



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Χημικών Μηχανικών



ΔΜΠΣ “ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ”

Συστήματα Διαχείρισης Ενεργείας και Προστασίας Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Εργασία

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ
ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΕ 15 ΧΩΡΕΣ
ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 1980-2002**

Λεονταράκης Γεώργιος

Επίβλεψη:

Δανάη Διακουλάκη

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2008

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ανάθεση της παρούσας εργασίας έγινε στα τέλη του 2005 από τη Καθηγήτρια του Ε.Μ.Π. και διδάσκουσα στο Δ.Π.Μ.Σ. “Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος” κ. Δανάη Διακουλάκη. Λόγω κακού προσωπικού προγραμματισμού αρχικά και αμέλειάς μου στη συνέχεια, η εργασία ολοκληρώνεται τον Οκτώβριο του 2008 με καθυστέρηση περίπου δύο χρόνων.

Συνεπώς, η εργασία αυτή αποκτά σημαντική αξία για μένα, καθώς αφενός αποτελεί το κλείσιμο ενός μεταπτυχιακού κύκλου σπουδών και αφετέρου σημαίνει ότι μια όποια προσπάθεια ήρθε εις πέρας και δεν έμεινε ανολοκλήρωτη.

Στο σημείο αυτό οφείλω να ευχαριστήσω θερμά την Καθηγήτρια του Ε.Μ.Π. κ. Δανάη Διακουλάκη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, για τη στενή επιστημονική καθοδήγηση και τη διακριτική επίβλεψή της, για την υπομονή που επέδειξε κατά την αποχή μου και γενικότερα για το ενδιαφέρον της και την άψογη συνεργασία που είχαμε.

Θα ήταν παράλειψη να μην αναφέρω ευχαριστίες και στους φίλους και συναδέλφους Γιολάντα Χαλβατζή, Γρηγόρη Αλιβιζάτο και Ελένη Παντελή για την ηθική και όχι μόνο υποστήριξη που μου προσέφεραν, ο καθένας με τον τρόπο του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο τομέας των μεταφορών οφείλεται για περίπου το 30% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ και ταυτόχρονα αναπτύσσεται ραγδαία, τουλάχιστον μέχρι τις αρχές της τρέχουσας δεκαετίας.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά επιμέρους κλάδο των μεταφορών στις 15 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέσω των μεταβολών που καταγράφονται στις εκπομπές CO₂ κατά την περίοδο 1980-2002.

Αρχικά ορίζονται οι πέντε επιμέρους κλάδοι των μεταφορών που μελετώνται, δηλαδή: οι οδικές μεταφορές, οι σιδηροδρομικές μεταφορές, η αεροπλοΐα, η εγχώρια ναυτιλία και οι μεταφορές μέσω αγωγών. Επίσης, ορίζονται τέσσερις προσδιοριστικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν χωρίς αλληλεπιδράσεις τις εκπομπές CO₂ των μεταφορών, ήτοι: το μεταφορικό έργο που αποδίδεται, η ενεργειακή ένταση ως λόγος της καταναλισκόμενης ενέργειας προς το παραγόμενο μεταφορικό έργο, το μείγμα καυσίμου που χρησιμοποιείται στις μεταφορές και η συμβολή της ηλεκτροπαραγωγής στις μεταφορές.

Μέσω ενός υπολογιστικού μοντέλου ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων κατά το πρότυπο Laspeyres επιτυγχάνεται η διδιάστατη κατανομή των μεταβολών των εκπομπών CO₂ μεταξύ 1980-2002 στους πέντε κλάδους και τους τέσσερις προσδιοριστικούς παράγοντες για κάθε χώρα.

Από τα αποτελέσματα των κατανομών αυτών προκύπτουν διάφορα συμπεράσματα που αφορούν κυρίως τις τάσεις των εκπομπών CO₂ στους επιμέρους κλάδους των μεταφορών κάθε χώρας. Πέραν των τάσεων αυτών, προκύπτουν και κάποια σαφή γενικά συμπεράσματα για το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως η διαχρονική αύξηση των εκπομπών CO₂ από τις μεταφορές. Ακόμα, προκύπτει η σαφής υπεροχή των οδικών μεταφορών στη συμβολή της αύξησης αυτής (περίπου 80% συμμετοχή κατά μέσο όρο). Όσον αφορά τους προσδιοριστικούς παράγοντες, καταλυτικό ρόλο έχει το επίπεδο δραστηριότητας του μεταφορικού έργου. Αντίθετα, οι λοιποί προσδιοριστικοί παράγοντες επηρεάζουν μόνο κάποιες χώρες μεμονωμένα, ενώ η συμβολή τους συνολικά μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα. Τέλος, η ενεργειακή ένταση των μεταφορών βελτιώνεται αισθητά για τις οδικές, τις αεροπορικές και τις εγχώριες ναυτιλιακές μεταφορές.

Όμως, πρέπει να σημειωθεί ότι οι όποιες τάσεις μείωσης των εκπομπών CO₂, λόγω βελτίωσης της ενεργειακής έντασης κυρίως, δεν είναι ικανές να αντισταθμίσουν την αυξητική τάση των εκπομπών CO₂, η οποία οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αύξηση της μεταφορικής δραστηριότητας. Ως εκ τούτου, προβλέπεται η διατήρηση της παρούσας συμπεριφοράς των μεταφορών, αναφορικά με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, για όσο διάστημα η ζήτηση για μεταφορικό έργο παραμένει στα σημερινά επίπεδα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΣΚΟΠΟΣ	5
ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ	5
1. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ – Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	6
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.2. ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	6
1.2.1. ΕΡΜΗΝΕΙΑ	6
1.2.2. ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	7
1.2.2.1. Σύσταση.....	7
1.2.2.2. Δυναμικό Θέρμανσης Πλανήτη (GWP).....	8
1.2.2.3. Συνεισφορά.....	9
1.2.3. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	9
1.2.3.1. Παγκόσμια Θέρμανση (Global Warming).....	9
1.2.3.2. Κλιματική Αλλαγή	10
1.3. ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	11
1.3.1. Το Πρωτόκολλο του Κιότο	12
1.3.1.1. Ευέλκτοι Μηχανισμοί.....	13
1.3.1.2. Κριτική.....	14
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	15
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
2.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	16
2.3. ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΕΡΓΟ	17
2.3.1. ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	17
2.3.2. ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	18
2.3.3. ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	20
2.3.4. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΙΜΩΝ.....	20
2.3.5. ΑΥΞΗΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	21
2.3.6. ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΕΠΙΒΛΑΒΩΝ ΡΥΠΩΝ	21
2.3.7. ΑΥΞΗΣΗ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΕ ΟΙΚΟΤΟΠΟΥΣ.....	22
2.3.8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	22
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ	23
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	23
3.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ	24
3.2.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	24
3.2.2. ΕΞΕΛΙΞΗ	25
3.2.3. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ	27
3.3. ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	28
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	30
4.1. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ	30
4.1.1. ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΚΑΘΑΡΙΣΤΗΣ ΕΓΧΩΡΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (GIC).....	31
4.1.2. ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (FC)	32
4.1.3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ	34
4.2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ	34
4.2.1. ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΕΡΓΟ.....	34
4.2.2. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ CO ₂	36
4.2.3. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ CO ₂ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	37
4.2.4. ΈΛΛΕΙΨΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	38

5.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	39
5.1.	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO₂ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	39
5.1.1.	ΜΕΡΙΔΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΙΣ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ ΣΤΗΝ Ε.Ε.	39
5.1.2.	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε.	40
5.1.3.	ΜΕΡΙΔΙΑ ΚΛΑΔΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂	41
5.2.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΑΝΑ ΧΩΡΑ	42
5.2.1.	ΑΥΣΤΡΙΑ	43
5.2.2.	ΒΕΛΓΙΟ	43
5.2.3.	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	44
5.2.4.	ΔΑΝΙΑ	44
5.2.5.	ΕΛΛΑΔΑ	45
5.2.6.	ΙΣΠΑΝΙΑ	45
5.2.7.	ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	46
5.2.8.	ΓΑΛΛΙΑ	46
5.2.9.	ΙΡΛΑΝΔΙΑ	47
5.2.10.	ΙΤΑΛΙΑ	47
5.2.11.	ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ	48
5.2.12.	ΟΛΛΑΝΔΙΑ	48
5.2.13.	ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	49
5.2.14.	ΣΟΥΗΔΙΑ	49
5.2.15.	ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	50
5.2.16.	ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΈΝΩΣΗ ΤΩΝ 15	50
5.3.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ	51
5.3.1.	ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΚΑΘΕ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΑΝΑ ΧΩΡΑ	51
5.3.2.	ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	52
5.3.3.	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΝΤΑΣΗ	53
5.3.4.	ΜΕΙΓΜΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	54
5.3.5.	ΔΙΑΦΡΩΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	55
5.4.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑ ΚΛΑΔΟ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	56
5.4.1.	ΜΕΡΙΔΙΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΚΑΘΕ ΚΛΑΔΟΥ ΑΝΑ ΧΩΡΑ	56
5.4.2.	ΟΔΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	57
5.4.3.	ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	58
5.4.4.	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΕΓΧΩΡΙΑΣ ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑΣ	60
5.4.5.	ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	61
5.4.6.	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΜΕΣΩ ΑΓΩΓΩΝ	62
5.5.	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΝΤΑΣΗ	63
5.5.1.	ΟΡΙΣΜΟΣ	63
5.5.2.	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑ ΚΛΑΔΟ	64
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
6.1.	ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ	67
6.1.1.	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	67
6.1.2.	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	67
6.2.	ΓΙΑ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	68
6.2.1.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ	68
6.2.2.	ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ - ΠΡΟΒΛΕΨΗ	69
6.2.3.	ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ	69
6.2.4.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	71
6.2.5.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	71
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	76

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός

Οι μεταφορές αποτελούν έναν από τους πλέον σημαντικούς και συνεχώς αναπτυσσόμενους τομείς της οικονομίας, αλλά και ταυτόχρονα έναν τομέα από τους πλέον ενεργοβόρους και ρυπογόνους. Ως προς την παραγωγή αερίων θερμοκηπίου, οι μεταφορές ευθύνονται σε παγκόσμιο επίπεδο για περίπου το 30% των εκπομπών CO₂.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των προσδιοριστικών παραγόντων που επηρεάζουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και συγκεκριμένα ο υπολογισμός του ποσοστού συνεισφοράς του καθενός στην εξέλιξη των εκπομπών CO₂ στους επιμέρους κλάδους των μεταφορών. Η συγκεκριμένη μελέτη αφορά στις 15 χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά τις περιόδους 1980-1990 και 1990-2002.

Από τη σχετική συμβολή καθενός παράγοντα στους επιμέρους κλάδους και στο σύνολο του τομέα των μεταφορών μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα χρήσιμα για την κατεύθυνση της πολιτικής περιορισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για κάθε χώρα μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης στα πλαίσια των ξεχωριστών και των από κοινού υποχρεώσεων της στην επικύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο.

Διάρθρωση

Στο κεφάλαιο 1 (θεωρητικό μέρος) γίνεται αναφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, τις εκπομπές αερίων και το πώς σχετίζονται με αυτό, καθώς και των επιπτώσεών του με έμφαση στην κλιματική αλλαγή. Επίσης, παρουσιάζονται συνοπτικά το Πρωτόκολλο του Κιότο και οι Ευέλικτοι Μηχανισμοί που αυτό προβλέπει σαν μέτρα της διεθνούς κοινότητας προς περιορισμό των παραπάνω επιπτώσεων.

Στο κεφάλαιο 2 (θεωρητικό μέρος) παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των μεταφορών διαχρονικά και διεθνώς, δίνοντας έμφαση στην πορεία της ενεργειακής κατανάλωσης του τομέα. Επίσης, παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις τάσεις του μεταφορικού έργου σε συνάρτηση με οικονομικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά μεγέθη.

Στο κεφάλαιο 3 (θεωρητικό μέρος) γίνεται παρουσίαση των μεθόδων ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων. Αρχικά αναφέρονται οι ανάγκες που οδήγησαν στη δημιουργία των μεθόδων και στη συνέχεια περιγράφεται η εξέλιξη των μεθόδων χρονικά και η διαφοροποίησή τους ανά πεδίο εφαρμογής. Τέλος, πραγματοποιείται συνοπτική βιβλιογραφική ανασκόπηση σε σχετικές έρευνες πάνω σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεταφορών.

Στο κεφάλαιο 4 (θεωρητικό και υπολογιστικό μέρος) παρουσιάζεται ολοκληρωμένη η επιλεγείσα μέθοδος και το μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία. Επίσης, αναφέρονται οι πηγές των δεδομένων και οι παραδοχές που απαιτούνται για την εφαρμογή της ανάλυσης σε κάθε εξεταζόμενη χώρα.

Στο κεφάλαιο 5 (αποτελέσματα) παρουσιάζονται συγκριτικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων, δηλαδή η κατανομή των εκπομπών CO₂ κάθε χώρας ανά επιμέρους κλάδο των μεταφορών και προσδιοριστικό παράγοντα.

Στο κεφάλαιο 6 (συμπεράσματα) γίνονται σχόλια και παρατηρήσεις επί των παραπάνω αποτελεσμάτων και πραγματοποιείται ο απολογισμός της εργασίας.

1. Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου – Η Κλιματική Αλλαγή

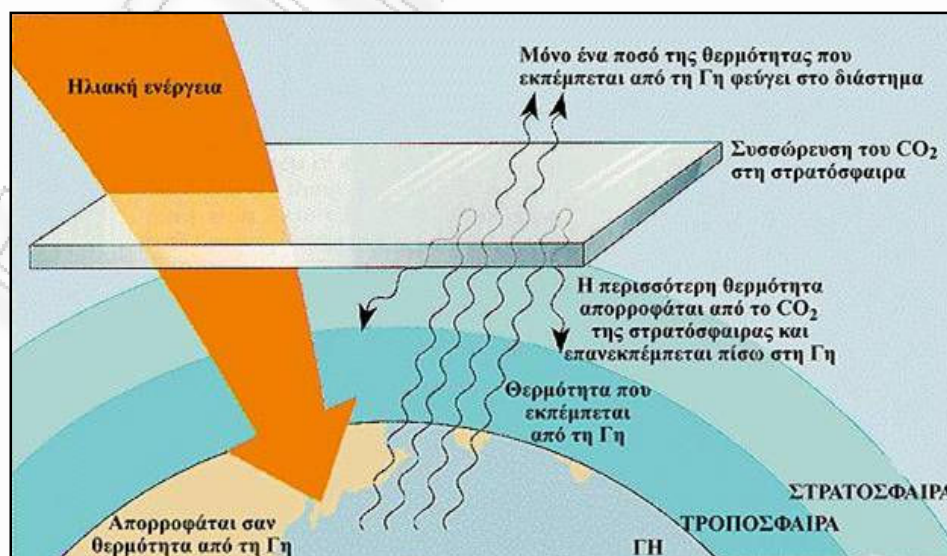
1.1. Εισαγωγή

Η μέση θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί κατά 0.6°C από τα τέλη του 19ου αιώνα και υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για μία εμφανή μεταβολή του κλίματος στη διάρκεια του αιώνα που διανύουμε. Η δεκαετία του 1990 υπήρξε η θερμότερη που έχει ποτέ καταγραφεί, ενώ με βάση τα σενάρια της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Μεταβολή (IPCC) των Ηνωμένων Εθνών η εκτιμώμενη άνοδος της θερμοκρασίας μέχρι το 2100 εκτιμάται ότι θα κυμανθεί μεταξύ 1.4°C και 5.8°C . Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της IPCC η μεταβολή αυτή οφείλεται κυρίως στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων που είναι γνωστά ως «αέρια του θερμοκηπίου» στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου έχουν κυρίως ανθρωπογενή προέλευση. Ειδικότερα, το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που αποτελεί το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου, προέρχεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό του από την παραγωγή και χρήση συμβατικών καυσίμων, ενώ και η διευρυνόμενη αποψίλωση των δασών σε παγκόσμιο επίπεδο οδηγεί στη μείωση της ικανότητας δέσμευσης CO_2 μέσω της φυσικής διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, άρα και στην αύξηση της συγκέντρωσης του στην ατμόσφαιρα. ^[1]

1.2. Φαινόμενο του θερμοκηπίου

1.2.1. Ερμηνεία

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια φυσική διαδικασία. Το χρειαζόμαστε για να διατηρείται η Γη ζεστή, ώστε να υπάρχει ζωή και ανάπτυξη. Δίχως αυτό, η Γη θα ήταν κρύα, περίπου -20°C , και δεν θα μπορούσε να υπάρχει ζωή. Αντιθέτως, η μέση θερμοκρασία της Γης διατηρείται στο επίπεδο των 15°C , χάρις στο φαινόμενο αυτό. Όμως τα τελευταία χρόνια λέγοντας φαινόμενο Θερμοκηπίου δεν αναφερόμαστε στη φυσική διεργασία, αλλά στην έξαρση αυτής, λόγω της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.



Εικόνα 1.2-1: Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου [3]

Ως φαινόμενο του θερμοκηπίου ορίζεται γενικά η απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) που εκπέμπει ο ήλιος από την ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία της να αυξάνεται. Συγκεκριμένα, ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας (~45%) περνά αναλλοίωτο στην ατμόσφαιρα, φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους και ακτινοβολείται σαν μεγάλου μήκους υπέρυθρη ακτινοβολία. Ένα μέρος αυτής απορροφάται από την ατμόσφαιρα, τη θερμαίνει και επανεκπέμπεται στην επιφάνεια του εδάφους (Εικόνα 1.2-1). Το φαινόμενο αυτό, που επιτρέπει τη διέλευση της ακτινοβολίας, αλλά ταυτόχρονα την εγκλωβίζει, μοιάζει με τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου και οδήγησε το Γάλλο μαθηματικό Fourier να το ονομάσει «Φαινόμενο Θερμοκηπίου» (1822).^[2]

1.2.2. Αέρια του θερμοκηπίου

1.2.2.1. Σύσταση

Πολλά αέρια παρουσιάζουν ιδιότητες «θερμοκηπίου». Κάποια από αυτά υπάρχουν στη φύση (υδρατμοί, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και υποξείδιο του αζώτου), ενώ άλλα είναι αποκλειστικά ανθρωπογενή, (όπως τα αέρια που χρησιμοποιούνται για αεροζόλ).

Τα αέρια που ακολουθούν έχουν χαρακτηριστεί ως «αέρια του θερμοκηπίου», όμως αυτά που φέρουν τη μεγαλύτερη ευθύνη για το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι τα τρία πρώτα, λόγω των μεγάλων ποσοτήτων τους στην ατμόσφαιρα σε σχέση με τα υπόλοιπα.

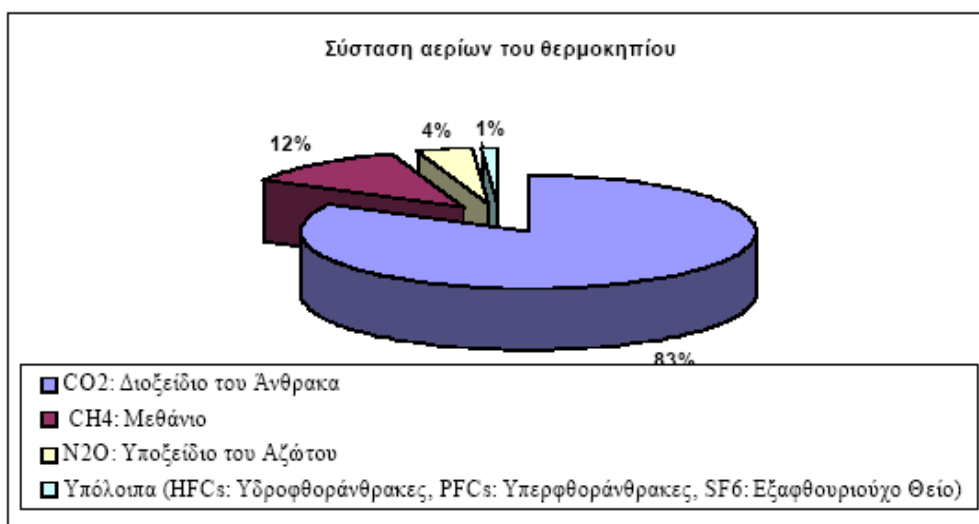
Κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου:

- CO₂: Διοξείδιο του Άνθρακα
- CH₄: Μεθάνιο
- N₂O: Υποξείδιο του Αζώτου

Υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου:

- HFCs: Υδροφθοράνθρακες
- PFCs: Υπερφθοράνθρακες
- SF₆: Εξαφθουριούχο Θείο

Τα αέρια του θερμοκηπίου έχουν συνολικό όγκο μικρότερο από 1% του συνολικού όγκου της ατμόσφαιρας και η σύστασή τους φαίνεται στο Διάγραμμα 1.2-1.^[4]



Διάγραμμα 1.2-1: Σύσταση αερίων του θερμοκηπίου [4]

Πέρα από τα αέρια του θερμοκηπίου, υπάρχουν αέρια που συμβάλλουν έμμεσα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, η συμβολή των οποίων είναι αρκετά σημαντική και δε μπορεί να αγνοηθεί, τα οποία είναι:

- Τα οξείδια του αζώτου (NO_x)
- Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και
- Οι μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOCs)

Κάθε μεταβολή στις συγκεντρώσεις αυτών των αερίων, διαταράσσει το ενεργειακό ισοζύγιο, προκαλεί μεταβολή της θερμοκρασίας και ως εκ τούτου κλιματικές αλλαγές. Τα τελευταία χρόνια οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες (βιομηχανίες, αυτοκίνητα κ.ά.) έχουν αυξήσει σημαντικά τις συγκεντρώσεις των αερίων των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας (Πίνακας 1.2-1), με συνέπεια την αύξηση της απορροφούμενης ακτινοβολίας και την επακόλουθη θερμοκρασιακή μεταβολή.^[4]

Αέρια	Παρατηρούμενες αλλαγές		
	1000-1750	2000	αύξηση
CO ₂	280 ppm	368 ppm	31±4%
CH ₄	700 ppb	1.750 ppb	151±25%
N ₂ O	270 ppb	316 ppb	17±5%
HFCs, PFCs, SF ₆	Αύξηση σε παγκόσμιο επίπεδο τα τελευταία 50 χρόνια		

Πίνακας 1.2-1: Μεταβολή συγκέντρωσης των κυριότερων αερίων του θερμοκηπίου [3]

1.2.2.2. Δυναμικό Θέρμανσης Πλανήτη (GWP)

Για να μπορούν να συγκριθούν οι επιπτώσεις των διάφορων αερίων στην εξέλιξη του φαινομένου του θερμοκηπίου αναπτύχθηκε μία μέθοδος εκτίμησης της παγκόσμιας θερμοκρασιακής δυναμικότητας (Global Warming Potential - GWP) κάθε αερίου.

Το GWP είναι μια έννοια που λαμβάνει υπόψη την ικανότητα απορρόφησης ενέργειας του αερίου και την διάρκεια ζωής του στην ατμόσφαιρα. Το περιεχόμενο του GWP είναι η συνολική επίπτωση που συμβαίνει από τώρα μέχρι μια δεδομένη στιγμή αργότερα και προκαλείται από μια μονάδα μάζας του αερίου που εκπέμπεται τώρα. Το GWP υπολογίζεται πάντα για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και εκφράζεται σε σχέση με ένα αέριο αναφοράς, συχνότερα με το CO₂, το οποίο έχει την τιμή 1. Παραδείγματα τιμών GWP για μια τυπική περίοδο πάνω από 100 χρόνια είναι 21 για το CH₄ και 310 για το N₂O (Πίνακας 1.2-2). Τα GWP έχουν κάποιες αβεβαιότητες της τάξεως του 35% λόγω του εύρους των πιθανών χρόνων ζωής στην ατμόσφαιρα του αερίου αναφοράς CO₂.

Οι εκπομπές που λαμβάνουν υπόψη τις τιμές GWP λέγονται ισοδύναμα CO₂.^[3]

Αέριο	GWP για διαφορετικές χρονικές περιόδους		
	20 χρόνια	100 χρόνια	500 χρόνια
CO ₂	1	1	1
CH ₄	56	21	6.5
N ₂ O	280	310	170
HFC-23	9,100	11,700	9,800
HFC-32	2,100	650	200
SF ₆	16,300	23,900	34,900

Πίνακας 1.2-2: Κάποια παραδείγματα GWP, με βάση αναφοράς το CO₂ [3]

1.2.2.3. Συνεισφορά

Η συνεισφορά του κάθε αερίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου εξαρτάται από τη συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα, το συντελεστή μοριακής απορρόφησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας και το χρόνο παραμονής του στην ατμόσφαιρα. Οι μετρήσεις δείχνουν ξεκάθαρα ότι το CO₂ καθίσταται το αέριο το οποίο φέρει το μεγαλύτερο μερίδιο ευθύνης για την έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την υφιστάμενη κλιματική αλλαγή σε παγκόσμιο επίπεδο (Πίνακας 1.2-3).^[5]

αέρια	Συμβολή (%)
CO ₂	64
CH ₄	19
N ₂ O	5,7
SF ₆	0,08
CFCs, HFCs, PFCs,	10

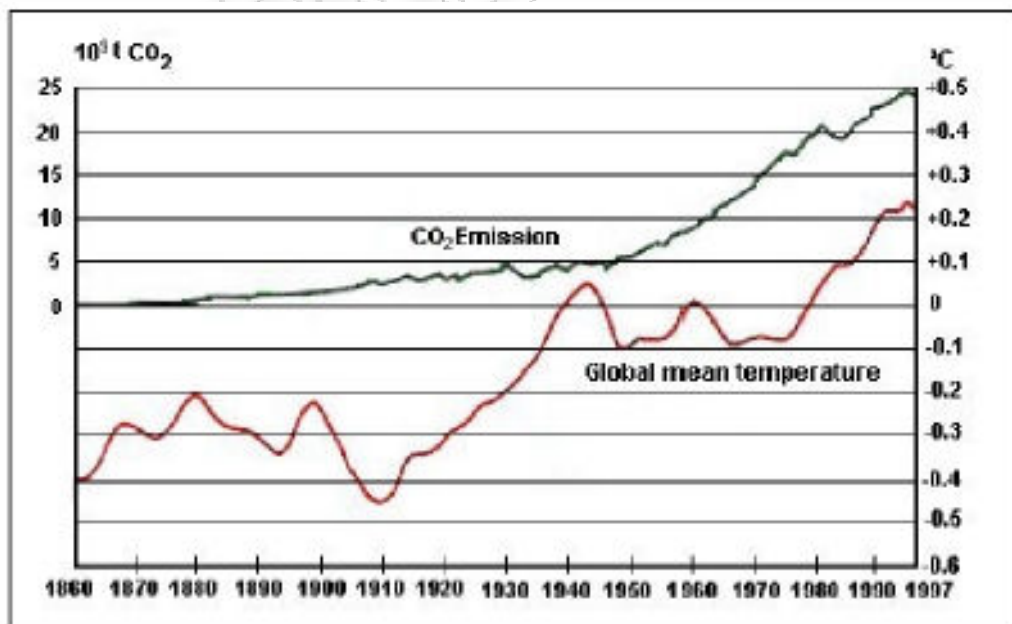
Πίνακας 1.2-3: Συμβολή αερίων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου [5]

1.2.3. Επιπτώσεις

Οι επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι δύσκολο να προεκτιμηθούν, αφού αφενός πρόκειται για ένα φαινόμενο εν εξελίξει και αφετέρου γιατί η άνοδος της θερμοκρασίας συνδέεται και με παράγοντες των οποίων ο ρόλος δεν είναι πλήρως γνωστός. Παρόλα αυτά, οι σημαντικότερες από αυτές μπορούν να συνοψιστούν στις παρακάτω με κυριότερο το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης (global warming), το οποίο ευθύνεται για την αλλαγή του κλίματος σε παγκόσμιο επίπεδο (Κλιματική Αλλαγή - Climate Change).

1.2.3.1. Παγκόσμια Θέρμανση (Global Warming)

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο αιώνων έχουν παρατηρηθεί σημαντικές αυξήσεις στην μέση θερμοκρασία της Γης οι οποίες συσχετίζονται με την αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1.2-2.



Διάγραμμα 1.2-2: Αύξεις στη μέση θερμοκρασία της Γης και στη συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα (1868-1997) [7]

Η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης έχει αυξηθεί κατά 0,3 με 0,6 °C από τον 19^ο αιώνα και περίπου 0,2-0,3 °C από το 1955. Η μεγαλύτερη αύξηση έχει παρατηρηθεί στις περιοχές της Γης μεταξύ 40° και 70° (Βόρεια). Σε πολλές περιοχές μειώθηκε το εύρος των θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της ημέρας καθώς οι νύχτες έγιναν πιο ζεστές. Στο βόρειο ημισφαίριο οι τελευταίες δεκαετίες δείχνουν να είναι οι πιο θερμές από το 1400, σύμφωνα με τα λίγα στοιχεία που υπάρχουν.^[6,7]

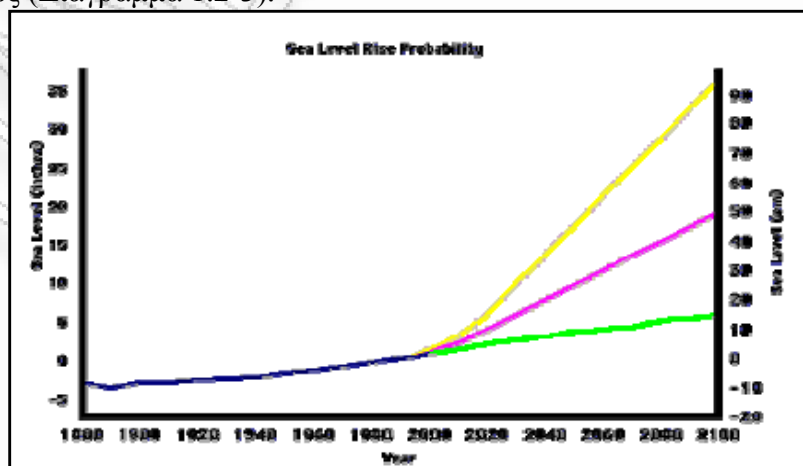
1.2.3.2. Κλιματική Αλλαγή

Η παγκόσμια θέρμανση μπορεί να συμβάλλει στην αλλαγή του κλίματος της Γης μετακινώντας τις ζώνες βροχοπτώσεως, από τον ισημερινό προς τον βορρά και ερημοποιώντας το κάτω τμήμα της εύκρατης ζώνης. Αυτό συνεπάγεται αλλαγές στους διάφορους τύπους βλάστησης τόσο στις γεωργικές όσο και στις δασικές εκτάσεις. Αναμένονται επιπλέον συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως κύματα θερμότητας και ξηρασίες ή έντονες βροχοπτώσεις ανάλογα με την περιοχή. Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες προκάλεσαν μια αύξηση του όγκου του θαλασσινού νερού, και μια μικρή μείωση των παγετώνων πράγμα που οδήγησε σε αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες μπορούν ακόμα να προκαλέσουν αλλαγές στο καιρό και τα σχέδια χρήσης εδάφους. Τα παραπάνω φαινόμενα συνήθως αναφέρονται ως «Κλιματική Αλλαγή».

Τα οικοσυστήματα, η γεωργία, οι δασικές εκτάσεις και η ανθρώπινη υγεία είναι παράμετροι ευαίσθητες στο κλίμα. Κάποια οικοσυστήματα πιθανώς να αδυνατούν να προσαρμοστούν στην Κλιματική Αλλαγή σε ένα αποδεκτό βαθμό. Έτσι η ποιότητα και η ποσότητα της τροφής, των πρώτων υλών, των φαρμάκων, της παραγωγής ενέργειας και του πόσιμου νερού θα μειωθούν αισθητά. Η ζήτηση για θέρμανση και ψύξη θα αυξηθεί και επομένως η ζήτηση για ενέργεια.^[6,8]

Θάλασσες

Η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε άνοδο της στάθμης των θαλασσών, μέσω της θερμικής διαστολής των υδάτων και την τήξη των πάγων. Μία αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1,5 έως 4,5 °C εκτιμάται πως μπορεί να οδηγήσει σε μία άνοδο της στάθμης κατά 15 έως 95 cm. Η άνοδος αυτή μπορεί να έχει καταστρεπτικές συνέπειες, προκαλώντας πλημμύρες σε περιοχές που βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο και κοντά στο επίπεδο της θάλασσας. Από το 1900 μέχρι το 2001 έχει υπολογιστεί μία ετήσια άνοδος 1-2 mm, ενώ σύμφωνα με μετρήσεις του δορυφόρου TOPEX/Poseidon, από το 1992 μέχρι σήμερα η άνοδος είναι περίπου 3 mm ετησίως (Διάγραμμα 1.2-3).^[8]



Διάγραμμα 1.2-3: Αύξηση της στάθμης της θάλασσας ιστορικά & μελλοντικές εκτιμήσεις [8]

Σύμφωνα με μία άλλη πιθανότητα, η παγκόσμια θέρμανση ενδέχεται να επηρεάσει την ωκεάνια κυκλοφορία, ειδικότερα επιβραδύνοντας το θερμό ρεύμα του Κόλπου, ωθώντας το προς τα Νότια και προκαλώντας πτώση τις θερμοκρασίας στις περιοχές από τις οποίες διέρχεται, όπως η Δυτική Ευρώπη και η Βόρεια Αμερική. Επιπλέον, λόγω της αύξησης της συγκέντρωσης CO₂ οι ωκεανοί της Γης απορροφούν μεγαλύτερο ποσοστό, γεγονός που οδηγεί στην μείωση του pH των υδάτων.^[8]

Υγεία

Η άνοδος της θερμοκρασίας εμφανίζει δύο αντικρουόμενα άμεσα αποτελέσματα σε σχέση με την ανθρώπινη θνησιμότητα: οδηγεί σε αύξηση των θανάτων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αλλά και σε μείωση των θανάτων κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Μία άλλη παράμετρος της παγκόσμιας θέρμανσης αφορά στην ενδεχόμενη εξάπλωση και άνθιση επιδημιών του παρελθόντος, καθώς οι μεγάλες θερμοκρασίες και η υγρασία αποτελούν κατάλληλο υπόβαθρο για την ανάπτυξη πολλών μικροβίων.

