating / cooling systems, has a Pseudo R square (measure of predictability of the proposed model) equal to 0.14. The log likelihood statistic is quite high, rejecting the null hypothesis and concluding that at least one of the estimated coefficients is different from zero while the sample follows a chi square distribution and its value equals 46.07, being statistically significant at 1%. Concerning independent variables, it should be mentioned that all of them are statistically significant at a 1%, 5% or 10% level. Specifically, the market structure in Greece (lack of competition / few installers) that leads to higher prices than conventional systems (market_struct) is not a dominant barrier of the diffusion of GSHP in the residential sector.

Similar results appear regarding the fact that installers of conventional systems do not promote the technology because of reduced profit (no_promot), and that the sector suffers from the lack of standards and certification of installers (lack_certif). On the other hand, responders support that the difficulty of application in densely populated areas (densely_popul) and the fact that the construction industry is unfamiliar with the installation process (unfamil_inst) are basic parameters that impact negatively the diffusion of GSHP in Greek households nowadays. At the same time, actions such as tax exemptions for GSHP installations (tax_exemp), a possible increase of the price of heating oil (incr_oil) and the simplification of licensing processes (simpl_licens) could enhance the adoption of the systems in the residential sector of Greece.

Similarly, Table 2 presents the empirical results referring to the barriers and actions that are linked with the responders' attitude regarding the future diffusion level of GSHP as household heating / cooling systems in Greece. Regarding barriers for future diffusion, the most important factors that may negatively affect the implementation of GSHP are the payback period (payback_per) of the systems compared to a conventional system, the difficulty of installing the system in an existing building (refitting), the lack of public awareness on the technology and its benefits (lack_awar) and the lack of confidence among consumers in the reliability and the performance of unfamiliar technologies (lack_trust). On the other hand, actions that can lead to the adoption of GSHP systems by Greek households in the future are the differentiation of electricity price when used by these systems (price_differ), a possible increase of the price of heating oil (incr_oil) and the improvement of the compatibility of GSHP systems with existing heating / cooling systems and buildings (compat_impr). However, the empirical analysis indicates that the fact that installers of conventional systems do not promote the technology because of reduced profits (no_promot) and the dependence on suppliers (suppl_depend) are not so important barriers for the future diffusion of GSHP systems. Similarly, the

organization of marketing activities by the sector's companies (marketing) seems to be an insignificant factor regarding the future installation of GSHP in the residential sector.

Table 1: Estimated ordered logistic regression of respondents' view toward the current adoption level of GSHP as household heating / cooling systems in Greece

Variable type	Independent variables	Estimated Coefficients	Odds Ratio	Marginal Effects				
				Totally Disagree	Disagree	Neutral	Agree	Totally Agree
Barriers	densely_popul	-0.424** (-2.11)	0.654	0.489	0.016	-0.052	-0.008	-0.005
	unfamil_inst	-0.886*** (-3.50)	0.412	0.102	0.033	-0.108	-0.017	-0.009
	no_promot	0.628*** (2.90)	1.874	-0.072	-0.024	0.077	0.012	0.007
	market_struct	0.361* (1.70)	1.436	-0.042	-0.014	0.044	0.007	0.004
	lack_certif	0.727*** (2.96)	2.068	-0.084	-0.027	0.089	0.014	0.008
Actions	incr_oil	0.334** (2.52)	1.397	-0.038	-0.013	0.041	0.007	0.004
	price_differ	-0.444* (-1.74)	0.642	0.051	0.017	-0.054	-0.009	-0.005
	demo_install	-0.598** (-2.30)	0.550	0.690	0.022	-0.073	-0.012	-0.007
	simpl_licens	0.555** (2.23)	1.743	-0.640	-0.021	0.068	0.011	0.006
	penalt	-0.379** (-2.03)	0.685	0.436	0.014	-0.046	-0.007	-0.004
	compat_impr	-0.746*** (-3.30)	0.474	0.086	0.028	-0.091	-0.015	-0.008
	tax_exemp	0.630* (1.88)	1.877	-0.073	-0.024	0.077	0.012	0.007
	_cut1	-3.540 s.e.: 1.696	_cut2	-0.202 s.e.:1.671	_cut3	1.756 s.e.:1.696	_cut4	2.826 s.e.:1.764
	Log likelihood	-143.063						
	Pseudo R^2	0.14						
	LR chi2	46.07 (0.000)						

*Note: ***, **, * represent levels of significance at 1%, 5% and 10% respectively. Z statistics are presented in parentheses.*

In addition, Table 3 shows the average probabilities for each category with regard to the current and future GSHP adoption level by the residential sector of Greece. Table 3 shows that there is a negative attitude of current GSHP implementation in Greece; on the other hand responders seem to be a little more optimistic for the future. More specifically, the probability of believing that future

GSHP implementation is at an average level is 57%; the probability of a positive attitude (agree) is 27%, thus supporting a more positive attitude. On the other hand, current situation seems to be a little less positive as it is indicated from the estimation of average probabilities from the following Table.

Table 2: Estimated ordered logistic regression of responders' perceptions towards the future diffusion level of GSHP as household heating / cooling systems in Greece

Variable type	Independent variables	Estimated Coefficients	Odds Ratio	Marginal Effects				
				Totally Disagree	Disagree	Neutral	Agree	Totally Agree
Barriers	payback_per	-0.573*** (-3.52)	0.564	0.002	0.050	0.074	-0.098	-0.029
	reffiting	-0.502*** (-2.93)	0.606	0.002	0.044	0.065	-0.085	-0.025
	no_promot	0.389** (2.15)	1.475	-0.001	-0.034	-0.050	0.066	0.020
	lack_awar	-0.527** (-2.36)	0.591	0.002	0.046	0.068	-0.090	-0.026
	lack_trust	-0.526** (-1.93)	1.693	-0.002	-0.046	-0.068	0.090	0.026
	suppl_depend	0.431** (2.18)	1.539	-0.002	-0.038	-0.056	0.073	0.022
Actions	marketing	-0.653** (-2.40)	0.521	0.002	0.057	0.084	-0.111	-0.032
	price_differ	0.663*** (3.03)	1.940	-0.002	-0.058	-0.056	0.113	0.033
	incr_oil	0.267** (2.14)	1.306	-0.001	-0.023	-0.035	0.045	0.013
	compat_impr	0.969*** (4.00)	2.634	-0.004	-0.085	-0.125	0.165	0.048
	_cut1	-1.400 s.e.: 1.717	_cut2	2.000 s.e.:1.604	_cut3	3.187 s.e.: 1.689	_cut4	7.065 s.e.:1.703
	Log likelihood	-153.764						
	Pseudo R^2	0.18						
	LR chi2	66.52 (0.000)						

*Note: ***, ** represent levels of significance at 1%, 5% and 10% respectively. Z statistics are presented in parentheses.*

Table 3: Average predictions for
Totally Disagree: 1, Disagree: 2, Neutral: 3, Agree: 4, Totally Agree: 5

Probabilities	Current implementation	Future implementation
Pr(y=1|x):	0.1328	0.0038
Pr(y=2|x):	**0.6791**	0.0977
Pr(y=3|x):	0.1564	**0.5705**
Pr(y=4|x):	0.0206	0.2751
Pr(y=5|x):	0.1564	0.0530

3. Discussion - Conclusions

The present study focused on the examination of the perceptions on the current and future diffusion level of residential GSHP systems in Greece, as well as the barriers that hinder its dissemination and actions that can assist their adoption. The main barriers of GSHP diffusion are economic related issues and public awareness issues. More specifically, the high installation cost of GSHP systems compared to conventional technologies, a finding that is consistent with previous studies, is one of the most important barriers that lead to lower level of GSHP implementation. At the same time, the economic recession of the latter years, which has led to less funding opportunities for consumers, further enhances the barrier of the high installation cost. Another considerable barrier is the lack of adequate subsidies or tax exemptions for the installation of GSHP in Greek households; this barrier is also an issue in other countries. On the other hand, the most important actions that could assist the diffusion of GSHP systems is the development of a legislative and policy framework that will accelerate the use of RES by homeowners and the creation of tax reductions suited for GSHP systems.

Previous literature indicates that the lack of public awareness on the GSHP technology and its benefits is also an important diffusion barrier, a finding that is also confirmed by this study. Actions that can assist the mitigation or removal of awareness related barriers are the organization of public awareness activities on the technology and its benefits, training activities for installers and the installation of demonstration systems in governmental buildings. Respondents that find that the difficulty of application in densely populated areas and the fact that the construction industry is unfamiliar with the installation process are important diffusion barriers, do not agree that the present adoption level of GSHP as household heating / cooling systems in Greece is satisfactory. In the same way, respondents that evaluate tax exemptions for GSHP installations, a possible increase of the price of heating oil and the simplification of licensing processes as significant diffusion actions, are those that do not believe that GSHP have been sufficiently diffused.

Similarly, respondents that evaluate as significant barriers the payback period of the system compared to a conventional system, the difficulty of installing the system in an existing building, the lack of public awareness on the technology and its benefits and the lack of confidence among consumers in the reliability and the performance of unfamiliar technologies, are the respondents that agree that GSHP will be the predominant household heating / cooling system in Greece. These respondents support diffusion actions such as the differentiation of electricity pricing when used by these systems, a possible increase of heating oil price, as well as the improvement of the compatibility of GSHP systems with existing heating / cooling systems and buildings.

Based on the findings of the present study, which mainly confirm the results of previous studies, it should be mentioned that GSHP systems have clear economic, energy and environmental advantages when compared to conventional systems. Existing barriers that slow down the development of GSHP technology could be addressed through the implementation of appropriate actions and measures.

References

Andristos N., Arvanitis A., Dalabakis P., Karytsas C., Mendrinos D., Papachristou M. (2013). Geothermal energy use, country update for Greece, Proceedings of European Geothermal Congress; 28-30 Jun 2013, Pisa, Italy.

California Energy Commission (2011). Overcoming barriers to ground source heat pumps in California, Public Interest Energy Research (PIER) Program.

Dougherty, D.A. (2014). The geothermal heat pump market: barriers and drivers, BSU Geothermal Conference, GEOCON II: Design, Drilling and Equipment, Ball State Un., Muncie, IN, April 10, 2014.

EurObserv'ER (2013), Heat pumps barometer, 18 p.

Geng, Y., Sarkis, J., Wang, X., Zhao, H., & Zhong, Y. (2013). Regional application of ground source heat pump in China: a case of Shenyang, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 18, 95-102.

Goetzler W., Guernsey M. and Kar R. (2012). Research and development roadmap: geothermal (ground-source) heat pumps, Prepared for: U.S. Department of Energy, Building Technologies Program.

Ground-source heat pump (GSHP) roadmap Version 2.2 (no date). Retrieved 15 Sept 2014 from: http://ghpsrus.com/documents/GHP%20Roadmap_Version%202.2.pdf.

Haldezos I. and Karytsas C. (2012). Geothermal energy – the future RES technology, Tribute to RES, National Association of Mechanical – Electrical Engineers Bulletin, 449, 18-20 [in Greek].

Haldezos I. and Karytsas C. (2014). Ground source heat pumps. A cutting-edge technology…, Building Constructors News, 83, 50-53 [in Greek].

Hughes, P.J. (2008). Geothermal (ground-source) heat pumps: market status, barriers to adoption, and actions to overcome barriers, US Department of Energy Publications.

IEA-ETSAP and IRENA (2013). Heat pumps technology, Brief E12.

Lim T.H. (2014). Geothermal heat pump system for U.S. residential houses: barriers of implementation and its environmental and economic benefits, University of Michigan.

Lund J., Sanner B., Rybach L., Curtis R., Hellstroem G. (2004). Geothermal (ground-source) heat pumps: a world overview, GHC Bulletin Sept 2004.

National Ground Water Association (NGWA) (2003). GeoExchange market entry barriers: perceptions from the ground water industry.

National Renewable Energy Laboratory (NREL) (2011). Policymakers' guidebook for geothermal heating and cooling, NREL/BR-6A20-49477, Revised Feb 2011.

Navigant Consulting Inc. (2009). Overview of market status, barriers to adoption, and options for overcoming barriers, Final Report, Submitted to: U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Geothermal Technologies Program.

Omer A.M. (2008). Ground-source heat pumps systems and applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, 344-71.

Rees, S. and Curtis, R. (2014). National deployment of domestic geothermal heat pump technology: observations on the UK Experience 1995–2013, Energies 7(8), 5460-5499.

Sanner B., Karytsas C., Mendrinos D., Rybach L. (2003). Current status of ground source heat pumps and underground thermal energy storage in Europe, Geothermics, 32, 579-88.

Sanner B. (2008). Geothermal heat pumps – Ground source heat pumps, European Geothermal Energy Council (EGEC), Published in 2008: Updated Nov 2009.

Sanner, B. (2011). Chances for and barriers to ground source heat pump applications in Germany, Groundmed Intermediate Conference, Marseille, 6-7 Oct 2011.

Thilliez M. (2008). Proposals for measures to overcome barriers, Deliverable 11, Ground Reach.

Younis M., Bolisetti T., Ting D.S.K. (2010). Ground source heat pump systems: current status, International Journal of Environmental Studies, 67(3), 405-15.

Ανασταλτικοί παράγοντες της υιοθέτησης στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία

Ιωάννης Κωστάκης & Ελένη Σαρδιανού
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Σχολή Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας & Εφαρμοσμένων Οικονομικών, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Ελ. Βενιζέλου 70, Καλλιθέα 17676
ikostakis@hua.gr esardianou@hua.gr

Περίληψη
Η υιοθέτηση επιχειρηματικών δράσεων που αφορούν την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων είναι στενά συνδεδεμένη με τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Ωστόσο, οι αποφάσεις των επιχειρηματιών του ξενοδοχειακού τομέα που σχετίζονται με την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων δεν έχουν τύχει ιδιαίτερης μελέτης. Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εξετάσει τους παράγοντες που επηρεάζουν τις αντιλήψεις των επιχειρηματιών που αναπτύσσουν δράση στον ξενοδοχειακό τομέα στην Ελλάδα σχετικά με τους ανασταλτικούς παράγοντες εξοικονόμησης ενέργειας στις επιχειρήσεις τους. Η εμπειρική ανάλυση βασίζεται σε διαστρωματικά δεδομένα όπως προέκυψαν από δειγματοληπτική έρευνα σε δείγμα ιδιοκτητών ξενοδοχειακών μονάδων. Τα εμπειρικά αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι οι στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας που αναπτύσσουν οι επιχειρηματίες στα ξενοδοχεία τους διαμορφώνονται με σκοπό την εξοικονόμηση χρημάτων από τη λειτουργία της επιχείρησης και όχι με περιβαλλοντικά κριτήρια. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι ανασταλτικοί παράγοντες της υιοθέτησης δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία είναι κυρίως το αυξημένο κόστος των επενδύσεων σε συνδυασμό με την μακροπρόθεσμη απόδοση αυτών. Τέλος, εκτιμάται ότι οι επιχειρηματίες που είναι πρόθυμοι να υιοθετήσουν δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία τους είναι αυτοί που επιθυμούν να ενημερωθούν περισσότερο σχετικά με τις μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας και αντιμετωπίζουν αυξημένο ενεργειακό κόστος στην επιχείρησή τους.

Λέξεις Κλειδιά: Ξενοδοχεία, Ενεργειακή αποδοτικότητα, Ανασταλτικοί παράγοντες, Ελλάδα.

JEL Κωδικοί: D22, Q40, Q49, M19.

Barriers to the adoption of energy efficiency management in hotels

Ioannis Kostakis & Eleni Sardianou
Harokopio University, School of Environment, Geography and Applied Economics, Department of Home Economics and Ecology, 70 El. Venizelou, 17676, Kallithea

Abstract
The deployment of energy efficient business practices is strongly related to the principles of the sustainable development. However, little research has been done in the hospitality sector. The aim of this study is to examine the barriers that affect entrepreneur's perceptions towards the adoption of energy efficiency practices in their hotels, employing data from hotel managers in Greece. Results suggest that managers' intention to adopt energy saving practices is positively affected from economic rather than environmental criteria. The most willing hoteliers are those that face increased energy bills in their businesses. Finally, hoteliers support that lack of financial resources and limited information regarding energy efficiency investments are the most important barriers to the adoption of analogous practices.

Keywords: Hotels; Energy efficiency; Barriers; Greece.

JEL Classification: D22; Q40; Q49; M19.

1. Introduction

The deployment of energy efficient business practices is strongly related to the principles of the sustainable development. However, an "energy efficiency gap" exists. There are numerous cost-effective conservation measures that could not be implemented (Jaffe and Stavins, 1994; DeCanio, 1998). A plethora of studies have identified a wide variety of barriers to energy efficiency improvements in case of SMEs (Sutherland, 1991; DeCanio, 1993; Chen and Porter, 2000; De Groot et al., 2001; Zilahy, 2004; Sardianou, 2008; Thollander and Ottosson, 2010; Thollander and Dotzauer, 2010; Backlund, et al.2012; Walsh and Thornley, 2012; Cagno et al., 2013; Trianni, et al, 2013; Cagno and Trianni, 2014).

In this context, most of the studies focused on the barriers that force managers to not adopt energy efficiency measures at their businesses. The bulk of the research attests that there is a negative influence of financial, organizational and human related factors on energy saving decision making of the firms. The importance of financial barriers on energy saving actions has been stressed by many researchers (DeCanio, 1998; Sardianou, 2008; Backlund et al., 2012; Cagno et al., 2013). Financial barriers include limited access to capital and lack of appropriate loan conditions (DeCanio, 1998; Sardianou, 2008; Backlund et al., 2012; Cagno et al., 2013). Information barriers are also presented as major obstacles to the adoption of energy-efficient technologies within a firm (Trianni et al., 2013). Previous studies have shown that firms did not undertake cost-effective energy efficiency actions because managers failed to measure energy consumption systematically or because managers are unaware of energy saving technologies (Velthuijsen et al., 1993; Harris et al., 2000; Sardianou, 2008). Finally, several studies suggested that lack of skilled personnel and psychical space is connected to difficulties with respect to installation of new, energy-efficient equipment (Velthuijsen et al., 1993; DeCanio, 1998; Sardianou, 2008). However, no research, to our knowledge, has been done regarding barriers to energy efficiency in the hospitality sector. Unlike previous studies, the aim of this study is to examine the barriers that affect entrepreneur's perceptions towards the adoption of energy efficiency practices in their hotels, employing data from hoteliers in Greece. Hoteliers have been chosen because it was expected that hospitality sector is the most promising sector to overcome economic recession in Greece and it is believed that economic development should be accompanied to environmental protection.

The structure of the paper is the following. The next section presents the data and the adopted methodology of the analysis. Then the empirical results derived are presented and discussed. The last section concludes the paper and present policy implications of the analysis.

2. Methodology and Data

The research presents some insights into the barriers that affect hoteliers' adoption of energy saving practices, taking into account the total annual energy cost of their hotel. Data for the current research were obtained from a random sample of 30 hoteliers. The survey took place from June to August 2013, in the island of Crete, using an anonymous structured questionnaire. The questionnaire consisted of two sections: The first section included questions on operational and economic characteristics of the hotels as reported by the managers such as annual profits, number of employees, educational background of the staff and year of establishments. In the second section, hoteliers were asked to present the energy profile of their

business, the actions taken towards energy saving and the barriers preventing them from the adoption of energy saving practices in their hotels.

Empirical results are based on the estimation of ordinary least square regression model. In particular, we employed the following expanded specification to test whether barriers to energy efficiency improvements vary over hotels' total annual energy cost:

$$\begin{aligned} Energy\cos t = {} & \beta_o + \beta_1 nocapital + \beta_2 nofunds + \beta_3 high\cos t + \beta_4 lowreturn + \beta_5 loweprice \\ & + \beta_6 highrisk + \beta_7 nospace + \beta_8 noperson + + \beta_9 noequip + \beta_{10} oldbuild \\ & + \beta_{11} bureaucr + \beta_{12} no\inf o + \beta_{13} noknow + \beta_{14} nokadm + \beta_{15} nocare \\ & + \beta_{16} noprior + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

Where "Energycost" is the total annual energy cost of the enterprise as indicated by the hotelier measured in Euro. All the independent variables are binary variables that express barriers to the adoption of renewable energy projects in the hotels, accounting for 1 if the respondent has mentioned the specific parameter as a barrier and zero otherwise. The following table presents an analytical description of barriers used in the empirical analysis as independent variables (Table 1).

Table 1: A detailed description of barriers used in the empirical analysis

Proxy	Description of barrier (if yes=1; if no=0)
nocapital	Lack of capital for investments
Nofunds	No access to finance from banks
Highcost	Increased cost of energy efficiency investments
lowreturn	Low returns of energy efficiency investments
loweprice	Low price of energy sources
Highrisk	Increased investment risk
Nospace	Lack of space in the hotel
Noperson	Lack of qualified staff
Noequip	Lack of relevant equipment
Oldbuild	Old building capacities
Bureaucr	Bureaucratic problems
Noinfo	Limited access to information regarding energy saving investments
Noknow	Lack of knowhow
Nokadm	Administration is not aware of energy costs of the enterprise
Nocare	Lack of interest regarding energy saving
Noprior	Managers have other priorities

The empirical results from the estimation of Eq. (1) are presented in Table 2 in the next section of this study.

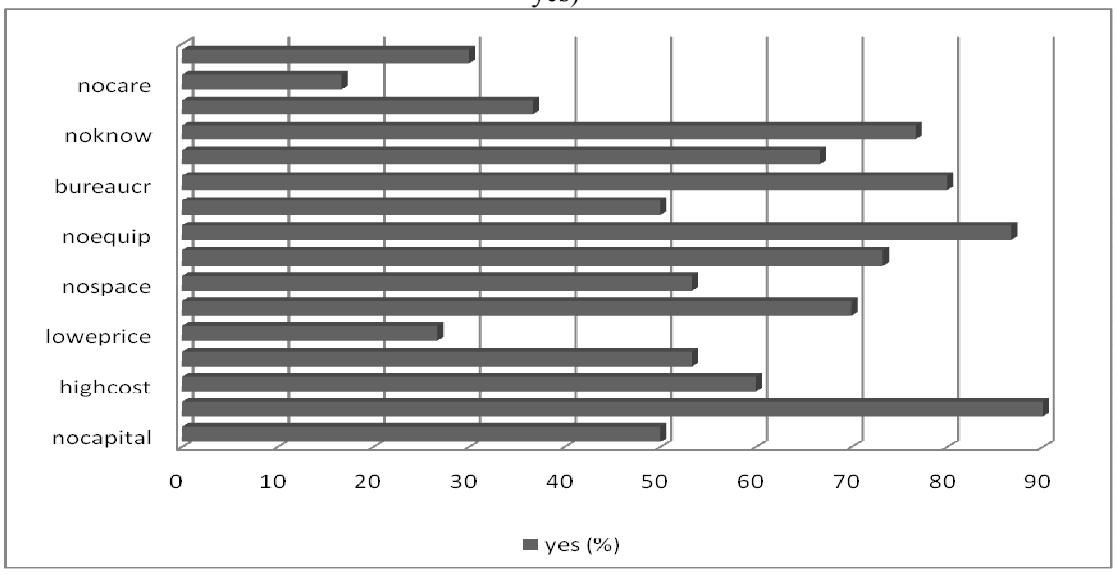
4. Empirical Results

In this section we present the results of the statistical and econometric analyses to estimate the barriers that affect hoteliers' energy efficiency decisions focusing on renewable energy sources. From the sample of 30 hoteliers in question, 33.3% owned hotels that have been built the last two decades and 60% owned older premises. Most respondents (30%) run a four star hotel while 20% of the hotels sampled was as luxury. The average square meters of the hotels' premises were 35.000. As regards the number of employees in the hotels, half of the hoteliers reported that they occupied more than ten persons in their businesses and the majority (70%) of them was not university educated. The hoteliers' average annual revenue was €1,000,000. The

annual income of 20% of hoteliers varied between €3,000,000 and €5,000,000 while 33% of respondents' declared profits no higher than €500,000. Most of the hoteliers (60%) participated in environmental friendly actions and 70% strongly believed that companies should adopt environmental friendly practices such as renewables to minimize the environmental damage they cause because of increased energy consumption in their businesses. Regarding the question "*Can you tell us, what is the desired level of performance of an energy efficiency investment that is based on renewables*" the majority of the hoteliers (30%) reported that is 25 to 35 per cent. In addition, 66.7% of the respondents answered that an investment on renewable energy sources is more profitable than other investments.

As shown in Figure 1, financial barriers including limited access to capital (50%) and lack of appropriate loan conditions (90%) are considered as the most important barriers to the adoption of renewable energy sources in the hospitality sector. Hoteliers claimed that they do not undertake investments in renewable energy sources because this kind of projects has increased investment risk (70%) and low rate of returns (53.3%). Informational barriers are also considered as very important obstacles for green investments. 66.7% reported that they lack information regarding energy saving investments while 76.7% of hoteliers claimed that they were not aware of knowhow regarding the potential implementations of renewable energy sources in their businesses. Finally, the results stressed the negative influence of lack of expertise personnel and lack of space on the adoption renewable energy sources investments.

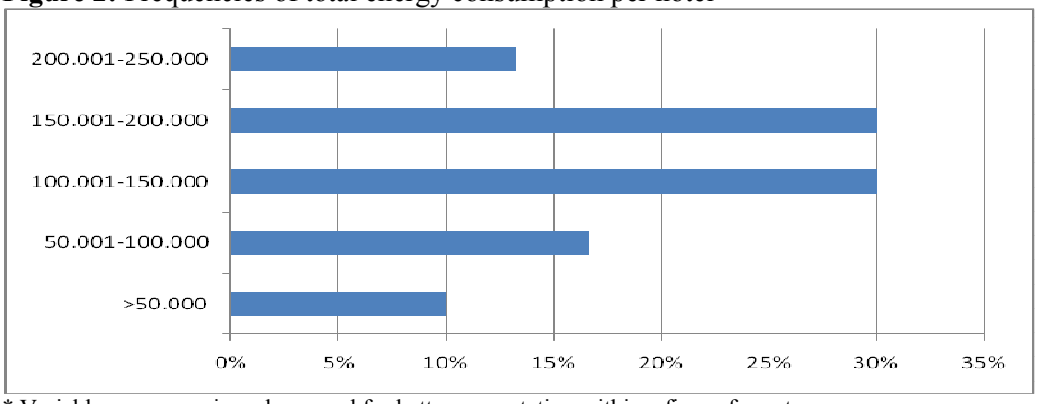
Figure 1: Frequencies of barriers to the adoption of energy efficient practices in hotels (% of yes)



Several noteworthy results were obtained by the empirical estimation of equations (1) taking into account hotels annual energy costs. As shown in Figure 2, 30% of hoteliers reported annual energy cost of €100,000 to €150,000 and €150,001 to €200,000, respectively and only 10% of the managers claimed annual energy costs less than €50,000. Table 1 summarizes the empirical results of the model taking into account several barriers. It is presented that barrier towards the implementation of renewable energy sources projects varies over hotels with different energy costs. More specifically, hoteliers considered lack of capital as one of the most important barrier for investments that lead to less energy intensive hotels. Contrary, lack of

access to finance is characterized as a barrier by managers of energy intensive hotels. Moreover, human resources and limited space is considered to be barrier for energy consuming hotels. However, those hoteliers that reported as a barrier lack of interest run less energy intensive businesses. As far as information gap is concerned, it is estimated that hoteliers who considered as an important barrier for green investments the lack of knowhow are those who reported increased energy costs. On the other hand, the lack of information regarding investment opportunities on renewable energy sources is related to less energy consuming hotels.

Figure 2: Frequencies of total energy consumption per hotel*



* Variable was numeric and grouped for better presentation within a figure format.

Table 2: Estimated OLS regression model (Dependent: Total annual energy cost)

Variables	Coefficients	t statistics
(Constant)	7,143***	12,298
nocapital	-2,217***	-6,338
nofunds	2,935***	5,298
highcost	1,060***	3,463
lowreturn	-0,242	-0,556
loweprice	-2,373***	-5,072
highrisk	-0,989**	-2,419
nospace	1,361***	3,626
noperson	1,490***	5,007
noequip	0,686	1,411
oldbuild	0,617**	2,553
bureaucr	0,848*	2,084
noinfo	-1,578***	-4,595
noknow	1,762***	4,028
nokadm	1,312***	4,375
nocare	0,352	0,830
noprior	-1,751***	-5,050

Note: ***, **,* represent levels of significance at 1%, 5% and 10% respectively.

5. Conclusions

This study provides evidence about the hoteliers' decision-making process with respect to barriers toward renewable energy efficiency investments. Our estimations have important implications since they suggest that an energy conservation policy can improve upon the situation by providing hotel managers with relevant incentives to promote the adoption of renewable energy sources in their businesses. Policy makers should take into account that managers of energy intensive hotels face different barriers to the adoption of renewable energy sources compared to others. That's why it must be proposed a policy framework which takes into account the differentiated opinions regarding energy costs of the hotels. Given that hospitality sector flourishes in Greece, the exploitation and diffusion of renewable energy sources in the hospitality sector is very important in order to achieve not only economic but also sustainable development.

References

Backlund, S., Thollander, P., Palm, J. and Ottosson, M., 2012. Extending the energy efficiency gap. *Energy Policy*, 51, 392-396.

Cagno, E. and Trianni, A. 2014. Evaluating the barriers to specific industrial energy efficiency measures: an exploratory study in small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 82(1), 70-83.

Cagno, E., Worrell, E., Trianni, A. and Pugliese, G. 2013. A novel approach for barriers to industrial energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 19, 290-308.

Chen, Z. and Porter, R., 2000. Energy management and environmental awareness in China's enterprises. *Energy Policy*, 28 (1), 49-63.

DeCanio, S., 1993. Barriers within firms to energy-efficient investments. *Energy Policy*, 21 (9), 906-915.

DeCanio, S., 1998. The energy efficiency paradox: bureaucratic and organizational barriers to profitable energy –saving investments. *Energy Policy*, 26 (5), 441-454.

DeGroot, H., Verhoef, E. and Nijkamp, P., 2001. Energy saving by firms: decision-making, barriers and policies. *Energy Economics*, 23(6), 717-740.

Harris J, Anderson J. and Shafron W. (2000). Investment in energy efficiency: a survey of Australian firms. *Energy Policy*, 28(12), 867-876.

Jaffe, A., Stavins, R., 1994b. The energy efficiency gap. What does it mean? *Energy Policy*, 22 (10), 804-810.

Sardianou, E., 2008. Barriers to industrial energy efficiency investments in Greece. *Journal of Cleaner Production*, 16(13), 1416-1423

Sutherland, R., 1991. Market barriers to energy efficient investments. *Energy Journal*, 14(4), 15-34.

Thollander, P. and Ottosson, M. 2010. Energy management practices in Swedish energy-intensive industries. *Journal of Cleaner Production*, 18(12), 1125-1133.

Thollander, P. and Dotzauer, E. 2010. An energy efficiency program for Swedish industrial small-and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 18(13), 1339-1346.

Trianni, A., Cagno, E., Worrell, E. and Pugliese, G. Empirical investigation of energy efficiency barriers in Italian manufacturing SMEs. *Energy*, 49(1), 444-458.

Velthuijsen J. (1993). Incentives for investment in energy efficiency, an econometric evaluation and policy implications. *Environmental and Resource Economics*, 3(2), 153-169.

Walsh, C. and Thornley, P. 2012. Barriers to improving energy efficiency within the process industries with a focus on low grade heat utilization. *Journal of Cleaner Production*, 23(1), 138-146.

Zilahy, G., 2004. Organisational factors determining the implementation of cleaner production measures in the corporate sector, *Journal of Cleaner Production*, 12(4), 311-319.

Μελέτη της ικανοποίησης πελατών: Η περίπτωση των οικιακών Φ/Σ στην Ελλάδα.

Μπουλούμπασης Αντώνης
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Σχολή Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας & Εφαρμοσμένων Οικονομικών, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Βιώσιμης Ανάπτυξης, Ελ. Βενιζέλου 70, Καλλιθέα 17671
a.mpouloumpasis@gmail.com

Περίληψη
Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει επιβάλει στα κράτη μέλη της την υποχρέωση να περιορίσουν σημαντικά τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις. Με δεδομένες τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα, η χρήση Φωτοβολταικών Συστημάτων (Φ/Σ) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας φαντάζει σαν την ιδανική επιλογή. Παρόλα αυτά, οι καταναλωτές είναι διατεθειμένοι να υιοθετήσουν νέες τεχνολογίες στον οικιακό τομέα μόνο εφόσον απολαμβάνουν κάποια «ικανοποίηση» από την χρήση τους. Καινοτομία της παρούσας μελέτης αποτελεί ότι, χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο αξιολόγησης υπηρεσιών που έχει εφαρμοστεί στο παρελθόν σε τομείς όπως αυτός της κινητής τηλεφωνίας και της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά ποτέ ξανά στον κλάδο των οικιακών Φ/Σ, επιχειρεί να προσδιορίσει τους παράγοντες που επηρεάζουν τόσο την ικανοποίηση που απολαμβάνουν οι καταναλωτές από την χρήση Φ/Σ, όσο και τις συμπεριφορικές τους προθέσεις. Τα εμπειρικά αποτελέσματα βασίζονται σε δειγματοληπτική έρευνα 200 χρηστών οικιακών Φ/Σ. Τα αποτελέσματα αυτά υποδηλώνουν ότι η Αντιλαμβανόμενη Αξία και η Εταιρική Εικόνα είναι οι δύο σημαντικότεροι προσδιοριστικοί παράγοντες της ικανοποίησης των πελατών, εξηγώντας το 46% της διακύμανσης της.

Λέξεις Κλειδιά: Οικιακά Φ/Σ, Ικανοποίηση πελατών, Συμπεριφορικές προθέσεις Δομικό μοντέλο εξισώσεων.

JEL Κωδικοί: M39, Q40, Q48, Q49, Q55.

