



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

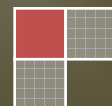
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΔΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΤΗΣ
ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΑΚΑ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ**

ΜΑΡΙΟΣ ΚΑΡΜΕΛΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΔΑΝΑΗ ΔΙΑΚΟΥΛΑΚΗ, Καθηγήτρια ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ 2012





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΔΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ
ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΙΟΣ ΚΑΡΜΕΛΛΟΣ

Εξεταστική Επιτροπή:

Καθηγήτρια Δανάη Διακουλάκη

Καθηγητής Ιωάννης Καλογήρου

Επ. Καθηγητής Γιώργος Μαυρωτάς

Επιβλέπουσα: Καθηγήτρια Δανάη Διακουλάκη

ΑΘΗΝΑ, 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των προπτυχιακών μου σπουδών στη Σχολή Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την απόκτηση του αντίστοιχου Διπλώματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την Καθηγήτρια ΕΠΜ κ. Δανάη Διακουλάκη, επιβλέπουσα της εργασίας αυτής για την καθοδήγηση και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Οι συμβουλές που παρείχε καθώς και οι γνώσεις που μου μετέδωσε ήταν πολύτιμες. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Δήμητρα Κοπίδου και τη Χριστίνα Καραμποϊκή από το Εργαστήριο Βιομηχανικής και Ενεργειακής Οικονομίας της Σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ για την υποστήριξη και τη βοήθεια που μου πρόσφεραν για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τους γονείς μου Ιωακείμ και Χρυστάλλα και τον αδελφό μου Χάρη, καθώς και όλους τους φίλους μου για τη στήριξη και τη συμπαράσταση που μου παρείχαν.

Μάριος Καρμέλλος

Αθήνα, 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) συμβάλλουν ιδιαίτερα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου που θεωρείται υπεύθυνο για την κλιματική αλλαγή. Ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής έχει μεγάλο μερίδιο ευθύνης για τις εκπομπές αυτές. Ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη των προσδιοριστικών παραγόντων που επηρεάζουν τις εκπομπές CO₂ στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) την περίοδο 2001 – 2010. Η μελέτη αφορά όλες τις χώρες της ΕΕ, όπου εξετάζονται οι ομοιότητες και διαφορές στην εξέλιξη των εκπομπών CO₂ καθώς και στη συμβολή των προσδιοριστικών παραγόντων.

Με τη μεθοδολογία της ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων και συγκεκριμένα της μεθόδου Divisia αναπτύχθηκε ένα υπολογιστικό μοντέλο για τον υπολογισμό της συνεισφοράς των προσδιοριστικών παραγόντων στις εκπομπές CO₂. Οι προσδιοριστικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις εκπομπές CO₂, είναι το επίπεδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής, η τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η ειδική ενεργειακή κατανάλωση καυσίμου του συστήματος και ο συντελεστής εκπομπής CO₂.

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης, φαίνεται ότι οι προσδιοριστικοί παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο τις εκπομπές CO₂ από τον τομέα ηλεκτροπαραγωγής είναι το επίπεδο παραγωγής και η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής. Η ειδική ενεργειακή κατανάλωση καυσίμου και η τεχνολογία παραγωγής επηρεάζουν επίσης σημαντικά τις εκπομπές CO₂.

Για τη χρονική περίοδο 2001 - 2010, εμφανίζεται μείωση των εκπομπών CO₂ στο σύνολο της ΕΕ, λόγω της αλλαγής της διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής, της βελτίωσης της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης και την αύξηση χρήσης τεχνολογιών όπως συμπαραγωγή ηλεκτρισμού – θερμότητας (ΣΗΘ) και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

Η πτωτική πορεία των εκπομπών CO₂ θα μπορούσε να συνεχιστεί εφαρμόζοντας διάφορα μέτρα ενεργειακής αποδοτικότητας και εξοικονόμησης για τη μείωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και με τη βελτίωση της διάρθρωσης ηλεκτροπαραγωγής

κάνοντας χρήση καυσίμων με χαμηλό συντελεστή CO₂ όπως το φυσικό αέριο. Ακόμη, η περαιτέρω βελτίωση της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης των καυσίμων και η αύξηση της χρήσης ΣΗΘ και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ θα συνεισφέρει σημαντικά στο σκοπό αυτό.

ABSTRACT

The Greenhouse Effect is considered to be responsible for the climate change in the planet and the carbon dioxide emissions (CO₂) have a major contribution in this effect. The electricity generation sector contributes significantly in these emissions. The purpose of this project is to identify the factors that are responsible for the CO₂ emissions of the electricity generation sector in the European Union (EU) during the years 2001 – 2010.

A mathematical model for the calculation of the factors that are responsible for CO₂ emissions was developed using decomposition analysis and the Divisia method specifically. The factors that affect the CO₂ emissions are the electricity production, the electricity generation structure, the technology used for electricity generation, the specific energy consumption of the fuels and the CO₂ emission factor.

The results of this analysis showed the factors that contribute the most in the CO₂ emissions are the electricity production and the electricity generation structure. Also, the specific energy consumption and the technology used for electricity generation have a significant effect in CO₂ emissions.

During the 2001 – 2010 period CO₂ emissions were reduced due to the change of the electricity generation structure, the improvement of the specific energy consumption of fuels and increasing use of other technologies, such as cogeneration of electricity and heat (CHP) and electricity generation from Renewable Energy Sources (RES),

The further reduction of CO₂ emissions could be continued with further development of energy efficiency and reduction of energy use that would lead to reduction of electricity generation. Also, the further improvement of electricity generation structure by use of fuels with lower emission factor such as natural gas and the further improvement of specific energy

consumption of fuels can contribute significantly in the reduction of CO₂ emissions. Furthermore, the increasing use of CHP and RES electricity generation will play a major role for the reduction of CO₂ emissions.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
Λίστα Διαγραμμάτων.....	9
Λίστα Εικόνων	10
Λίστα Πινάκων	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.1. Αντικείμενο - Στόχος	13
1.2. Διάρθρωση Εργασίας.....	14
2. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	15
2.1. Διοξείδιο του Άνθρακα (CO ₂).....	15
2.2. Το Πρωτόκολλο του Κιότο	17
2.3. Ευρωπαϊκή Πολιτική – Στόχοι 20-20-20	18
3. ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ	20
3.1. Τεχνολογίες Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας	20
3.1.1. Συμβατική Παραγωγή.....	20
3.1.2. Συστήματα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας.....	23
3.1.3. Παραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	24
3.2. Στοιχεία Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας	28
4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ.....	30
4.1. Μέθοδοι Αποδόμησης.....	30
4.2. Ανασκόπηση Μελετών – Ιστορικά Στοιχεία.....	31
4.2.1. Εξέλιξη μεθοδολογίας.....	31
4.2.2. Εφαρμογές στην Ηλεκτροπαραγωγή	34
4.3. Ανάπτυξη Υπολογιστικού Μοντέλου	36
4.3.1. Προσδιοριστικοί Παράγοντες.....	36

4.3.2. Ανάπτυξη με Μέθοδο Divisia.....	37
5. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	40
5.1. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας	40
5.2. Δείκτης Τεχνολογίας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας	41
5.3. Διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής.....	42
5.4. Ειδική Ενεργειακή Κατανάλωση	46
5.5. Συντελεστής εκπομπής CO ₂	48
6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ	50
6.1. Υπολογισμός Εκπομπών CO ₂	50
6.2. Προσδιοριστικοί Παράγοντες	51
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	62
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Α».....	66

Λίστα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2-1: Συνεισφορά αερίων του θερμοκηπίου.....	16
Διάγραμμα 2-2: Ποσοστό εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου ανά τομέα στην ΕΕ 27 το 2009.....	16
<i>Διάγραμμα 3-1: Παραγωγή και Διάρθρωση Ηλεκτροπαραγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....</i>	<i>28</i>
Διάγραμμα 3-2: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ ανά τομέα.	29
Διάγραμμα 5-1: Μεταβολή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ 2001 και 2010.	41
Διάγραμμα 5-2: Δείκτης τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2001 και 2010..	42
Διάγραμμα 5-3: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από Συμβατική Τεχνολογία.	44
Διάγραμμα 5-4: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από ΣΗΘ.....	44
Διάγραμμα 5-5: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ.....	45
Διάγραμμα 5-6: Ειδική Ενεργειακή Κατανάλωση από συμβατική παραγωγή.....	47
Διάγραμμα 5-7: Ειδική Ενεργειακή Κατανάλωση από ΣΗΘ.	48
Διάγραμμα 6-1: Μεταβολή εκπομπών CO ₂ από την Ηλεκτροπαραγωγή μεταξύ 2001 και 2010.....	50
Διάγραμμα 6-2: Συνεισφορά προσδιοριστικών παραγόντων στις εκπομπές CO ₂ στην Ε.Ε. ...	52
Διάγραμμα 6-3: Συνεισφορά προσδιοριστικών παραγόντων στις εκπομπές CO ₂ στην Ελλάδα.	53
Διάγραμμα 6-4: Συνολική επίδραση προσδιοριστικών παραγόντων για την περίοδο 2001-2010 στην ΕΕ.	53
Διάγραμμα 6-5: Συνολική επίδραση προσδιοριστικών παραγόντων για την περίοδο 2001-2010 στην Ελλάδα.	54
Διάγραμμα 6-6: Επίδραση μεταβολής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από 2001-2010 ως προς τις εκπομπές CO ₂ του 2001.	55
Διάγραμμα 6-7: Επίδραση μεταβολής τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από 2001-2010 ως προς τις εκπομπές CO ₂ του 2001.	56
Διάγραμμα 6-8: Επίδραση μεταβολής διάρθρωσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από 2001-2010 ως προς τις εκπομπές CO ₂ του 2001.	57
Διάγραμμα 6-9: Επίδραση μεταβολής ειδικής ενεργειακής από 2001-2010 ως προς τις εκπομπές CO ₂ του 2001.....	58

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 3-1: Απεικόνιση παραγωγής ηλεκτρισμού από ατμοστρόβιλο [6].....	21
Εικόνα 3-2: Σχηματική απεικόνιση απλού κύκλου με αεριοστρόβιλο [6]	22
Εικόνα 3-3: Απεικόνιση λειτουργίας συστήματος συνδυασμένου κύκλου [7]	23
Εικόνα 3-4: Απεικόνιση συστήματος συμπαραγωγής αεριοστροβίλου ανοιχτού κύκλου [7]	23
Εικόνα 3-5: Ηλιακοί συλλέκτες για παραγωγή ηλεκτρισμού στην Ισπανία.....	24
Εικόνα 3-6: Φωτοβολταϊκό πάρκο παραγωγής 15MW στην αεροπορική βάση Nellis στις ΗΠΑ.....	24
Εικόνα 3-7: Το μεγαλύτερο υδροηλεκτρικό πάρκο στον κόσμο με ισχύ 18,460 MW (υπό κατασκευή στην Κίνα).....	25
Εικόνα 3-8: (α) Ανεμογεννήτριες στη θάλασσα έξω από την Κοπεγχάγη, Δανία, (β) Το Alta Wind Energy Center, το μεγαλύτερο αιολικό πάρκο στην ξηρά στον κόσμο με δυναμικότητα 1500 MW.	26
Εικόνα 3-9: Διάγραμμα λειτουργίας του εργοστασίου κυματικής ενέργειας LIMPET στη Σκωτία.....	27
Εικόνα 3-10: Παλιρροϊκό φράγμα 240MW τον ποταμό Rance στη Γαλλία	27

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα στην ΕΕ 27 (χιλ. τόνοι CO ₂ (eq)).	67
Πίνακας 2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με το έτος βάσης του πρωτοκόλλου του Κιότο. Δείκτης έτους βάσης του πρωτοκόλλου του Κιότο=100.....	68
Πίνακας 3: Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (GWh) ...	69
Πίνακας 4: Ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές τεχνολογίες.	70
Πίνακας 5: Ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΣΗΘ.	71
Πίνακας 6: Ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.	72
Πίνακας 7: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικές τεχνολογίες για τα έτη 2001 και 2010.....	73
Πίνακας 8: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από ΣΗΘ για τα έτη 2001 και 2010.	74
Πίνακας 9: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ για τα έτη 2001 και 2010.	75

Πίνακας 10: Ειδική ενεργειακή κατανάλωση για τη συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2001 και 2010 (TJ/GWh).....	76
Πίνακας 11: Ειδική ενεργειακή κατανάλωση για τη ΣΗΘ το 2001 και 2010 (TJ/GWh).....	77
Πίνακας 12: Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε καύσιμο (tCO ₂ /TJ).	78
Πίνακας 13: Εκπομπές CO ₂ από παραγωγή ηλεκτρικής Ενέργειας (χιλ. τόνοι).	79
Πίνακας 14: Επίδραση της μεταβολής της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις εκπομπές CO ₂ (kt).....	80
Πίνακας 15: Επίδραση της μεταβολής της τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις εκπομπές CO ₂ (kt).....	81
Πίνακας 16: Επίδραση της μεταβολής της διάρθρωσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις εκπομπές CO ₂ (kt).....	82
Πίνακας 17: Επίδραση της μεταβολής της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης των καυσίμων στις εκπομπές CO ₂ (kt).	83
Πίνακας 18: Συνολική μεταβολή στις εκπομπές CO ₂ (kt).....	84

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αντικείμενο - Στόχος

Ο πλανήτης σήμερα αρχίζει να βρίσκεται αντιμέτωπος με τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, στην οποία θεωρείται ότι συμβάλλει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Εκτιμάται ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν καθοριστικό ρόλο στην αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου οπότε η ανθρωπότητα καλείται να αντιδράσει. Οι μεγάλες ποσότητες αερίων που εγκλωβίζονται στην ατμόσφαιρα θεωρείται ότι προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και προκαλούν την κλιματική αλλαγή.

Οι εκπομπές των αερίων αυτών προέρχονται τόσο από ανθρώπινες δραστηριότητες όσο και από φυσικές πηγές. Από τις ανθρώπινες δραστηριότητες τη μεγαλύτερη συνεισφορά στις εκπομπές αερίων την έχει ο ενεργειακός τομέας. Στον ενεργειακό τομέα υπάγεται και ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής όπου χρησιμοποιείται μεγάλη ποσότητα πρωτογενούς ενέργειας, έχοντας μεγάλο μερίδιο ευθύνης στις εκπομπές αερίων.

Οι στόχοι αυτής της εργασίας είναι αρχικά η καταγραφή της δομής του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής στην Ευρωπαϊκής Ένωση (ΕΕ) και έπειτα ο υπολογισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και των προσδιοριστικών παραγόντων που επηρεάζουν τις εκπομπές αυτές για την περίοδο 2001 - 2010. Δηλαδή, αρχικά γίνεται η καταγραφή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η τεχνολογία παραγωγής, το ενεργειακό μίγμα που χρησιμοποιείται και η αποδοτικότητα του. Έπειτα, υπολογίζονται οι εκπομπές CO₂ και οι προσδιοριστικοί παράγοντες, μελετώντας συγκεκριμένα τη συμπεριφορά του κάθε παράγοντα.

Ο υπολογισμός των εκπομπών CO₂ και των παραγόντων που τις επηρεάζουν γίνεται με τη μεθοδολογία ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων ή ανάλυση αποδόμησης (decomposition analysis) και συγκεκριμένα χρησιμοποιείται η μέθοδος Divisia.

Από τη συμπεριφορά κάθε παράγοντα μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τις αιτίες που ερμηνεύουν την εξέλιξη των εκπομπών CO₂ τόσο στο σύνολο της ΕΕ όσο και σε κάθε χώρα ξεχωριστά.

1.2. Διάρθρωση Εργασίας

Η δομή της εργασίας είναι η ακόλουθη:

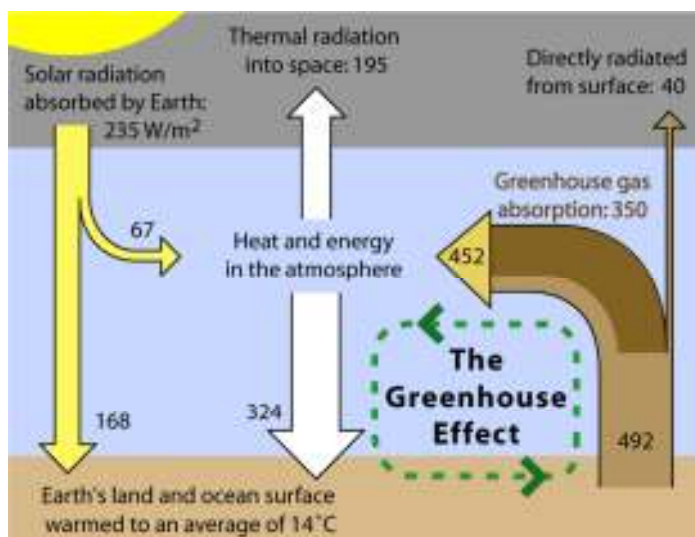
- Στο 1^ο Κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή της εργασίας.
- Στο 2^ο Κεφάλαιο εξετάζονται οι εκπομπές CO₂. Γίνεται σύντομη περιγραφή του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζοντας επίσης το Πρωτόκολλο του Κιότο και την ευρωπαϊκή πολιτική με τους στόχους 20-20-20.
- Στο 3^ο Κεφάλαιο εξετάζεται η δομή της ηλεκτροπαραγωγής και παρουσιάζονται τα συστήματα και οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Στο 4^ο Κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία της ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων. Παρουσιάζονται οι μέθοδοι αποδόμησης και η εξέλιξη της, οι εφαρμογές στην ηλεκτροπαραγωγή και γίνεται περιγραφή της μεθοδολογίας Divisia όπου αναπτύσσεται και το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία.
- Στο 5^ο Κεφάλαιο αναλύονται τα δεδομένα του προβλήματος τα οποία χρησιμοποιήθηκαν από το υπολογιστικό μοντέλο. Γίνεται σχολιασμός των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν και αναφέρονται όλες οι παραδοχές που έγιναν για το υπολογιστικό μοντέλο.
- Στο 6^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση. Αρχικά υπολογίζονται οι εκπομπές CO₂ και έπειτα η συνεισφορά των προσδιοριστικών παραγόντων.
- Στο 7^ο Κεφάλαιο αναφέρονται τα γενικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την εργασία και αναφέρονται μερικές προτάσεις για περαιτέρω μείωση των εκπομπών CO₂.

2. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

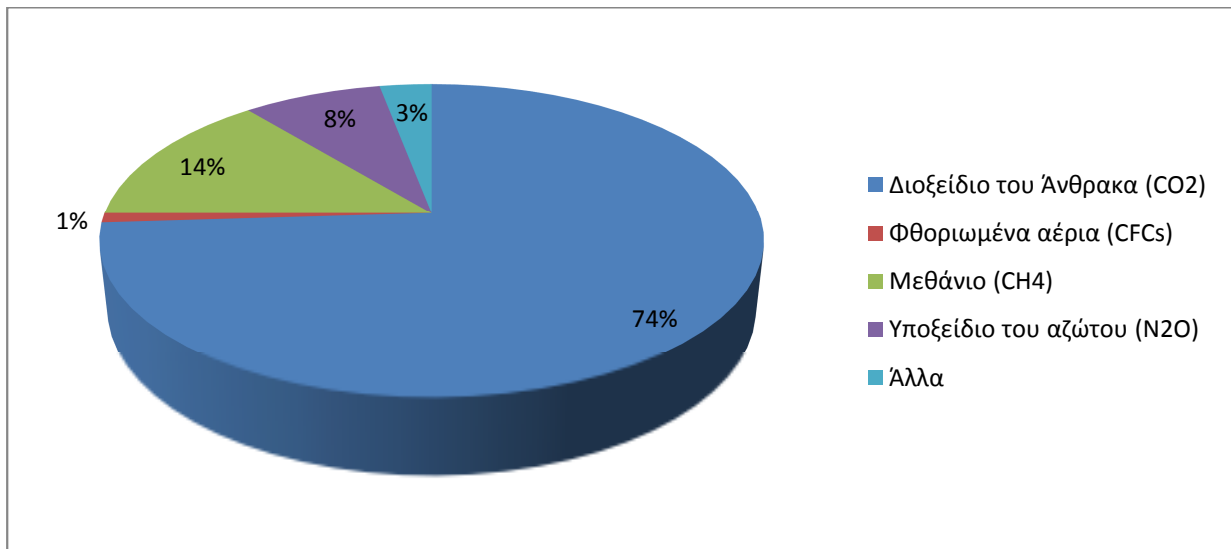
2.1. Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου αλλά δεν θεωρείται ρύπος με την παραδοσιακή έννοια καθότι σε συνηθισμένες συγκεντρώσεις δεν έχει επιπτώσεις στην υγεία και δεν συμμετέχει σε αντιδράσεις που μπορούν να παράγουν άλλους ατμοσφαιρικούς ρύπους.

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το αέριο που συμμετέχει σε μεγαλύτερο ποσοστό στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η ηλιακή ακτινοβολία (UV) που εκπέμπεται στη γη απορροφάται για να θερμαίνεται ο πλανήτης. Ένα μέρος αυτής της ακτινοβολίας αντανακλάται στην ατμόσφαιρα ως υπέρυθη ακτινοβολία (IR) και λόγω της ύπαρξης των αερίων του θερμοκηπίου απορροφάται από αυτά και επανεκπέμπεται στη γη με τη μορφή θερμική ακτινοβολίας οδηγώντας στην αύξηση της θερμοκρασίας. Τα υπόλοιπα αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), το μεθάνιο (CH₄) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O). [1]



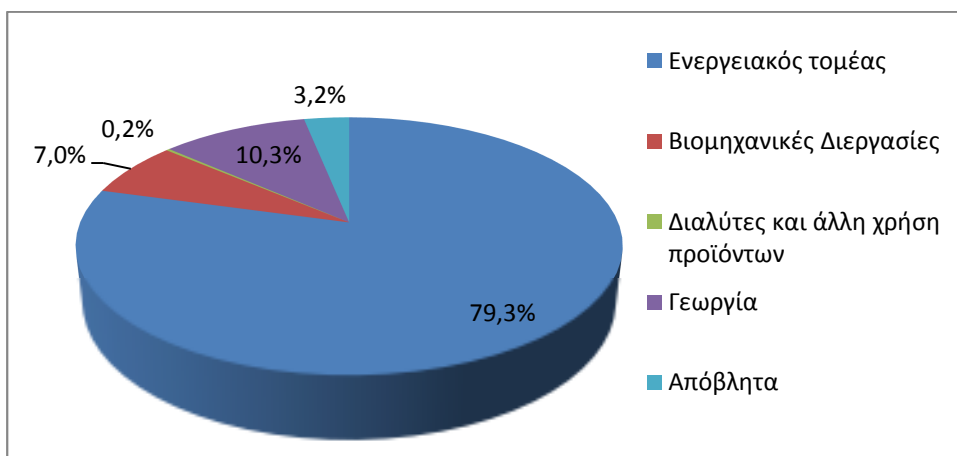
Σχήμα 2-1 Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου
(Πηγή: <http://www.globalwarmingart.com>)



Διάγραμμα 2-1: Συνεισφορά αερίων του θερμοκηπίου

Από το Διάγραμμα 2-1 φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου την έχει το διοξείδιο του άνθρακα για αυτό και η παρούσα διπλωματική επικεντρώνεται στη μελέτη προσδιοριστικών παραγόντων από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. [2]

Στον Πίνακα 1 στο Παράρτημα «Α» παρουσιάζονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ των 27 από το 2001 μέχρι το 2009. Φαίνεται ότι ο ενεργειακός τομέας έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό φαίνεται και από το Διάγραμμα 2-2 όπου παρουσιάζεται το ποσοστό εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου από κάθε τομέα. [3]



Διάγραμμα 2-2: Ποσοστό εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου ανά τομέα στην ΕΕ 27 το 2009.

2.2. Το Πρωτόκολλο του Κιότο

Λόγω των ενδείξεων μεταβολής της θερμοκρασίας του πλανήτη από το φαινόμενο του θερμοκηπίου η διεθνής κοινότητα ανέλαβε πρωτοβουλία για μια συλλογική αντιμετώπιση. Το 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο πραγματοποιήθηκε η πρώτη παγκόσμια συνδιάσκεψη. Αν και οι περισσότερες χώρες συμφώνησαν για τη βελτίωση της παγκόσμιας περιβαλλοντικής κατάστασης και επικύρωσαν τη σύμβαση για το περιβάλλον και την κλιματική αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate) πρακτικά οι προσπάθειες για βελτίωση ήταν ελάχιστες και δρομολογήθηκαν οι παγκόσμιες ετήσιες συνδιασκέψεις για το κλίμα (Conference of Parties), που πραγματοποιούνται από το 1995 και μετά.

Το Δεκέμβριο του 1997 στην COP-3 υιοθετείται το Πρωτόκολλο του Κιότο με στόχο τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και ειδικά του διοξειδίου του άνθρακα. Αν και υπήρξαν αρκετές διαφωνίες μεταξύ των ανεπτυγμένων και μη ανεπτυγμένων χωρών τελικά αποφασίστηκε η μείωση των εκπομπών του CO₂ από τις ΗΠΑ κατά 7%, από την Ευρωπαϊκή Ένωση κατά 8%, από τον Καναδά και την Ιαπωνία κατά 6%. Η Αυστραλία θα μπορούσε να αυξήσει την παραγωγή κατά 8% και οι χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης να την διατηρήσουν στα υπάρχοντα επίπεδα. Ο Πίνακας 2 δείχνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με το έτος βάσης του πρωτοκόλλου του Κιότο. Γενικά το έτος βάσης για τα μη φθοριωμένα αέρια είναι το 1990 και για τα φθοριωμένα το 1995. Από τον Πίνακα 2-2 φαίνεται ότι οι περισσότερες χώρες έχουν μειώσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. [1] [3]

Οι στόχοι του Πρωτοκόλλου του Κιότο μπορούν να επιτευχθούν σε κάθε χώρα είτε με μείωση των εκπομπών είτε με χρήση των ευέλικτων μηχανισμών που διαθέτει το Πρωτόκολλο. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι:

1. Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών (EU-ETS: Emissions Trading Scheme).

Με αυτό τον μηχανισμό κάθε κράτος-μέλος και κάθε εταιρεία έχει το δικαίωμα να εκπέμπει έναν ανώτατο αριθμό τόνων CO₂ ανά έτος. Μία χώρα που έχει μειώσει τις εκπομπές της σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι προβλέπει το Πρωτόκολλο, μπορεί να εμπορευθεί αυτή την επιπλέον ποσότητα σε μια χώρα που έχει δυσκολίες να πετύχει το στόχο της. Αντίστοιχα, εάν μία εταιρεία έχει λιγότερες εκπομπές από αυτές που δικαιούται μπορεί να πωλήσει αυτό το πλεόνασμα, ενώ αν έχει περισσότερες εκπομπές πρέπει να καλύψει το έλλειμμα. Αυτό

γίνεται με την πληρωμή προστίμου για κάθε επιπλέον τόνο και αγορά δικαιωμάτων από άλλες εταιρείες ή από το χρηματιστήριο εκπομπών.

2. Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism).

Αυτός ο μηχανισμός έχει στόχο την ανάπτυξη καθαρών τεχνολογιών από τις αναπτυσσόμενες χώρες για να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Παρέχει κίνητρα στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες να χρηματοδοτήσουν προγράμματα για μείωση των εκπομπών σε αναπτυσσόμενες χώρες.

3. Έργα Κοινής Εφαρμογής (Joint Implementation).

Δίνεται «πίστωση» στις μειώσεις εκπομπών χωρών για έργα που χρηματοδοτούν σε άλλες χώρες για τη μείωση των εκεί εκπομπών. Αφορά χώρες που βρίσκονται σε μεταβατικό στάδιο. [1] [4]

2.3. Ευρωπαϊκή Πολιτική – Στόχοι 20-20-20

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο το Μάρτιο του 2007, επεσήμανε ότι, για να επιτευχθεί ο στόχος της Σύμβασης για σταθεροποίηση συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα η συνολική ετήσια μέση αύξηση της θερμοκρασίας στον πλανήτη θα πρέπει να είναι το μέγιστο 2°C, σε σύγκριση με τα προβιομηχανικής εποχής επίπεδα. Για την επίτευξη του στόχου πρέπει οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μέχρι το 2050 να μειωθούν τουλάχιστον κατά 50% σε σχέση με το 1990. Έτσι, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο για να καταπολεμήσει τη μεταβολή του κλίματος και να αυξήσει την ενεργειακή ασφάλεια της Ε.Ε. ενέκρινε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την κλιματική και ενεργειακή πολιτική.

Αυτή η προσπάθεια είναι γνωστή με τους στόχους 20-20-20, που προβλέπουν για την Ε.Ε. μέχρι το έτος 2020:

- 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (Οδηγία 2009/29/EK)
- 20% χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας (Οδηγία 2009/28/EK)
- 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με τα προβλεπόμενα επίπεδα βελτιώνοντας την ενεργειακή απόδοση.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Ιανουάριο του 2008 για την υλοποίηση των στόχων 20-20-20 πρότεινε μια δεσμευτική νομοθεσία που είναι γνωστή ως «δέσμη για το κλίμα και την ενέργεια». Αυτή η δεσμευτική νομοθεσία έγινε νόμος τον Ιούνιο του 2009 και περιλαμβάνει τα κάτωθι νομοθετήματα:

1. Την Οδηγία 2009/29/EK «για τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/EK με στόχο τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας».
2. Την απόφαση 406/2009/EK «περί των προσπαθειών των κρατών μελών να μειώσουν τις οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ώστε να τηρηθούν οι δεσμεύσεις της Κοινότητας για μείωση των εκπομπών αυτών μέχρι το 2020». Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα η επιθυμητή μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 20 % σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 όλοι οι τομείς της οικονομίας θα πρέπει να συμβάλουν προς αυτή την κατεύθυνση. Οπότε, τα κράτη μέλη θα πρέπει να εφαρμόσουν πρόσθετες πολιτικές και μέτρα για να περιορίσουν περισσότερο τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από πηγές που δεν καλύπτει η οδηγία 2003/87/EK. Αυτή η απόφαση αφορά τον επιμερισμό της προσπάθειας των κρατών – μελών για μείωση των εκπομπών από τομείς που δεν καλύπτονται από το σύστημα εμπορίας, όπως οι μεταφορές, ο οικιακός τομέας, η γεωργία και τα απόβλητα
3. Την Οδηγία 2009/28/EK «σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές». Οι δεσμευτικοί εθνικοί στόχοι επιδιώκουν τη συμμετοχή των ΑΠΕ κατά 20% στην ενεργειακή κατανάλωση σε επίπεδο ΕΕ. Αυτό θα συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από τις εισαγωγές ενέργειας και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
4. Την Οδηγία 2009/31/EK «σχετικά με την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς». Αποτελεί ένα νομικό πλαίσιο για την προώθηση της ανάπτυξης και την ασφαλή χρήση της τεχνολογίας δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (CCS). Η ΕΕ σχεδιάζει να δημιουργήσει ένα δίκτυο μονάδων επίδειξης CCS μέχρι το 2015 για να δοκιμάσει τη βιωσιμότητά της, με στόχο την εμπορική εφαρμογή της τεχνολογίας μέχρι το 2020 περίπου.
5. Την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μέσω του σχεδίου δράσης για την ενεργειακή απόδοση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. [5]

3. ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

3.1. Τεχνολογίες Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σήμερα μπορεί να διακριθεί σε τρεις μεγάλες κατηγορίες συστημάτων:

1. Συμβατική Παραγωγή
2. Συστήματα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας
3. Παραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

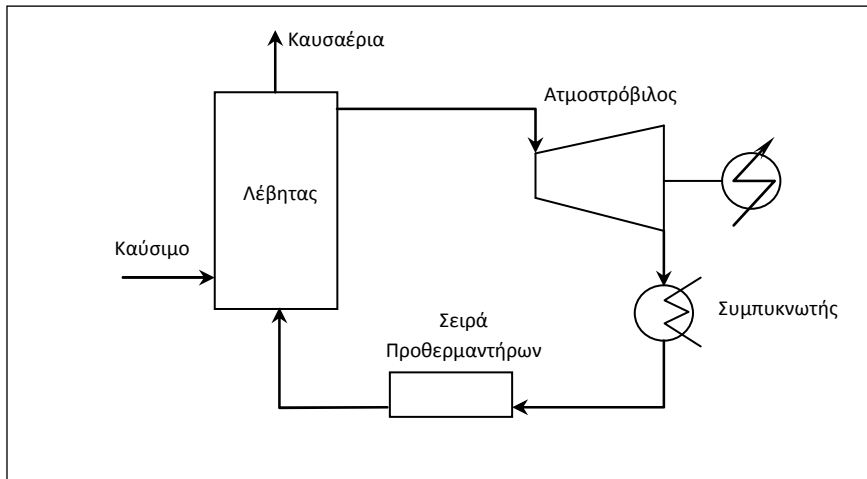
3.1.1. Συμβατική Παραγωγή

Οι σταθμοί συμβατικής παραγωγής είναι σταθμοί όπου η θερμότητα από την καύση ορυκτών καυσίμων ή την πυρηνική σχάση μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια μέσω στροβίλων και έπειτα σε ηλεκτρική μέσω γεννητριών. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς γίνεται μέσω διαφορετικών τεχνολογιών όπως ατμοστρόβιλους, αεριοστρόβιλους, μηχανές εσωτερικής καύσης και μονάδες συνδυασμένου κύκλου.

3.1.1.1. Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί

Στην παραγωγή ηλεκτρισμού με ατμοστρόβιλους το σύστημα αποτελείται από το λέβητα, τους στροβίλους, τον συμπυκνωτήρα και αντλία. Από την καύση που γίνεται στο λέβητα (π.χ. από μαζούτ ή άνθρακα) παράγεται ατμός. Ένα σύγχρονο σύστημα αποτελείται από διάφορες βαθμίδες όπως στρόβιλος υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσης. Όταν ο ατμός εκτονωθεί στο στρόβιλο οδηγείται στο συμπυκνωτήρα και μετατρέπεται σε νερό. Αυτή η θερμότητα που αποβάλλεται μετρίεται ως απώλεια.