Οικονομικές συνέπειες

Η παγκόσμια θέρμανση απειλεί και την οικονομική ανάπτυξη του πλανήτη για αυτό και το ενδεχόμενο κόστος αντιμετώπισης των παραπάνω επιπτώσεων απασχολεί τους οικονομικούς αναλυτές. Σύμφωνα με την πλέον διάσημη προσέγγιση της Έκθεσης Stern από το 2006, βάσει οικονομικών κριτηρίων και μόνο, απαιτείται άμεση και συντονισμένη παγκόσμια δράση προς την κατεύθυνση ανάσχεσης της Παγκόσμιας Θέρμανσης και γενικότερα της Κλιματικής Αλλαγής. Ποσοτικά, η εκτίμηση που προκύπτει μέσω επισήμων οικονομικών μοντέλων είναι ότι μια άμεση ενεργοποίηση δράσεων ενάντια στην αύξηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου θα κοστίζει σε σταθερή βάση το 1% του ετήσιου Α.Ε.Π της παγκόσμιας οικονομίας. Αντίθετα, εάν δεν ληφθούν άμεσες δράσεις, το μελλοντικό κόστος αντιμετώπισης των επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής υπολογίζεται από 5% έως 20% του ετήσιου παγκόσμιου Α.Ε.Π.. Επίσης, να επισημανθεί ότι κάποιες από τις επιπτώσεις αυτές μπορεί να είναι πρακτικά μη αναστρέψιμες, οπότε δεν έχει νόημα η εκτίμηση κόστους για αυτές. Επομένως, σύμφωνα με την Έκθεση Stern, το κρίσιμο διάστημα αντίδρασης του πλανήτη για υιοθέτηση νέων πολιτών και επενδύσεων είναι τα επόμενα 10-20 χρόνια, Μετέπειτα η όποια αντίδραση δεν θα είναι ούτε οικονομικά εφικτή, αλλά ίσως ούτε και αποτελεσματική.^[9]

Θετικές συνέπειες

Το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης μπορεί να συνοδευτεί και από ορισμένες θετικές επιδράσεις. Η γεωργία στο μεγαλύτερο τμήμα της Ευρώπης και ιδιαίτερα στα μέσα γεωγραφικά πλάτη και στη βόρεια Ευρώπη, θα μπορούσε ενδεχομένως να ωφεληθεί από μια συντηρητική άνοδο της θερμοκρασίας. Ωστόσο, περιοχές της νότιας Ευρώπης είναι πιθανό να απειληθούν από την έλλειψη νερού. Επιπλέον, η πιθανή εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, με μεγαλύτερη συχνότητα σε σχέση με το παρελθόν, μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερες κακές σοδειές. Σημαντική παράμετρο αποτελεί γενικά η ικανότητα της γεωργίας να προσαρμοστεί σε μελλοντικές κλιματικές μεταβολές.^[8]

1.3. Διεθνείς συμβάσεις για την Κλιματική Αλλαγή

Η διεθνής κοινότητα αναγνωρίζοντας τους κινδύνους από μία ενδεχόμενη κλιματική μεταβολή έχει κινητοποιηθεί προκειμένου να αντιστρέψει τις ανησυχητικές τάσεις που εμφανίζουν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο. Αφετηρία αυτής της προσπάθειας αποτέλεσε η υπογραφή της Σύμβασης - Πλαίσιο για

την Κλιματική Μεταβολή των Ηνωμένων Εθνών (UNFCCC) από το σύνολο σχεδόν των χωρών του πλανήτη, το 1992 στο Ρίο. Τα Συμβαλλόμενα Μέρη της Σύμβασης, αναγνωρίζοντας την ανεπάρκεια των υποχρεώσεων που απέρρεαν από αυτήν, δρομολόγησαν μία διαδικασία ενδυνάμωσής της που το 1997, στο πλαίσιο της 3^{ης} Συνόδου τους στο Κιότο, κατέληξε στην υπογραφή του ομώνυμου Πρωτοκόλλου. ^[1]

1.3.1. Το Πρωτόκολλο του Κιότο

Κεντρικός άξονας του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών να μειώσουν τις εκπομπές των έξι αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, HFCs, PFCs και SF₆) την περίοδο 2008-2012, σε ποσοστό 5 % σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Η προβλεπόμενη ποσοτική μείωση δεν είναι η ίδια για όλες τις χώρες, καθώς ο επιμερισμός της ποσοτικής μείωσης σε κάθε χώρα έγινε κυρίως με πολιτικά κριτήρια (Πίνακας 1.3-1). Η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε για ποσοστό μείωσης 8%, υποχρέωση η οποία εξειδικεύθηκε για κάθε κράτος μέλος από το Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος τον Ιούνιο του 1998. Ο διαφοροποιημένος στόχος κάθε χώρας είναι δεσμευτικός και προβλέπονται κυρώσεις για τη μη επίτευξη του, ακόμη και αν επιτευχθεί ο συνολικός στόχος της Ε.Ε. (Πίνακας 1.3-2). ^[10,11]

Ευρωπαϊκή Ένωση (15), Βουλγαρία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8%
Η.Π.Α.	-7%
Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία	-6%
Κροατία	-5%
Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία	0%
Νορβηγία	+1%
Αυστραλία	+8%
Ισλανδία	+10%

Πίνακας 1.3-1: καταμερισμός δέσμευσης για την ποσοστιαία κατά χώρα μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με το 1990 [10]

Λουξεμβούργο	-28%
Γερμανία, Δανία	-21,5%
Αυστρία	-13%
Ηνωμένο Βασίλειο	-12,5%
Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8%
Βέλγιο	-7%
Ιταλία	-6,5%
Ουγγαρία, Πολωνία, Ολλανδία	-6%
Γαλλία, Φινλανδία	0%
Σουηδία	+5%
Ιρλανδία	+14%
Ισπανία	+15%
Ελλάδα	+25%
Πορτογαλία	+28%

Πίνακας 1.3-2: καταμερισμός δέσμευσης μελών της Ε.Ε. για την % κατά χώρα μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με το 1990 [10]

Ωστόσο, η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Κιότο απαιτεί την επικύρωσή του από τις ενδιαφερόμενες χώρες. Συγκεκριμένα, είχε προβλεφθεί ότι το Πρωτόκολλο θα

έμπαινε σε εφαρμογή αν επικυρωνόταν από τουλάχιστον 55 χώρες, οι οποίες θα είχαν τουλάχιστον 55% των παγκόσμιων εκπομπών. Ενώ τα μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης προχώρησαν στην επικύρωσή του (31/05/2002), όπως και η Ελλάδα με το νόμο 3017/02 (ΦΕΚ 117, 30/05/2002), το Πρωτόκολλο άργησε να τεθεί σε ισχύ εξαιτίας της άρνησης των Η.Π.Α., της Ρωσίας και της Αυστραλίας, που συνολικά ευθύνονται για το 55,6 % των παγκόσμιων εκπομπών. Οι Η.Π.Α. παραμένουν ανένδοτες στην απόφασή τους, καθώς το θεωρούν τροχοπέδη για την ανάπτυξη της οικονομίας τους, αλλά και για την αύξηση της επιρροή τους σε τρίτες χώρες, και συγχρόνως το θεωρούν ένα μηχανισμό ενίσχυσης της ευρωπαϊκής οικονομίας. Πάντως η Ρωσία, αφού δέχθηκε οικονομικές και πολιτικές εγγυήσεις και διευκολύνσεις από την Ευρωπαϊκή Ένωση, τελικά υπέγραψε το Πρωτόκολλο στα τέλη του 2004, με αποτέλεσμα αυτό να μπει σε εφαρμογή στις 16/02/2005.

Για την Ελλάδα ο στόχος του Κιότο προβλέπει αύξηση των εκπομπών των 6 αερίων του θερμοκηπίου μέχρι την περίοδο 2008-2012 κατά 25% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (έτος αναφοράς για τα αέρια HFCs, PFCs και SF₆ είναι το 1995). Αν και αυξητικός, σε αντίθεση με την πλειονότητα των κρατών μελών που υποχρεούνται σε μειώσεις, ο στόχος αυτός δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί δεδομένου ότι η αυθόρμητη τάση των εκπομπών οδηγεί περίπου σε διπλάσιο ποσοστό αύξησης. Την ευθύνη για την επίτευξη του στόχου έχουν διάφορα υπουργεία με συντονιστή το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., ενώ το ρόλο του επιστημονικού συμβούλου το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών με το συσταθέν για αυτό ακριβώς το λόγο Παρατηρητήριο Κλιματικών Αλλαγών έως το 2007, και η Σχολή Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου από το 2008 και ύστερα. ^[10,11]

1.3.1.1. *Ευέλικτοι Μηχανισμοί*

Μία χώρα μπορεί να πετύχει τους στόχους που της ορίζει το Πρωτόκολλο είτε μειώνοντας τις εκπομπές της, είτε, εναλλακτικά, χρησιμοποιώντας παράλληλα και κάποιους από τους λεγόμενους «ευέλικτους μηχανισμούς» που διαθέτει το Πρωτόκολλο. Συνοπτικά, οι μηχανισμοί αυτοί είναι οι εξής τρεις: ^[10]

i. Διαπραγμάτευση δικαιωμάτων εκπομπών (Emissions Trading)

Μία βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα που έχει μειώσει τις εκπομπές της πέραν των αρχικών στόχων που προβλέπει το Πρωτόκολλο, μπορεί να «πουλήσει» αυτή την επιπλέον μείωση σε άλλη χώρα η οποία αντιμετωπίζει δυσκολίες στο να πετύχει το στόχο της.

ii. Μηχανισμοί Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism)

Ο τελικός στόχος αυτού του μηχανισμού είναι οι αναπτυσσόμενες χώρες να αναπτύξουν καθαρές τεχνολογίες για να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης παρέχει κίνητρα έτσι ώστε οι βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες να χρηματοδοτήσουν προγράμματα για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις αναπτυσσόμενες χώρες. Έτσι, μια βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα, αντί να μειώσει τις δικές της εκπομπές, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών σε κάποια φτωχότερη χώρα όπου η μείωση αυτή είναι ευκολότερη και φθηνότερη.

iii. Εφαρμογή προγραμμάτων από κοινού (Joint Implementation)

Παρεμφερές εργαλείο με τον Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης. Σε αντίθεση με αυτόν, δεν αφορά τις αναπτυσσόμενες χώρες, αλλά μόνον εκείνες που δεσμεύονται σε μειώσεις μέσω του Πρωτοκόλλου του Κιότο (π.χ. χώρες της Ανατολικής Ευρώπης).

1.3.1.2. Κριτική

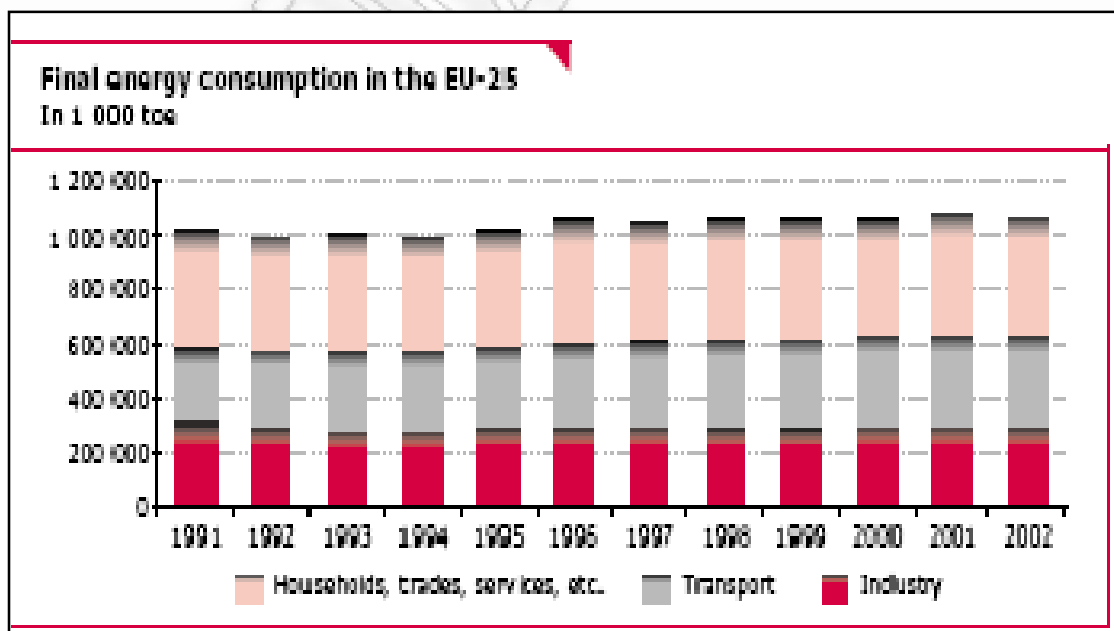
Το Πρωτόκολλο του Κιότο έχει σχεδιαστεί ως ένα πρώτο βήμα στον δρόμο της ριζικής μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που απαιτείται για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών. Αυτή τη στιγμή είναι το μόνο διεθνές νομικό εργαλείο που κινείται στη σωστή κατεύθυνση. Δεν πρέπει να ξεχνάμε βέβαια ότι, ακόμη κι αν εφαρμοστεί στο ακέραιο, το Πρωτόκολλο του Κιότο στη σημερινή του μορφή θα περιορίσει την αναμενόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά $0,06^{\circ}\text{C}$ ως το 2050, όταν στο ίδιο διάστημα η αναμενόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας θα είναι 1°C με 2°C . Επομένως, το Πρωτόκολλο αυτό δεν είναι παρά ένα πρώτο αναγκαίο βήμα προς την εξεύρεση μιας λύσης. ^[10]

2. Ενέργεια, μεταφορές και περιβάλλον

2.1. Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες η καύση των ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας αποδείχθηκε ο κυριότερος παράγοντας για την ολοένα αυξανόμενη έκλυση CO₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα, η οποία ενίσχυσε υπερβολικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα την εμφάνιση των πρώτων φαινομένων της κλιματικής αλλαγής. Η αλόγιστη χρήση συμβατικών καυσίμων, που σε παγκόσμιο επίπεδο καλύπτουν το 85% της ενεργειακής ζήτησης, ενώ στις αναπτυγμένες χώρες το ποσοστό συμμετοχής τους φθάνει στο 95%, οδήγησε στην αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης σε παγκόσμιο επίπεδο, κατά τέτοιο τρόπο ώστε το επίπεδο ενεργειακής κατανάλωσης μίας χώρας να θεωρείται ενδεικτικό της οικονομικής της μεγέθυνσης και του βιοτικού επιπέδου των πολιτών της.

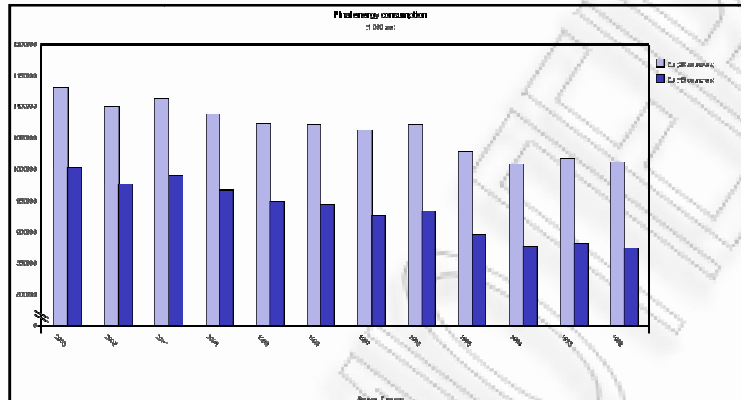
Η ενεργειακή κατανάλωση μιας χώρας χωρίζεται σε διάφορους τομείς, ο καθένας από τους οποίους φέρει το δικό του μερίδιο ευθύνης στην εξέλιξη τόσο της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, όσο και στην παραγωγή εκπομπών CO₂. Οι τομείς αυτοί προκύπτουν ανάλογα με τις οικονομικές δραστηριότητες που αναπτύσσονται στην κάθε χώρα και συνοπτικά περιλαμβάνουν: βιομηχανία, ηλεκτροπαραγωγή, μεταφορές, αγροτικός τομέας, υπηρεσίες (τριτογενής τομέας) και κτιριακός τομέας. Συνενώνοντας τον κτιριακό και τριτογενή τομέα σε έναν ενιαίο και εντάσσοντας την ηλεκτροπαραγωγή και τον αγροτικό τομέα στη βιομηχανικό τομέα καταλήγουμε στο παρακάτω συνοπτικό Διάγραμμα 2.1-1. Από εκεί προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο τομέας των μεταφορών που μας απασχολεί κατέχει ποσοστό στην καταναλισκόμενη ενέργεια που κυμαίνεται από 30% το 1991 έως 38% το 2002. Επομένως, είναι σαφής η αυξητική τάση που ακολουθεί το ποσοστό συμμετοχής των μεταφορών στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση, άρα και η ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, αύξησης της ενεργειακής απόδοσης και τελικά μείωση των εκπομπών CO₂. [1,12]



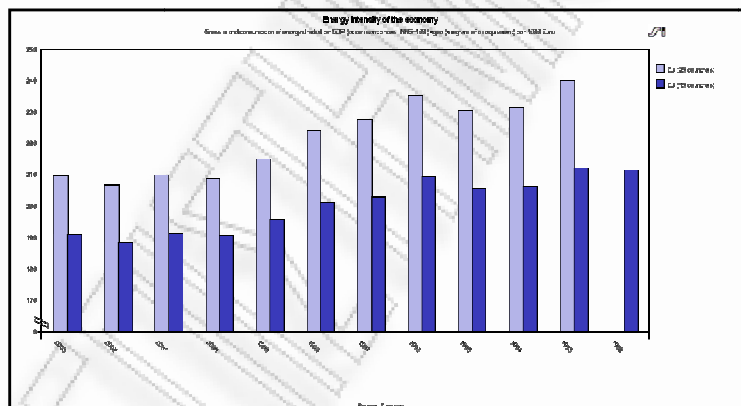
Διάγραμμα 2.1-1: Τελική ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατά τομέα [12]

2.2. Ενεργειακή κατανάλωση

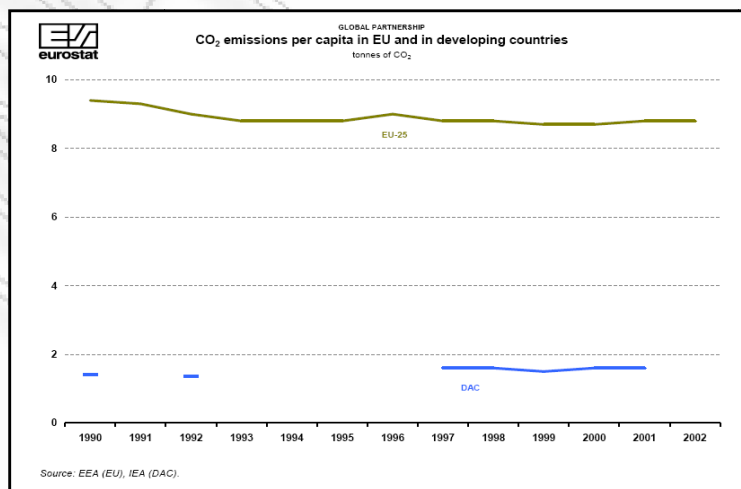
Η ενεργειακή κατανάλωση στο σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και παγκοσμίως, ακολουθεί αύξουσα τάση σε απόλυτες τιμές (Διάγραμμα 2.2-1), σε αντίθεση με την ενεργειακή ένταση που ακολουθεί πτωτική τάση (Διάγραμμα 2.2-2). Ως ενεργειακή ένταση ορίζεται ως ο λόγος της ενεργειακής κατανάλωσης μιας χώρας προς το ΑΕΠ της. Η αισθητή βελτίωση που παρατηρείται την τελευταία δεκαετία στην ενεργειακή ένταση, με εξαίρεση τις χρονιές 1996 και 2003, αποτυπώνεται στις κατά κεφαλήν εκπομπές CO₂ (Διάγραμμα 2.2-3), οι οποίες παρουσιάζουν μια μικρή γραμμική υποχώρηση. ^[1,12]



Διάγραμμα 2.2-1: Τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε. 1992-2003 [12]



Διάγραμμα 2.2-2: Ενεργειακή ένταση της οικονομίας στην Ε.Ε. 1992-2003 [12]



Διάγραμμα 2.2-3: Εκπομπές CO₂ κατά κεφαλήν στην Ε.Ε. 1990-2002 [12]

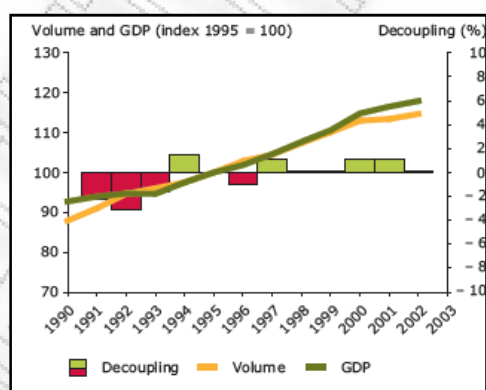
2.3. Μεταφορικό έργο

Η παγκόσμια αυτή τάση για αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας δεν θα μπορούσε να μην επηρεάσει και την κατανάλωση ενέργειας στον τομέα των μεταφορών. Η ταχύτατη διόγκωση της οικονομίας και οι συνεπαγόμενες μεταβολές στα πρότυπα παραγωγής και κατανάλωσης, είχαν ως συνέπεια τη ραγδαία αύξηση της ζήτησης υπηρεσιών μεταφοράς εμπορευμάτων και επιβατών.^[1]

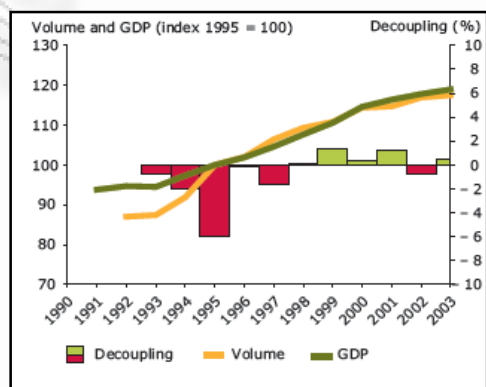
Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες τάσεις του όγκου των μεταφορών σε σύγκριση με οικονομικούς δείκτες, όπως το ΑΕΠ (GDP), με περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως εκπομπές αερίων ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου και τέλος με κοινωνικές επιπτώσεις.

2.3.1. Αποσύνδεση με την οικονομία

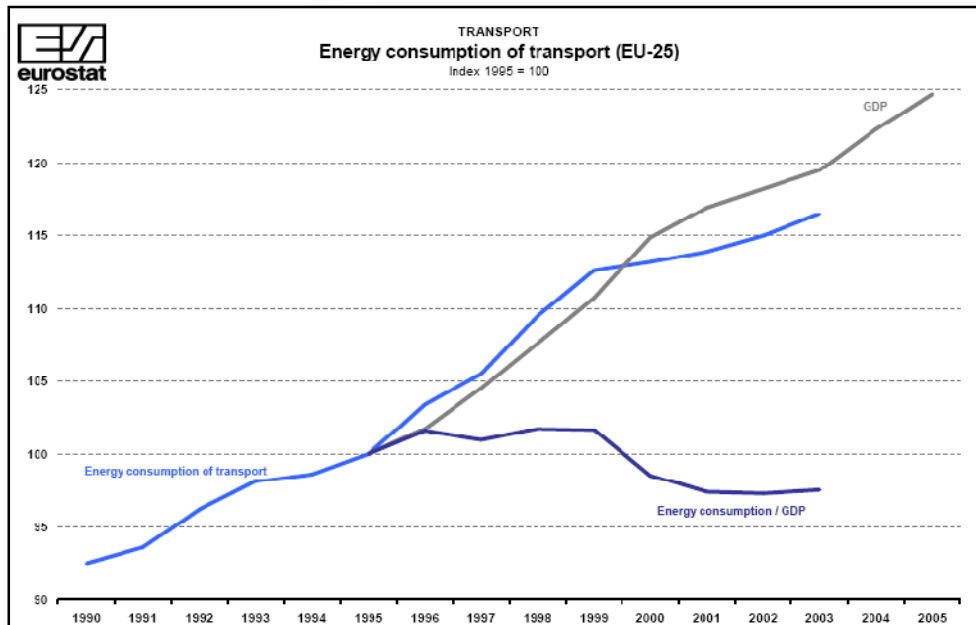
Η αποσύνδεση της αύξησης των μεταφορών από την οικονομική μεγέθυνση έχει αποτελέσει τον βασικό στόχο της πολιτικής μεταφορών της Ε.Ε. για πολλά έτη, αλλά ο στόχος αυτός δεν έχει επιτευχθεί ακόμη. Ο όγκος των μεταφορών στην Ε.Ε. αυξήθηκε σταθερά με τον ίδιο ή ταχύτερο ρυθμό από την οικονομία: ήτοι 20% για τη μεταφορά προσώπων και 30% για τη μεταφορά εμπορευμάτων. Στα παρακάτω Διαγράμματα παρουσιάζεται συγκριτικά με το ΑΕΠ της Ε.Ε. η εξέλιξη τα τελευταία χρόνια στην κατανάλωση ενέργειας για μεταφορές επιβατών και εμπορευμάτων. Παρατηρείται ότι μέχρι το 1996 η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για επιβάτες και για εμπορεύματα είναι ταχύτερη της αύξησης του ευρωπαϊκού ΑΕΠ. Αντίθετα, μετά το 1996 υπάρχει παράλληλη αύξηση για τις μεταφορές εμπορευμάτων και την οικονομία και ταχύτερη άνοδος της οικονομίας από την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για μεταφορές επιβατών. Στο Διάγραμμα 2.3-3 παρουσιάζεται η συμπεριφορά της ενεργειακής κατανάλωσης από τις συνολικές μεταφορές.^[12,13,14]



Διάγραμμα 2.3-1: Ενεργειακή κατανάλωση από μεταφορές εμπορευμάτων στην Ε.Ε. [14]



Διάγραμμα 2.3-2: Ενεργειακή κατανάλωση από μεταφορές επιβατών στην Ε.Ε. [14]

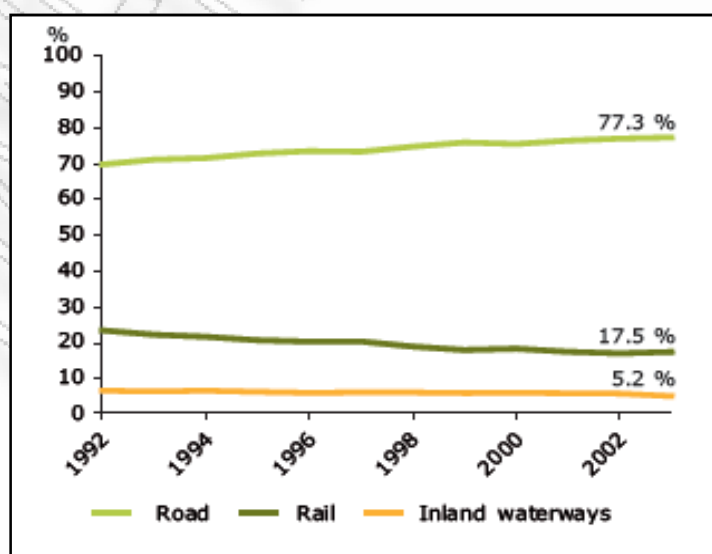


Διάγραμμα 2.3-3: Ενεργειακή κατανάλωση από μεταφορές στην Ε.Ε. [12]

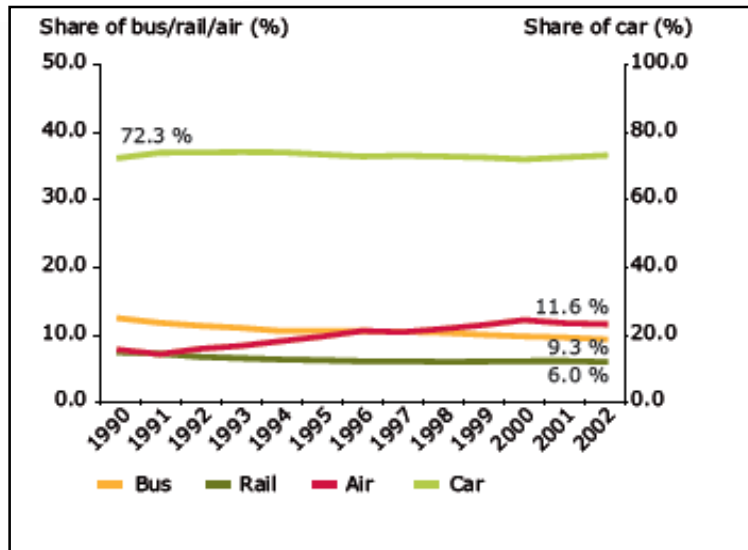
2.3.2. Ποσοστά χρήσης μέσω μεταφορών

Ένας βασικός στόχος της πολιτικής μεταφορών της Ε.Ε. είναι να σταθεροποιηθούν μέχρι το 2010 τα ποσοστά χρήσης των διάφορων μέσων μεταφοράς στα επίπεδα του έτους 1998. Ωστόσο, η ανάπτυξη των μεταφορών τη δεκαετία του 1990 χαρακτηρίζεται από την κυριαρχία των οδικών και αεροπορικών μέσων, ενώ όσον αφορά τα άλλα μέσα μεταφοράς όπως ο σιδηρόδρομος, τα λεωφορεία και οι μεταφορές μέσω εσωτερικών πλωτών οδών, παρατηρήθηκε μια τάση στασιμότητας ή ακόμη μείωσης της χρήσης τους. Οι αεροπορικές μεταφορές είναι ο ταχύτερα αναπτυσσόμενος τρόπος μεταφοράς με ετήσια ανάπτυξη ποσοστού άνω του 5%.

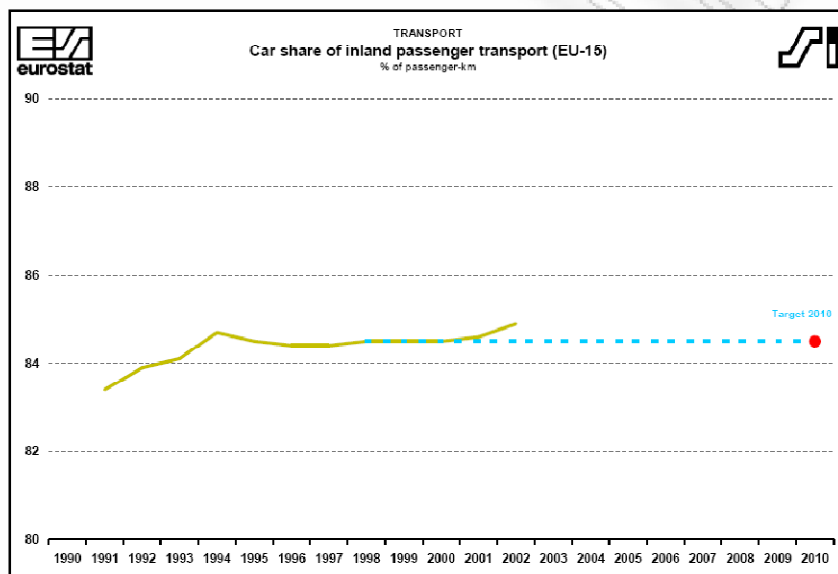
Παρακάτω παρουσιάζονται τα ποσοστά συμμετοχής του κάθε μέσου (οδικές μεταφορές, αεροπλοΐα, ναυσιπλοΐα, σιδηρόδρομοι) στις μεταφορές εμπορευμάτων και επιβατών (Διάγραμμα 2.3-4 και Διάγραμμα 2.3-5 αντίστοιχα), καθώς και οι σχετικοί στόχοι που έχει θέσει η Ε.Ε. για το έτος 2010 (Διάγραμμα 2.3-6, Διάγραμμα 2.3-7). [12,13,14]



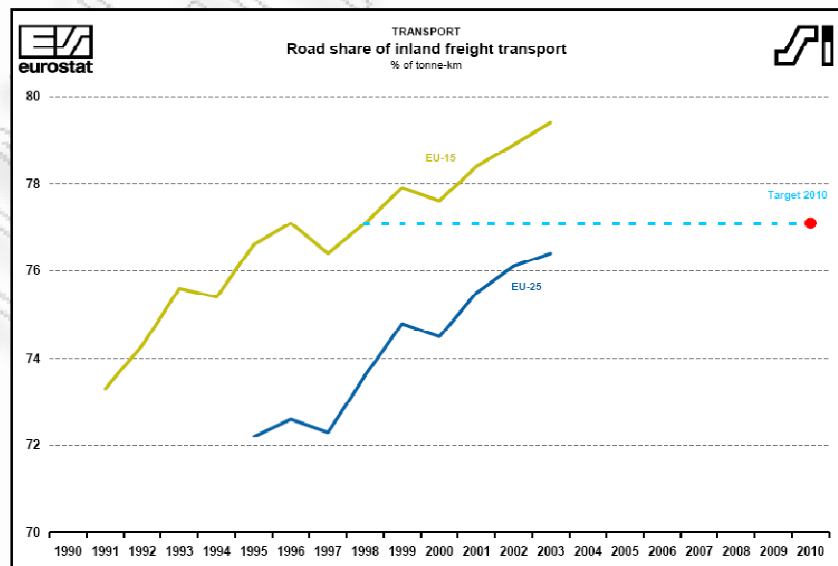
Διάγραμμα 2.3-4: Συμμετοχή μέσων στις μεταφορές εμπορευμάτων στην Ε.Ε. [14]



Διάγραμμα 2.3-5: Συμμετοχή μέσων στις μεταφορές επιβατών στην Ε.Ε. [14]



Διάγραμμα 2.3-6: Συμμετοχή οχημάτων στις εγχώριες μεταφορές επιβατών [12]



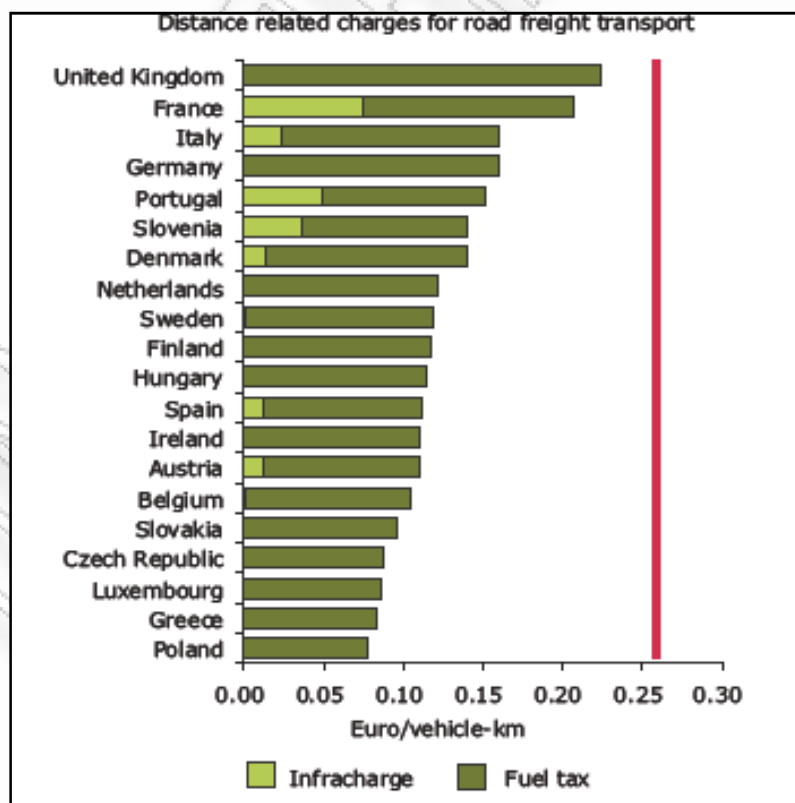
Διάγραμμα 2.3-7: Συμμετοχή οχημάτων στις εγχώριες μεταφορές εμπορευμάτων [12]

2.3.3. Οδικό δίκτυο

Την τελευταία δεκαετία, το οδικό δίκτυο επεκτάθηκε πάνω από 12000 km στα παλαιά κράτη μέλη και περίπου 1000 km στα νέα κράτη μέλη. Οι επενδύσεις για το διευρωπαϊκό δίκτυο μεταφορών της Ε.Ε. στόχευαν κυρίως στην πλήρωση των κενών όσον αφορά τα διασυννοριακά οδικά δίκτυα και τα σιδηροδρομικά δίκτυα υψηλής ταχύτητας. Το πρόγραμμα για το οδικό δίκτυο διατηρεί ένα μεγάλο προβάδισμα σε σύγκριση με εκείνο για το σιδηροδρομικό. Συνεπώς, το συνολικό μήκος των οδικών αρτηριών αυξήθηκε με ταχύ ρυθμό, ενώ η έκταση των συμβατικών σιδηροδρομικών υποδομών και των εσωτερικών πλωτών οδών μειώθηκε με βραδύ ρυθμό. [13,14]

2.3.4. Διάρθρωση τιμών

Μικρή πρόοδος έχει επιτευχθεί όσον αφορά την προσαρμογή των εξόδων μεταφοράς, με σκοπό την εσωτερικευση του εξωτερικού κόστους, η οποία θα συμβάλλει στη μείωση της συνολικής ζήτησης για μεταφορές και υποδομές μεταφορών, καθώς και στη βελτιστοποίηση του μεριδίου των μέσων μεταφοράς. Παραδείγματος χάρη, οι τιμές εξακολουθούν να ευνοούν τη χρήση του αυτοκινήτου ιδιωτικής χρήσεως αντί των δημόσιων συγκοινωνιών. Το συνολικό κόστος μεταφοράς με αυτοκίνητο, το οποίο καλύπτει τα έξοδα αγοράς και συντήρησης, παραμένει στάσιμο, ενώ τα έξοδα για άλλα μέσα μεταφοράς έχουν αυξηθεί. Συνεπώς μειώνεται η κινητικότητα των ατόμων που δεν διαθέτουν πρόσβαση σε αυτοκίνητο. Θεσπίζονται κανονισμοί για την είσπραξη μέρους των εξόδων υποδομής σιδηροδρομικών και οδικών μεταφορών και αυξάνονται οι κλήσεις για την καθιέρωση φόρου καυσίμου για τις πτήσεις εντός Ε.Ε.. Στο Διάγραμμα 2.3-8 παρουσιάζεται το κόστος οδικής μεταφοράς εμπορευμάτων ανά km στις χώρες της Ε.Ε. αναφορικά με την αναλογία ενδογενούς κόστους και φόρου καυσίμων. [13,14]

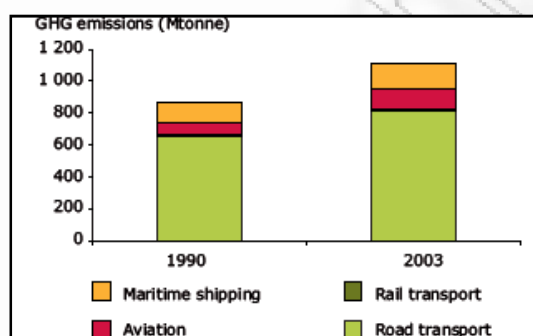


Διάγραμμα 2.3-8: Σχέση ενδογενούς κόστους και φόρου καυσίμων στο τελικό κόστος μεταφοράς εμπορευμάτων ανά km στις χώρες της Ε.Ε. [14]

2.3.5. Αύξηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Τα επιβατηγά αυτοκίνητα είναι πλέον πιο αποδοτικά. Ωστόσο η προκύπτουσα μείωση των εκπομπών CO₂ ειδικά των αυτοκινήτων υπερκαλύφθηκε από την ανάπτυξη των μεταφορών. Το αποτέλεσμα ήταν η καθαρή αύξηση κατά 20% των εκπομπών CO₂ των οδικών μεταφορικών μέσων.