1.Εισαγωγή

Είναι πλέον ευρέως αποδεκτό ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι παραγωγής και κατανάλωσης δεν είναι πια βιώσιμοι. Μάλιστα ο πλανήτης αντιμετωπίζει ήδη μεγάλες περιβαλλοντικές απειλές που συνδέονται άμεσα με αυτές τις διαδικασίες, όπως η κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παρόλο που τα ζητήματα αυτά είναι γνωστά εδώ και αρκετά χρόνια, μόλις την τελευταία δεκαετία έχουν γίνει αποφασιστικά βήματα προς αυτή την κατεύθυνση. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) πρωτοστατώντας σε αυτή την προσπάθεια έχει επιβάλλει δεσμευτικούς στόχους σε όλα τα κράτη-μέλη της. Για να συμμορφωθεί η Ελλάδα με τις δεσμεύσεις που έχει αναλάβει υπολογίζεται ότι απαιτούνται επενδύσεις περίπου 22 δις ευρώ (Balaras et al, 2013). Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η χώρα οφείλει να στραφεί ταχύτατα στην εκτεταμένη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών. Ανάμεσα στις διάφορες εναλλακτικές λύσεις, η εγκατάσταση Φ/Σ φαντάζει σαν την ελκυστικότερη επιλογή, καθώς οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην χώρα είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές για την λειτουργία τους.

Δράττοντας την ευκαιρία, ο κλάδος των Φ/Σ έχει επιτύχει αξιοθαύμαστους ρυθμούς ανάπτυξης τα τελευταία 4 χρόνια, με αποτέλεσμα συστήματα συνολικής

ισχύς περίπου 1.500 MW_p να έχουν εγκατασταθεί στην χώρα μέχρι και τις αρχές του 2013 (Balaras et al,2013). Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι ένα σημαντικό ποσοστό αυτής της ανάπτυξης οφείλεται στην εγκατάσταση οικιακών Φ/Σ (Balaras et al, 2013). Αναγνωρίζοντας τις μεγάλες δυνατότητες του συγκεκριμένου κλάδου και την υποχρεωτική ανάγκη για περαιτέρω διάδοση της εν λόγο τεχνολογίας, η παρούσα έρευνα προσπαθεί να προσδιορίσει τους κύριους παράγοντες που καθορίζουν την ικανοποίηση που απολαμβάνουν οι καταναλωτές που εγκατέστησαν οικιακά Φ/Σ, καθώς και πως διαμορφώνονται οι συμπεριφορικές τους προθέσεις. Εκεί ακριβώς έγκειται και η καινοτομία της συγκεκριμένης έρευνας, αφού για πρώτη φορά αντιμετωπίζει την επένδυση σε οικιακά Φ/Σ σαν μια δυναμική διαδικασία, η οποία ξεκινάει με την εγκατάσταση Φ/Σ και συνεχίζεται με την παροχή υπηρεσιών καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της επένδυσης, επηρεάζοντας τον βαθμό ικανοποίησης που απολαμβάνουν οι καταναλωτές. Μάλιστα, επειδή από όσο είναι γνωστό δεν έχει επιχειρηθεί ποτέ κάτι παρόμοιο στον κλάδο των οικιακών Φ/Σ, η παρούσα έρευνα στηρίχθηκε σε εμπειρικές μελέτες που αφορούν άλλους κλάδους.

Η δομή της συγκεκριμένης εργασίας έχει ως εξής: στην επόμενη ενότητα παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο στηρίχθηκε. Έπειτα περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εμπειρική ανάλυση και στην τελευταία ενότητα εκθέτονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν.

2.Θεωρητικό Πλαίσιο

Η πλειονότητα των εμπειρικών μελετών που έχουν διεξαχθεί μέχρι σήμερα σχετικά με τα οικιακά Φ/Σ επικεντρώνεται κυρίως σε τρία σημεία: στα χαρακτηριστικά των καταναλωτών που έχουν εγκαταστήσει οικιακά Φ/Σ (Keirstead, 2007; Sardianou and Genoudi, 2013), στα κίνητρα που τους οδήγησαν να λάβουν την συγκεκριμένη απόφαση (Haas et al, 1999; Faiers and Neame 2006) και στο ποίες πολιτικές παροχής οικονομικών κινήτρων είναι ικανές να επιταχύνουν την διάδοση της συγκεκριμένης τεχνολογίας (Haas et al, 1999; Sardianou and Genoudi, 2013). Αν και αυτές οι εμπειρικές μελέτες προσφέρουν κρίσιμα συμπεράσματα σχετικά με τους λόγους για τους οποίους οι καταναλωτές αποφασίζουν να εγκαταστήσουν οικιακά Φ/Σ, παραλείπουν να εξετάσουν ένα πολύ σημαντικό ζήτημα, δηλαδή κατά πόσο οι καταναλωτές μένουν ικανοποιημένοι από την χρήση των οικιακών Φ/Σ.

Ακριβώς εξαιτίας της έλλειψης προηγούμενων εμπειρικών μελετών, η παρούσα έρευνα υιοθετεί ένα μοντέλο αξιολόγησης υπηρεσιών που έχει εφαρμοστεί στο παρελθόν κατά κόρον σε κλάδους παροχής υπηρεσιών, όπως αυτοί της κινητής τηλεφωνίας και της παροχής οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά ποτέ στον κλάδο των οικιακών Φ/Σ. Το συγκεκριμένο μοντέλο στηρίζεται στην υπόθεση ότι η ικανοποίηση των καταναλωτών (CS) και οι συμπεριφορικές τους προθέσεις (BI) καθορίζονται από μετρίσιμους παράγοντες, οι οποίοι αντανακλούν τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε παρεχόμενης υπηρεσίας. Ανάμεσα στους παράγοντες που οι ερευνητές παραδοσιακά συμπεριλαμβάνουν στα μοντέλα τους είναι η Αντιλαμβανόμενη Ποιότητα των Υπηρεσιών (PSQ), η Αντιλαμβανόμενη Αξία (PV), η Αντιλαμβανόμενη Θυσία (PV) η Εταιρική Εικόνα (CI) και η Εμπιστοσύνη (I), με τις δύο τελευταίες να κάνουν λιγότερο συχνά την εμφάνιση τους.

Παρόλο όμως που υπάρχει σχετική σύμπνοια στον ακαδημαϊκό χώρο σχετικά με το ποιοι παράγοντες πρέπει να συμπεριληφθούν στα μοντέλα αξιολόγησης υπηρεσιών, υπάρχει μεγάλη διαφωνία σχετικά με το πώς αυτοί οι παράγοντες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, η οποία είχε σαν συνέπεια να αναπτυχθούν τελικά δύο βασικά θεωρητικά μοντέλα. Το πρώτο στηρίζεται στην Θεωρία της Αιτιολογημένης

Δράσης που διατύπωσαν πρώτοι οι Ajzen and Fishbein (1980) και χρησιμοποιεί μεταβλητές όπως η PSQ και η PV, δηλαδή γνωστικά προσανατολισμένες αξιολογήσεις, σαν τον κεντρικό παράγοντα που καθορίζει τις μελλοντικές προθέσεις των καταναλωτών (π.χ. Brady and Robertson, 2001; Zeithml, 1988).Την θεωρία των Ajzen and Fishbein (1980) ήρθε να αμφισβητήσει αργότερα ο Bagozzi (1992), ο οποίος υποστήριξε ότι η συγκεκριμένη θεωρία είχε παραβλέψει την ύπαρξη ενδιάμεσων μηχανισμών, που μεσολαβούν μεταξύ της γνωστικής αξιολόγησης και της συμπεριφορικής πρόθεσης. Με βάση την θεωρία του αναπτύχθηκαν υποδείγματα που χρησιμοποιούν την CS σαν κεντρική μεταβλητή, μέσω της οποίας όλες οι άλλες μεταβλητές επηρεάζουν την BI (π.χ. Mutua et al, 2012; Andreassen and Lindestad 1997; Hartmann and Ibanez 2007).

Τελικά με το πέρασμα των χρόνων, προτάθηκε και γνώρισε ευρεία αποδοχή ένα ολοκληρωμένο μοντέλο, το οποίο δανείζεται στοιχεία και από τις δύο θεωρίες εξετάζοντας παράλληλα τόσο την άμεση όσο και έμμεση επιρροή, μέσω ενός συναισθηματικά προσανατολισμένου παράγοντα (CS), γνωστικά προσανατολισμένων παραγόντων, όπως PSQ, PV και PS. Πολλές έρευνες έχουν ήδη βασιστεί στο συγκεκριμένο μοντέλο(π.χ. Brady et al, 2005; Cronin et al, 2000; Shukla, 2010) και για αυτό τον λόγο θα αποτελέσει το θεωρητικό πλαίσιο πάνω στο οποίο θα στηριχθεί και η παρούσα έρευνα. Ο τρόπος με τον οποίο εξετάζεται πάντα το κατά πόσο οι πιθανολογούμενες σχέσεις μεταξύ των παραγόντων του υποδείγματος αληθεύουν, είναι μέσω της διατύπωσης υποθέσεων. Οι 10 υποθέσεις του υποδείγματος της παρούσας έρευνας παρουσιάζονται στην συνέχεια.

2.1 Αντιλαμβανόμενη Ποιότητα των Υπηρεσιών (PSQ)

Η σχέση ανάμεσα στην PSQ και την CS εξετάζεται σχεδόν σε κάθε εμπειρική μελέτη. Πιο συγκεκριμένα οι Mutua et al (2012) αναφέρουν ότι η PSQ είναι ο σημαντικότερος προσδιοριστικός παράγοντας της CS, ενώ οι Hartamann and Ibanez (2007) και Ibanez et al (2007) βρίσκουν θετική επιρροή συγκεκριμένων διαστάσεων της PSQ στην CS, με τους εκτιμώμενους συντελεστές να είναι ιδιαίτερα υψηλοί και στις τρεις έρευνες. Σε παρόμοια αποτελέσματα καταλήγουν και οι Wang et al (2004) και Shukla (2010), αν και αναφέρουν μικρότερους συντελεστές. Παράλληλά πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός εμπειρικών μελετών που καταδεικνύουν ότι η PSQ ασκεί και έμμεση επιρροή στην CS (π.χ. Lai et al, 2009; Korda and Snoj, 2010). Επομένως μια πρώτη υπόθεση μπορεί να διατυπωθεί:

H_1: Η PSQ έχει τόσο άμεση όσο και έμμεση θετική επιρροή στην CS.

Παράλληλα πολλές εμπειρικές μελέτες επιβεβαιώνουν ότι η PSQ είναι σημαντικός προσδιοριστικός παράγοντας και της BI. Παρόλα αυτά, οι περισσότερες από αυτές υποδεικνύουν την έμμεση επίδραση της PSQ πάνω στην BI ως σημαντικότερη. Πιο συγκεκριμένα οι Cronin et al (2000), Brady et al (2005) και Aydin and Ozer (2010) αναφέρουν μικρούς εκτιμώμενους συντελεστές, ενώ οι Lai et al (2009) δεν βρίσκουν τον εν λόγω συντελεστή στατιστικά σημαντικό. Παράλληλα, οι Mutua et al (2012) και Brady and Robertson (2001) υποστηρίζουν ότι η έμμεση επίδραση είναι πολύ μεγαλύτερη, αν και αποτυγχάνουν να την υπολογίσουν επακριβώς. Επομένως μια δεύτερη υπόθεση μπορεί να διατυπωθεί:

H_2: Η PSQ έχει τόσο άμεση όσο και έμμεση θετική επιρροή στην BI.

Τέλος, θεωρείται ότι η PSQ επηρεάζει άμεσα την PV, με σχεδόν κάθε εμπειρική μελέτη να επιβεβαιώνει τη θετική σχέση ανάμεσα στις δυο μεταβλητές. Τέτοιες μελέτες έχουν διεξαχθεί απο τους Lai et al (2009) και Shukla (2010) στον κλάδο των

τηλεπικοινωνιών, από τους Oh (1999) και Andreassen and Lindestad(1997) στις τουριστικές επιχειρήσεις και από τους Korda and Snoj (2010) και Cronin et al (2000) σε άλλους κλάδους. Επομένως, μια τρίτη υπόθεση μπορεί να διατυπωθεί:

H_3: *Η PSQ έχει άμεση θετική επίδραση στην PV.*

2.2.Αντιλαμβανόμενη αξία (PV)

Στις περισσότερες περιπτώσεις η PV θεωρείται καθοριστικός παράγοντας της CS. Πιο συγκεκριμένα, οι Lai et al (2009), Wang et al (2004) και Shukla (2010), ερευνώντας την βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών, όλοι βρήκαν ότι η PV έχει σημαντική θετική επίδραση στην CS. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και στις μελέτες των Cronin et al(2000) και Korda and Snoj (2010). Αντίθετα, παρόλο που οι Mutua et al (2012) και Brady et al (2005) βρήκαν θετική σχέση, αναφέρουν πολύ μικρότερους εκτιμώμενους συντελεστές. Ως εκ τούτου, μια τέταρτη υπόθεση μπορεί να διατυπωθεί:

H_4: *Η PV έχει άμεση θετική επίδραση στην CS*

Επιπλέον, η PV έχει βρεθεί ότι επηρεάζει την BI θετικά, τόσο άμεσα όσο και έμμεσα, με τους Tam (2004) και Shukla (2010) να αναφέρουν αξιοσημείωτα υψηλούς εκτιμώμενους συντελεστές. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται στις μελέτες τους οι Wang et al (2004) και Cronin et al (2000), με την επίδραση της PV πάνω στην CS να είναι ωστόσο ηπιότερη. Τέλος, οι Brady et al (2005) αναφέρουν σχετικά μικρούς εκτιμώμενους συντελεστές. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλες τις παραπάνω έρευνες υπονοούνται και έμμεσες επιδράσεις, χωρίς πάντως να εκτιμούν το ακριβές μέγεθος τους. Επομένως, μια πέμπτη υπόθεση μπορεί να διατυπωθεί:

H_5: *Η PV έχει τόσο άμεση όσο και έμμεση θετική επίδραση στην BI.*

2.3.Ικανοποίηση των πελατών (CS)

Σχεδόν σε κάθε μοντέλο αξιολόγησης υπηρεσιών εξετάζεται η επίδραση της CS στην BI. Πιο συγκεκριμένα, οι Ibanez et al (2007) και Hartmann και Ibanez (2007) ανακάλυψαν ότι η CS έχει στατιστικά σημαντική αν και μέτρια επίδραση στην BI. Αντιθέτως, οι Cronin et al (2000), Mutua et al (2012) και Wang et al (2004) ανέφεραν στα συμπεράσματα τους αρκετά υψηλούς εκτιμώμενους συντελεστές. Τέλος, οι Brady and Robertson (2001) και Olorunwino et al (2006) βρήκαν ιδιαίτερα υψηλούς εκτιμώμενους συντελεστές. Επομένως μια έκτη υπόθεση μπορεί να διατυπωθεί:

Y_6: *Η CS έχει άμεσα θετική επίδραση στην BI.*

2.4 Αντιλαμβανόμενη θυσία (PS)

Η PS θεωρείται σαν το κόστος (χρηματικό η μη) που πρέπει να υποστεί ένας καταναλωτής με σκοπό να αποκτήσει μια υπηρεσία. Έτσι, μια πολύ μεγάλη ομάδα ερευνητών περιλαμβάνουν αυτή τη μεταβλητή στα μοντέλα τους, αναμένοντας να έχει αρνητική επίδραση στην PV. Μελέτες όπως αυτές που έχουν διεξάγει οι Brady et al (2005) και Wang et al (2004) επιβεβαιώνουν αυτή την υπόνοια. Αντίθετα, οι Cronin et al(2000) και Shukla(2010) αναφέρουν ότι η συγκεκριμένη σχέση δεν είναι στατιστικά σημαντική. Ως εκ τούτου, μια έβδομη υπόθεση μπορεί να διατυπωθεί:

Y_7: *Η PS έχει άμεση αρνητική επίδραση στην PV.*

2.5.Εταιρική εικόνα (CI)

Η CI συνήθως περιλαμβάνεται στα μοντέλα σαν παράγοντας ο οποίος επηρεάζει είτε την CS είτε την BI. Όσον αφορά στην πρώτη σχέση, οι Mutua et al (2012) και

Hartmann and Ibanez (2007) αναφέρουν στατιστικά σημαντική αλλά σχετικά μικρή θετική επίδραση. Αντιθέτως, οι Lai et al(2009) και Andreassen and Lindestad (1997) ανέφεραν σημαντικά υψηλότερους εκτιμώμενους συντελεστές. Από την άλλη πλευρά, υπάρχει κάποια ασάφεια σχετικά με την επίδραση της CI στην BI. Ενώ οι Lai et al (2009) και Aydin and Ozer (2004) συμπέραναν ότι η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών δεν είναι στατιστικά σημαντική, οι Andreassen and Lindestad (1997) βρήκαν ένα αρκετά υψηλό εκτιμώμενο συντελεστή. Ως εκ τούτου η όγδοη και ένατη υπόθεση μπορούν να διατυπωθούν:

$\underline{Y_8}$*: Η CI έχει άμεση θετική επίδραση στην CS*

$\underline{Y_9}$*:Η CI έχει άμεση θετική επίδραση στην BI*

2.6. Εμπιστοσύνη (TR)

Παρά το γεγονός ότι η εμπιστοσύνη ανέκαθεν θεωρούταν πιθανός καθοριστικός παράγοντας της συμπεριφοράς των καταναλωτών, μόνο λίγες εμπειρικές μελέτες που σχετίζονται με την αξιολόγηση υπηρεσιών έχουν ερευνήσει τη σχέση ανάμεσα στην TR και την BI. Πιο συγκεκριμένα, οι Ibanez et al (2007), Aydin and Ozer (2004) και Hartmann and Ibanez(2007) πρότειναν ότι η TR ασκεί υψηλή θετική επιρροή στην BI. Έτσι, μια δέκατη υπόθεση μπορεί να διατυπωθεί:

$\underline{Y_{10}}$*: Η TR έχει άμεση θετική επίδραση στην BI.*

3. Δεδομένα και Μεθοδολογία

Η παρούσα εμπειρική μελέτη, η οποία διεξήχθη μεταξύ Απριλίου και Ιουλίου 2013, έχει ως στόχο να προσδιορίσει τους παράγοντες που επηρεάζουν την ικανοποίηση που απολαμβάνουν οι καταναλωτές οι οποίοι έχουν εγκαταστήσει οικιακά Φ/Σ, καθώς και πως διαμορφώνονται οι συμπεριφορικές τους προθέσεις. Για τους σκοπούς της συντάχθηκε ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο μοιράστηκε σε χρήστες οικιακών Φ/Σ με τρεις τρόπους. Πρώτον δόθηκε απευθείας σε χρήστες. Δεύτερον μοιράστηκε σε εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον κλάδο, με σκοπό να το προωθήσουν στους πελάτες τους. Τρίτον αναρτήθηκε σε ιστοσελίδες που ασχολούνται με θέματα ενέργειας (Energia.gr, Energypress.gr). Τελικά συμπληρώθηκαν 200 ερωτηματολόγια.

Στο ερωτηματολόγιο συμπεριλήφθηκαν 26 ερωτήσεις κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε ένα στοιχείο (μετρήσιμη μεταβλητή). ΤΑ στοιχεία αυτά συνθέτουν ανά ομάδες τους 7 παράγοντες (λανθάνουσες μεταβλητές) του υποδείγματος. Για την οικονομετρική ανάλυση των δεδομένων εφαρμόστηκε μια μέθοδος δύο σταδίων, που χρησιμοποιείται σε όλες τις εμπειρικές μελέτες που σχετίζονται με την αξιολόγηση υπηρεσιών. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε Επιβεβαιωτική Παραγοντική Ανάλυση (CFA) έτσι ώστε από τα 26 στοιχεία του ερωτηματολογίου να εξαχθούν οι 7 παράγοντες που συμπεριλήφθηκαν τελικά στο μοντέλο. Στην συνέχεια εφαρμόστηκε ένα Δομικό Μοντέλο Εξισώσεων (SEM) για να εκτιμηθούν οι σχέσεις μεταξύ των παραγόντων αυτών. Τα δεδομένα αναλύθηκαν στο IBM SPSS v.21 και στο IBM SPSS AMOS v, 22.

4. Εμπειρικά Αποτελέσματα

Το δείγμα αποτελείται από 200 καταναλωτές που έχουν εγκαταστήσει οικιακά Φ/Σ μεταξύ 2007 και 2013.Ο μέσος όρος ηλικίας του δείγματος είναι τα 41,4 έτη και η πλειονότητα των συμμετεχόντων έχει λάβει ανώτατη εκπαίδευση (69%). Τέλος οι κατοικίες των συμμετεχόντων είναι σχεδόν ισόποσα διεσπαρμένες σε διάφορες περιοχές της χώρας (34% αστικές, 33,5% ημιαστικές και 32,5% αγροτικές), στις οποίες επικρατούν διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας των Φ/Σ, εξασφαλίζοντας έτσι

την αμεροληψία των αποτελεσμάτων. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, αρχικά εφαρμόστηκε CFA και οι δείκτες καλής προσαρμογής των δεδομένων (CFI,NFI και RMSEA) έχουν όλοι τιμές μέσα στα αποδεκτά όρια. Ταυτόχρονα, το γεγονός ότι οι φορτίσεις των στοιχείων είναι μεγαλύτερες από το κατώφλι του 0,7 υποδηλώνει, σύμφωνα με τους Hair et al (2006), ότι τα στοιχεία είναι αξιόπιστα. Επίσης οι παράγοντες παρουσιάζουν εσωτερική συνοχή, καθώς όλοι οι δείκτες Cronbach's Alpha είναι μεγαλύτεροι από 0,7 (Nunnally, 1978). Τέλος το γεγονός ότι οι δείκτες CR είναι μεγαλύτεροι από 0,7 αποδεικνύει ότι οι παράγοντας παρουσιάζουν δομική αξιοπιστία (Hair et al, 2006).

Πίνακας 1: Αποτελέσματα Επιβεβαιωτικής Παραγοντικής Ανάλυσης

	ΣΤΟΙΧΕΙΑ	**ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ**	**Cronbach's alpha**	**CR**
CI	IM1/IM2/IM3	0,85/0,94/0,85	0,916	0,982
PS	SAC1/SAC2	0,79/0,97	0,868	0,915
CS	SAT1/SAT2	0,91/1,00	0,949	0,984
TR	TR1/TR2	0,74/0,91	0,801	0,965
PV	SV1/SV2	0,93/0,89	0,904	0,977
PSQ	SQ1/SQ2/SQ3/SQ4	0,80/0,81/0,71/0,89	0,931	0,987
	SQ5/2Q6/SQ7/SQ8	0,85/0,78/0,72/0,77		
ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ	CMIN/DF=2,242	NFI=0,920, CFI=0,953	RMSEA=0,079	

Έχοντας εξασφαλίσει την εσωτερική συνοχή των παραγόντων και την αξιοπιστία των στοιχείων που τους συνθέτουν, οι παράγοντες στην συνέχεια ελέγχθηκαν για το αν επιδεικνύουν συγκλίνουσα και διακρίνουσα εγκυρότητα. Όσον αφορά στην πρώτη, όλοι οι παράγοντες παρουσιάζουν συγκλίνουσα εγκυρότητα, καθώς οι Μέσες Υπολογισμένες Διακυμάνσεις είναι μεγαλύτερες από το κατώφλι του 0,5, που ορίζουν οι Fornell et al (1994). Ταυτόχρονα οι παράγοντες παρουσιάζουν διακρίνουσα εγκυρότητα, καθώς η τετραγωνική ρίζα της μέσης υπολογισμένης διακύμανσης κάθε παράγοντα είναι μεγαλύτερη από τα τετράγωνα των συσχετίσεων μεταξύ του συγκεκριμένου παράγοντα και των υπολοίπων (Fornell and Cha, 1994). Έχοντας αποδείξει ότι οι παράγοντες του υποδείγματος παρουσιάζουν αξιοπιστία και εγκυρότητα, το υπόδειγμα μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι κατάλληλο για την εφαρμογή SEM, με το οποίο θα ελεγχθεί κατά πόσο ισχύουν οι υποθέσεις που διατυπώθηκαν στην Ενότητα 2.

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του SEM παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Το υπόδειγμα της παρούσας εμπειρικής μελέτης αποτελείται από 4 εξωγενής (CI, PS, PSQ και TR) και 3 ενδογενείς παράγοντες (CS,PV και BI). Όπως φαίνεται από το μέγεθος των συντελεστών προσδιορισμού R^2, το συγκεκριμένο μοντέλο έχει υψηλή προβλεπτική ικανότητα, καθώς εξηγεί το 46%, 34% και 70% της διακύμανσης των ενδογενών μεταβλητών CS, PV και BI αντίστοιχα. Από τις 10 υποθέσεις που διατυπώθηκαν οι 5 υποστηρίζονται πλήρως από τα αποτελέσματα (H_3, H_4, H_6, H_8 και H_{10}).

Πίνακας 2: Αποτελέσματα Δομικού Μοντέλου Εξισώσεων

	CS	PV	BI	R^2
CI	0,227 p=0,019		-0,169 p=0,073	
PS		0,299 p<0,001		
CS			0,244 p<0,001	**0,46**
TR			0,549 p<0,001	
PV	0,528 p<0,001		-0,253 p<0,001	**0,34**
PSQ	0,049 p=0,643	0,430 p<0,001	0,435 p<0,001	
BI				**0,7**

*Η κατεύθυνση της επιρροής των μεταβλητών είναι από αυτές που αναγράφονται στην πρώτη στήλη προς αυτές που αναγράφονται στην πρώτη γραμμή.

Πιο συγκεκριμένα η υπόθεση H_3 γίνεται πλήρως αποδεκτή καθώς η PSQ είναι ο σημαντικότερος προσδιοριστικός παράγοντας της PV ($beta = 0,43$), επιβεβαιώνοντας έτσι τα αποτελέσματα προηγούμενων εμπειρικών μελετών (Tam, 2004; Shukla, 2010; Korda and Snoj, 2010). Η υπόθεση H_4 γίνεται επίσης αποδεκτή, καθώς η PV ασκεί ισχυρή θετική επίδραση στην CS ($beta = 0,528$),. Το αποτέλεσμα αυτό είναι παρόμοιο με αυτά των Cronin et al (2000), Lai et al (2009) και Korda and Snoj (2010). Η υπόθεση H_6 αν και γίνεται απόδεκτή, πρέπει να σημειωθεί ότι ο εκτιμώμενος συντελεστής ($beta = 0,244$) είναι μικρότερος από αυτούς που αναφέρουν στις μελέτες τους οι Wang et al (2004), Cronin et al (2000) και Olorunniwo et al (2006). Η υπόθεση H_8 γίνεται επίσης αποδεκτή, ($beta = 0,43$), καθώς η CI έχει θετική επιρροή πάνω στην CS ($beta = 0,227$). Τέλος και η υπόθεση H_{10} στηρίζεται πλήρως από τα αποτελέσματα ($beta = 0,549$), επιβεβαιώνοντας έτσι τα αποτελέσματα που αναφέρουν οι Ibanez et al, (2007) και Aydin and Ozer (2004).

Οι υπόλοιπες υποθέσεις δεν μπορούν να γίνουν αποδεκτές είτε επειδή οι σχέσεις που αφορούν δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές, είτε επειδή δεν είχαν το πρόσημο που προβλέπεται από την διεθνή βιβλιογραφία. Πιο συγκεκριμένα, παρόλο που η σχέση μεταξύ των PSQ και CS δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική, η πρώτη έχει έμμεση επιρροή στην δεύτερη (μέσω της επίδρασης που ασκεί στην PV) και επομένως η H_1 γίνεται εν μέρει αποδεκτή. Όσον αφορά στην H_2 και αυτή γίνεται μόνο εν μέρει αποδεκτή, καθώς η PSQ δεν ασκεί έμμεση επίδραση στην BI. Τέλος οι υποθέσεις H_5, H_7 και H_9 απορρίπτονται εντελώς γιατί αν και οι σχέσεις που εκφράζουν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές, τα πρόσημα τους δεν ήταν τα αναμενόμενα.

5. Συμπεράσματα

Η παρούσα εμπειρική μελέτη προσπάθησε να προσδιορίσει τους παράγοντες που καθορίζουν της ικανοποίηση των καταναλωτών, καθώς και πως τελικά διαμορφώνονται οι συμπεριφορικές τους προθέσεις. Οι μεταβλητές PV και CI αποτελούν τους σημαντικότερους προσδιοριστικούς παράγοντες της CS, εξηγώντας το 46% της διακύμανσης της. Επιπρόσθετα η CS επηρεάζεται έμμεσα και από την PSQ. Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η ικανοποίηση των καταναλωτών στον κλάδο των οικιακών Φ/Σ καθορίζεται από τρεις διαστάσεις των υπηρεσιών που τους παρέχονται. Η πρώτη διάσταση σχετίζεται με την διαφορά ανάμεσα στα οφέλη που αποκομίζει και στο κόστος που επωμίζεται ένας καταναλωτής από την απόκτηση μιας υπηρεσίας. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η διαφορά τόσο περισσότερο ικανοποιημένος είναι ένας καταναλωτής. Δεύτερον οι καταναλωτές νοιώθουν μεγαλύτερη ικανοποίηση όταν η εταιρεία που έχει αναλάβει την εγκατάσταση και συντήρηση του Φ/Σ τους επιδεικνύει υπευθυνότητα σε κοινωνικά και περιβαλλοντικά θέματα. Αυτό το αποτέλεσμα καταδεικνύει το σημαντικό ρόλο που διαδραματίζει η εταιρική κοινωνική ευθύνη και στον συγκεκριμένο κλάδο. Τρίτον η ικανοποίηση των καταναλωτών πηγάζει και από κάποια χαρακτηριστικά που συνδέονται με την αντιλαμβανόμενη ποιότητα των υπηρεσιών. Τα χαρακτηριστικά αυτά σχετίζονται με την παροχή υπηρεσιών που εξασφαλίζουν την εύρυθμη λειτουργία των συστημάτων, με το πώς αντιμετωπίζονται οι καταναλωτές από το προσωπικό της εταιρείας και με την παροχή πληροφοριών που αφορούν σε τεχνικά και οικονομικά θέματα ή σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας.

Από την άλλη οι συμπεριφορικές προθέσεις των καταναλωτών επηρεάζονται άμεσα από την PSQ, την CS και την TR. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι καταναλωτές διαμορφώνουν θετικές συμπεριφορικές προθέσεις όταν απολαμβάνουν κάποια ικανοποίηση από τις υπηρεσίες που τους παρέχονται και επίσης όταν αντιλαμβάνονται ότι τους παρέχονται ποιοτικές υπηρεσίες. Τέλος η TR αποτελεί τον σημαντικότερο προσδιοριστικό παράγοντα των συμπεριφορικών προθέσεων, καταδεικνύοντας ότι οι καταναλωτές πρωτίστως ενδιαφέρονται για την αξιοπιστία της εταιρείας που επέλεξαν να εγκαταστήσει το οικιακό Φ/Σ τους. Αυτή η αξιοπιστία πηγάζει από το κατά πόσο η εταιρεία έχει την τεχνολογική κυρίως ικανότητα να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις που εγείρονται από τους καταναλωτές.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εμπειρική μελέτη μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα σε εταιρείες που εμπλέκονται στον κλάδο των οικιακών Φ/Σ, καθώς γνωρίζοντας ποίοι παράγοντες επηρεάζουν την ικανοποίηση των πελατών τους μπορούν να επικεντρωθούν στην βελτίωση των υπηρεσιών που πραγματικά τους ενδιαφέρουν. Ταυτόχρονα τα συμπεράσματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την χάραξη στρατηγικών ανάπτυξης τόσο από τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον κλάδο όσο και από τις πολιτικές αρχές της χώρας.

Σε κάθε περίπτωση ο κλάδος των οικιακών Φ/Σ στα μέσα του 2013 φαινόταν να έχει όλες τις προοπτικές για να συνεχίσει να αναπτύσσεται με τους εντυπωσιακούς ρυθμούς των προηγούμενων ετών. Παρόλα αυτά, εκείνη την περίοδο η κατάσταση άλλαξε ριζικά, καθώς η Ελληνική Κυβέρνηση αποφάσισε να προχωρήσει στην δραματική περικοπή των εγγυημένων τιμών αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται από νέα οικιακά Φ/Σ. Την ίδια στιγμή, επιβλήθηκαν έκτακτοι φόροι στους ιδιοκτήτες παλαιότερων οικιακών Φ/Σ. Με δεδομένες τις συνθήκες που έχουν πλέον διαμορφωθεί, θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η διενέργεια νέων εμπειρικών μελετών σχετικά με την ικανοποίηση που απολαμβάνουν οι καταναλωτές από τις υπηρεσίες που τους παρέχονται στον κλάδο των οικιακών Φ/Σ.

Βιβλιογραφία

Ajzen, I., Fishbein, M. Understanding attitudes and predicting social behavior: Attitudes,
intentions and perceived behavioral control. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall. 1980.

Andreassen, T.W., Lindestad, B., (1998). Customer loyalty and complex services: the impact of corporate image on quality, customer satisfaction and loyalty for customers with varying degrees of service expertise. International Journal of Service Industry Management. 9, 7–23.

Aydin, S., Ozer, G., (2005). The analysis of antecedents of customer loyalty in Turkish mobile telecommunication market. European Journal of Marketing. 7 (8), 910–925.

Bagozzi, R., P., (1992). The self-regulation of attitudes, intentions, and behavior. Social Psychology Quarterly. 55, 178–204.

Brady, M., K., Knight, G., A., Cronin, J., J., Hult, G., T., Keillor, B., T., (2005). Removing the Contextual Lens: A Multinational, Multi-setting Comparison of Service Evaluation Models. Journal of Retailing, 81 (3), (2005), 215–230.

Brady, M., K., Robertson, C., J., (2001) Searching for a consensus on the antecedent role of service quality and satisfaction: an exploratory cross-national study. Journal of Business Research. 51 (1), 53-60.

Cronin, J., J., Taylor, A., S., (1992). Measuring Service Quality: A Reexamination and Extension. Journal of Marketing. 56 (3), 55–68.