Συνήθως οι σύγχρονοι σταθμοί λειτουργούν με θερμοκρασία 600 °C και πίεση 300 bar με συνολικό βαθμό απόδοσης 38-40%. Υπολογίζεται ότι 50% περίπου της ενέργειας χάνεται στο συμπυκνωτήρα και 12% περίπου χάνεται στα καυσαέρια.



Εικόνα 3-1: Απεικόνιση παραγωγής ηλεκτρισμού από ατμοστρόβιλο [6]

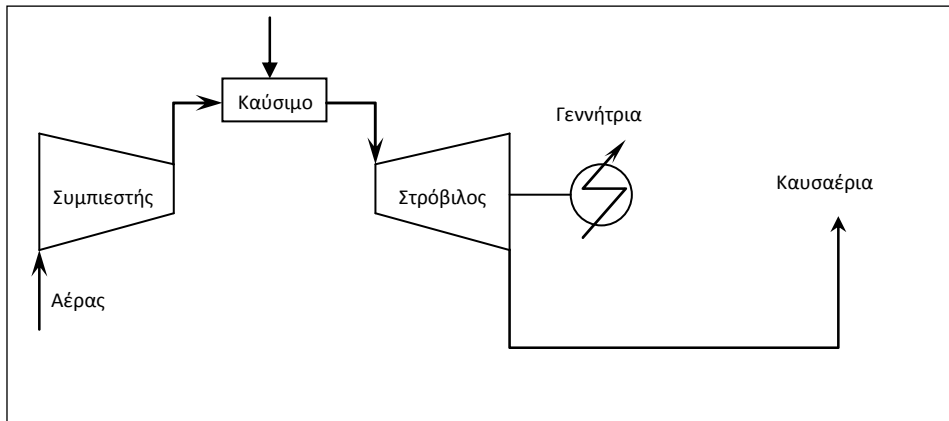
Πυρηνική Ενέργεια

Οι σταθμοί παραγωγής πυρηνικής ενέργειας είναι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί με την παραγωγή ατμού από τη θερμότητα ενός πυρηνικού αντιδραστήρα. Στο σύστημα του πυρηνικού αντιδραστήρα περιέχονται σχάσιμοι πυρήνες (κυρίως ουράνιο-235 και πλουτώνιου-239) που με τη διάσπαση τους παράγεται ενέργεια. Θεωρητικά με τη διάσπαση 1kg ουρανίου-235 παράγεται ενέργεια αντίστοιχη με την καύση 3000 τόνων άνθρακα. Η θερμότητα που παράγεται χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού για την κίνηση των ατμοστρόβιλων και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

3.1.1.2. Αεριοστροβιλικοί σταθμοί

Ο αεριοστρόβιλος αποτελείται κυρίως από το συμπιεστή, το θάλαμο καύσης, το στρόβιλο και τη γεννήτρια. Ο συμπιεστής συμπιέζει τον αέρα που απορροφά από την ατμόσφαιρα και στη συνέχεια γίνεται καύση του καυσίμου στο θάλαμο καύσης. Τα ζεστά καυσαέρια εκτονώνονται στο στρόβιλο δίνοντας κινητική ενέργεια για την περιστροφή της ενέργειας.

Η απόδοση τους είναι της τάξης του 29-32% και παράγουν ισχύ της τάξης των 200MW. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας των καυσαερίων μετά την έξοδο τους από το στρόβιλο και της απαιτούμενης ισχύς για τη λειτουργία του συμπιεστή ο βαθμός απόδοσης μειώνεται.



Εικόνα 3-2: Σχηματική απεικόνιση απλού κύκλου με αεριοστρόβιλο [6]

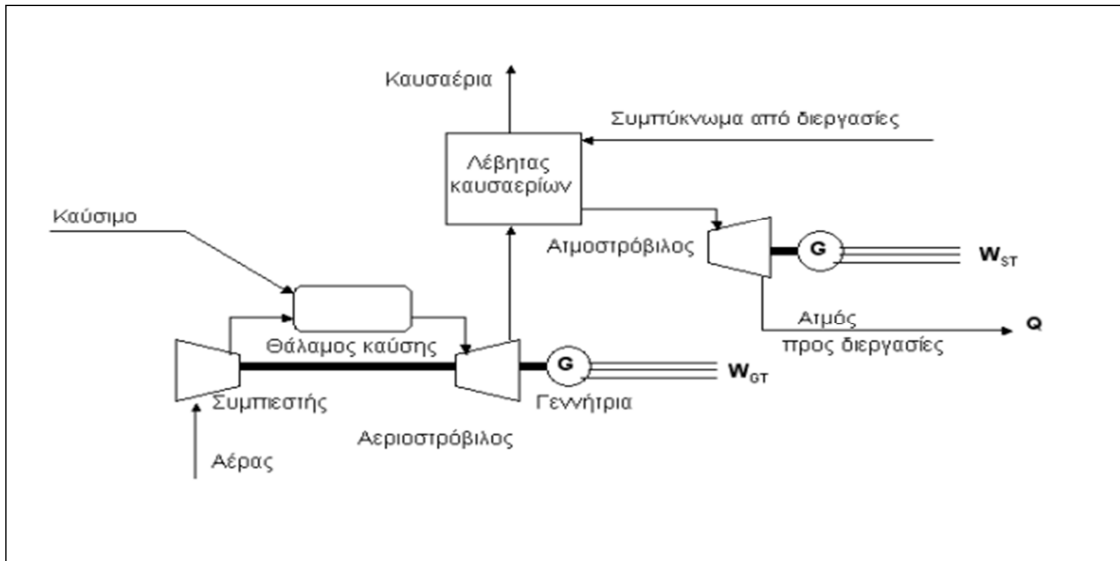
3.1.1.3. Μηχανές Εσωτερικής Καύσης

Σε αυτούς τους σταθμούς η θερμότητα παράγεται από μηχανές εσωτερικής καύσης που είναι εμβολοφόροι ντιζελοκινητήρες ή βενζινοκινητήρες. Είναι μικρές μονάδες και χρησιμοποιούνται σε μικρά συστήματα, π.χ. αυτόνομα νησιωτικά συστήματα αλλά έχουν αυξημένο βαθμό απόδοσης της τάξης του 50%.

3.1.1.4. Μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου

Στα συστήματα συνδυασμένου κύκλου λειτουργούν δύο διαφορετικά θερμοδυναμικά κύκλα σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Τα πιο διαδεδομένα είναι τα συστήματα αεριοστρόβιλου και ατμοστρόβιλου. Αποτελούνται από έναν αεριοστρόβιλο, ένα λέβητα ανάκτησης θερμότητας, έναν ατμοστρόβιλο και μια ή δύο γεννήτριες. Το καύσιμο καίγεται στον αεριοστρόβιλο και τα καυσαέρια οδηγούνται μέσα από το λέβητα ανάκτησης θερμότητας, όπου αποδίδουν τη θερμική τους ενέργεια παράγοντας ατμό. Στη συνέχεια ατμός εκτονώνεται στον ατμοστρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

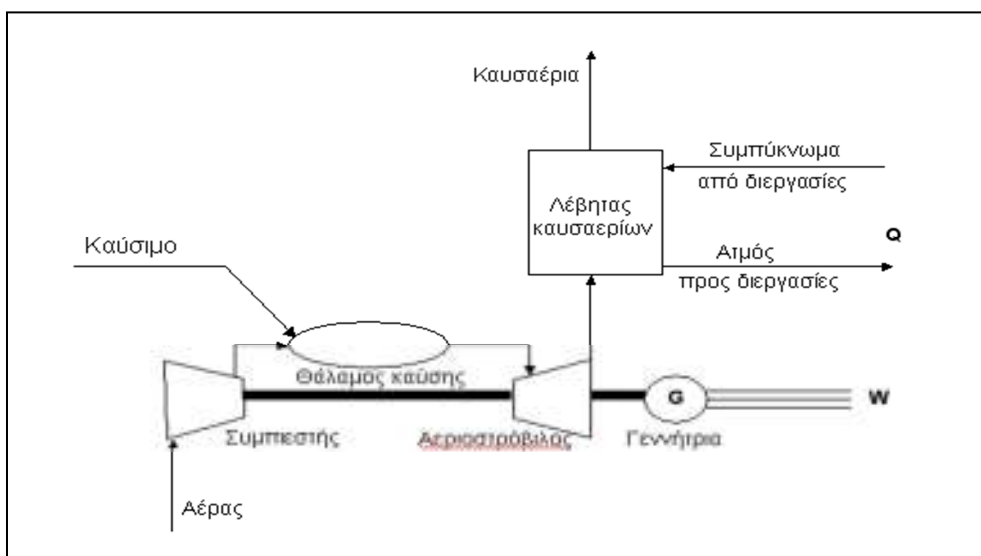
Η ισχύς τους κυμαίνεται από 4 – 400 MW με ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης 35-45% και ολικό βαθμό απόδοσης 70-88%.



Εικόνα 3-3: Απεικόνιση λειτουργίας συστήματος συνδυασμένου κύκλου [7]

3.1.2. Συστήματα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας

Συμπαγωγή ορίζεται η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας από την ίδια ενεργειακή πηγή. Στους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρισμού υπάρχουν μεγάλες απώλειες θερμότητας είτε μέσω των κύκλων ψύξης είτε από τα καυσαέρια. Όμως το μεγαλύτερο μέρος αυτής της θερμότητας μπορεί να ανακτηθεί και χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα. Οπότε ενώ οι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής έχουν βαθμό απόδοσης 30-45%, ο βαθμός απόδοσης των συστημάτων συμπαραγωγής ανέρχεται στο 80-85%.



Εικόνα 3-4: Απεικόνιση συστήματος συμπαραγωγής αεριοστροβίλου ανοιχτού κύκλου [7]

3.1.3. Παραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Η παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αυξάνεται τα τελευταία χρόνια λόγω της βελτίωσης των τεχνολογιών και για λόγους πολιτικής καθώς έχουν πολύ χαμηλές εκπομπές CO₂. Στην κατηγορία των ΑΠΕ ανήκουν η ηλιακή ενέργεια, η υδροηλεκτρική, η αιολική, η βιοενέργεια, η γεωθερμία, η κυματική ενέργεια και η παλιρροϊκή ενέργεια

3.1.3.1. Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια προέρχεται από την ακτινοβολία του Ήλιου. Για την παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας χρησιμοποιούνται τα *φωτοβολταϊκά στοιχεία* που φτιάχνονται από ημιαγωγούς και με την πρόσπτωση φωτονίων παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Τα μειονεκτήματά τους είναι το υψηλό κόστος εγκατάστασης, η μεγάλη απαιτούμενη έκταση για την εγκατάστασή τους και ο χαμηλός βαθμός απόδοσης της τάξης του 10-16%.

Μια άλλη κατηγορία είναι οι *συσκευές συγκέντρωσης ηλιακής ακτινοβολίας* που παράγουν ατμό υψηλής θερμοκρασίας που στη συνέχεια τροφοδοτεί στρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 3-6: Φωτοβολταϊκό πάρκο παραγωγής 15MW στην αεροπορική βάση Nellis στις ΗΠΑ.



Εικόνα 3-5: Ηλιακοί συλλέκτες για παραγωγή ηλεκτρισμού στην Ισπανία.

3.1.3.2. Υδροηλεκτρική Ενέργεια

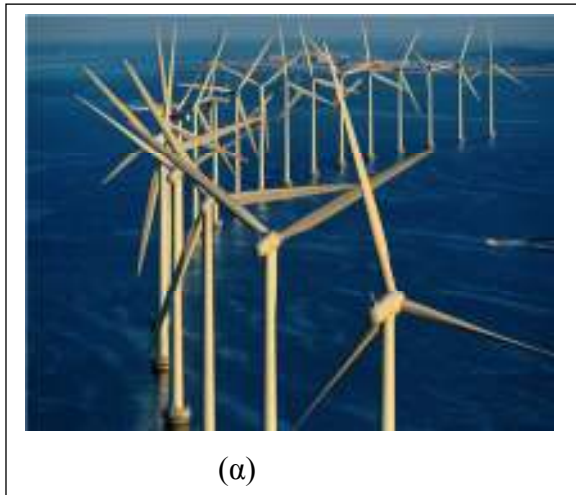
Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί διακρίνονται σε μεγάλους σταθμούς (φράγματα) και σε μικρούς με ισχύ μικρότερη από 10MW. Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς η υδραυλική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω κατάλληλων συστημάτων (υδροστρόβιλος – γεννήτρια). Η ενέργεια που παράγεται εξαρτάται από την παροχή νερού, το χρόνο λειτουργίας, την καθαρή υψομετρική διαφορά της υδατόπτωσης και του βαθμού απόδοσης της μονάδας. Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτοί οι σταθμοί δεν προκαλούν ρύπανση, αν και σε περιπτώσεις τεχνητής δημιουργίας λιμνών θεωρείται ότι συμβάλλουν στην έκλυση CO₂ λόγω της καταστροφής της βλάστησης.



Εικόνα 3-7: Το μεγαλύτερο υδροηλεκτρικό πάρκο στον κόσμο με ισχύ 18,460 MW (υπό κατασκευή στην Κίνα)

3.1.3.3. Αιολική Ενέργεια

Η ηλεκτρική ενέργεια από τον αέρα παράγεται από συστοιχίες ανεμογεννητριών που είναι συνδεδεμένες στον ίδιο ζυγό του δικτύου και μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική. Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την ισχύ τους είναι η ταχύτητα του ανέμου. Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες έχουν ισχύ μέχρι 5MW. Σημαντική παράμετρος για το σχεδιασμό των πάρκων είναι η θέση τους, όχι μόνο για το αιολικό δυναμικό αλλά και γιατί επιφέρουν οπτικές αλλαγές στο περιβάλλον λόγω του μεγέθους τους και προκαλούν θόρυβο.



(α)



(β)

Εικόνα 3-8: (α) Ανεμογεννήτριες στη θάλασσα έξω από την Κοπεγχάγη, Δανία, (β) Το Alta Wind Energy Center, το μεγαλύτερο αιολικό πάρκο στην ξηρά στον κόσμο με δυναμικότητα 1500 MW.

3.1.3.4. Βιοενέργεια

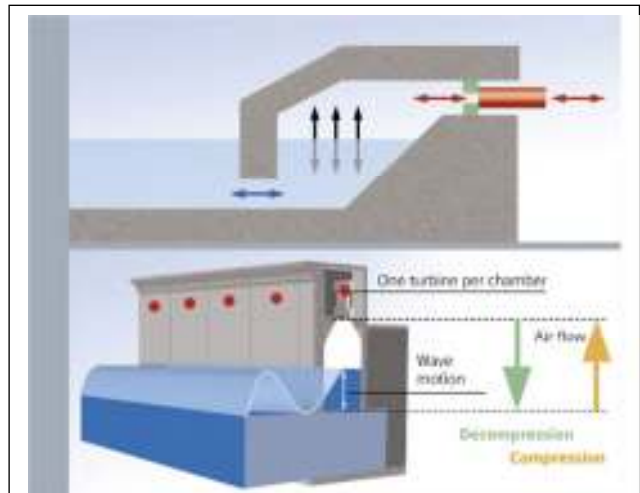
Στα βιοκαύσιμα περιλαμβάνονται τα κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, πριν ή μετά τη βιομηχανική τους επεξεργασία, καθώς και τα αστικά λύματα και τα απορρίμματα. Λόγω των ιδιοτήτων των καυσίμων και του μικρού μεγέθους των εγκαταστάσεων η απόδοση είναι χαμηλή. Είναι κατάλληλα για την κάλυψη αναγκών θερμότητας σε γεωργικές εφαρμογές, όπου και διατίθεται η πρώτη ύλη ή και την τηλεθέρμανση πόλεων με παράλληλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρώτη ύλη και η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας έχει μεγάλη σημασία λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που μπορεί να προκύψουν.

3.1.3.5. Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από την εσωτερική θερμοκρασία της Γης. Βασίζεται στη διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ μιας μάζας υπόγειου πετρώματος και νερού και μιας μάζας νερού ή αέρα στην επιφάνεια της Γης που επιτρέπει την παραγωγή θερμικής ενέργειας που μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα είτε να μετατραπεί σε μηχανική ή ηλεκτρική ενέργεια. Τα γεωθερμικά ρευστά διακρίνονται σε "χαμηλής" (25-1000oC), "μέσης" (100-1500oC) και "υψηλής" (άνω των 1500oC) ενθαλπίας. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προσφέρονται τα ρευστά υψηλής ενθαλπίας.