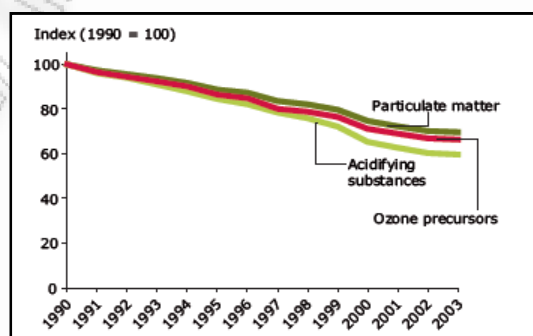
Η αεροπλοΐα συμβάλλει όλο και περισσότερο στην εκπομπή CO₂. Με την ταχεία αύξηση των αεροπορικών μεταφορών, ο αντίκτυπος στο κλίμα θα είναι μεγαλύτερος από τον αντίκτυπο των επιβατηγών αυτοκινήτων, ενώ από το 2030 και μετά προβλέπεται ότι ο αντίκτυπος θα είναι δύο φορές μεγαλύτερος. Η αεροπλοΐα όπως και η διεθνής ναυτιλία δεν υπόκεινται σε κανονιστικές διατάξεις στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου του Κιότο. Στο Διάγραμμα 2.3-9 παρουσιάζονται τα μερίδια κάθε μέσου μεταφορών στις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου του συνολικού κλάδου. Είναι προφανής η υπεροχή των οδικών μεταφορών, καθώς και η μεγάλη αύξηση (απόλυτη και σχετική) των αεροπορικών μεταφορών. [13,14]



Διάγραμμα 2.3-9: Μερίδια μέσων μεταφοράς στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου [14]

2.3.6. Μείωση εκπομπών επιβλαβών ρύπων

Υπήρξε σημαντική μείωση των εκπομπών επιβλαβών ρύπων από τα οδικά οχήματα, δηλαδή οξειδίων του θείου (SO_x), οξειδίων του αζώτου (NO_x) και αιωρούμενων σωματιδίων. Η μείωση αποδίδεται στα πρότυπα της Ε.Ε. για τις εκπομπές οδικών οχημάτων, τα οποία έχουν γίνει διαδοχικά αυστηρότερα από τις αρχές του 1990 και μετά και η διαδικασία αυτή συνεχίζεται. Οι εκπομπές των ρύπων που υπόκεινται στις κανονιστικές διατάξεις έχουν μειωθεί κατά 24% έως 35% (δεν περιλαμβάνονται η διεθνής αεροπλοΐα και η εμπορική ναυτιλία). Ωστόσο, παρά το ότι έχει μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλείται από τις οδικές μεταφορές, υφίστανται ακόμη σοβαρά προβλήματα ποιότητας του αέρα στις αστικές περιοχές. Απαιτούνται περαιτέρω πρωτοβουλίες προκειμένου να μειωθεί η έκθεση στους επιβλαβείς για την υγεία ρύπους. Στο Διάγραμμα 2.3-10 εμφανίζεται η αισθητή μείωση διαφόρων ρύπων σε σχέση με τα επίπεδα το 1990. [13,14]



Διάγραμμα 2.3-10: Συγκεντρώσεις εκπομπών επιβλαβών αστικών ρύπων 1990-2003 [14]

2.3.7. Αύξηση πιέσεων σε οικοτόπους

Οι υποδομές των μεταφορών ασκούν πιέσεις στους οικοτόπους και τη βιοποικιλότητα λόγω της άμεσης χρήσης της γης, των ενοχλήσεων από τον θόρυβο και το φως, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κατάτμησης των τοπίων. Με την επέκταση των υποδομών μεταφορών όλο και περισσότερες οριοθετημένες ζώνες φυσικού περιβάλλοντος θα υποστούν πιέσεις. Κατά μέσο όρο, περίπου το ήμισυ των περιοχών αυτών στην Ευρώπη πλήττονται ήδη από τις μεταφορές. Παρατηρούνται μεγάλες διαφορές μεταξύ των περιφερειών, οι οποίες συνδέονται στενά με τις διαφορές ως προς την πυκνότητα του πληθυσμού, αλλά από τον κλάδο των μεταφορών πλήττονται ακόμη και απομακρυσμένες περιοχές της Αρκτικής.^[13,14]

2.3.8. Συμπεράσματα

Παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις, οι οποίες επέφεραν σημαντικές βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση και τις περιβαλλοντικές επιδόσεις των μεταφορικών μέσων, τα προκύπτοντα οφέλη δεν είναι επαρκή για να αντισταθμίσουν τις επιπτώσεις από την αύξηση του μεταφορικού έργου. Τα τελευταία χρόνια, το μερίδιο ευθύνης των μεταφορών σε μία σειρά περιβαλλοντικών προβλημάτων αυξάνεται ταχύτερα σε σχέση με τους άλλους τομείς της οικονομίας. Ειδικότερα, η αποτελεσματική αντιμετώπιση της κλιματικής μεταβολής και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης προϋποθέτουν την ουσιαστική ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στην πολιτική για τις μεταφορές και τη μετατόπιση προς ένα μοντέλο «αιεφόρων μεταφορών». Οι επιπτώσεις στις χρήσεις γης, τη βιοποικιλότητα και τα επίπεδα θορύβου, καθώς και οι σοβαρές κοινωνικές επιπτώσεις από τα ατυχήματα, αποτελούν πρόσθετους -όχι λιγότερο σημαντικούς- λόγους που επιβάλλουν μία τέτοια πορεία.

Πέρα από τα παραδοσιακά τεχνολογικά μέτρα βελτίωσης των καυσίμων και των μεταφορικών μέσων, ανάπτυξης εναλλακτικών –περιβαλλοντικά φιλικών- καυσίμων και αναβάθμισης των υποδομών, αύξουσα σημασία αποδίδεται σήμερα σε μη τεχνικά μέτρα. Τα μέτρα αυτά έχουν ως στόχο την καλύτερη διαχείριση του κυκλοφοριακού φόρτου και τη μείωση της ζήτησης μεταφορικού έργου μέσω της μεταβολής της συμπεριφοράς παραγωγών και καταναλωτών και της αξιοποίησης της τηλεματικής και του διαδικτύου. Η σταδιακή ενσωμάτωση του εξωτερικού κόστους της μεταφορικής δραστηριότητας στις τιμές καυσίμων και μεταφορικών υπηρεσιών θεωρείται ότι θα δώσει ουσιαστική ώθηση προς την κατεύθυνση των αιεφόρων μεταφορών.^[1,13,14]

3. Ανάλυση προσδιοριστικών παραγόντων

3.1. Εισαγωγή

Μετά την ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του '70, οι περισσότερες αναπτυγμένες χώρες άρχισαν να επιχειρούν την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής τους εξάρτησης, αναζητώντας μέτρα και τεχνικές εξοικονόμησης των πεπερασμένων ενεργειακών πόρων, άρα και μείωση της σχετικής οικονομικής επιβάρυνσης. Η προσπάθεια στόχευε κυρίως στην προώθηση μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης και σε αρκετές περιπτώσεις επετεύχθησαν σημαντικές μειώσεις στην ενεργειακή ένταση των χωρών. Βέβαια, όπως αποδείχθηκε, αυτό δεν ήταν αποτέλεσμα μόνο της μειωμένης κατανάλωσης, αλλά και της επίδρασης άλλων παραγόντων που σχετίζονται με τους ρυθμούς και το γενικότερο προσανατολισμό της οικονομικής ανάπτυξης των συγκεκριμένων χωρών.

Από τη δεκαετία του '80, η ανάλυση αποσύνθεσης (decomposition analysis) όπως εναλλακτικά αποδίδεται η ανάλυση προσδιοριστικών παραγόντων, χρησιμοποιήθηκε εκτενώς σε μια προσπάθεια να εξηγηθούν τόσο οι ίδιοι οι μηχανισμοί, όσο και να ποσοτικοποιηθεί η σχετική συμβολή όλων των παραγόντων που συντελούν στη μεταβολή της κατανάλωσης ενέργειας. Ο στόχος ήταν να αξιοποιηθούν τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής και οι τάσεις του παρελθόντος, ώστε να συμβάλλουν στην εκτίμηση μελλοντικών τάσεων και στο σχεδιασμό κατάλληλων πολιτικών για την αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από την ενεργειακή χρήση.

Οι τεχνικές ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων εφαρμόστηκαν αρχικά στο βιομηχανικό τομέα, ο οποίος αποτελούσε την κύρια κατευθυντήρια δύναμη της οικονομικής ανάπτυξης και επιπλέον έναν από τους σημαντικότερους τομείς της τελικής ενεργειακής ζήτησης. Επιπλέον, η βιομηχανία αποδεικνύεται από τη φύση της πιο ευαίσθητη στη μεταβολή των τιμών της ενέργειας και πιο δεκτική σε τεχνικές και διαρθρωτικές αλλαγές και καινοτομίες.

Απ' τα μέσα της δεκαετίας του '90, η αυξανόμενη υποβάθμιση του περιβάλλοντος που παρατηρήθηκε σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο οδήγησε τους αναλυτές, αλλά και τους φορείς χάραξης πολιτικών, στον εντοπισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ενεργειακής χρήσης. Είχε πια σαφώς αναγνωριστεί ότι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης δεν αρκεί για την εξασφάλιση οικονομικής και κοινωνικής ευημερίας. Η ποιοτική διάσταση της ενέργειας ήταν πλέον το ζητούμενο.

Έτσι, η σημαντική περιβαλλοντική ανησυχία για τη διαρκή ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου συνέβαλε στην ανάδυση ενός νέου κρίσιμου ερωτήματος σχετικά με τον τρόπο απεμπλοκής των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τόσο από την οικονομική ανάπτυξη, όσο και από τη ενεργειακή κατανάλωση.

Ως απάντηση στις ανάγκες χάραξης νέων περιβαλλοντικών πολιτικών, η ανάλυση προσδιοριστικών παραγόντων έχει επεκταθεί με στόχο να διευκρινιστούν οι μηχανισμοί που επηρεάζουν τις μεταβολές εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και ειδικότερα του επικρατέστερου απ' αυτά, του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Στη βιβλιογραφία αναφέρονται πληθώρα σχετικών εφαρμογών, τροποποιημένες έτσι ώστε να υπολογίζουν εκπομπές αερίων που σχετίζονται με την ενεργειακή κατανάλωση ή την οικονομική ανάπτυξη χρησιμοποιώντας δεδομένα κατανάλωσης καυσίμων και κατάλληλους συντελεστές εκπομπής.^[19]

3.2. Μέθοδοι και τεχνικές

3.2.1. Ταξινόμηση

Οι πλέον γνωστές τεχνικές της ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων (ή ανάλυσης αποσύνθεσης) μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής δύο κατηγορίες:

A) *Τεχνικές βασισμένες σε ανάλυση εισροών-εκροών:*

Είναι σε θέση να αναγνωρίζουν την επίδραση των τεχνολογικών μεταβολών και των διαρθρωτικών αλλαγών στην κατανάλωση ενέργειας στα πλαίσια ενός μακροοικονομικού περιβάλλοντος. Παρά τις απλουστευτικές υποθέσεις τους, οι τεχνικές αυτές διακρίνονται από ένα έγκυρο θεωρητικό υπόβαθρο και παρέχουν λεπτομερή εικόνα για τη σχέση μεταξύ ενεργειακής χρήσης και μακροοικονομικών μεταβλητών. Το κύριο μειονέκτημά τους είναι ότι δεν επιτρέπουν τις διεθνείς συγκρίσεις, δεδομένου ότι οι πίνακες εισροών- εκροών των διαφόρων χωρών είναι δύσκολα συγκρίσιμοι μεταξύ τους ^[20,21].

B) *Τεχνικές βασισμένες σε απλές αλγεβρικές μεθόδους ή σε αθροιστικούς δείκτες:*

Αν και πολύ απλούστερες από τις παραπάνω και ενώ δεν διευκολύνουν την ερμηνεία σημαντικών μακροοικονομικών παραμέτρων, επιτυγχάνουν να προσδιορίσουν τους κρισιμότερους παράγοντες που επηρεάζουν αλλαγές στην ενεργειακή κατανάλωση. Επιπλέον, λόγω της απλότητάς τους, η συλλογή δεδομένων και οι υπολογισμοί διεξάγονται σχετικά εύκολα, ενώ επιτρέπουν και τις συγκρίσεις μεταξύ χωρών ^[20].

Ανάμεσα στις δύο κατηγορίες ανάλυσης αποσύνθεσης, αυτές που χρησιμοποιούν αθροιστικούς δείκτες είναι εμφανώς ευρύτερα χρησιμοποιούμενες, σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές. Ο κύριος λόγος της προτίμησης των αναλυτών στις τεχνικές βασισμένες σε δείκτες είναι αφενός οι χαμηλές απαιτήσεις σε δεδομένα και αφετέρου η ευκολία στην παρουσίαση χρονικών και συγκριτικών αναλύσεων με τη χρήση διαθέσιμων βάσεων δεδομένων, κατασκευασμένων με μια κοινή ταξινομημένη μορφοποίηση. Από την άλλη μεριά, το κύριο πλεονέκτημα των μοντέλων εισροών-εκροών είναι ότι, όντας πλέον λεπτομερείς, επιτρέπουν τη βαθύτερη κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τις υπό εξέταση αλλαγές, συμπεριλαμβάνοντας το μείγμα των προϊόντων στην τελική ζήτηση και το ρόλο του διεθνούς εμπορίου.

Παρά τις διαφορές τους, και οι δύο τεχνικές εφαρμόζονται είτε σε εθνικό επίπεδο ή αποκλειστικά για την παραγωγή, η οποία μπορεί να διαχωριστεί περαιτέρω σε διακριτούς βιομηχανικούς κλάδους. Αυτό οφείλεται στο ότι οι αθροιστικές τεχνικές βασίζονται στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (GDP) με τρόπο ώστε η προστιθέμενη αξία της βιομηχανίας να αντικατοπτρίζεται στο επίπεδο παραγωγής και προσδιορίζει την ενεργειακή ένταση πίσω από ενεργειακές αλλαγές και μεταβολές εκπομπών. Βέβαια, η θεώρηση αυτή δεν ισχύει για άλλους τομείς ενεργειακής κατανάλωσης, όπως οι μεταφορές και τα κτίρια, οι οποίοι καταλαμβάνουν ένα υπολογίσιμο και συνεχώς αυξανόμενο μερίδιο στην κατανάλωση ενέργειας, άρα και στην παραγωγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το πρόβλημα οφείλεται στη μη ύπαρξη νομισματικών -κυρίως- μονάδων για την αξιόπιστη αναπαραγωγή του επιπέδου παραγωγής των τομέων αυτών, ώστε αυτό να συνδεθεί αξιόπιστα με την ταξινόμηση που υιοθετείται στις ενεργειακές βάσεις δεδομένων. Το εμπόδιο αυτό αντιμετωπίζεται κυρίως με τη χρήση κατάλληλων φυσικών μονάδων που αντιπροσωπεύουν το επίπεδο της ενεργειακής κατανάλωσης και συνεπώς τις παραγόμενες εκπομπές. Όπως αποδεικνύεται, το επίπεδο παραγωγής σε φυσικά μεγέθη αποδίδει λεπτομερέστερα πληροφορίες σχετικά με ενδο-τομεακές διαρθρωτικές αλλαγές και συνεπώς παρέχει πλέον αξιόπιστες ενεργειακές τάσεις. Επιπλέον, διευκολύνεται έτσι η διακρατική σύγκριση, καθώς δεν εμπλέκονται μεταβολές τιμών και συναλλάγματος. ^[22]

3.2.2. Εξέλιξη

Στη συνέχεια, γίνεται μια αναφορά στις σημαντικότερες σχετικές προσεγγίσεις που έχουν αναπτυχθεί κατά το παρελθόν και αποτελούν τις βάσεις για τις νεότερες μελέτες.

Το 1983 οι Hankinson και Rhys ανέπτυξαν την πρώτη αλγεβρική μέθοδο για την εφαρμογή ανάλυσης τάσεων της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο βιομηχανικό τομέα. Στη συγκεκριμένη μελέτη υπολογίζεται η επίδραση ενέργειας μεταβλητών, όπως οι σχετικές τιμές ενέργειας και οι επενδύσεις σε έργα ενεργειακής εξοικονόμησης, στην κατανάλωση ηλεκτρικής μέσω της μεταβολής της ενεργειακής έντασης.^[23]

Στη συνέχεια, το 1987 οι Reitler, Rudolph & Schaefer (1987) πρότειναν τη μέθοδο RRS (από τα αρχικά τους) σαν βελτίωση της παραπάνω προσέγγισης. Η νέα αυτή μέθοδος αποσύνθεσης των βιομηχανικής ενεργειακής κατανάλωσης χρησιμοποιεί τρεις βασικές παραμέτρους: το επίπεδο παραγωγής (output level), την ενεργειακή ένταση (energy intensity) και τις διαρθρωτικές αλλαγές (structural change), ενώ απαιτεί αθροιστικά βιομηχανικά δεδομένα. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη μέθοδος προκάλεσε κάποια εύλογα ερωτηματικά κατά την εφαρμογή της. Αρχικά, όπως έδειξαν μεταγενέστερες μελέτες, η έννοια της ξεχωριστής επίδρασης κάποιου δεδομένου παράγοντα αποδίδεται καλύτερα με την επίδραση μιας μεταβολής του σε σχέση με την περίοδο βάσης, *ceteris paribus*, ενώ η μέθοδος RRS λαμβάνει τη μέση τιμή του παράγοντα μεταξύ των τιμών της περιόδου βάσης και της τελικής περιόδου. Ακόμη, ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι η RRS απέτυχε στην προσπάθεια να εισάγει με σαφήνεια τη διαρθρωτική αλλαγή ως μεταβλητή στην αλγεβρική εξίσωση. Έτσι, η μέθοδος παράγει εκτιμήσεις που βρίσκονται σε διακύμανση ως προς τα αποτελέσματα των μεθόδων που ενσωματώνουν τη μεταβλητή αυτή.^[24,25]

Λαμβάνοντας υπόψη τις αδυναμίες αυτές, το 1992 ο Se-Hark Park ανέπτυξε μια συνεπέστερη λογικά μέθοδο για την ανάλυση αποσύνθεσης της βιομηχανικής ενεργειακής κατανάλωσης, βασισμένη στην προσέγγιση αθροιστικών δεικτών Laspeyres. Εφαρμόζοντας τη μέθοδο αυτή για τα ίδια απλά αριθμητικά δεδομένα που χρησιμοποίησαν και οι Hankinson και Rhys στην RRS, έδειξε ότι οι δυο μέθοδοι παρέχουν εμφανώς διαφορετικά αποτελέσματα. Η διαφορά οφείλεται στον υπολογισμό της επίδραση της διαρθρωτικής παραμέτρου σαν υπόλοιπο μέσω της RRS, όπου περιέχονται και οι συνδυαστικές επιδράσεις άλλων παραμέτρων.^[25]

Οι Boyd et al παρουσίασαν το 1988 την προσέγγιση αθροιστικών δεικτών Divisia, χρησιμοποιώντας την για την ανάλυση των μεταβολών της ενεργειακής κατανάλωσης και συγκρίνοντας την αποτελεσματικότητά της με άλλες εφαρμοσμένες μεθόδους. Ακολούθησαν το 1990 οι JingWen Li et al.^[26]

Το 1991 οι Howarth et al ανέπτυξαν την προσέγγιση των δεικτών Laspeyres, η οποία επικρατούσε στις δημοσιεύσεις πριν το 1985. Η νέα αυτή μέθοδος πρωτοπορεί, καθώς αποτελεί την πρώτη απόπειρα ανάλυσης αποσύνθεσης μεταβολών στον ενεργειακό τομέα που συγκρίνει τάσεις ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ χωρών. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, η συνολική μεταφερόμενη ενέργεια ορίζεται ως το άθροισμα αυτής που παράγεται και αυτής που αγοράζεται, ενώ διαχωρίζεται κατά καύσιμο σε τρεις κατηγορίες (πετρέλαιο, ηλεκτρισμός και “άλλα καύσιμα”. Οι σχετικές επιδράσεις των μεταβολών της παραγωγής, της διάρθρωσης και της έντασης σε κάθε κατηγορία υπολογίζονται ξεχωριστά με βάση τη θεώρηση ότι οι άλλοι δύο παράγοντες μένουν σταθεροί και μεταβάλλεται μόνο ο ένας. Για παράδειγμα, στην εκτίμηση της επίδρασης της ενεργειακής έντασης στη συνολική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης θεωρείται ότι οι άλλοι δύο παράγοντες παραμένουν στα

επίπεδα της περιόδου βάσης και η διαφορά της κατανάλωσης που προκύπτει υπολογίζεται απ' τη μεταβολή της ενεργειακής έντασης. Ομοίως εκτιμάται και η συμβολή των υπόλοιπων παραγόντων. Σε περίπτωση που υπάρχει διαφορά μεταξύ του αθροίσματος των επιδράσεων των τριών παραγόντων και της συνολικής μεταβολής της ενεργειακής κατανάλωσης, αυτή αποδίδεται ως κατάλοιπο.^[27]

Τα τελευταία χρόνια οι προσεγγίσεις Divisia και Laspeyres αποτελούν τις συχνότερα χρησιμοποιούμενες μεθόδους ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων και πρέπει να τονιστεί ότι τα αποτελέσματα που λαμβάνονται απ' την εφαρμογή τους σε ίδια ενεργειακά συστήματα μοιάζουν εντυπωσιακά. Αξιοσημείωτες διαφορές υπάρχουν μόνο στη δυσμενή περίπτωση κατά την οποία τα κατάλοιπα που προκύπτουν κρίνονται σημαντικά, κι αυτό συμβαίνει κυρίως στην προσέγγιση Laspeyres, όπου -εν αντιθέσει με την Divisia- οι τιμές είναι σταθεροποιημένες και συνεπώς ο σχετικός κίνδυνος μεγαλύτερος.

Γενικά, η ύπαρξη καταλοίπων αποτελεί κοινό πρόβλημα των μεθόδων ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων. Μάλιστα, στις περισσότερες μελέτες τα κατάλοιπα παραλείπονται και δεν λαμβάνονται υπόψη στα εξαγόμενα αποτελέσματα, γεγονός που, σε πολλές περιπτώσεις, οδηγεί σε αρκετά μεγάλα υπολογιστικά σφάλματα. Σε κάποιες άλλες μελέτες, με κυριότερη αυτή του Park το 1992, αποδίδονται ως όροι αλληλεπίδρασης των παραγόντων και εξετάζονται αθροιστικά στα αποτελέσματα της ανάλυσης, ως ένας συνολικός όρος αλληλεπιδράσεων που κατέχει συγκεκριμένο ποσοστό συμβολής. Παρόλα αυτά, αφήνονται και πάλι πολλά ερωτηματικά για την πλήρη ερμηνεία της επίδρασής τους.

Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε από σχετική μελέτη του Sun το 1998 για τις μεταβολές στην παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση. Σε αυτήν, ο Sun προτείνει μια νέα μέθοδο ανάλυσης, τη λεγόμενη Refined Laspeyres Index, προσδιορίζοντάς την χαρακτηριστικά ως πλήρη ανάλυση αποσύνθεσης (complete decomposition analysis). Η νέα αυτή τεχνική παρακάμπτει το πρόβλημα εμφάνισης καταλοίπων στην τελική εξίσωση, κατανέμοντάς αυτά ισόποσα στις επιδράσεις κάθε μεμονωμένου παράγοντα. Η θεώρηση αυτή βασίζεται στην αρχή ότι τα κατάλοιπα αυτά δημιουργούνται από κοινού και κατανέμονται ισόποσα, ενώ εκφράζεται μέσω της χρήσης ενός μοντέλου εξισώσεων δύο παραγόντων. Με τον τρόπο αυτό, αναπτύχθηκε ένα αξιόπιστο και ακριβές μοντέλο ανάλυσης, το οποίο στη συνέχεια υιοθέτησαν πολλοί αναλυτές και αποτελεί τη σημαντικότερη ίσως εξέλιξη στις νεότερες μεθόδους ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων.^[28]

Μια εναλλακτική αντιμετώπιση του προβλήματος των καταλοίπων δόθηκε το 1997 από τους Ang & Choi με τη μέθοδο Long-Mean Divisia Index Method II, γνωστή και ως μέθοδος τέλειας αποσύνθεσης (perfect decomposition). Με τη μέθοδο αυτή δεν προκύπτουν κατάλοιπα από την επίλυση αθροιστικών δεικτών.^[29]

Όμως και η μέθοδος αυτή υστερεί, αφού αποτυγχάνει στο βαθμό συνέπειας της συνάθροισης των αποτελεσμάτων. Αυτό αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα όταν η μέθοδος εφαρμόζεται σε επίπεδο υποενοότητας (τομέα, χώρας, καυσίμου), διότι η συνάθροιση των αποτελεσμάτων κάθε υποενοότητας δεν αποδίδει με συνέπεια το βαθμό συνάθροισης ολόκληρης της ενότητας. Η λύση στο πρόβλημα της συνάθροισης δόθηκε από τη βελτιωμένη μέθοδο των Ang & Liu το 2000. Η νέα μέθοδος Long-Mean Divisia Index Method I, η οποία αναφέρεται ως τέλεια στην αποσύνθεση και συνεπώς στη συνάθροιση, διαφέρει ως προς την προηγούμενη ως προς τη χρήση άλλων δεικτών (Vartia I αντί Vartia II).^[30]

Άλλη μια μορφή τέλειας αποσύνθεσης, δηλαδή χωρίς κατάλοιπα στην συνάθροιση των επιδράσεων των προσδιοριστικών παραγόντων, αποτελεί και η μέθοδος των

Albrecht et al που δημοσιεύθηκε το 2002 και βασίζεται στη μέθοδο του Shapley από το 1953. Η τελευταία βασίζεται –περιληπτικά– σε μια θεώρηση συμμετρίας μεταξύ των επιδράσεων κάθε μεταβλητής, η οποία τελικώς ικανοποιεί πλήρως τις απαιτήσεις της τέλει αποσύνθεσης.^[31]

3.2.3. Ανασκόπηση προγενέστερων μελετών

Οι Ang & Zhang δημοσίευσαν το 2000 μια ανασκόπηση όλων των ενεργειακών και περιβαλλοντικών μελετών ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων που έλαβαν χώρα μεταξύ 1978 και 1999. Από την έρευνα αυτή προέκυψε ότι πραγματοποιήθηκαν συνολικά 124 σχετικές μελέτες, οι οποίες διαφοροποιούνται ως προς την επιλεγμένη προσέγγιση (πολλαπλασιαστική ή αθροιστική), τη μέθοδο αποσύνθεσης (Divisia, Laspeyres ή άλλη), τον τομέα εφαρμογής (ενεργειακή κατανάλωση ή εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου), την περιοχή και το επίπεδο διαχωρισμού του ενεργειακού τομέα που εξετάζεται, το είδος αθροιστικών δεικτών (ποσοτικοί, αναλογικοί ή άλλοι). Αναφορικά με το είδος της εφαρμογής, το μεγαλύτερο μερίδιο καταλαμβάνουν οι μελέτες της ενεργειακής κατανάλωσης και εξ αυτών η συντριπτική πλειοψηφία αφορά μελέτες του βιομηχανικού κλάδου. Αντίθετα, η ανάλυση προσδιοριστικών παραγόντων με πεδίο εφαρμογής τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου επεκτάθηκε σχετικά πρόσφατα. Ωστόσο, κατά την περίοδο 1992-1999 οι μελέτες σχετικά με τις εκπομπές αερίων -κυρίως CO₂- αυξήθηκαν αλματωδώς, κατέχοντας σημαντικό μερίδιο, της τάξης του 34% του συνόλου των μελετών. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει το ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της ενέργειας και την έντονη ανησυχία για την πορεία της παρατηρούμενης κλιματικής αλλαγής.

Από τις μεθόδους ανάλυσης που εφαρμόστηκαν στις δημοσιευμένες μελέτες, διαπιστώθηκε ότι δημοφιλέστερη είναι η προσέγγιση Laspeyres, αν και το μερίδιό της στις πιο πρόσφατες μελέτες έχει μειωθεί αισθητά. Συγκεκριμένα, για τις μελέτες της περιόδου 1992-1999, η προσέγγιση Laspeyres κατέχει μερίδιο 45%, η προσέγγιση Divisia 28% και όλες οι υπόλοιπες 27%.^[32]

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες μελέτες αναφέρονται σε μελέτες του ενεργειακού συστήματος μιας χώρας. Αυτό οφείλεται κυρίως στη σύγχυση που δημιουργείται από την ασυμβατότητα των διαθέσιμων δεδομένων. Πάντως, η χρήση των μεθόδων αθροιστικών δεικτών έδωσε την ευκαιρία, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, για μελέτη που συγκρίνουν αποτελέσματα σε περισσότερες από μία χώρες.

Οι Ang, Liu & Chew προχώρησαν το 2003 σε μια συγκριτική μελέτη των μεθόδων τέλει αποσύνθεσης, συγκεκριμένα μεταξύ των Refined Laspeyres Index του Sun, Long-Mean Divisia Index Method II των Ang & Choi, Long-Mean Divisia Index Method I των Ang & Liu και της Shapley value του Albrecht. Αποδείχθηκε μαθηματικά ότι οι μέθοδοι των Sun και Albrecht αποδίδουν ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα και οι θεωρήσεις τους σχετικά με τα κατάλοιπα συγκλίνουν στις ίδιες εξισώσεις κατανομής. Αν τελικά, όπως αποδεικνύεται στην πορεία, η μέθοδος Refined Laspeyres Index του Sun έχει χρησιμοποιηθεί σε περισσότερες μελέτες, αυτό μάλλον οφείλεται στο ότι είναι ευκολότερα κατανοητή, στο ότι η μέθοδος Laspeyres Index ήταν ήδη πιο δημοφιλής, ιδίως σε οικονομικούς και στατιστικούς αναλυτές.^[33]

Τέλος, το 2005 ο Ang προχώρησε σε μια νέα ανασκόπηση όλων των προσεγγίσεων και των μεθόδων ανάλυσης αποσύνθεσης που προαναφέρθηκαν, αλλά και των λοιπών, λιγότερο γνωστών προσεγγίσεων, με σκοπό να προτείνει την πλέον κατάλληλη για διαμόρφωση και χάραξη πολιτικών. Κατέληξε σε κάποια

συμπεράσματα κατά περίπτωση, ορίζοντας όμως τέσσερα κριτήρια που καθορίζουν την επιλογή. Αυτά είναι: α) το θεωρητικό υπόβαθρο, β) η προσαρμοστικότητα στα δεδομένα της εφαρμογής, η ευκολία στη χρήση (μαθηματική επίλυση και εύρος εφαρμογής) και δ) η ευκολία στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Όλες οι παράμετροι πρέπει να εξετάζονται κατά περίπτωση.^[34]

3.3. Μελέτες σχετικές με τις μεταφορές

Από το σύνολο των μελετών με αντικείμενο, όχι την ενεργειακή κατανάλωση, αλλά την ανάλυση των εκπομπών CO₂, οι περισσότερες αφορούν το βιομηχανικό κλάδο. Σημαντική θέση κατέχουν και οι μελέτες που αφορούν το συνολικό ενεργειακό φάσμα μιας χώρας, στις οποίες εξετάζονται οι εκπομπές αερίων από όλους τους κλάδους - με ή χωρίς την ηλεκτροπαραγωγή. Σχετικές μελέτες έχουν γίνει και για τα ενεργειακά συστήματα πολλών χωρών για διάφορα διαστήματα. Μια τέτοια ανάλυση έγινε και για το ελληνικό ενεργειακό σύστημα από την ομάδα του Εργαστηρίου Βιομηχανικής και Ενεργειακής Οικονομίας του Ε.Μ.Π. το 2005.^[22]

Στις παραπάνω μελέτες, οι μεταφορές αποτελούν ένα σημαντικό τομέα κατανομής των εκπομπών αερίων. Γενικά, όμως, απουσιάζουν μελέτες που να αναλύουν τις μεταφορές ως αυτόνομο κλάδο και να εμβαθύνουν την ανάλυση προσδιοριστικών παραγόντων σε ένα εσωτερικό επίπεδο τομέων των μεταφορών. Ακόμα περισσότερο απουσιάζουν οι συγκριτικές μελέτες μεταξύ χωρών αναφορικά με την αποσύνθεση των εκπομπών αερίων από τους κλάδους των μεταφορών.

Πάντως, στη βιβλιογραφία αναφέρονται και τέτοιες απόπειρες, οι σημαντικότερες από τις οποίες αναφέρονται στη συνέχεια. Χαρακτηριστικό, βέβαια, είναι ότι αποτελούν κατά κανόνα διαφορετικές προσεγγίσεις της ανάλυσης αποσύνθεσης. Ακόμα, σε πολλές περιπτώσεις δε στοχεύουν στον καταμερισμό των επιδράσεων των διαφόρων προσδιοριστικών παραγόντων, αλλά στην αποσύνδεση των εκπομπών από κάποια οικονομικά ή ενεργειακά μεγέθη, όπως το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, ο πληθυσμός, η ενεργειακή ένταση (κλάδων ή καυσίμων) ή άλλες τάσεις.

Πλέον χαρακτηριστική και σημαντική περίπτωση είναι η μελέτη των Scholl, Schipper & Kiang το 1996 από το International Energy Studies του Lawrence Berkeley Laboratory, η οποία αποτελεί μια συγκριτική ανάλυση της ενεργειακής κατανάλωσης και των εκπομπών αερίων σε εννέα χώρες του ΟΟΣΑ. Συγκεκριμένα, εξετάζεται πως πέντε μεταβλητές συνεισφέρουν στη συνολική κατανάλωση ενέργειας και εμμέσως στην παραγωγή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου μεταξύ 1973 και 1992 στις εξής χώρες: ΗΠΑ, Ιαπωνία, Γαλλία, Δυτική Γερμανία, Ιταλία, Ηνωμένο Βασίλειο, Δανία, Νορβηγία, Σουηδία. Οι πέντε αυτοί παράγοντες είναι: το απόλυτο μεταφορικό έργο, η διάρθρωση των μεταφορών σε κλάδους, η ένταση των εκπομπών CO₂, η ενεργειακή ένταση κάθε κλάδου και το μείγμα καυσίμων κάθε κλάδου. Βέβαια, η ένταση των εκπομπών CO₂ είναι συνάρτηση των δύο τελευταίων παραγόντων, αλλά λαμβάνεται σαν αυτόνομη γιατί δεν δύναται να υπολογισθεί σωστά σαν συνάρτηση των άλλων δύο. Να σημειωθεί ότι η μελέτη εξετάζει έξι συνολικά κλάδους των μεταφορών, αλλά αναφέρεται αποκλειστικά στις μεταφορές επιβατών. Οι τέσσερις κύριοι κλάδοι είναι ελαφρά οχήματα, βαριά οχήματα, σιδηρόδρομοι και αεροπλοΐα, ενώ δευτερευόντως εξετάζονται τα δίκυκλα και η ναυσιπλοΐα. Το μαθηματικό μοντέλο που ακολουθήθηκε είναι ανάλυση αποσύνθεσης σύμφωνα με το μοντέλο αθροιστικών δεικτών κατά Howarth et al, το οποίο αφήνει στην τελική συνάρτηση κάποια κατάλοιπα, όπως προαναφέρθηκε. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι αρκετά

αξιόπιστα, ενώ επίσης επιτρέπουν απ' ευθείας συγκρίσεις μεταξύ κρατών, πράγμα που είναι το ζητούμενο για τους αναλυτές χάραξης πολιτικών.^[35]

Το 1997 δημοσιεύθηκε η μελέτη των Lakshamanan & Han με θέμα την ανάλυση προσδιοριστικών για τον εντοπισμό των κρίσιμων παραγόντων που επηρεάζουν την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στο μεταφορικό τομέα των ΗΠΑ στο διάστημα 1970-1991. Εδώ μελετώνται ξεχωριστά οι μεταφορές επιβατών και οι μεταφορές εμπορευμάτων, μέσω της εισαγωγής μια άλλης προσέγγισης στην ανάλυση αποσύνθεσης αθροιστικών δεικτών που δεν βασίζεται ούτε στη μέθοδο Divisia, ούτε στη μέθοδο Laspeyres. Εξετάζεται όλο το φάσμα των μεταφορών επιβατών, χωρισμένο σε κλάδους, ως προς την επίδραση της ενεργειακής έντασης κάθε κλάδου, της διάρθρωσης σε κλάδους, της τάσης των ανθρώπων για μετακίνηση, της αύξησης του πληθυσμού και ενός παράγοντας αλληλεπίδρασης όλων των υπολοίπων. Αντίστοιχα για τις μεταφορές εμπορευμάτων οι παράγοντες είναι επίσης η ενεργειακή ένταση και η διάρθρωση σε κλάδους, αλλά και η αύξηση του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος, η ένταση του ΑΕΠ στις μεταφορές, καθώς και ο παράγων κοινής αλληλεπίδρασης. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν, εκτός από τα αναμενόμενα, δηλαδή τις αυξητικές τάσεις διαχρονικά των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τις μεταφορές και της αύξησης του μεριδίου των μεταφορών στην ενεργειακή κατανάλωση, συνοψίζονται περιληπτικά στα εξής. Οι κύριοι αυξητικοί παράγοντες είναι για τους επιβάτες η αύξηση του πληθυσμού και η ανθρώπινη τάση για μετακίνηση, ενώ για τα εμπορεύματα είναι η αύξηση του ΑΕΠ. Ο διαρθρωτικός παράγοντας είναι λιγότερο σημαντικός, αλλά αξιοσημείωτο είναι ότι σταδιακά μειώνει την επίδρασή του για στις μεταφορές επιβατών, ενώ την αυξάνει σημαντικά στις μεταφορές εμπορευμάτων. Επίσης, η ενεργειακή ένταση συμβάλει αρνητικά και με σημαντικό μερίδιο στις μεταφορές επιβατών, ενώ αντίθετα συμβάλει θετικά και μικρό μερίδιο στις μεταφορές εμπορευμάτων.^[36]

Μια πρόσφατη ενδιαφέρουσα μελέτη είναι αυτή του Kwon από το 2005, ο οποίος μελετά τις επιδράσεις των προσδιοριστικών παραγόντων στις εκπομπές CO₂ από τις μετακινήσεις με επιβατικό όχημα στη Μεγάλη Βρετανία στο διάστημα 1970-2000. Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιείται μια μέθοδος, που εισήχθη το 1990 από τους Ehrlich & Ehrlich, η οποία βασίζεται στην εξίσωση IPAT. Πάνω σε αυτήν την εξίσωση εφαρμόζεται τελικά η μέθοδος αποσύνθεσης LMDI I των Ang & Liu από το 2001. Από την εξίσωση (Impact = (Population) x (Affluence) x (Technology), προκύπτει ότι η επίδραση (I) στο περιβάλλον, δηλαδή οι εκπομπές CO₂ από τις μετακινήσεις με αυτοκίνητο, κατανέμεται στους εξής προσδιοριστικούς παράγοντες: (P) η αύξηση του πληθυσμού (population), (A) η βελτίωση της ευημερίας που εκφράζεται σαν διανυμένη απόσταση ανά όχημα και άτομο (car trip distance per capita) και σαν ρυθμός κατοχής οχήματος (occupancy rate), (T) η βελτίωση της τεχνολογίας που συνυπολογίζεται από την απόδοση καυσίμου (fuel efficiency), το μείγμα καυσίμου (fuel mix) και το συντελεστής εκπομπών CO₂ καυσίμου (CO₂ emission factor). Τα συνοπτικά αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι η αύξηση των εκπομπών CO₂ οφείλεται κατά κύριο λόγο στον παράγοντα (A), δηλαδή στην αυξανόμενη διανυμένη απόσταση ανά όχημα και άτομο, ενώ ο τεχνολογικός παράγοντας εκφράζεται αρνητικά, με τη μείωση του βαθμού εκπομπών CO₂ ανά όχημα. Τέλος, ο πληθυσμός δεν επηρεάζει ουσιαστικά τη μεταβολή των εν λόγω εκπομπών CO₂.^[37]

4. Μεθοδολογία

4.1. Παρουσίαση μεθόδου

Η μέθοδος που ακολουθείται στη συγκεκριμένη εργασία για την αποσύνθεση των εκπομπών CO₂ βασίζεται στη χρήση αθροιστικών δεικτών κατά το πρότυπο Lasreyres, αρχικά εισηγμένη από τους Howarth et al και Park, σύμφωνα με την τροποποίηση του Sun.^[22]

Το μοντέλο αυτό στοχεύει στον υπολογισμό της συνεισφοράς κάθε προσδιοριστικού παράγοντα στη μεταβολή των εκπομπών CO₂ σε εθνικό επίπεδο για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα σε κάθε ενεργειακό σύστημα

Για την πληρότητα της ανάλυσης και για την περαιτέρω διευκρίνιση της συνεισφοράς κάθε τομέα στην συνολική μεταβολή υιοθετήθηκαν δύο αναλυτικά επίπεδα:

- a) Το επίπεδο της Ακαθάριστης Εγχώριας Κατανάλωσης (Gross Inland Consumption - GIC). Στο επίπεδο αυτό, η ηλεκτροπαραγωγή -συμπεριλαμβανομένης της θέρμανσης- θεωρείται ως ένας ξεχωριστός τομέας με το δικό του μερίδιο ευθύνης και συνεπώς, σε συμμόρφωση με τη δομή του ενεργειακού ισοζυγίου ισορροπίας, η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια στους τομείς της τελικής ζήτησης δεν λαμβάνεται υπόψη.
- b) Το επίπεδο της Τελικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (Final Energy Consumption - FC). Στο επίπεδο αυτό, η συμβολή της ηλεκτροπαραγωγής στις εκπομπές CO₂ αποδίδεται στους τομείς τελικής κατανάλωσης ανάλογα με το μερίδιό τους στην κατανάλωση ηλεκτρισμού και θέρμανσης. Με τον τρόπο αυτό ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής δεν εξετάζεται χωριστά, αλλά παράλληλα υπολογίζεται ένας επιπλέον προσδιοριστικός παράγοντας που αναφέρεται στη διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής.