Cronin, J., J., Brady, M., K., Hult, G., T,. (2000). Assessing the Effects of Quality, Value, and Customer Satisfaction on Consumer Behavioral Intentions in Service Environments. Journal of Retailing, 76 (2), 193–218.

Faiers, A., Neame, C., (2006). Consumer attitudes towards domestic solar power systems. Energy Policy. 34, 1797–1806.

Fornell, C., Cha, J., (1994). Partial least squares R.P. Bagozzi (Ed.). Advanced Methods of Marketing Research. Basil Blackwell, Cambridge, MA. 52–78

Fornell, C., Cha, J. Partial least squares. In: Bagozzi RP, ed. Advanced Methods of Marketing Research, Cambridge, MA: Blackwell, 1994:52–78.

Grönroos, C., (2001). The perceived service quality concept - a mistake?. Managing Service Quality. 11(3), 150 – 152.

Haas, R., Ornetzeder, M., Hametner, K., Wroblewski, A., Hu¨bner, M., (1999) Socio-economic aspects of the Austrian 200 kWp-photovoltaic-rooftop programme. Solar Energy. 66 (3), 183–99.

Hair, J., F., Anderson, R., E., Tatham, R., L., Black, W., C. Multivariate Data Analysis, 3rd ed, Macmillan Publishing Company, New York. 1995.

Hair, J., F., Black, W., Babin, B., J., Anderson, R., E., Tatham, R., L. Multivariate data analysis. 6th edition. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. 2006.

Hartmann, P., Ibanez V.A., (2007). Managing Customer Loyalty in Liberalized Residential Energy Markets: The Impact of Energy Branding. Energy Policy. 35, 2661–2672.

Ibanez, V.A., Hartmann, P., Calvo, P.Z., (2006). Antecedents of customer loyalty in residential energy markets: service quality, satisfaction, trust and switching costs. The Service Industries Journal. 26, 633-650.

Keirstead, J., (2007). Behavioural responses to photovoltaic systems in the UK domestic sector. Energy Policy. 35, 4128-4141.

Korda, P. A., Snoj, B., (2010). Development, validity and reliability of perceived service quality in retail banking and its relationship with perceived value and customer satisfaction. Managing Global Transitions. 8 (2), 187–205.

Lai, F., Griffin, M., Babin, J.B., (2009). How quality, value, image, and satisfaction create loyalty at a Chinese telecom. Journal of Business Research. 62, 980-986.

Mutua, J., Ngui, D., Osiolo, H., Aligula, E., Gachanja, J., (2012). Consumer satisfaction in the energy sector in Kenya. Energy Policy. 48, 702-710.

Nunnally, J., C., (1978). Psychometric theory. New York, NY: McGraw-Hill.

Olorunniwo, F., Hsu, M.K., Udo, G. J., (2006). Service quality, customer satisfaction, and behavioral intentions in the service factory. Journal of Services Marketing, 20 (1), 59–72.

Ravald, A., Grönroos, C., (1996). The Value Concept and Relationship Marketing. European Journal of Marketing. 30 (2), 19-30.

Sardianou, E., Geroudi, P., (2013) Which factors affect the willingness of consumers to adopt renewable energies? Renewable Energy. 57, 1-4.

Shukla, P., (2010). Effects of Perceived Sacrifice, Quality, Value, and Satisfaction on Behavioral Intentions in the Service Environment. Services Marketing Quarterly. 31 (4), 466-484.

Tam, L.M., J., (2004). Customer satisfaction, service quality, and perceived value: an integrative model. Journal of Marketing Management. 20 (7-8), 897–917.

Wang, Y., Lo, H., Yang, Y., (2004). An integrated framework for service quality, customer value, satisfaction: evidence from China's telecommunication industry. Information Systems Frontiers. 6 (4), 325 40.

Zeithaml,V., A., Berry, L., L., Parasuraman, A., (1996). The behavioral consequences of service quality. Journal of Marketing. 60 (2), 31–46.

Περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική ανάλυση της αλλαγής θερινής/ χειμερινής ώρας

Ανθή Σκούταρη, Αναστασία Πούπκου, Ευθύμιος Ζέρβας
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σαχτούρη 11, 26222, Πάτρα
anthisk@gmail.com, poupkou@auth.gr, zervas@eap.gr

Περίληψη
Η θερινή ώρα εφαρμόστηκε αρχικά ως μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας και σήμερα έχει καθιερωθεί στην πλειοψηφία των χωρών της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής. Οι επιπτώσεις της μπορούν να αναγνωριστούν σε διαφορετικούς τομείς όπως είναι η οικονομία, η κοινωνία, η υγεία, το περιβάλλον και η ενέργεια. Στην οικονομία και στην απασχόληση η θερινή ώρα προκαλεί θετικά αποτελέσματα (π.χ. στο εμπόριο και σε επαγγέλματα που σχετίζονται με υπαίθριες δραστηριότητες), όμως υπάρχουν και επαγγελματικές ομάδες (π.χ. γεωργοί) που είναι δυσαρεστημένες από την εφαρμογή της. Ως προς το τομέα της υγείας, η θερινή ώρα έχει επιπτώσεις στον ύπνο, στο βιορυθμό και στη διάθεση. Η εξοικονομημένη ενέργεια χάρη στη θερινή ώρα είναι περίπου ίση με το 1% της ετήσιας εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας σε χώρες της Ευρώπης που έχουν γίνει σχετικές μελέτες. Χρησιμοποιώντας δεδομένα για τα έτη 2004-2013 από τον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας παρατηρήθηκε ότι η θερινή ώρα προκαλεί ενεργειακές μεταβολές στην Ελλάδα. Η απογευματινή μέγιστη τιμή καθαρού φορτίου παρουσιάζεται με καθυστέρηση κατά τη διάρκεια της θερινής ώρας και έχει μικρότερες τιμές. Η εξοικονόμηση ενέργειας τους μήνες Μάρτιο-Απρίλιο και Οκτώβριο-Νοέμβριο, οπότε πραγματοποιείται η αλλαγή της ώρας, υπολογίστηκε ότι αντιστοιχεί κατά μέσο όρο σε ποσοστό 0,79% της συνολικής ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα προέκυψε πως κατά μέσο όρο επιτυγχάνεται μικρή μείωση των εκπομπών CO_2 από ηλεκτροπαραγωγή. Τέλος, η εφαρμογή της θερινής ώρας επηρεάζει την ημερήσια πορεία των ρύπων, όπως το O_3 στην περιοχή της Αθήνας.

Λέξεις Κλειδιά: Θερινή ώρα, εξοικονόμηση ενέργειας, εκπομπές CO_2, όζον.

JEL Κωδικοί: O44, O47, O53, Q43, Q56.

1. Εισαγωγή

Η θερινή ώρα εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στη διάρκεια του πρώτου παγκόσμιου πολέμου ως μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας και διάθεσης περισσότερων ωρών ηλιακού φωτός. Σήμερα ισχύει στην πλειοψηφία των χωρών της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής. Αρκετές εργασίες διεθνώς έχουν εξετάσει την επίδραση της αλλαγής της ώρας (θερινής/χειμερινής) στο περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία.

Ως προς το τομέα της υγείας η θερινή ώρα έχει επιπτώσεις στη διάρκεια και στην ποιότητα του ύπνου, στο βιορυθμό και στη διάθεση. Και στις δύο μεταβάσεις παρατηρήθηκε μείωση της επάρκειας του ύπνου κυρίως λόγω του μη ομαλού ύπνου το πρώτο βράδυ μετά την αλλαγή της ώρας. Οι συμμετέχοντες σε έρευνα ξυπνούσαν πιο νωρίς μετά την αλλαγή της θερινής ώρας το φθινόπωρο για παραπάνω από μια εβδομάδα, ενώ αντίθετα την άνοιξη ξυπνούσαν αργότερα για πάνω από πέντε ημέρες μετά την εφαρμογή της θερινής ώρας (Monk and Alpin, 1980). Άλλη έρευνα που έγινε σε μεγάλη κλίμακα, σε πληθυσμό 55.000 ατόμων από διάφορες χώρες της

Κεντρικής Ευρώπης, έδειξε ότι μετά την ισχύ της θερινής ώρας το Μάρτιο η προσαρμογή της ώρας του ύπνου και της δραστηριότητας με το εξωτερικό ρολόι παρέμεινε ανολοκλήρωτη ακόμη και τέσσερις εβδομάδες αργότερα και το φαινόμενο ήταν πιο έντονο στα άτομα με πιο αργούς χρονότυπους, δηλαδή αυτούς που προτιμούν τις απογευματινές δραστηριότητες (Kantermann et al, 2007). Αντίθετα μετά τη φθινοπωρινή αλλαγή ώρας, η προσαρμογή του ύπνου είχε ολοκληρωθεί την πρώτη εβδομάδα για τις μη εργάσιμες μέρες και περίπου σε δύο εβδομάδες για τις εργάσιμες (Kantermann et al, 2007). Σύμφωνα με κάποιες εργασίες (Lahti et al, 2008, Shapiro et al, 1990), δεν παρουσιάζεται μεταβολή στον αριθμό ψυχιατρικών περιστατικών και αυτοκτονιών που να σχετίζονται με την αλλαγή ώρας ενώ το πρόσθετο ηλιακό φως που προσφέρει η θερινή ώρα βοηθάει στην καταπολέμηση κάποιων μορφών κατάθλιψης, βελτιώνει την ποιότητα ζωής ατόμων με προβλήματα όρασης, και ενισχύει το σχηματισμό της βιταμίνης D (Hillman, 1993).

Στην οικονομία και την απασχόληση η θερινή ώρα φαίνεται να προκαλεί θετικά αποτελέσματα στις περισσότερες περιπτώσεις, όμως υπάρχουν και επαγγελματικές ομάδες που είναι δυσαρεστημένες από την εφαρμογή της, όπως για παράδειγμα οι γεωργοί και οι κτηνοτρόφοι που αναγκάζονται να εργαστούν τις πολύ πρωινές ώρες με σκοτάδι ή να μεταθέσουν κάποιες εργασίες τους σε ώρες που η ηλιακή ακτινοβολία είναι έντονη (Prerau 2005, σελ. 105). Ωστόσο η μηχανοποίηση στους τομείς της γεωργίας και κτηνοτροφίας και οι αλλαγές τεχνικών έχουν φέρει σημαντική πρόοδο στην εκμετάλλευση και στην απόδοση. Οι εργασίες εξαρτώνται όλο και λιγότερο από το φως του ήλιου με αποτέλεσμα η ισχύς της θερινής ώρας να έχει λιγότερες αρνητικές συνέπειες (Hillman, 1993).

Η θερινή ώρα εκτιμάται ότι κατά κύριο λόγο ωφελεί τον τουρισμό, το εμπόριο και τις δραστηριότητες αναψυχής και άθλησης. Στις βόρειες χώρες, όπου το ψυχρό κλίμα είναι ανασταλτικός παράγοντας σε αρκετές υπαίθριες δραστηριότητες, το καλοκαίρι και η αλλαγή ώρας βοηθάνε στην πραγματοποίηση τους. Στις χώρες του νότου, η πρόσθετη απογευματινή ώρα με ηλιακό φως βοηθάει αντίστοιχα τους ανθρώπους να ξεκινούν δραστηριότητες τις λιγότερο ζεστές ώρες, αφού έχει πέσει η θερμοκρασία και πριν να βραδιάσει. Άλλωστε η ύπαρξη φωτεινότητας ευνοεί την αύξηση κίνησης του πληθυσμού με μεγαλύτερη ασφάλεια για όλες τις απογευματινές δραστηριότητες. (Prerau 2005, σελ. 201-206). Ωστόσο σύμφωνα με την οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου ΕΕ C 337E της 28.11.2000 (Διαδικτυακός τόπος Δίκαιου Ευρωπαϊκής Ένωσης 1) σε κάποιες ευρωπαϊκές χώρες επισημαίνεται ως αρνητική επίδραση της θερινής ώρας η αδυναμία τήρησης των ωραρίων εργασίας του προσωπικού ξενοδοχείων, εστιατορίων, καφετεριών και αναψυκτηρίων. Εξαιτίας της αργοπορημένης άφιξης των πελατών στους χώρους εστίασης παρατείνεται η διάρκεια εργασίας και το προσωπικό αναγκάζεται να εργαστεί περισσότερο.

Οι δύο ετήσιες αλλαγές ώρας επηρεάζουν αρκετά τις μεταφορές και οι υπεύθυνοι καλούνται να κάνουν αλλαγές στον προγραμματισμό ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιπλοκές. Οι διεθνείς σιδηροδρομικές και αεροπορικές εταιρίες έχουν αναφέρει ότι υπάρχουν επιπλέον έξοδα εξαιτίας της αλλαγής ώρας. Για παράδειγμα οι σιδηροδρομικές εταιρίες στις περισσότερες περιπτώσεις κατά την φθινοπωρινή λήξη της θερινής ώρας προβλέπουν την παραμονή των τρένων στάσιμων για μία ώρα (Downing 2005, σελ. 167).

Σύμφωνα με την προαναφερόμενη οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου ΕΕ C 337E της 28.11.2000 (Διαδικτυακός τόπος Δίκαιου Ευρωπαϊκής Ένωσης 1) η ετήσια εξοικονομημένη ενέργεια χάρη στη θερινή ώρα είναι ίση με το 0.3% της συνολικής κατανάλωσης ενώ η ετήσια εγχώρια εξοικονόμηση ενέργειας από την αλλαγή ώρας είναι 0.3% στην Ιταλία και 0.4% στη Γαλλία. Σύμφωνα με άλλη

εργασία, τα αντίστοιχα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας είναι 1.1% και 1.2% στη Νορβηγία και τη Σουηδία αντίστοιχα (Mirza and Bergland, 2011). Σε άλλη πρόσφατη έρευνα στην Μεγάλη Βρετανία (Hill et al., 2010), εξετάστηκε η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας τέσσερις εβδομάδες πριν και τέσσερις εβδομάδες μετά την αλλαγή της ώρας της άνοιξης και του φθινοπώρου για τα έτη 2001-2008 και βρέθηκε ότι οι καταναλώσεις είναι χαμηλότερες όσο ισχύει η θερινή ώρα.

Παλαιότερη έρευνα στις Η.Π.Α. (Ebersole et al, 1974) είχε δείξει ότι μετά τη μετάβαση της άνοιξης στην τροποποιημένη ώρα είχε παρατηρηθεί μείωση της κατανάλωσης ρεύματος περίπου 0.6% και αύξηση μετά την επαναφορά της επίσημης ώρας το φθινόπωρο 1,5%. Σύμφωνα με την Ενεργειακή Πολιτική του 2005 στις Η.Π.Α. αποφασίστηκε η διεύρυνση της διάρκειας της θερινής ώρας έτσι η έναρξη μετατέθηκε από την πρώτη Κυριακή του Απριλίου στη δεύτερη Κυριακή του Μαρτίου και η λήξη από την τελευταία Κυριακή του Οκτωβρίου στην πρώτη Κυριακή του Νοεμβρίου. Η συνολική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα χάρη στη διευρυμένη θερινή ώρα ήταν ίση με το 0.03% της ετήσιας εθνικής κατανάλωσης ρεύματος (Belzer et al, 2008). Στο Μεξικό η ετήσια εξοικονόμηση από τη μείωση χρήσης τεχνητού φωτισμού είναι περίπου 0.65%-1.10% το 1996 όταν καθιερώθηκε η θερινή ώρα (Ramos et al, 1998). Τα αποτελέσματα όμως κάποιων άλλων ερευνών οδηγούν σε αντίθετα ευρήματα σχετικά με την ενεργειακή εξοικονόμηση χάρη στη θερινή ώρα. Για παράδειγμα έχει βρεθεί ότι μετά το 2006 η εφαρμογή της θερινής ώρας σε όλη την Ινδιάνα προκάλεσε αύξηση στη ζήτηση ρεύματος για τα νοικοκυριά συνολικά περίπου 1% (Kotchen and Grant, 2008).

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση δεν βρέθηκαν έρευνες γίνει σχετικά με τις επιπτώσεις της θερινής ώρας στην Ελλάδα. Η παρούσα εργασία διερευνά τις επιπτώσεις της αλλαγής ώρας στην κατανάλωση ενέργειας καθώς και ορισμένα περιβαλλοντικά θέματα στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στις συγκεντρώσεις των αερίων ρύπων στην Αθήνα.

2. Μεθοδολογία - Πηγές δεδομένων

Αρχικά, με στοιχεία του Ανεξάρτητου Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Διαδικτυακός τόπος Α.Δ.Μ.Η.Ε. 1) για τα έτη 2004-2013 υπολογίστηκε το καθαρό φορτίο που διατίθεται τελικά για κατανάλωση και είναι το άθροισμα παραγωγής από τις αεριοστοβιλικές, λιγνινιτικές, πετρελαϊκές, υδροηλεκτρικές μονάδες, τις Α.Π.Ε. και τις εισαγωγές μείον τις εξαγωγές και την άντληση που χρησιμοποιείται για υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Από το φθινόπωρο του 2012 και το 2013 στο άθροισμα του φορτίου προστίθεται και η παραγωγή Α.Π.Ε. από μικροπαραγωγούς (Διαδικτυακός τόπος Α.Δ.Μ.Η.Ε. 2). Για το φθινόπωρο του 2006 υπήρχαν ελλιπή στοιχεία από τον ΑΔΜΗΕ και η περίοδος αυτή εξαιρέθηκε από τους υπολογισμούς. Εξετάστηκαν οι μήνες Μάρτιος και Απρίλιος που λαμβάνει χώρα η έναρξη της θερινής ώρας και ο Οκτώβριος με τον Νοέμβριο όπου συμβαίνει η λήξη της. Επισημαίνεται ότι οι ποσοστιαίες μεταβολές (μειώσεις ή αυξήσεις τιμών) που παρουσιάζονται παρακάτω ορίζονται ως:

*Μεταβολή (%)=((τιμή θερινής ώρας–τιμή επίσημης ώρας)/τιμή επίσημης ώρας)*100.*

Προκειμένου να υπολογιστεί η συμβολή της θερινής ώρας στη μείωση ή μη των εκπομπών CO_2 χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία απογραφής ετήσιων εκπομπών CO_2 από την ηλεκτροπαραγωγή για τα έτη 2004-2012 έτσι όπως αυτά έχουν απογραφεί στα πλαίσια της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (Διαδικτυακός τόπος United Nations Framework Convention on Climate Change).

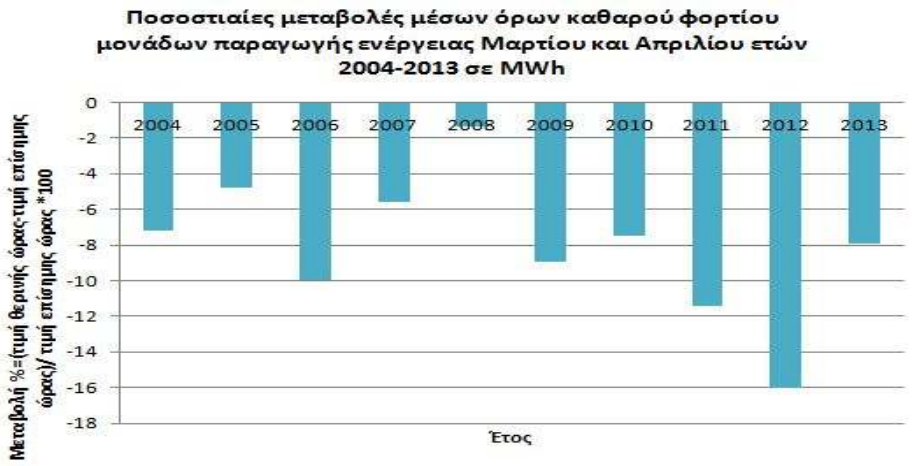
Τέλος προκειμένου να εξεταστεί αν η θερινή ώρα επιφέρει μεταβολές σε ατμοσφαιρικούς ρύπους χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Διαδικτυακός τόπος Υ.ΠΕ.Κ.Α.) σχετικά με τις συγκεντρώσεις των αερίων ρύπων στην περιοχή της Αθήνας.

3. Αποτελέσματα και Συζήτηση

3.1. Μεταβολές στα φορτία ενέργειας στην Ελλάδα λόγω της θερινής ώρας

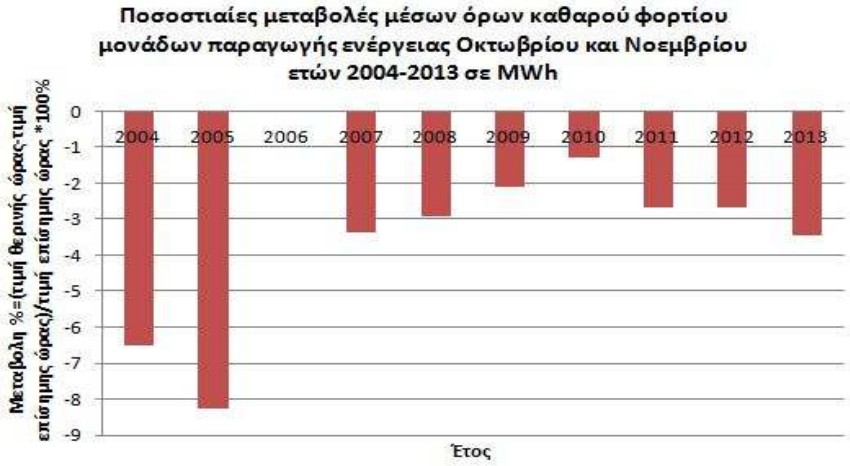
Εξετάζοντας τις επιπτώσεις της θερινής ώρας στο ημερήσιο καθαρό φορτίο μονάδων παραγωγής αναφορικά με την αλλαγή ώρας την άνοιξη παρατηρείται ότι ο μέσοι όροι των ημερήσιων συνολικών φορτίων μειώθηκαν μετά την εφαρμογή της θερινής ώρας και η μείωση κυμάνθηκε από -1,37% για το 2008 έως -16,05% για το 2012 (Σχήμα 1).

Σχήμα 1. Μεταβολές ημερήσιου καθαρού φορτίου (εαρινή αλλαγή ώρας)



Παράλληλα, πριν την αλλαγή της ώρας το φθινόπωρο παρατηρείται μείωση των μέσων όρων των φορτίων των ημερών πριν τη μετάβαση σε σχέση με μετά. Η μείωση κυμαίνεται από -1,29% για το 2010 έως -8,27% για το 2005 (Σχήμα 2).

Σχήμα 2. Μεταβολές ημερήσιου καθαρού φορτίου (φθινοπωρινή αλλαγή ώρας)



Η μείωση των μέσων ημερήσιων τιμών δεκαετίας είναι -8,08% για την εαρινή αλλαγή ώρας και -4,30% για την φθινοπωρινή αλλαγή ώρας. Για κάθε έτος από το 2004 έως το 2013 υπολογίστηκε το συνολικό ποσοστό μεταβολής των μέσων

ημερήσιων τιμών που προέκυψε και για τους τέσσερις εξεταζόμενους μήνες (Μάρτιος, Απρίλιος, Οκτώβριος, Νοέμβριος). Σε όλα τα έτη παρουσιάζεται μείωση των μέσων ημερήσιων τιμών καθαρού φορτίου από την εφαρμογή της θερινής ώρας. Η μέση τιμή της μείωσης των μέσων ημερήσιων τιμών καθαρού φορτίου για τη δεκαετία είναι -6,19%.

Για το καθαρό φορτίο του συστήματος, αφού υπολογίστηκε η εξοικονόμηση ή μη ενέργειας λόγω της θερινής ώρας τους μήνες Μάρτιος, Απρίλιος και Οκτώβριος, Νοέμβριος που γίνονται οι δύο ετήσιες αλλαγές ώρας, στη συνέχεια υπολογίστηκε το ποσοστό της εξοικονόμησης ενέργειας στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που περιλαμβάνει ΑΠΕ ανά έτος για τα έτη 2004-2005 και 2007-2012 για τα οποία υπήρχαν επαρκή στοιχεία. Για τα εξεταζόμενα έτη τα ετήσια ποσοστά της εξοικονόμησης ενέργειας στο συνολικό παραγόμενο φορτίο των μονάδων κυμάνθηκαν μεταξύ -0,28% για το 2008 και -1,24% για το 2012 (Σχήμα 3).

Σχήμα 3. Ετήσια ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας χάρη στη θερινή ώρα

Το συνολικό ποσοστό εξοικονόμησης των εξεταζόμενων ετών είναι -0,79% (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Ετήσια ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας χάρη στη θερινή ώρα για καθαρό φορτίο μονάδων

Ετήσια ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας στο συνολικό καθαρό φορτίο μονάδων ενέργειας χάρη στη θερινή ώρα	Μέσες τιμές εξεταζόμενης περιόδου
Εξοικονόμηση (ή μη) ενέργειας τεσσάρων μηνών λόγω θερινής ώρας (GWh)	-481
Εγχώρια ετήσια παραγωγή ενέργειας (GWh)	60720
Ποσοστό % της εξοικονόμησης ενέργειας (ή μη) σε σχέση με την ετήσια παραγωγή	-0,79

Στη συνέχεια εξετάστηκαν τα στοιχεία παραγωγής ενέργειας των πιο ρυπογόνων μονάδων του συστήματος οπότε αθροίστηκαν τα φορτία των αεριοστοβιλικών, των λιγνιτικών και πετρελαϊκών μονάδων. Για τα έτη 2004-2013 εξετάστηκαν οι μήνες Μάρτιος και Απρίλιος που λαμβάνει χώρα η έναρξη της θερινής ώρας και ο Οκτώβριος με τον Νοέμβριο όπου συμβαίνει η λήξη της. Η μείωση των μέσων ημερήσιων τιμών δεκαετίας είναι -4,47% για την εαρινή αλλαγή ώρας και -1,13% για την φθινοπωρινή αλλαγή ώρας. Για κάθε έτος από το 2004 έως το 2013 υπολογίστηκε το συνολικό ποσοστό μεταβολής των μέσων ημερήσιων τιμών που προέκυψε και για τους τέσσερις εξεταζόμενους μήνες (Μάρτιος, Απρίλιος,

Οκτώβριος, Νοέμβριος). Η μέση τιμή της μείωσης των μέσων ημερήσιων τιμών των πιο ρυπογόνων μονάδων για τη δεκαετία είναι -2,80%.

Αντίστοιχα για το φορτίο των ρυπογόνων μονάδων του συστήματος, αφού υπολογίστηκε η εξοικονόμηση ή μη ενέργειας λόγω της θερινής ώρας τους μήνες Μάρτιος, Απρίλιος και Οκτώβριος, Νοέμβριος που γίνονται οι δύο ετήσιες αλλαγές ώρας, στη συνέχεια υπολογίστηκε το ποσοστό της εξοικονόμησης ενέργειας στη συνολική εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς ΑΠΕ ανά έτος για τα έτη 2004-2005 και 2007-2012 για τα οποία υπήρχαν επαρκή στοιχεία. Το συνολικό ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας από τις ρυπογόνες μονάδες για τα εξεταζόμενα έτη είναι -0,26% (Πίνακας 2).

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία απογραφής ετήσιων εκπομπών CO_2 από την ηλεκτροπαραγωγή για τα έτη 2004-2012 έτσι όπως αυτά έχουν απογραφεί στα πλαίσια της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (Διαδικτυακός τόπος United Nations Framework Convention on Climate Change). Από την επεξεργασία των δεδομένων αυτών, σε συνδυασμό με τα αντίστοιχων ετών δεδομένα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις ρυπογόνες μονάδες του συστήματος, προέκυψε ότι κατά μέσο όρο το CO_2 εκπέμπεται με ρυθμό 0.984 kt ανά GWh που παράγεται από τις ρυπογόνες εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Η εξοικονόμηση (ή μη) ενέργειας λόγω θερινής ώρας για κάθε έτος, έτσι όπως αυτή φαίνεται στον Πίνακα 2, σε συνδυασμό με τον προαναφερόμενο συντελεστή εκπομπής για το CO_2, επέτρεψε την εκτίμηση της μεταβολής στις εκπομπές του CO_2 λόγω της εφαρμογής της θερινής ώρας καθώς και του ποσοστού της σε σχέση με τις ετήσιες εκπομπές CO_2 από ηλεκτροπαραγωγή. Από τον Πίνακα 2 προκύπτει πως κατά μέσο όρο για το σύνολο των εξεταζόμενων ετών η μείωση των εκπομπών CO_2 λόγω της εφαρμογής της θερινής ώρας αντιστοιχεί σε ποσοστό 0,26% της μέσης ετήσιας CO_2 εκπομπής από ηλεκτροπαραγωγή.

Πίνακας 2. Ετήσια ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας χάρη στη θερινή ώρα ρυπογόνων μονάδων ενέργειας/ Μεταβολές εκπομπών CO_2

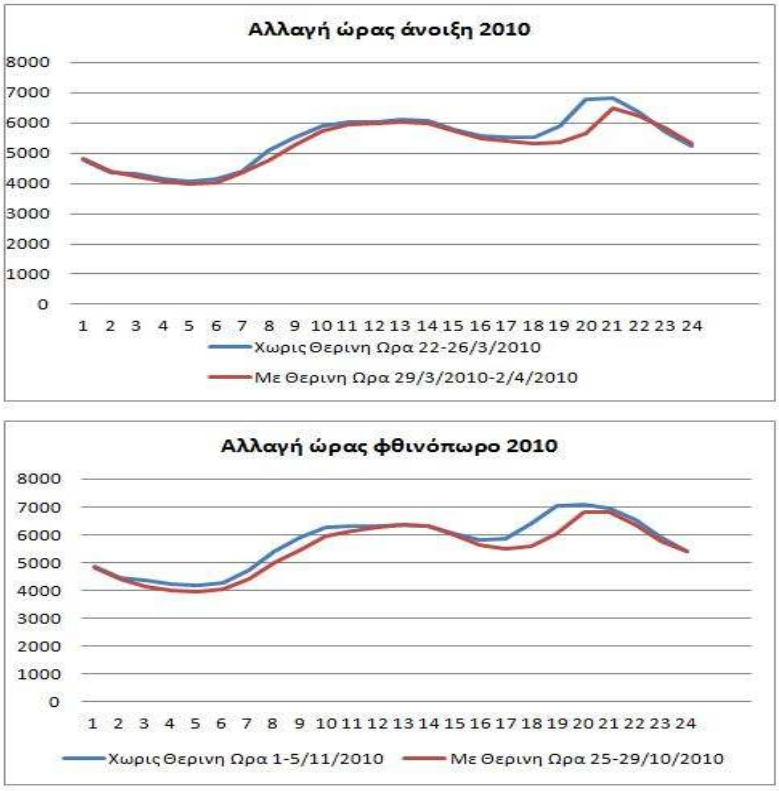
Ετήσια ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας στο συνολικό φορτίο ρυπογόνων μονάδων ενέργειας χάρη στη θερινή ώρα	**Μέσες τιμές εξεταζόμενης περιόδου**
Εξοικονόμηση (ή μη) ενέργειας τεσσάρων μηνών λόγω θερινής ώρας (GWh)	-139
Εγχώρια ετήσια παραγωγή ενέργειας (GWh)	53005
Ποσοστό % της εξοικονόμησης ενέργειας (ή μη) σε σχέση με την ετήσια παραγωγή	-0,26
Μείωση (ή μη) CO2 εκπομπών τεσσάρων μηνών λόγω θερινής ώρας (kt)	-137
Ετήσιες CO2 εκπομπές από ηλεκτροπαραγωγή (kt)	52134
Ποσοστό % της μείωσης (ή μη) CO2 εκπομπών σε σχέση με τις ετήσιες εκπομπές	-0,26

Ακολούθως εξετάζεται η ωριαία μεταβολή του καθαρού φορτίου του συστήματος. Για αυτό τον λόγο υπολογίστηκαν για δέκα ημέρες, δηλαδή για τις πέντε εργάσιμες μέρες (Δευτέρα – Παρασκευή) πριν από την αλλαγή της ώρας της άνοιξης και του φθινοπώρου και για τις πέντε εργάσιμες ημέρες μετά, οι μέσες ωριαίες τιμές του καθαρού φορτίου όλων των μονάδων παραγωγής ενέργειας του συστήματος για τα έτη 2004 έως 2013. Ενδεικτικά παρουσιάζεται το διάγραμμα του έτους 2010 (Σχήμα 4).

Παρατηρείται ότι η απογευματινή μέγιστη τιμή παρουσιάζεται με καθυστέρηση κατά τη διάρκεια της θερινής ώρας και έχει μικρότερες τιμές. Έτσι ενώ όσο είναι σε ισχύ η επίσημη ώρα η μέγιστη απογευματινή τιμή φορτίου συστήματος

(που συνήθως είναι και μέγιστη της ημέρας) εμφανίζεται μεταξύ 19:00-21:00, η αντίστοιχη όταν είναι σε εφαρμογή η θερινή ώρα εμφανίζεται μεταξύ 20:00-22:00. Αυτό αποδεικνύει ότι με την καλοκαιρινή ώρα και με τις πρόσθετες απογευματινές ώρες φυσικού φωτός μετατοπίζονται και κάποιες ανθρώπινες απογευματινές δραστηριότητες πιο αργά και ο κόσμος καθυστερεί να επιστρέψει στις οικίες του. Η πρωινή μέγιστη τιμή εμφανίζεται την ίδια ακριβώς ώρα πριν και μετά την αλλαγή ώρας πράγμα που δείχνει ότι οι βασικές πρωινές δραστηριότητες που είναι σύμφωνες με τους δείχτες του ρολογιού δεν αλλάζουν ώρες διεξαγωγής. Τέτοια παραδείγματα είναι οι ώρες ξυπνήματος και προσέλευσης στην εργασία.