3.1.3.6. Κυματική Ενέργεια

Τα κύματα που δημιουργούνται από τη ροή αέρα έχουν ενέργεια η οποία αυξάνεται σταδιακά λόγω των μεγάλων αποστάσεων που διανύουν. Έχουν αναπτυχθεί αρκετές τεχνολογίες όμως η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη είναι η *ταλαντευόμενη στήλη νερού* που βασίζεται στο ότι στη στήλη η κίνηση των κυμάτων ωθεί και ρουφά αέρα σε ένα κλειστό θάλαμο μέσα από ένα ειδικό τύπο στροβίλου που σε συνδυασμό με μια γεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 3-9: Διάγραμμα λειτουργίας του εργοστασίου κυματικής ενέργειας LIMPET στη Σκωτία

3.1.3.7. Παλιρροϊκή Ενέργεια

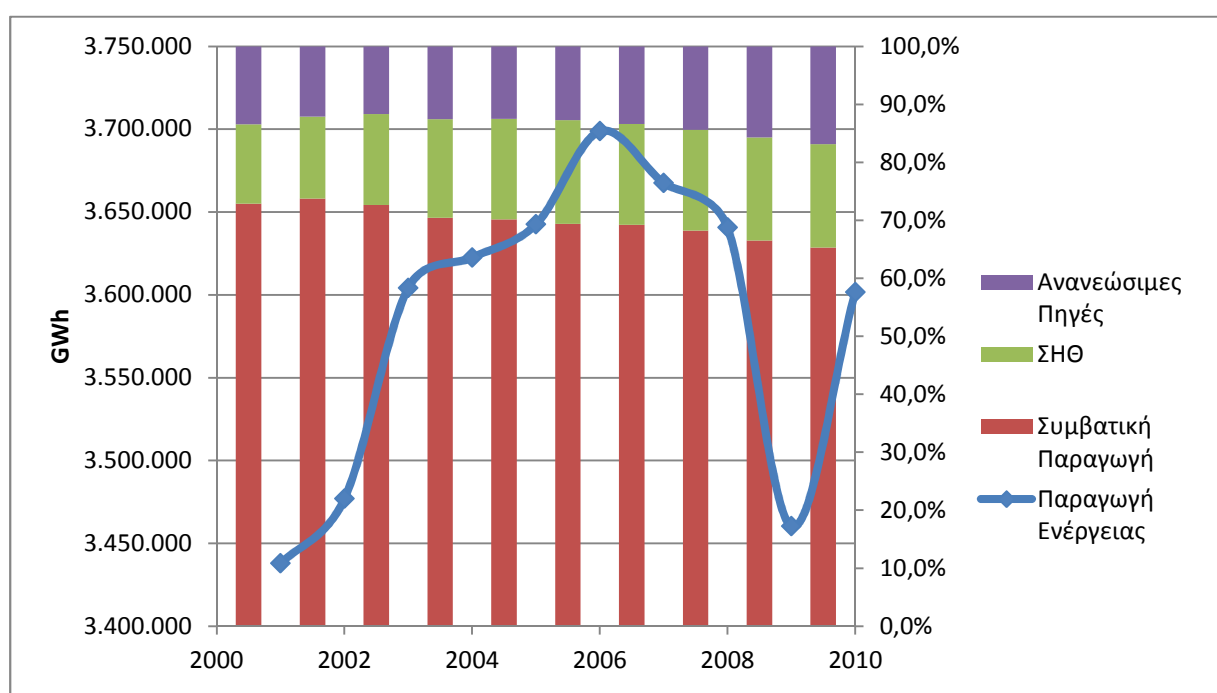
Η ενέργεια που προκαλεί την ανύψωση και πτώση της παλίρροιας κοντά στις ακτογραμμές ονομάζεται παλιρροϊκή ενέργεια και εξαρτάται κυρίως από την ελκτική δύναμη της βαρύτητας που ασκεί η σελήνη στους ωκεανούς. Για την αξιοποίηση της η κυριότερη τεχνολογία που εφαρμόζεται περιλαμβάνει ένα χαμηλό ταμιευτήρα νερού ή φράγμα κατά μήκος των εκβολών ενός ποταμού. Υπάρχουν στόμια εισροής που κλείνουν όταν η παλίρροια είναι στο μέγιστο επίπεδο. Το νερό που είναι εγκλωβισμένο ελευθερώνεται ελεγχόμενα στη θάλασσα μέσω ενός συστήματος στροβιλογεννήτριας. [8]



Εικόνα 3-10: Παλιρροϊκό φράγμα 240MW του ποταμού Rance στη Γαλλία

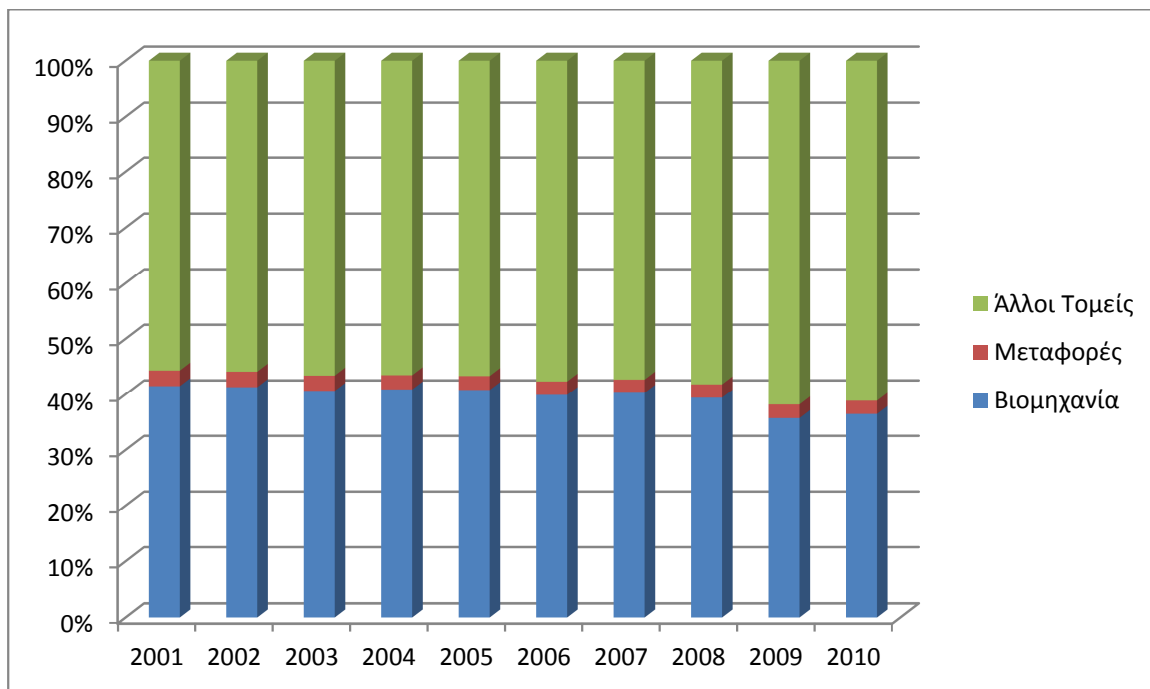
3.2. Στοιχεία Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) χρησιμοποιούνται όλες οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με κάθε χώρα να έχει διαφορετική διάρθρωση ανάλογα με το μέγεθος της και τις ανάγκες της σε ενέργεια. Το 2010 η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε. ανήλθε σε 3,601,540GWh με το μεγαλύτερο ποσοστό να προέρχεται από τεχνολογίες συμβατικής παραγωγής. Στη συνολική παραγωγή συγκαταλέγονται τόσο οι κύριες μονάδες παραγωγής κάθε χώρας όσο και οι ανεξάρτητοι παραγωγοί.



Διάγραμμα 3-1: Παραγωγή και Διάρθρωση Ηλεκτροπαραγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Από το Διάγραμμα 3-1 φαίνεται ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές μορφές μειώνεται σταδιακά και η παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές και ΣΗΘ αυξάνεται. Ακόμη φαίνεται η μεγάλη πτώση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εν καιρώ οικονομικής κρίσης, δηλαδή από το 2008 μέχρι σήμερα. [3]



Διάγραμμα 3-2: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ ανά τομέα.

Στο διάγραμμα 3-2 παρουσιάζεται η κατανάλωση ηλεκτρισμού στην ΕΕ ανά τομέα. Φαίνεται ότι η μεγαλύτερη κατανάλωση γίνεται από τις άλλες υπηρεσίες (οικιακός τομέας, εμπορικός τομέας και γεωργία) και τη βιομηχανία. Αυτό δείχνει προς πια κατεύθυνση πρέπει να ληφθούν μέτρα για την μείωση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. [3]

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

Μετά τις ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του 1970 άρχισαν να αναπτύσσονται οι μεθοδολογίες ανάλυσης παραγόντων ή μέθοδοι αποδόμησης (Decomposition Analysis) με στόχο την ερμηνεία της εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης στο σύνολο ή σε διάφορους τομείς της οικονομίας.

Αρχικά, οι μεθοδολογίες ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων βρήκαν εφαρμογή στο βιομηχανικό τομέα, που ήταν ο πυλώνας στην ανάπτυξη της οικονομία και είχε ένα σημαντικό μερίδιο στην ενεργειακή κατανάλωση. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 άρχισε να παρατηρείται η υποβάθμιση του περιβάλλοντος τόσο σε τοπικό αλλά και σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο που έκανε τους ενεργειακούς αναλυτές και τους αρμόδιους για ενεργειακή πολιτική να μελετήσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την χρήση ενέργειας. Άρχισε να γίνεται κατανοητό ότι η οικονομική και κοινωνική ευημερία δεν θα εξασφαλιστεί μόνο με την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης αλλά ήταν αναγκαία και η μελέτη της ποιοτικής διάστασης της χρήσης ενέργειας. Οπότε ένα ερώτημα που έπρεπε να απαντηθεί ήταν πως θα γίνει η απεμπλοκή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τόσο από την οικονομική ανάπτυξη, όσο και από τη ενεργειακή κατανάλωση.

Οι νέες ανάγκες στις ενεργειακές πολιτικές έφεραν τη χρήση της ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων στη μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και ιδιαίτερα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). [9] [10]

4.1. Μέθοδοι Αποδόμησης

Οι μέθοδοι αποδόμησης ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες. Τις μεθόδους που στηρίζονται σε Πίνακες Εισροών-Εκροών της οικονομίας και τις αλγεβρικές μεθόδους με χρήση δεικτών (Index Decomposition Analysis):

A) Οι μέθοδοι που βασίζονται στην ανάλυση εισροών – εκροών βασίζονται σε ένα θεωρητικό υπόβαθρο δίνοντας λεπτομερή εικόνα για τη σχέση μεταξύ ενεργειακής κατανάλωσης και μακροοικονομικών μεταβλητών, παρά τις απλουστευτικές υποθέσεις τους. Αναγνωρίζουν την επίδραση των τεχνολογικών μεταβολών και των διαρθρωτικών αλλαγών

στην κατανάλωση ενέργειας στο πλαίσιο ενός μακροοικονομικού περιβάλλοντος αλλά δεν χρησιμοποιούνται για διεθνείς συγκρίσεις καθώς οι πίνακες εισροών – εκροών των διαφόρων χωρών δύσκολα μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους.

B) Οι αλγεβρικές μέθοδοι με χρήση δεικτών βασίζονται σε απλές αλγεβρικές μεθόδους ή σε αθροιστικούς δείκτες και επιτυγχάνουν να προσδιορίσουν τους κρίσιμότερους παράγοντες που επηρεάζουν αλλαγές στην ενεργειακή κατανάλωση. ενώ δεν μπορούν να ερμηνεύσουν σημαντικούς μακροοικονομικούς παραμέτρους. Η απλότητα τους, κάνει εύκολη τη συλλογή δεδομένων και τους υπολογισμού, ενώ επιτρέπουν και τις διεθνείς συγκρίσεις. [9] [10] [11]

4.2. Ανασκόπηση Μελετών – Ιστορικά Στοιχεία

4.2.1. Εξέλιξη μεθοδολογίας

Το 1983 οι Hankinson και Rhys εφάρμοσαν την πρώτη αλγεβρική μέθοδο για την ανάλυση τάσεων της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στη βιομηχανία. Υπολόγισαν την επίδραση μεταβλητών ενέργειας, όπως τις σχετικές τιμές ενέργειας και επενδύσεις σε έργα ενεργειακής εξοικονόμησης και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της μεταβολής της ενεργειακής έντασης. Το 1987 οι Reitler, Rudolph και Schaefer πρότειναν τη μέθοδο RRS για να βελτιώσουν την πιο πάνω μέθοδο. Στη νέα μέθοδο χρησιμοποιούνται ως βασικοί παράμετροι το επίπεδο παραγωγής (output level), η ενεργειακή ένταση (energy intensity) και οι διαρθρωτικές αλλαγές (structural changes). Σύμφωνα με μεταγενέστερες μελέτες η ξεχωριστή επίδραση κάποιου παράγοντα αποδίδεται καλύτερα με την επίδραση μιας μεταβολής του σε σχέση με την περίοδο βάσης. Η μέθοδος RRS λαμβάνει τη μέση τιμή του παράγοντα μεταξύ των τιμών της περιόδου βάσης και της τελικής περιόδου. Ακόμη, η RRS δεν εισήγαγε με επιτυχία τη διαρθρωτική αλλαγή ως μεταβλητή και δίνει εκτιμήσεις που παρουσιάζουν διακύμανση σε σχέση με τα αποτελέσματα των μεθόδων που ενσωματώνουν τη μεταβλητή αυτή. [12] [13]

Ο Se-Hark Park το 1992 ανέπτυξε μια άλλη μέθοδο για την ανάλυση αποδόμησης της βιομηχανικής ενεργειακής κατανάλωσης, βασισμένη στην προσέγγιση αθροιστικών δεικτών Laspeyres. Συγκρίνοντας τη νέα μέθοδο με την RRS με τα ίδια δεδομένα παράγαγε διαφορετικά αποτελέσματα. Αυτό έγινε λόγω του υπολογισμού της επίδρασης της

διάρθρωτικής παραμέτρου σαν υπόλοιπο μέσω της RRS, όπου περιέχονται και οι συνδυαστικές επιδράσεις άλλων παραμέτρων. [12]

Οι Boyd, Hanson και Sterner παρουσίασαν την προσέγγιση αθροιστικών δεικτών Divisia, το 1988 για να αναλύσουν τις μεταβολές της ενεργειακής κατανάλωσης και να τη συγκρίνουν με άλλες μεθόδους. Ο Jing Wen Li ακολούθησε το 1990. [14]

Οι Howarth, Schipper, Duerr και Strom ανέπτυξαν την προσέγγιση των δεικτών Laspeyres, το 1990 που επικρατούσε στις δημοσιεύσεις πριν το 1985. Ήταν η πρώτη προσπάθεια ανάλυσης αποδόμησης μεταβολών στον ενεργειακό τομέα που συγκρίνει τάσεις ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ χωρών. Σε αυτήν την προσπάθεια, η συνολική μεταφερόμενη ενέργεια ορίζεται ως το άθροισμα της παραγόμενης ενέργειας και αυτής που αγοράζεται, και γίνεται διαχωρισμός ανά καύσιμο σε τρεις κατηγορίες. Γίνεται ξεχωριστός υπολογισμός των σχετικών επιδράσεων των μεταβολών της παραγωγής, της διάρθρωσης και της έντασης σε κάθε κατηγορία με βάση τη θεώρηση ότι μεταβάλλεται μόνο ο ένας παράγοντας ενώ οι άλλοι δύο μένουν σταθεροί. Αν υπάρχει διαφορά μεταξύ του αθροίσματος των επιδράσεων των τριών παραγόντων και της συνολικής μεταβολής της ενεργειακής κατανάλωσης, αυτή ορίζεται ως κατάλοιπο. [15]

Οι μεθοδολογίες Divisia και Laspeyres είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι ανάλυσης προσδιοριστικών παραγόντων τα τελευταία χρόνια με εξαιρετικά αποτελέσματα. Σημαντικές διαφορές προκύπτουν στην περίπτωση όπου τα κατάλοιπα που προκύπτουν είναι σημαντικά, κυρίως συμβαίνει με τη μέθοδο Laspeyres.

Τα κατάλοιπα είναι κοινό πρόβλημα σε αυτές τις μεθόδους ανάλυσης και στις περισσότερες περιπτώσεις παραλείπονται στα αποτελέσματα οδηγώντας σε σημαντικά υπολογιστικά σφάλματα.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος των καταλοίπων έγινε από μια σχετική μελέτη του Sun το 1998 για τις μεταβολές στην παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση όπου προτάθηκε η μέθοδος Refined Laspeyres Index, ως μια πλήρη ανάλυση αποδόμησης (complete decomposition analysis). Σε αυτή τη μέθοδο τα κατάλοιπα κατανέμονται ισόποσα στις επιδράσεις κάθε παράγοντα μέσω ενός μοντέλου εξισώσεων δύο παραγόντων βασιζόμενη στην αρχή ότι

δημιουργούνται από κοινού. Είναι ίσως η σημαντικότερη εξέλιξη για τις νέες μεθόδους αποδόμησης αφού ήταν η αιτία να αναπτυχθεί ένα πιο ακριβές και αξιόπιστο μοντέλο.