Και για τα δύο αναλυτικά επίπεδα προσδιορίζεται, για κάθε τομέα, η επίδραση της μεταβολής τριών βασικών παραγόντων στη μεταβολή των εκπομπών CO₂: του επιπέδου παραγωγής, της ενεργειακής έντασης και του μείγματος των καυσίμων. Ειδικά για το επίπεδο της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης (FC) προσδιορίζεται επιπλέον και η επίδραση του τέταρτου παράγοντα, δηλαδή της διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής.

1) Επίπεδο παραγωγής (*activity level*)

Οι εκπομπές CO₂ επηρεάζονται σημαντικά από το επίπεδο παραγωγής κάθε ενεργειακού τομέα. Το επίπεδο παραγωγής αποδίδεται σε απόλυτες τιμές με οικονομικές (π.χ. ως μερίδιο του ΑΕΠ) ή φυσικές μονάδες, ανάλογα με τον παραγωγικό τομέα. Καθορίζεται κυρίως από την ανάπτυξη και τις μεταβολές της κατανάλωσης των παραγόμενων αγαθών ή υπηρεσιών. Η αύξηση του επιπέδου της παραγωγής αυξάνει τις εκπομπές CO₂ αν οι υπόλοιπες παράμετροι διατηρηθούν σταθερές.

2) Ενεργειακή ένταση (*energy intensity*)

Η ενεργειακή ένταση ή απόδοση, δηλαδή η μεταβολή του λόγου της κατανάλωσης ενέργειας προς το ύψος της παραγωγής, επηρεάζει τις διακυμάνσεις των εκπομπών CO₂ σε κάθε ενεργειακό τομέα. Μπορεί να οφείλεται σε πλήθος παραγόντων, όπως η ορθολογική χρήση και η εξοικονόμηση ενέργειας, οι επενδύσεις σε ενεργειακά αποδοτικότερο εξοπλισμό και τα βελτιωμένα ενεργειακά μείγματα.

3) Μείγμα καυσίμου (share of fuel)

Οι μεταβολές στη σύσταση του μείγματος καυσίμου κάθε τομέα και του ενεργειακού συστήματος συνολικά έχουν την ιδιαιτερότητα ότι οδηγούν σε μεταβολή των εκπομπών CO₂ ακόμα και αν η κατανάλωση ενέργειας παραμένει σταθερή. Αυτό συμβαίνει διότι κάθε καύσιμο έχει διαφορετικό συντελεστή εκπομπής και συνεπώς είναι περιβαλλοντικά ωφέλιμο να αυξάνεται το μερίδιο των «καθαρότερων καυσίμων» στο ενεργειακό μείγμα. Στην αντίθετη περίπτωση, η προσκόλληση στα συμβατικά καύσιμα επιδρά αρνητικά στις εκπομπές CO₂.

4) διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής (electricity generation structure)

Οι μεταβολές στο μείγμα καυσίμων της ηλεκτροπαραγωγής και στην ενεργειακή της ένταση επηρεάζουν τις εκπομπές CO₂ για κάθε ενεργειακό τομέα που καταναλώνει ηλεκτρισμό. Οι εν λόγω εκπομπές CO₂ ελαττώνονται όταν μεγιστοποιείται η απόδοση των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και όταν αυτή καταναλώνει λιγότερο ή καθόλου ρυπογόνα καύσιμα (όπως το φυσικό αέριο ή οι ανανεώσιμες πηγές).

4.1.1. Επίπεδο Ακαθάριστης Εγχώριας Κατανάλωσης (GIC)

Στο επίπεδο της Ακαθάριστης Εγχώριας Κατανάλωσης, η μεταβολή των εκπομπών CO₂ του τομέα i , στη χρονική περίοδο $[0 - t]$ (ΔC_{t-0}) ορίζεται ως το άθροισμα της επίδρασης του επιπέδου παραγωγικής δραστηριότητας (A_{t-0}^i), της επίδρασης της ενεργειακής έντασης (Δef_{t-0}^i) και της επίδρασης του μείγματος των καυσίμων (Δsf_{t-0}^i):

$$\Delta C_{t-0}^i = \Delta A_{t-0}^i + \Delta ef_{t-0}^i + \Delta sf_{t-0}^i \quad (1)$$

Καθένας από τους παραπάνω αναφερόμενους παράγοντες περιλαμβάνει όχι μόνο τη μεταβολή στην αντίστοιχη παράμετρο (κάτω από συνθήκες *ceteris paribus*), αλλά και τις συνδυασμένες επιδράσεις από τις ταυτόχρονες μεταβολές στις εξεταζόμενες παραμέτρους, οι οποίες κατανέμονται ισότιμα στους εμπλεκόμενους παράγοντες:

$$\Delta A_{t-0}^i = (A_t^i - A_0^i) \cdot ef_0^i \cdot \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot f^j + \frac{1}{2} \cdot (R_{A,e}^i + R_{A,s}^i) + \frac{1}{3} \cdot R_{A,e,s}^i \quad (2)$$

$$\Delta ef_{t-0}^i = A_0^i \cdot (ef_t^i - ef_0^i) \cdot \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot f^j + \frac{1}{2} \cdot (R_{A,e}^i + R_{e,s}^i) + \frac{1}{3} \cdot R_{A,e,s}^i \quad (3)$$

$$\Delta sf_{t-0}^i = A_0^i \cdot ef_0^i \cdot \left(\sum_{j=1}^m s_t^{i,j} \cdot f^j - \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot f^j \right) + \frac{1}{2} \cdot (R_{A,s}^i + R_{e,s}^i) + \frac{1}{3} \cdot R_{A,e,s}^i \quad (4)$$

όπου:

$A_{t,0}^i$: το επίπεδο παραγωγής (activity level) του τομέα i , σε χρόνο t ή 0 , αντίστοιχα

$ef_{t,0}^i$: η ενεργειακή ένταση (energy intensity) του τομέα i , σε χρόνο t ή 0 , αντίστοιχα

$s_{t,0}^{i,j}$: το μείγμα καυσίμου j (share of fuel) του τομέα i , σε χρόνο t ή 0 , αντίστοιχα

f^j : ο συντελεστής εκπομπής (emission factor) του καυσίμου j .

Τα κατάλοιπα (residuals) ή όροι αλληλεπίδρασης που εμφανίζονται στις εξισώσεις (2), (3) και (4) αναφέρονται στις συνδυασμένες επιδράσεις των ανωτέρω παραμέτρων και προσδιορίζονται ως εξής:

$$R_{A,e}^i = (A_t^i - A_0^i) \cdot (ef_t^i - ef_0^i) \cdot \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot f^j \quad (5)$$

$$R_{A,s}^i = (A_t^i - A_0^i) \cdot ef_0^i \cdot \left(\sum_{j=1}^m s_t^{i,j} \cdot f^j - \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot f^j \right) \quad (6)$$

$$R_{e,s}^i = A_0^i \cdot (ef_t^i - ef_0^i) \cdot \left(\sum_{j=1}^m s_t^{i,j} \cdot f^j - \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot f^j \right) \quad (7)$$

$$R_{A,e,s}^i = (A_t^i - A_0^i) \cdot (ef_t^i - ef_0^i) \cdot \left(\sum_{j=1}^m s_t^{i,j} \cdot f^j - \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot f^j \right) \quad (8)$$

Το συνολικό αποτέλεσμα σε εθνικό επίπεδο εξάγεται αθροίζοντας κάθε προσδιοριστικό παράγοντα από τους k συνεισφέροντες τομείς:

$$\Delta C_{t-0}^{GIC} = \sum_{i=1}^k \Delta A_{t-0}^i + \sum_{i=1}^k \Delta ef_{t-0}^i + \sum_{i=1}^k \Delta sf_{t-0}^i \quad (9)$$

4.1.2. Επίπεδο Τελικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (FC)

Στο επίπεδο της Τελικής Ενεργειακής Κατανάλωσης, η ανάλυση περιλαμβάνει τους τομείς τελικής ζήτησης ενέργειας και τα διυλιστήρια πετρελαίου. Τα τελευταία λαμβάνονται υπόψη όπως και οι άλλοι τομείς ζήτησης, καθώς, για λόγους απλοποίησης, οι εκπομπές που συνδέονται με τη διαδικασία της διύλισης δεν έχουν αποδοθεί στα παραγόμενα πετρελαϊκά προϊόντα. Αντιθέτως, ο ηλεκτρισμός και η θέρμανση σε κάθε τομέα ορίζονται με ένα συντελεστή εκπομπής f_u , κυμαινόμενο στο χρόνο σύμφωνα με το ενεργειακό μείγμα της ηλεκτροπαραγωγής και της θέρμανσης και την απόδοση (ενεργειακή ένταση) του ίδιου τομέα σε κάθε έτος αναφοράς. Έτσι, ο μέσος συντελεστής εκπομπής f^i του τομέα i εξαρτάται από το συντελεστή εκπομπής f_u και το ενεργειακό μείγμα που καταναλώνει ο συγκεκριμένος τομέας i .

Για παράδειγμα, στο αρχικό έτος αναφοράς 0 ο συντελεστή εκπομπής f_u ορίζεται:

$$f_u^i = e_0^i \cdot \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot f_0^{i,j} \quad (10)$$

Η θεώρηση αυτή συνεπάγεται ότι η ανάλυση αποσύνθεσης συνυπολογίζει την επίδραση ενός πρόσθετου παράγοντα προσδιορισμού των μεταβολών στο ενεργειακό μείγμα, αυτόν της διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής (Δf_u). Με τον τρόπο αυτό, το μοντέλο ανακατασκευάζεται ως εξής:

$$\Delta C_{t-0}^i = +\Delta A_{t-0}^i + \Delta e_{t-0}^i + \Delta sf_{t-0}^i + \Delta f_u^i \quad (11)$$

Οι τέσσερις, πλέον, προσδιοριστικοί παράγοντες που περιλαμβάνονται στην εξίσωση (11) υπολογίζονται έκαστος με τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\begin{aligned} \Delta A_{t-0}^i &= (A_t^i - A_0^i) \cdot e_0^i \cdot \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot f_0^{i,j} + \frac{1}{2} \cdot (R_{A,e}^i + R_{A,s}^i + R_{A,f}^i) \\ &+ \frac{1}{3} \cdot (R_{A,e,s}^i + R_{A,e,f}^i + R_{A,s,f}^i) + \frac{1}{4} \cdot R_{A,e,s,f}^i \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \Delta e_{t-0}^i &= A_0^i \cdot (e_t^i - e_0^i) \cdot \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot f_0^{i,j} + \frac{1}{2} \cdot (R_{A,e}^i + R_{e,s}^i + R_{e,f}^i) \\ &+ \frac{1}{3} \cdot (R_{A,e,s}^i + R_{A,e,f}^i + R_{e,s,f}^i) + \frac{1}{4} \cdot R_{A,e,s,f}^i \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \Delta s_{t-0}^i &= A_0^i \cdot e_0^i \cdot \sum_{j=1}^m (s_t^{i,j} - s_0^{i,j}) \cdot f_0^{i,j} + \frac{1}{2} \cdot (R_{A,s}^i + R_{e,s}^i + R_{s,f}^i) \\ &+ \frac{1}{3} \cdot (R_{A,e,s}^i + R_{A,s,f}^i + R_{e,s,f}^i) + \frac{1}{4} \cdot R_{A,e,s,f}^i \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \Delta fu_{t-0}^i = & A_0^i \cdot e_0^i \cdot \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot (f_t^{i,j} - f_0^{i,j}) + \frac{1}{2} \cdot (R_{A,f}^i + R_{e,f}^i + R_{s,f}^i) \\ & + \frac{1}{3} \cdot (R_{A,e,f}^i + R_{A,s,f}^i + R_{e,s,f}^i) + \frac{1}{4} \cdot R_{A,e,s,f}^i \end{aligned} \quad (15)$$

Τα κατάλοιπα που περιλαμβάνονται στις εξισώσεις (12) ως (15) αναφέρονται στη συνδυασμένη επίδραση των παραμέτρων και προσδιορίζονται ως εξής:

$$R_{A,e}^i = (A_t^i - A_0^i) \cdot (e_t^i - e_0^i) \cdot \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot f_0^{i,j} \quad (16)$$

$$R_{A,s}^i = (A_t^i - A_0^i) \cdot e_0^i \cdot \sum_{j=1}^m (s_t^{i,j} - s_0^{i,j}) \cdot f_0^{i,j} \quad (17)$$

$$R_{A,f}^i = (A_t^i - A_0^i) \cdot e_0^i \cdot \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot (f_t^{i,j} - f_0^{i,j}) \quad (18)$$

$$R_{e,s}^i = A_0^i \cdot (e_t^i - e_0^i) \cdot \sum_{j=1}^m (s_t^{i,j} - s_0^{i,j}) \cdot f_0^{i,j} \quad (19)$$

$$R_{e,f}^i = A_0^i \cdot (e_t^i - e_0^i) \cdot \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot (f_t^{i,j} - f_0^{i,j}) \quad (20)$$

$$R_{s,f}^i = A_0^i \cdot e_0^i \cdot \sum_{j=1}^m (s_t^{i,j} - s_0^{i,j}) \cdot (f_t^{i,j} - f_0^{i,j}) \quad (21)$$

$$R_{A,e,s}^i = (A_t^i - A_0^i) \cdot (e_t^i - e_0^i) \cdot \sum_{j=1}^m (s_t^{i,j} - s_0^{i,j}) \cdot f_0^{i,j} \quad (22)$$

$$R_{A,e,f}^i = (A_t^i - A_0^i) \cdot (e_t^i - e_0^i) \cdot \sum_{j=1}^m s_0^{i,j} \cdot (f_t^{i,j} - f_0^{i,j}) \quad (23)$$

$$R_{A,s,f}^i = (A_t^i - A_0^i) \cdot e_0^i \cdot \sum_{j=1}^m (s_t^{i,j} - s_0^{i,j}) \cdot (f_t^{i,j} - f_0^{i,j}) \quad (24)$$

$$R_{e,s,f}^i = A_0^i \cdot (e_t^i - e_0^i) \cdot \sum_{j=1}^m (s_t^{i,j} - s_0^{i,j}) \cdot (f_t^{i,j} - f_0^{i,j}) \quad (25)$$

$$R_{A,e,s,f}^i = (A_t^i - A_0^i) \cdot (e_t^i - e_0^i) \cdot \sum_{j=1}^m (s_t^{i,j} - s_0^{i,j}) \cdot (f_t^{i,j} - f_0^{i,j}) \quad (26)$$

Η μεταβολή των εκπομπών σε εθνικό επίπεδο βάσει του μοντέλου της Τελικής Κατανάλωσης (FC) υπολογίζεται αθροίζοντας κάθε προσδιοριστικό παράγοντα από τους n συνεισφέροντες τομείς:

$$\Delta C_{t-0}^{FC} = \sum_{i=1}^n \Delta A_{t-0}^i + \sum_{i=1}^n \Delta e_{t-0}^i + \sum_{i=1}^n \Delta s_{t-0}^i + \sum_{i=1}^n \Delta fu_{t-0}^i \quad (27)$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι συνολικές εκπομπές που υπολογίζονται με το μοντέλο της Τελικής Κατανάλωσης δεν αναμένεται να συμπίπτουν ακριβώς με αυτές της Ακαθάριστης Εγχώριας Κατανάλωσης, επειδή οι ιδιωτικές ηλεκτρικές χρήσεις, καθώς και οι τυχόν απώλειες κατά τη διανομή αφήνονται έξω από την ανάλυση. Εντούτοις, τα εξαγόμενα αποτελέσματα του δευτέρου επιπέδου ανάλυσης προσθέτουν πολύτιμες πληροφορίες σε αυτές που αποκτούνται με το πρώτο, κι αυτό γιατί διαφωτίζουν τις πραγματικές αλλαγές στην επίδραση της ενεργειακής έντασης και στις τεχνολογικές επιλογές των τελικών καταναλωτών ενέργειας σε εθνικό επίπεδο.

4.1.3. Επιλογή μεθόδου

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε να εφαρμοσθεί η ανάλυση προσδιοριστικών παραγόντων σύμφωνα με το μοντέλο αθροιστικών δεικτών κατά Laspeyres και συγκεκριμένα η ανάλυση στο επίπεδο της Τελικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (Final Energy Consumption – FC) για την αποσύνθεση των εκπομπών CO₂ από τον τομέα των μεταφορών τις περιόδους 1980-1990 και 1990-2002 για τις δεκαπέντε χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (έως το 2002).

Η επιλογή του επιπέδου της Τελικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (FC) για την ανάλυση έγινε, αφενός για λόγους ευκολίας και αφετέρου λόγω της ιδιαιτερότητας του τομέα των μεταφορών που μελετάται. Εφόσον δεν μελετάται όλο το ενεργειακό σύστημα μιας χώρας, αλλά μόνο ένας τομέας -οι μεταφορές- δεν μπορεί να θεωρηθεί η ηλεκτροπαραγωγή σαν αυτόνομος ενεργειακός τομέας, όπως θεωρεί το επίπεδο της Ακαθάριστης Εγχώριας Κατανάλωσης (GIC). Όμως, ο τομέας των μεταφορών καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια σε δύο τουλάχιστον υποτομείς αυτού, δηλαδή τους σιδηρόδρομους και τις μεταφορές μέσω αγωγών (όπου εφαρμόζονται αυτές). Συνεπώς, η ανάλυση πρέπει να γίνει σύμφωνα με το επίπεδο της Τελικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (FC).

4.2. Δεδομένα

Το μοντέλο της Τελικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (FC) του Laspeyres απαιτεί τριών ειδών δεδομένα για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂ της κάθε χώρας και του κάθε υποτομέα των μεταφορών, αλλά και για την αποσύνθεση αυτών στις παραπάνω τέσσερις επιδράσεις για τα υπό εξέταση χρονικά διαστήματα. Ο Πίνακας 4.2-1 παρουσιάζει τα δεδομένα αυτά, καθώς και τις πηγές προέλευσής τους. ^[15,16,18]

Δεδομένα	Μονάδες	Πηγή
Μεταφορικό έργο	Mio tkm/pkm	EUROSTAT [16]
Κατανάλωση καυσίμου	ktoe	OECD [15]
Συντελεστής εκπομπής CO ₂ καυσίμου	t CO ₂ / TJ	IPPC, UK GGI [18]

Πίνακας 4.2-1: Δεδομένα εισαγωγής στο αναλυτικό μοντέλο

4.2.1. Μεταφορικό έργο

Το ενεργειακό σύστημα που επιλέγεται για διερεύνηση, δηλαδή οι μεταφορές, χωρίζονται σε υποσυστήματα στα οποία εφαρμόζεται η ανάλυση προσδιοριστικών παραγόντων. Τα υποσυστήματα που μελετώνται ορίζονται εδώ:

- a) οδικές μεταφορές (road)
- b) σιδηρόδρομοι (railway)
- c) εγχώρια ναυσιπλοΐα (navigation)
- d) αεροπλοΐα (aviation)
- e) μεταφορές μέσω αγωγών (pipeline)

Το μεταφορικό έργο κάθε κλάδου των μεταφορών μετριέται κατά περίπτωση, ανάλογα με το αν πρόκειται για μεταφορά επιβατών ή εμπορευμάτων. Έτσι, όταν πρόκειται για μεταφορές επιβατών (passenger transport) η μονάδα μέτρησης είναι το επιβατοχιλιόμετρο (p-km), ενώ όταν πρόκειται για μεταφορές εμπορευμάτων (freight transport) η μέτρηση γίνεται σε τοννοχιλιόμετρα (t-km).

Οι τομείς που εμφανίζουν ιδιαιτερότητα είναι ο κλάδος των οδικών μεταφορών, που περιλαμβάνει δημόσια και ιδιωτικά αυτοκίνητα, φορτηγά οχήματα κάθε μεγέθους και δίκυκλα, καθώς και ο τομέας των σιδηροδρομικών μεταφορών. Όπως είναι προφανές, θα πρέπει να ληφθούν ταυτόχρονα υπόψη οι μεταφορές επιβατών και εμπορευμάτων. Επειδή δεν είναι δυνατόν να γίνει άθροιση δύο διαφορετικών μονάδων, αναζητήθηκε ένα μέγεθος που να εκφράζει αξιόπιστα το μεταφορικό έργο και να είναι συγκρίσιμο μεταξύ κρατών. Επιλέχθηκε η χρήση του καθαρού βάρους μετακίνησης (Net Mass Movement - NMM), μια θεώρηση σύζευξης των μεταφορικών κινήσεων επιβατών και εμπορευμάτων, όχι όπως αρχικά εισήχθη από τον Peak το 1994, αλλά όπως τελικά αναθεωρήθηκε το 2001 από τον Stead. Ο υπολογισμός του NMM γίνεται σε ισοδύναμα t-km, σύμφωνα με τη σύμβαση ότι ένα p-km διαιρείται διά 11.11 και το πηλίκο προστίθεται στα καθαρά t-km. Η σύμβαση αυτή προκύπτει από τη θεώρηση ότι ένας επιβάτης μαζί με τις αποσκευές του ζυγίζει κατά μέσο όρο 90 kg, ενώ το όποιο μεταφορικό μέσο χρησιμοποιείται δεν λαμβάνεται υπόψη σαν μεταφερόμενη μάζα, όπως π.χ. στη θεώρηση του ακαθάριστου βάρους μετακίνησης (Gross Mass Movement - GMM).^[17]

Ο κλάδος της αεροπλοΐας εξετάζεται αποκλειστικά ως προς τις μεταφορές επιβατών. Η παραδοχή αυτή γίνεται γιατί αφενός οι μεταφορές εμπορευμάτων σε αυτούς τους τομείς αγνοούνται συγκριτικά με τις μεταφορές επιβατών και αφετέρου γιατί δεν είναι σωστά καταγεγραμμένες. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι για το μεταφορικό έργο της αεροπλοΐας έχει γίνει μια επιπλέον παραδοχή, ώστε να αποδοθούν τα μετρούμενα p-km σε κάθε χώρα με το δυνατόν καλύτερο τρόπο, αφού τέτοια δεδομένα δεν είναι μετρήσιμα. Τα μόνα διαθέσιμα δεδομένα μεταφορικού έργου είναι η επιβατική κίνηση κάθε αεροδρομίου (σε αριθμό επιβατών) και η κίνηση των αεροπορικών εταιριών σε p-km. Αφού το τελευταίο είναι το ζητούμενο μέγεθος, γίνεται η παραδοχή ότι η κίνηση κάθε χώρας ισούται με την κίνηση των αεροπορικών εταιριών που έχουν σαν βάση τη χώρα αυτή. Στο παρελθόν η παραδοχή αυτή ήταν αρκετά κοντά στην πραγματικότητα, καθώς σε πολλές χώρες δραστηριοποιούνταν μια εθνική (συνήθως) εταιρία, η οποία εξυπηρετούσε εξ ολοκλήρου την εσωτερική κίνηση και μοιράζονταν εξίσου με τις άλλες τη σύνδεση με το εξωτερικό. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελούσε και η Ελλάδα. Βέβαια, από τη δεκαετία του '90 η πραγματικότητα απομακρύνεται συνεχώς από την παραδοχή αυτή. Όμως για την έρευνα αυτή που εξετάζει το διάστημα 1980-2002, ως θεωρήσουμε τα δεδομένα αυτά και την παραδοχή αυτή ως ό,τι πιο αντιπροσωπευτικό.

Αντίθετα, ο κλάδος της εγχώριας ναυσιπλοΐας και ο κλάδος των μεταφορών μέσω αγωγών θεωρούνται αποκλειστικά τομείς μεταφοράς εμπορευμάτων, για αυτό και τα δεδομένα δίνονται σε t-km. Οι μεταφορές επιβατών μέσω της εγχώριας ναυσιπλοΐας, αν και καθόλου αμελητέες για αρκετές χώρες, όπως π.χ. η Ελλάδα, δεν είναι σωστά καταγεγραμμένες, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν αξιόπιστα δεδομένα για να ληφθούν υπόψη ή σε κάποιες χώρες να μην υπάρχουν καθόλου δεδομένα. Επομένως, θεωρήθηκε πιο σωστό να γίνει η ανάλυση με βάση τα δεδομένα μόνο για τις μεταφορές εμπορευμάτων μέσω της εγχώριας ναυσιπλοΐας, στην οποία για κάποιες χώρες (κεντρική Ευρώπη) εντάσσονται και οι μεταφορές μέσω ποταμών, εκτός από τις θαλάσσιες μεταφορές. Σημειώνεται ότι εξετάζεται μόνο η εγχώρια ναυσιπλοΐα γιατί οι (σημαντικές σε μέγεθος) εκπομπές CO₂ της διεθνούς ναυσιπλοΐας δεν μπορούν να χρεωθούν σαφώς σε κάποια χώρα, ενώ η όποια εκτίμηση θα ήταν παραπλανητική. Επίσης, η διεθνής ναυσιπλοΐα δεν υπόκειται στις διατάξεις του Πρωτοκόλλου του Κιότο για τη μείωση των εκπομπών CO₂, επομένως οι εκπομπές αυτές δεν πρέπει να υπολογισθούν στην ανάλυση αποσύνθεσης.

4.2.2. Συντελεστές εκπομπής CO₂

Οι εκπομπές CO₂ που προκύπτουν από την κατανάλωση των καυσίμων μπορούν να υπολογισθούν με τη βοήθεια των κατάλληλων συντελεστών εκπομπής. Μέσω αυτών αντιστοιχίζονται οι εκπομπές CO₂ με την παραγόμενη ενέργεια από την κατανάλωση του κάθε καυσίμου, για αυτό και εκφράζονται σε μονάδες tnCO₂/toe ή tnCO₂/TJ. Οι συγκεκριμένοι συντελεστές εκπομπής μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν ένας δείκτης καθαρότητας των καυσίμων. Προφανώς, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν μηδενικό συντελεστή εκπομπής CO₂. Εκεί εντάσσονται κατά σύμβαση και οι διάφορες μορφές βιομάζας (φυτικής προέλευσης), καθώς με την καύση τους εκπέμπουν υπό μορφή CO₂ τον άνθρακα που έχουν δεσμευμένο μέσα τους, χωρίς να επηρεάζουν το ισοζύγιο άνθρακα στη γη. Ο Πίνακας 4.2-2 παρουσιάζει τους διάφορους συντελεστές εκπομπής που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. ^[18]

καύσιμο	tn CO ₂ / TJ
<i>στερεά</i>	
Coking Coal	94,60
Other Bituminous Coal & Anthracite	94,60
Patent Fuel	94,60
BKB/Peat Briquettes	94,60
Sub-Bituminous Coal	96,07
Anthracite	98,27
Lignite/Brown Coal	101,20
Petroleum Coke	100,83
Peat	105,97
Coke Oven Coke and Lignite Coke	108,17
<i>καυσαέρια</i>	
Coke Oven Gas	47,67
Gas Works Gas	55,82
Blast Furnace Gas / Oxygen Steel Furnace Gas	242,00
<i>βιομάζα / αστικά απόβλητα</i>	
Industrial Wastes	16,75
Municipal Wastes Renewables	0,00
Municipal Wastes Non-Renewables	16,75
Primary Solid Biomass	0,00
Biogas	112,20
Liquid Biomass	0,00
<i>υγρά</i>	
Natural Gas	56,10
Ethane	61,60
Natural Gas Liquids	63,07
Liquefied Petroleum Gases (LPG)	63,07
Refinery Gas	66,73
Motor Gasoline	69,30
Aviation Gasoline	70,79
Kerosene type Jet Fuel	71,50

Other Kerosene	71,87
Gas/Diesel Oil	74,07
Refinery Feedstocks	73,33
Naphtha	73,33
Crude Oil	73,33
Other Petroleum Products	73,33
Heavy Fuel Oil	77,37
Bitumen	80,67

Πίνακας 4.2-2: Συντελεστές εκπομπής CO₂ καυσίμων [18]

4.2.3. Συντελεστής εκπομπής CO₂ ηλεκτροπαραγωγής

Οι ίδιοι συντελεστές χρησιμοποιήθηκαν και για τον υπολογισμό ενός εθνικού συντελεστή εκπομπής για την ηλεκτροπαραγωγή, ο οποίος μεταβάλλεται χρονικά σε κάθε χώρα, ανάλογα με την ενεργειακή ένταση της ηλεκτροπαραγωγής. Η τελευταία εξαρτάται από το μείγμα καυσίμου που καταναλώνεται και από την όποια εξέλιξη της τεχνολογίας. Για τον υπολογισμό του συντελεστή αυτού χρησιμοποιήθηκαν:

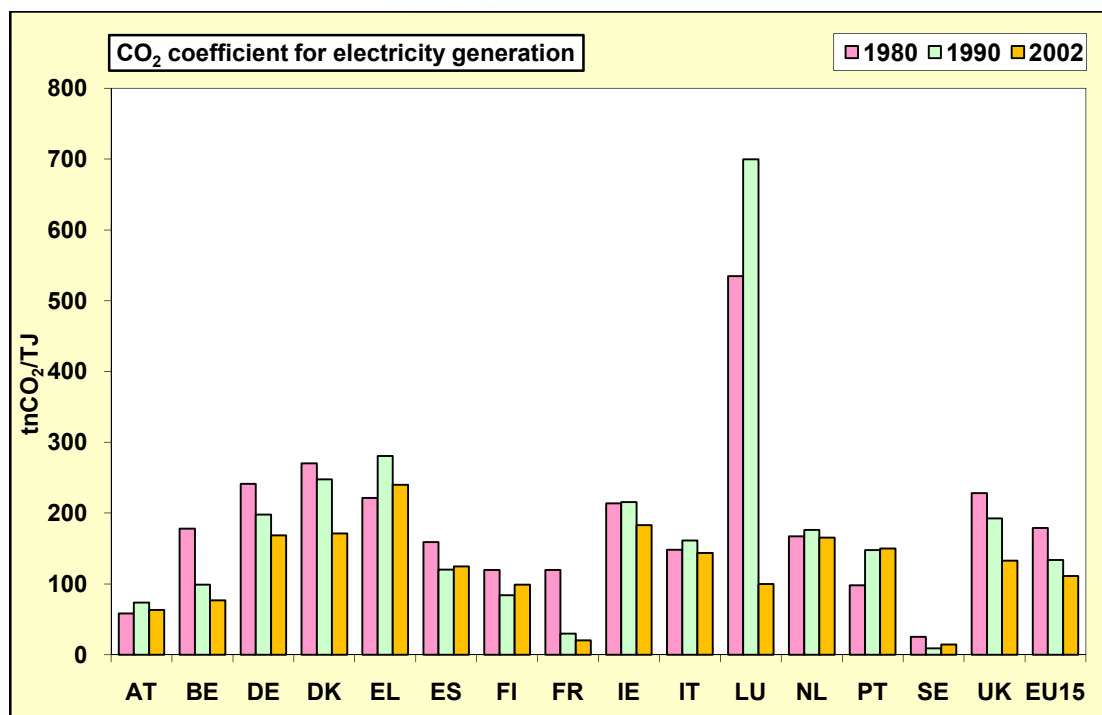
- οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις (ktoe) κάθε χώρας σε στερεά ή υγρά καύσιμα ή ανανεώσιμες πηγές για την ηλεκτροπαραγωγή,
- η συνολική ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (GWh).
- οι παραπάνω συντελεστές εκπομπής CO₂ κάθε καυσίμου (tnCO₂/toe)

Τα ακριβή δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και οι λεπτομερείς υπολογισμοί του συντελεστή εκπομπής CO₂ ηλεκτροπαραγωγής για κάθε χώρα και έτος παρατίθενται στο Παράρτημα. Ο Πίνακας 4.2-3 και το Διάγραμμα 4.2-1 παρουσιάζουν ποσοτικά και γραφικά αντίστοιχα τα αποτελέσματα για τις 15 χώρες μέλη της Ε.Ε. για τα τρία εξεταζόμενα έτη.

Είναι χαρακτηριστικό, ότι ο μέσος αυτός συντελεστής εκπομπής ηλεκτροπαραγωγής κάθε χώρας μειώνεται με την πάροδο των χρόνων, δηλαδή βελτιώνεται, για όλες τις χώρες πλην της Αυστρίας, της Ελλάδος και της Πορτογαλίας.

tnCO ₂ /TJ	1980	1990	2002
AT	58,3	73,6	63,2
BE	178,2	98,8	77,0
DE	241,2	198,0	168,6
DK	270,4	247,9	171,4
EL	221,4	280,5	240,2
ES	159,0	120,0	124,7
FI	119,6	84,0	98,9
FR	120,0	29,8	20,4
IE	213,8	215,4	183,0
IT	148,3	161,2	143,7
LU	534,5	699,6	100,0
NL	167,4	176,2	165,3
PT	97,9	147,6	150,2
SE	25,2	8,8	14,4
UK	228,2	192,6	132,7
EU15	178,9	134,0	111,1

Πίνακας 4.2-3: Συντελεστής εκπομπής CO₂ ηλεκτροπαραγωγής σε tnCO₂/TJ



Διάγραμμα 4.2-1: Συντελεστής εκπομπής CO₂ ηλεκτροπαραγωγής σε tnCO₂/TJ

4.2.4. Έλλειψη δεδομένων

Πριν παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων που πραγματοποιήθηκε για τις εκπομπές CO₂ από τις μεταφορές στις 15 χώρες-μέλη της Ε.Ε. θα πρέπει να σημειωθούν κάποιες ιδιαιτερότητες που οφείλονται σε έλλειψη δεδομένων, ώστε να μην υπάρξουν παρερμηνείες.

Κάποια δεδομένα μεταφορικού έργου, δεν ήταν διαθέσιμα. Επομένως, για τα περιπτώσεις αυτές δεν έχουν υπολογισθεί οι μεταβολές στις εκλυόμενες ποσότητες CO₂ και οι ενεργειακές εντάσεις, όπως δεν έχουν υπολογισθεί και οι επιδράσεις των τεσσάρων παραγόντων για τα εξεταζόμενα χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα:

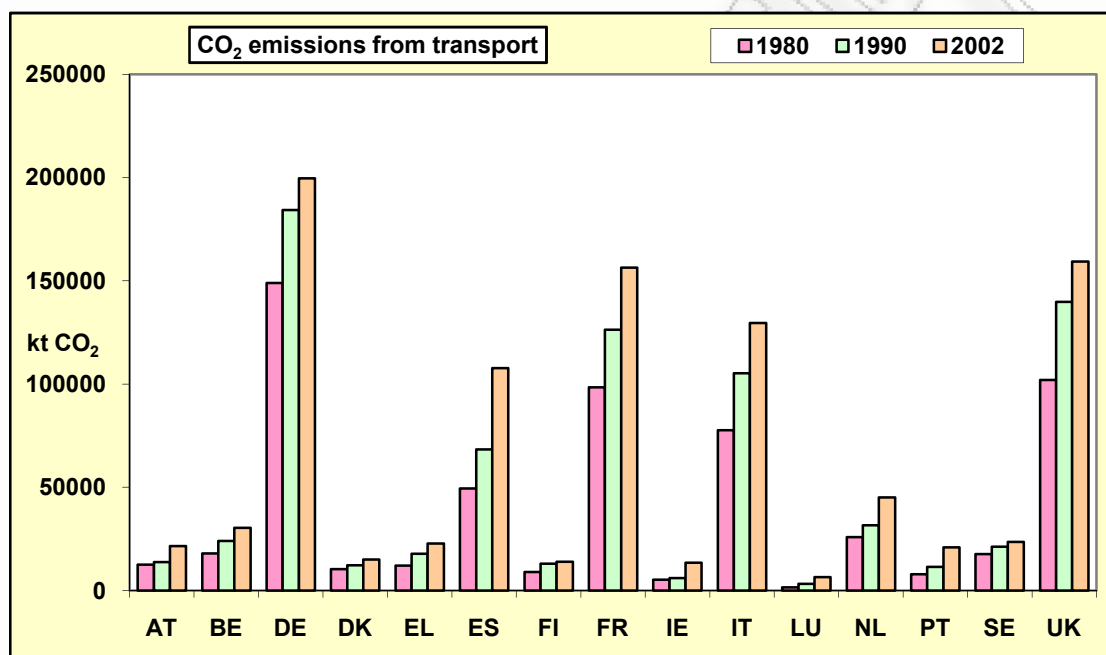
- Για την εγχώρια ναυσιπλοΐα (navigation) δεν υπάρχουν δεδομένα για την Ιρλανδία (IE), την Πορτογαλία (PT) και το Λουξεμβούργο (LU).
- Για την αεροπλοΐα (aviation) απουσιάζουν δεδομένα μόνο για το Λουξεμβούργο (LU).
- Για τις μεταφορές μέσω αγωγών (pipeline) υπάρχουν δεδομένα μόνο για την Αυστρία (AT), το Βέλγιο (BE), τη Δανία (DK) και την Ιταλία (IT).