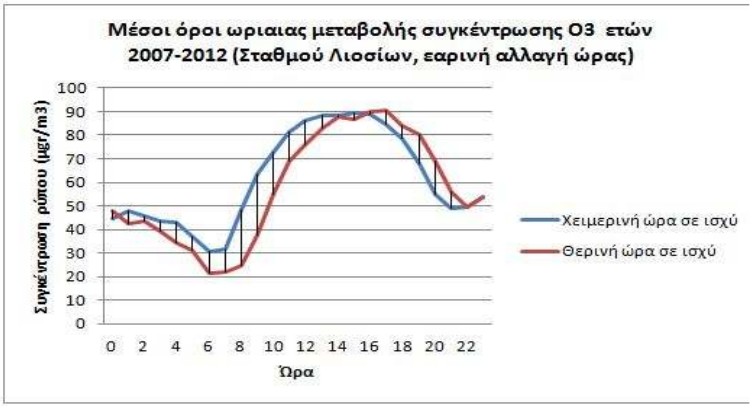
Σχήμα 4. Διακύμανση των μέσων ωριαίων τιμών καθαρού φορτίου έτους 2010

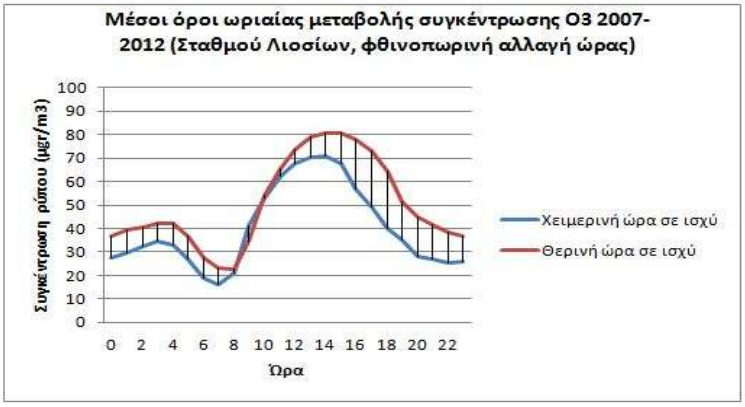


3.2. Μεταβολή ατμοσφαιρικών ρύπων λόγω εφαρμογής της θερινής ώρας σε σταθμούς της Αθήνας

Η εφαρμογή της θερινής ώρας φαίνεται να επηρεάζει τη μέση ημερήσια πορεία των ρύπων στην περιοχή της Αθήνας. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής εξετάστηκαν οι μέσες ωριαίες πορείες της συγκέντρωσης του όζοντος για τα έτη 2007 έως 2012 πέντε εργάσιμες μέρες πριν από την αλλαγή της ώρας της άνοιξης και του φθινοπώρου και πέντε εργάσιμες ημέρες μετά. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η καθυστέρηση κατά μία έως τρεις ώρες στην εμφάνιση της μέγιστης ημερήσιας συγκέντρωσης του όζοντος και η παρουσία υψηλότερων συγκεντρώσεων του τις απογευματινές ώρες όταν η θερινή ώρα είναι σε ισχύ. Ενδεικτικά παρουσιάζονται διαγράμματα που φαίνονται οι διακυμάνσεις του όζοντος που παρατηρήθηκαν στο σταθμό μέτρησης Λιοσίων (Σχήμα 5). Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχει μία επίδραση της αλλαγής της ώρας στην ρύπανση, η οποία θα διερευνηθεί λεπτομερώς σε μελλοντική εργασία.

Σχήμα 5. Διακύμανση των μέσων ωριαίων τιμών συγκέντρωσης O_3





4. Συμπεράσματα

Η θερινή ώρα προκαλεί ενεργειακές μεταβολές στην Ελλάδα. Με στοιχεία του Ανεξάρτητου Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Α.Δ.Μ.Η.Ε.) υπολογίστηκε το καθαρό φορτίο του συστήματος που παράγεται από όλες τις μονάδες και διατίθεται τελικά για κατανάλωση. Για τα έτη 2004-2013 εξετάστηκαν οι μήνες Μάρτιος και Απρίλιος που λαμβάνει χώρα η έναρξη της θερινής ώρας και ο Οκτώβριος με τον Νοέμβριο όπου συμβαίνει η λήξη της.

Όταν είναι σε ισχύ η θερινή ώρα, η μείωση των μέσων τιμών καθαρού φορτίου της δεκαετίας είναι -8,08% για την αλλαγή ώρας την άνοιξη και -4,30% για την αλλαγή ώρας το φθινόπωρο. Η εξοικονόμηση ενέργειας των εξεταζόμενων ετών και ειδικότερα των μηνών Μαρτίου-Απριλίου και Οκτωβρίου-Νοεμβρίου οπότε πραγματοποιείται η αλλαγή της ώρας, αντιστοιχεί κατά μέσο όρο σε ποσοστό 0,79% της συνολικής ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μειώσεις παρουσιάζονται και όταν εξετάζονται οι ρυπογόνες μονάδες του συστήματος (αεριοστοβιλικές, λιγνιτικές και πετρελαϊκές).

Παράλληλα προκύπτει πως κατά μέσο όρο για το σύνολο των εξεταζόμενων ετών η μείωση των εκπομπών CO_2 λόγω της εφαρμογής της θερινής ώρας αντιστοιχεί σε ποσοστό -0,26% της μέσης ετήσιας εκπομπής CO_2 εκπομπής από ηλεκτροπαραγωγή.

Η αλλαγή της ώρας έχει και μία επίδραση στις συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων, για παράδειγμα η θερινή ώρα μετατοπίζει αργότερα το μέγιστο της συγκέντρωσης του όζοντος.

Βιβλιογραφία

A. Monk TH, Aplin LC. Spring and autumn daylight saving time changes: studies of adjustment in sleep timings, mood and efficiency. Ergonomics 1980;23:167e78.

Belzer David B. (Pacific Northwest National Laboratory), Stanton W. Hadley (Oak Ridge National Laboratory), and Shih-Miao Chin (Oak Ridge National Laboratory), 2008, ''Impact of Extended Daylight Saving Time on National Energy Consumption'', U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy.

Downing Michael, 2009 "Spring Forward: The Annual Madness of Daylight Saving Time''

Ebersole, N., Rubin, D., Hannan,W., Darling, E., Frenkel, L., Prerau, D.,Schaeffer, K., 1974. The Year-Round Daylight Saving Time Study,vol. I. Interim Report on the Operation and Effects of Year-Round Daylight Saving Time. US Department of Transportation, Transportation Systems Center, Cambridge, MA, USA.

Gregory-Allen, R., Jacobsen, B., Marquering, W. 2010 , ''The daylight saving time anomaly in stock returns: Fact or fiction?'', Journal of Financial Research 33 (4) , pp. 403-427

Hill, S.I., Desobry, F., Garnsey, E.W., Chong, Y.-F. 2010, ''The impact on energy consumption of daylight saving clock changes'' Energy Policy 38 (9) , pp. 4955-4965

Hillman Mayer, 1993'' ''Time for Change: Setting Clocks Forward by One Hour Throughout the Year - A New Review of the Evidence

Kantermann, T., Juda, M., Merrow, M., Roenneberg, T. 2007, ''The Human Circadian Clock's Seasonal Adjustment Is Disrupted by Daylight Saving Time'', Current Biology 17 (22) , pp. 1996-2000

Kotchen, M.J., Grant, L.E. 2011, ''Does Daylight Saving Time Save Energy? Evidence From A Natural Experiment In Indiana'' Review of Economics and Statistics 93 (4) , pp. 1172-1185

Lahti, T.A., Haukka, J., Lönnqvist, J., Partonen, T. 2008, ''Daylight saving time transitions and hospital treatments due to accidents or manic episodes'', BMC Public Health 8 , art. no. 74

Mirza, F.M., Bergland, O. 2011, ''The impact of daylight saving time on electricity consumption: Evidence from southern Norway and Sweden'' Energy Policy 39 (6) , pp. 3558-3571

Prerau David, 2005 ''Seize the daylight, The curious and contentious story of Daylight Saving Time'', Thunder's Mouth Press, New York.

Ramos, G.N., Covarrubias, R.R., Sada, J.G., Buitron, H.S., Vargas, E.N.,Rodriguez, R.C., 1998. Energy saving due to the implementation of the daylight saving time in Mexico in 1996. In: Proceedings of the International Conference on Large High

Shapiro, C.M., Blake, F., Fossey, E., Adams, B. 1990, ''Daylight saving time in psychiatric illness'', Journal of Affective Disorders 19 (3) , pp. 177-181

Διαδικτυακές Πηγές

Δίκαιο Ευρωπαϊκής Ένωσης 1: Πρόταση οδηγίας ΕΕ C 337E της 28.11.2000 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τις διατάξεις για τη θερινή ώρα Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri= CELEX:52000PC0302&from=

ΕΛΑ.Δ.Μ.Η.Ε. 1: Δεδομένα που περιλαμβάνονται στο καθαρό φορτίο του συστήματος: http://www.admie.gr/leitoyrgia-dedomena/ekkatharisi/fortisi-monadon-paragogis-kai-fortia-systimatos/

Α.Δ.Μ.Η.Ε. 2: Δεδομένα από τα αρχεία Πρόβλεψη ΑΠΕ με κατάληξη RES Forecast 02 όπου θα πρέπει να προστεθούν τα δεδομένα των γραμμών Total (LV) και Total (MV): http://www.admie.gr/leitoyrgia-dedomena/leitoyrgia-agoras-ilektrikis-energeias/agora-epomenis-imeras/dedomena-eisodoy/imerisia-dedomena/doccat/list/Document/669/

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής: Δεδομένα μετρήσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=495&language=el-GR

United Nations Framework Convention on Climate Change: http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php

Έλεγχος του κράτους στη διαχείριση των δασών από δασοπολιτική και νομική άποψη

Βάσσιος Δημήτριος[1] & Λεφάκης Παναγιώτης[2]
[1]*Δασολόγος-Περιβαλλοντολόγος MSc, Δήμος Θεσσαλονίκης, Διεύθυνση Αστικού Σχεδιασμού & Αρχιτεκτονικών Μελετών, Τμήμα Ενεργειακού & Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, Θεσσαλονίκη 56421*
vassiosd@gmail.com
[2]*Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Πολιτικής, Θεσσαλονίκη 54124*
plefakis@for.auth.gr

Περίληψη
Πέρα από κάθε αμφιβολία, η βελτίωση του τρόπου διαχείρισης των ελληνικών δασών καθώς και η εφαρμογή της κατάλληλης μορφής δασοπονίας στα δημόσια και κυρίως στα μη δημόσια δάση, αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επίτευξη της βέλτιστης απόδοσης όλων των λειτουργιών και παροχών του δάσους. Ο έλεγχος του κράτους στην διαχείριση των ιδιωτικών δασών, μέσω της δασικής υπηρεσίας, θεωρείται απαραίτητος συνδυαστικά με το κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο. Η κρατική επέμβαση στα ιδιωτικά δάση δικαιολογείται από λόγους όπως η παροχή δασοτεχνικών και επιστημονικών γνώσεων στους ιδιοκτήτες και η εφαρμογή του κατάλληλου προγραμματισμού. Συνεπώς, το κράτος έχει την υποχρέωση να ασκεί επιτήρηση στους ιδιώτες δασοκτήμονες με σκοπό την υλοποίηση της κατάλληλης δασικής πολιτικής προς όφελος της κοινωνίας. Βασικός σκοπός της εργασίας είναι να διερευνηθούν οι απόψεις των δασολόγων πάνω σε θέματα που αφορούν στον έλεγχο και την εποπτεία του κράτους στην βιώσιμη διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων και του φυσικού περιβάλλοντος, στην δασική νομοθεσία και στην προσαρμογή αυτής στην κλιματική αλλαγή, στα ιδιοκτησιακά θέματα που αφορούν την δασική ιδιοκτησία, αλλά και η διερεύνηση σχέσεων και εξαρτήσεων μεταξύ των απόψεων και των ατομικών τους στοιχείων με την χρήση κατάλληλων μεθόδων στατιστικής ανάλυσης, όπως η Παραγοντική Ανάλυση και η Λογιστική Παλινδρόμηση. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με ερωτηματολόγια αφού επιλέχτηκε κατάλληλο δείγμα με απλή τυχαία δειγματοληψία.

Λέξεις-κλειδιά: Διαχείριση δασών, δασική νομοθεσία, δασική ιδιοκτησία, Παραγοντική Ανάλυση, Λογιστική Παλινδρόμηση.

JEL Κωδικοί: Q01, Q23.

1. Εισαγωγή

Η επιτυχία της δασικής πολιτικής σε θέματα κοινωνικής ευημερίας, όσο αυτή εξαρτάται από τα δάση, επιβάλλει την τέλεια οργάνωση της κρατικής δασικής διοίκησης με σκοπό την καλύτερη δασική διαχείριση. Στην δασική διοίκηση περιλαμβάνεται και η περιγραφή των αρμοδιοτήτων της δασικής υπηρεσίας, η οποία είναι το επιτελικό κρατικό όργανο που προγραμματίζει και ελέγχει την εφαρμογή των διαφόρων δεδομένων (Παπασταύρου, 2008).

Διαχείριση είναι η επιστήμη λήψης αποφάσεων που αφορούν την οργάνωση, ανάπτυξη και προστασία ενός οικοσυστήματος ή ενός οργανισμού (Καραμανώλης και Καρτέρης, 2004). Οι αρχές και οι τεχνικές της δασικής διαχείρισης, σύμφωνα με τον Ξανθόπουλο (1998), είναι:

Η αρχή της αειφορίας των καρπώσεων: Η διαχείριση με βάση αυτή την αρχή επιδιώκει την απόληψη ίσης ποσότητας ξυλείας ετησίως με στόχο την σταθερή τροφοδότηση των δασικών βιομηχανιών, μέσω έντονης καλλιέργειας των δασών.
Η πολλαπλή χρήση των δασών: Οι στόχοι αυτής της αρχής είναι η προστασία και η αξιοποίηση των φυσικών πόρων, η αύξηση της παραγωγικότητας των δασικών πόρων με αντίστοιχη αύξηση του δασικού εισοδήματος, η αύξηση του πλούτου της άγριας πανίδας, η δημιουργία περιοχών αναψυχής και τουρισμού και η αύξηση των προστατευτικών επιδράσεων του δάσους στο περιβάλλον.
*Η βιώσιμη χρησιμοποίηση: Α*φορά την απόληψη προϊόντων και υπηρεσιών από τους φυσικούς πόρους ώστε αυτοί να τα παρέχουν ανεξάντλητοι στο διηνεκές.
Η προσαρμοστική διαχείριση: Ο όρος αυτός αποδίδει μια διαδικασία διαχείρισης που δεν είναι στατική αλλά αναθεωρείται και προσαρμόζεται, σύμφωνα με κάποια κριτήρια (π.χ. κλιματική αλλαγή), στα επιστημονικά και εμπειρικά δεδομένα.

Είναι ανάγκη να αναθεωρηθούν οι απαρχαιωμένες προδιαγραφές δασικής διαχείρισης σύμφωνα με ευρωπαϊκά ή και με παγκόσμια πρότυπα, για να εξυπηρετηθεί το κοινό συμφέρον και να διαμορφωθεί σχέδιο προσαρμοσμένης διαχείρισης με χρήση νέων τεχνολογιών και G.I.S. (Καλαπόδης, 2011). Επιπροσθέτως, η κεντρική εξουσία θα πρέπει να δημιουργήσει ένα αποτελεσματικό νομοθετικό πλαίσιο διοίκησης και διαχείρισης των δασών (Κωνσταντινίδης, 2012).

Οι μορφές δασικής ιδιοκτησίας στην Ελλάδα χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

α) δημόσια δασική ιδιοκτησία και β) μη δημόσια δασική ιδιοκτησία. Στην δημόσια ιδιοκτησία ανήκουν τα δάση του δημοσίου, ενώ στην μη δημόσια τα δάση των κοινοτήτων, των μοναστηριών, των αγαθοεργών ιδρυμάτων, τα συνιδιόκτητα και τα ιδιόκτητα. Συνιδιόκτητα είναι τα δάση που η κυριότητα ανήκει σε περισσότερους από έναν ιδιοκτήτες (Παπασταύρου, 2008). Η διαχείριση των δημόσιων δασών γίνεται από την δασική υπηρεσία ενώ των μη δημόσιων από τους ιδιοκτήτες αλλά με την εποπτεία της δασικής υπηρεσίας (Γκόφας, 2008α).

Οι απόψεις επιστημόνων, όπως οι δασολόγοι, που σχετίζονται άμεσα με την δασική διαχείριση αποτελεί διαχρονικά αντικείμενο άξιο διερεύνησης και η αξιοποίηση των απόψεών τους μπορεί να οδηγήσει σε χρήσιμα συμπεράσματα και προτάσεις.

2. Υλικά και μέθοδος

2.1 Ερευνητικό εργαλείο

Η έρευνα της συγκεκριμένης εργασίας επικεντρώνεται σε ένα κατάλληλα επιλεγμένο δείγμα από ένα σύνολο ατόμων, οπότε η μέθοδος που επιλέχτηκε είναι η *δειγματοληπτική έρευνα*, η οποία έχει μικρό κόστος, δίνει αντιπροσωπευτικά δείγματα και απαιτεί λίγο, σχετικά, χρόνο (Δαουτόπουλος, 2005). Η περιοχή έρευνας επικεντρώνεται στους δασολόγους της Ελλάδας.

Το ερευνητικό εργαλείο που έχει χρησιμοποιηθεί είναι το *ερωτηματολόγιο* το οποίο, σύμφωνα με την Κυριαζή (1999), αποτελεί κύριο εργαλείο έρευνας στις κοινωνικές επιστήμες. Το τελικό ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει ερωτήσεις:
- Γενικής φύσεως που αφορούν εργαλεία που μπορούν να διευκολύνουν την διαχείριση.
- Ερωτήσεις σχετικές με την λειτουργία και τις αρμοδιότητες της δασικής υπηρεσίας.
- Ερωτήσεις που αφορούν την παροχή κινήτρων στους ιδιοκτήτες δασών.

- Ερωτήσεις πάνω σε ιδιοκτησιακά θέματα και ζητήματα χρήσης και παραχώρησης δασών.
- Ερωτήσεις πάνω σε θέματα νομοθεσίας όσον αφορά την διαχείριση δασών και την προσαρμογή της στην κλιματική αλλαγή.
- Ερωτήσεις σχετικές με τα ατομικά στοιχεία των ερωτηθέντων.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 28 ερωτήσεις. Επιλέχτηκαν *κλειστές* ερωτήσεις δηλαδή με απάντηση εκ των προτέρων δομημένη για ευκολότερη κωδικοποίηση (Μακράκης, 2005). Οι ερωτήσεις αυτές είναι οι μεταβλητές της έρευνας. Οι περισσότερες τακτικές μεταβλητές μετρήθηκαν με την κλίμακα Likert. Για την κλίμακα αυτή ο Δαουτόπουλος (2005) αναφέρει ότι οι ερωτώμενοι τοποθετούνται στον βαθμό που συμφωνούν ή διαφωνούν. Οι δυνατές απαντήσεις είναι: ¨Συμφωνώ απόλυτα, Συμφωνώ, Δεν έχω γνώμη, Διαφωνώ, Διαφωνώ απόλυτα¨. Οι υπόλοιπες τακτικές μεταβλητές αφορούν ατομικά (δημογραφικά) στοιχεία των ερωτηθέντων.

Στις περισσότερες ονομαστικές μεταβλητές οι απαντήσεις αντιστοιχούν σε ¨ναι¨ ή ¨όχι¨. Επίσης υπάρχουν ονομαστικές μεταβλητές που αφορούν ατομικά στοιχεία των ερωτηθέντων και τρεις ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών.

Για την επιλογή των ερωτήσεων μελετήθηκε η σχετική ελληνική βιβλιογραφία για θέματα δασικής διαχείρισης και δασικής πολιτικής (Παπασταύρου, 2006, 2008) και έγιναν συζητήσεις με καθηγητές Δασολογίας και με δασολόγους της πράξης. Ακολούθησε δοκιμαστική συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από πέντε άτομα για να εξεταστεί η σαφήνεια των ερωτήσεων και η διάρκεια που απαιτείται για την συμπλήρωσή του (Kinnear and Taylor, 1996).

2.2 Πληθυσμός και δείγμα

Ο πληθυσμός, τα μέλη του οποίου είναι τα υποκείμενα της έρευνας, είναι οι *δασολόγοι* της Ελλάδας που είναι μέλη του Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΓΕΩΤ.Ε.Ε.). Επιλέχτηκε αυτός ο πληθυσμός διότι το αντικείμενο της έρευνας απαιτεί βασικές γνώσεις πάνω στην δασική διαχείριση που κάποια άλλη ομάδα δεν θα τις είχε, γιατί είναι κατεξοχήν επιστήμονες που ασχολούνται με αυτό το αντικείμενο και τέλος, γιατί ήταν πιο εύκολο να βρούμε στοιχεία έναντι άλλων ομάδων (π.χ. δασοπόνοι). Σύμφωνα με στοιχεία της ιστοσελίδας του ΓΕΩΤ.Ε.Ε (www.geotee.gr), υπάρχουν 3831 εγγεγραμμένοι δασολόγοι τον Μάιο του 2012. Η δειγματοληψία που χρησιμοποιήθηκε είναι η *απλή τυχαία δειγματοληψία (ΑΤΔ)*, καθώς είναι η πιο απλή και περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος (Μάτης, 2003).

Το μέγεθος του δείγματος είναι από τα πρώτα θέματα που πρέπει να τακτοποιηθούν. Για να γίνει αυτό πρέπει να δηλωθεί η ακρίβεια με την οποία θα εκτιμηθούν παράμετροι του πληθυσμού (Μάτης, 1992). Για υπολογισμό δείγματος για εκτίμηση ποσοστών, ο Μάτης (1992) και ο Γκόφας (2008β) δίνουν τον μαθηματικό τύπο (1):

$$n = \frac{t^2 \cdot P(1 - P)}{d^2} \qquad (1)$$

όπου n το μέγεθος του δείγματος, t η τιμή της κατανομής STUDENT για πιθανότητα (1-α), d η ακρίβεια εκτίμησης και P η αναλογία του πληθυσμού. Στον τύπο (1) επιλέγουμε d ίσο με ±5% και α (επίπεδο σημαντικότητας) ίσο με 5%, δηλαδή πιθανότητα 0,95. Η ακρίβεια εκτίμησης d και το επίπεδο σημαντικότητας α επιλέγονται αυθαίρετα από τον ερευνητή (Γκόφας, 2008β). Η τιμή του t για α ίσο με 5% είναι 1,96 (Μάτης, 2003).

Σύμφωνα με τον Γκόφα (2008β), για τον υπολογισμό του P χρειάζεται *προδειγματοληψία*. Αυτή έγινε με 20 ερωτηματολόγια που ήταν και μέρος του τελικού δείγματος. Τα ερωτηματολόγια αυτά είναι ένα μικρό μέρος του δείγματος που επαρκεί για την προδειγματοληψία (Monette et al., 2002). Σε μια δειγματοληψία απαιτούνται πληροφορίες για περισσότερες από μία μεταβλητή. Άρα πρέπει να εκτιμηθεί μέγεθος δείγματος για κάθε μια από αυτές ή τουλάχιστον για τις σημαντικότερες (Μάτης, 1992). Έτσι επιλέχτηκαν οι ερωτήσεις που μετρήθηκαν με ονομαστική κλίμακα ¨ναι¨ ή ¨όχι¨. Σε αυτές, οι απαντήσεις κυμάνθηκαν από ποσοστά για P ίσο με 0,75 έως P ίσο με 0,95. Εφαρμόζοντας τον τύπο (1) για P ίσο με 0,75 , (1-P) ίσο με 0,25 , t ίσο με 1,96 και d ίσο με 0,05 τότε προκύπτει n ίσο με 288. Εφαρμόζοντας τον τύπο (1) για P ίσο με 0,9 , (1-P) ίσο με 0,1 , t ίσο με 1,96 και d ίσο με 0,05 τότε προκύπτει n ίσο με 138. Ως n επιλέγεται το 288 για μεγαλύτερη ασφάλεια (Γκόφας, 2008β). Έτσι όμως δεν λήφθηκε υπόψη το μέγεθος του πληθυσμού. Αν ονομαστεί n_k το δείγμα που προέκυψε από τον τύπο (1), τότε μια πολύ ακριβής διόρθωση του δείγματος n προκύπτει από τον τύπο (2) (Γκόφας, 2008β):

$$n \approx \frac{n_k}{1 + (n_k \ / \ N)} \qquad (2)$$

Για N ίσο με 3831 και n_k ίσο με 288 προκύπτει το τελικό δείγμα n ίσο με 268.

Τα ερωτηματολόγια στάλθηκαν ταχυδρομικά λόγω μικρότερου κόστους συγκριτικά με μεθόδους όπως οι συνεντεύξεις, ενώ είναι πιο βιώσιμη η διεξαγωγή της έρευνας (Cohen and Manion, 1997). Μέσα στον φάκελο αποστολής συμπεριλήφθηκε ένας φάκελος με προπληρωμένα τέλη για να μην επιβαρυνθεί ο ερωτώμενος με το κόστος αποστολής των επιστρεφόμενων ερωτηματολογίων (Δαουτόπουλος, 2005). Ο Δαουτόπουλος (2005) αναφέρει ότι τα ποσοστά επιστροφής κυμαίνονται από 5-10% (πολύ χαμηλά) και φτάνουν έως το 80-90% (πολύ υψηλά). Έτσι υπήρξε προσαύξηση στον αριθμό των ερωτηματολογίων που στάλθηκαν για να επιτευχθεί το απαραίτητο μέγεθος δείγματος, διότι το ποσοστό ανταπόκρισης είναι μικρότερο του αναμενόμενου (Javeau, 1996). Τελικά στάλθηκαν 357 ερωτηματολόγια. Ο αριθμός αυτός προέκυψε διαιρώντας το υπολογισμένο μέγεθος δείγματος με το αναμενόμενο ποσοστό επιστροφής, στην περίπτωσή μας επιλέχτηκε το 75% (Renckly, 2002). Ακολούθησαν και υπενθυμίσεις στους ερωτώμενους που δεν επέστρεψαν τα ερωτηματολόγια μέσω δεύτερης ταχυδρόμησης (Δαουτόπουλος, 2005).

2.3 Περιγραφή των στατιστικών αναλύσεων

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων είναι το IBM SPSS 21. Οι αναλύσεις που επιλέχτηκαν είναι:

Περιγραφική στατιστική. Η περιγραφική στατιστική ασχολείται με μεθόδους οργάνωσης και παρουσίασης δεδομένων (Παρασκευόπουλος, 1984). Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα ποσοστά που αντιστοιχούν στις απαντήσεις των ερωτώμενων σε κάθε μία ερώτηση.

Έλεγχος αξιοπιστίας. Η αξιοπιστία αναφέρεται στην συνέπεια απόκτησης παρόμοιων αποτελεσμάτων σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και για τον έλεγχό της συνήθως χρησιμοποιείται ο συντελεστής α-Cronbach, ο οποίος κυμαίνεται από 0 έως 1 (Σιάρδος, 2004). Τιμή από 0,6 και πάνω είναι από επαρκής έως πάρα πολύ καλή (Παρταλίδου, 2005).

Παραγοντική ανάλυση. Με αυτή την ανάλυση ένα πλήθος μεταβλητών αντικαθίσταται από μια ομάδα παραγόντων. Εφαρμόζεται αν ο αριθμός των

παρατηρήσεων είναι τουλάχιστον πενταπλάσιος από τον αριθμό των μεταβλητών (Σιάρδος, 2004). Μπορεί να εφαρμοστεί σε ποσοτικές μεταβλητές και σε μεταβλητές που εκφράζουν βαθμό ικανοποίησης (Δημητριάδης, 2003). Με την ανάλυση αυτή ελέγχεται και η εγκυρότητα εννοιολογικής κατασκευής ενός ερωτηματολογίου, δηλαδή το κατά πόσο αντανακλά το νόημα της έννοιας που διατείνεται ότι μετράει (Γαλάνης, 2013).

Κατηγορική ανάλυση σε κύριες συνιστώσες. Με την τεχνική αυτή αναλύεται ομάδα μεταβλητών οι οποίες αντικαθίστανται από νέες λιγότερες μεταβλητές (συνιστώσες). Επιλέγονται οι συνιστώσες των οποίων η χαρακτηριστική ρίζα είναι μεγαλύτερη της μονάδας (Σιάρδος, 2004).

Λογιστική παλινδρόμηση. Αποτελεί ανάλυση παλινδρόμησης όπου η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διμερής. Χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της πιθανότητας P να πραγματοποιηθεί ένα γεγονός A, όπου $P(A) = e / (1 + e^Z)$, όπου Z ο γραμμικός συνδυασμός των ανεξάρτητων μεταβλητών X_1, $X_2 \ldots X_p$ κατά την σχέση $Z = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \ldots + b_pX_p$, a ο σταθερός όρος και b_1, $b_2 \ldots b_p$ οι συντελεστές παλινδρόμησης (Σιάρδος, 2005α).

3. Αποτελέσματα

3.1 Περιγραφική στατιστική

Στην ερώτηση *¨Διευκόλυνση διαχείρισης από δημιουργία δασολογίου¨* το 44,4% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 45,1% ότι συμφωνεί, το 7,1% ότι δεν έχει γνώμη, το 1,5% ότι διαφωνεί και το 1,9% ότι διαφωνεί απόλυτα.

Στην ερώτηση *¨Χρήση νέων τεχνολογιών στην διαχείριση από δασική υπηρεσία¨* το 52,2% απάντησε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 45,5% ότι συμφωνεί και το 2,2% ότι δεν έχει γνώμη.

Στην ερώτηση *¨Ανάγκη επιμόρφωσης δασοκτημόνων από δασική υπηρεσία¨* το 80,6% απάντησε ναι και το 19,4% απάντησε όχι. Όσον αφορά τους τρόπους επιμόρφωσης, με *σεμινάρια* το 20,3% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 52,1% ότι συμφωνεί, το 19,4% ότι δεν έχει γνώμη, το 6,9% ότι διαφωνεί και το 1,4% ότι διαφωνεί απόλυτα, με *προγράμματα πρακτικής άσκησης* το 37,3% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 50,2% ότι συμφωνεί, το 10,6% ότι δεν έχει γνώμη και το 1,8% ότι διαφωνεί και με *παροχή βοήθειας από την δασική υπηρεσία για ίδρυση συλλογικών οργάνων* το 15,7% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 37,8% ότι συμφωνεί, το 29,0% ότι δεν έχει γνώμη, το 16,1% ότι διαφωνεί και το 1,4% ότι διαφωνεί απόλυτα.

Στην ερώτηση *¨Συμμετοχή δασικής υπηρεσίας στις προσημάνσεις και στις υλοτομίες των μικροϊδιοκτητών¨* το 35,8% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 46,6% ότι συμφωνεί, το 11,2% ότι δεν έχει γνώμη, το 4,1% ότι διαφωνεί και το 2,2% ότι διαφωνεί απόλυτα.

Στην ερώτηση *¨Δυνατότητα άσκησης πρότυπης δασοπονίας από δασική υπηρεσία¨* το 4,9% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 6,3% ότι συμφωνεί, το 12,3% ότι δεν έχει γνώμη, το 32,8% ότι διαφωνεί και το 43,7% ότι διαφωνεί απόλυτα.

Στην ερώτηση *¨Ανάγκη αναδιοργάνωσης δασικής υπηρεσίας¨* το 95,5% απάντησε ναι και το 4,5% απάντησε όχι. Όσον αφορά τους τρόπους αναδιοργάνωσης, με *προσλήψεις δασολόγων* το 46,7% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 40,9% ότι συμφωνεί, το 8,9% ότι δεν έχει γνώμη και το 3,5% ότι διαφωνεί, με *προσλήψεις διοικητικών υπαλλήλων* το 11,7% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 35,0% ότι συμφωνεί, το 24,1% ότι δεν έχει γνώμη, το 22,6% ότι διαφωνεί και το 6,6% ότι διαφωνεί απόλυτα, με *προσλήψεις δασοφυλάκων και εργατοτεχνικών* το 24,5% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 45,9% ότι συμφωνεί, το 21,8% ότι δεν έχει

γνώμη, το 5,4% ότι διαφωνεί και το 2,3% ότι διαφωνεί απόλυτα, με *διάθεση περισσότερων κονδυλίων προς την δασική υπηρεσία* το 38,9% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 56,4% ότι συμφωνεί, το 2,7% ότι δεν έχει γνώμη και το 1,9% ότι διαφωνεί και με *αναδιάρθρωση της δασικής υπηρεσίας με δημιουργία νέου οργανισμού* το 31,9% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 42,4% ότι συμφωνεί, το 16,0% ότι δεν έχει γνώμη, το 7,0% ότι διαφωνεί και το 2,7% ότι διαφωνεί απόλυτα.

Στην ερώτηση *¨Άνάγκη παροχής κινήτρων στους ιδιοκτήτες δασών¨* το 81,7% απάντησε ναι και το 18,3% απάντησε όχι. Όσον αφορά τα είδη κινήτρων, με *χαμηλότοκα δάνεια* το 23,7% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 58,0% ότι συμφωνεί, το 13,2% ότι δεν έχει γνώμη, το 2,7% ότι διαφωνεί και το 2,3% ότι διαφωνεί απόλυτα, με *επιδοτήσεις* το 12,3% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 39,3% ότι συμφωνεί, το 16,9% ότι δεν έχει γνώμη, το 28,0% ότι διαφωνεί και το 5,5% ότι διαφωνεί απόλυτα και με *φοροαπαλλαγές* το 14,2% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 43,8% ότι συμφωνεί, το 16,0% ότι δεν έχει γνώμη, το 24,2% ότι διαφωνεί και το 1,8% ότι διαφωνεί απόλυτα.

Στην ερώτηση *¨Συνέχιση παραχώρησης δημόσιας δασικής γης¨* το 70,5% απάντησε ναι και το 29,5% απάντησε όχι.