Το 1997 από οι Ang και Choi ανέπτυξαν τη μέθοδο Long-Mean Divisia Index Method II, ως μέθοδο τέλειας αποδόμησης (perfect decomposition) αφού δεν προκύπτουν κατάλοιπα από την επίλυση αθροιστικών δεικτών. Η μέθοδος αυτή είχε όμως πρόβλημα με τη συνάθροιση αποτελεσμάτων όταν εφαρμοζόταν σε επίπεδο υποενοότητας, καθώς η συνάθροιση των αποτελεσμάτων της υποενοότητας αποτύγχανε να αποδώσει το βαθμό συνάθροισης όλης της ενοότητας. Για τη λύση σε αυτό το πρόβλημα οι Ang και Liu το 2000-2001 πρότειναν τη νέα μέθοδο Long-Mean Divisia Index Method I, η οποία αναφέρεται ως τέλεια στην αποδόμηση και συνεπής στη συνάθροιση, κάνοντας χρήση όμως άλλων δεικτών (Vartia I αντί Vartia II).

Ακόμη, υπάρχει και η μέθοδος των Albrecht, Francois και Schoors του 2002 που βασίζεται στη μέθοδο του Shapley (1953). Αυτή η μέθοδος βασίζεται σε μια θεώρηση συμμετρίας μεταξύ των επιδράσεων κάθε μεταβλητής, ικανοποιώντας τελικά πλήρως τις απαιτήσεις της τέλειας αποδόμησης. [16] [17] [18] [19]

Το 2000 οι Ang και Zhang πραγματοποίησαν έρευνα για τις ενεργειακές και περιβαλλοντικές μελέτες αποδόμησης μεταξύ 1978 – 1999 καταλήγοντας ότι έγιναν 124 μελέτες. Οι πιο πολλές αφορούσαν μελέτες ενεργειακής κατανάλωσης κυρίως για το βιομηχανικό κλάδο. Από το 1992 άρχισαν να αυξάνονται και οι μελέτες για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, κυρίως CO₂ λόγω του ενδιαφέροντος για το περιβάλλον και την κλιματική αλλαγή. Η κύρια μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Laspeyres με τη Divisia να ακολουθεί. [20]

Το 2003 οι Ang, Liu και Chew έκαναν μια συγκριτική μελέτη των μεθόδων τέλειας αποδόμησης, 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 των Albrecht, Francois και Schoors. Οι μέθοδοι των Sun και Albrecht-Francois-Schoors αποδείχθηκε ότι αποδίδουν ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα και οι θεωρήσεις τους σχετικά με τα κατάλοιπα συγκλίνουν στις ίδιες εξισώσεις κατανομής. [21]

Τέλος, το 2004 ο Ang έκανε μια νέα ανασκόπηση όλων των προσεγγίσεων και των μεθόδων ανάλυσης αποδόμησης που προαναφέρθηκαν, αλλά και των λοιπών, λιγότερο γνωστών

προσεγγίσεων, με σκοπό να προτείνει την πλέον κατάλληλη για διαμόρφωση και χάραξη πολιτικών. Αυτή η ανασκόπηση κατέληξε σε κάποια συμπεράσματα κατά περίπτωση, ορίζοντας τέσσερα κριτήρια που καθορίζουν την επιλογή. Τα κριτήρια αυτά είναι το θεωρητικό υπόβαθρο, η προσαρμοστικότητα στα δεδομένα της εφαρμογής, η ευκολία στη χρήση (μαθηματική επίλυση και εύρος εφαρμογής) και η ευκολία στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Όλες οι παράμετροι πρέπει να εξετάζονται κατά περίπτωση. [22]

4.2.2. Εφαρμογές στην Ηλεκτροπαραγωγή

Το 1996 οι Shrestha και Timilsina μελέτησαν τους παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση των εκπομπών CO₂ στον τομέα ηλεκτροπαραγωγής στην Ασία. Ανέλυσαν την εξέλιξη της έντασης των εκπομπών CO₂ στον ηλεκτροπαραγωγικό τομέα σε 12 χώρες για την περίοδο 1980 – 1990. Οι παράγοντες που ανέλυσαν ήταν το περιεχόμενο των καυσίμων σε άνθρακα, ο συντελεστής μετατροπής του άνθρακα σε CO₂, ειδική ενεργειακή κατανάλωση των καυσίμων και η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής. Χρησιμοποιώντας την μέθοδο Divisia κατέληξαν ότι στις περισσότερες από τις χώρες υπεύθυνος παράγοντας για την εξέλιξη της έντασης των εκπομπών ήταν η ειδική ενεργειακή κατανάλωση, σε μια χώρα η διάρθρωση της παραγωγής και σε κάποιες και οι δύο αυτοί παράγοντες. [23]

Οι Ang και Choi το 2002 ερεύνησαν συνοριακά προβλήματα στην ανάλυση αποδόμησης για τις εκπομπές άνθρακα. Το πρόβλημα αφορούσε την αντιμετώπιση των ενεργειακών πηγών στις εκπομπές CO₂ και συγκεκριμένα πηγών όπως η πυρηνική και η υδροηλεκτρική ενέργεια που έχουν μηδενικές εκπομπές σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα. Η περίπτωση που αναλύθηκε ήταν η μελέτη αποδόμησης των εκπομπών CO₂ από την ηλεκτροπαραγωγή στην Κορέα την περίοδο 1970 – 1988. Η μελέτη έγινε με τη μέθοδο Divisia και το συμπέρασμα ήταν ότι πρέπει να μελετώνται όλες οι πηγές και όχι μόνο όσες έχουν εκπομπές CO₂ ώστε να υπάρχει επίγνωση των ενεργειακών αναγκών για καλύτερο σχεδιασμό της αντίστοιχης ενεργειακής πολιτικής. [24]

Το 2005 ο Steenhof χρησιμοποίησε τη μεθοδολογία αποδόμησης για την ποσοτικοποίηση των παραγόντων που μεταβάλλουν τις εκπομπές CO₂ από την ηλεκτροπαραγωγή στην Κίνα για να δημιουργήσει τις γραμμές βάσεις για τις εκπομπές το 2020. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Lespeyres κατέληξε ότι η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και η αύξηση χρήσης πυρηνικής ενέργειας και φυσικού αερίου θα οδηγήσει σε μείωση της έντασης των εκπομπών.

Ο Steenhof επισημαίνει ότι οι μεθοδολογίες αποδόμησης είναι κατάλληλες για τέτοιου είδους μελέτες λόγω της απλότητας τους και της ευκολίας που υπάρχει στη χρήση τους. [25]

Ο Malla το 2009 μελετάει την εξέλιξη των εκπομπών CO₂ σε επτά χώρες της Ασίας και του Ειρηνικού και της Βόρειας Αμερικής χρησιμοποιώντας την μέθοδο Divisia για την περίοδο 1990 – 1995. Οι παράγοντες που εξέτασε ήταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η διάρθρωση της παραγωγής και η ειδική ενεργειακή κατανάλωση. Τα συμπεράσματα του ήταν ο κύριος παράγοντας για την αύξηση των εκπομπών είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ η διάρθρωση και ειδική ενεργειακή κατανάλωση οδηγούν σε μείωση των εκπομπών. Η αύξηση χρήσης φυσικού αερίου, πυρηνικής ενέργειας και ΑΠΕ σε συνδυασμό με την αύξηση της αποδοτικότητας των ενεργειακών συστημάτων οδηγούν σε μείωση των εκπομπών. [26]

Παρόμοια μελέτη για τις εκπομπές CO₂ σε χώρες της Ασίας και του Ειρηνικού έγινε το 2009 από τους Shrestha, Anandarajah και Liyanage μελετώντας την περίοδο 1980 – 2004 με τη μέθοδο Divisia. Αυτή η εργασία μελέτησε και το συσχετισμό με την οικονομική ανάπτυξη μελετώντας τους παράγοντες: ενεργειακή ένταση παραγωγής ηλεκτρισμού, ανάπτυξη οικονομίας, ειδική ενεργειακή κατανάλωση καυσίμων και διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι σε όλες τις χώρες η ανάπτυξη της οικονομίας οδηγούσε σε αύξηση των εκπομπών. Γενικά, στις περισσότερες χώρες που μελέτησαν η οικονομική ανάπτυξη και η ενεργειακή ένταση παραγωγής ηλεκτρισμού οδηγούσαν σε αύξηση των εκπομπών ενώ η ειδική ενεργειακή κατανάλωση και η διάρθρωση οδηγούσαν σε μείωση τους. [27]

Πιο πρόσφατα, το 2011 οι Steenhof και Weber χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Laspeyres μελέτησαν τους παράγοντες που επηρεάζουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την ηλεκτροπαραγωγή στην Καναδά την περίοδο 1990 – 2008. Οι παράγοντες που μελέτησαν ήταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η διάρθρωση της παραγωγής, το μίγμα ορυκτών καυσίμων, η ενεργειακή απόδοση της παραγωγής ηλεκτρισμού, η ένταση των εκπομπών από την παραγωγή από ορυκτά καύσιμα και ένας παράγοντας που περιλαμβάνει τις απώλειες κατά τη διανομή και μεταφορά ηλεκτρισμού καθώς και την κατανάλωση που γίνεται στην παραγωγή. Το αποτέλεσμα ήταν ότι κυρίως η αύξηση της ζήτησης ενέργειας και ακολούθως η διάρθρωση της παραγωγής οδηγούσαν σε αύξηση των εκπομπών. Αντίθετα η αύξηση της

απόδοσης παραγωγής και η βελτίωση του μίγματος ορυκτών καυσίμων οδηγούν σε μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. [28]

4.3. Ανάπτυξη Υπολογιστικού Μοντέλου

4.3.1. Προσδιοριστικοί Παράγοντες

Για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂ που προκύπτουν από την ηλεκτροπαραγωγή σε αυτή την εργασία έγινε μελέτη πέντε προσδιοριστικών παραγόντων:

1. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας – P (GWh)

Πρόκειται για την συνολική ακάθαρτη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χώρας. Θεωρήθηκε ότι είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά τις εκπομπές CO₂.

2. Δείκτης τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας – α (%)

Πρόκειται για ένα ποσοστιαίο δείκτη που δείχνει από πού προέρχεται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται, δηλαδή αν πρόκειται για συμβατική, ΣΗΘ ή παραγωγή από ΑΠΕ. Η τεχνολογία που παράγεται ηλεκτρική ενέργεια είναι σημαντική για την παραγωγή εκπομπών CO₂ αφού οι ΑΠΕ έχουν μηδενικές εκπομπές.

3. Διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής (electricity generation structure) – s (%)

Αυτός ο παράγοντας δείχνει τη διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής κάθε χώρας, δηλαδή το είδος και ποσοστό των μονάδων. Το είδος κάθε μονάδας επηρεάζουν τις εκπομπές CO₂, καθώς η είσοδος στο μίγμα ηλεκτροπαραγωγής διαφόρων καυσίμων μεταβάλλει τις εκπομπές.

4. Ειδική Ενεργειακή Κατανάλωση (specific fuel consumption) – e (TJ/GWh)

Εκφράζει τη θερμότητα που καταναλώνεται στην κάθε Μονάδα (TJ) ανά μονάδα εξαχθείσας ενέργειας (GWh). Δηλαδή, δείχνει τη θερμική κατανάλωση του μίγματος καυσίμων κάθε Μονάδας ανά εξαγόμενη GWh. Η χαμηλή τιμή του δείκτη δείχνει μεγαλύτερη αποδοτικότητα της Μονάδας και κατά συνέπεια μικρότερες εκπομπές.

5. Συντελεστής εκπομπής (emission factor) - $f(t_{CO_2}/TJ)$

Οι εκπομπές CO_2 επηρεάζονται από το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιείται καθώς το κάθε καύσιμο έχει ένα συντελεστή εκπομπής CO_2 . Οπότε οι μεταβολές στη σύσταση του μίγματος καυσίμων επηρεάζουν τις εκπομπές κάθε χώρας.

Με βάση αυτούς τους παράγοντες η βασική εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών CO_2 (kt) είναι:

$$C = P \cdot \sum_k \alpha_k \sum_i e_{k,i} \cdot s_{k,i} \cdot f_i \quad (\text{Εξίσωση 4-1})$$

όπου,

k= Δείκτης για κάθε είδος τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας,

i= Δείκτης για κάθε είδος ενέργειας που χρησιμοποιείται

4.3.2. Ανάπτυξη με Μέθοδο Divisia

Η βασική συνάρτηση του προβλήματος που δίνει τις εκπομπές CO_2 τη χρονική στιγμή t είναι επομένως η εξίσωση 4-1:

$$C = P \cdot \sum_k \alpha_k \sum_i e_{k,i} \cdot s_{k,i} \cdot f_i$$

Η αποδόμηση της μεταβολής των εκπομπών CO_2 την χρονική περίοδο [0-t] με την αθροιστική μέθοδο ακολουθεί την εξίσωση:

$$\Delta C_{0-t} = C_t - C_0 = \Delta P_{0-t} + \Delta \alpha_{0-t} + \Delta e_{0-t} + \Delta s_{0-t} + R \quad (\text{Εξίσωση 4-2})$$

Με βάση τη θεωρία των Divisia δεικτών, με λογαρίθμηση και παραγοντοποίηση της εξίσωσης 4 - 1 παίρνουμε τη μεταβολή:

$$\frac{1}{C} \frac{dC}{dt} = \sum_k \sum_i \left(\frac{1}{P} \frac{dP}{dt} + \frac{1}{\alpha_k} \frac{d\alpha_k}{dt} + \frac{1}{e_{k,i}} \frac{de_{k,i}}{dt} + \frac{1}{s_{k,i}} \frac{ds_{k,i}}{dt} \right) \quad (\text{Εξίσωση 4-3})$$

Η εξίσωση 4-3 δείχνει ότι η εκατοστιαία μεταβολή του CO₂ σε μια ορισμένη χρονική στιγμή δίνεται από το άθροισμα των μεταβολών των μεταβλητών συνιστωσών. Με την ολοκλήρωση και των δύο πλευρών καταλήγουμε στην εξίσωση:

$$\Delta C_{0-t} = \left(\ln \frac{P^t}{P^0} \cdot w \right) + \sum_k \left(\ln \frac{a_k^t}{a_k^0} \cdot w \right) + \sum_k \sum_i \left(\ln \frac{e_{k,i}^t}{e_{k,i}^0} \cdot w \right) + \sum_k \sum_i \left(\ln \frac{s_{k,i}^t}{s_{k,i}^0} \cdot w \right) \quad (\text{Εξίσωση 4-4})$$

όπου w ο συντελεστής βαρύτητας της μεταβολής ενός παράγοντα.

Βάσει των Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) μεθοδολογιών, ο συντελεστής βαρύτητας βασίζεται στο λογαριθμικό μέσο όρο 2 θετικών αριθμών του Törnqvist, οπότε εξαλείφεται το πρόβλημα του υπολείμματος R:

$$L(a, b) = (a - b) / (\ln a - \ln b) \quad a \neq b$$

Στην παρούσα εργασία εφαρμόζεται η μεθοδολογία LMDI I η οποία δεν αφήνει υπόλειμμα αλλά λύνει και το πρόβλημα της συνάθροισης, αντίθετα από την LMDI II και ο συντελεστής βαρύτητας εξελίσσεται ως εξής:

$$\tilde{w}_i = L(C_i^0, C_i^t) / L(C^0, C^t)$$

Βάσει της προσθετικής προσέγγιση, οι όροι της εξίσωσης 4-4 αναλύονται ως εξής:

$$\Delta P_{0-t} = L(C_i^t, C_i^0) \cdot \ln(P^t / P^0)$$

$$\Delta a_{0-t} = \sum_k L(C_i^t, C_i^0) \cdot \ln(a_k^t / a_k^0)$$

$$\Delta e_{0-t} = \sum_k \sum_i (L(C_i^t, C_i^0) \cdot \ln(e_{k,i}^t / e_{k,i}^0))$$

$$\Delta s_{0-t} = \sum_k \sum_i (L(C_i^t, C_i^0) \cdot \ln(s_{k,i}^t / s_{k,i}^0))$$

Με αυτή τη μεθοδολογία υπάρχουν όμως δύο βασικοί περιορισμοί. Ο πρώτος αφορά την ύπαρξη αρνητικών και μηδενικών όρων. Οι αρνητικοί όροι είναι σπάνιο σε αναλύσεις σχετικά με ενεργειακή κατανάλωση αλλά σε μια τέτοια περίπτωση η μεθοδολογία αυτή είναι προφανώς αδύνατο να εφαρμοστεί. Οι μηδενικοί όροι, όμως, δεν είναι τόσο σπάνιοι, μιας

αφού σε αυτές τις αναλύσεις συνήθως υπάρχει ο παράγοντας καύσιμο ή τεχνολογία. Το πρόβλημα των μηδενικών όρων αντιμετωπίστηκε από τον Ang, ο οποίος εισηγήθηκε την αντικατάσταση του μηδέν με ένα πολύ μικρό σταθερό θετικό νούμερο μεταξύ 10^{-10} και 10^{-20} .