5. Αποτελέσματα

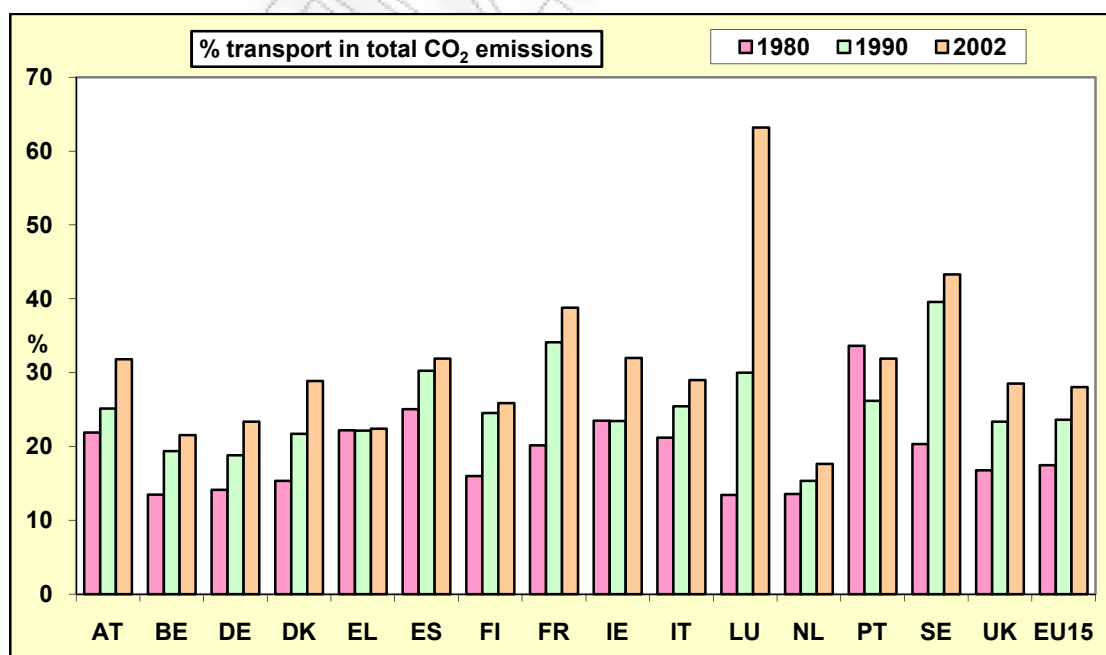
5.1. Εκπομπές CO₂ από τις μεταφορές

5.1.1. Μερίδιο μεταφορών στις συνολικές εκπομπές CO₂ στην Ε.Ε.

Αρχικά παρουσιάζεται η εξέλιξη των εκπομπών CO₂ από τις μεταφορές στα τρία εξεταζόμενα έτη και για τις 15 χώρες μέλη της Ε.Ε.: α) σε απόλυτες τιμές (kt CO₂) στο Διάγραμμα 5.1-1 και β) σε ποσοστά επί των συνολικών εκπομπών CO₂ στο Διάγραμμα 5.1-2.



Διάγραμμα 5.1-1: Εκπομπές CO₂ από μεταφορές στην Ε.Ε. σε απόλυτες τιμές



Διάγραμμα 5.1-2: Ποσοστό συμμετοχής των μεταφορών στις εκπομπές CO₂ στην Ε.Ε.

Είναι προφανής η αυξητική πορεία των εκπομπών CO₂ από τις μεταφορές σε όλα ανεξαιρέτως τα κράτη της Ε.Ε., καθώς και η αύξηση του ποσοστού τους επί των συνολικών εκπομπών CO₂, με εξαίρεση την Ελλάδα και την Πορτογαλία που παρουσιάζουν σταθεροποιητική τάση. Η διαφοροποίηση αυτή μπορεί να αποδοθεί στη συγκριτικά μεγαλύτερη αύξηση του ποσοστού συμμετοχής άλλων τομέων, όπως ο οικιακός, στις δύο αυτές χώρες. Έτσι, η απόλυτη αύξηση των εκπομπών CO₂ από τις μεταφορές δεν συμβαδίζει με τη σχετική αύξηση στο σύνολο των εκπομπών CO₂.

Ενδεικτικά, για το σύνολο των 15 μελών της Ε.Ε. το μερίδιο των μεταφορών στις συνολικές εκπομπές CO₂ εξελίχθηκε από 17,46% το 1980 στο 23,61% το 1990, για να φτάσει στο 28,04% το 2002. Δηλαδή, πρόκειται για αύξηση άνω των 10 ποσοστιαίων μονάδων μέσα σε 22 χρόνια.

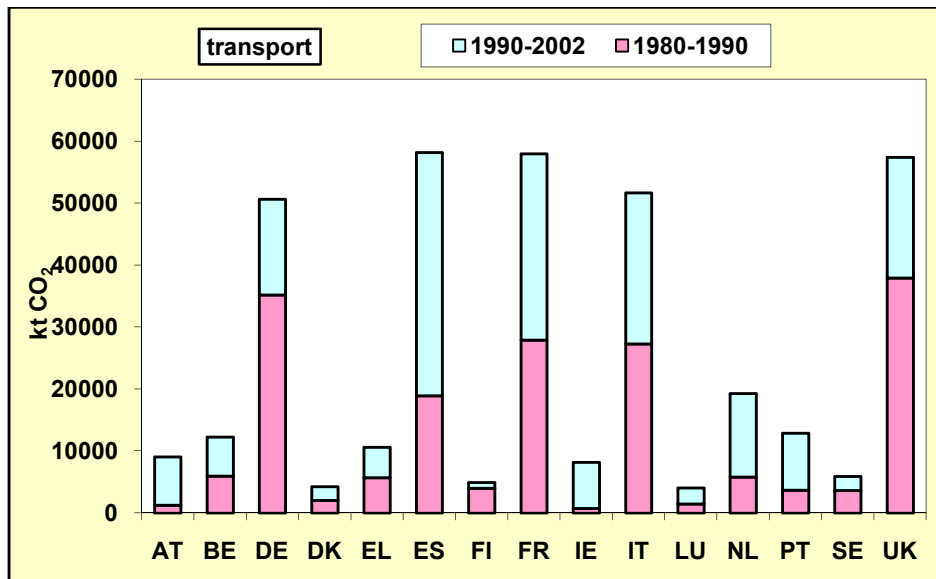
5.1.2. Μεταβολή εκπομπών CO₂ από τις μεταφορές στην Ε.Ε.

Η εξέλιξη των εκπομπών CO₂ που οφείλονται συνολικά στον τομέα των μεταφορών στα τρία εξεταζόμενα χρονικά διαστήματα, δηλαδή οι μεταβολές τους σε kt, για καθεμία από τις 15 χώρες της Ε.Ε. παρουσιάζονται ποσοτικά στον Πίνακα 5.1-1 και γραφικά στο Διάγραμμα 5.1-3.

Οι μεταβολές των εκπομπών CO₂ που οφείλονται στις μεταφορές είναι προφανώς θετικές για όλες τις χώρες της Ε.Ε.. Η μόνη διαφοροποίηση που παρουσιάζεται μεταξύ των 15 χωρών αφορά την κατανομή των μεταβολών αυτών στις δύο περιόδους. Με άλλα λόγια, σε ποια από τις δύο εξεταζόμενες περιόδους οφείλονται περισσότερο οι παραπάνω μεταβολές. Η διαφοροποίηση αυτή αποτελεί ουσιαστικά μια ένδειξη για το ρυθμό αύξησης των εκπομπών αυτών. Συγκεκριμένα, η αύξηση των εκπομπών CO₂ από τις μεταφορές είναι σαφώς μεγαλύτερη στη δεκαετία 1980-1990 από ότι στη δωδεκαετία 1990-2002 για τη Γερμανία, τη Φινλανδία, τη Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Αντίθετα, η μεταβολή αυτή είναι σαφώς σημαντικότερη στο διάστημα 1990-2002 συγκριτικά με το διάστημα 1980-1990 για την Αυστρία, την Ισπανία, την Ιρλανδία, την Ολλανδία και την Πορτογαλία. Για τις υπόλοιπες εξεταζόμενες χώρες, δηλαδή το Βέλγιο, τη Δανία, την Ελλάδα, τη Γαλλία, την Ιταλία και το Λουξεμβούργο, η εν λόγω αύξηση κατανέμεται εξίσου στις δύο περιόδους.

total	1980-1990	1990-2002	1980-2002
AT	1244	7784	9042
BE	5954	6314	12276
DE	35182	15477	50708
DK	2052	2201	4253
EL	5713	4903	10619
ES	18941	39229	58170
FI	4008	938	4946
FR	27901	30080	57981
IE	742	7426	8168
IT	27289	24389	51680
LU	1436	2591	4025
NL	5815	13453	19267
PT	3664	9200	12866
SE	3603	2292	5895
UK	37913	19478	57392
EU15	179379	337396	365798

Πίνακας 5.1-1: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ για το σύνολο των μεταφορών



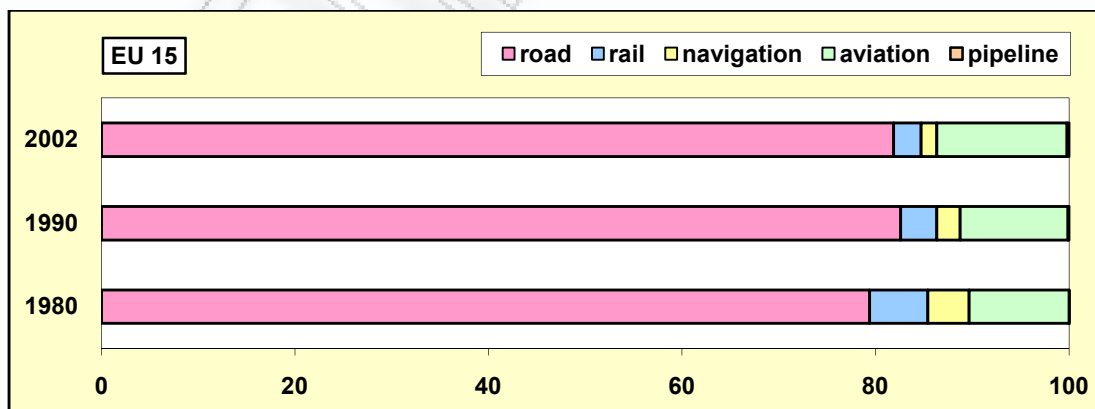
Διάγραμμα 5.1-3: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ για το σύνολο των μεταφορών

5.1.3. Μερίδια κλάδων των μεταφορών στις εκπομπές CO₂

Η συμμετοχή των πέντε κλάδων των μεταφορών στις εκπομπές CO₂, όπως αυτοί ορίστηκαν στην παράγραφο 4.2.1, αποτυπώνεται με τα αντίστοιχα μερίδια που παρουσιάζει ο Πίνακας 5.1-2 και το Διάγραμμα 5.1-4.

% συμμετοχή στις εκπομπές CO ₂ της Ε.Ε.	1980	1990	2002
road	79,38	82,57	81,85
rail	6,02	3,74	2,86
navigation	4,26	2,43	1,61
aviation	10,30	11,16	13,47
pipeline	0,04	0,10	0,21

Πίνακας 5.1-2: Εξέλιξη μεριδίων συμμετοχής κάθε κλάδου στις εκπομπές CO₂ στην Ε.Ε.



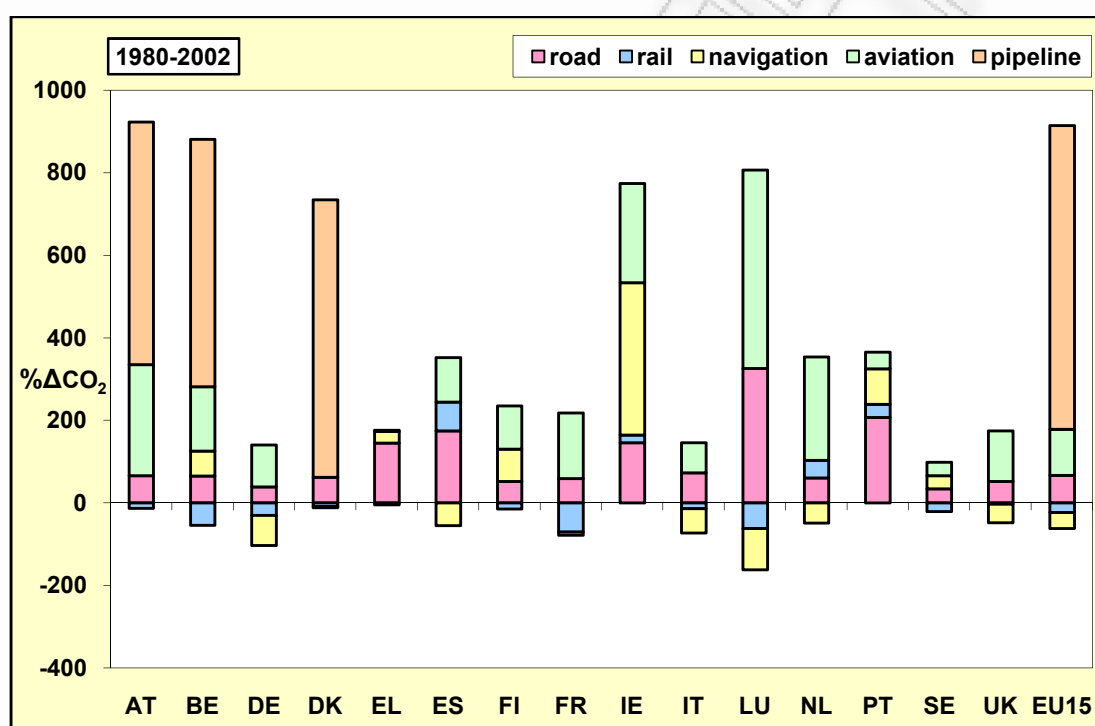
Διάγραμμα 5.1-4: Εξέλιξη μεριδίων συμμετοχής κάθε κλάδου στις εκπομπές CO₂ στην Ε.Ε.

Τα μερίδια αυτά δείχνουν πως οι οδικές μεταφορές κατέχουν το μεγαλύτερο μερίδιο ευθύνης στις εκπομπές CO₂, με ποσοστό συμμετοχής περίπου 80%. Για τις υπόλοιπες εκπομπές ευθύνονται κατά κύριο λόγο οι αεροπορικές μεταφορές και κατά δεύτερο λόγο οι σιδηροδρομικές και οι εγχώριες ναυτιλιακές μεταφορές.

Επίσης είναι προφανές ότι οι τα ποσοστά των εκπομπών CO₂ από τις οδικές και τις αεροπορικές μεταφορές αυξάνονται σημαντικά, όπως και αυτές μέσω αγωγών, σε αντίθεση με τα ποσοστά των εκπομπών CO₂ από τις σιδηροδρομικές και τις ναυτιλιακές μεταφορές που υποχωρούν.

Είναι χαρακτηριστικό ότι το ποσοστό συμμετοχής στις εκπομπές CO₂ των μεταφορών μέσω αγωγών μπορεί απολύτως να είναι αμελητέο συγκριτικά με αυτό των άλλων κλάδων, όμως εμφανίζει τη μεγαλύτερη ποσοστιαία αύξηση διαχρονικά, η οποία αναμένεται να μεγιστοποιηθεί τα επόμενα χρόνια.

Τα ίδια συμπεράσματα προκύπτουν και από το Διάγραμμα 5.1-5, όπου παρουσιάζεται η ποσοστιαία μεταβολή των εκπομπών CO₂ από κάθε κλάδο των μεταφορών για τις 15 χώρες της Ε.Ε. και για το σύνολό της στο διάστημα 1980-2002. Είναι προφανής η διαφοροποίηση της συμπεριφοράς κάθε κλάδου ανά χώρα, τόσο για το είδος της μεταβολής, αύξηση ή μείωση των εκπομπών CO₂, όσο και για το ποσοστό αυτής.



Διάγραμμα 5.1-5: Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών CO₂ ανά κλάδο μεταφορών στην Ε.Ε.

5.2. Ανάλυση προσδιοριστικών παραγόντων ανά χώρα

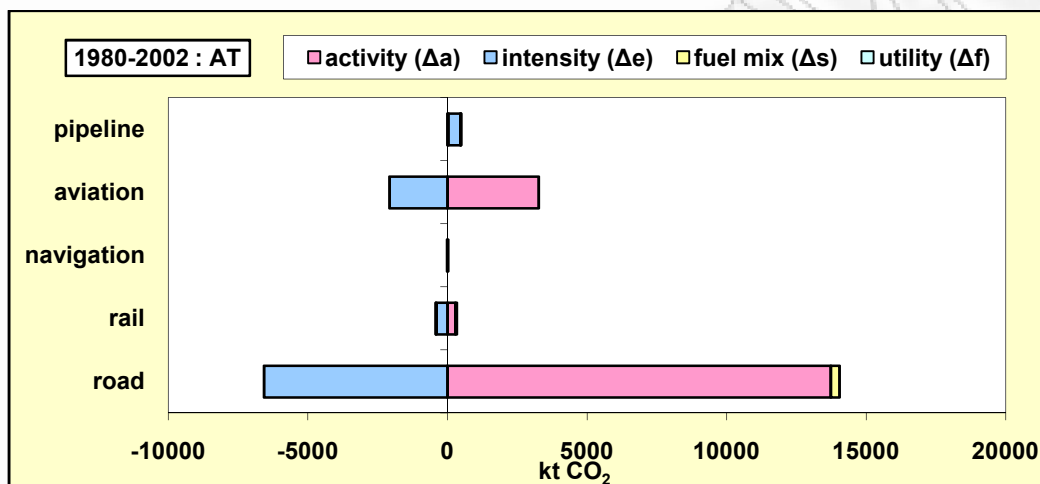
Στη συνέχεια παρουσιάζονται για κάθε χώρα τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων. Συγκεκριμένα, οι ποσότητες εκπομπών CO₂ που παράχθηκαν στην κάθε χώρα στο εξεταζόμενο χρονικό διάστημα 1980-2002 κατανομούνται σε κάθε κλάδο και σε κάθε προσδιοριστικό παράγοντα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ποσοτικά στους Πίνακες 5.2-1 έως 5.2-16 και γραφικά στα Διαγράμματα 5.2-1 έως 5.2-16 για κάθε χώρα ξεχωριστά και για την Ε.Ε. των 15 μελών συνολικά. Στην τελευταία στήλη κάθε πίνακα δίνεται η ποσοστιαία μεταβολή των εκπομπών CO₂ κάθε κλάδου μεταξύ 1980 και 2002.

Το συνολικό διάστημα 1980-2002 επιλέγεται ως το πιο αντιπροσωπευτικό για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, αλλά και ως το πιο ενδεικτικό για τις παρατηρούμενες μεταβολές. Βέβαια, τα αντίστοιχα αποτελέσματα για τα εξεταζόμενα διαστήματα 1980-1990 και 1990-2002 είναι επίσης διαθέσιμα.

5.2.1. Αυστρία

AT: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	13732	-6570	306	0	7468	66
rail	291	-415	-3	39	-88	-13
navigation	16	-16	0	0	0	0
aviation	3266	-2071	0	0	1195	269
pipeline	36	428	2	1	467	588
total	17340	-8642	305	40	9042	72

Πίνακας 5.2-1: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Αυστρία 1980-2002

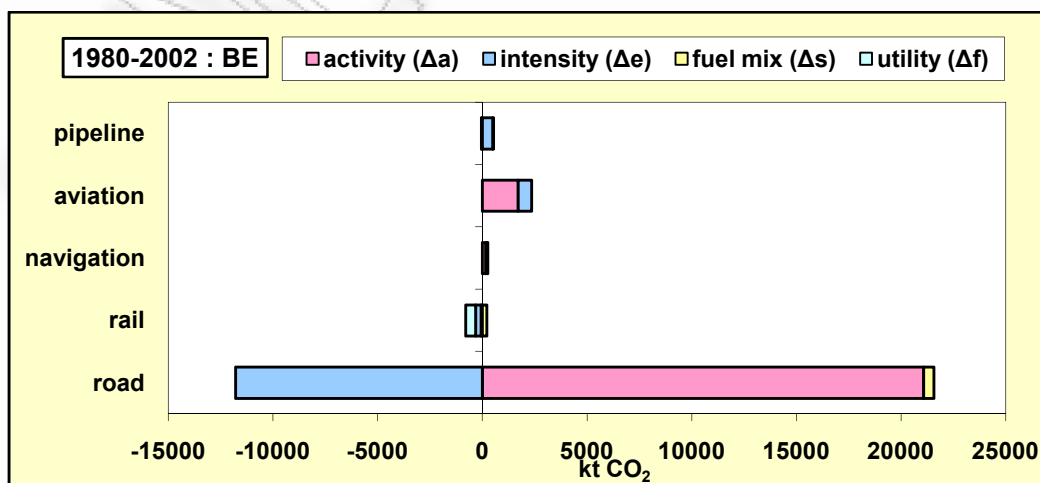


Διάγραμμα 5.2-1: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Αυστρία 1980-2002

5.2.2. Βέλγιο

BE: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	21077	-11790	489	0	9775	65
rail	-60	-270	205	-461	-587	-54
navigation	161	82	10	0	254	60
aviation	1709	649	0	0	2358	156
pipeline	-29	507	22	-23	476	599
total	22857	-10822	726	-484	12276	68

Πίνακας 5.5-2: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Βέλγιο 1980-2002

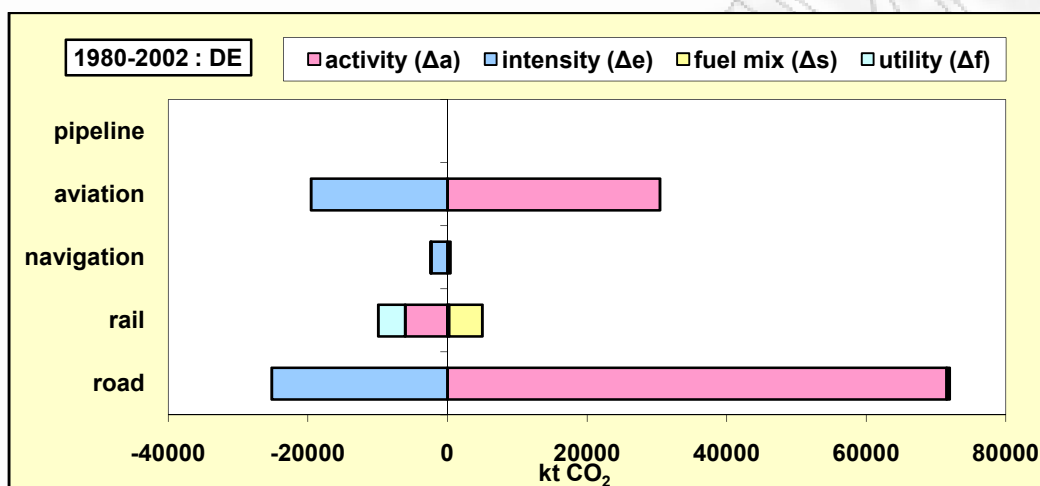


Διάγραμμα 5.2-2: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Βέλγιο 1980-2002

5.2.3. Γερμανία

DE: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	71494	-25163	446	0	46777	39
rail	-6046	228	4738	-3848	-4928	-30
navigation	387	-2400	-1	0	-2014	-73
aviation	30415	-19542	0	0	10873	101
pipeline						
total	96250	-46877	5184	-3848	50708	34

Πίνακας 5.2-3: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Γερμανία 1980-2002

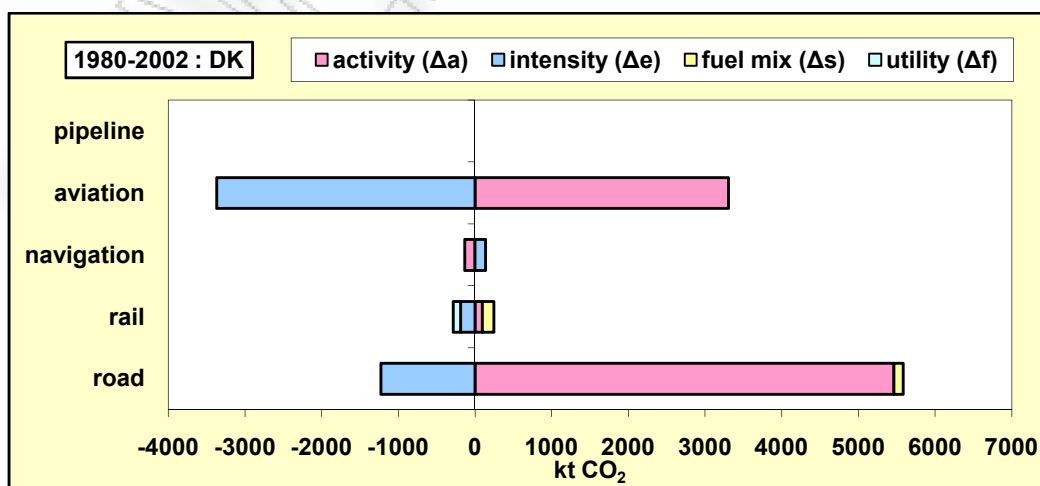


Διάγραμμα 5.2-3: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Γερμανία 1980-2002

5.2.4. Δανία

DK: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	5462	-1227	122	0	4356	62
rail	96	-190	147	-93	-40	-8
navigation	-137	137	0	0	0	0
aviation	3305	-3367	0	0	-63	-3
pipeline						673
total	8725	-4648	269	-93	4253	46

Πίνακας 5.2-4: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Δανία 1980-2002

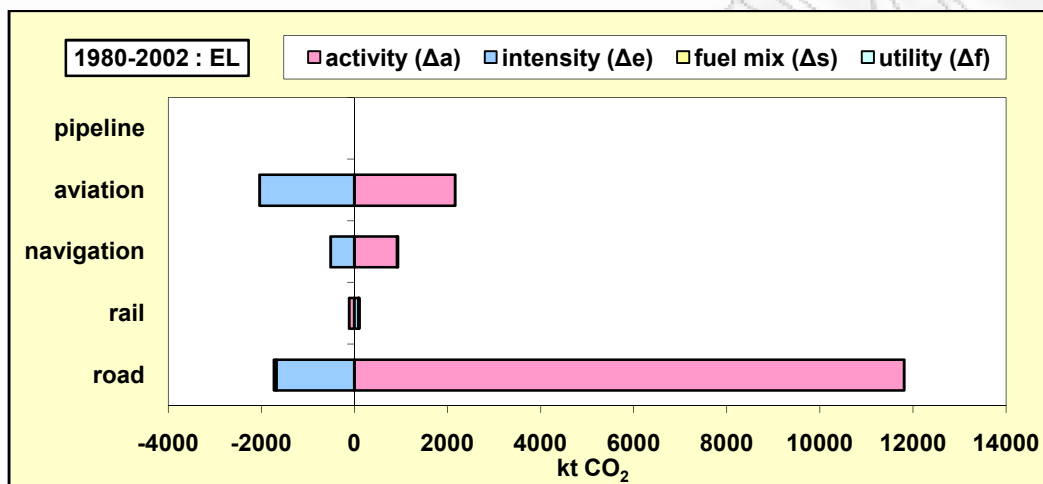


Διάγραμμα 5.2-4: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Δανία 1980-2002

5.2.5. Ελλάδα

EL: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	11810	-1681	-45	0	10084	145
rail	-113	83	13	7	-10	-4
navigation	920	-512	10	0	418	28
aviation	2163	-2035	0	0	128	4
pipeline						
total	14781	-4145	-23	7	10619	88

Πίνακας 5.2-5: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ελλάδα 1980-2002

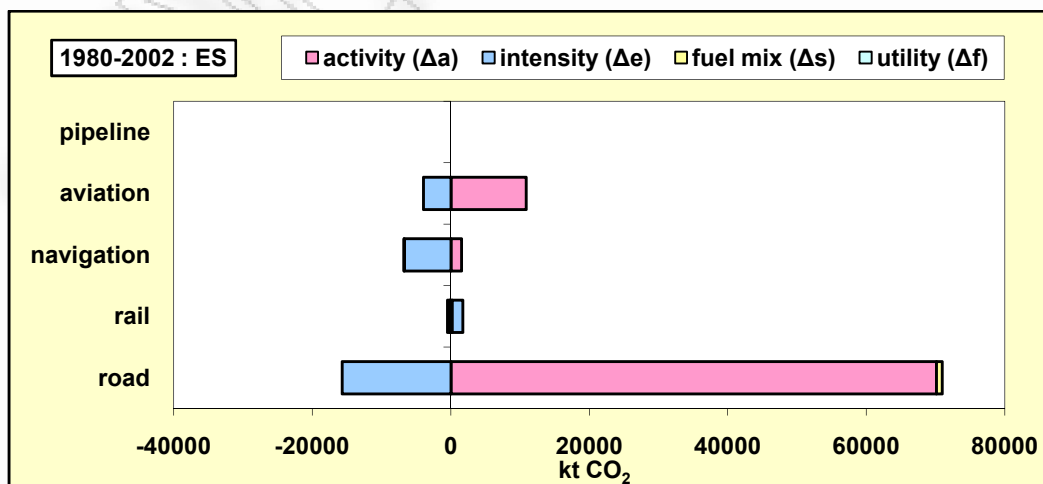


Διάγραμμα 5.2-5: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ελλάδα 1980-2002

5.2.6. Ισπανία

ES: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	70125	-15675	810	0	55261	174
rail	203	1513	-155	-317	1244	70
navigation	1545	-6710	-90	0	-5256	-55
aviation	10879	-3958	0	0	6921	108
pipeline						
total	82751	-24830	565	-317	58170	118

Πίνακας 5.2-6: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ισπανία 1980-2002

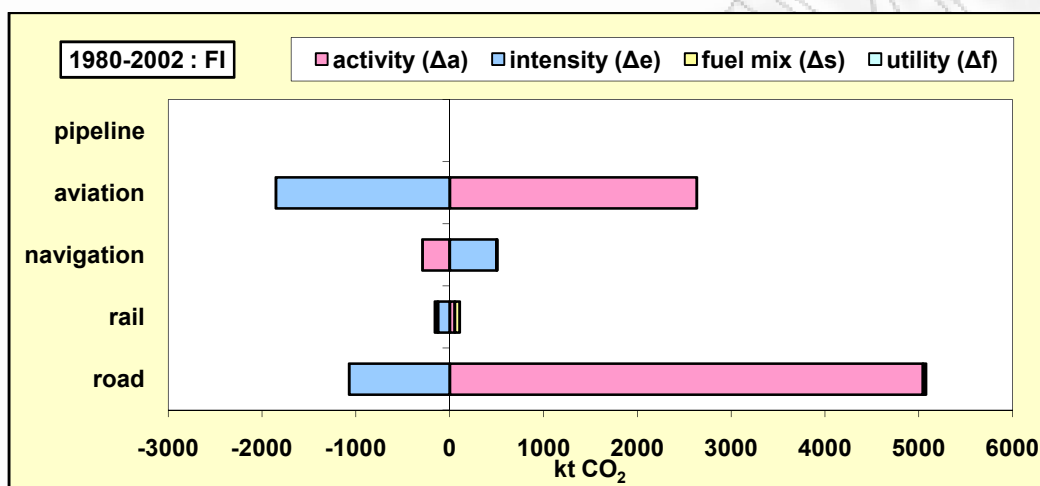


Διάγραμμα 5.2-6: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ισπανία 1980-2002

5.2.7. Φινλανδία

FI: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	5043	-1071	31	0	4003	53
rail	53	-128	51	-29	-53	-14
navigation	-289	501	3	0	215	78
aviation	2634	-1853	0	0	781	104
pipeline						
total	7440	-2550	85	-29	4946	56

Πίνακας 5.2-7: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Φινλανδία 1980-2002

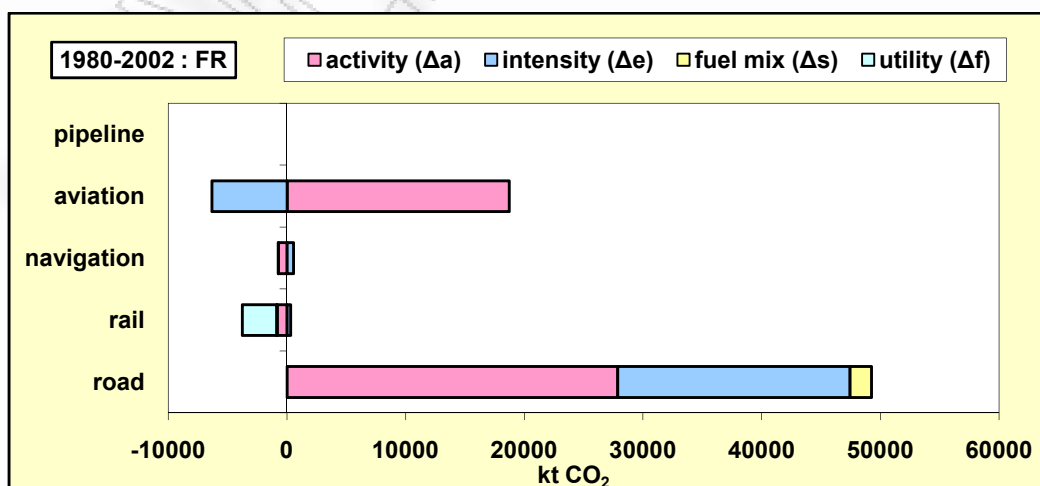


Διάγραμμα 5.2-7: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Φινλανδία 1980-2002

5.2.8. Γαλλία

FR: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	27863	19568	1808	0	49240	59
rail	-831	299	-45	-2883	-3460	-70
navigation	-724	557	-16	0	-182	-7
aviation	18722	-6338	0	0	12384	159
pipeline						
total	45031	14086	1747	-2883	57981	59

Πίνακας 5.2-8: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Γαλλία 1980-2002

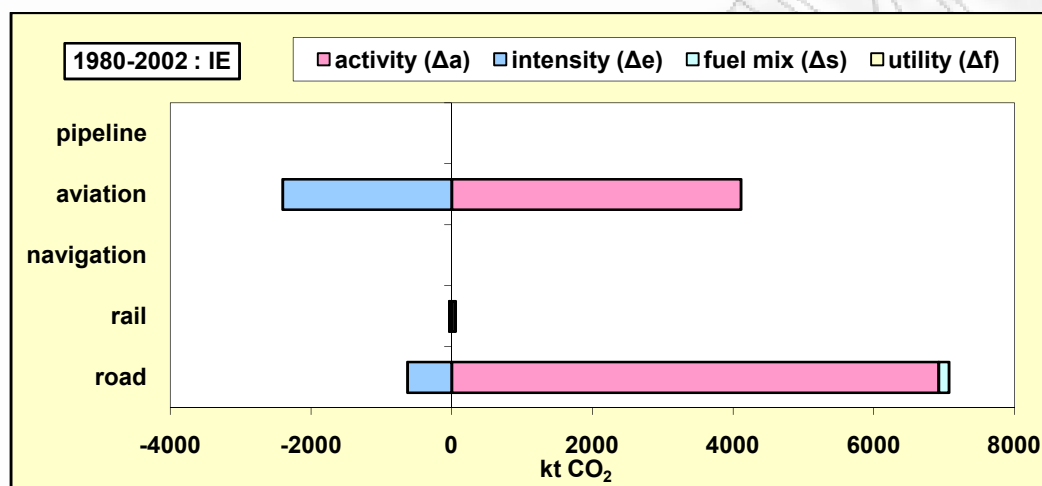


Διάγραμμα 5.2-8: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Γαλλία 1980-2002

5.2.9. Ιρλανδία

IE: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	6924	-628	143	0	6439	146
rail	-32	44	10	-1	21	18
navigation						369
aviation	4111	-2403	0	0	1708	241
pipeline						
total	11003	-2987	153	-1	8168	157

Πίνακας 5.2-9: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ιρλανδία 1980-2002