Στην ερώτηση *¨Έξασφάλιση καλύτερης διαχείρισης μέσω συνένωσης δασικών κτημάτων μικροϊδιοκτητών¨* το 20,5% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 46,3% ότι συμφωνεί, το 29,1% ότι δεν έχει γνώμη, το 3,4% ότι διαφωνεί και το 0,7% ότι διαφωνεί απόλυτα.

Στην ερώτηση *¨Συνέπειες από την διατήρηση της κρατικής ιδιοκτησίας των δασών και από την κρατικοποίηση των ιδιωτικών¨* το 45,5% δήλωσε ότι κάτι τέτοιο οδηγεί σε πιο ορθολογική οργάνωση και διαχείριση, το 31,7% ότι έτσι διατηρούνται οι προστατευτικές επιδράσεις του δάσους και το 22,8% ότι έτσι διατηρούνται οι αισθητικές, περιβαλλοντικές και αναψυχικές αξίες του δάσους.

Στην ερώτηση *¨Τρόποι ορθολογικότερης διαχείρισης υποβαθμισμένων δασών¨* το 24,3% δήλωσε μέσω κρατικοποίησης, το 37,7% μέσω κινήτρων για εισαγωγή νέων καλλιεργειών, το 14,6% μέσω συνεταιρισμών και το 23,5% με τοποθετήσεις δασολόγων στα δασαρχεία αποκλειστικά για τα ιδιωτικά δάση.

Στην ερώτηση *¨Επίλυση ιδιοκτησιακών προβλημάτων για καλύτερη δασική διαχείριση¨* το 40,3% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 47,0% ότι συμφωνεί, το 10,8% ότι δεν έχει γνώμη, το 1,1% ότι διαφωνεί και το 0,7% ότι διαφωνεί απόλυτα.

Στην ερώτηση *¨Μεταβίβαση υπέρ ιδιωτών ή δημοσίου διακατεχόμενων δασών για καλύτερη διαχείριση¨* το 19,4% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 46,6% ότι συμφωνεί, το 22,0% ότι δεν έχει γνώμη, το 6,7% ότι διαφωνεί και το 5,2% ότι διαφωνεί απόλυτα.

Στην ερώτηση *¨Παραχώρηση υποβαθμισμένων ιδιωτικών δασών στις Σχολές Δασολογίας για καλύτερη διαχείριση¨* το 73,1% απάντησε ναι και το 26,9% απάντησε όχι, ενώ ως προς τον *τρόπο παραχώρησης* το 72,1% απάντησε ως προς την χρήση και το 27,9% απάντησε ως προς την κυριότητα.

Στην ερώτηση *¨Αξιολόγηση της αναγκαστικής αναγωγής ιδιωτικών πρεμνοφυών δασών σε ψηλά δάση ως διαχειριστικό και οικονομικό μέσο¨* το 19,4% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 46,6% ότι συμφωνεί, το 22,0% ότι δεν έχει γνώμη, το 6,7% ότι διαφωνεί και το 5,2% ότι διαφωνεί απόλυτα.

Στην ερώτηση *¨Ανάγκη για αλλαγές στην νομοθεσία που αφορά την διαχείριση των δασών¨* το 92,9% απάντησε ναι και το 7,1% απάντησε όχι. Όσον αφορά τις αλλαγές που πρέπει να γίνουν, με *ενιαίο νόμο που θα αντικαταστήσει την παλιότερη διάσπαρτη νομοθεσία* το 41,2% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 49,6% ότι συμφωνεί, το 6,4% ότι δεν έχει γνώμη, το 1,2% ότι διαφωνεί και το 1,6% ότι διαφωνεί απόλυτα, με

προσαρμογή της νομοθεσίας στις σύγχρονες ανάγκες όσον αφορά το περιβάλλον αλλά και το κόστος και την διάρκεια των διαχειριστικών σχεδίων το 41,2% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 49,6% ότι συμφωνεί, το 6,4% ότι δεν έχει γνώμη, το 1,2% ότι διαφωνεί και το 1,6% ότι διαφωνεί απόλυτα, με *συμμόρφωση της νομοθεσίας μας με την αντίστοιχη ευρωπαϊκή* το 23,6% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 42,8% ότι συμφωνεί, το 15,6% ότι δεν έχει γνώμη, το 14,0% ότι διαφωνεί και το 4,0% ότι διαφωνεί απόλυτα και με *προώθηση νομοθετικών ρυθμίσεων για την προσαρμογή της διαχείρισης και της Δασικής Πολιτικής στην κλιματική αλλαγή* το 29,6% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 56,8% ότι συμφωνεί, το 4,0% ότι δεν έχει γνώμη, το 6,4% ότι διαφωνεί και το 3,2% ότι διαφωνεί απόλυτα.

Στην ερώτηση *¨Αναδιοργάνωση των δασικών συνεταιρισμών δασοκτημόνων¨* το 22,4% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα, το 44,0% ότι συμφωνεί, το 30,6% ότι δεν έχει γνώμη και το 3,0% ότι διαφωνεί.

Στην ερώτηση *¨Ανάθεση διαχείρισης και εκμετάλλευσης των δασών σε ιδιωτικές εταιρείες¨* το 17,9% απάντησε ναι και το 82,1% απάντησε όχι.

Όσον αφορά τα ατομικά στοιχεία των ερωτώμενων, σχετικά με το *φύλλο* το 60,8% απάντησε άντρας και το 39,2% γυναίκα, σχετικά με την *ηλικία* το 36,9% απάντησε <35, το 39,6% 35-50 και το 23,5% >50, σχετικά με την *εκπαίδευση* το 53,7% απάντησε πτυχιούχος δασολόγος, το 35,8% μεταπτυχιακές σπουδές και το 10,4% διδακτορικές σπουδές, σχετικά με το *επάγγελμα* το 47,8% απάντησε δημόσιος υπάλληλος, το 16,4% ιδιωτικός υπάλληλος, το 13,1% ελεύθερος επαγγελματίας, το 7,8% φοιτητής, το 11,6% άνεργος και το 3,4% άλλο και σχετικά με το *εισόδημα* το 23,9% απάντησε <5000, το 47,0% 5000-15000, το 23,5% 15001-25000 και το 5,6% >25000.

3.2 Έλεγχος αξιοπιστίας

Ο έλεγχος αξιοπιστίας βασίστηκε σε σχετική βιβλιογραφία (Σιάρδος, 2004). Επιλέχτηκαν για αυτό τον έλεγχο οι 24 ερωτήσεις που μετρήθηκαν με την κλίμακα Likert. Προέκυψε τιμή για τον συντελεστή α-Cronbach ίση με 0,698 που είναι άκρως ικανοποιητική.

3.3 Παραγοντική ανάλυση

Το πλαίσιο ανάλυσης της συγκεκριμένης επεξεργασίας βασίστηκε σε σχετική βιβλιογραφία (Δημητριάδης, 2003). Οι ερωτήσεις που επιλέχτηκαν για αυτή την ανάλυση είναι οι 24 ερωτήσεις που μετρήθηκαν σε τακτική κλίμακα Likert. Τελικώς επιλέχτηκαν οι 21 από τις 24 γιατί έτσι προέκυψαν καλύτερα αποτελέσματα (αφαιρέθηκαν οι ερωτήσεις ¨επιμόρφωση μέσω πρακτικής¨, ¨αναγωγή πρεμνοφυών δασών σε ψηλά δάση¨ και ¨συμμόρφωση με ευρωπαϊκή νομοθεσία¨). Έγινε Quartimax περιστροφή με Kaiser κανονικοποίηση, ενώ η μέθοδος εξαγωγής ήταν η Maximum Likelihood. Ελέγχτηκε εκ νέου ο συντελεστής α-Cronbach και προέκυψε ίσος με 0,691. Η μέτρηση ΚΜΟ για την επάρκεια του δείγματος έδωσε τιμή 0,583>0,5 , ενώ ο έλεγχος σφαιρικότητας του Bartlett έδωσε τιμή 869,087 υποδηλώνοντας ότι η μήτρα συσχετίσεων δεν είναι ταυτοτική και άρα το υπόδειγμα της ανάλυσης είναι κατάλληλο. Διακρίθηκαν 9 παράγοντες με ιδιοτιμές μεγαλύτερες του 1 που εξηγούν το 70,629% της συνολικής διακύμανσης (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Ιδιοτιμές και εξηγούμενη διακύμανση

Παράγοντας	Ιδιοτιμές	% διακύμανσης	Σύνολο %
1	3,354	15,970	15,970
2	2,002	9,534	25,504
3	1,966	9,360	34,863
4	1,611	7,670	42,533
5	1,482	7,056	49,590
6	1,245	5,929	55,519
7	1,095	5,216	60,735
8	1,057	5,035	65,770
9	1,020	4,859	70,629

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα φορτία των μεταβλητών στον κάθε παράγοντα. Σύμφωνα με αυτά, οι παράγοντες ονομάζονται ως εξής: ¨Επίλυση ιδιοκτησιακού και ενεργή κρατική συμμετοχή¨, ¨Προσλήψεις δασολόγων και διάθεση κονδυλίων¨, ¨Προσαρμογή νόμων σε κλιματική αλλαγή και σύγχρονες ανάγκες διαχείρισης και διοίκησης¨, ¨Συμμετοχή δασικής υπηρεσίας μέσω σεμιναρίων και διαδικασίες αποστρογγύλωσης κτημάτων¨, ¨Δημιουργία δασολογίου και χρήση νέων τεχνολογιών¨, ¨Ψήφιση ενιαίου νόμου¨, ¨Προσλήψεις δασοφυλάκων-εργατών-διοικητικών¨, ¨Δυνατότητα άσκησης πρότυπης διαχείρισης από δασική υπηρεσία¨ και ¨Φοροαπαλλαγές και αναδιοργάνωση συνεταιρισμών¨.

Πίνακας 2. Φορτία μεταβλητών στους παράγοντες

	Παράγοντας								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Δημιουργία δασολογίου	-,088	,086	-,050	,161	,962	,019	,055	,118	-,109
Νέες τεχνολογίες	-,032	-,055	,110	-,113	,426	-,003	,018	-,188	,061
Σεμινάρια	,083	,185	,025	,718	,044	,101	,134	-,027	,028
Ίδρυση συλλογικών οργάνων	,162	,157	-,117	,321	-,032	-,022	,219	,107	,025
Κατάσταση δασικήςυπηρεσίας	,001	,049	,063	,127	-,064	,086	,023	,633	,122
Προσλήψεις δασολόγων	,044	,942	-,062	,265	,066	,028	,088	,144	,043
Προσλήψεις διοικητικών	,227	,142	,444	,106	,067	-,175	,535	,311	-,117
Προσλήψεις δασοφυλάκων εργατών	,126	,227	-,140	,119	,035	,057	,639	-,038	,155
Περισσότερα κονδύλια	,131	,625	,149	-,030	-,050	,036	,233	-,052	,193
Νέος οργανισμός	,161	,015	,625	-,161	-,015	,137	,064	,172	-,025
Χαμηλότοκα δάνεια	-,131	,003	,200	,285	-,137	,062	-,236	,159	-,006
Επιδοτήσεις	,346	,143	-,019	-,278	-,102	,145	,107	-,128	-,011
Συμμετοχή προσημάνσεις	,532	,010	-,021	,007	-,010	,004	,088	-,062	-,045
Φοροαπαλλαγές	-,025	,126	,145	,122	,052	,059	,343	,019	,578
Αποστρογγύλωση κτημάτων μικροϊδιοκτητών	,381	-,137	,251	,457	-,006	-,121	-,017	,151	-,087
Επίλυση ιδιοκτησιακών προβλημάτων	,790	,093	-,081	,070	-,004	-,032	,020	,143	-,002
Επίλυση διακατατεχόμενων δασών	,596	-,021	,166	,115	-,052	,006	-,007	,006	,195
Ενιαίος νόμος	,033	,056	,105	,038	,012	,973	-,002	,102	-,024
Προσαρμογή νόμων σε σύγχρονές ανάγκες	,355	,065	,451	,094	,141	,205	-,027	-,210	,193
Προσαρμογή σε κλιματική αλλαγή	-,173	,007	,641	,192	,048	-,070	-,144	-,069	,035
Αναδιοργάνωση συνεταιρισμών δασοκτημόνων	,246	,172	-,085	-,124	-,091	-,103	-,088	,218	,518

3.4 Κατηγορική ανάλυση σε κύριες συνιστώσες

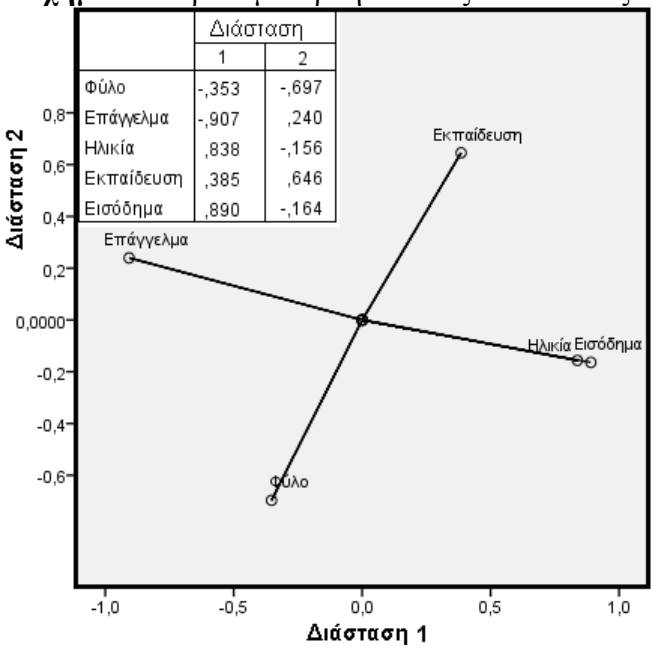
Το πλαίσιο ανάλυσης της συγκεκριμένης επεξεργασίας βασίστηκε σε σχετική βιβλιογραφία (Σιάρδος, 2004). Οι ερωτήσεις που επιλέχτηκαν είναι οι 5 ερωτήσεις που αφορούν τα ατομικά στοιχεία των ερωτώμενων. Λύση δύο διαστάσεων (συνιστωσών) έδωσε τιμές χαρακτηριστικών ριζών 2,650 και 1,318 οι οποίες δηλώνουν ότι το 53,001% της εξηγούμενης διακύμανσης εξηγείται από την πρώτη διάσταση και το 26,531% από την τρίτη, ενώ συνολικά εξηγούν το 89,532%. Ο Πίνακας 3 δείχνει τις συσχετίσεις των μετασχηματισμένων μεταβλητών.

Πίνακας 3. Συσχετίσεις μετασχηματισμένων μεταβλητών

	Φύλο	Επάγγελμα	Ηλικία	Εκπαίδευση	Εισόδημα
Φύλο	1,000	,172	-,163	-,174	-,226
Επάγγελμα	,172	1,000	-,698	-,186	-,815
Ηλικία	-,163	-,698	1,000	,238	,618
Εκπαίδευση	-,174	-,186	,238	1,000	,205
Εισόδημα	-,226	-,815	,618	,205	1,000

Οι τιμές των φορτίων των μεταβλητών στις δύο κύριες συνιστώσες δείχνουν ότι οι μεταβλητές ¨ηλικία¨ και ¨εισόδημα¨ εμφανίζουν υψηλά θετικά φορτία στην πρώτη συνιστώσα, ενώ η μεταβλητή ¨εκπαίδευση¨ εμφανίζεται με υψηλό θετικό φορτίο στην δεύτερη (Σχήμα 1). Οι μεταβλητές ¨φύλο¨ και ¨επάγγελμα¨ δεν εμφανίζονται με υψηλά θετικά φορτία καμία από τις δύο συνιστώσες.

Σχήμα 1. Φορτία μεταβλητών στις συνιστώσες



3.5 Λογιστική παλινδρόμηση

Η ανάλυση της συγκεκριμένης επεξεργασίας βασίστηκε σε σχετική βιβλιογραφία (Σιάρδος, 2005α). Οι ερωτήσεις που επιλέχτηκαν ως εξαρτημένες μεταβλητές είναι: ¨Παραχώρηση δημόσιας δασικής ιδιοκτησίας¨, ¨Παραχώρηση στις Σχολές Δασολογίας¨, και ¨Ανάθεση διαχείρισης σε ιδιώτες¨, οι οποίες μετρήθηκαν σε ονομαστική κλίμακα ¨ναι¨, ¨όχι¨. Ως ανεξάρτητες επιλέχτηκαν οι 9 παράγοντες της παραγοντικής ανάλυσης και οι 2 κύριες συνιστώσες της κατηγορικής ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες. Για κάθε εξίσωση εισήχθησαν αρχικά όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές και τελικά έμειναν μόνο αυτές που σχετίζονται σε ικανοποιητικό βαθμό με την εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή και παράλληλα ήταν και στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

α) Ϊ Παραχώρηση δημόσιας δασικής ιδιοκτησίας¨: Στο Omnibus Test για την στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου προέκυψε επιθυμητή τιμή σημαντικότητας (<0,0001). Στον έλεγχο καλής προσαρμογής των Hosmer και Lemeshow προέκυψε τιμή 0,156>0,05 που είναι επιθυμητή. Ο ψευδό-R^2 συντελεστής Nagelkerke προέκυψε ίσος με 0,453. Από όσους απάντησαν ¨ναι¨, το 90,6% προβλέφτηκε σωστά, καθώς και το 59,6% όσων απάντησαν ¨όχι¨, ενώ συνολικά υπήρξε σωστή

πρόβλεψη σε ποσοστό 81,7%, ποσοστά άκρως ικανοποιητικά. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την εξαρτημένη μεταβλητή, οι συντελεστές παλινδρόμησης και η σημαντικότητα κάθε μιας.

Πίνακας 4. Συντελεστές παλινδρόμησης και σημαντικότητα μεταβλητών 1ης εξίσωσης

Μεταβλητές	Συντελεστής	Σημαντικότητα
Προσλήψεις δασολόγων & κονδύλια	,682	,001
Ψήφιση ενιαίου νόμου	1,018	,000 (<,0001)
Προσλήψεις φυλάκων/εργατών/διοικητικών	-1,169	,000 (<,0001)
Δυνατότητα άσκησης πρότυπης διαχείρισης από δασική	-,626	,015
Σταθερός όρος	-1,304	,000 (<,0001)

β) ¨Παραχώρηση σε Σχολές Δασολογίας¨: Στο Omnibus Test για την στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου προέκυψε επιθυμητή τιμή σημαντικότητας (<0,0001). Στον έλεγχο καλής προσαρμογής των Hosmer και Lemeshow προέκυψε τιμή 0,187>0,05 που είναι επιθυμητή. Ο ψευδό-R^2 συντελεστής Nagelkerke προέκυψε ίσος με 0,471. Από όσους απάντησαν ¨ναι¨, το 96,1% προβλέφτηκε σωστά, καθώς και το 40,7% όσων απάντησαν ¨όχι¨, ενώ συνολικά υπήρξε σωστή πρόβλεψη σε ποσοστό 87,8%, ποσοστά άκρως ικανοποιητικά. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την εξαρτημένη μεταβλητή, οι συντελεστές παλινδρόμησης και η σημαντικότητα κάθε μιας.

Πίνακας 5. Συντελεστές παλινδρόμησης και σημαντικότητα μεταβλητών 2ης εξίσωσης

Μεταβλητές	Συντελεστής	Σημαντικότητα
Προσαρμογή νόμων στην κλιματική αλλαγή	1,187	,000 (<,0001)
Σεμινάρια & διαδικασίες αποστρογγύλωσης από δασική	,891	,003
Φοροαπαλλαγές & αναδιοργάνωση συνεταιρισμών	-,657	,040
Ηλικία & εισόδημα	1,107	,001
Εκπαίδευση	,759	,012
Σταθερός όρος	-2,695	,000 (<,0001)

γ) ¨Ανάθεση διαχείρισης σε ιδιώτες¨: Στο Omnibus Test για την στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου προέκυψε επιθυμητή τιμή σημαντικότητας (<0,0001). Στον έλεγχο καλής προσαρμογής των Hosmer και Lemeshow προέκυψε τιμή 0,222>0,05 που είναι επιθυμητή. Ο ψευδό-R^2 συντελεστής Nagelkerke προέκυψε ίσος με 0,445. Από όσους απάντησαν ¨ναι¨, το 43,3% προβλέφτηκε σωστά, καθώς και το 97,3% όσων απάντησαν ¨όχι¨, ενώ συνολικά υπήρξε σωστή πρόβλεψη σε ποσοστό 88,3%, ποσοστά άκρως ικανοποιητικά. Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την εξαρτημένη μεταβλητή, οι συντελεστές παλινδρόμησης και η σημαντικότητα κάθε μιας.

Πίνακας 6. Συντελεστές παλινδρόμησης και σημαντικότητα μεταβλητών 3ης εξίσωσης

Μεταβλητές	Συντελεστής	Σημαντικότητα
Προσλήψεις δασολόγων & κονδύλια	-1,311	,000 (<,0001)
Δασολόγιο & νέες τεχνολογίες	-,730	,004
Ψήφιση ενιαίου νόμου	-,581	,025
Δυνατότητα άσκησης πρότυπης διαχείρισης από δασική	1,031	,001
Ηλικία & εισόδημα	,507	,029
Σταθερός όρος	2,473	,000 (<,0001)

4. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εργασίας, προκύπτει ότι:

- Πρέπει να ολοκληρωθεί άμεσα η χαρτογράφηση δασών και δασικών εκτάσεων μέσω κατάρτισης χαρτών και δασολογίου πανελλαδικά, στο πλαίσιο ολοκλήρωσης του Εθνικού Κτηματολογίου. Επίσης είναι αναγκαία η εφαρμογή ενός μόνιμου συστήματος παρακολούθησης της κατάστασης των δασών, συνδυαστικά με την χρήση νέων τεχνολογιών.
- Κρίνεται απαραίτητη η αναδιοργάνωση της δασικής υπηρεσίας σε συνδυασμό με προσλήψεις επιστημονικού προσωπικού, διοικητικών υπαλλήλων και δασοφυλάκων. Επίσης το κράτος οφείλει να παρέχει κονδύλια αλλά και κίνητρα προς τους ιδιοκτήτες δασών για αποτελεσματικότερη δασοπονία και διαχείριση της ιδιοκτησίας τους, κυρίως μέσω χαμηλότοκων δανείων, φοροαπαλλαγών και προσεκτική παραχώρηση, σε αυτούς, δημόσιας δασικής γης.
- Απαιτείται επίλυση των προβλημάτων δασικής ιδιοκτησίας άμεσα και δίκαια, καθώς και ρύθμιση των δουλειών που βαρύνουν τα δάση και τις δασικές εκτάσεις, με ενεργή συμμετοχή των τμημάτων Δασολογίας στην διαχείριση υποβαθμισμένων ιδιωτικών δασών.
- Χρειάζεται εκσυγχρονισμός των τεχνικών προδιαγραφών εκπόνησης μελετών που αφορούν την διαχείριση αλλά και την προστασία δασών συνδυαστικά με αναμόρφωση, συμπλήρωση και κωδικοποίηση της δασικής νομοθεσίας, ιδιαίτερα στο κομμάτι που αφορά την αειφορική διαχείριση των δασών, και διασύνδεσή της με την γενικότερη περιβαλλοντική νομοθεσία.
- Απαιτούνται δραστικές νομοθετικές και θεσμικές ρυθμίσεις για την προσαρμογή των μεθόδων και των σχεδίων διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων στην κλιματική αλλαγή, βασισμένες και σε παγκόσμια πρότυπα, και φυσικά προσαρμογή σε αυτή και της γενικότερης πολιτικής σε θέματα βιώσιμης ανάπτυξης δασών και φυσικού περιβάλλοντος.
- Πρέπει να αναπτυχθεί και να προωθηθεί η ιδέα αγοράς αντισταθμισμάτων άνθρακα, ως μέσο ενίσχυσης των σχεδίων αύξησης και βελτίωσης του δασικού κεφαλαίου, τόσο στο δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα.

Βιβλιογραφία

Γαλάνης Π. (2013). Εγκυρότητα και αξιοπιστία των ερωτηματολογίων στις επιδημιολογικές μελέτες, Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής 2013, 30(1), 97-110. Διαθέσιμο στο: http://www.mednet.gr/archives/2013-1/pdf/97.pdf (Ημερομηνία πρόσβασης: 30 Μαΐου 2013).

Γκόφας Α. (2008α). Εγχειρίδιο δασοπροστασίας, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.

Γκόφας Α. (2008β). Μαθηματική στατιστική-Δειγματοληψία, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.

Cohen L. and Manion L. (1997). Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας. Εκδόσεις Έκφραση, Αθήνα.
Δαουτόπουλος Γ. (2005). Μεθοδολογία κοινωνικών ερευνών, Εκδόσεις ιδίου, Θεσσαλονίκη.
Δημητριάδης Ε. (2003). Στατιστικές εφαρμογές με SPSS, Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα.
Javeau C. (1996). Η έρευνα με ερωτηματολόγιο. Το εγχειρίδιο του καλού ερευνητή, Εκδόσεις Γιώργος Δαρδανός, Αθήνα.
Καλαπόδης Ν. (2011). Αναπροσανατολισμός της Δασικής Διαχειριστικής στην Ελλάδα. Διαθέσιμο στο: http://www.ife.uni-freiburg.de/dateien/pdf-dateien/ab-58-11-kalapodis (Ημερομηνία πρόσβασης: 15 Σεπτεμβρίου 2012).
Καραμανώλης Δ. και Καρτέρης Μ. (2004). Δασική Διαχειριστική Ι-Ποσοτικές διαδικασίες, Τμήμα Εκδόσεων Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου, Θεσσαλονίκη.
Κυριαζή Ν. (1999). Η κοινωνιολογική έρευνα. Κριτική επισκόπηση των μεθόδων και των τεχνικών, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
Κωνσταντινίδης Π. (2012). Δασικές πυρκαγιές. Στο: Διαχείριση φυσικών πόρων για την πρόληψη /αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών. Εκπαιδευτικό εγχειρίδιο (σελ. 94-157), Διαβαλκανικό Ινστιτούτο Δημόσιας Διοίκησης, Θεσσαλονίκη.
Kinnear T. and Taylor J. (1996). Marketing research: An applied approach, McGraw-Hill Companies, New York.
Μακράκης Β. (2005). Ανάλυση δεδομένων στην επιστημονική έρευνα με την χρήση του SPSS-Από την θεωρία στην πράξη, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.
Μάτης Κ. (1992). Δασική δειγματοληψία, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου, Θεσσαλονίκη.
Μάτης Κ. (2003). Δασική Βιομετρία Ι-Στατιστική, Εκδόσεις Πήγασος 2000, Θεσσαλονίκη.
Monette D.R., Sullivan T. J. and DeJong C. R. (2002). Applied Social Research, Harcourt Press, Orlando.
Ξανθόπουλος Π. (1998). Η διαχείριση των δασών και η στρατηγική της βιώσιμης ανάπτυξης (Διδακτορική Διατριβή), Πάντειο Πανεπιστήμιο/Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Αθήνα.
Παπασταύρου Α. (2006). Δασική Πολιτική. Τεύχος Α΄, Εκδόσεις Πήγασος 2000, Θεσσαλονίκη.
Παπασταύρου Α. (2008). Δασική Πολιτική (Ιδιαίτερα στην Ελλάδα). Τεύχος Β΄, Εκδόσεις Πήγασος 2000, Θεσσαλονίκη.
Παρασκευόπουλος Ι. (1984). Στοιχεία περιγραφικής και επαγωγικής στατιστικής, Εκδόσεις ιδίου, Αθήνα.
Παρταλίδου Μ. (2005). Η προτυποποίηση ως παράγοντας διαχείρισης και προώθησης του αγροτικού τουρισμού (Διδακτορική Διατριβή), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο/Τμήμα Γεωπονίας, Θεσσαλονίκη.
Renckly T. (2002). Sampling and surveying handbook. Διαθέσιμο στο: http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/edref/smpl-srv.pdf (Ημερομηνία πρόσβασης: 10 Δεκεμβρίου 2012).
Σιάρδος Γ. (2004). Μέθοδοι πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης. Με την επίλυση ασκήσεων μέσω του προγράμματος SPSS.-Μέρος πρώτο. Διερεύνηση σχέσεων μεταξύ μεταβλητών, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
Σιάρδος Γ. (2005α). Μέθοδοι πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης. Με την επίλυση ασκήσεων μέσω του προγράμματος SPSS.-Μέρος δεύτερο. Διερεύνηση εξάρτησης μεταξύ μεταβλητών, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα.
Σιάρδος Γ. (2005β). Μεθοδολογία κοινωνιολογικής έρευνας, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Ανάλυση κόστους-οφέλους για την υλοποίηση αστικών αναπλάσεων: η περίπτωση του ιστορικού κέντρου της Αθήνας

Σωτηρία Εξάρχου[1], Χρήστος Τουρκολιάς[1] & Σεβαστιανός Μοιρασγεντής[2]
[1]Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών
Εργαστήριο. Βιομηχανικής & Ενεργειακής Οικονομίας,
[2]Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης
iriaex@yahoo.gr ctourkolias@teemail.gr seba@noa.gr

Περίληψη
Η εργασία διερευνά τη σκοπιμότητα υλοποίησης αστικών αναπλάσεων μέσω της περιβαλλοντικής οικονομίας και ειδικότερα της Μεθόδου Εξαρτημένης Αξιολόγησης (CVM). Χρησιμοποιώντας το ιστορικό κέντρο της Αθήνας ως μελέτη περίπτωσης, αναλύονται συγκριτικά τα οφέλη που σχετίζονται με την υλοποίηση αστικών αναπλάσεων, και τα οποία ποσοτικοποιούνται μέσω της προθυμίας πληρωμής των κατοίκων για την υλοποίηση τέτοιου τύπου παρεμβάσεων, και των δαπανών που απαιτούνται για την υλοποίηση τους. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έρευνα πεδίου και συμπληρώθηκαν 200 κατάλληλα σχεδιασμένα ερωτηματολόγια από τους κατοίκους του 1ου Δημοτικού Διαμερίσματος της Αθήνας, μέσω προσωπικών συνεντεύξεων. Αξιολογήθηκαν δύο εναλλακτικά σενάρια αστικής ανάπλασης: το *Σενάριο 1* περιλαμβάνει την αποκατάσταση των προσόψεων 4.000 κτιρίων και την αύξηση του πρασίνου ανά κάτοικο κατά 40%, ενώ το *Σενάριο 2*, το οποίο είναι πιο φιλόδοξο, περιλαμβάνει την αποκατάσταση των προσόψεων 8.000 κτιρίων, διπλασιασμό του αστικού πρασίνου και τη δημιουργία πεζόδρομων και ποδηλατόδρομων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι η εφαρμογή των εξεταζόμενων σεναρίων ανάπλασης δημιουργεί όφελος της τάξης των 8,4 εκατομ. € για το Σενάριο 1 και 7,5 εκατομ. € για το Σενάριο 2, ενώ το κόστος υλοποίησης ανέρχεται σε 6,7 και 13 εκατομ. € για τα Σενάρια 1 και 2 αντίστοιχα. Κατά συνέπεια, η εφαρμογή του σχετικά ηπιότερου Σεναρίου 1 είναι προτιμητέα στις υφιστάμενες κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες.

Λέξεις Κλειδιά: Αστικές αναπλάσεις, ανάλυση κόστους-οφέλους, Μέθοδος Εξαρτημένης Αξιολόγησης, περιβαλλοντική οικονομία.
JEL Κωδικοί: Q50, Q51, R52, R58.

Cost-benefit analysis for the implementation of urban regenerations: a study for the historical centre of Athens, Greece

Sotiria Exarchou[1], Christos Tourkolias[1], Sevastianos Mirasgedis[2]
[1]Laboratory of Industrial & Energy Economics, School of Chemical Engineering,
National Technical University of Athens
[2]National Observatory of Athens, Institute for Environmental Research & Sustainable Development

Abstract
This paper aims at investigating the social need for urban regenerations through environmental economics and specifically the Contingent Valuation Method (CVM). Using the historical center of Athens as a case study, we have compared the benefits associated with urban regenerations and estimated through the willingness to pay of the residents for implementing such interventions and the costs for their realization. To this end, a field survey was conducted and 200 appropriately designed questionnaires were completed from the residents of the 1st Municipal District of Athens, through personal interviews. Two regeneration scenarios were evaluated, namely *Scenario 1*, which includes the restoration of the façade of 4,000 buildings and the increase of the green area per resident by 40% and *Scenario 2*, which is more ambitious and includes the restoration of the façade of 8,000 buildings, doubling the green area per resident and the creation of pedestrian street and bicycle lanes. The results of the analysis showed that the implementation of the regeneration scenarios examined create a benefit of around €8.4 millions for Scenario 1 and €7.5 millions for Scenario 2, while the implementation costs were estimated at €6.7 and €13 millions for Scenarios 1 and 2 respectively. Consequently, the implementation of Scenario 1 is preferred in the given socio-economic conditions.

Keywords: Urban regeneration; cost-benefit analysis; Contingent Valuation Method; environmental economics.
JEL Classification: Q50; Q51; R52; R58.

1. Introduction

Urbanization, concentration of economic activities and the significant residential expansion of major European cities during the 1950s and 1960s resulted in the significant deterioration of the urban environment. Increased environmental burdens, low quality of design and construction of space, contrasts of social groups within the urban fabric, environmental degradation, deterioration of quality of life, increased mortality and morbidity effects, etc., constitute spatial and social disadvantages of major cities, which in conjunction with economic rigidities (e.g., high land prices, relatively high cost services) made these cities less attractive as a location of residence or work. In recent years, urban planning is the basic instrument for addressing this type of problems through regeneration of degraded areas, regeneration and revitalization of abandoned industrial sites, restoration and enhancement of historic centers, rehabilitation of coastal areas of cities and ports, increasing the green space in the urban environment, etc.

It is widely recognized that the implementation of urban regenerations implies multiple benefits for the environment and the society and improves the quality of life for the population; on the other hand, it requires the commitment of significant financial resources, changes the habits of residents, while it is possible to cause significant nuisance when they are carried out. Therefore, investigating the feasibility of urban regenerations as well as the type and scale of interventions to be implemented in this context, are of particular importance.