[29] [30]

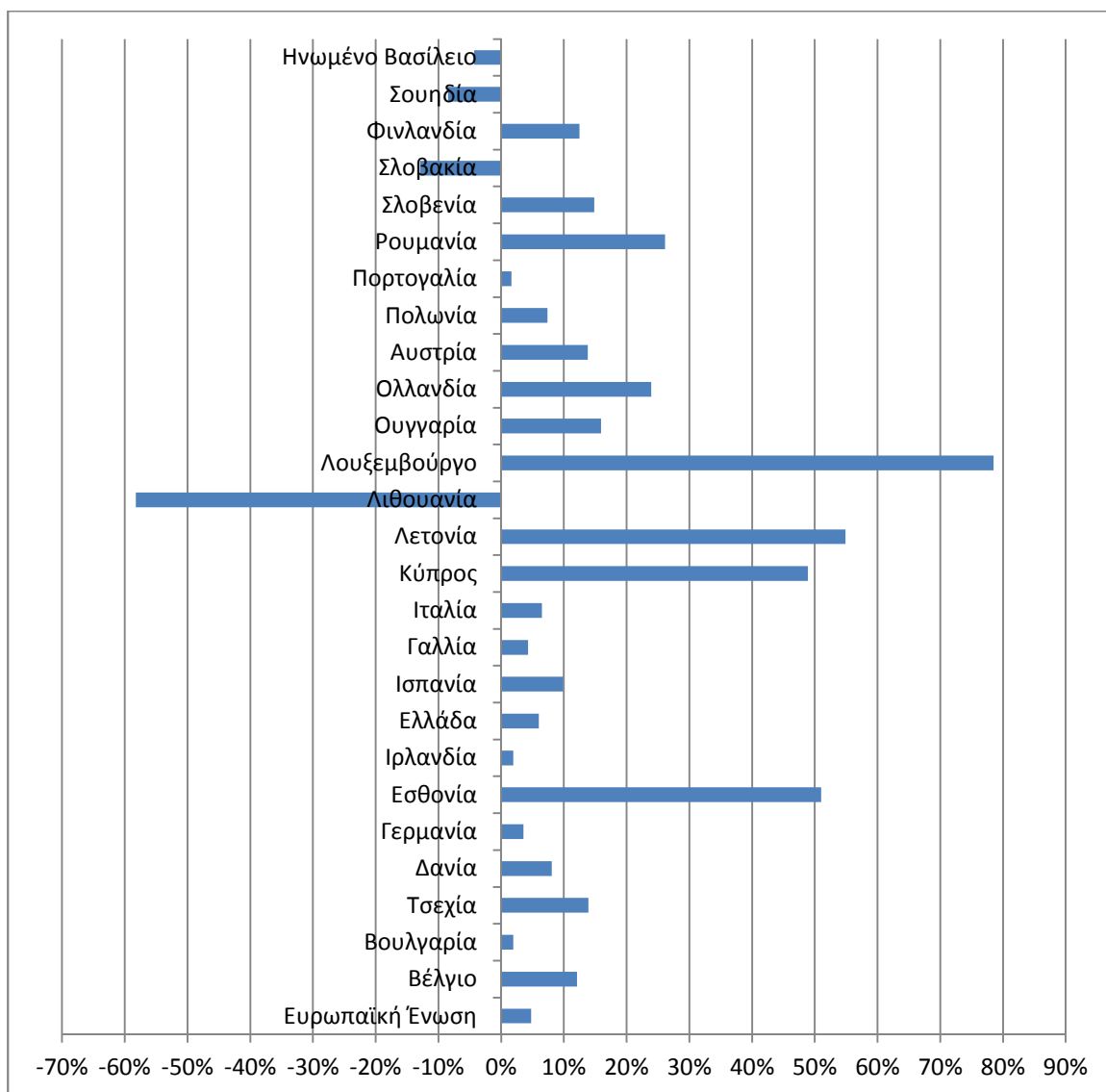
5. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

5.1. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε χώρα υπολογίστηκε από δεδομένα της Eurostat και παρουσιάζεται στον Πίνακα 3 στο Παράρτημα «Α». Στο Διάγραμμα 5-1 παρουσιάζεται η εκατοστιαία μεταβολή στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το έτος βάσης 2001 στο 2010.

Παραδοχές

- Χρησιμοποιήθηκαν τα κυριότερα καύσιμα, δηλαδή:
 - Άνθρακας και παράγωγα του (άνθρακίτης, ασφαλτούχος άνθρακας, άλλα είδη άνθρακα)
 - Λιγνίτης και παράγωγα (Λιγνίτης, ΒΚΒ, Peat)
 - Πυρηνική Ενέργεια
 - Πετρέλαιο (Ντήζελ)
 - Μαζούτ
 - Φυσικό Αέριο
 - Βιοενέργεια
 - Ηλιακή Ενέργεια
 - Αιολική Ενέργεια
 - Υδροηλεκτρική Ενέργεια
 - Άλλες ΑΠΕ (Γεωθερμία, Κυματική ενέργεια, Παλιρροϊκή ενέργεια)
- Λήφθηκε υπόψη όλη η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τόσο από τις κύριες μονάδες όσο και από τους αυτόνομους παραγωγούς.
- Στο μοντέλο δεν συμμετέχει η Μάλτα καθώς έχει πάρα πολύ μικρή παραγωγή ηλεκτρισμού.



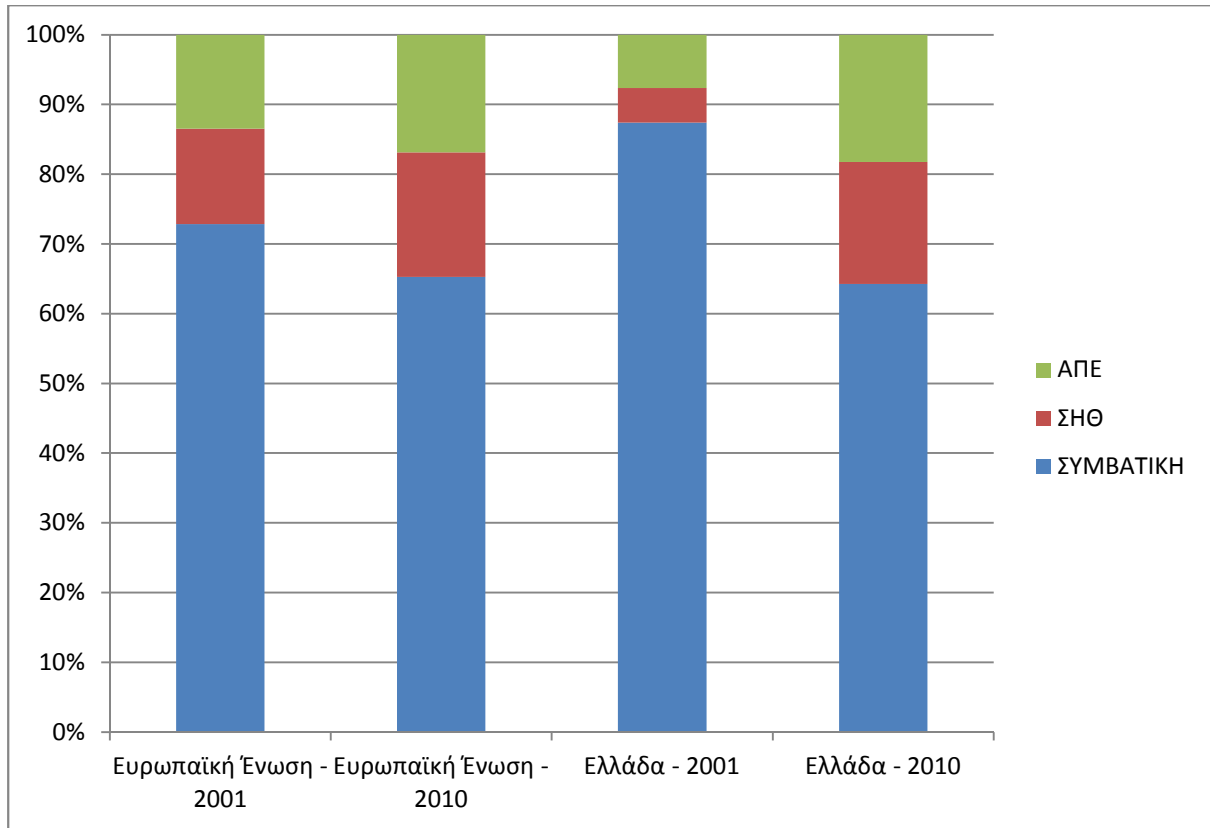
Διάγραμμα 5-1: Μεταβολή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ 2001 και 2010.

Από το Διάγραμμα 5-1 φαίνεται ότι στις περισσότερες χώρες της Ε.Ε. η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε σε σχέση με το 2001. Στο σύνολο της Ε.Ε. η παραγωγή αυξήθηκε κατά 5%. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το Λουξεμβούργο, η Λετονία, η Κύπρος και η Εσθονία όπου αύξησαν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά 78%, 55%, 49% και 51% αντίστοιχα, ενώ από την άλλη η Λιθουανία έχει τη μεγαλύτερη μείωση με 58%.

5.2. Δείκτης Τεχνολογίας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κάθε τεχνολογία είναι διαφορετικό για κάθε χώρα. Στο Διάγραμμα 5-2 παρουσιάζεται η τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής

ενέργειας το έτος 2001 και 2010 στην Ευρωπαϊκή Ένωση σε σύγκριση με την Ελλάδα. Αναλυτικά για κάθε χώρα και έτος τα στοιχεία παρουσιάζονται στους Πίνακες 4 - 6 στο Παράρτημα «Α». [3]



Διάγραμμα 5-2: Δείκτης τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2001 και 2010.

Φαίνεται ότι από το 2001 μέχρι το 2010 η συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει μειωθεί στην ΕΕ συνολικά από 72.9% στο 65.3%, ενώ η ΣΗΘ και η παραγωγή από ΑΠΕ έχουν αυξηθεί από 13.7% και 13.5% στο 17.9% και 16.9%. Στην Ελλάδα, η συμβατική παραγωγή μειώθηκε αρκετά από το 87.4% στο 64.3% ενώ σημειώθηκε σημαντική αύξηση στην ΣΗΘ και στην παραγωγή από ΑΠΕ από 4.9% και 7.7% στο 17.5% και 18.2% αντίστοιχα.

5.3. Διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής

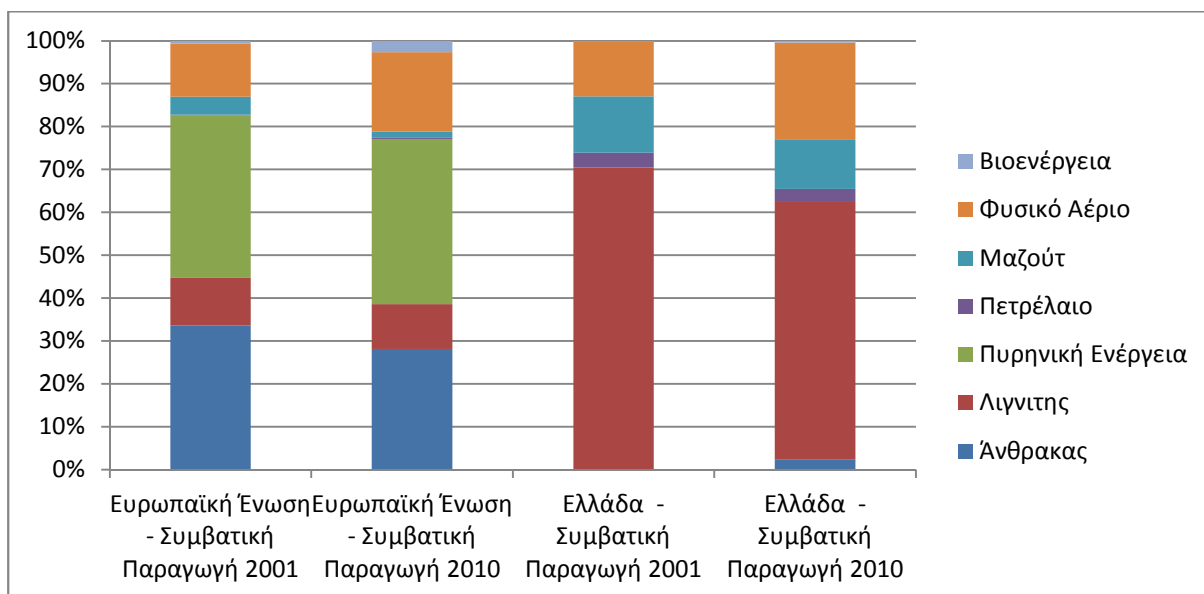
Η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής κάθε χώρας, δηλαδή το μίγμα καυσίμων που αποτελεί πηγή για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι διαφορετικό για κάθε χώρα. Σε αυτή την εργασία

χρησιμοποιήθηκαν τα κυριότερα είδη καυσίμων όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 5.1. Στο μοντέλο έγινε ο διαχωρισμός των καυσίμων σε σχέση με την τεχνολογία παραγωγής:

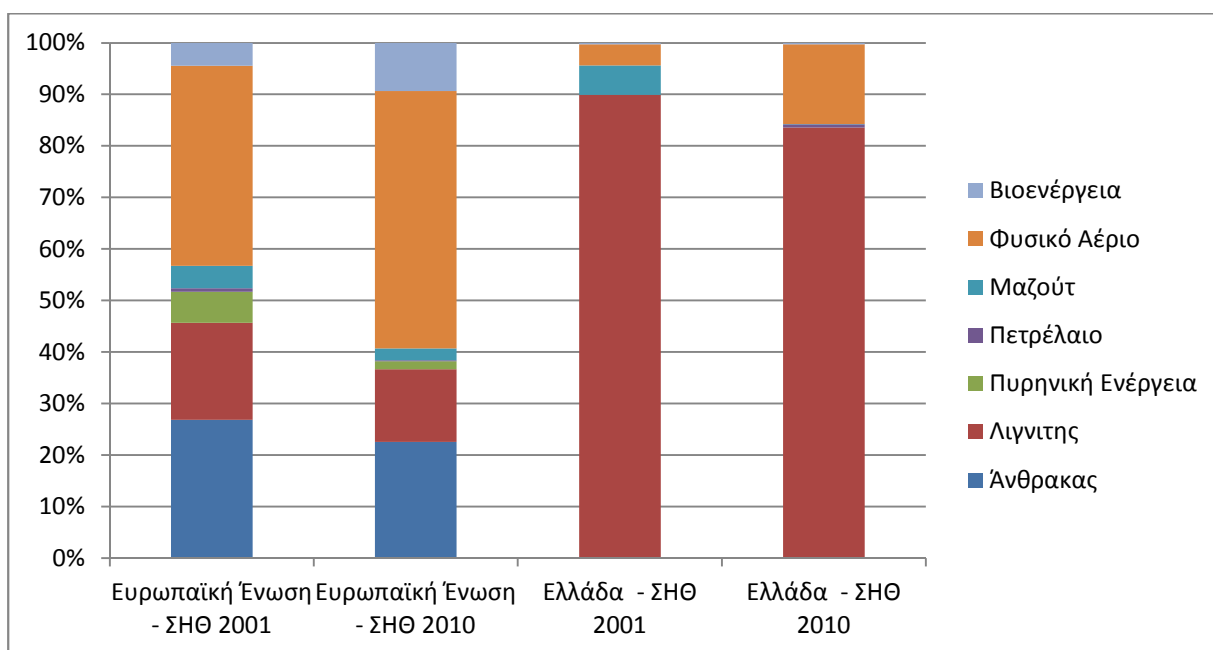
- Συμβατική Παραγωγή και ΣΗΘ:
 - Άνθρακας και παράγωγα του
 - Λιγνίτης και παράγωγα του
 - Πυρηνική Ενέργεια
 - Πετρέλαιο
 - Μαζούτ
 - Φυσικό Αέριο
 - Βιοενέργεια
- ΑΠΕ:
 - Ηλιακή Ενέργεια
 - Αιολική Ενέργεια
 - Υδροηλεκτρική Ενέργεια
 - Άλλες ΑΠΕ (Γεωθερμία, Κυματική ενέργεια, Παλιρροϊκή ενέργεια)

Σε αυτό τον διαχωρισμό έγινε η παραδοχή ότι η βιοενέργεια ανήκει στη συμβατική τεχνολογία παραγωγής και αυτό γιατί αν και αποτελείται από βιομάζα στο μίγμα υπάρχουν και άλλες μορφές ενέργειας που καίγονται για την παραγωγή ενέργειας και αυτό γίνεται με συμβατική τεχνολογία.