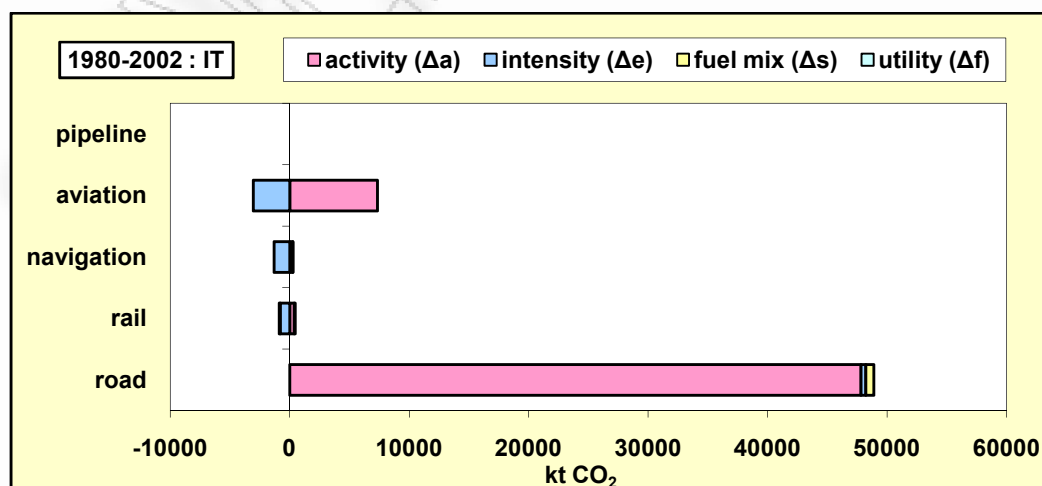


Διάγραμμα 5.2-9: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ιρλανδία 1980-2002

5.2.10. Ιταλία

IT: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	47808	390	686	0	48884	73
rail	376	-813	87	-76	-427	-14
navigation	228	-1309	30	0	-1052	-59
aviation	7334	-3060	0	0	4274	73
pipeline						
total	55747	-4793	803	-76	51680	67

Πίνακας 5.2-10: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ιταλία 1980-2002

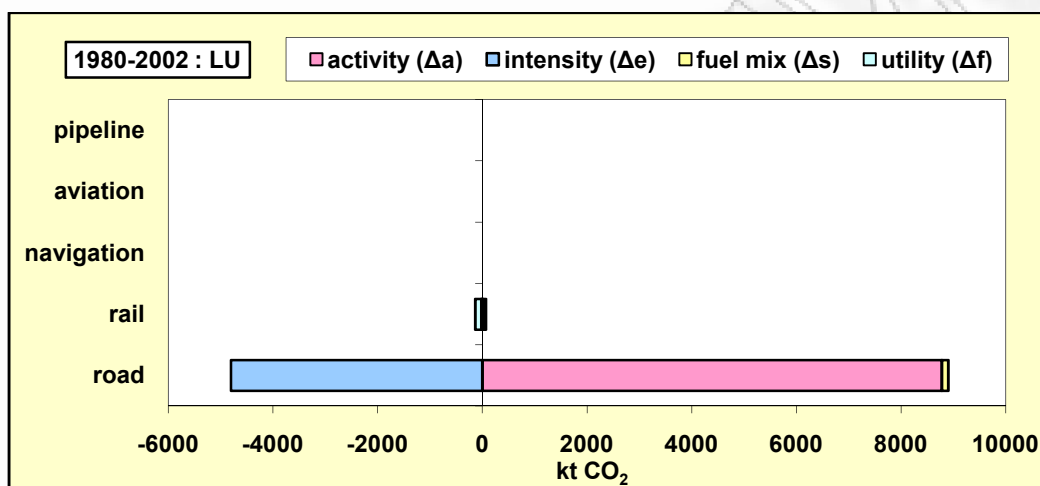


Διάγραμμα 5.2-10: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ιταλία 1980-2002

5.2.11. Λουξεμβούργο

LU: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	8776	-4803	122	0	4095	326
rail	-17	9	57	-120	-70	-62
navigation						-100
aviation						481
pipeline						
total	8760	-4794	179	-120	4025	315

Πίνακας 5.2-11: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Λουξεμβούργο 1980-2002

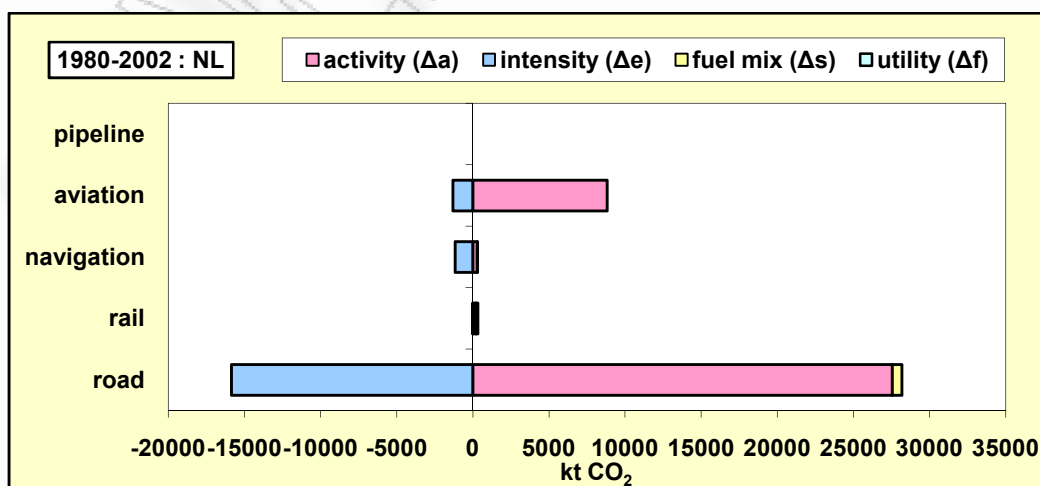


Διάγραμμα 5.2-11: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Λουξεμβούργο 1980-2002

5.2.12. Ολλανδία

NL: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	27535	-15850	637	0	12322	61
rail	190	59	77	-9	316	43
navigation	284	-1161	0	0	-876	-48
aviation	8810	-1305	0	0	7505	251
pipeline						
total	36819	-18257	714	-9	19267	74

Πίνακας 5.2-12: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ολλανδία 1980-2002

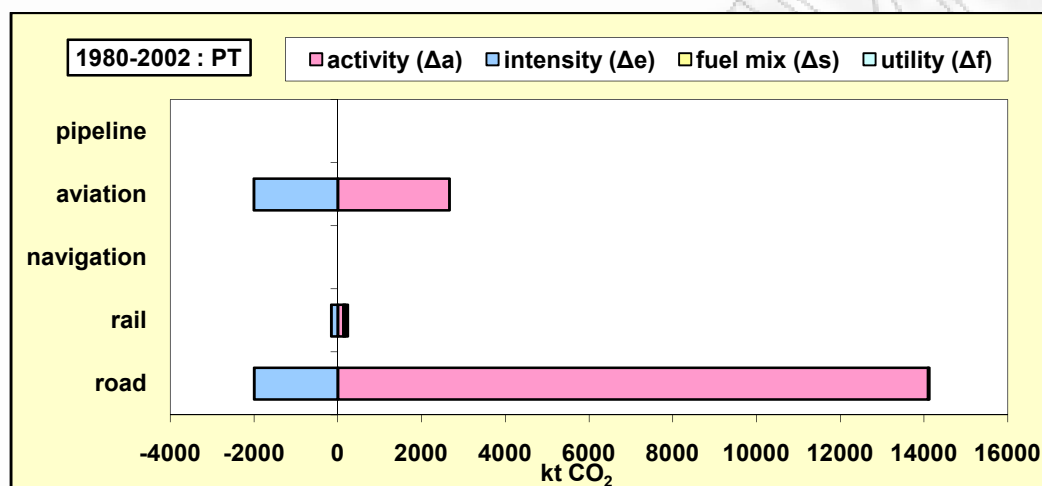


Διάγραμμα 5.2-12: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ολλανδία 1980-2002

5.2.13. Πορτογαλία

PT: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	14098	-1999	25	0	12124	208
rail	140	-155	32	64	80	32
navigation						86
aviation	2669	-2007	0	0	662	40
pipeline						
total	16907	-4161	57	64	12866	165

Πίνακας 5.2-13: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Πορτογαλία 1980-2002

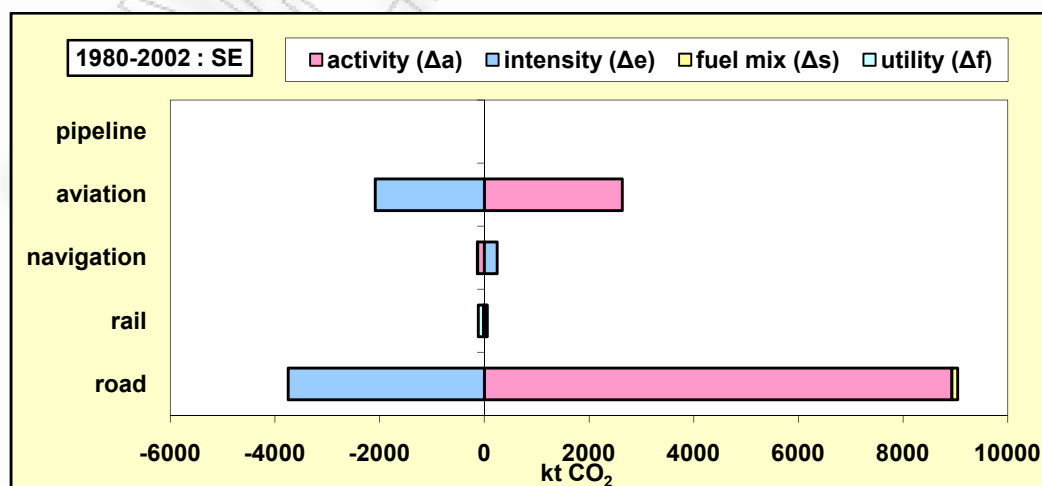


Διάγραμμα 5.2-13: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Πορτογαλία 1980-2002

5.2.14. Σουηδία

SE: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	8930	-3747	109	0	5292	35
rail	39	16	-17	-99	-61	-21
navigation	-129	246	-5	0	112	32
aviation	2635	-2084	0	0	551	33
pipeline						
total	11475	-5569	88	-99	5895	33

Πίνακας 5.2-14: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Σουηδία 1980-2002

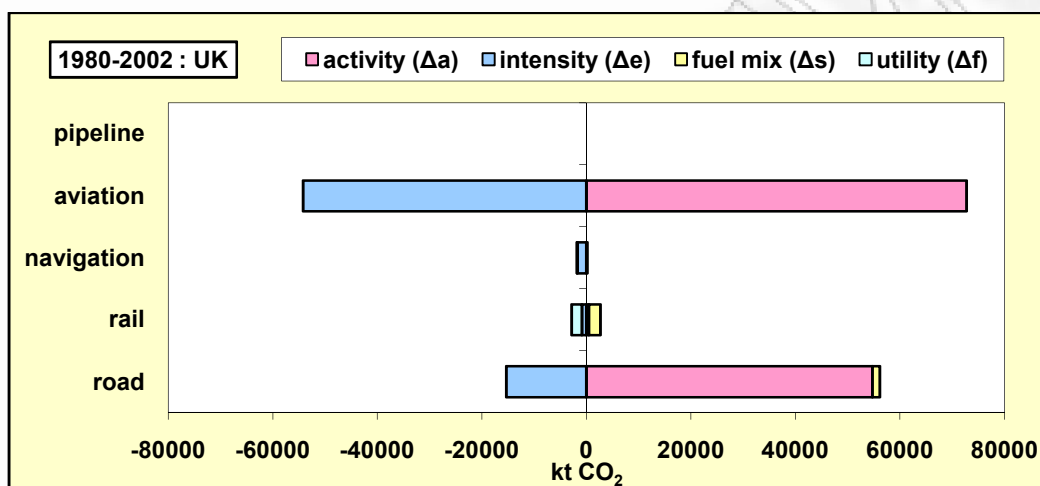


Διάγραμμα 5.2-14: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Σουηδία 1980-2002

5.2.15. Ηνωμένο Βασίλειο

UK: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	54719	-15332	1392	0	40779	52
rail	481	-857	2213	-1997	-160	-3
navigation	166	-1823	-2	0	-1659	-45
aviation	72670	-54238	0	0	18432	123
pipeline						
total	128035	-72249	3603	-1997	57392	56

Πίνακας 5.2-15: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ηνωμένο Βασίλειο 1980-2002

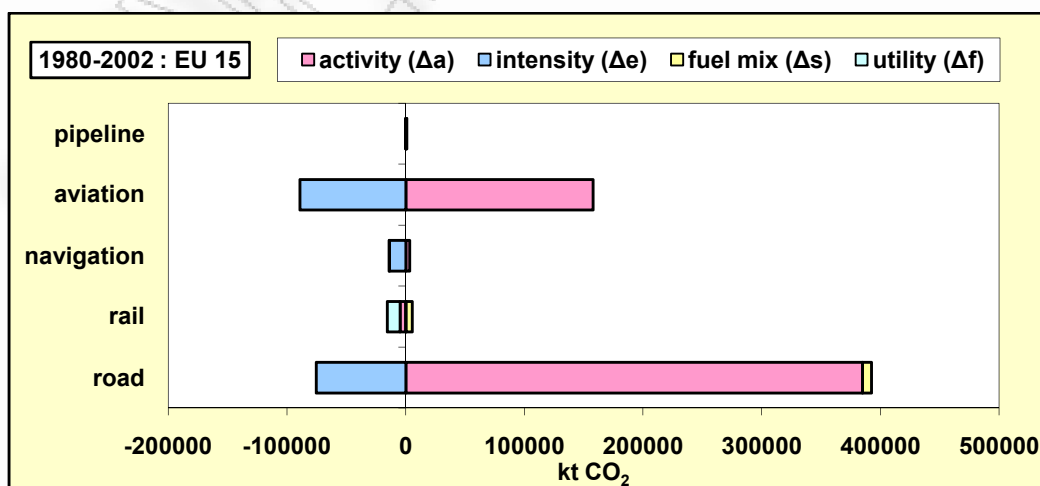


Διάγραμμα 5.2-15: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ηνωμένο Βασίλειο 1980-2002

5.2.16. Ευρωπαϊκή Ένωση των 15

EU15: 1980-2002	activity	intensity	fuel mix	utility	total	% Δ CO ₂
road	384888	-75424	7426	0	316890	67
rail	-4795	387	5095	-10627	-9941	-27
navigation	3394	-13911	-50	0	-10566	-40
aviation	157714	-89021	0	0	68693	112
pipeline	7	670	98	-53	723	909
total	541209	-177299	12568	-10680	365798	61

Πίνακας 5.2-16: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ε.Ε. (15) 1980-2002



Διάγραμμα 5.2-16: Κατανομή μεταβολής εκπομπών σε kt CO₂ – Ε.Ε. (15) 1980-2002

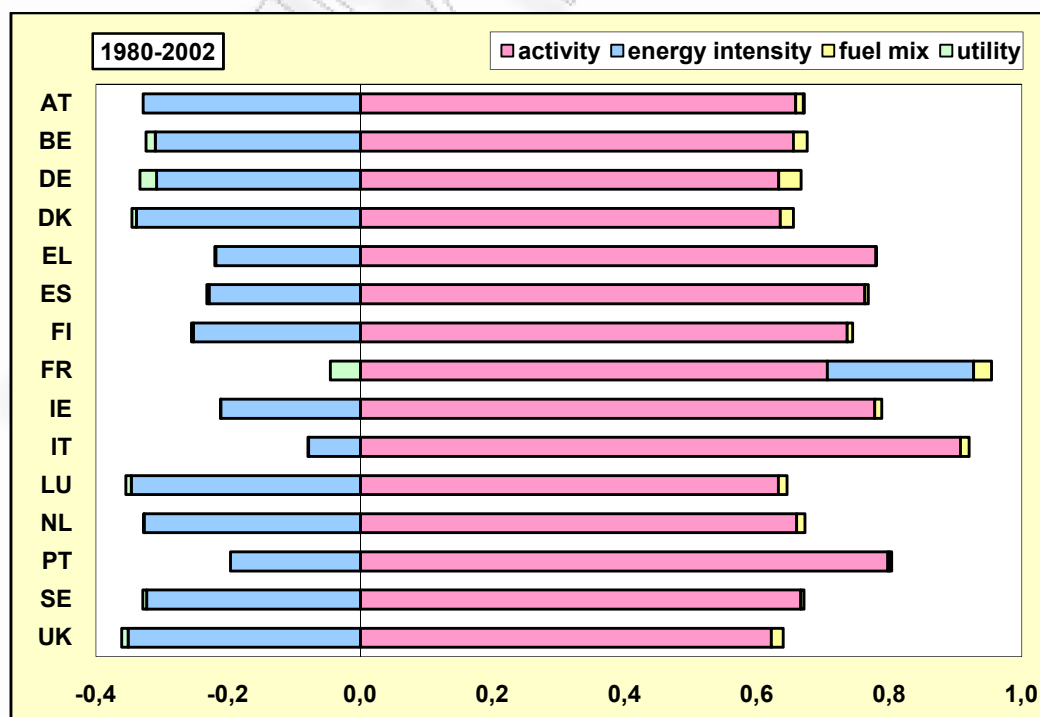
5.3. Ανάλυση ανά προσδιοριστικό παράγοντα

5.3.1. Συνεισφορά κάθε προσδιοριστικού παράγοντα ανά χώρα

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποσύνθεσης, δηλαδή οι μεταβολές στις ποσότητες CO₂ που παράχθηκαν σε κάθε χώρα στο συνολικό εξεταζόμενο διάστημα 1980-2002, αποδίδονται στους τέσσερις προσδιοριστικούς παράγοντες σύμφωνα με τον Πίνακα 5.3-1. Η ποσοστιαία συνεισφορά του καθενός εμφανίζεται στο Διάγραμμα 5.3-1. Τα αναλυτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται ποσοτικά στους Πίνακες 5.3-2, 5.3-3, 5.3-4, 5.3-5 και γραφικά στα Διαγράμματα 5.3-2, 5.3-3, 5.3-4, 5.3-5 που ακολουθούν.

1980-2002	total	activity level	energy intensity	fuel mix	electricity utility
AT	9042	17340	-8642	305	40
BE	12276	22857	-10822	726	-484
DE	50708	96250	-46877	5184	-3848
DK	4253	8725	-4648	269	-93
EL	10619	14781	-4145	-23	7
ES	58170	82751	-24830	565	-317
FI	4946	7440	-2550	85	-29
FR	57981	45031	14086	1747	-2883
IE	8015	11003	-2987	153	-1
IT	51680	55747	-4793	803	-76
LU	3965	8760	-4794	179	-120
NL	19267	36819	-18257	714	-9
PT	12809	16907	-4161	57	64
SE	5895	11475	-5569	88	-99
UK	57392	128035	-72249	3603	-1997
EU15	365798	541209	-177299	12568	-10680

Πίνακας 5.3-1: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ ανά προσδιοριστικό παράγοντα (1980-2002)



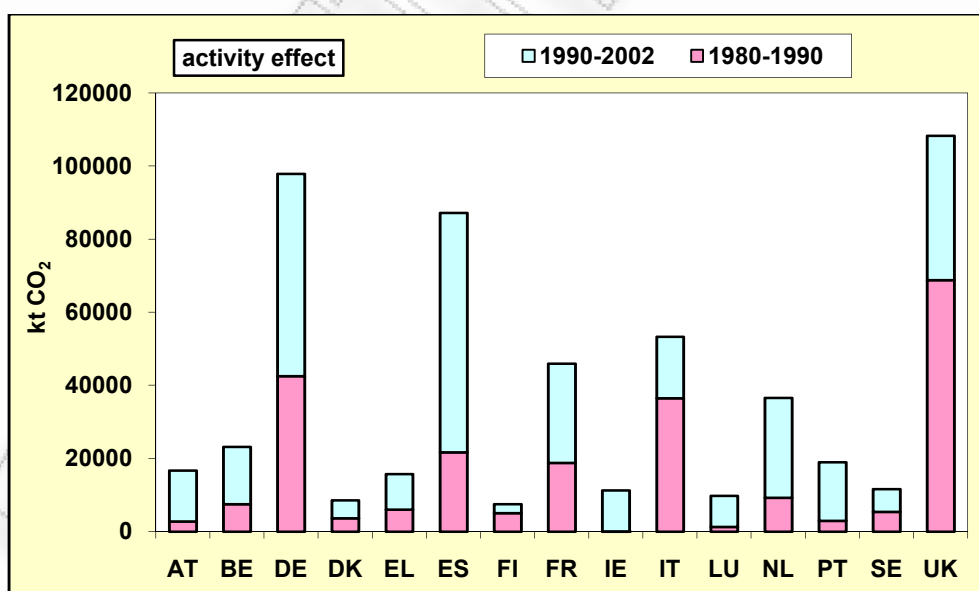
Διάγραμμα 5.3-1: Μεταβολή εκπομπών CO₂ ανά προσδιοριστικό παράγοντα (1980-2002)

5.3.2. Επίπεδο παραγωγής

Το επίπεδο παραγωγής των μεταφορών, δηλαδή το μεταφορικό έργο, αυξάνει τις εκπομπές CO₂ όταν οι άλλες παράμετροι μένουν αμετάβλητες. Παρακάτω παρουσιάζονται ποσοτικά και γραφικά, για το σύνολο των μεταφορών στις 15 χώρες της Ε.Ε., οι μεταβολές των εκπομπών CO₂ που οφείλονται στις μεταβολές του παραχθέντος μεταφορικού έργου.

activity	1980-1990	1990-2002	1980-2002
AT	2727	13880	17340
BE	7470	15618	22857
DE	42490	55395	96250
DK	3613	4876	8725
EL	5910	9799	14781
ES	21656	65557	82751
FI	4977	2481	7440
FR	18693	27215	45031
IE	14	11218	11003
IT	36417	16817	55747
LU	1210	8503	8760
NL	9157	27363	36819
PT	2833	16053	16907
SE	5284	6225	11475
UK	68763	39563	128035
EU15	220649	537233	541209

Πίνακας 5.3-2: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ λόγω μεταβολής του παραγόμενου μεταφορικού έργου στο σύνολο των μεταφορών



Διάγραμμα 5.3-2: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ λόγω μεταβολής του παραγόμενου μεταφορικού έργου στο σύνολο των μεταφορών

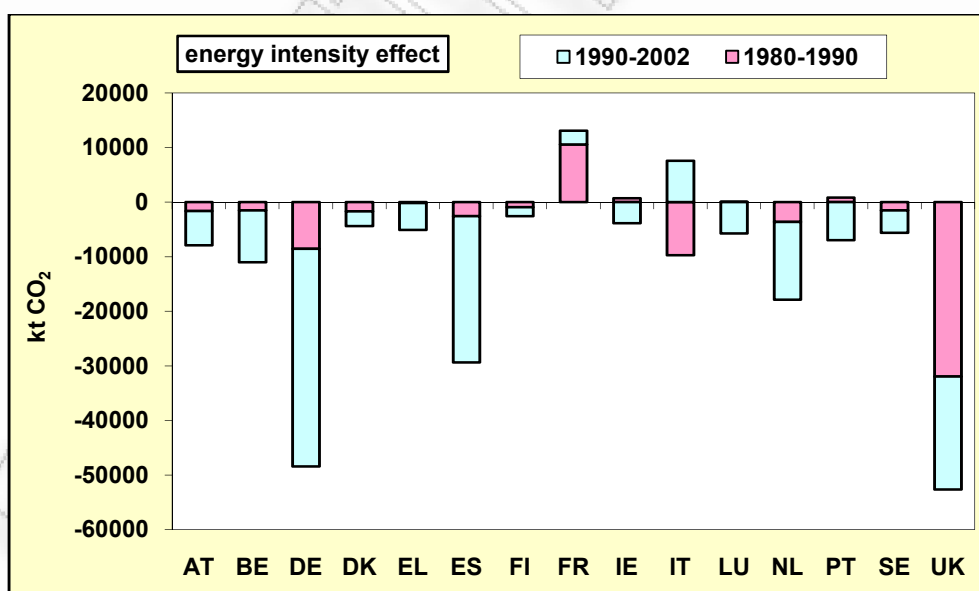
Η επίδραση του προσδιοριστικού παράγοντα επίπεδο μεταφορικού έργου στις εκπομπές αερίων του συνόλου των μεταφορών είναι καταλυτικά αυξητική. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.3-2 και το Διάγραμμα 5.3-2 και οι 15 χώρες της Ε.Ε. αύξησαν και στα τρία εξεταζόμενα χρονικά διαστήματα τις εκπομπές CO₂ που οφείλονται στην αύξηση της ζήτησης για μεταφορές.

5.3.3. Ενεργειακή ένταση

Η ενεργειακή ένταση εκφράζει την τεχνολογική πρόοδο, δηλαδή αντιπροσωπεύει την αποδοτικότερη αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων. Άρα, μειώνει τις εκπομπές CO₂ όταν οι άλλες παράμετροι μένουν αμετάβλητες. Παρακάτω παρουσιάζονται ποσοτικά και γραφικά, για το σύνολο των μεταφορών στις 15 χώρες της Ε.Ε., οι μεταβολές των εκπομπών CO₂ που οφείλονται στη μεταβολή της ενεργειακής έντασης.

energy intensity	1980-1990	1990-2002	1980-2002
AT	-1624	-6285	-8642
BE	-1550	-9454	-10822
DE	-8577	-39841	-46877
DK	-1714	-2682	-4648
EL	-195	-4895	-4145
ES	-2617	-26777	-24830
FI	-947	-1623	-2550
FR	10531	2555	14086
IE	680	-3872	-2987
IT	-9758	7542	-4793
LU	35	-5772	-4794
NL	-3667	-14240	-18257
PT	807	-6986	-4161
SE	-1558	-4058	-5569
UK	-31954	-20691	-72249
EU15	-41226	-205895	-177299

Πίνακας 5.3-3: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ λόγω μεταβολής της ενεργειακής έντασης στο σύνολο των μεταφορών



Διάγραμμα 5.3-3: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ λόγω μεταβολής της ενεργειακής έντασης στο σύνολο των μεταφορών

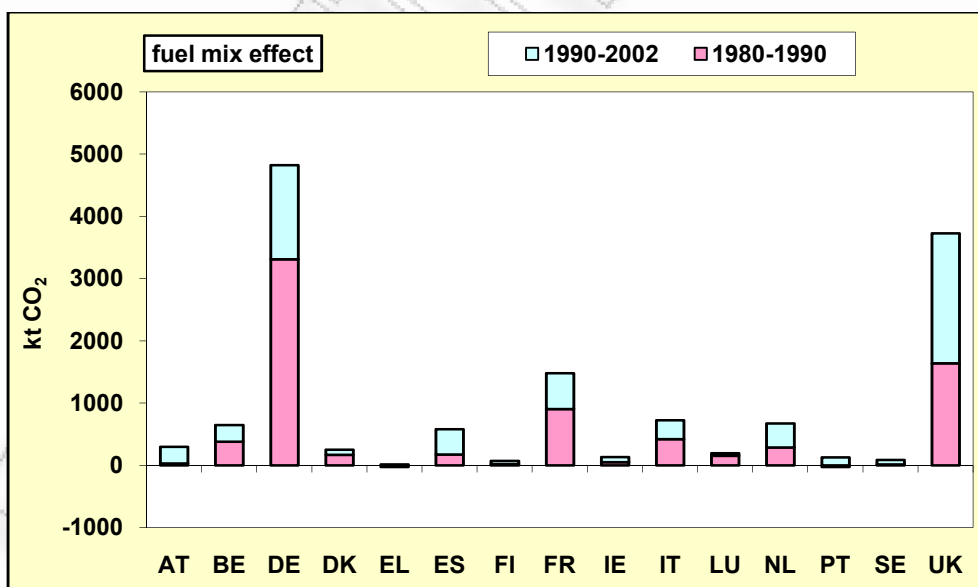
Η επίδραση του προσδιοριστικού παράγοντα ενεργειακή ένταση μειώνει στο σύνολο της Ε.Ε. τις εκπομπές CO₂ των μεταφορών. Η μείωση αυτή είναι αύξουσα με το χρόνο και ως επί το πλείστον πολλαπλάσια στο διάστημα 1990-2002. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.3-3 και το Διάγραμμα 5.3-3, αυτό ισχύει για όλες τις χώρες πλην της Γαλλίας για το διάστημα 1980-2002 και της Ιταλίας για το διάστημα 1990-2002.

5.3.4. Μείγμα καυσίμου

Η βελτίωση του μείγματος καυσίμου, δηλαδή η εισαγωγή καθαρότερων καυσίμων, μειώνει τις εκπομπές CO₂ όταν οι άλλες παράμετροι μένουν αμετάβλητες. Παρακάτω παρουσιάζονται ποσοτικά και γραφικά, για το σύνολο των μεταφορών στις 15 χώρες της Ε.Ε., οι μεταβολές των εκπομπών CO₂ που οφείλονται στις μεταβολές του μείγματος καυσίμου.

fuel mix	1980-1990	1990-2002	1980-2002
AT	29	268	305
BE	378	268	726
DE	3309	1513	5184
DK	167	86	269
EL	-25	16	-23
ES	176	404	565
FI	19	54	85
FR	905	573	1747
IE	48	82	153
IT	421	304	803
LU	154	41	179
NL	289	385	714
PT	-25	130	57
SE	16	72	88
UK	1638	2090	3603
EU15	6137	9825	12568

Πίνακας 5.3-4: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ λόγω μεταβολής του μείγματος καυσίμου στο σύνολο των μεταφορών



Διάγραμμα 5.3-4: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ λόγω μεταβολής του μείγματος καυσίμου στο σύνολο των μεταφορών

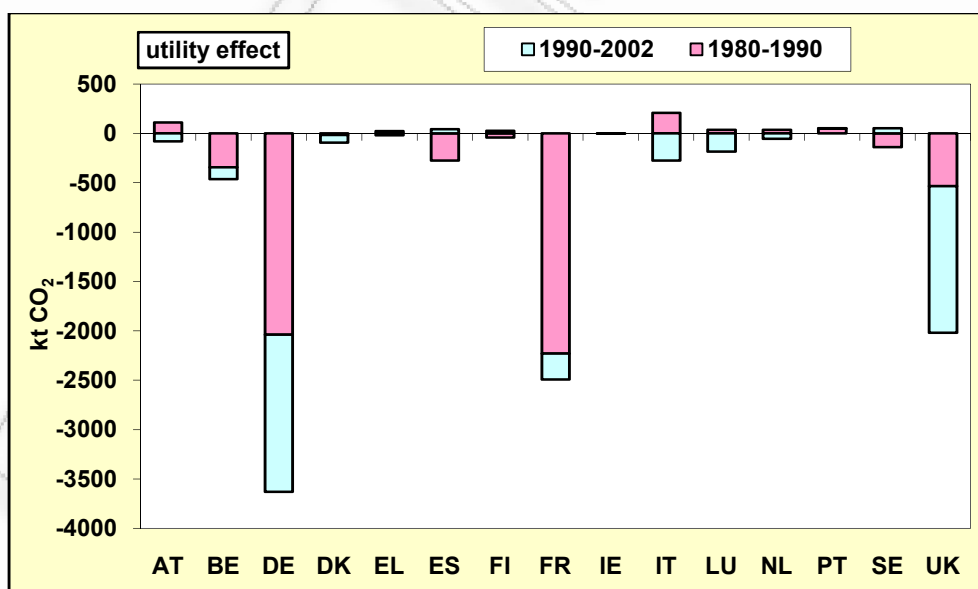
Αντίθετα με τις προσδοκίες, η επίδραση του μείγματος καυσίμου είναι αυξητική για τις εκπομπές CO₂ των μεταφορών σε όλη την Ε.Ε. εκτός από την Ελλάδα για το συνολικό διάστημα 1980-2002, όπως φανερώνουν ο Πίνακας 5.3-4 και το Διάγραμμα 5.3-4. Η εξέλιξη αυτή οφείλεται αποκλειστικά στις οδικές μεταφορές, όπως αποδεικνύεται παρακάτω.

5.3.5. Διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής

Η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής επηρεάζει τις εκπομπές CO₂ αναλογικά με την ενεργειακή απόδοση και το μείγμα καυσίμων της ηλεκτροπαραγωγής, δηλαδή θετικά ή αρνητικά. Παρακάτω παρουσιάζονται ποσοτικά και γραφικά, για το σύνολο των μεταφορών στις 15 χώρες της Ε.Ε., οι μεταβολές των εκπομπών CO₂ που οφείλονται στις μεταβολές της διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής. Σημειώνεται ότι εδώ πρόκειται μόνο για σιδηροδρομικές μεταφορές και μεταφορές μέσω αγωγών.

utility	1980-1990	1990-2002	1980-2002
AT	112	-79	40
BE	-343	-119	-484
DE	-2039	-1591	-3848
DK	-14	-80	-93
EL	23	-17	7
ES	-273	44	-317
FI	-42	26	-29
FR	-2229	-263	-2883
IE	0	-2	-1
IT	209	-274	-76
LU	36	-182	-120
NL	36	-55	-9
PT	49	3	64
SE	-139	53	-99
UK	-533	-1484	-1997
EU15	-6181	-3768	-10680

Πίνακας 5.3-5: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ λόγω μεταβολής της διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής στο σύνολο των μεταφορών



Διάγραμμα 5.3-5: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ λόγω μεταβολής της διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής στο σύνολο των μεταφορών

Η επίδραση της διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής συμβάλει θετικά, δηλαδή μειώνει τις εκπομπές CO₂ των μεταφορών στο σύνολο των 15 χωρών της Ε.Ε.. Όπως φανερώνουν ο Πίνακας 5.3-5 και το Διάγραμμα 5.3-5, μόνο η Αυστρία, η Ελλάδα και η Πορτογαλία αύξησαν (ελάχιστα) τις εν λόγω εκπομπές CO₂ μεταξύ 1980-2002.

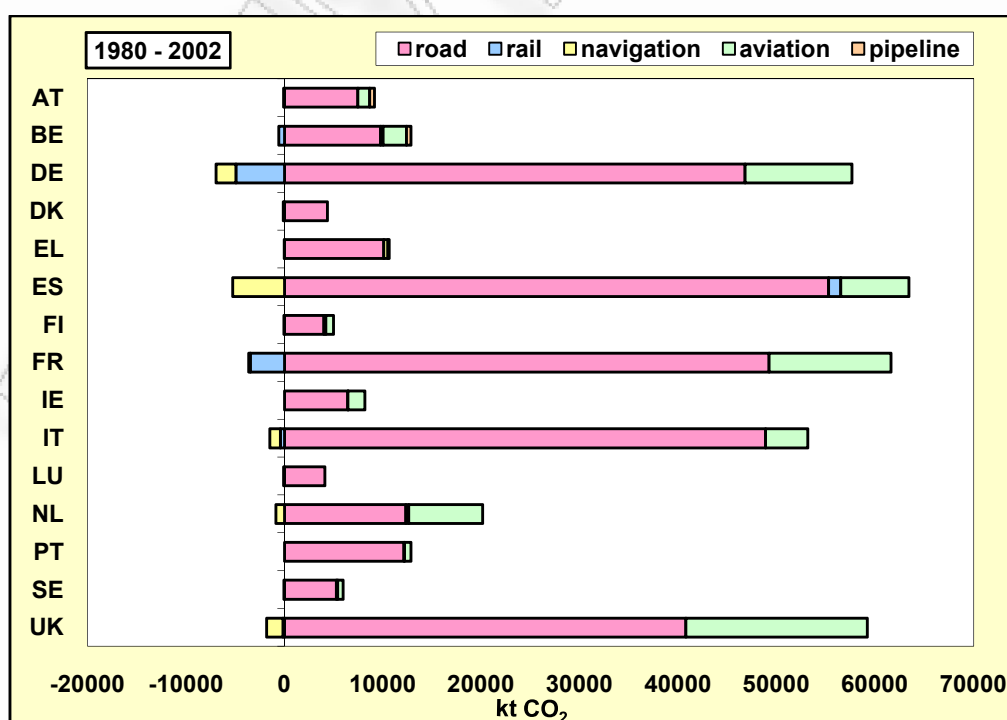
5.4. Ανάλυση ανά κλάδο των μεταφορών

5.4.1. Μερίδιο συμμετοχής κάθε κλάδου ανά χώρα

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποσύνθεσης ανά κλάδο των μεταφορών, δηλαδή τα ποσά CO₂ που παράχθηκαν σε κάθε χώρα στο συνολικό εξεταζόμενο διάστημα 1980-2002 σε καθένα από τους πέντε κλάδους των μεταφορών. Τα αποτελέσματα της εξέλιξης των εκπομπών CO₂ παρουσιάζονται ποσοτικά και γραφικά για κάθε χώρα ξεχωριστά και για την Ε.Ε. συνολικά στους Πίνακες 5.4-1 έως 5.4-6 και τα Διαγράμματα 5.4-1 έως 5.4-6 που ακολουθούν.