This paper aims at investigating the social need for urban regenerations through environmental economics and specifically the Contingent Valuation Method (CVM). Using the historical center of Athens as a case study, we have compared the benefits associated with urban regenerations and estimated through the willingness to pay of the residents for implementing such interventions and the costs for their realization. The implementation of the method was supported by a survey of the residents of the 1st Municipal District of Athens area, through the completion of an appropriately designed questionnaire with personal interviews. The results of the survey were analyzed in order to elicit the opinion of the local people about the problems of the urban environment they live on, the selection of the urban regeneration scenario they prefer and finally their willingness to pay as a financial contribution to the implementation of the regeneration scenario they choose.

The structure of this paper is as follows: Section 2 presents a literature review of studies implementing environmental valuation techniques in land use and urban planning problems. Section 3 describes the CVM used in this paper. Section 4 focuses on the application of the method, providing information on the study area, the design of the questionnaire, the survey undertaken, the selection of the appropriate econometric models and the basic results of the analysis. Finally, in Section 5, the main findings of the study are summarized and conclusions are drawn.

2. Literature Review

Several environmental valuation techniques, namely Contingent Valuation, Conjoint Analysis and particularly Choice Experiments, Hedonic Pricing, Benefits Transfer, etc., have been used for monetizing the multiple benefits associated with urban regeneration projects. This Section reviews some characteristic case studies.

Many of the studies reviewed focus on estimating the benefits resulting from increasing the green space in the urban environment. Jim and Chen (2006) implemented the CVM for valuing the recreational opportunities and amenities provided by the urban greens spaces in Guangzhou city, south China. Aggregate

monetary value of urban green spaces attained RMB547 million per year, which outstripped Guangzhou's annual expenditures on urban greens spaces by six times. Mell et al. (2013) used also the CVM to survey preferences for street tree investments in Manchester, UK and estimate the associated willingness to pay (WTP) for their development. Analysis indicates increased WTP and a marked preference for larger and physically greener investments. Payment values ranged from £1.46 to 2.33 per month between the preferred investment option and the status quo. Caula et al. (2009) investigated public preferences toward urban green spaces, in Montpellier, France. Specifically, they analyzed willingness to contribute financially to two types of urban green spaces, how people's attitudinal and socio-economic characteristics affect this willingness, and to what extent this willingness is affected by the information that green spaces are important for avifauna conservation. Lo and Jim (2010) investigated and assessed in monetary term Hong Kong residents' recreational use of urban green spaces. The results of the analysis showed that 80% of the respondents willing to pay to recover a possible loss of urban green spaces area by 20%. It yielded a monthly average payment of HK$77.43 (approx. 9.90 USD) per household for five years.

The protection and restoration of historical and cultural monuments, buildings and areas are in many cases important elements of urban regeneration projects. For example Baez-Montenegro et al. (2012) estimated through CVM the economic value of the urban cultural heritage of Valdivia, Chile. The study indicated that residents would be willing to contribute annually 16.432 pesos (€21.6) to a non-profit foundation entrusted with restoring and preserving the commune's cultural heritage. WTP is positively related to educational qualifications and cultural habits. Poor and Smith (2004) implemented a zonal travel cost model to estimate the consumer surplus of visiting the historic St. Mary's City located in rural southern Maryland.

In a more general study, Alberini et al. (2002) implemented conjoint analysis to elicit people's preferences for urban regeneration projects that change the aesthetic and use character of urban sites. Respondents were asked to choose between two transformations of a city square in Belfast, Northern Ireland, where each transformation is described by a combination of four attributes: the height of the buildings, the proportion of open space, the split between buildings slated for residential and for retail use and the cost of the project to the respondents.

3. The Contingent Valuation Method

The CVM is utilized for the economic valuation of environmental goods and services, which are not integrated into the market mechanism (Arrow et al., 1993; Bateman et al., 2002). The monetary assessment of environmental goods and services is achieved through the development of a hypothetical market in which the potential customer is asked to complete a specialized questionnaire in order to reveal either his/her willingness to pay (WTP) for the improvement of the current state of the examined environmental good or service or his/her willingness to accept (WTA) a deterioration by receiving a compensation. The simplicity of the method and the quantification of both use and non-use values of the examined environmental goods and services are considered as the most important advantages of the method. Although several criticisms have been raised regarding the reliability of the obtained results, several organizations, such as the National Oceanic and Atmospheric Administration of the U.S., evaluated the CVM as a very effective tool for the initial economic valuation of environmental goods and services and formulated specific guidelines for the implementation of the method aiming at increasing the reliability of the findings (Arrow et al., 1993).

The main steps for the effective application of a CVM study comprise:

I. Clarification and delimitation of the valuation problem: In this initial stage the valuation problem is defined by determining the environmental features or services sought to be assessed through the implementation of the method. In addition, the affected population is specified, in order to set the basis for determining the sample on which the survey will be performed.

II. Design of the survey: In this stage decisions on the size of the sample and the profile of the respondents are made. Furthermore, the available techniques for the conduction of the survey are evaluated selecting the most appropriate on the basis of the peculiarities of each case study. The most commonly utilized techniques comprise the implementation of personal or telephone interviews, the completion of questionnaires via email or mail, etc.

III. Design of the questionnaire: A specialized questionnaire is developed consisting of the following basic parts:
(a) introductory questions identifying the priorities and perceptions of the respondent regarding the examined environmental good or service; (b) provision of information regarding the current situation of the environmental good or service in question and clarification of any changes (positive or negative) expected due to specific interventions; (c) description of the payment vehicle for the elicitation of the amount that the respondents are willing to pay in order to improve or prevent the further deterioration of the examined good or service; (d) the economic question about the amount of willingness to pay, which can be set in various formats such as open-ended question (how much are you willing to pay for the examined environmental good or service?), dichotomous choice questions, payment cards or bidding game; (e) collection of the socio-economic characteristics of the respondents.

IV. Conduction of the survey: The respondents that will be asked to complete the questionnaires are randomly chosen from the reference population by applying appropriate statistical sampling techniques according to the design of the survey.

V. Statistical analysis of the obtained results: The analysis of the obtained results is performed by utilizing various statistical techniques. The design of the economic question specifies the type of the required statistical analysis. Specifically, in open-ended questions regression analysis is preferred for correlating the willingness to pay with quantitative and/or qualitative characteristics of the respondents and their socio-economic characteristics. The average WTP is calculated combining the coefficients of the regression model and the mean values of the parameters incorporated in the previous equation as independent variables. Alternatively, it is possible to use non-parametric statistical estimation techniques in order to estimate the WTP, such as the Kaplan-Meier technique. Finally, the total value of the examined environmental good or service can be estimated by applying the calculated WTP to the reference population.

4. Results and Discussion

The implementation of the CVM method was based on the development of a specialized questionnaire consisting of three different parts. In the first part, five questions were included aiming at the examination of various social and environmental issues in the center of Athens. Special focus was given on perceptions toward urban regenerations and the potential benefits and problems, which may arise from the implementation of these interventions. The economic question was established for each examined scenario separately in the second part of the questionnaire. Totally, three scenarios were developed, namely:

- ✓ **Scenario 1**, which was the conservative scenario foreseeing the restoration of 4,000 buildings and the increase of the density of planting by 40%.
- ✓ **Scenario 2**, which was the ambitious scenario leading to the restoration of 8,000 buildings, the increase of the density of planting by 100%, the construction of pedestrian street and the creation of bicycle lanes.
- ✓ **Scenario 3**, which was the status quo scenario not involving any intervention.

The procedure for the completion of the economic question was the following: Firstly, the respondents were asked to choose whether they prefer to implement the conservative scenario of urban regenerations (Scenario 1) or to maintain the status quo scenario (Scenario 3). Then, the respondents, who selected Scenario 1, were asked if they prefer the implementation of the ambitious scenario (Scenario 2) instead of conservative scenario (Scenario 1). Finally, the respondents specified their willingness to pay for the implementation of the selected either Scenario1 or Scenario 2. Moreover, it was clarified that 75% of the implementation cost of the Scenario 1 or Scenario 2 will be undertaken by the central government, while the remaining 25% of the cost will be collected from the payments of inhabitants in the respective area for a period of three years on a quarterly basis.

Finally, in the third part of the questionnaire the demographic data of the respondents were examined.

The survey was conducted during the period 02.06.2013 - 16.07.2013 through personal interviews. Initially, the functionality of the questionnaire was checked during the pilot phase of the survey, while all the identified problems were corrected leading to the final version of the questionnaire. Totally, 200 questionnaires were collected from inhabitants of the examined area, while the representativeness of the sample was reassured fulfilling specific criteria such as the gender and the age of the participants.The examined area is located in the historical center of Athens and refers to the 1st municipal district of Athens including the regions, which are presented in Figure 1. In the examined area the inhabitants are approximately 33,000.

Figure 1: Map of the 1st Municipal district of Athens.

According to the obtained results, the participants are not satisfied with the living conditions in the city center, which are characterized as non-satisfactory or unacceptable by the 67% of the sample.

As regards the main problems confronted in the center of Athens, crime and environmental degradation was reported by 65% of the sample, while more than half of the respondents specified also the traffic congestion.

The respondents appeared to be aware of the main environmental problems in the center of Athens with the majority identifying the air pollution and the aesthetic degradation as such. It is also worth mentioning that several environmental problems identified by the participants, namely aesthetic degradation, the lack of green and open spaces, the lack of pedestrian streets and bicycle lanes, etc., could be addressed through urban regenerations (Figure 2).

The majority of the respondents (94%) stated that the urban regenerations can upgrade significantly the center of Athens, while only 6% did not support this statement. Furthermore, the respondents specified as major benefits associated with the potential urban regenerations, the improvement of the environment, the amelioration of the quality of life and the improvement of public health (Figure 3).

Figure 2: Main environmental problems identified by the residents of the center of Athens.

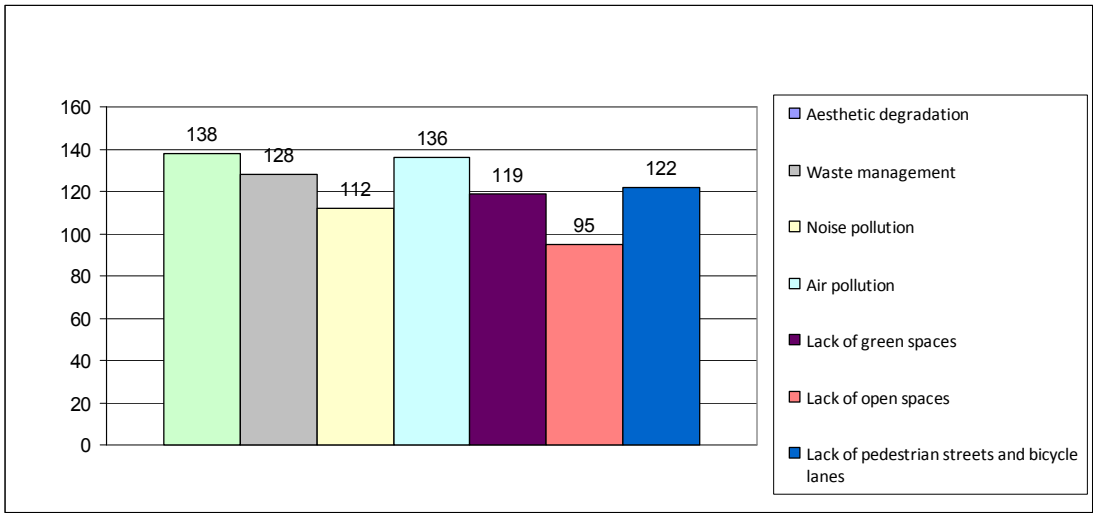
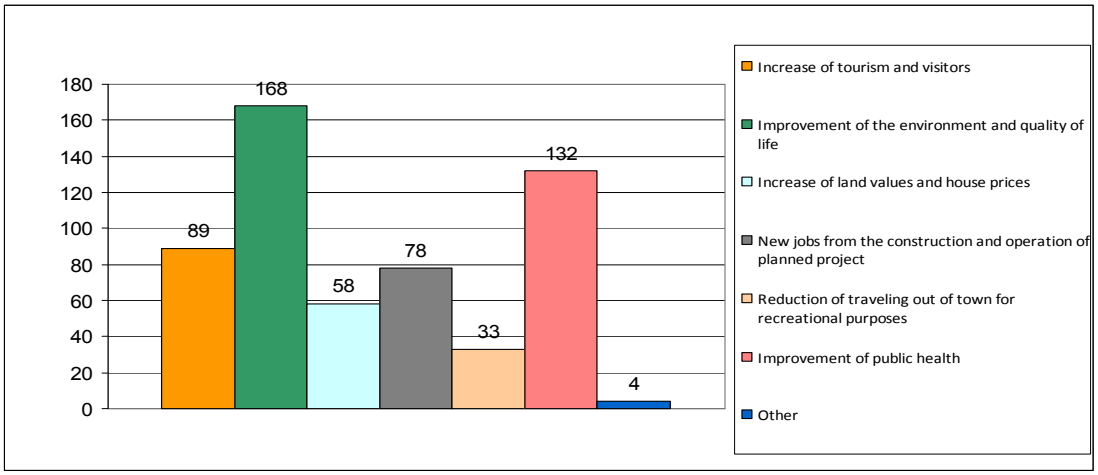


Figure 3: Benefits associated with urban regeneration interventions.

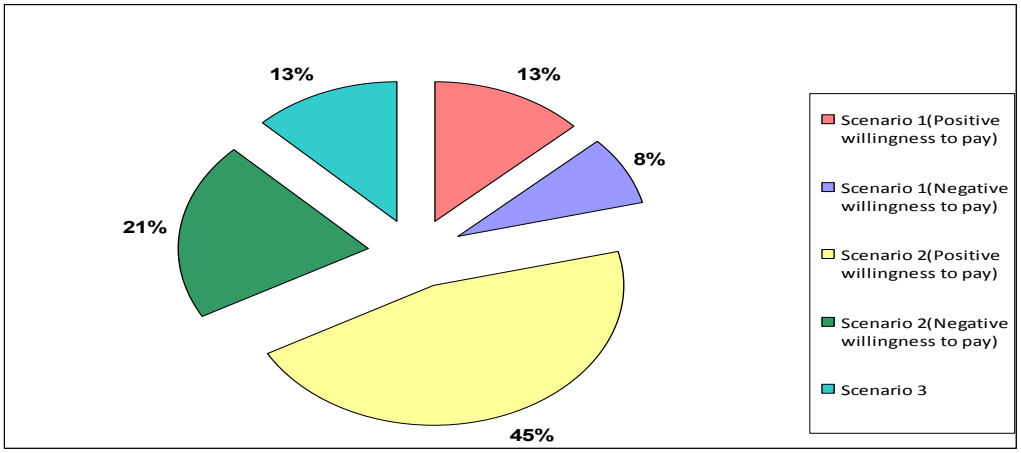


On the other hand, despite the fact that the majority of the respondents stated that no negative effects are triggered by the potential urban regenerations, a significant part of the sample identified the high construction cost of these interventions and the additional financial burden on inhabitants.

In the economic question, 87% of the respondents chose Scenario 1, while the rest of the participants (13%) preferred Scenario 3. Then, the implementation of the methodological procedure on the participants who selected Scenario 1 led finally 66% of the participants to choose Scenario 2 and the remaining 21% to insist on their initial selection preferring Scenario 1.

Figure 4 presents the allocation of the respondents on the basis of their willingness to pay for implementing one of the two examined scenarios. Specifically, 13% out of 21% of the respondents who selected Scenario 1 were willing to pay for the implementation of the hypothetical scenario, while 8% did not want to contribute financially. Correspondingly, 45% out of 66% of the respondents who selected Scenario 2 were willing to pay, while the rest 21% were unwilling for any financial aid.

Figure 4: Willingness to pay for each scenario.



7

2% of the participants, who were unwilling to pay, claimed as the main reason the fact that they have already paid enough in taxes and therefore the urban regenerations must be implemented by the central and local government without any additional burden on inhabitants. Moreover, a significant portion of the sample mentioned as major reasons the economic recession and the increased taxation on middle and low incomes.

The non-parametric statistical analysis was selected for valuing the urban regeneration interventions included in Scenario 1. Specifically, the utilization of the Kaplan-Meier estimator led to an average WTP value equal to €36.50 per household on a quarterly basis. The total economic value was calculated taking into consideration the estimated mean WTP, the necessary four payments on an annual basis for a period of 3 years, the inhabitants of the examined area (33,000) and the percentage of the participants, who were willing to pay for either Scenario 1 or Scenario 2 (58%). Therefore, the total economic value of the urban regeneration interventions included in Scenario 1 estimated at €8,383,320.

For estimating the WTP for Scenario 2 various multiple regression models were tested (parametric statistical analysis) and finally selected the one presented in Table 1. The WTP seems to be influenced by the following parameters:

- The respondents, who stated that the urban regenerations will have a positive effect on the growth of tourism and on the increase of the number of visitors, are more willing to contribute a higher amount of financial support.
- The respondents, who did not identified the waste management and the traffic congestion as the most important environmental problems, are more willing to pay.
- Men, younger people and people, who live in bigger houses, are more willing to pay for the implementation of urban regenerations.

The mean value of the WTP, as resulted by the implemented regression model, was estimated at €42.16 per household on quarterly basis. Thus, the total economic value for the Scenario 2 was estimated at €7,512,912 taking into consideration the calculated mean WTP, the necessary four payments on an annual basis for a period of 3 years, the inhabitants of the examined area (33,000) and the percentage of the participants, who were willing to pay for Scenario 2 (45%).

Table 1: The regression model selected for estimating the WTP for implementing the regeneration interventions included in Scenario 2.

Independent variable	Coding	Coefficient	p-value
Increase of tourists and visitors	1: Yes 0: No	20,74	0,02
Waste management	1: Yes 0: No	-16,17	0,10
Gender	1: Man 2: Woman	-22,84	0,01
Age	age	-0,73	0,02
Area	m^2 of the residence	0,36	0,00
Traffic	1: Yes 0: No	-17,49	0,06
Constant		82,39	0,00
Number of observations	101		
R^2	30.4%		
Adj. R^2	26.0%		

Finally, the cost-benefit analysis was conducted in order to evaluate the social viability of the urban regenerations for the two examined scenarios. To this end, the total net benefits attributed to the 2 regeneration scenarios were compared with the necessary construction costs for the implementation of the interventions included in the 2 scenarios in question. The implementation costs of Scenario 1 and Scenario 2 were amounted to €26,927,880 and €51,821,160 respectively (Table 2). Taking into account that 75% of these costs will be covered by the central Government, the costs for the conduction of the cost-benefit analysis were equal to €6,731,970 and €12,955,290 for Scenarios 1 and 2 respectively.

Table 2: Total construction costs for the 2 urban regeneration scenarios in question.

SCENARIO 1	Type of intervention	Average unit cost	Cost per intervention	SCENARIO 2	Type of intervention	Average unit cost	Cost per intervention
Green spaces	353.276 m2	30€/m2	10.598.280,00	Green spaces	504.680m2	30€/m^2	15.140.400,00
Restoration of the façade of buildings (TYPE A)	2000 buildings	3049,2€/building	6.098.400,00	Restoration of the façade of buildings (TYPE A)	4000 buildings	3049,2€/building	12.196.800,00
Restoration of the façade of buildings (TYPE B)	2000 buildings	5115,6€/building	10.231.200,00	Restoration of the façade of buildings (TYPE B)	4000 buildings	5115,6€/building	20.462.400,00
				Pedestrian streets	32.580m^2	82€/m^2	2.671.560,00
				Bicycle lanes	7.500m	180€/m	1.350.000,00
TOTAL COST(€)			26.927.880,00				51.821.160,00

Therefore, the estimated benefits for Scenario 1 significantly exceeds the investment costs and as a result the urban regenerations are socially justified (benefit-cost ratio equal to 1.25> 1). For Scenario 2 the estimated benefit-cost ratio was lower

than 1 (0.60) leading to the conclusion that the urban regenerations are not socially accepted.

5. Concluding Remarks

This paper evaluates the social need for urban regenerations, using the historical center of Athens as a case study. Specifically, the environmental and social benefits associated with urban regenerations were firstly quantified through the implementation of a Contingent Valuation study and then compared with the costs of their realization.

Two regeneration scenarios were evaluated, namely Scenario 1, which includes the restoration of the façade of 4,000 buildings and the increase of the green area per resident by 40% and Scenario 2, which is more ambitious and includes the restoration of the façade of 8,000 buildings, doubling the green area per resident and the creation of pedestrian street and bicycle lanes. The results of the analysis showed that 87% of the respondents support the implementation of any of the two regeneration scenarios; however, positive willingness to pay eventually gave the 60% of the sample. For those who choose Scenario 1, the average WTP was estimated at €36.50 per household and quarter, while for those selecting Scenario 2 the estimated average WTP increases to €42.16 per household on quarterly basis.

Based on these unit estimates, it was calculated that the implementation of the regeneration scenarios examined create a benefit of around €8.4 millions for Scenario 1 and €7.5 millions for Scenario 2, while the implementation costs for the local population were estimated at €6.7 and €13 millions for Scenarios 1 and 2 respectively. Consequently, the implementation of Scenario 1 is preferred in the given socio-economic conditions presenting a benefit-cost ratio equal to 1.25.

References

Alberini A., Riganti P., Longo A. (2002). Can people value the aesthetic and use services of urban sites? Evidence from a survey of Belfast residents. Social Science Research Network Electronic Paper Collection.

Arrow K, Solow R, Portney P.R, Leamer E.E, Radner R. and Schuman H. (1993). Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation, Federal Register 58(10), 4601-4614.

Báez-Montenegro A., Bedate A.M., Herrero L.C., Sanz J.A. (2012). Inhabitants' willingness to pay for cultural heritage: a case study in Valdivia, Chile, using Contingent Valuation. Journal of Applied Economics 15(2), 235–258

Bateman I.J., Carson R.T., Day B., Hanemann M., Hanley N., Hett T., Jones-Lee M., Loomes G., Mourato S., Ozdemiroglu E., Pearce D.W., Sugden R., Swanson J. (2002). Economic valuation with Stated Preference Techniques: a manual. Edward Elgar Publishing, UK.

Caula S., Hvenegaard G.T., Marty P. (2009). The influence of bird information, attitudes, and demographics on public preferences toward urban green spaces: The case of Montpellier, France. Urban Forestry & Urban Greening 8(2), 117–128

Jim C.Y., Wendy Y. C. (2006). Recreation–amenity use and Contingent Valuation of urban greenspaces in Guangzhou, China. Landscape and Urban Planning 75, 81–96.

Lo A.Y., Jim C.Y. (2010). Willingness of residents to pay and motives for conservation of urban green spaces in the compact city of Hong Kong. Urban Forestry & Urban Greening 9(2), 113–120.

Mell, I.C., Henneberry, J., Hehl-Lange, S., Keskin, B. (2013). Promoting urban greening: Valuing the development of green infrastructure investments in the urban core of Manchester, UK. Urban Forestry & Urban Greening, 12(3), 296–306.

Poor J., Smith J. (2004). Travel cost analysis of cultural heritage site: The case of historic St. Mary's city of Maryland. Journal of Cultural Economics 28, 217-229.

Ανάπτυξη δικτύου ποδηλατοδρόμων και συστήματος διαχείρισης-μίσθωσης κοινόχρηστων ποδηλάτων στην πόλη της Κομοτηνής

Δημήτριος Κολιδάκης[1], Αθανάσιος Γαλάνης[2], Γεώργιος Μποτζώρης[3]
[1]*Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών Δήμου Κομοτηνής,*
Πλ. Βιζυηνού 1, 69100, Κομοτηνή, Ελλάδα
[2]*Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,*
Τομέας Συγκοινωνιακής Μηχανικής, Πεδίον Άρεως, 38334, Βόλος, Ελλάδα
[3]*Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης,*
Βασ. Σοφίας 12, 67100, Ξάνθη, Ελλάδα
dkolidak@civil.duth.gr atgalanis@uth.gr gbotzori@civil.duth.gr

Περίληψη
Η χρήση του ποδηλάτου στις καθημερινές μετακινήσεις των πολιτών συμβάλλει στη μείωση των ρύπων και του θορύβου εντός των πόλεων, στην κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση, στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και τη βιώσιμη κινητικότητα, ταυτοχρόνως όμως και στη βελτίωση της υγείας των πολιτών. Στην παρούσα εργασία καταγράφονται καταρχήν οι στόχοι, τα λειτουργικά και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου ποδηλατοδρόμων στην πόλη της Κομοτηνής. Αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου ποδηλατοδρόμων και οι μελλοντικές επεκτάσεις του, από τις περιοχές εμπορικών χρήσεων που σήμερα κυρίως εξυπηρετεί προς τις περιοχές κατοικίας και αναψυχής. Παρουσιάζεται η διάταξη και η ενσωμάτωση του δικτύου ποδηλατοδρόμων στο υφιστάμενο οδικό δίκτυο, οι απαιτούμενες παρεμβάσεις στα πεζοδρόμια, οι προδιαγραφές και οι ρυθμίσεις ασφαλείας, ενώ αναλύονται και οι απαραίτητες παρεμβάσεις και υποδομές στα σημεία αλλαγής μεταφορικού μέσου για την εξυπηρέτηση κοντινών οικισμών. Τέλος, παρουσιάζονται τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των σταθμών αυτόματης διαχείρισης-μίσθωσης ποδηλατών που έχουν αναπτυχθεί στην πόλη της Κομοτηνής, μία πρωτοβουλία με ιδιαίτερη απήχηση στους πολίτες που συμπληρώνει ιδανικά το δίκτυο ποδηλατοδρόμων, αυξάνει το ποσοστό χρησιμοποίησής τους και καθιστά το ποδήλατο προσιτό και στους περιστασιακούς χρήστες.

Λέξεις Κλειδιά: Ποδηλατόδρομοι, κοινόχρηστα ποδήλατα, βιωσιμότητα, μεταφορές.
JEL Κωδικοί: R41, R48, O18, O33.

1. Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία καταγράφονται οι στόχοι ανάπτυξης καθώς και τα λειτουργικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου ποδηλατοδρόμων στην πόλη της Κομοτηνής. Αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου ποδηλατοδρόμων και οι μελλοντικές επεκτάσεις του, από τις περιοχές εμπορικών χρήσεων που εξυπηρετεί κυρίως σήμερα προς τις περιοχές κατοικίας και αναψυχής. Παρουσιάζεται η διάταξη και η ενσωμάτωση του δικτύου ποδηλατοδρόμων στο υφιστάμενο οδικό δίκτυο, οι απαιτούμενες παρεμβάσεις στα πεζοδρόμια καθώς και οι προδιαγραφές και οι ρυθμίσεις ασφαλείας. Επιπλέον, αναλύονται οι απαραίτητες παρεμβάσεις και υποδομές στα σημεία αλλαγής μεταφορικού μέσου για την εξυπηρέτηση κοντινών οικισμών. Επίσης, παρουσιάζονται τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των σταθμών αυτόματης διαχείρισης-μίσθωσης ποδηλατών που έχουν αναπτυχθεί στην

πόλη της Κομοτηνής, πρωτοβουλία που ενισχύει το προφίλ της βιώσιμης κινητικότητας της πόλης.

2. Βιβλιογραφική επισκόπηση

2.1 Οφέλη Χρήσης του Ποδηλάτου

Το ποδήλατο είναι ένα μέσο μετακίνησης το οποίο χρησιμοποιεί την ανθρώπινη ενέργεια, είναι φιλικό προς το περιβάλλον και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο αριθμό καθημερινών μετακινήσεων στο αστικό αλλά και στο προαστιακό περιβάλλον. Τα οφέλη της χρήσης του ποδηλάτου, όπως παρουσιάζονται αναλυτικότερα στις επόμενες παραγράφους, κατανέμονται σε:

- Ατομικά οφέλη: Εξοικονόμηση χρόνου, χρήματος και βελτίωση της υγείας.
- Κοινωνικά οφέλη: Μείωση της ατμοσφαιρικής και ηχητικής ρύπανσης, της κυκλοφοριακής συμφόρησης και αντιμετώπιση προβλημάτων υγείας των πολιτών (παχυσαρκία κλπ).

Τα οφέλη της χρήσης του ποδηλάτου, όπως προαναφέρθηκε, επεκτείνονται και στον τομέα της υγείας. Σύμφωνα με τους Oja et al. (1998), υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για τα οφέλη της μετακίνησης με το ποδήλατο. Οι Dunn et al. (1999) αναφέρουν ότι το ποδήλατο είναι ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους μετακίνησης για αύξηση της σωματικής άσκησης, ιδιαίτερα για τους εργαζόμενους που απασχολούνται κυρίως σε καθιστική εργασία.

Η αύξηση της χρήσης του ποδηλάτου μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της χρήσης του ΙΧ, αν επιτευχθεί κατάλληλη σύνδεση με το δίκτυο των αστικών μέσων μαζικής μεταφοράς. Ο συνδυασμός του ποδηλάτου με το λεωφορείο μπορεί να εφαρμοστεί στις ελληνικές πόλεις, ώστε να αυξήσει αφενός την ακτίνα μετακίνησης με το ποδήλατο, αφετέρου τους εν δυνάμει χρήστες των λεωφορείων, όπως προτείνει η «Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Αυτοκινητοδρόμων» (Federal Highway Administration – FHWA, 2006).

2.2 Οδική Υποδομή του Ποδηλάτου

Το ποδήλατο για να κινηθεί χρειάζεται χώρο στην οδό, κινούμενο τόσο σε αποκλειστικά δική του υποδομή όσο και μαζί με οχήματα ή πεζούς. Σύμφωνα με τους αμερικάνικους κανονισμούς, το ποδήλατο απαιτεί διατομή πλάτους 1m για να κινηθεί με ασφάλεια, επομένως θεωρείται ως ιδανική διατομή πλάτους 1.2m, ενώ για μεγαλύτερη άνεση, με προϋπόθεση τη διάθεση αντίστοιχου χώρου, προτείνεται διατομή λειτουργικού πλάτους 1.5m, (AASHTO, 1999). Η επιλογή της οδικής υποδομής του ποδηλάτου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, περιλαμβάνοντας και την ικανότητα χρήσης από τους ίδιους τους ποδηλάτες, τις κυκλοφοριακές και γεωμετρικές συνθήκες της οδού και το κόστος της οδικής υποδομής.

Οι ελληνικές προδιαγραφές για την κατασκευή ποδηλατοδρόμων αποτελούνται από το Τεύχος 2: Διατομές των Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ, 2001). Στην παράγραφο 2.3.5 αναφέρεται ότι οι ποδηλατόδρομοι με μια λωρίδα κίνησης έχουν πλάτος 1m, ενώ με δύο λωρίδες κίνησης πλάτος 2m. Οι ποδηλατόδρομοι πρέπει να κατασκευάζονται κατά κανόνα με δυο λωρίδες, ώστε να είναι δυνατή η συνάντηση αντίθετα κινούμενων ποδηλάτων και η προσπέραση. Το πλάτος του ποδηλατοδρόμου με δυο λωρίδες μονής κατεύθυνσης κίνησης μπορεί να μειωθεί σε 1.6m σε συνθήκες περιορισμένου χώρου. Ανάλογα με τη θέση του ποδηλατοδρόμου στη διατομή μιας οδού πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια, ώστε η κίνηση στον ποδηλατόδρομο να μην παρενοχλείται από τις ανοικτές πόρτες των αυτοκινήτων. Για το λόγο αυτό, σε ποδηλατοδρόμους δίπλα σε κράσπεδα είναι

απαραίτητος ένας χώρος ασφαλείας πλάτους 0.75m ως μεταβατική ζώνη μεταξύ του χώρου κυκλοφορίας και στάσης των μηχανοκίνητων οχημάτων.

2.3 Η Έννοια της «Ποδηλατικότητας» του Οδικού Δικτύου

Ένα οδικό δίκτυο για να υποστηρίξει την κίνηση του ποδηλάτου, να είναι δηλαδή «ποδηλατήσιμο», πρέπει να συμφωνεί με τα εξής χαρακτηριστικά (Eliou et al., 2009):

- *Εξυπηρετικότητα*: Η χάραξη του δικτύου ποδηλατοδρόμων πρέπει να είναι άμεση, βασισμένη στις επιθυμητές διαδρομές ποδηλατών. Οι περιπορείες πρέπει γενικά να αποφεύγονται, ενώ πρέπει επίσης να παρέχεται στην οδό πλήρης και ευκρινής οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση.
- *Προσβασιμότητα*: Το δίκτυο ποδηλατοδρόμων πρέπει να είναι συνεχές, συνδέοντας όλα τα δυνατά σημεία προέλευσης-προορισμών.
- *Ασφάλεια*: Ο σχεδιασμός του δικτύου θα πρέπει να ελαχιστοποιεί τις κυκλοφοριακές εμπλοκές με τους λοιπούς χρήστες της οδού (πεζούς, οχήματα). Δράσεις προς αυτήν την κατεύθυνση είναι η μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου και της ταχύτητας των οχημάτων στις οδούς κίνησης των ποδηλατών.
- *Άνεση*: Οι ποδηλάτες επιθυμούν ομαλά, επαρκώς συντηρημένα οδοστρώματα, σύνδεση με ράμπες σε ανισοσταθμίες της οδικής υποδομής καθώς και ήπιες κατά μήκος και εγκάρσιες κλίσεις στην οδό ώστε να κινηθούν με άνεση και ασφάλεια. Οι διαδρομές πρέπει να αποφεύγουν πολλαπλούς ελιγμούς και διακοπές. Τα μέτρα ήπιας κυκλοφορίας οφείλουν να είναι προσαρμοσμένα στους ποδηλάτες, ενώ οι ποδηλατόδρομοι και λωρίδες κίνησης των ποδηλατών πρέπει να είναι ικανοποιητικού πλάτους, σύμφωνα με τις προδιαγραφές.
- *Ελκυστικότητα*: Η αισθητική, η ηχητική και οπτική ρύπανση, ο αστικός σχεδιασμός και η ποιότητα των υλικών κατασκευής του οδικού περιβάλλοντος αποτελούν σημαντικά χαρακτηριστικά ελκυστικότητας για την επιλογή μετακίνησης με ποδήλατο σε μια διαδρομή.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες μεθοδολογίες για την αξιολόγηση της ικανότητας του οδικού δικτύου να υποστηρίξει την κίνηση του ποδηλάτη. Τα οδικά χαρακτηριστικά που εξετάζουν είναι η γεωμετρία της οδού, ο φωτισμός, η οδική και προσωπική ασφάλεια, η προσβασιμότητα σε συγκεκριμένες χρήσεις γης κ.λπ., (Landis et al., 2001; Moritz, 1998). Πολλές μεθοδολογίες εξετάζουν το επίπεδο εξυπηρέτησης της ικανότητας κίνησης των ποδηλατιστών ή παρόμοιους δείκτες. Η αξιοπιστία και εγκυρότητα των μεθοδολογιών δεν έχει ελεγχθεί επαρκώς (Moudon and Lee, 2003). Ένας μικρός αριθμός μελετών εξετάζει περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το επίπεδο άνεσης και ικανοποίησης των ποδηλατιστών (Landis et al., 1997). Τα εμπόδια στην κίνηση του ποδηλάτου περιλαμβάνουν ανεπαρκή και μη ασφαλή οδική υποδομή και κυκλοφοριακές συνθήκες στην οδό, έλλειψη εξοπλισμού στάθμευσης ποδηλάτων και μη επιθυμητές συνθήκες χρήσεων γης (Goldsmith, 1992; Litman, 2000).