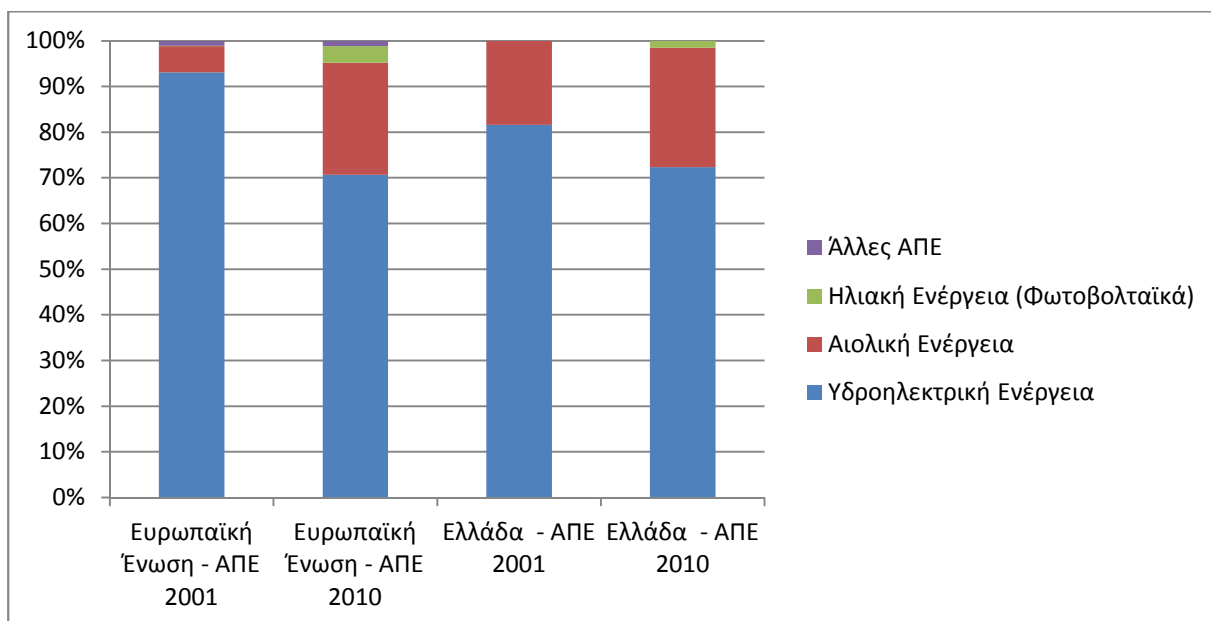
Η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής για κάθε τεχνολογία φαίνεται στα *Διαγράμματα 5-3 μέχρι 5-5* για το έτος 2001 και 2010 στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην Ελλάδα. Τα στοιχεία παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε χώρα για το 2001 και 2010 στους Πίνακες 7 - 9 στο Παράρτημα «Α». [3]



Διάγραμμα 5-3: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από Συμβατική Τεχνολογία.



Διάγραμμα 5-4: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από ΣΗΘ



Διάγραμμα 5-5: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ.

Από το Διάγραμμα 5-3 φαίνεται ότι στο σύνολο της ΕΕ οι κυρίαρχες πηγές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2001 από συμβατική τεχνολογία ήταν η πυρηνική ενέργεια και ο άνθρακας με 37.9% και 33.6% αντίστοιχα. Το φυσικό αέριο το 2001 χρησιμοποιούταν μόνο για το 12.4% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το 2010 η χρήση πυρηνικής ενέργειας αυξήθηκε στο 38.6% ενώ η χρήση άνθρακα μειώθηκε στο 28.1% κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφού ο άνθρακας έχει αυξημένες εκπομπές CO₂. Ακόμη σημαντικό είναι που αυξήθηκε η χρήση φυσικού αερίου και έφθασε το 18.5%. Στην Ελλάδα κυρίαρχο καύσιμο τόσο το 2001 όσο και το 2010 είναι ο λιγνίτης με ποσοστό 70.4% και 60.3% αντίστοιχο. Αυτή τη μείωση στη χρήση λιγνίτη αντικατέστησε το φυσικό αέριο που σημείωσε αύξηση από 12.8% το 2001 σε 22.7% το 2010.

Όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρισμού από ΣΗΘ από το Διάγραμμα 5-4 φαίνεται ότι στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2001 γινόταν χρήση κυρίως φυσικού αερίου με ποσοστό 38.9%, άνθρακα με ποσοστό 26.8% και λιγνίτη με ποσοστό 18.8%. Το 2010 η χρήση φυσικού αερίου αυξήθηκε στο 49.9% ενώ η χρήση άνθρακα και λιγνίτη μειώθηκε στο 22.5% και 14.1% αντίστοιχα. Ενδιαφέρον έχει η αύξηση της χρήσης βιοενέργειας από 4.4% το 2001 στο 9.4% το 2010. Για την Ελλάδα το κύριο καύσιμο για ΣΗΘ τόσο το 2001 όσο και το 2010 ήταν ο λιγνίτης με 89.9% και 83.4% αντίστοιχα. Σημαντική είναι η αύξηση της χρήσης φυσικού αερίου από 4.1% το 2001 σε 15.5% το 2010.

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ φαίνεται από το *Διάγραμμα 5-5* ότι οι κυρίαρχες μορφές ενέργειας το 2001 στην ΕΕ είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια με ποσοστό 93.1% και ακολουθεί η αιολική ενέργεια με 5.8%. Το 2010 όμως αν και η υδροηλεκτρική ενέργεια συνεχίζει να κυριαρχεί με ποσοστό 70.7% αυξάνεται η χρήση της αιολικής ενέργειας στο 24.5% και ακόμη άρχισε να γίνεται χρήση της ηλιακής ενέργειας σε ποσοστό 3.7%. Στην Ελλάδα οι κύριες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι επίσης η υδροηλεκτρική και η αιολική ενέργεια με 81.6% και 18.4% το 2001 και με 72.3% και 26.1% το 2010. Η χρήση ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα είναι μόλις 1.5% το 2010.

5.4. Ειδική Ενεργειακή Κατανάλωση

Η ειδική ενεργειακή κατανάλωση (e) είναι διαφορετική για κάθε πηγή ενέργειας, για κάθε τεχνολογία και για κάθε χώρα. Η ειδική ενεργειακή κατανάλωση υπολογίζεται ως εξής:

$$e = \frac{\text{Είσοδος ενέργειας (TJ)}}{\text{Έξοδος ηλεκτρικής ενέργειας (GWh)}} \quad (\text{Εξίσωση 5-1})$$

Όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΣΗΘ η ειδική ενεργειακή κατανάλωση υπολογίζεται από την *Εξίσωση 5-1* αλλά λόγω της ταυτόχρονης παραγωγής θερμότητας ως είσοδος χρησιμοποιείται το ποσοστό ενέργειας που αντιστοιχεί στην παραγωγή ηλεκτρισμού και υπολογίζεται ως εξής:

$$F_e = F \cdot \left(\frac{E}{E+H} \right) \quad \text{Εξίσωση 5-2}$$

όπου,

F: Συνολική είσοδος καυσίμου (TJ)

F_e: Είσοδος καυσίμου για παραγωγή ηλεκτρισμού (TJ)

E: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (TJ)

H: Παραγωγή θερμότητας (TJ).

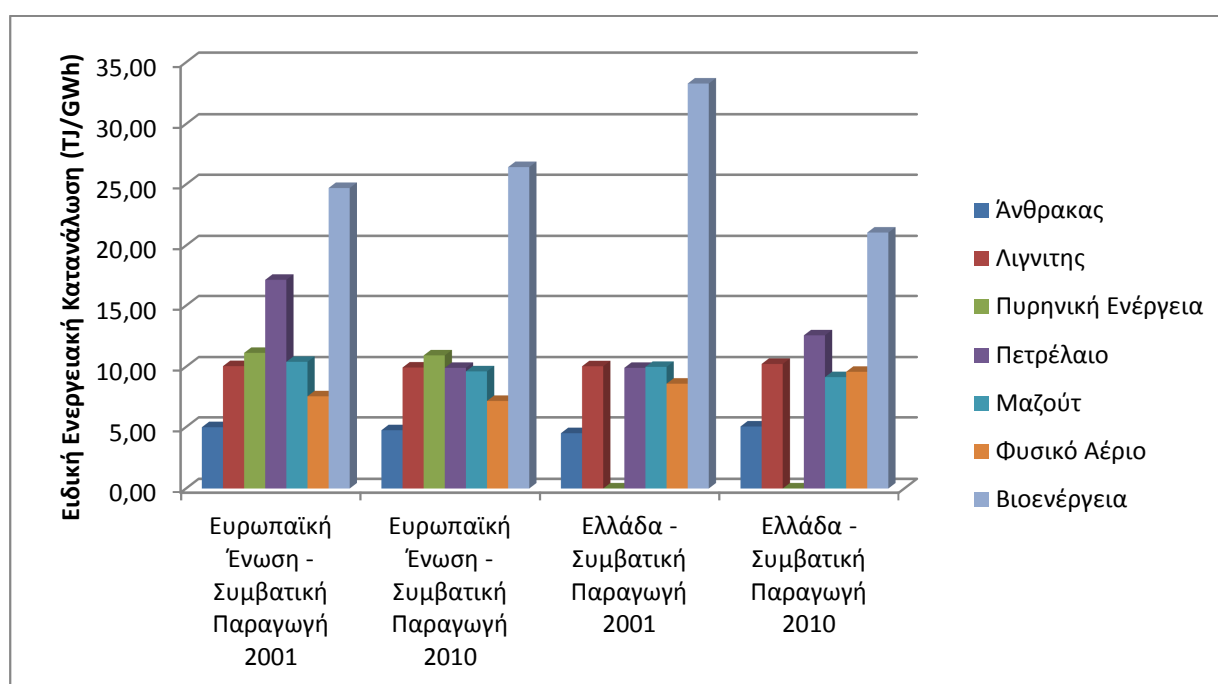
Παραδοχές

- Λόγω κάποιων σφαλμάτων στα δεδομένα σε κάποιες περιπτώσεις η ειδική ενεργειακή κατανάλωση σε συγκεκριμένα έτη υπολογίστηκε με βάση τον μέσο όρο των

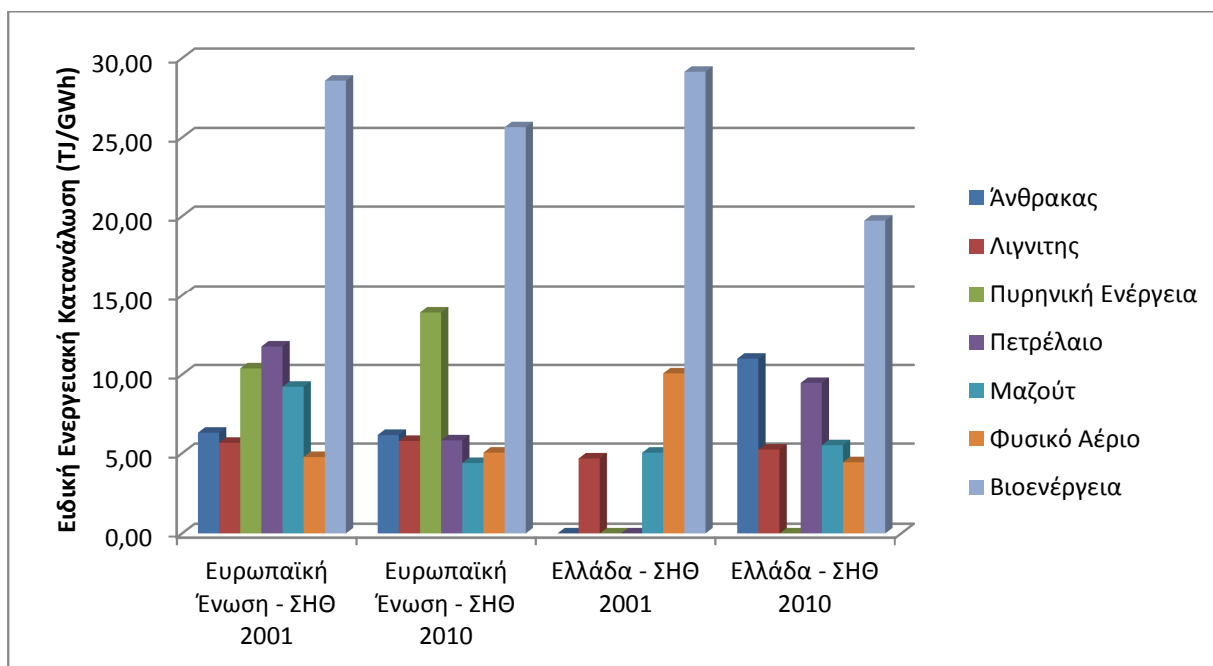
προηγούμενων ετών ή το μέσο όρο της ΕΕ σε περίπτωση που δεν ήταν δυνατός ο μέσος όρος για την ίδια τη χώρα.

- Η ειδική ενεργειακή κατανάλωση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ θεωρήθηκε ίση με 3.60 TJ/GWh υποθέτοντας τέλεια μετατροπή ενέργειας.

Στα Διαγράμματα 5-6 και 5-7 παρουσιάζεται η ειδική ενεργειακή κατανάλωση για κάθε πηγή ενέργειας για τη συμβατική παραγωγή και για τη ΣΗΘ το 2001 και 2010 στην Ευρώπη και στην Ελλάδα. Αναλυτικά για κάθε χώρα τα στοιχεία παρουσιάζονται στους Πίνακες 10 και 11 στο Παράρτημα «Α». [3]



Διάγραμμα 5-6: Ειδική Ενεργειακή Κατανάλωση από συμβατική παραγωγή.



Διάγραμμα 5-7: Ειδική Ενεργειακή Κατανάλωση από ΣΗΘ.

Από τα Διαγράμματα 5-6 και 5-7 φαίνεται ότι η λιγότερο αποδοτική πηγή ενέργειας είναι η βιοενέργεια αφού τόσο στην ΕΕ όσο και στην Ελλάδα έχει την πιο υψηλή τιμή, αν και το 2010 η τιμή αυτή μειώνεται. Αυτό συμβαίνει γιατί στη βιοενέργεια χρησιμοποιούνται και άλλα καύσιμα σαν προσμίξεις που διαφοροποιούν την ειδική ενεργειακή κατανάλωση. Γενικά από αυτά τα διαγράμματα είναι δύσκολο να εξαχθεί κάποιο ασφαλές συμπέρασμα ως προς το καλύτερο καύσιμο καθώς λόγω των ομαδοποιήσεων που έγιναν υπάρχει διαφορά ως προς κάθε χώρα. Αξίζει να αναφερθεί η βελτίωση της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης του φυσικού αερίου στην Ελλάδα στην ΣΗΘ από 10.07 TJ/GWh σε 4.44 TJ/GWh τιμή κοντά με αυτή της ΕΕ.

5.5. Συντελεστής εκπομπής CO₂

Ο συντελεστής εκπομπής CO₂ για κάθε καύσιμο σε κάθε χώρα είναι διαφορετικός. Για τις ομάδες καυσίμων του άνθρακα και του λιγνίτη ο συντελεστής εκπομπής υπολογίστηκε με τη μέθοδο του σταθμισμένου μέσου όρου των καυσίμων κάθε ομάδας για κάθε χρονιά. Στον Πίνακα 12 στο Παράρτημα «Α» παρουσιάζονται οι συντελεστές εκπομπής για κάθε χώρα και για κάθε καύσιμο. [31]

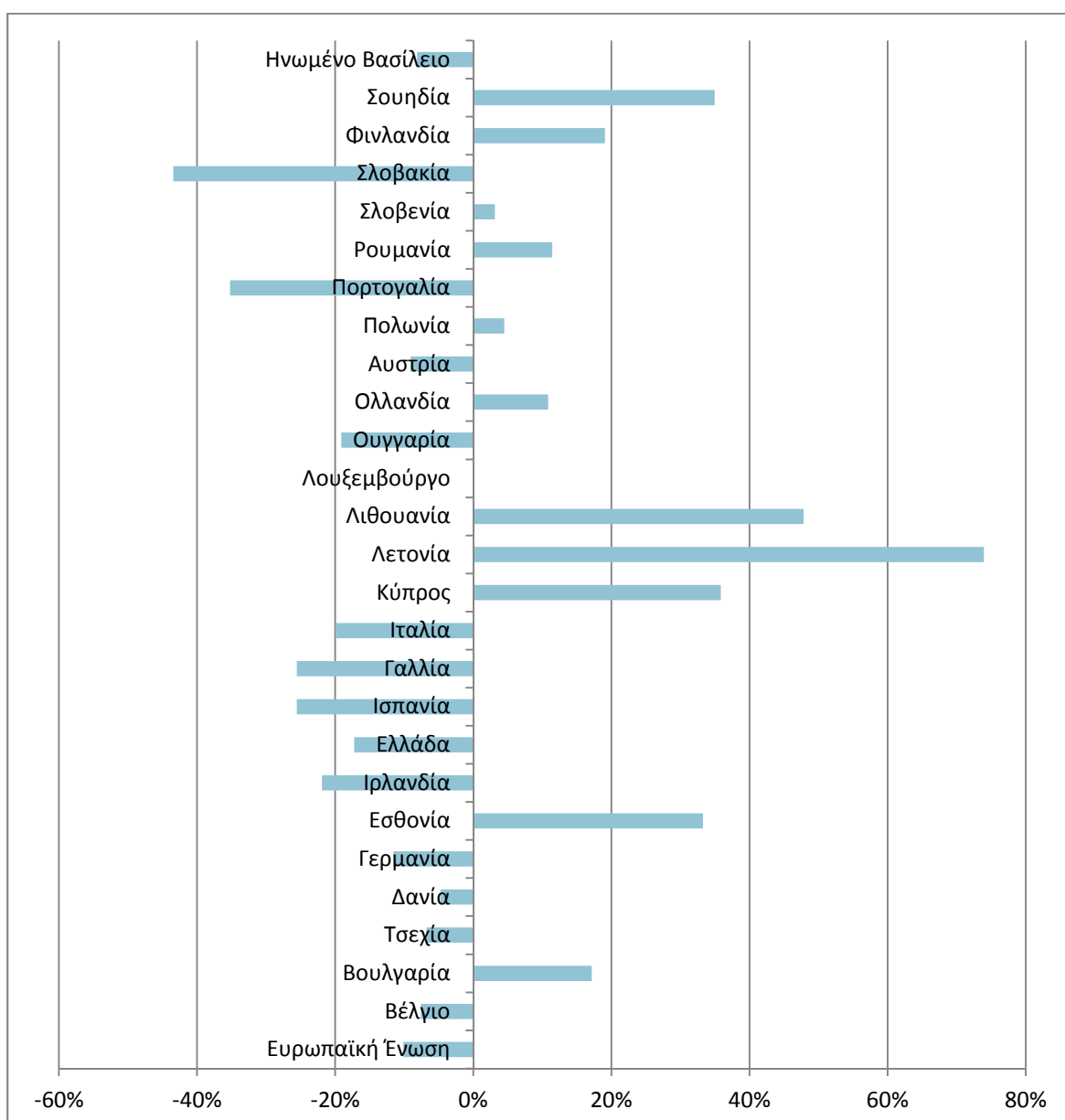
Παραδοχές

- Λόγω πολύ μικρής διαφοράς του συντελεστή εκπομπής σε κάθε έτος θεωρήθηκε σταθερός και ίσος με τον μέσο όρο όλων των ετών, οπότε δεν συμμετέχει στο μοντέλο αποδόμησης.
- Ο συντελεστής εκπομπής για την πυρηνική ενέργεια και τις ΑΠΕ είναι ίσος με μηδέν.
- Ο συντελεστής εκπομπής για τη βιοενέργεια θεωρείται ίσος με μηδέν παρόλο που μαζί με τη βιομάζα χρησιμοποιούνται και καύσιμα με μη μηδενικό συντελεστή εκπομπής.