1980-2002	total	road	rail	navi- gation	aviation	pipeline
AT	9042	7468	-88		1195	467
BE	12276	9775	-587	254	2358	476
DE	50708	46777	-4928	-2014	10873	
DK	4253	4356	-40		-63	
EL	10619	10084	-10	418	128	
ES	58170	55261	1244	-5256	6921	
FI	4946	4003	-53	215	781	
FR	57981	49240	-3460	-182	12384	
IE	8168	6439	21		1708	
IT	51680	48884	-427	-1052	4274	
LU	4025	4095	-70			
NL	19267	12322	316	-876	7505	
PT	12866	12124	80		662	
SE	5895	5292	-61	112	551	
UK	57392	40779	-160	-1659	18432	
EU15	365798	316890	-9941	-10566	68693	723

Πίνακας 5.4-1: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ ανά μεταφορικό κλάδο (1980-2002)



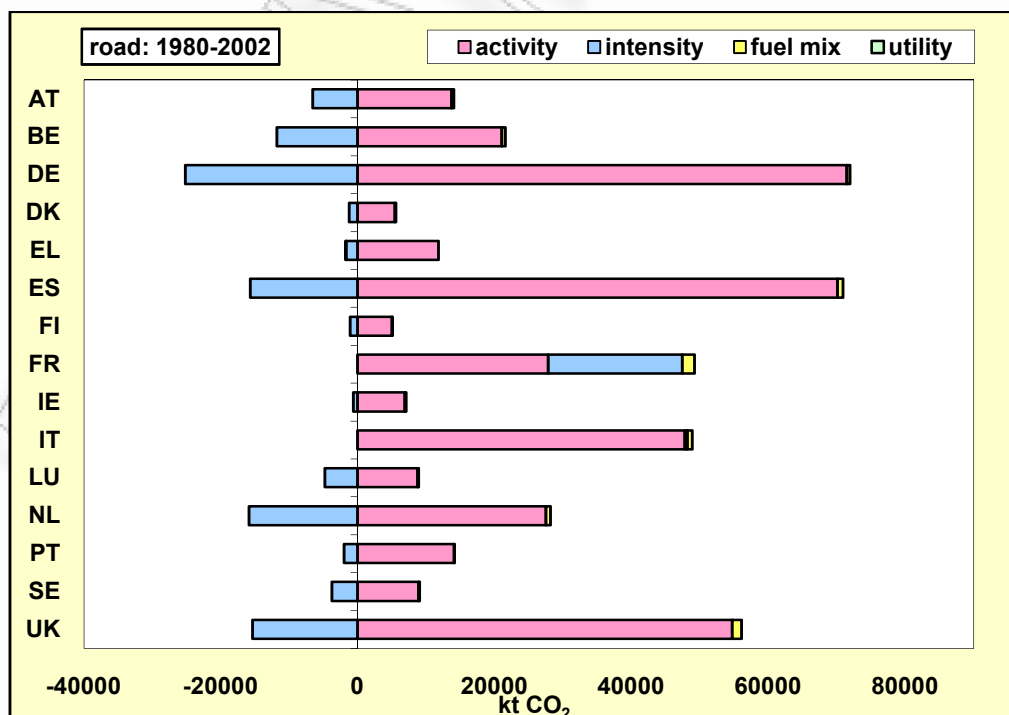
Διάγραμμα 5.4-1: Μεταβολή εκπομπών σε kt CO₂ ανά μεταφορικό κλάδο (1980-2002)

5.4.2. οδικές μεταφορές

Ο Πίνακας 5.1-2 και το Διάγραμμα 5.1-4 φανερώνουν ότι οι οδικές μεταφορές ευθύνονται παραδοσιακά για περίπου το 80% των εκπομπών CO₂ των μεταφορών, δηλαδή για σχεδόν το 30% των συνολικών εκπομπών CO₂. Συνεπώς, θα πρέπει να αποτελούν το πλέον σημαντικό τμήμα του όποιου σχεδιασμού αντιμετώπισης της αυξητικής τάσης των εκπομπών. Οι οδικές μεταφορές αυξήθηκαν κατακόρυφα τις εξεταζόμενες περιόδους με αποτέλεσμα την ανάλογη αύξηση των εκπομπών σε CO₂.

1980-2002	total	activity	intensity	fuel mix	utility
AT	7468	13732	-6570	306	0
BE	9775	21077	-11790	489	0
DE	46777	71494	-25163	446	0
DK	4356	5462	-1227	122	0
EL	10084	11810	-1681	-45	0
ES	55261	70125	-15675	810	0
FI	4003	5043	-1071	31	0
FR	49240	27863	19568	1808	0
IE	6439	6924	-628	143	0
IT	48884	47808	390	686	0
LU	4095	8776	-4803	122	0
NL	12322	27535	-15850	637	0
PT	12124	14098	-1999	25	0
SE	5292	8930	-3747	109	0
UK	40779	54719	-15332	1392	0
EU15	316890	384888	-75424	7426	0

Πίνακας 5.4-2: Μεταβολή εκπομπών από τις οδικές μεταφορές ανά προσδιοριστικό παράγοντα σε kt CO₂ (1980-2002)



Διάγραμμα 5.4-2: Μεταβολή εκπομπών από τις οδικές μεταφορές ανά προσδιοριστικό παράγοντα σε kt CO₂ (1980-2002)

Ο Πίνακας 5.4-2 και το Διάγραμμα 5.4-2 παρουσιάζουν τις απόλυτες μεταβολές των εκπομπών CO₂ από τις οδικές μεταφορές κατά την περίοδο 1980-2002 και ταυτόχρονα την κατανομή της συμμετοχής κάθε προσδιοριστικού παράγοντα. Σημειώνεται ότι η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής δεν επηρεάζει καθόλου τις οδικές μεταφορές, αφού δεν χρησιμοποιούν ακόμα τον ηλεκτρισμό σαν φορέα ενέργειας και η χρήση των τρόλεϊ δεν καταγράφεται.

Το παραγόμενο μεταφορικό έργο των οδικών μεταφορών συντελεί σημαντικά έναντι των άλλων προσδιοριστικών παραγόντων στην αύξηση των εκπομπών CO₂ από τις οδικές μεταφορές, σε ποσοστά που κυμαίνονται από περίπου 60% (Γαλλία) έως 95% (Ιταλία). Επίσης, αποδεικνύεται ότι η συνεισφορά του είναι πάντοτε αυξητική.

Η ενεργειακή ένταση των οδικών μεταφορών συντελεί στη μείωση των αντίστοιχων εκπομπών CO₂ στο σύνολο των 15 χωρών μελών της Ε.Ε., με μοναδική εξαίρεση τη Γαλλία για το συνολικό διάστημα 1980-2002.

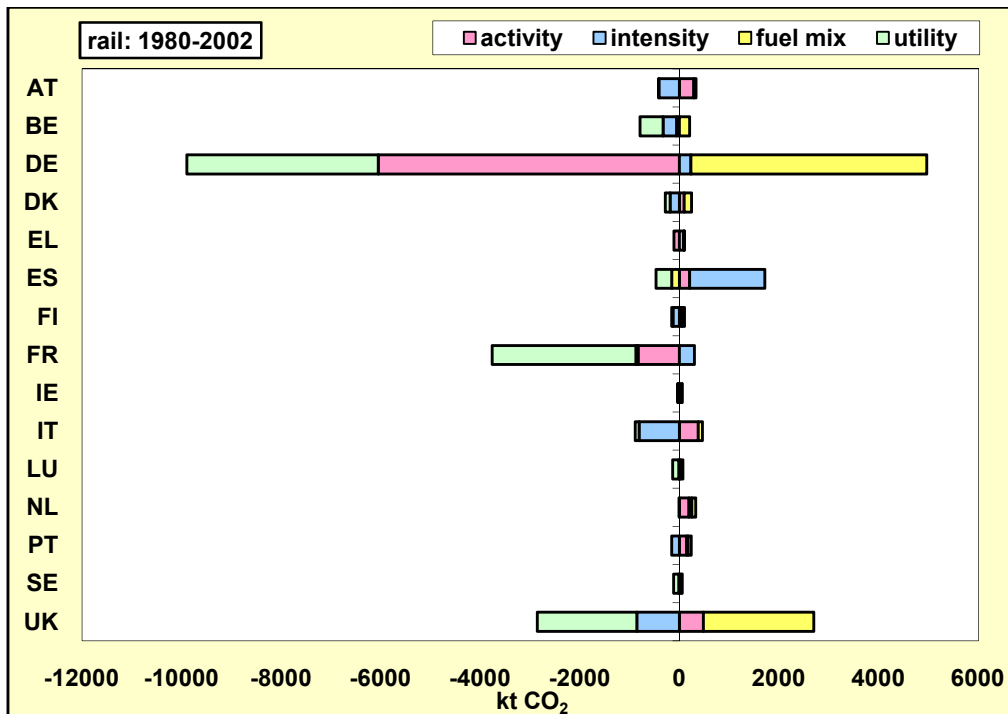
Το μείγμα καυσίμου των οδικών μεταφορών συντελεί ελάχιστα έναντι των άλλων προσδιοριστικών παραγόντων στην αύξηση των εκπομπών CO₂. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η βενζίνη και το πετρέλαιο diesel δεν αντικαθίσταται εύκολα στους κινητήρες των οχημάτων, άρα το μείγμα καυσίμου μένει σταθερό. Η συνεισφορά του μείγματος καυσίμου είναι σε όλες τις χώρες αυξητική, με μοναδική εξαίρεση την Ελλάδα για το συνολικό διάστημα 1980-2002.

5.4.3. σιδηροδρομικές μεταφορές

Οι σιδηροδρομικές μεταφορές ευθύνονται για μόλις το 3-6% των συνολικών εκπομπών CO₂ από τις μεταφορές, όπως φανερώνουν ο Πίνακας 5.1-2 και το Διάγραμμα 5.1-4. Οι εκπομπές αυτές εξελίσσονται διαφορετικά ανά χώρα, σύμφωνα με τον Πίνακα 5.4-3 και το Διάγραμμα 5.4-3, όπου παρουσιάζονται οι απόλυτες μεταβολές των εκπομπών CO₂ από τις σιδηροδρομικές μεταφορές κατά την περίοδο 1980-2002 και μαζί η κατανομή της συμβολής κάθε προσδιοριστικού παράγοντα.

1980-2002	total	activity	intensity	fuel mix	utility
AT	-88	291	-415	-3	39
BE	-587	-60	-270	205	-461
DE	-4928	-6046	228	4738	-3848
DK	-40	96	-190	147	-93
EL	-10	-113	83	13	7
ES	1244	203	1513	-155	-317
FI	-53	53	-128	51	-29
FR	-3460	-831	299	-45	-2883
IE	0	-32	44	10	-1
IT	-427	376	-813	87	-76
LU	-70	-17	9	57	-120
NL	316	190	59	77	-9
PT	80	140	-155	32	64
SE	-61	39	16	-17	-99
UK	-160	481	-857	2213	-1997
EU15	-9941	-4795	387	5095	-10627

Πίνακας 5.4-3: Μεταβολή εκπομπών από τις σιδηροδρομικές μεταφορές ανά προσδιοριστικό παράγοντα σε kt CO₂ (1980-2002)



Διάγραμμα 5.4-3: Μεταβολή εκπομπών από τις σιδηροδρομικές μεταφορές ανά προσδιοριστικό παράγοντα σε kt CO₂ (1980-2002)

Οι περισσότερες χώρες της Ε.Ε. παρουσιάζουν μείωση των εκπομπών CO₂ από τις σιδηροδρομικές μεταφορές στο συνολικό διάστημα 1980-2002 με εξαιρέσεις την Ισπανία, την Ολλανδία και την Πορτογαλία. Συγκριτικά ως προς το μέγεθος, οι μεταβολές αυτές είναι μεγαλύτερες στη Γερμανία και τη Γαλλία.

Από μεταβολή των εν λόγω εκπομπών για το σύνολο των 15 χωρών της Ε.Ε. στο διάστημα 1980-2002 παρατηρείται ότι τη μεγαλύτερη ποσοστιαία συμμετοχή έχουν η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής (-52%) και ακολουθούν το μείγμα καυσίμου (+25%) και το μεταφορικό έργο (-23%). Η συμμετοχή της ενεργειακής έντασης είναι αμελητέα. Βέβαια, η κατανομή αυτή προκύπτει από τις χώρες με μεγάλες μεταβολές στις εν λόγω εκπομπές, όπως η Γερμανία και η Γαλλία. Στις υπόλοιπες χώρες η κατανομή είναι πολύ διαφορετική ποιοτικά, αλλά και μικρότερη ποσοτικά.

Το μεταφορικό έργο των σιδηροδρόμων συντελεί στην μείωση των εκπομπών CO₂ από τις σιδηροδρομικές μεταφορές για το σύνολο της Ε.Ε. στο διάστημα 1980-2002, κάτι που οφείλεται κυρίως στη μείωση που επέδειξαν η Γερμανία και η Γαλλία.

Η ενεργειακή ένταση των σιδηροδρόμων δρα διαφορετικά ανά χώρα ως προς την αύξηση ή μείωση των εκπομπών CO₂ από τις σιδηροδρομικές μεταφορές στο διάστημα 1980-2002. Η όποια επίδραση της μπορεί να είναι αμελητέα για το σύνολο της Ε.Ε., αλλά για κάποιες χώρες, π.χ. Ισπανία, η επίδρασή της είναι η πιο σημαντική.

Το μείγμα καυσίμου των σιδηροδρόμων συμβάλει στην αύξηση των εκπομπών CO₂ από τις σιδηροδρομικές μεταφορές για τις περισσότερες χώρες της Ε.Ε. στο διάστημα 1980-2002. Αξιοσημείωτο είναι το μέγεθος της αύξησης για τη Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο, κατά μία ή δύο τάξεις μεγέθους σε σχέση με τις άλλες χώρες.

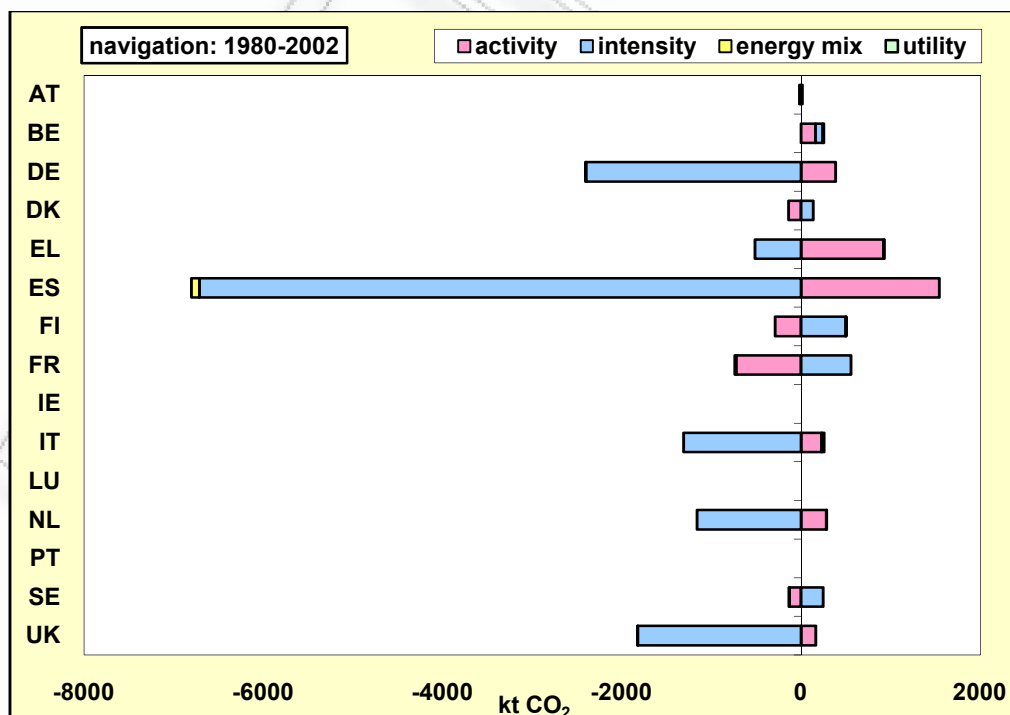
Η μεταβολή στη διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής ώθησε τις περισσότερες χώρες της Ε.Ε. να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ από τις σιδηροδρομικές μεταφορές στο διάστημα 1980-2002. Και εδώ, η Γερμανία, η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο παρουσιάζουν συγκριτικά πολύ μεγαλύτερες μεταβολές.

5.4.4. μεταφορές εγχώριας ναυσιπλοΐας

Οι εγχώριες ναυτιλιακές μεταφορές ευθύνονται για μόλις το 2-4 % των συνολικών εκπομπών CO₂ από τις μεταφορές, όπως φανερώνουν ο Πίνακας 5.1-2 και το Διάγραμμα 5.1-4. Ο Πίνακας 5.4-4 και το Διάγραμμα 5.4-4 παρουσιάζουν τις απόλυτες μεταβολές των εκπομπών CO₂ από τις εν λόγω μεταφορές κατά την περίοδο 1980-2002 και μαζί την κατανομή της συμβολής κάθε προσδιοριστικού παράγοντα.

1980-2002	total	activity	intensity	fuel mix	utility
AT	0	16	-16	0	0
BE	254	161	82	10	0
DE	-2014	387	-2400	-1	0
DK	0	-137	137	0	0
EL	418	920	-512	10	0
ES	-5256	1545	-6710	-90	0
FI	215	-289	501	3	0
FR	-182	-724	557	-16	0
IE					
IT	-1052	228	-1309	30	0
LU					
NL	-876	284	-1161	0	0
PT					
SE	112	-129	246	-5	0
UK	-1659	166	-1823	-2	0
EU15	-10566	3394	-13911	-50	0

Πίνακας 5.4-4: Μεταβολή εκπομπών από τις ναυτιλιακές μεταφορές ανά προσδιοριστικό παράγοντα σε kt CO₂ (1980-2002)



Διάγραμμα 5.4-4: Μεταβολή εκπομπών από τις ναυτιλιακές μεταφορές ανά προσδιοριστικό παράγοντα σε kt CO₂ (1980-2002)

Η μεταβολή των εκπομπών CO₂ από τις εγχώριες ναυτιλιακές μεταφορές στο διάστημα 1980-2002 οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ενεργειακή ένταση, που προκαλεί μείωση, και κατά δεύτερο λόγο στο μεταφορικό έργο, που προκαλεί αύξηση, για τις περισσότερες χώρες και για το σύνολο των 15 χωρών της Ε.Ε στο διάστημα 1980-2002. Το μείγμα καυσίμου έχει μηδαμινή συμβολή, ενώ η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής δεν επηρεάζει τις ναυτιλιακές μεταφορές.

Το μεταφορικό έργο των εγχώριων ναυτιλιακών μεταφορών συντελεί στην αύξηση των εκπομπών CO₂ από τις ναυτιλιακές μεταφορές στις περισσότερες χώρες, καθώς και στο σύνολο της Ε.Ε. των 15 μελών, για το διάστημα 1980-2002. Εξαιρέσεις αποτελούν η Δανία, η Φινλανδία, η Γαλλία και η Σουηδία.

Η ενεργειακή ένταση των εγχώριων ναυτιλιακών μεταφορών έχει μειώσει τις εκπομπές CO₂ που προκαλούν για το σύνολο των 15 χωρών της Ε.Ε. στο διάστημα 1980-2002. Κάθε χώρα, όμως, παρουσιάζει διαφορετική εξέλιξη της ενεργειακής έντασης των ναυτιλιακών μεταφορών με αποτέλεσμα 5 χώρες να παρουσιάζουν μικρή αύξηση και 7 χώρες μεγάλη μείωση των εν λόγω εκπομπών.

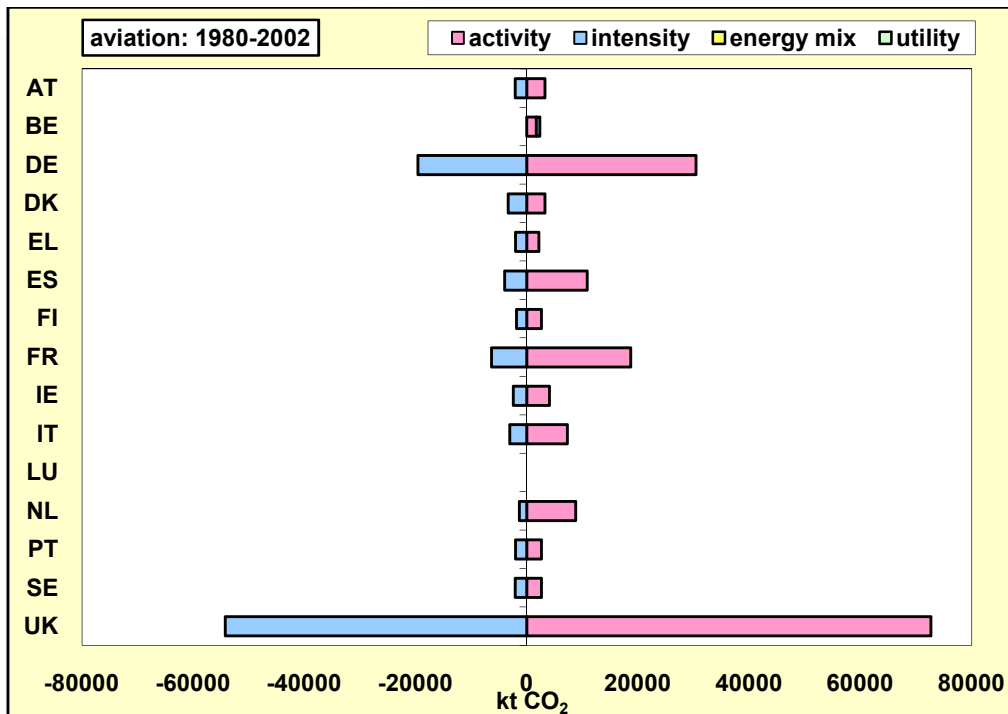
Η μεταβολή του μείγματος καυσίμου στις θαλάσσιες μεταφορές είναι ελάχιστη. Επομένως, η επίδρασή του στις εκπομπές CO₂ των εγχώριων ναυτιλιακών μεταφορών στο διάστημα 1980-2002 είναι αμελητέα, είτε είναι θετική είτε αρνητική ανά χώρα.

5.4.5. αεροπορικές μεταφορές

Οι αεροπορικές μεταφορές ευθύνονται για το 10%-14% των συνολικών εκπομπών CO₂ από τις μεταφορές, όπως αποδεικνύουν ο Πίνακας 5.1-2 και το Διάγραμμα 5.1-4, άρα είναι υπολογίσιμες. Ο Πίνακας 5.4-5 και το Διάγραμμα 5.4-5 παρουσιάζουν τις απόλυτες μεταβολές των εκπομπών CO₂ από τις αεροπορικές μεταφορές κατά την περίοδο 1980-2002 και ταυτόχρονα την κατανομή της συμβολής του μεταφορικού έργου και της ενεργειακής έντασης, αφού το μείγμα καυσίμου και η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής δεν επηρεάζουν καθόλου τις αεροπορικές μεταφορές.

1980-2002	total	activity	intensity	fuel mix	utility
AT	1195	3266	-2071	0	0
BE	2358	1709	649	0	0
DE	10873	30415	-19542	0	0
DK	-63	3305	-3367	0	0
EL	128	2163	-2035	0	0
ES	6921	10879	-3958	0	0
FI	781	2634	-1853	0	0
FR	12384	18722	-6338	0	0
IE	1708	4111	-2403	0	0
IT	4274	7334	-3060	0	0
LU					
NL	7505	8810	-1305	0	0
PT	662	2669	-2007	0	0
SE	551	2635	-2084	0	0
UK	18432	72670	-54238	0	0
EU15	68693	157714	-89021	0	0

Πίνακας 5.4-5: Μεταβολή εκπομπών από τις αεροπορικές μεταφορές ανά προσδιοριστικό παράγοντα σε kt CO₂ (1980-2002)



Διάγραμμα 5.4-5: Μεταβολή εκπομπών από τις αεροπορικές μεταφορές ανά προσδιοριστικό παράγοντα σε kt CO₂ (1980-2002)

Οι εκπομπές CO₂ των αεροπορικών μεταφορών παρουσιάζουν σημαντική αύξηση για όλες τις χώρες της Ε.Ε. στο διάστημα 1980-2002. Εξαιρέση αποτελεί μόνο η Δανία που παρουσιάζει αμελητέα μείωση. Στο σύνολο των 15 χωρών της Ε.Ε., η αναλογία συμμετοχής του αυξητικού παράγοντα, δηλαδή του μεταφορικού έργου, προς τον παράγοντα μείωσης, δηλαδή της ενεργειακής έντασης, των εκπομπών είναι 60/40.

Η αύξηση του μεταφορικού έργου των αεροπορικών μεταφορών συντελεί στην αύξηση των εκπομπών CO₂ σε όλη την Ε.Ε. για το συνολικό διάστημα 1980-2002.

Αντίθετα, η αύξηση της ενεργειακής έντασης προκαλεί μείωση των αντίστοιχων εκπομπών CO₂ σε όλη την Ε.Ε. για το διάστημα 1980-2002. Το Βέλγιο έχει αντίθετη συμπεριφορά, γιατί εμφανίζει σταδιακή αύξηση της ενεργειακής έντασης των αεροπορικών μεταφορών.

5.4.6. Μεταφορές μέσω αγωγών

Οι μεταφορές μέσω αγωγών ευθύνονται για το 0,2% των συνολικών εκπομπών CO₂ από τις μεταφορές, όπως αποδεικνύουν ο Πίνακας 5.1-2 και το Διάγραμμα 5.1-4, άρα είναι αμελητέες. Λόγω έλλειψης δεδομένων, τα αποτελέσματα της ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων που προκύπτουν αφορούν μόνο 4 χώρες της Ε.Ε. και μόνο για το διάστημα 1990-2002.

Ο Πίνακας 5.4-6 και το Διάγραμμα 5.4-6 παρουσιάζουν την απόλυτες μεταβολές των εκπομπών CO₂ από τις μεταφορές μέσω αγωγών κατά την περίοδο 1990-2002 και ταυτόχρονα την κατανομή της συμβολής του κάθε προσδιοριστικού παράγοντα. Οι εν λόγω εκπομπές CO₂ αυξήθηκαν μεταξύ 1990-2002 στην Αυστρία, το Βέλγιο και τη Δανία, αλλά όχι στην Ιταλία.

Οι εκπομπές CO₂ που προκαλούν οι μεταφορές μέσω αγωγών αυξάνονται κατά κύριο λόγο χάρη στην αύξηση του μεταφορικού έργου τους. Συγκεκριμένα, στο διάστημα 1990-2002 οι εν λόγω εκπομπές CO₂ αυξάνονται και για τις 4 χώρες.

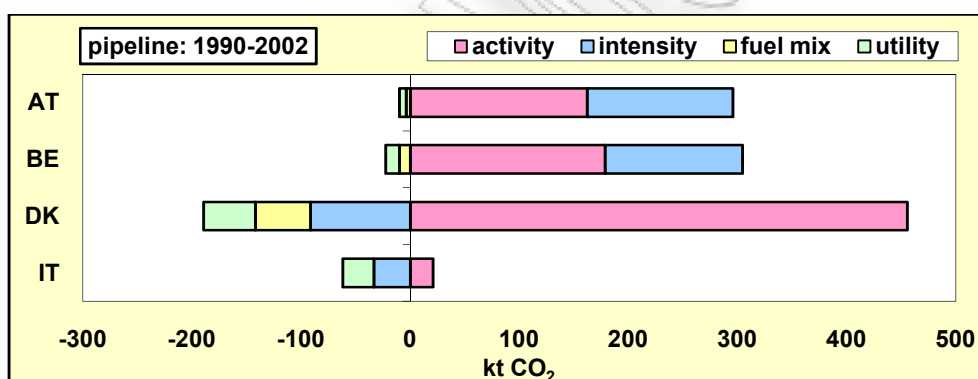
Η ενεργειακή ένταση των μεταφορών μέσω αγωγών συντελεί στην αύξηση των εκπομπών CO₂ που αυτές προκαλούν στο διάστημα 1990-2002 για την Αυστρία και το Βέλγιο, ενώ συντελεί στη μείωσή τους για τη Δανία και την Ιταλία. Η ενεργειακή ένταση αποτελεί τον προσδιοριστικό παράγοντα με τη δεύτερη στη σειρά ποσοστιαία συμμετοχή στη μεταβολή των εν λόγω εκπομπών CO₂.

Η Αυστρία, το Βέλγιο και η Δανία μείωσαν τις εκπομπές CO₂ από τις μεταφορές μέσω αγωγών λόγω μεταβολής του μείγματος καυσίμου στο διάστημα 1990-2002. Το μείγμα καυσίμου αποτελεί τον προσδιοριστικό παράγοντα με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στη μείωση των εν λόγω εκπομπών CO₂.

Η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής συνετέλεσε στη μείωση των εκπομπών CO₂ του τομέα των μεταφορών μέσω αγωγών και για τις 4 χώρες στο διάστημα 1990-2002.

1980-2002	total	activity	intensity	fuel mix	utility
AT	286	162	133	-4	-6
BE	282	179	126	-10	-13
DK	266	455	-91	-50	-47
IT	-41	21	-33	0	-28
EU15	287	122	318	-99	-53

Πίνακας 5.4-6: Μεταβολή εκπομπών από τις μεταφορές μέσω αγωγών ανά προσδιοριστικό παράγοντα σε kt CO₂ (1990-2002)

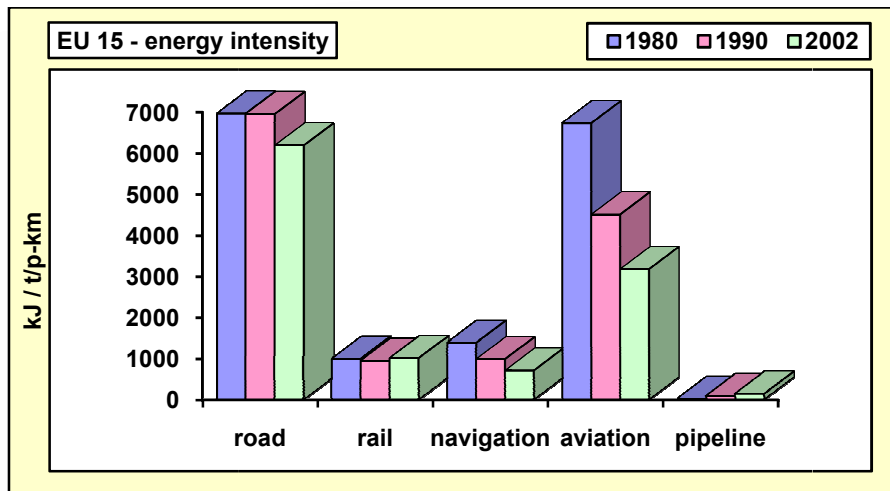


Διάγραμμα 5.4-6: Μεταβολή εκπομπών από τις μεταφορές μέσω αγωγών ανά προσδιοριστικό παράγοντα σε kt CO₂ (1990-2002)

5.5. Ενεργειακή ένταση

5.5.1. Ορισμός

Ως ενεργειακή ένταση ορίζεται το μέγεθος της καταναλισκόμενης ενέργειας ανηγμένη στο παραγόμενο έργο. Επομένως, στην παρούσα μελέτη η ενεργειακή ένταση ορίζεται σαν η καταναλισκόμενη ενέργεια ως προς το μεταφορικό έργο που επιτελέστηκε. Δηλαδή, υπολογίζεται σε kJ/p-km ή kJ/t-km, ανάλογα με το αν μεταφέρονται επιβάτες ή εμπορεύματα. Βελτίωση της χρήσης ενέργειας σε ένα σύστημα, δηλαδή αποδοτικότερη χρήση της, σημαίνει ελάττωση της ενεργειακής έντασης του συστήματος. Το Διάγραμμα 5.5-1 παρουσιάζει την ανά κλάδο εξέλιξη της ενεργειακής έντασης των μεταφορών για τα 15 μέλη της Ε.Ε. στα εξεταζόμενα έτη. Πρέπει να σημειωθεί πως δεν πρέπει να συγκρίνονται τα μεγέθη της ενεργειακής έντασης στους πέντε κλάδους των μεταφορών, καθώς άλλοι αναφέρονται σε μεταφορά επιβατών και άλλοι σε μεταφορά εμπορευμάτων.

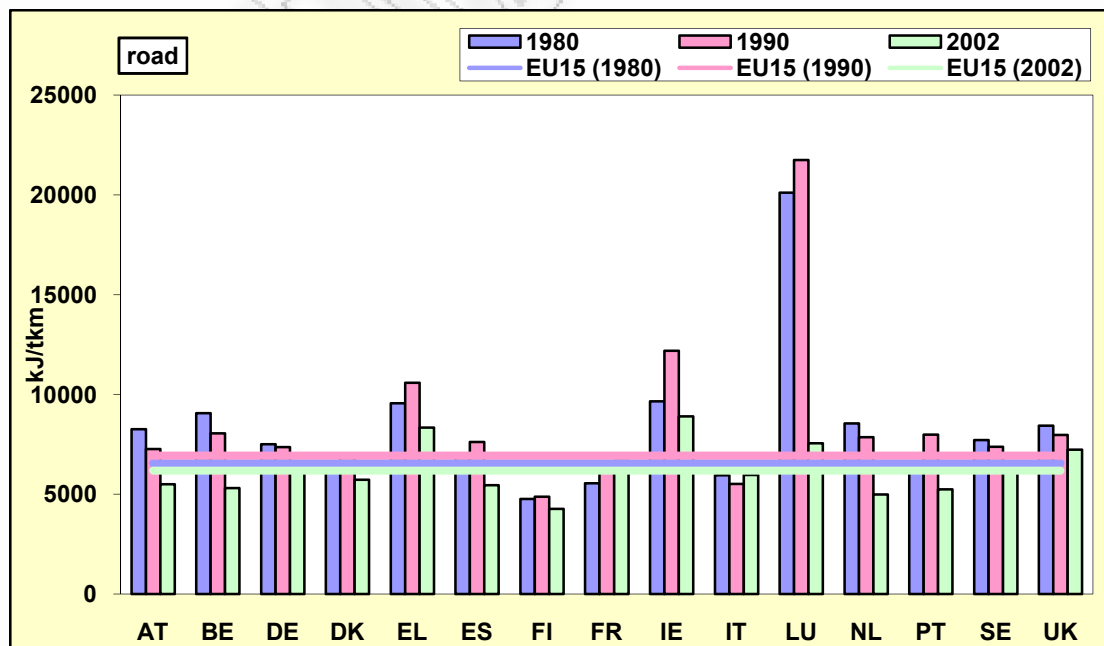


Διάγραμμα 5.5-1: Εξέλιξη ενεργειακής έντασης της Ε.Ε. ανά κλάδο

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι οι οδικές, οι εγχώριες ναυτιλιακές και οι αεροπορικές μεταφορές βρίσκονται σε σωστό δρόμο (για το σύνολο της Ε.Ε.), δηλαδή παρουσιάζουν σταθερή πτώση της ενεργειακής έντασης. Αντίθετα, οι σιδηροδρομικές μεταφορές και οι μεταφορές μέσω αγωγών παρουσιάζουν αύξηση της ενεργειακής έντασης. Είναι επίσης αξιοσημείωτο ότι αν και το 1980 η ενέργεια που απαιτούνταν για το ίδιο παραγόμενο έργο στις οδικές και τις αεροπορικές μεταφορές ήταν ίδια, το 2002 έχει μειωθεί στο μισό για τις αεροπορικές μεταφορές, πράγμα που φανερώνει μεγάλη πρόοδο..

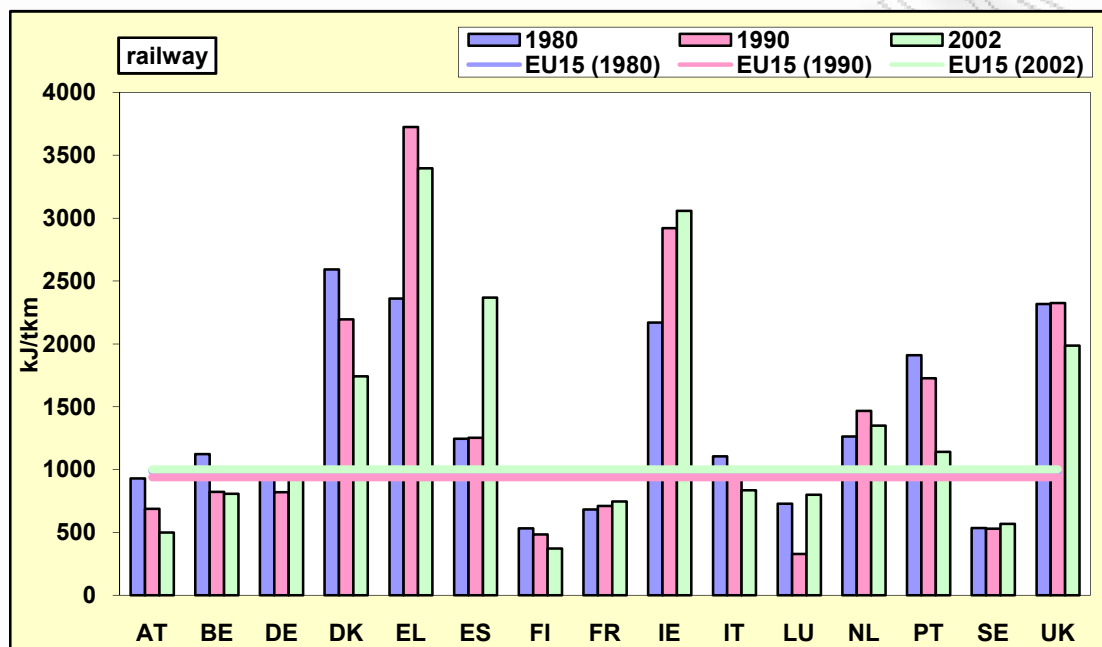
5.5.2. Σύγκριση ανά κλάδο

Στη συνέχεια ακολουθεί η συγκριτική παρουσίαση της ενεργειακής έντασης των 15 χωρών της Ε.Ε. για καθένα από τους πέντε κλάδους των μεταφορών ξεχωριστά (αν και οι μεταφορές μέσω αγωγών δεν παρουσιάζουν αριθμό αποτελεσμάτων επαρκή για σύγκριση). Στα ακόλουθα Διαγράμματα 5.5-2, 5.5-3, 5.5-4, 5.5-5, 5.5-6 μπορεί να γίνει και σύγκριση με τον αντίστοιχο μέσο όρο της Ε.Ε., ο οποίος για καθένα από τα τρία έτη παρουσιάζεται με την αντίστοιχη συνεχή ευθεία γραμμή.