Οι ερωτήσεις που αφορούν την εξήγηση της απόφασης των πολιτών να κινηθούν με το ποδήλατο σε μια διαδρομή δεν είναι δυνατόν να απαντηθούν επακριβώς (Porter et al., 1999; Schwartz and Porter, 2000). Επίσης, η πιθανή επίδραση των χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου της αστικής περιοχής και οι χρήσεις γης στην αυξομείωση του κυκλοφοριακού φόρτου των ποδηλάτων είναι δύσκολο να προσδιοριστούν (Cervero and Duncan, 2003). Ο σχεδιασμός οδικής υποδομής για τους ποδηλάτες βασίζεται συνήθως σε παρόμοιες επιτυχημένες δράσεις, λαμβάνοντας υπόψη εμπειρικά κριτήρια. Εξετάζοντας την επίπτωση των

χαρακτηριστικών του αστικού οδικού περιβάλλοντος στη συμπεριφορά της κίνησης των ποδηλατών αλλά και των υπόλοιπων χρηστών της οδού, μπορεί να μας δώσει μια πρώτη ένδειξη για την επιτυχία των δράσεων και την άσκηση μελλοντικής πολιτικής προώθησης του ποδηλάτου.

3. Περιοχή Μελέτης

3.1 Γεωγραφικά και Κοινωνικοοικονομικά Χαρακτηριστικά

Η πόλη της Κομοτηνής είναι η έδρα της διοικητικής Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Είναι η πρωτεύουσα του νομού Ροδόπης και είναι ο δεύτερος από τους τρεις νομούς της Θράκης σε έκταση. Ανατολικά του βρίσκεται ο νομός Έβρου και δυτικά ο νομός Ξάνθης. Η πόλη της Κομοτηνής μπορεί να χαρακτηριστεί ως σημαντικό εμπορικό, οικονομικό, διοικητικό και πολιτιστικό κέντρο της Βόρειας Ελλάδος. Η πόλη είναι χτισμένη σε υψόμετρο μεταξύ 32m και 38m και είναι επίπεδη με εξαίρεση τις βόρειες συνοικίες απ' όπου αρχίζουν ομαλά υψώματα για να καταλήξουν στα νότια της οροσειράς της Ροδόπης.

3.2 Πολεοδομική Θεώρηση

Η έως σήμερα διάρθρωση της πόλη της Κομοτηνής βασίζεται στη διατήρηση του παραδοσιακού οικισμού – πυρήνα, με το χαρακτηριστικό πολεοδομικό ιστό, στο κεντρικό τμήμα της πόλης, με κάποιες προεκτάσεις προς τα νότια και κυρίως τα ανατολικά – βορειοανατολικά. Στο χώρο αυτό, που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως το ευρύτερο κέντρο της Κομοτηνής, αναπτύσσονται όλες σχεδόν οι σημαντικές λειτουργίες του Δήμου. Σε ό,τι αφορά τις μεταγενέστερες επεκτάσεις, αυτές χαρακτηρίζονται από αραιότερη δόμηση και έχουν ως κύρια χρήση γης την κατοικία.

Γενικά, η περιοχή της πόλης που αναπτύσσεται περιμετρικά του κεντρικού της πυρήνα μπορεί να χαρακτηριστεί ως χώρος κατοικίας, με μικρές τάσεις δραστηριοτήτων δημόσιου και κοινωφελούς χαρακτήρα, που περιορίζονται πάντα σε επίπεδο γειτονιάς. Αντιθέτως στο κεντρικό τμήμα της πόλης παρατηρείται μία μεγάλη συγκέντρωση σημαντικών πολεοδομικών δραστηριοτήτων, με τη μορφή ενός εκτεταμένου εμπορικού κέντρου, στο οποίο αναπτύσσονται σχεδόν όλες οι υπόλοιπες βασικές χρήσεις (διοίκηση, εκπαίδευση, εμπόριο, αναψυχή). Στο εν λόγω αστικό τμήμα αναπτύσσεται το μεγαλύτερο ποσοστό των κοινωνικών, εμπορικών και οικονομικών δραστηριοτήτων της πόλης.

Η περιοχή του κέντρου χαρακτηρίζεται από την παρουσία ετερόκλητων χρήσεων γης, όπως είναι η εκπαίδευση, η ψυχαγωγία, η δημόσια διοίκηση και το εμπόριο. Σε πολλές περιπτώσεις δεν υφίσταται κάποιο σκεπτικό χωροθέτησης και πρόβλεψης των αντίστοιχων επιπτώσεων που θα δημιουργηθούν, αλλά ισχύει ως βασικό κριτήριο η διαθεσιμότητα του χώρου (οικόπεδο) τη δεδομένη χρονική στιγμή. Το σημαντικό αυτό χαρακτηριστικό της πόλης της Κομοτηνής αποτελεί επακόλουθο της έλλειψης ενός γενικού σχεδιασμού στον τρόπο ανάπτυξης των βασικών υποδομών που συνθέτουν το πολεοδομικό συγκρότημα, κυρίως σε ό,τι αφορά τον κεντρικό πυρήνα της πόλης.

Η κυκλοφοριακή εξυπηρέτηση των χρήσεων αυτών δεν έλαβε υπόψη σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες προσπελασιμότητας και τις απαιτήσεις για θέσεις στάθμευσης, με αποτέλεσμα τη σημερινή κατάσταση, όπου η εξυπηρέτησή τους παρουσιάζει έντονες δυσχέρειες και δεν είναι η πλέον επιθυμητή, φαινόμενο που παρατηρείται συχνά στις ελληνικές πόλεις μικρού και μεσαίου μεγέθους.

3.3 Οδικό Δίκτυο

Το οδικό δίκτυο του δήμου Κομοτηνής παρουσιάζει ακανόνιστο ιστό ανάπτυξης. Στον προ του 1923 οικισμό υπάρχουν ελισσόμενοι δρόμοι, πολύ συχνά πλακόστρωτοι. Στο μεγαλύτερο τμήμα του ανατολικού και βορειοανατολικού τομέα δεν έχει εφαρμοστεί το εγκεκριμένο ρυμοτομικό σχέδιο με αποτέλεσμα να παρατηρούνται οδοί με περιορισμένη κυκλοφοριακή ικανότητα (μεταβλητό πλάτος, έλλειψη ορθογωνικότητας στην μορφή του οδικού δικτύου, απουσία πεζοδρομίων, έλλειψη στοιχειώδης ορατότητας, απουσία κοινόχρηστων και κοινωφελών χώρων και γενικότερα πολεοδομικών υποδομών).

Αντίθετα στις περιοχές που η πόλη έχει επεκταθεί μεταγενέστερα του 1923 παρατηρείται ένας ορθολογικός τρόπος ανάπτυξης, στα πρότυπα των εφαρμοσμένων πολεοδομικών σχεδίων των ελληνικών πόλεων μεσαίου μεγέθους. Οι περιοχές αυτές βρίσκονται στο νότιο, στο δυτικό και στο βορειοδυτικό τμήμα του πολεοδομικού συγκροτήματος της Κομοτηνής και παρουσιάζουν μία ορθογωνική μορφή των οικοδομικών τετραγώνων και του οδικού δικτύου. Πρόκειται, επί των πλείστων, για περιοχές κατοικίας, όπου εμφανίζονται αραιά εμπορικές και άλλες χρήσεις σε επίπεδο πολεοδομικής ενότητας (γειτονιάς). Οι ειδικές χρήσεις γης έχουν χωροθετηθεί στις περιοχές επέκτασης βάσει των προβλέψεων της πολεοδομικής μελέτης, με τρόπο οργανωμένο και μεθοδικό.

Η μορφή του οδικού δικτύου στην πόλη της Κομοτηνής παρουσιάζει ένα τυπικό σχήμα ακτινωτής διαμόρφωσης των βασικών αρτηριών οι οποίες συμπληρώνονται από δίκτυο δευτερευουσών, συλλεκτήριων και τοπικών οδικών τμημάτων. Τα δίκτυα αυτά έχουν χωροθετηθεί κυρίως με βάση την υπάρχουσα πολεοδομική κατάσταση και όχι με γνώμονα έναν γενικό σχεδιασμό που προβλέπει διανοίξεις οδών και ιεράρχηση του οδικού δικτύου μέσα στον αστικό ιστό.

3.3.1 Κύριες οδικές αρτηρίες

Στον κεντρικό πυρήνα της πόλης κυριαρχούν δύο βασικές οδικές αρτηρίες, οι οποίες παραλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό των κυκλοφοριακών φόρτων του κέντρου. Πρόκειται για τη Λεωφόρο Βασιλέως Γεωργίου – Ορφέως με κατεύθυνση από ανατολικά προς τα δυτικά, η οποία έχει χωροθετηθεί κατά μήκος της διαδρομής του ποταμού Μπουκλουτζά που έχει επιχωματωθεί πριν από 4 δεκαετίες και διασχίζει την ευρύτερη περιοχή του εμπορικού κέντρου, διαχωρίζοντάς την σε δύο τομείς. Η οδός είναι αμφίδρομης κίνησης και περιλαμβάνει νησίδα διαχωρισμού κυκλοφορίας ενώ η πορεία της είναι ελικοειδής. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού είναι ικανοποιητικά για μία αστική λεωφόρο (αν εξαιρέσει κανείς την δαιδαλώδη μορφή της). Αποτελεί τον βασικό οδικό άξονα της κεντρικής περιοχής της πόλης, όπου καταλήγει η πλειοψηφία των επιμέρους οδικών τμημάτων του δικτύου του περισσότερο πολυσύχναστου τομέα της πόλης.

Συμπληρωματικά με το τμήμα της οδού Δημοκρίτου λειτουργεί η οδός Μακεδονίας, που είναι μονής κατεύθυνσης με φορά προς την έξοδο της πόλης και ξεκινά από τη συμβολή των οδών Ορφέως και Δημοκρίτου και καταλήγει στον ισόπεδο κόμβο του Ι.Κ.Α. Εξυπηρετεί ουσιαστικά τις κινήσεις εξόδου από το κέντρο της πόλης με κατεύθυνση προς τα δυτικά, που σε διαφορετική περίπτωση θα υποχρεωνόταν να διανύσουν όλο το τόξο που σχηματίζεται από την οδό Δημοκρίτου. Πρέπει να επισημανθεί η απουσία ενός αντίστοιχου οδικού τμήματος εισόδου στο κέντρο από τον κόμβο του Ι.Κ.Α., πέρα από την οδό Δημοκρίτου.

Η δεύτερη οδική αρτηρία του κέντρου είναι η οδός Νικ. Ζωίδου – Απ. Σούζου, με κατεύθυνση από δυτικά προς τα ανατολικά. Πρόκειται για μονόδρομο οδικό τμήμα που ξεκινά από το ύψος της Περιφέρειας Ανατ. Μακεδονίας και Θράκης

και φθάνει έως το Δημαρχείο. Το εν λόγω τμήμα δημιουργεί με την προαναφερόμενη οδό Ορφέως – Βασ. Γεωργίου ένα δακτύλιο (συμπεριλαμβάνοντας και την οδό Αλ. Συμεωνίδη που αποτελεί συνδετήριο κλάδο μεταξύ των συγκεκριμένων οδικών αξόνων) στην περιοχή του κέντρου, αποτελώντας μία κλειστή διαδρομή που εξυπηρετεί το μεγαλύτερο ποσοστό των εμπορικών χρήσεων γης της πόλης.

Από τον κλειστό δακτύλιο που σχηματίζεται από τις οδούς Ορφέως - Δημοκρίτου και Ζωίδου – Απ. Σούζου ξεκινούν μία σειρά κύριων αρτηριών που σχηματίζουν την ακτινική μορφή που παρουσιάζει το οδικό δίκτυο της πόλης. Οι οδοί αυτοί είναι οι εξής:

- Οδός Εθνάρχου Μακαρίου – Υψηλάντου, που αποτελεί τη βασική είσοδο της πόλης από την Ξάνθη.
- Οδός Δημάρχου Μπλέτσα – Σισμανόγλου, που αποτελεί την βασική είσοδο της πόλης από την Αλεξανδρούπολη.
- Λεωφόρος Ηρώων – Θησέως που αποτελεί τον οδικό άξονα που οδηγεί στο βόρειο τμήμα της πόλης και την είσοδο – έξοδο από και προς Νυμφαία.
- Οδός Κοσμίου, που αποτελεί την είσοδο της πόλης από την Ξυλαγανή – Μαρώνεια.

3.3.2 Δευτερεύουσες οδικές αρτηρίες

Το οδικό δίκτυο των δευτερευουσών αρτηριών λειτουργεί συμπληρωματικά με τις προαναφερόμενες κύριες αρτηρίες. Οι δευτερεύουσες αρτηρίες παρουσιάζουν μειωμένη κυκλοφοριακή ικανότητα σε σχέση με τις κύριες και εξυπηρετούν μετακινήσεις μέσου μήκους επικουρικού χαρακτήρα (σύνδεση επιμέρους περιοχών μεταξύ τους και με το κέντρο). Το δίκτυο των δευτερευουσών οδικών αξόνων μπορεί να χαρακτηριστεί λειτουργικό, αν και στις περισσότερες περιπτώσεις λειτουργεί μάλλον ως δίκτυο συλλεκτήριων οδών.

Σε ό,τι αφορά τις ακτινικές αρτηρίες εισόδου – εξόδου από την πόλη που καταλήγουν στον κλειστό δακτύλιο των οδών Ορφέως – Ζωίδου, μπορούν κυκλοφοριακά να χαρακτηριστούν ως ικανοποιητικές καθώς εξυπηρετούν, στην πλειοψηφία τους, τα κυκλοφοριακά μεγέθη που τους διατίθενται.

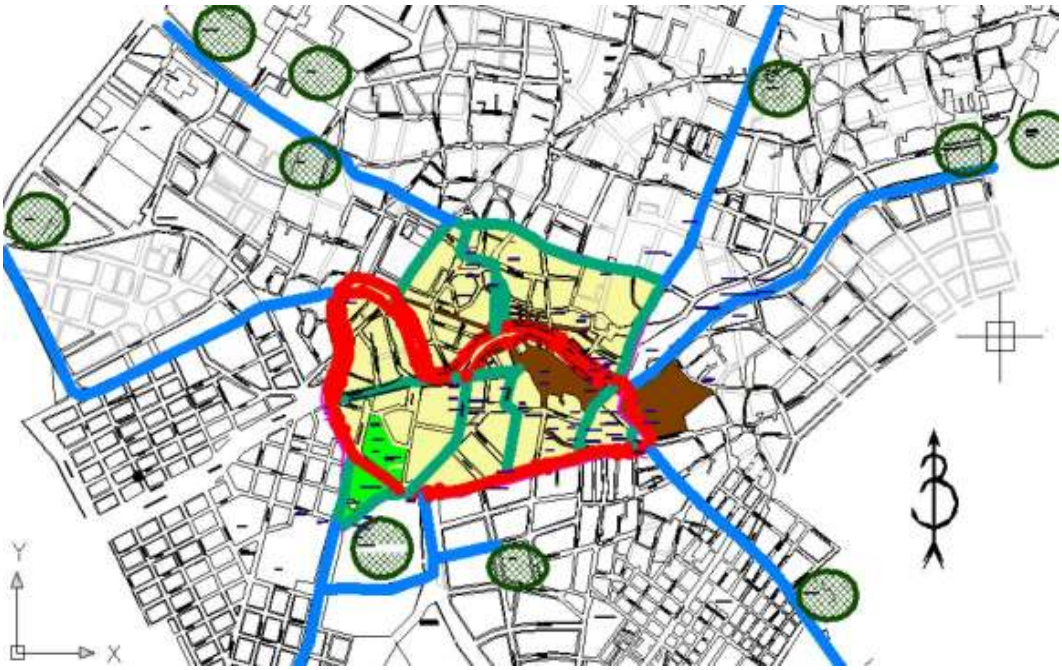
4. Δίκτυο Ποδηλατοδρόμων: Σχεδιασμός και Κατασκευή

Οι μετακινήσεις στην πόλη της Κομοτηνής διενεργούνται ως επί το πλείστον με μηχανοκίνητα οχήματα ιδιωτικής χρήσης. Η συνεχής καθημερινή ανάγκη μετακινήσεων από την μία και ο συμβατικός τρόπος μετακίνησης από την άλλη δημιουργούν την ανάγκη στους πολίτες για την παρουσία ενός εναλλακτικού τρόπου μετακίνησης που να συνάδει με τις αρχές της βιώσιμης κινητικότητας. Το ποδήλατο αποτελεί μέσο μεταφοράς κατάλληλο για κάλυψη μικρών και μεσαίων αποστάσεων, προτείνεται ως το ιδανικό μέσο για την διασύνδεση περιοχών εντός της πόλης, δεδομένου ότι είναι επίπεδη και οι αποστάσεις που έχει να διανύσει ο ποδηλάτης είναι μικρές. Ο σχεδιασμός του δικτύου ποδηλατοδρόμων βασίζεται στις αρχές και στους στόχους που διέπουν τη διαμόρφωση και την πολιτική ένταξης του ποδηλάτου στις πόλεις, καθώς και στην πολιτική βούληση του Δήμου Κομοτηνής να προωθήσει σταδιακά το ποδήλατο ως εναλλακτικό μέσο μεταφοράς, να συμβάλλει στην αλλαγή των καθημερινών συνηθειών των κατοίκων και να αναβαθμίσει, μέσω κυκλοφοριακών και πολεοδομικών παρεμβάσεων, την πόλη της Κομοτηνής έτσι ώστε να πετύχει:

- Αποκλιμάκωση των υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων,
- Δημιουργία οδικού περιβάλλοντος για την εξυπηρέτησης των μετακινήσεων των πολιτών,
- Αποθάρρυνση της χρήσης του αυτοκινήτου στο κέντρο της πόλης,
- Ανάπλαση περιοχών του κέντρου,
- Προώθηση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας,
- Διασύνδεση του κέντρου της πόλης με τις συνοικίες,
- Αναβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος.

Κύρια επιδίωξη στο σχεδιασμό είναι να αναπτυχθεί ένας κεντρικός δακτύλιος ποδηλατοδρόμων και στη συνέχεια η σταδιακή επέκταση του δικτύου, από το κέντρο της πόλης προς τις γειτονιές και περιοχές αναψυχής, όπως το άλσος της Νυμφαίας, Πανθρακικό γήπεδο κλπ. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται με κόκκινη γραμμή οι ποδηλατόδρομοι στις οδούς Ν. Ζωίδη – Απ. Σούζου, Ορφέως και Δημοκρίτου οι οποίες είναι υπό κατασκευή (σχεδόν έχουν ολοκληρωθεί). Με μπλε και πράσινη γραμμή παρουσιάζονται τα τμήματα επέκτασης του δικτύου. Ο σχεδιασμός περιορίζεται σε πρώτη φάση στην πόλη της Κομοτηνής, συνεπώς δεν γίνονται παρεμβάσεις στα σημεία αλλαγής μεταφορικού μέσου, ώστε να εξυπηρετηθούν και οι κοντινοί στην πόλη οικισμοί.

Σχήμα 1: Δίκτυο ποδηλατοδρόμων στην πόλη της Κομοτηνής.



Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο ποδηλάτης είναι ένας ιδιαίτερα ευάλωτος χρήστης της οδού που η ελάχιστη επαφή του με το αυτοκίνητο, ακόμη και με πολύ μικρές ταχύτητες, μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρό τραυματισμό, οι ποδηλατόδρομοι οι οποίοι αναπτύσσονται παράλληλα με το κανονικό οδικό δίκτυο, είτε ως μονόδρομοι είτε ως αμφίδρομοι, κατασκευάζονται ως διαπλάτυνση του υφιστάμενου πεζοδρομίου, με τη δημιουργία διαχωριστικής νησίδας ασφαλείας. Η λύση της διαπλάτυνσης του πεζοδρομίου θεωρείται ως μία εκ των βέλτιστων λύσεων, δεδομένης της κακής συμπεριφοράς του Έλληνα οδηγού, προστατεύοντας στο μέγιστο βαθμό τον ποδηλάτη από τη μηχανοκίνητη κυκλοφορία. Επιπλέον, είναι μια κατασκευή πιο "μόνιμη" σε σχέση με άλλες λύσεις και συγχρόνως είναι χρήσιμη για τους πεζούς, σε

περίπτωση μικρής ή στη χείριστη περίπτωση καθόλου χρήσης του ποδηλατοδρόμου, δεδομένου ότι στην ελληνική πόλη τα πεζοδρόμια είναι περιορισμένου πλάτους.

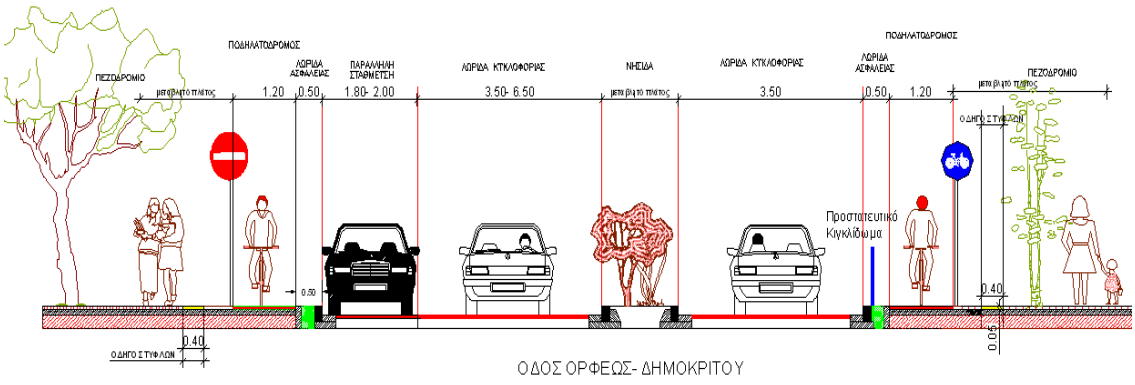
Τα γεωμετρικά μεγέθη των οδών όπου κατασκευάζεται ο κεντρικός δακτύλιος ποδηλατοδρόμων είναι μικρά, ένα σημαντικό ποσοστό του οδοστρώματος διατίθεται για στάθμευση οχημάτων (σε ορισμένες οδούς και στις δύο πλευρές του δρόμου), ενώ επιπλέον παρατηρούνται συνθήκες παράνομης στάθμευσης (διπλοπαρκάρισμα). Τα πεζοδρόμια είναι μικρά στην πλειοψηφία τους και δεν διαθέτουν το ελάχιστο απαιτούμενο πλάτος για την ασφαλή και ανεμπόδιστη διέλευση των πεζών. Με την κατασκευή του ποδηλατοδρόμου καταργείται ως επί το πλείστον η παράνομη στάθμευση και η στάθμευση στη μία από τις δύο πλευρές του δρόμου και ο χώρος αυτός διατίθεται για την κατασκευή ποδηλατοδρόμου και ικανοποιητικού πλάτους πεζοδρομίου. Επίσης, κατασκευάζονται ειδικές ράμπες για τη διευκόλυνση της κίνησης των πεζών και των ατόμων με κινητικά προβλήματα. Ειδικότερα, τα γεωμετρικά μεγέθη της χάραξης του δικτύου ποδηλατοδρόμων είναι τα εξής:

- Ο ποδηλατόδρομος κατασκευάζεται ως διαπλάτυνση του υφιστάμενου πεζοδρομίου, με τη δημιουργία διαχωριστικής νησίδας ασφαλείας.
- Το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας των οχημάτων κυμαίνεται μεταξύ 3.25m και 3.50m.
- Το πλάτος του ποδηλατοδρόμου είναι στην πλειοψηφία των περιπτώσεων αμφίδρομης κίνησης 2.50m, ενώ στην περίπτωση μονής κατεύθυνσης 1.20m.
- Η διαχωριστική νησίδα ασφαλείας, μεταξύ της λωρίδας κυκλοφορίας των οχημάτων και του ποδηλατοδρόμου, έχει κυμαινόμενο πλάτος μέχρι και 0.50m.
- Το πλάτος των οριοθετημένων θέσεων στάθμευσης κυμαίνεται μεταξύ 1.80m και 2.00m και θα διαπλατυνθούν τα πεζοδρόμια στις άκρες τους για την βελτίωση της ορατότητας και της κίνησης πεζών και εποχούμενων.
- Το πλάτος των πεζοδρομίων είναι κατ' ελάχιστο 1.50m.

Παράλληλα διαμορφώθηκαν διαπλατύνσεις των πεζοδρομίων που οριοθετούν τις θέσεις στάθμευσης προκειμένου να εξασφαλιστούν καλύτερες συνθήκες κυκλοφορίας και οδικής ασφάλειας. Για τη διαμόρφωση αυτή, ελήφθη υπόψη ως δεδομένο ότι απαγορεύεται η στάθμευση σε απόσταση 5m από τη διασταύρωση των οδών, σύμφωνα με τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας.

Για επιπλέον ασφάλεια των ποδηλατών από τα κινούμενα οχήματα, εκτός από την ειδική λωρίδα ασφαλείας, τοποθετήθηκε κάγκελο ασφαλείας κατά μήκος του ποδηλατοδρόμου, στα τμήματα όπου δεν υπάρχουν θέσεις στάθμευσης. Στο Σχήμα 2 παρατίθεται η διατομή του ποδηλατοδρόμου στην οδό Ορφέως - Δημοκρίτου.

Σχήμα 2: Διατομή ποδηλατοδρόμου στην πόλη της Κομοτηνής.



Σε κάποια τμήματα των ποδηλατοδρόμων, λόγω του περιορισμένου χώρου και συνεπώς λόγω αδυναμίας αλλαγής χάραξης, υφίστανται σε διάφορες θέσεις στον χώρο των πεζοδρομίων στάσεις γραμμών αστικών λεωφορείων, δημιουργώντας προβλήματα κατά τη διέλευση των πεζών στο συγκεκριμένο τμήμα. Για την αποφυγή των ατυχημάτων έχει προβλεφτεί η έγκαιρη ενημέρωση των ποδηλατών με οριζόντια διαγράμμιση επί του ποδηλατοδρόμου και με την αντίστοιχη πινακίδα (κατακόρυφη σήμανση) που ορίζει ο Κ.Ο.Κ. για τη στάση αστικών λεωφορείων.

Προκειμένου να διαχωρίζεται ο ποδηλατόδρομος από το υπόλοιπο πεζοδρόμιο, η επιφάνειά του έχει κατασκευαστεί με έγχρωμο σκυρόδεμα, ώστε να είναι άμεσα αντιληπτός τόσο από τους πεζούς όσο και τους ποδηλάτες.

Για την εξυπηρέτηση των ποδηλατών θα δημιουργηθούν ειδικοί χώροι στάθμευσης των ποδηλάτων σε διάφορα σημεία, τα οποία θα βρίσκονται πλησίον όλων των ειδικών χρήσεων γης και θα διευκολύνουν τους ποδηλάτες κατά τη μετακίνησή τους εντός της πόλης.

5. Αυτοματοποιημένο Σύστημα Κοινόχρηστων Ποδηλάτων

Παράλληλα με τον σχεδιασμό και κατασκευή των ποδηλατοδρόμων, ο Δήμος Κομοτηνής έχει εγκαταστήσει σταθμούς αυτόματης διαχείρισης ποδηλάτων που επιτρέπουν την αυτόματη μίσθωση ποδηλάτων, χωρίς την παρουσία προσωπικού. Πρόκειται για ένα αυτοματοποιημένο ηλεκτρονικό σύστημα που δίνει τους πολίτες την ευχέρεια να παραλάβουν και να χρησιμοποιήσουν ένα ποδήλατο για όσο χρόνο επιθυμούν, επιστρέφοντας το σε κάποιο από τα εγκατεστημένα σημεία στάθμευσης.

Το ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης ποδηλάτων επιτρέπει την προσφορά προς τους πολίτες ενός σύγχρονου μέσου που συμβάλει στη μείωση των ρύπων και του θορύβου εντός της πόλης, στην κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση, στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και στη βελτίωση της υγείας των πολιτών. Παράλληλα, με τον τρόπο αυτό θα μπορέσει το ποδήλατο να αποτελέσει ένα εναλλακτικό αξιόπιστο μέσο μετακίνησης των τουριστών κατά τη γνωριμίας τους με την πόλη και τα τοπικά αξιοθέατα.

6. Συμπεράσματα

Το ποδήλατο είναι ένα μέσο που συνδυάζει τη σωματική άσκηση, την αναψυχή και την εξυπηρέτηση αναγκών καθημερινής μετακίνησης. Προώθηση του ποδηλάτου σημαίνει παράλληλα άσκηση πολιτικής μείωσης της παρουσίας του αυτοκινήτου. Το ποδήλατο θα αναλάβει μετακινήσεις που προηγουμένως πραγματοποιούνταν με άλλα, λιγότερο βιώσιμα, μέσα μετακίνησης μεταξύ των οποίων και το αυτοκίνητο. Το ποδήλατο θα υπάρξει στην πόλη αν επικρατούν για αυτό αποδεκτές συνθήκες στο οδικό της περιβάλλον. Οι μεμονωμένες διαμορφώσεις για το ποδήλατο δεν είναι ικανές ώστε να πείσουν τον κάτοικο να το χρησιμοποιήσει ως εναλλακτικό μέσο. Η ανάπλαση της πόλης για να υποδεχθεί το ποδήλατο ως μεταφορικό μέσο, κατάλληλο για την εξυπηρέτηση των καθημερινών αναγκών μετακίνησης σημαίνει ότι παρέχεται η δυνατότητα στον ποδηλάτη να κάνει πλήρεις, ασφαλείς και άνετες μετακινήσεις στο σύνολο της πόλης.

Βιβλιογραφία

Cervero R and Duncan M. (2003). Walking, Bicycling and Urban Landscapes: Evidence from the San Francisco Bay Area, American Journal of Public Health, 93, 1478-1483.

Dunn A.L., Marcus B.H., Kampert J.B., Garcia M.E., Kohl H.W. and Blair S.N. (1999). Comparison of Lifestyle and Structured Interventions to Increase Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness: A Randomized Trail, Journal of American Medical Association, 281, 327-334.

Eliou N., Galanis A. and Proios A. (2009). Evaluation of the Bikeability of a Greek City: Case study "City of Volos", WSEAS Transactions on Environment and Development, 5(8), 545-555.

Goldsmith S.A. (1992). Reasons why Bicycling and Walking are not being used more Extensively as Travel Modes, PD-92-041, Federal Highway Administration, Washington, DC.

American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO, (1999). Guide for the Development of Bicycle Facilities, Report of the American Association of State Highway and Transportation Officials.

Moritz W.E. (1998). Adult Bicyclists in the United States: Characteristics and Riding Experience in 1996, Transportation Research Record, 1636, 1-8.

Moudon A. and Lee C. (2003). Walking and Biking: An Evaluation of Environmental Audit Instruments, American Journal of Health Promotion, 18, 21-37.

Landis B., Vattikuti V. and Brannick M. (1997). Real Time Human Perceptions: Towards a Bicycle Level of Service, Transportation Research Record, 1578, 119-196.

Landis B., Vattikuti V., Ottenberg R., McLeod D., Guttenplan M., (2001). Modelling the roadside walking environment: Pedestrian Level of Service, Transportation Research Record 1773, 81-83.

Litman T. (2000). Pedestrian and Bicycle Planning: A Guide to Best Practices, Victoria Transport Policy Institute, Victoria.

Schwartz W. and Porter C. (2000). Bicycle and Pedestrian Data: Sources, Needs and Gaps, Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, Washington, DC.

Porter C., Suhrbrier J. and Schwartz W.L. (1999). Forecasting Bicycle and Pedestrian Travel: State of the Practice and Research Needs, Transportation Research Record, 1674, 94-102.

Oja P., Vuori I. and Paronen O. (1998). Daily Walking and Cycling to Work: Their Utility as Health-enhancing Physical Activity, Patient Education and Counseling, 33, S87–S94.

Federal Highway Administration – FHWA, (2006). University Course on Bicycle and Pedestrian Transportation – Lesson 18: Bicycle and Pedestrian Connections to Transit, July 2006.

Γενικά στοιχεία για την πόλη της Κομοτηνής. Ιστοσελίδα διαθέσιμη από: http://www.kom.gr/general/

Δήμος Κομοτηνής, Κοινόχρηστα Ποδήλατα Κομοτηνής. Ιστοσελίδα διαθέσιμη από: http://komotini.easybike.gr/el/

Μελέτη Κυκλοφοριακής Ρύθμισης πόλης Κομοτηνής (2000), Δήμος Κομοτηνής.

Μελέτη Εφαρμογής Ποδηλατοδρόμων στο Δακτύλιο Εφαρμογής Κυκλοφοριακής Μελέτης της πόλης (2011), Δήμος Κομοτηνής.

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ), Τεύχος 2: Διατομές (ΟΜΟΕ-Δ), ΥΠΕΧΩΔΕ, Έκδοση 2001.

Τηλεργασία και αλλαγή των αστικών μεταφορικών συνηθειών την περίοδο της οικονομικής κρίσης: Έρευνα στην πόλη του Βόλου

Αθανάσιος Γαλάνης[1], Γεώργιος Μποτζώρης[2], Αναστάσιος Σιάπος[1] & Νικόλαος Ηλιού[1]

[1]Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

[1]Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Συγκοινωνιακών Έργων & Μεταφορών

atgalanis@uth.gr gbotzori@civil.duth.gr ansiapos@hotmail.com neliou@uth.gr

Περίληψη

Η τηλεργασία και η χρήση των υπηρεσιών του διαδικτύου μπορεί να αυξήσει την αποδοτικότητα των εργαζομένων, να μειώσει το κόστος εργασίας των επιχειρήσεων και να συμβάλλει στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Είναι πλέον σαφές ότι η οικονομική ανάπτυξη επηρεάζεται άμεσα από τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις ενός συστήματος αστικών μεταφορών. Η αύξηση της παραγωγικότητας των εργαζομένων σε συνδυασμό με την προώθηση της βιωσιμότητας ενθαρρύνουν τη χρήση νέων τεχνολογιών και την προώθηση της τηλεργασίας. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έρευνας που εξετάζει τη σχέση μεταξύ της οικονομικής κρίσης και της μεταβολής των μεταφορικών συνηθειών των πολιτών στις πόλεις με σκοπό μετακίνησης την εργασία, αλλά και της προώθησης της τηλεργασίας. Η έρευνα διεξήχθη στην πόλη του Βόλου κατά τη διάρκεια του έτους 2013 και σε αυτήν συμμετείχαν 144 πολιτών που κλήθηκαν να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο 10 ερωτήσεων με τη μορφή προσωπικών συνεντεύξεων. Τα κυριότερα ερωτήματα που τέθηκαν αφορούσαν την επιθυμία των πολιτών να μειώσουν περαιτέρω τη χρήση του ΙΧ αυτοκινήτου για μετακινήσεις με σκοπό εργασία καθώς και τη δυνατότητα αποδοτικής εργασίας από το σπίτι. Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν ενθαρρυντικά ως προς την επιθυμία των πολιτών να αυξήσουν την τηλεργασία ή να την εντάξουν στην εργασιακή τους καθημερινότητα.

Λέξεις Κλειδιά: Τηλεργασία, βιωσιμότητα, μεταφορές, οικονομική κρίση.

JEL Κωδικοί: R41, R48, O18, O33.

Teleworking and change of urban transport behavior in the era of financial crisis: Survey in the city of Volos

Athanasios Galanis[1], George Botzoris[2], Anastasios Siapos[1] & Nikolaos Eliou[1]

[1] University of Thessaly, Department of Civil Engineering,

[2] Democritus University of Thrace, Department of Civil Engineering, Section of Transportation,

Abstract

Teleworking and use of internet services can raise the employees' efficiency, reduces employers and business cost and furthermore reduces demand for travel and therefore traffic jam. Financial development is associated with the environmental and social implications of an urban transport system. Rise of employees' productivity is in compliance with promotion of sustainability, demanding the use of new technology applications and teleworking. The present paper is addressing the results of a survey that examines the relationship between the financial crisis and the change of citizens' transport behavior in the urban areas in trips with utilitarian purpose and furthermore ability to promote and accept teleworking. The survey took place in the city of Volos during the year 2013. 144 citizens participated in the survey answering a questionnaire of 10 questions with the method of personal interviews. The questions related to the reduction of private vehicle usage for utilitarian purposes and the citizens' ability to work efficiently at home. The results of our study favored the citizens' willingness to raise or integrate teleworking in their working realm.

Keywords: Teleworking; sustainability; transportation; financial crisis.

JEL Classification: R41; R48; O18; O33.

1. Introduction

Over the years, telecommuting has proven to deliver significant societal, environmental and economic benefits. Many organizations have recognized the gains as a boon to promoting sustainable business practices and their bottom lines. Furthermore, the ability to work efficiently from a post outside the traditional working space, using the state of the art technological and communication tools, reduces the need to commute, basically in urban areas. This working standard leads to less traffic flow, resulting to a more sustainable transportation profile of an urban agglomeration.

This paper is addressing the results of a survey that examines the relationship between the present financial crisis and the change of citizens' transport behavior in urban areas in trips with utilitarian purpose and furthermore ability to promote and accept teleworking. The survey took place in the city of Volos, which is a medium scale Greek city, during the year 2013. A group of 144 citizens participated in the survey answering a questionnaire of 10 questions with the method of personal interviews. The questions related to the concept of reducing private vehicle usage for utilitarian purposes and the citizens' ability to work efficiently at home. The results of our study favored the citizens' willingness to integrate or increase teleworking in their working realm, indexing a new working environment.

2. Literature Review

2.1 Teleworking and the Job Realm

Telecommuting, remote work, or telework is a work arrangement in which employees do not commute to a central place of work. A person who telecommutes is known as a "telecommuter", "teleworker", and sometimes as a "home-sourced", or "work-at-home" employee. Many telecommuters work from home, while other, sometimes called "nomad workers", use mobile telecommunications technology to work from coffee shops or other locations.

Some of the potential benefits and drawbacks of telecommuting can be explained by "Job Characteristic Theory", which proposes that the traits and tasks of the job itself affect employees' work attitudes and behavior (Oldham & Hackman, 2005). If five characteristics of a job are present (skill variety, task identity, task significance, autonomy, and feedback), then the employee in that job will experience more internal work motivation, satisfaction with personal growth opportunities, general job satisfaction and higher job performance (Hackman & Lawler, 1971).

Autonomy influences experienced responsibility such that if the job provides freedom, independence and scheduling flexibility, the individual should feel responsible for his or her work outcomes. Telework provides flexibility in scheduling and freedom because being outside the office gives the worker more choices. Telework allows employees the freedom to choose where and when they work and even what they wear to work in order to allow their best work (Gajendran and Harrison, 2007). The level of autonomy in telework felt by the employee depends on a variety of factors, including scheduling flexibility and the household size. In addition to reducing work – family conflict, conflicts with activities are also reduced. Increased and fewer time restrictions freedom allow workers to participate more in recreational activities, whether social or physical.

The job characteristic dimension, feedback, increases employees' knowledge of results. Feedback refers to the degree that an individual receives direct and clear information about his or her performance related to work activities. When a worker is not in the office, there is limited information and greater ambiguity, such in assignments and expectations. Communication personalized for individual needs is

important for feedback interactions. Electronic communication provides fewer cues for teleworkers and thus, they may have more difficulties interpreting and gaining information, and subsequently, receiving feedback (Sardeshmukh et al, 2012).

Three of the five attributes: skill variety, task identity and task significance, influence how much employees think their jobs are meaningful. Skill variety is the degree that a job requires a variety of activities and skills to complete the task. Task identity is the degree that the individual sees work from beginning to end or completes an identifiable or whole piece of work rather than only a small piece. Task significance is the degree that the individual feels his or her work as a substantial impact on the lives or work of other people within or outside of the organization. Telework may not change the job characteristics of skill variety, task identity, and task significance compared to working in an office; however, the presence of these characteristics will influence teleworkers' work outcomes and attitudes (Shamir and Salomon, 1985).

Individuals may differ in their reactions to the job characteristics in telecommuting. The personal need for accomplishment and development influences how much an individual will react to the job dimensions of telecommuting. For instance, those individuals high in Growth Need Strength will have a more positive reaction to increased autonomy and a more negative reaction to decrease feedback in telecommuting than those individuals low in Growth Need Strength (Hackman & Lawler, 1971).

2.2 Measuring Teleworking

Teleworkers as a wider definition are those who occasionally work from home, although working mostly at traditional places of work remote from their home, typically an office. This is reflected in some popular press coverage, as an example "teleworkers account for some 12% of the workforce" in London and the South East (McRae, 2006).

Some confusion arises from the fact that much teleworking takes the form of a mix of traditional workplace activity, with some days spent working at home. For more frequent teleworkers of this type, one or two days per week at home may be typical, but less frequent patterns are also found. Evidence from the interviews with organizations suggested that much of this is of an informal or "ad hoc" basis, agreed between the worker and their intermediate manager, making accurate measurement difficult even within organizations in which it is practiced. A further factor is the existence of "nomadic" workers who do not work from a fixed base, but may be highly mobile, working partly from home, and partly at places visited in the course of work, with occasional visits to the organizations' one offices.

A broad indication to measure teleworking is given in Britain by the Labour Force Survey (LFS) reports. It found that 2.6% of workers worked mainly from home, 7.5% worked from home at least once a weak and 23% sometimes worked from home. Of the group working from home, 80% used computers and telephones in their work (Halford, 2005).

Analysis of the 2002-2004 data from the National Travel Survey (NTS) in Britain gave a similar picture, with 3.1% working at home or within the same building, and 96.9% usually working at another location away from home. However, a substantial proportion, 19.9% of the labour force, worked at "different places away from home" rather than the same place every day (White and Christodoulou, 2007).

2.3 Benefits and Costs of Teleworking

The most obvious benefit from teleworking is reduced home to work travel. For the employee, this will provide benefits through reduced time spent in travel, and savings in fuel costs, public transport fares etc. Additional benefits, although harder to measure, may come from reduced stress associated with commuting, the ability to work uninterrupted at home, and the ability to deal with household tasks during the working week. For the employer, reduced travel time and cost may provide indirect benefits through higher productivity during hours worked, and also the possibility of more hours being worked per day where travel time is replaced by work time.

Against this, the individual worker may experience some feelings of isolation and possible loss of status in the workplace. Additional costs may be incurred in lighting and heating of the home, and provision of office space. The employer may lose the ability to control the quality of work being undertaken, and there may be a loss of the benefits of interaction between workers. Data security may also be an issue, although in most cases organisation interviews indicated that it may be overcome with appropriate software.

Except from gains and losses experienced by workers and employers, there may be wider external effects, notably through reduced home to work commuting, with consequent reduction in traffic congestion and pollution. The existing literature provides a wide range of estimates for the net reduction in weekly travel. Studies from the USA indicate reductions in car mileage of between 48% and 77% on teleworking days, with a reduction of between 9% and 11% over the week as a whole when traditional working days are also included (Balepur et al, 1998; Koenig et al, 1996; Jensen et al, 2003).

There may be some offsetting effects when additional journeys undertaken from home on teleworking days are included. However, these tend to be relatively short, so that a substantial net reduction is still observed. A study in United Kingdom quoted by Hopkinson and James (2003) found a reduction in commuting distance of 61 miles (98 km) a week on average for those who took up teleworking. An additional weekly total of 16 miles (26 km) on other trips still produced a net reduction of 45 miles (72 km) per week. Geragthy and Fogarty, as cited in Cairns et al (2004) found through a sample of internet users that average mileage saved per day was 16.3 miles, partly offset by additional non-work related car journeys of 4 miles, a net saving of 12.3 miles (19.8 km) per day.

A qualification in the use of such studies is that relatively high levels of car mileage are often reported in the pre-teleworking stage, and hence also in the net savings produced. This may be partly a function of the higher income and status of those engaged in teleworking, which in turn tends to be associated with longer home to work commuting trips than the national average.

Translated into nationwide terms, the net savings in car mileage are much less, due to the small proportion of the total working days covered through teleworking, estimated from the USA giving 0.8% (Choo et al, 2005) and 1% (Mokhtarian, 1998).

3. Methods and Data

The survey took place in the city of Volos which is a medium scale city in Greece during the year 2013. More than 300 citizens were asked to participate in our survey answering a questionnaire of 10 questions through personal interviews. Our target group was selected from employees able to telework so our database was finalized to 144 participants. The interviews took place in the original working place of the employees or in selected spots in the central urban district of the city.

In Table 1, we present the demographic data of our sample. Referring to the age of our sample, 45.1% of the participants were 18 to 25 years old and 23% were 26 to 35 years old. Our target was mainly young employees able to use the modern technology in order to telework. Referring to their sex, 57.1% were men and 42.9% women – this was a random sample. Concerning their profession, scholars (34%) and private employees (16.5%) are teleworking the most. Furthermore, 20.9% are unemployed citizens, close to the official rates of unemployment, who are able to telework and due to that fact we decided to use them in our study. The 85% of our sample were educated citizens, as they finished highschool (43.8%) and university (40.8%). These data indicated that there is a clear connection between level of education and teleworking.

Table 1: Questions 1 to 4 (Demographic Data).

Q1: Age		Q3: Profession		Q4: Education	
<18	6.3%	Public servant	11.7%	Primary school	10.0%
18-25	45.1%	Private employee	16.5%	Secondary school	5.4%
26-35	23.0%	Self-occupant	8.4%	High school	43.8%
36-45	11.2%	Scholar	34.0%	University	40.8%
46-55	6.6%	Student	6.7%	Q2: Sex	
>55	7.8%	Unemployed	20.9%	Man	57.1%
Sample	**144**	Workless	1.8%	Woman	42.9%

4. Results

In Table 2, we present the results of the questions 5 to 7 relating to the participants ability to telework at home. In question 5, they answered that they can work efficiently (14.6%) or very efficiently (39.6%) at home using technological and communication equipment, (Figure 1). In question 6, the 66.7% answered that can work as efficiently as in their office or normal place. In question 7, they stated which equipment they use the most in order to telework. The internet connection (99.6%) and use of email (93.1%) is necessary for almost all the employees. They also use frequently mobile applications (54.9%), Skype (36.1%), cloud services (12.5%) and social media (11.8%), (Figure 2). These technological tools and mobile application demand the investment on relative equipment, upgrading the productivity level of the employees and the financial balance of their companies or corporations. This is the main difference between the present and the past generations in the job realm.

In Table 3, we present the results of the questions 8 to 10 relating to the participants impact of financial crisis on teleworking. The 78.8% of the participants stated that due to the financial crisis they consider reducing further their daily urban trips using their private vehicles. Furthermore, the 81.3% stated that they consider working more at home, reducing their business trips. Transport cost (47.9%) is the main reason for that fact, due to the present financial crisis and income reduction. Travel time (10.4%), convenience (16.7%) and accessibility (14.6%) are the complementary reasons for their change of travel behaviour. Due to the previous answers there is a clear statement regarding the benefits of teleworking in order to reduce transport cost for business trips (Figure 3). This fact can support the opinion that financial crisis raises efforts to reduce working cost and enhance productivity, in compliance with promotion of education in state of the art methods and technological equipment.

Table 2: Questions 5 to 7 (Ability to telework at home).

Q5: Can you work at home using technological and communication equipment?	Totally inadequately	6.3%
	Inadequately	16.7%
	Moderately	22.9%
	Efficiently	14.6%
	Very efficiently	39.5%
Q6: Can you work at home as efficiently as in your office or normal working place?	Yes	66.7%
	No	33.3%
Q7: Which of the following software do you use to work at home? (Multiple answers available)	Internet	99.6%
	E-mail	93.1%
	Social Media	11.8%
	Cloud	12.5%
	Skype	36.1%
	Mobile apps	54.9%

Figure 1: Question 5 – Efficiency of teleworking by using technological and communication equipment.

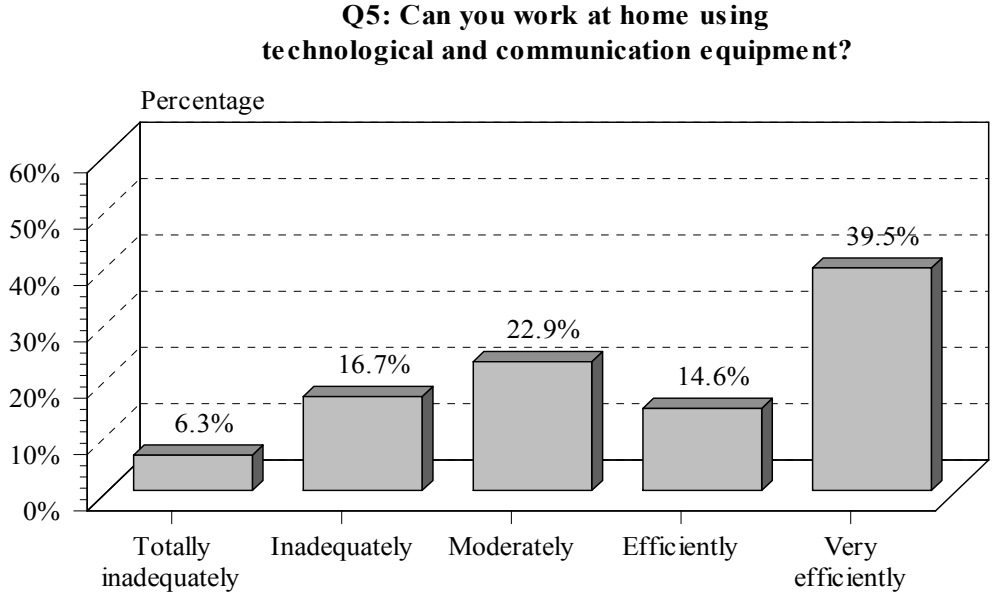


Figure 2: Question 7 –Selected software applications for teleworking by home.

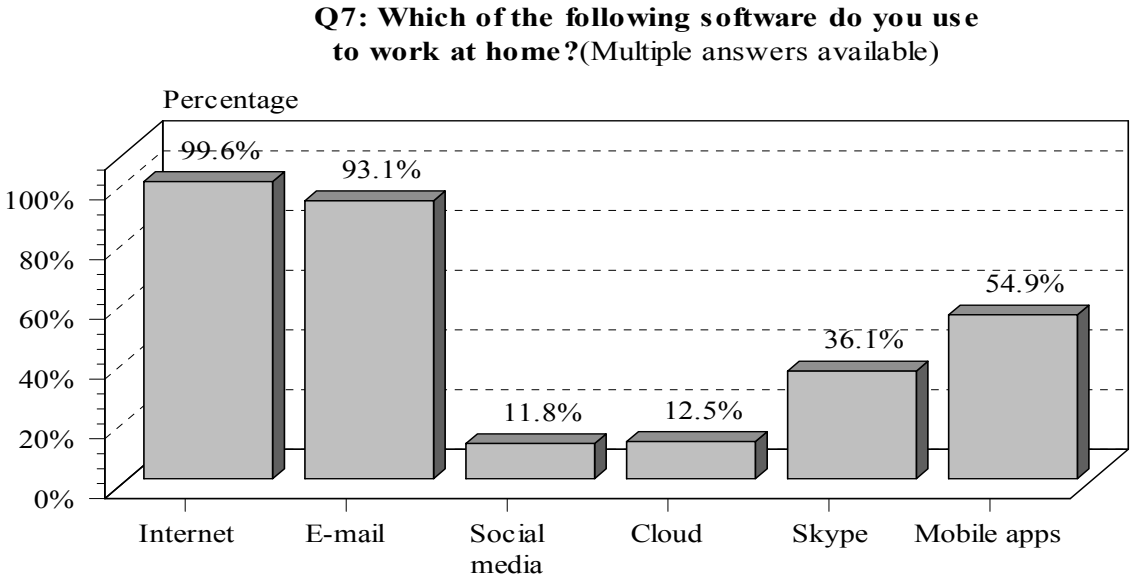
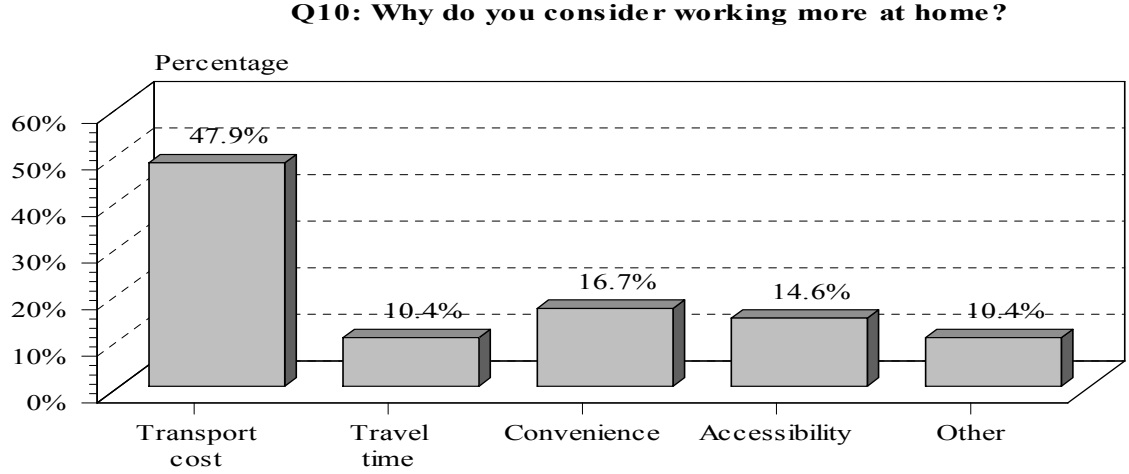


Table 3: Questions 8 to 10 (Transportation impact of financial crisis on teleworking)

Q8: Due to the financial crisis, do you consider reducing further your daily urban trips using your private vehicle?	Yes	78.8%
	No	21.2%
Q9: Due to the financial crisis, do you consider working more at home, reducing your business trips?	Yes	81.3%
	No	18.8%
Q10: Why do you consider working more at home?	Transport cost	47.9%
	Travel time	10.4%
	Convenience	16.7%
	Accessibility	14.6%
	Other	10.4%

Figure 3: Question 10 – Benefits of teleworking at home.



5. Conclusions

Teleworking is the uprising type of working relationship in the modern urban realm, characterized from freelancing and use of state of the art technological tools and communication equipment. Some of the general benefits and losses for the employees of teleworking at home are the following:

- Teleworkers enjoy the benefits of reduced transport cost and travel time, and the convenience of their home environment supporting simultaneously their household needs.
- Teleworkers do not socialize with other employees, receive personal feedback from their supervisors, or perform real time working policy and decisions in their job environment, and thus they become more expendable for the company.

Regarding our study implemented in the city of Volos in Greece, the main conclusions are the following:

- The participants can work efficiently at home in a good or very good level, using technological and communication equipment (54%).
- The participants can work at home as efficiently as in their office (67%).
- Internet and emails use are the main tools in order to telework (~95%).
- The participants are willing to reduce further their daily urban utilitarian trips mainly due to the present financial crisis (~80%).
- The participants consider that transport cost is the main reason to promote teleworking in their urban business trips realm.

Teleworking is an important asset in the hands of urban transport planners and stakeholders, useful to reduce traffic volumes and their external cost, mainly during peak traffic hours. This can be an index regarding the sustainable profile of the city in the framework of sustainable traffic management. Furthermore is a toolbox to decrease unemployment and increase productivity of employees and the Gross Domestic Product (GDP) of an urban area, especially in the era of financial crisis.

References

Oldham, G.R., Hackman, J.R. (2005). How job characteristics theory happened. In The Oxford handbook of management theory: The process of theory development, 151-170.

Hackman, J.R., Lawler, E.E. (1971). Employee reactions to job characteristics. Journal of Applied Psychology, 55 (3), 259-286.

Gajendran, R.S., Harrison, D.A. (2007). The good, the bad and the unknown about telecommuting: Analysis of psychological mediators and individual consequences. Journal of Applied Psychology, 92 (6), 1524 – 1541.

Sardeshmukh, S.R., Sharma, D. and Golden, T. (2012). Impact of telework on exhaustion and job engagement: A job demands and resources model. New Technology, Work and Employment, 27 (3), 193 – 207.

Shamir, B., Salomon, I. (1985). Work-at-home and the quality of working life. Academy of Management Review, 10 (3), 455-464.

McRae, H. (2006). Now the broadband revolution is almost complete, who will it change our lives? The Independent, 24 August 2006, 41.

Halford, S. (2005). Hybrid workplace: re-spatialisations of work, organisation and management. New Technology, Work and Employment, 20, 19-33.

White, P., Christodoulou, G. (2007). The role of teleworking in Britain: its implications for the transport system and economic evaluation. Association for European Transport, 2007.

Balepur, P.N., Varma, K.V. and Mokhtarian, P. K. (1998). The transportation impacts of centre-based telecommuting: interim findings from the neighborhood telecenters projects. Transportation, 25, 287-306.

Koenig, B. E., Henderson, D.K. and Mokhtarian, P.L. (1996). The travel and emissions impacts of telecommuting for the state of California telecommuting pilot project. Transportation Research Part C, 4, 13-32.

Jensen, L.M., Jensen-Butler, C., Madsen, B., Millard, J. and Schmidt, L. (2003). A web-based study of the propensity to telework, based on socio-economic, work organisation and spatial factors. Proceedings of the TRIP research conference, Hillereod, Denmark.

Hopkinson, P. and James, P. (2003). UK report on national SUSTEL fieldwork.

Cairns, S., Sloman, L., Newson, C., Anable, J., Kirkbridge, A. and Goodwin, P. (2004). Smarter Choices – Changing the way we travel. Department for Transport.

Choo, S., Mokhtarian, P.L. and Salomon, I. (2005). Does telecommuting reduce vehicle-miles travelled? An aggregate time series analysis for the US. Transportation, 32, 37-64.

Mokhtarian, P.L. (1998). A synthetic approach to estimating the impacts of telecommuting on travel. Urban Studies, 35 (2), 215-241.

Συμμετέχοντες Φορείς – ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ	
1	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Εργαστήριο Φυσιολογίας Ζώων, Τμήμα Βιολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών
2	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Πολιτικής
3	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστική και Τηλεπισκόπησης,
4	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Οικονομικής
5	Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών
6	Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης
7	Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
8	Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Οικονομικά Επιχειρήσεων και Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας
9	Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
10	Δήμος Θεσσαλονίκης, Διεύθυνση Αστικού Σχεδιασμού & Αρχιτεκτονικών Μελετών, Τμήμα Ενεργειακού & Βιοκλιματικού Σχεδιασμού
11	Δήμος Κομοτηνής, Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών
12	Διεθνές Ελληνικό Πανεπιστήμιο
13	Διεθνής Επιτροπή Όζοντος
14	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης
15	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης
16	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής
17	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών Εργαστήριο Βιομηχανικής & Ενεργειακής Οικονομίας,
18	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας
19	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Κοινωνικών Επιστημών
20	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Διεύθυνση ΑΠΕ, Τμήμα Γεωθερμικής Ενέργειας
21	Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Οικονομικών Σπουδών
22	Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Στατιστικής
23	Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Τμήμα Περιβάλλοντος
24	Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας

25	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Εργαστήριο Επιχειρησιακών Ερευνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών
26	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών
27	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Εργαστήριο Οδοποιίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
28	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος
29	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης
30	Πανεπιστήμιο Μακεδονίας Τμήμα Οικονομικών Επιστημών
31	Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών
32	Πάντειο Πανεπιστήμιο, Ινστιτούτο Αστικού Περιβάλλοντος και Ανθρώπινου Δυναμικού, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης
33	Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος
34	ΣΥΣΤΑΔΑ, Συστήματα Ανάπτυξης Δασών και Περιβάλλοντος Ο.Ε.
35	ΤΕΙ Ιονίων Νήσων, Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας
36	ΤΕΙ Κεντρικής Ελλάδας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
37	Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας, Τμήμα Πληροφορικής
38	Τεχνολογικό Ίδρυμα Κεντρικής Ελλάδας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
39	Υλωρική Ε.Ε
40	Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών
41	Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Σχολή Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας & Εφαρμοσμένων Οικονομικών, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Βιώσιμης Ανάπτυξης
42	Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Σχολή Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας & Εφαρμοσμένων Οικονομικών, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας
43	Environmental, Social and Governance Office, Allianz Climate Solutions
44	Faculty of Social Sciences, Department of Geography, Open University,
45	KOF Swiss Economic Institute
46	London School of Economics
47	SOAS, University of London, UK
48	SOLE ABEE, Βιομηχανία Ηλιακών Συσκευών
49	Team for Integrated Energy & Environmental Research Studies (TIERS), Southwestern University of Finance and Economics, China;
50	University of Surrey, Surrey Energy Economics Centre

Συμμετέχοντες Ακαδημαϊκοί - Ερευνητές		
Α/Α	**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ**	**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ/ΦΟΡΕΑΣ**
1	Αρβανιτίδης Πασχάλης	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
2	Αστερίου Δημήτριος	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
3	Βάσσιος Δημήτριος	Δήμος Θεσσαλονίκης
4	Γαγλίας Απόστολος	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
5	Γαλάνη Γεωργία	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
6	Γαλάνης Αθανάσιος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
7	Γεωργούδης Γεώργιος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
8	Γιαννακόπουλος Αθανάσιος	Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
9	Γκίκας Πέτρος	ΤΕΙ Κεντρικής Ελλάδας
10	Εξάρχου Σωτηρία	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
11	Ευαγγελινός Κων/νος	Πανεπιστήμιο Αιγαίου
12	Ζαρίκας Βασίλειος	ΤΕΙ Κεντρικής Ελλάδας
13	Ζέρβας Ευθύμιος	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
14	Ζερεφός Χρήστος	Διεθνής Επιτροπή Όζοντος
15	Ηλιού Νικόλαος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
16	Καΐκα Δήμητρα	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
17	Καλημέρης Παναγιώτης	Πάντειο Πανεπιστήμιο
18	Καλτσάς Ιωάννης	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
19	Καραμανώλης Δημήτριος	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
20	Καρατζόγλου Βενιαμίν	Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
21	Καραχρήστος Χρήστος	Υλωρική Ε.Ε.
22	Καργιώτης Νικόλαος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
23	Καρύτσας Σπυρίδων	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
24	Κατρακυλίδης Κων/νος	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
25	Κεβόρκ Ηλίας	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
26	Κίτσος Χρήστος	Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας
27	Κολιδάκης Δημήτριος	Δήμος Κομοτηνής
28	Κόλλιας Χρήστος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
29	Κουνετάς Κωνσταντίνος	Πανεπιστήμιο Πατρών
30	Κουντούρη Φοίβη	Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
31	Κουραντίδου Μελίνα	ΣΥΣΤΑΔΑ, Συστήματα Ανάπτυξης Δασών και Περιβάλλοντος Ο.Ε.
32	Κουστέλιος Αθανάσιος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
33	Κυρίτσης Ιωάννης	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
34	Κωνσταντινίδης Γεώργιος	Αττικό Μετρό Α.Ε
35	Κωστάκης Ιωάννης	Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
36	Λαμάρης Ευάγγελος	SOLE ABEE
37	Λαμάρης Παναγιώτης	SOLE ABEE

38	Λεφάκης Παναγιώτης	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
39	Μαλέσιος Χρυσοβαλάντης	Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
40	Μανούση Βασιλική	Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
41	Ματσιώρη Στεριανή	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
42	Μαυραγάνη Αμαρυλλίς	Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
43	Μιχαηλίδης Βασίλειος	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
44	Μοιρασγεντής Σεβαστιανός	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
45	Μπαμπάτσου Χριστίνα	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο – ΤΕΙ Ιονίων Νήσων
46	Μπελιάς Δημήτριος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
47	Μπίθας Κων/νος	Πάντειο Πανεπιστήμιο
48	Μποέμη Ναταλία	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
49	Μποτζώρης Γεώργιος	Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
50	Μπουλούμπασης Αντώνιος	Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
51	Νασιώκα Φωτεινή	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
52	Νεοφύτου Χρήστος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
53	Νικολάου Ιωάννης	Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
54	Ξεπαπαδέας Αναστάσιος	Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
55	Οικονόμου Γεώργιος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
56	Παϊζάνος Επαμεινώνδας	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
57	Παλάσκας Δημήτριος	ΣΥΣΤΑΔΑ, Συστήματα Ανάπτυξης Δασών και Περιβάλλοντος Ο.Ε.
58	Παντελίδης Θεολόγος	Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
59	Παπαγεωργίου Γεώργιος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
60	Παπαδάμου Στέφανος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
61	Παπασπυρόπουλος Κων/ινος	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
62	Παππάς Ιωάννης	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
63	Πάτσικα Βικτωρία	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
64	Πετράκου Ηλέκτρα	Πανεπιστήμιο Αιγαίου
65	Πούπκου Αναστασία	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
66	Προικάκη Μαρίνα	Πανεπιστήμιο Αιγαίου
67	Προφυλλίδης Βασίλειος	Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
68	Ρουμελιώτης Σπύρος	Πανεπιστήμιο Αιγαίου
69	Σαρδιανού Ελένη	Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
70	Σιάπος Αναστάσιος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
71	Σκουλούδης Αντώνης	Πανεπιστήμιο Αιγαίου
72	Σκούταρη Ανθή	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
73	Τζερεμές Νικόλαος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
74	Τζερεμές Παναγιώτης	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
75	Τζιβινίκος Τρύφωνας	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
76	Τζόουνς Νικολέτα	Department of Geography, Open University
77	Τουρκολιάς Χρήστος	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
78	Τσαγκαράκης Κωνσταντίνος	Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
79	Τσάλης Θωμάς	Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

80	Τσεκούρας Γιώργος	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο,
81	Τσεκούρας Κωνσταντίνος	Πανεπιστήμιο Πατρών
82	Τσεκούρας Παναγιώτης	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
83	Τσιλίκα Κορίνα	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
84	Χάλκος Γεώργιος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
85	Χατζησταμόπουλος Νικόλαος	Πανεπιστήμιο Πατρών
86	Χριστοδουλάκη Ρόζυ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
87	Χριστοδούλου Αθανάσιος	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
88	Ψαριανός Ιάκωβος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
89	Bannert Matthias	KOF Swiss Economic Institute
90	Broadstock David	University of Surrey
91	Davila Osiel	SOAS, University of London
92	Stapountzi Olga	Environmental, Social and Governance Office, Allianz Climate Solutions
93	Wallace James	Environmental, Social and Governance Office, Allianz Climate Solutions