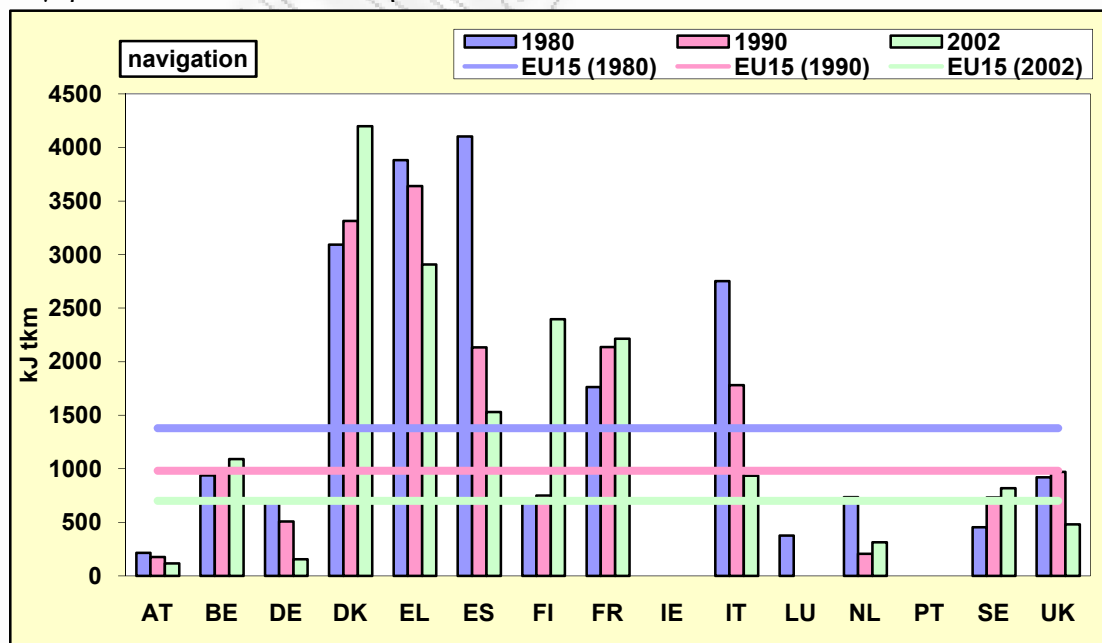
Διάγραμμα 5.5-2: Ενεργειακές εντάσεις 15 χωρών της Ε.Ε. για τις οδικές μεταφορές

Για τις οδικές μεταφορές είναι προφανές ότι όλες οι χώρες κυμαίνονται στα ίδια περίπου επίπεδα ενεργειακής έντασης, πλην του Λουξεμβούργου (αλλά όχι για το 2002), που ούτως ή άλλως αποτελεί ιδιαίτερη περίπτωση λόγω μεγέθους. Επίσης όλες οι χώρες έχουν φθίνουσα οδική ενεργειακή ένταση, με μόνη εξαίρεση τη Γαλλία, όπως προαναφέρθηκε.



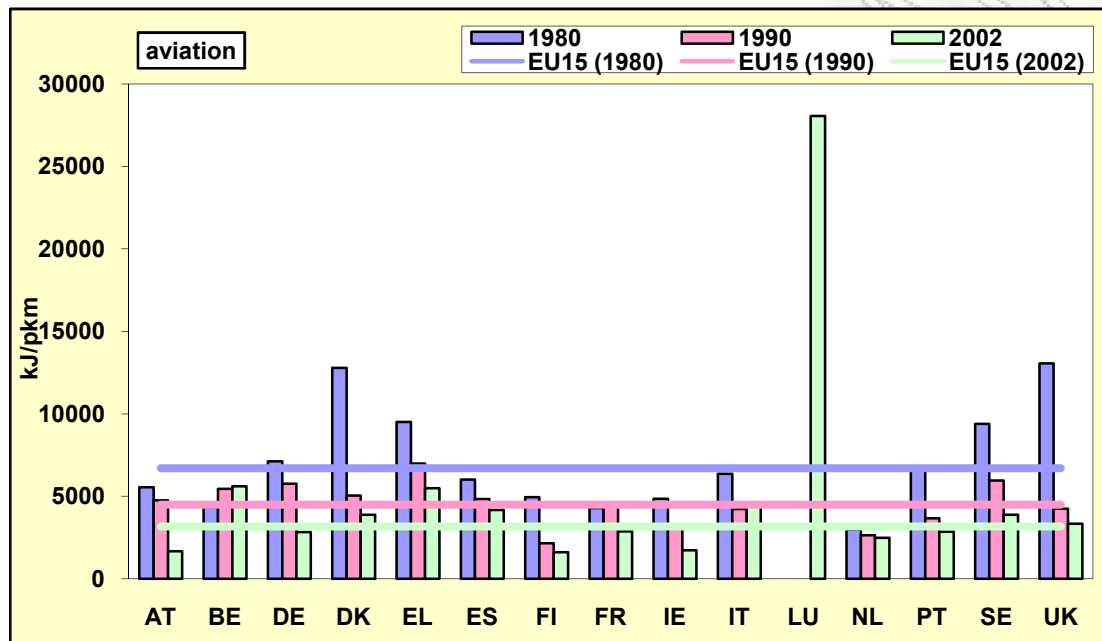
Διάγραμμα 5.5-3: Ενεργειακές εντάσεις 15 χωρών της Ε.Ε. για τις σιδηροδρομικές μεταφορές

Η ενεργειακή ένταση των σιδηροδρομικών μεταφορών παρουσιάζεται σταθερή με το χρόνο για το σύνολο των 15 χωρών της Ε.Ε., όπως φαίνεται από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο. Όμως, 7 χώρες παρουσιάζουν φθίνουσα ενεργειακή ένταση, ενώ οι υπόλοιπες 9 χώρες παρουσιάζουν αύξουσα ενεργειακή ένταση. Σε χειρότερη θέση, αρκετά πάνω από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο φαίνονται η Ελλάδα, η Ιρλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο και εσχάτως η Ισπανία. Αντίθετα, η Φινλανδία, η Γαλλία και η Σουηδία βρίσκονται συγκριτικά σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα.



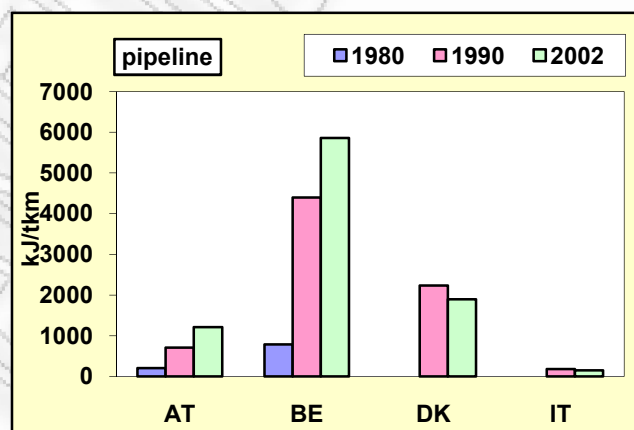
Διάγραμμα 5.5-4: Ενεργειακές εντάσεις 15 χωρών της Ε.Ε. για τις ναυτιλιακές μεταφορές

Η ενεργειακή ένταση των εγχώριων ναυτιλιακών μεταφορών των 15 χωρών της Ε.Ε. μειώνεται σταδιακά, όμως με διαφορετικές τάσεις μεταξύ των χωρών. Πέντε βορειοευρωπαϊκές χώρες παρουσιάζουν αύξουσα ενεργειακή ένταση (Βέλγιο, Δανία, Φινλανδία, Γαλλία, Σουηδία). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η Φινλανδία, όπου διπλασιάζεται μεταξύ 1990-2002. Αντίθετα, επτά χώρες ελαττώνουν σταδιακά την ενεργειακή τους ένταση (Αυστρία, Γερμανία, Ελλάδα, Ισπανία, Ιταλία, Ολλανδία, Ηνωμένο Βασίλειο).



Διάγραμμα 5.5-5: Ενεργειακές εντάσεις 15 χωρών της Ε.Ε. για τις αεροπορικές μεταφορές

Λιγότερο σημαντικές διαφορές παρουσιάζουν οι ευρωπαϊκές χώρες στην ενεργειακή ένταση των αεροπορικών μεταφορών. Όλες οι χώρες μειώνουν σταθερά την ενεργειακή ένταση, με μοναδική εξαίρεση το Βέλγιο που παρουσιάζει μικρή αύξηση, όπως προαναφέρθηκε. Οι περισσότερες χώρες κυμαίνονται στα επίπεδα του ευρωπαϊκού μέσου όρου, εκτός του Λουξεμβούργου που τον υπερβαίνει σημαντικά.



Διάγραμμα 5.5-6: Ενεργειακές εντάσεις 15 χωρών της Ε.Ε. για τις μεταφορές μέσω αγωγών

Για την ενεργειακή ένταση στις μεταφορές μέσω αγωγών δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για να γίνει σύγκριση. Πάντως, υπάρχει αυξητική τάση για την Αυστρία και το Βέλγιο, ενώ για τη Δανία παρατηρείται μικρή βελτίωση μεταξύ 1990-2002.

6. Συμπεράσματα

6.1. Για την εργασία

6.1.1. Πλεονεκτήματα

Η ιδιαιτερότητα της εργασίας έγκειται στο γεγονός ότι εξετάζει ταυτόχρονα τις μεταφορές επιβατών και εμπορευμάτων, με τις όποιες ελαστικές παραδοχές έχουν γίνει βέβαια. Αυτό συμβαίνει συνήθως μόνο στις έρευνες που εξετάζουν όλο το ενεργειακό σύστημα και τις μεταφορές έναντι των άλλων τομέων ενεργειακής κατανάλωσης. Αντίθετα, στη διεθνή βιβλιογραφία οι έρευνες που εστιάζουν στις μεταφορές διαχωρίζονται μεταξύ επιβατών και εμπορευμάτων, όπως είναι και το σωστό, για να εμβαθύνουν και να παραχθούν αξιόπιστα συμπεράσματα. Επίσης, μια άλλη συνήθης πρακτική είναι να μελετάται η συμπεριφορά των μεταφορών ή αποκλειστικά ο κλάδος των οδικών μεταφορών σε μια χώρα ως προς τις εκπομπές αερίων. Αντίθετα η εργασία αυτή δεν εστιάζει σε μια χώρα, αλλά υπολογίζει έστω και κατά προσέγγιση τις μεταβολές των εκπομπών με σκοπό να προκύψουν συμπεράσματα από τη σύγκριση μεταξύ των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επίσης, από την παρούσα εργασία προκύπτει σαν πρόσθετο αποτέλεσμα και ο υπολογισμός των συντελεστών εκπομπής CO₂ για την ηλεκτροπαραγωγή κάθε χώρας. Ο υπολογισμός αυτός μπορεί να γίνει για κάθε έτος και αποτελεί έναν ακόμα χρήσιμο ενεργειακό δείκτη σε παρόμοιες εργασίες.

6.1.2. Περιορισμοί

Η εργασία υστερεί ως προς την αξιοπιστία της σχετικά με την ελαστικότητα των παραδοχών που γίνονται λόγω έλλειψης ή ιδιαιτερότητας δεδομένων. Συνοπτικά υπενθυμίζεται ότι:

- Η εργασία δεν λαμβάνει υπόψη τις διεθνείς ναυτιλιακές μεταφορές, ενώ από τις εγχώριες λαμβάνει υπόψη τις μεταφορές εμπορευμάτων και όχι επιβατών. Συνεπώς, τα όποια συμπεράσματα δεν αφορούν το σύνολο των ναυτιλιακών μεταφορών, οι οποίες έχουν στο σύνολό τους πολύ μεγαλύτερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου.
- Για τις αεροπορικές μεταφορές επιβατών γίνεται η παραδοχή ότι η επιβατική κίνηση κάθε χώρας σε επιβατοχιλιόμετρα ισούται με το άθροισμα της κίνησης των εταιριών που εδρεύουν στη χώρα. Η παραδοχή αυτή είναι πολύ επισφαλής για αυτό και τα όποια συμπεράσματα για τις αεροπορικές μεταφορές θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη για το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, παρά για την κατανομή ανά χώρα. Επίσης, πρέπει να επαναληφθεί ότι οι αεροπορικές μεταφορές λαμβάνουν υπόψη τους μόνο τις μεταφορές επιβατών, αφού αυτές των εμπορευμάτων θεωρούνται αμελητέες. Αυτό, όμως, δεν μπορεί να θεωρηθεί αδυναμία.
- Όσον αφορά τις οδικές και τις σιδηροδρομικές μεταφορές, η παραδοχή που γίνεται για τη μετατροπή των επιβατοχιλιόμετρων σε τοννοχιλιόμετρα αποτελεί μια καλή εκτίμηση της βιβλιογραφίας για τις οδικές μεταφορές. Εδώ, εφαρμόζεται επιπλέον και για τις σιδηροδρομικές μεταφορές.
- Για τις μεταφορές μέσω αγωγών δεν εξάγονται συμπεράσματα, διότι είναι προφανής η έλλειψη δεδομένων για τις περισσότερες χώρες. Τα δεδομένα αυτά αρχίζουν να καταγράφονται μετά τη δεκαετία του '90, οπότε σε μελλοντικές έρευνες θα έχει μεγαλύτερη αξία η μελέτη του κλάδου αυτού.

6.2. Για τα αποτελέσματα

6.2.1. Συμπεράσματα και τάσεις

Τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από τα αποτελέσματα της ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων στον τομέα των μεταφορών για τις 15 χώρες μέλη της Ε.Ε. συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Οι εκπομπές CO₂ των μεταφορών αυξάνονται σε όλες τις χώρες της Ε.Ε..
- Το ποσοστό συμμετοχής των μεταφορών επί των συνολικών εκπομπών CO₂ αυξάνεται επίσης διαχρονικά.
- Από τους κλάδους των μεταφορών που μελετώνται, τη μεγαλύτερη συμβολή στις παραπάνω αυξήσεις των εκπομπών CO₂ έχει ο κλάδος των οδικών μεταφορών κατά περίπου 82%. Ακολουθούν με τα αντίστοιχα ποσοστά συμμετοχής, οι αεροπορικές κατά περίπου 13%, οι σιδηροδρομικές κατά 3% και η εγχώρια ναυσιπλοΐα κατά περίπου 2%. Οι μεταφορές μέσω αγωγών έχουν προς το παρόν ποσοστό συμμετοχής κάτω του 1%
- Από τους πέντε εξεταζόμενους κλάδους, οι οδικές μεταφορές, οι αεροπορικές μεταφορές και οι μεταφορές μέσω αγωγών εμφανίζουν τάση αύξησης των εκπομπών τους. Αντίθετα, οι μεταφορές των σιδηροδρόμων και της εγχώριας ναυτιλίας εμφανίζουν τάση μείωσης των εκπομπών τους.
- Για τους τρεις κλάδους που εμφανίζουν τάση αύξησης των εκπομπών τους, αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στην επίσης αυξητική τάση της ζήτησης για μεταφορικό έργο που παρουσιάζουν.
- Για τις σιδηροδρομικές μεταφορές η τάση μείωσης των εκπομπών τους οφείλεται κατά πρώτο λόγο στη συνεισφορά της ηλεκτροπαραγωγής και κατά δεύτερο στη μείωση της ζήτησης για μεταφορές του κλάδου.
- Για την εγχώρια ναυσιπλοΐα, η τάση μείωσης των εκπομπών που προκαλεί οφείλεται κυρίως στη συνεισφορά της ενεργειακής έντασης.
- Το επίπεδο παραγωγής μεταφορικού έργου, δηλαδή η έκφραση τη ζήτησης για μεταφορές, αυξάνεται σε όλους τους κλάδους για όλες τις χώρες της Ε.Ε., άρα μπορεί να θεωρηθεί ως ο προσδιοριστικός παράγων που ευθύνεται περισσότερο για την αυξητική τάση των εκπομπών CO₂ των μεταφορών στην Ε.Ε..
- Η ενεργειακή ένταση των μεταφορών, δηλαδή η έκφραση της απόδοσης της τεχνολογίας στο μεταφορικό έργο, αποτελεί τον προσδιοριστικό παράγοντα που ευθύνεται περισσότερο για την τάση μείωσης των εκπομπών CO₂ των μεταφορών στην Ε.Ε..
- Το μείγμα καυσίμου των μεταφορών αποτελεί τον δεύτερο κατά σειρά προσδιοριστικό παράγοντα που ωθεί στην αυξητική τάση των εκπομπών CO₂ των μεταφορών στην Ε.Ε.
- Η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής, δηλαδή η έκφραση της συνεισφορά της ηλεκτροπαραγωγής στο ενεργειακό μείγμα των μεταφορών, αποτελεί το δεύτερο κατά σειρά προσδιοριστικό παράγοντα που ωθεί στην τάση μείωσης των εκπομπών CO₂ των μεταφορών στην Ε.Ε..
- Η ενεργειακή ένταση των μεταφορών, ορισμένη σαν η έκφραση της ενέργειας που καταναλώνεται ως προς το μεταφορικό έργο που παρέχεται σε kJ/p-km ή kJ/t-km, μειώνεται (δηλαδή βελτιώνεται) για τις οδικές, τις αεροπορικές και τις εγχώριες ναυτιλιακές μεταφορές, ενώ αυξάνεται (δηλαδή επιδεινώνεται) για τις μεταφορές των σιδηροδρόμων και των αγωγών.

6.2.2. Γενικό συμπέρασμα - Πρόβλεψη

Επί της ουσίας, το τελικό συμπέρασμα που προκύπτει από την παρούσα εργασία είναι ότι οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από το σύνολο των μεταφορών θα συνεχίσουν να αυξάνονται, παρά τις όποιες βελτιώσεις έχουν γίνει σε κάποιους κλάδους αναφορικά με τη βελτίωση της ενεργειακής έντασης, εφόσον διατηρηθούν οι υπάρχουσες οικονομικοκοινωνικές συνθήκες στην Ε.Ε.. Η τάση αυτή θα συνεχιστεί για όσο ακόμα συνεχίζεται η αύξηση της μεταφορικής δραστηριότητας των μεταφορών, ιδιαίτερα του κλάδου των οδικών μεταφορών, αφού η διαφορά στη συνεισφορά των δύο παραγόντων είναι προς το παρόν πολύ μεγάλη. Παράλληλα, η επίδραση των άλλων δύο παραγόντων (μείγμα καυσίμου και συμβολή ηλεκτροπαραγωγής) είναι ακόμα λιγότερο σημαντική.

Εάν δεν αλλάξει κάτι δραματικό σχετικά με την περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε. για τις μεταφορές, η συνεισφορά τους στην αύξηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου θα συνεχιστεί για όσο αναπτύσσεται η οικονομία. Το ενδιαφέρον πλέον έγκειται σε δύο κατευθύνσεις και αφορά τη ζήτηση για μεταφορές. Αφενός, αν θα συνεχίσει να αυξάνεται το ποσοστό συμμετοχής των μεταφορών έναντι των άλλων τομέων της οικονομίας στην αύξηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου της Ε.Ε.. Βέβαια, αυτό εξαρτάται και από τη συμπεριφορά των άλλων τομέων, όπως π.χ. η βιομηχανία. Αφετέρου, γεννιέται το ερώτημα αν θα συνεχίσουν οι μεταφορές να αναπτύσσονται με ταχύτερο ρυθμό αύξησης από το ρυθμό ανάπτυξης της οικονομίας, συγκρίνοντας με το ετήσιο Α.Ε.Π. της Ε.Ε.. Σε μια ενδεχόμενη οικονομική κρίση η σχέση αυτή μπορεί να μεταβληθεί, ίσως και να αντιστραφεί, με τις ανάλογες επιπτώσεις στην περιβαλλοντική συμπεριφορά των μεταφορών.

6.2.3. Διευκρινιστικά σχόλια

Κάποια από τα αποτελέσματα ή τις παρατηρήσεις του προηγούμενου κεφαλαίου και κάποια από τα παραπάνω συμπεράσματα χρήζουν διευκρινήσεων, καθώς δεν είναι εμφανές και αυτονόητο το πως προέκυψαν. Συγκεκριμένα:

- Η Γαλλία και η Ιταλία εμφανίζουν αντιφατική συμπεριφορά συγκριτικά με τις άλλες χώρες της Ε.Ε. ως προς την ενεργειακή ένταση των οδικών μεταφορών. Σε αντίθεση με την αναμενόμενη συμπεριφορά, δηλαδή τη μείωση (βελτίωση) της ενεργειακής έντασης, οι δύο αυτές χώρες αυξάνουν στο διάστημα 1980-2002 την ενεργειακή ένταση των οδικών μεταφορών, σύμφωνα με τον Πίνακα 5.4-2 και το Διάγραμμα 5.4-2. Ειδικά στην περίπτωση της Γαλλίας, η αύξηση είναι τόσο σημαντική που εμφανίζεται σαν η μοναδική χώρα με αυξανόμενη ενεργειακή ένταση για το σύνολο των μεταφορών, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.3-3 και το Διάγραμμα 5.3-3.

Η συμπεριφορά αυτή εξηγείται λαμβάνοντας υπόψη ότι για τη Γαλλία η συμβολή του μείγματος καυσίμου στη μεταβολή των εκπομπών αερίων είναι θετική, όπως σχεδόν σε όλες τις χώρες, αλλά σημαντικά μεγαλύτερη. Εστιάζοντας στη μεταβολή του οδικού μείγματος καυσίμου, αποδεικνύεται ότι η Γαλλία μετακινείται σταδιακά προς την επικράτηση του πετρελαίου κίνησης έναντι της βενζίνης στα οχήματα. Συγκεκριμένα, η αναλογία χρήσης πετρελαίου κίνησης προς βενζίνη ήταν 1:2 το 1980, 1:1 το 1990 και 3:2 το 2002. Αντίθετα, σε όλες τις άλλες χώρες, εξαιρουμένης και της Ιταλίας, η αναλογία αυτή μεταβάλλεται μεν, αλλά δεν αντιστρέφεται υπέρ του πετρελαίου κίνησης τουλάχιστον μέχρι το 2002. Όμως, ο συντελεστής εκπομπής CO₂ του πετρελαίου κίνησης είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της βενζίνης, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 4.4.2. Επομένως, έτσι δικαιολογείται αυτή η διαφοροποίηση σε Γαλλία και Ιταλία.

- Με αντίστοιχο τρόπο δικαιολογείται και η εξαίρεση που παρουσιάζει η Ελλάδα ως προς τη συμβολή του μείγματος καυσίμου. Συγκεκριμένα, η Ελλάδα αποτελεί τη μοναδική χώρα από τις 15 της Ε.Ε. που στο διάστημα 1980-2002 παρουσίασε μείωση στις εκπομπές CO₂ που οφείλονται στη μεταβολή του μείγματος καυσίμου των οδικών μεταφορών, όπως φανερώνει ο Πίνακας 5.4-2 και το Διάγραμμα 5.4-2. Δεδομένου του ότι οι οδικές μεταφορές επηρεάζουν πρακτικά το σύνολο των μεταφορών της χώρας, η εξαίρεση αυτή επηρεάζει και τη συμβολή του μείγματος καυσίμου για το σύνολο των μεταφορών, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.3-4 και το Διάγραμμα 5.3-4. Η εξήγηση είναι ότι όλες οι υπόλοιπες χώρες αυξάνουν τις εν λόγω εκπομπές τους γιατί αυξάνουν σταδιακά το μερίδιο του πετρελαίου κίνησης στο μείγμα καυσίμου των οδικών μεταφορών. Στην Ελλάδα το μερίδιο του πετρελαίου κίνησης στις οδικές μεταφορές μειώνεται διαχρονικά προς όφελος της βενζίνης, λόγω της απαγόρευσης στην πετρελαιοκίνηση που έχει επιβληθεί στα αστικά κέντρα από τη δεκαετία του '80. Συνεπώς, οι εκπομπές CO₂ που οφείλονται στη μεταβολή του μείγματος καυσίμου σε όλη τη χώρα είναι συνεχώς μειούμενες.

Για να μην γίνονται παρερμηνείες, να σημειωθεί ξανά ότι το πετρέλαιο κίνησης μπορεί να έχει υψηλότερο συντελεστή εκπομπής CO₂ από τη βενζίνη, αλλά αυτό δε σημαίνει ότι είναι καύσιμο λιγότερο φιλικό στο περιβάλλον από τη βενζίνη. Η διάκριση αυτή αφορά αποκλειστικά τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Όμως, η καθαρότητα των δύο καυσίμων ως προς τους ρύπους που εκπέμπουν εξαρτάται εξίσου και από την τεχνολογία των κινητήρων που επικρατούν στην αγορά. Πρακτικά, το κάθε καύσιμο είναι φιλικότερο στο περιβάλλον ως προς διαφορετικούς ρύπους.

- Μια ακόμα εξαίρεση αποτελεί η συμπεριφορά του Βελγίου αναφορικά με την ενεργειακή ένταση των αεροπορικών μεταφορών, όπως επισημάνθηκε στο Διάγραμμα 5.5-5. Ενώ όλες οι υπόλοιπες χώρες μειώνουν με το χρόνο την ενεργειακή ένταση των αεροπορικών μεταφορών, στο Βέλγιο αυτή αυξάνεται. Αυτό άλλωστε είναι προφανές και από τις εκπομπές CO₂ που οφείλονται στην ενεργειακή ένταση των αεροπορικών μεταφορών, σύμφωνα με τον Πίνακα 5.4-5 και το Διάγραμμα 5.4.5. Η συμπεριφορά αυτή φανερώνει μια κατά κάποιο τρόπο σπατάλη ενέργειας. Μια απλοϊκή εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι ότι μάλλον οι αεροπορικές εταιρίες του Βελγίου χρησιμοποιούν διαχρονικά παλαιότερης τεχνολογίας αεροπλάνα από τις άλλες εταιρίες. Κάτι τέτοιο, βέβαια, αποτελεί μια εκτίμηση που δεν μπορεί να διασταυρωθεί. Η άλλη εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι η διαφοροποίηση να οφείλεται σε μη ακριβή δεδομένα μεταφορικής κίνησης.
- Όσον αφορά τις αεροπορικές μεταφορές, εξαίρεση αποτελεί και η Δανία γιατί είναι η μοναδική από τις εξεταζόμενες χώρες η οποία για το συνολικό διάστημα 1980-2002 μειώνει τις εκπομπές CO₂ του κλάδου, έστω και ελάχιστα (3%), σύμφωνα με τον Πίνακα 5.4-5 και το Διάγραμμα 5.4-5. Όπως αποδεικνύεται, η Δανία είναι η μοναδική χώρα στην οποία η βελτίωση της ενεργειακής έντασης μπόρεσε να αντισταθμίσει την αύξηση των εκπομπών που προκάλεσε η αύξηση της ζήτησης των αεροπορικών μεταφορών. Μάλιστα, αποδεικνύεται ότι η πρόοδος αυτή συνέβη εξολοκλήρου κατά την περίοδο 1980-1990, σύμφωνα με τα αποτελέσματα.
- Η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής αποτελεί έναν προσδιοριστικό παράγοντα που επηρεάζει αποκλειστικά τις σιδηροδρομικές μεταφορές και τις μεταφορές μέσω αγωγών. Η συνεισφορά της όμως στους κλάδους αυτούς είναι σημαντική ως προς τη συμμετοχή στην επίδραση μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου

των κλάδων αυτών. Έτσι, για τις σιδηροδρομικές μεταφορές η συμμετοχή της ηλεκτροπαραγωγής συντελεί στην μείωση των εκπομπών CO₂ που προκαλούν διαχρονικά για το 13 από τις 15 εξεταζόμενες χώρες. Η εξαίρεση της Αυστρίας και της Ελλάδος, όπου οι εν λόγω εκπομπές παρουσιάζουν αμελητέα αύξηση, οφείλεται στο γεγονός ότι ο συντελεστής εκπομπής CO₂ της ηλεκτροπαραγωγής στις δύο αυτές χώρες μειώνεται μεταξύ 1980-2002. Το αντίθετο συμβαίνει για τις υπόλοιπες εξεταζόμενες χώρες, όπως φανερώνει ο Πίνακας 4.2-3 και το Διάγραμμα 4.2-1. Η συμπεριφορά αυτή οφείλεται στο μείγμα καυσίμου που χρησιμοποιεί η ηλεκτροπαραγωγή κάθε χώρας. Οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες έχουν εισάγει σε αυτό το φυσικό αέριο και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για να συμπληρώνουν τα στερεά ορυκτά καύσιμα. Αντίθετα, η Ελλάδα και η Πορτογαλία εισήγαγαν μεν το φυσικό αέριο, αλλά αφενός υστερούν στην εισαγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αφετέρου διατηρούν σταθερό ή αυξάνουν το μερίδιο των στερεών καυσίμων.

- Το χαρακτηριστικό για τις σιδηροδρομικές μεταφορές είναι η διαφοροποίηση που παρατηρείται στη συμπεριφορά μεταξύ των χωρών που εξετάζονται. Δηλαδή, η συνεισφορά κάθε προσδιοριστικού παράγοντα είναι διαφορετική σε κάθε χώρα. Συγκεκριμένα, η εξέλιξη των εκπομπών CO₂ λόγω επίδρασης της συμμετοχής της ηλεκτροπαραγωγής μειώνεται στις περισσότερες χώρες, όπως και για το σύνολο της Ε.Ε., αλλά για το μεταφορικό έργο αυτό δεν ισχύει. Όπως φανερώνει ο Πίνακας 5.4-3 και το Διάγραμμα 5.4-3, η μείωση των εκπομπών CO₂ στο σύνολο της Ε.Ε. λόγω μείωσης του μεταφορικού έργου οφείλεται κατά κύριο λόγο σε μία χώρα, τη Γερμανία. Αντίθετα σε 9 από τις 15 χώρες της Ε.Ε. η συνεισφορά της μεταφορικού έργου είναι αυξητική στις εν λόγω εκπομπές CO₂.

6.2.4. Αξιολόγηση

Η αξία της παρούσας εργασίας έγκειται κυρίως στον προσδιορισμό των τάσεων που ακολουθούν οι μεταφορές των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως προς τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Τα ποσοτικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την εργασία αυτή, σε απόλυτες τιμές ή ποσοστά, έχουν την αξία τους αναφορικά με τη χρονική στιγμή στην οποία αναφέρονται. Πολύ πιο χρήσιμες, όμως, μπορούν να αποδειχθούν οι τάσεις οι οποίες προκύπτουν από τα αποτελέσματα αυτά, καθώς και οι όποιες ιδιαιτερότητες των επιμέρους κλάδων των μεταφορών ή των χωρών που εξετάζονται.

6.2.5. Προτάσεις

Από τα αποτελέσματα είναι προφανές ότι ο κλάδος που επηρεάζει τον τομέα των μεταφορών σε όλες τις χώρες δεν είναι παρά οι οδικές μεταφορές. Όπως είναι λογικό, οι όποιες περαιτέρω έρευνες επί του θέματος θα πρέπει να εστιάζονται στη συμπεριφορά των οδικών μεταφορών αναφορικά με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Όντως, στη βιβλιογραφία υπάρχουν ήδη μελέτες που επιχειρούν σχετικές έρευνες, μάλιστα διαχωρίζοντας τις μεταφορές επιβατών από τις μεταφορές εμπορευμάτων. Όμως, αρκετό ενδιαφέρον θα είχε και μια ανάλυση προσδιοριστικών παραγόντων των οδικών μεταφορών στα πρότυπα της παρούσας εργασίας, δηλαδή επιχειρώντας τη σύγκριση μεταξύ χωρών. Επιπλέον, εξίσου ενδιαφέρον θα είχε να πραγματοποιηθεί η παρούσα εργασία με τη διαφοροποίηση ότι οι οδικές μεταφορές θα συμμετείχαν διαιρεμένες σε υπο-κλάδους (π.χ. ιδιωτικής χρήσης, επαγγελματικά, μεσαία / βαριά, αγροτικά, τουριστικά και λοιπά οχήματα). Έτσι θα ήταν εφικτή η σύγκριση της συμπεριφοράς τους έναντι των άλλων κλάδων.

Μια ακόμα πρόταση για σχετική έρευνα είναι να διερευνηθούν περαιτέρω οι κλάδοι για τους οποίους τα διαθέσιμα δεδομένα δεν είναι αρκετά ή συγκρίσιμα με αυτά τα οποία απαιτεί η παρούσα έρευνα. Δηλαδή, οι αεροπορικές και οι ναυτιλιακές μεταφορές, των οποίων οι μεταφορές δύσκολα κατανέμονται ανά χώρα, θα μπορούσαν να μελετηθούν ως προς τις εκπομπές που προκαλούν αυτόνομα. Έτσι θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθούν πλέον αξιόπιστα δεδομένα και αντικειμενικά κριτήρια, τα οποία θα απέδιδαν πιο χρήσιμα συμπεράσματα.

Ακόμα, σχετικά με τις μεταφορές μέσω αγωγών, οι οποίες αναπτύσσονται ραγδαία και στο ευρωπαϊκό χώρο, καλό θα ήταν η μελέτη να γίνει με αφετηρία το 2000, ώστε να υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα δεδομένα. Έτσι, θα ήταν πιο εμφανείς οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των χωρών, αλλά και πιο προφανή τα όποια οφέλη (οικονομικά, ενεργειακά, περιβαλλοντικά) από τη χρήση τους.

7. Βιβλιογραφία

1. ΕΚΠΑΑ, «Έκθεση Περιβαλλοντικών Δεικτών», Δ. Διακουλάκη, Μάρτιος 2003
http://www.ekpaa.gr/documents/NCESD-GR-Indicators_full_report.pdf
2. Physics 4u, «Βασικά στοιχεία για το φαινόμενο του Θερμοκηπίου»,
<http://www.physics4u.gr/faq/greenhouse.html>
3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1996
<http://www.ipcc.ch/>
4. IPCC, “Climate change 2001: Synthesis report – Summary for policy makers”,
An assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Wembley
United Kingdom 24-29 September 2001
5. Friends of the Earth International Climate Change,
“The Science of Climate Change”, Briefings, September 2000
<http://www.foe.co.uk/pubsinfo/briefings/html/20001002143435.html#Footnote1>
6. Wikipedia – Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια
<http://el.wikipedia.org/wiki/>
7. IPCC, “Draft Reference Document on Best Available Techniques (BAT) for
Large Combustion Plants (LCP) [Draft]”, March 2003
<http://www.ipcc.ch>
8. <http://www.environlink.org/orgs/edf/sitemap.html>
9. Nicholas Stern, “Stern Review on the Economics of Climate Change”, 2006
<http://www.occ.gov.uk/activities/stern.htm>
10. <http://www.greenpeace.org/raw/content/greece/press/118523/32551.pdf>
11. Europa - Η δικτυακή πύλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης
<http://europa.eu.int/scadplus/leg/el/lvb/l28060.htm>
12. European Commission, Eurostat
<http://epp.eurostat.cec.eu.int/portal>
13. European Environmental Agency, “Briefing 2003-04”
<http://www.eea.eu.int/>
14. European Environmental Agency, “Transport and environment: facing a dilemma
- TERM 2005: indicators tracking transport and environment in the E.U.”
<http://www.eea.eu.int/>
15. OECD Energy consumption Database
<http://www.oecd.org/>

16. European Commission, "Energy & Transport in figures – 2006: Part 3 Transport"
<http://epp.eurostat.ec.eu.int/portal>
17. D. Stead, "Transport intensity in Europe – indicators and trends",
Transport Policy 8:1 (2001) 29-46
18. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
(Workbook volume 2), 1996.
<http://www.ipcc.ch/pub/guide.htm>
19. G. Mavrotas, S. Pavlidou, V. Hontou, D. Diakoulaki,
"Decomposition analysis of CO₂ emissions from the Greek manufacturing
sector", Global Nest: Int. G. Vol 2, No 1, 119-127, 2000
20. K. Liaskas, G. Mavrotas, M. Mandaraka, D. Diakoulaki,
"Decomposition of industrial CO₂ emissions: The case of European Union"
Energy Economics 22 (2000) 383-393
21. Se-Hark Park,
"An input-output framework for analyzing energy consumption",
Energy Economics 4 (1982) 105-110
22. D. Diakoulaki, G. Mavrotas, D. Orkopoulos, L. Papayiannakis,
"A bottom-up decomposition analysis of energy-related CO₂ emissions in
Greece", Energy Economics 31 (2006) 2638-2651
23. G.A Hankinson, J. M. W. Rhys,
"Electricity consumption, electricity intensity and industrial structure",
Energy Economics 5 (1983) 146-152
24. W. Reitler, M. Rudolph, H. Schaefer,
"Analysis of the factors influencing energy consumption in industry - a revised
method", Energy Economics 9 (1987) 145-148
25. Se-Hark Park,
"Decomposition of industrial energy consumption: an alternative method",
Energy Economics 14 (1992) 265-270
26. G. Boyd, D. Hanson, T. Sterner,
"Decomposition of changes in energy intensity: a comparison of the Divisia
index and other methods", Energy Economics 10 (1988) 309-312
27. R.B. Howarth, L. Schipper, P.A. Duerr, S. Strom,
"Manufacturing energy use in eight OECD countries: decomposing the impacts
of changes in output, industry structure and energy intensity",
Energy Economics 13 (1991) 135-142
28. J. W. Sun,
"Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition
model", Energy Economics 20 (1998) 85-100

29. B. W. Ang, F. L. Liu,
“A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation”, *The Energy Journal* 18:3 (1997) 59-73
30. B. W. Ang, K.H. Choi,
“Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia Index method”, *Energy* 26 (2001) 537-548
31. J. Albrecht, D. Francois, K. Schoors,
“A Shapley decomposition of carbon dioxide without residuals”
Energy Policy 30 (2002) 727-736
32. B. W. Ang, F. Q. Zhang,
“A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies”,
Energy 12:25 (2000) 1149-1176
33. B. W. Ang, F. L. Liu, E. P. Chew
“Perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis”
Energy Policy 31 (2003) 1561-1566
34. B. W. Ang,
“Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?”, *Energy Policy* 32 (2004) 1131-1139
35. L. Scholl, L. Schipper, N. Kiang,
“CO₂ emissions from passenger transport: a comparison of international trends from 1973 to 1992”, *Energy Policy* 24 (2006) 17-30
36. T. R. Lakshamanan, X. Han,
“Factors underlying transportation CO₂ emissions in the USA: a decomposition analysis”, *Transport Res. Vol.2 No. 1*, 1-15 (1997)
37. T. H. Kwon,
“Decomposition of factors determining the trend of CO₂ emissions from car travel in Great Britain (1970-2000)”, *Ecological Economics* 53 (2005) 261-275

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