6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ

6.1. Υπολογισμός Εκπομπών CO₂

Με βάση την εξίσωση 4-1 και τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 5 υπολογίστηκαν οι εκπομπές CO₂ για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και παρατίθενται στον Πίνακα 13 στο Παράρτημα «Α». Στο Διάγραμμα 6-1 παρουσιάζεται η ποσοστιαία μεταβολή στις εκπομπές CO₂ μεταξύ του έτους 2001 και 2010.

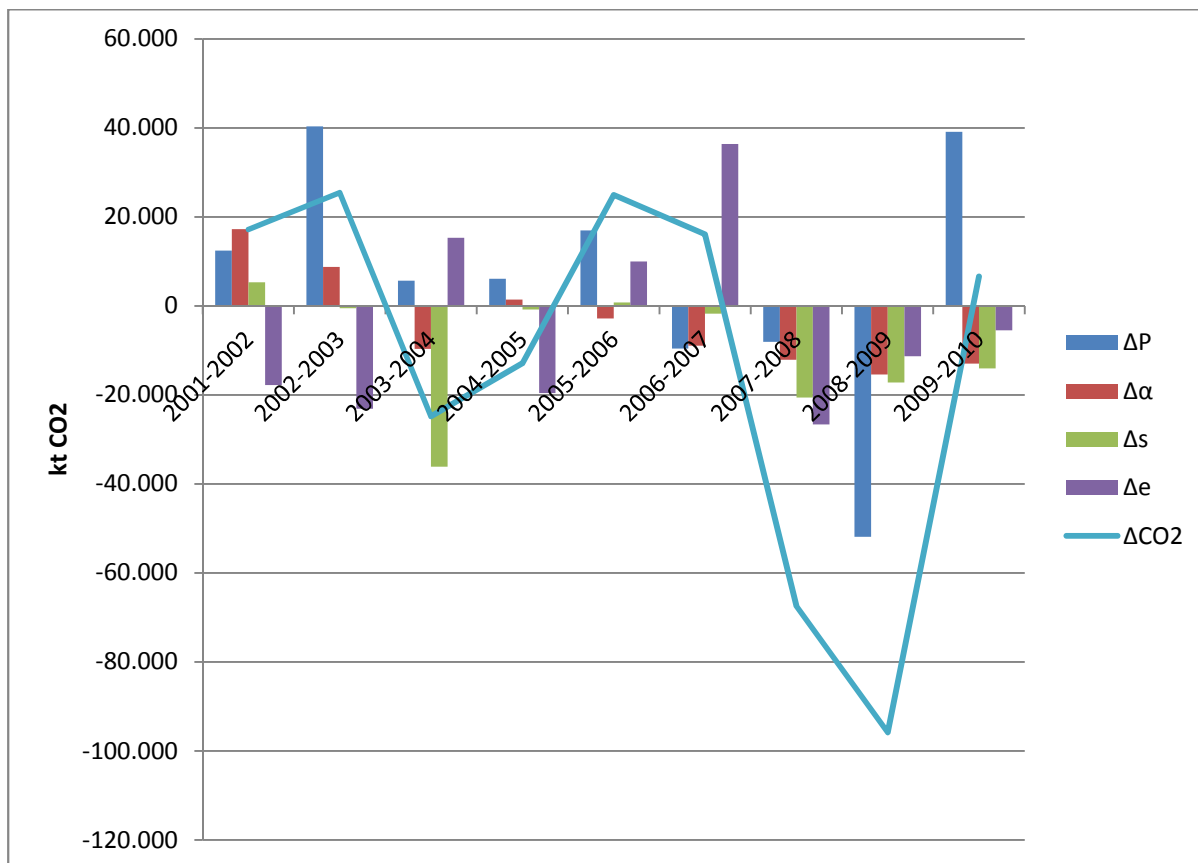


Διάγραμμα 6-1: Μεταβολή εκπομπών CO₂ από την Ηλεκτροπαραγωγή μεταξύ 2001 και 2010.

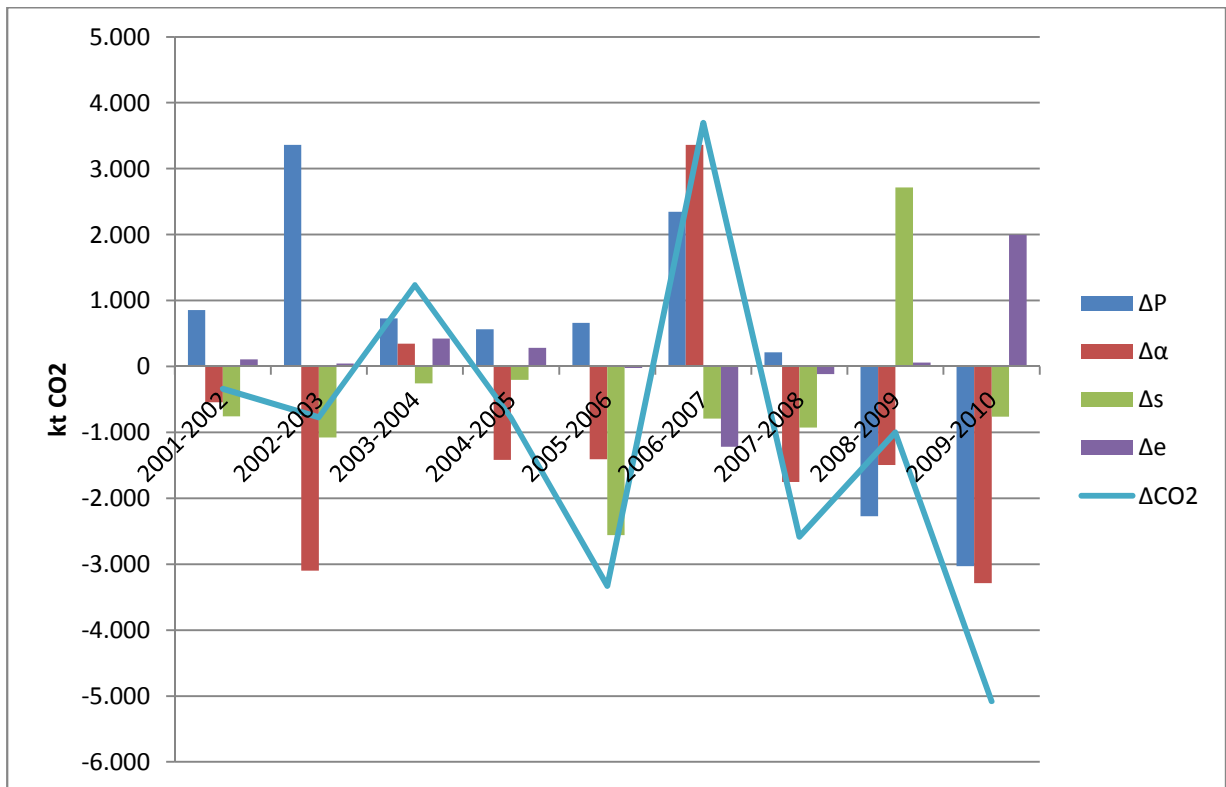
Από το Διάγραμμα 6-1 φαίνεται ότι στο σύνολο της η ΕΕ μείωσε τις εκπομπές CO₂ κατά 10% κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Παρατηρείται ότι οι ανεπτυγμένες χώρες (Βέλγιο, Δανία, Γερμανία, Ιρλανδία, Ελλάδα, Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Κύπρος, Ολλανδία, Αυστρία, Πορτογαλία, Φινλανδία, Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο) έχουν μειώσει τις εκπομπές από το 2001 εκτός από την Κύπρο, την Ολλανδία και τη Φινλανδία όπου οι εκπομπές αυξήθηκαν κατά 36%, 11% και 19% αντίστοιχα. Οι λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες (Βουλγαρία, Τσεχία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ουγγαρία, Πολωνία, Ρουμανία, Σλοβενία, Σλοβακία), κυρίως χώρες της Ανατολικής Ευρώπης και νεότερα μέλη της ΕΕ αυξάνουν τις εκπομπές εκτός από την Τσεχία, την Ουγγαρία και τη Σλοβακία όπου μείωσαν τις εκπομπές τους κατά 7%, 19% και 43% αντίστοιχα. Γενικά, η Σλοβακία έχει πετύχει τη μεγαλύτερη μείωση κατά 43% και η Λετονία τη μεγαλύτερη αύξηση με 74%. Το Λουξεμβούργο παρουσιάζει μηδενική μεταβολή στις εκπομπές CO₂, αφού ουσιαστικά οι εκπομπές CO₂ είναι μηδενικές λόγω του ότι χρησιμοποιεί σχεδόν αποκλειστικά ΑΠΕ.

6.2. Προσδιοριστικοί Παράγοντες

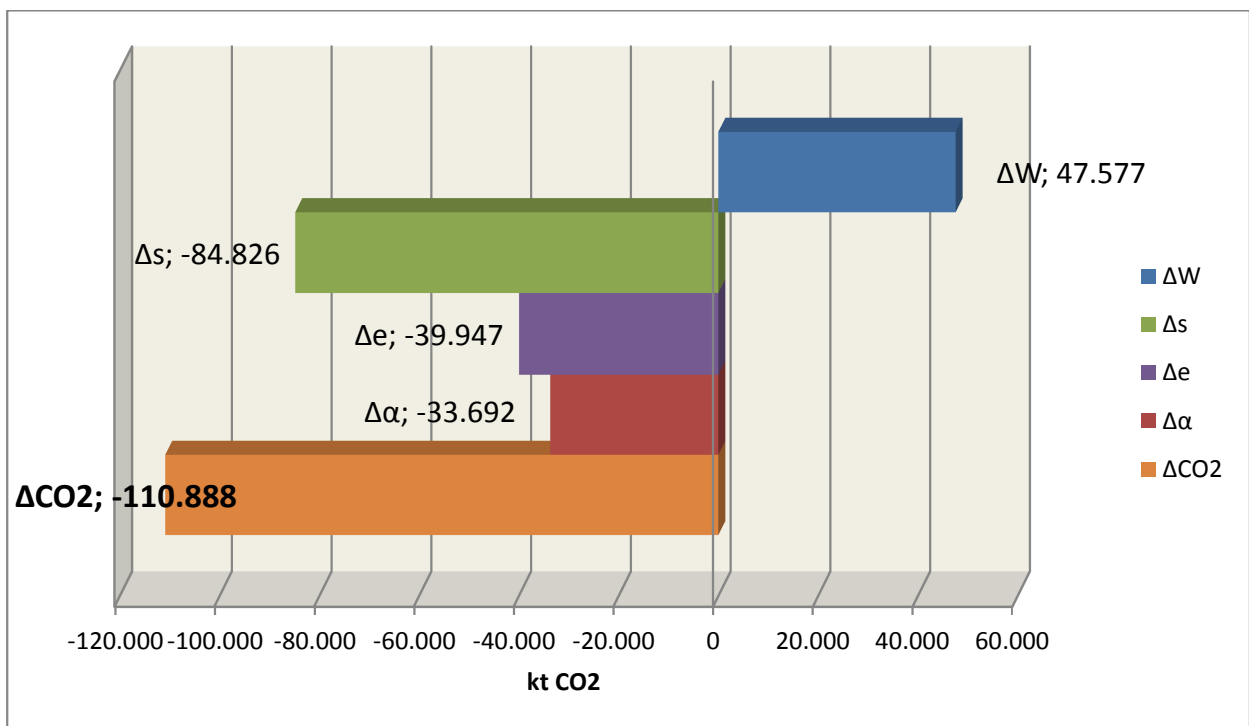
Η μεταβολή των εκπομπών CO₂ από την ηλεκτροπαραγωγή και η επίδραση των προσδιοριστικών παραγόντων, τόσο ανεξάρτητα όσο και συνδυασμένα για την ΕΕ και για την Ελλάδα παρατίθενται στα παρακάτω Διαγράμματα. Αναλυτικά η συνεισφορά κάθε παράγοντα για όλες τις χώρες παρουσιάζεται στους Πίνακες 14 - 18 στο Παράρτημα «Α».



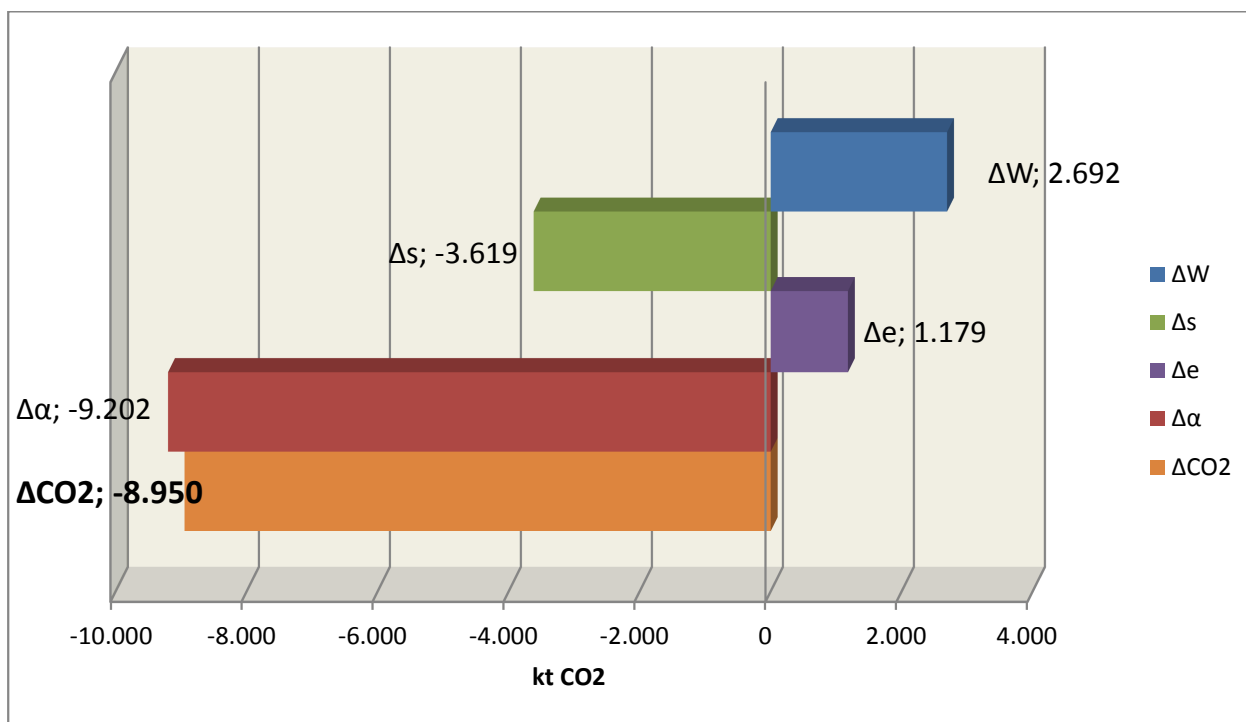
Διάγραμμα 6-2: Συνεισφορά προσδιοριστικών παραγόντων στις εκπομπές CO₂ στην Ε.Ε.



Διάγραμμα 6-3: Συνεισφορά προσδιοριστικών παραγόντων στις εκπομπές CO₂ στην Ελλάδα.

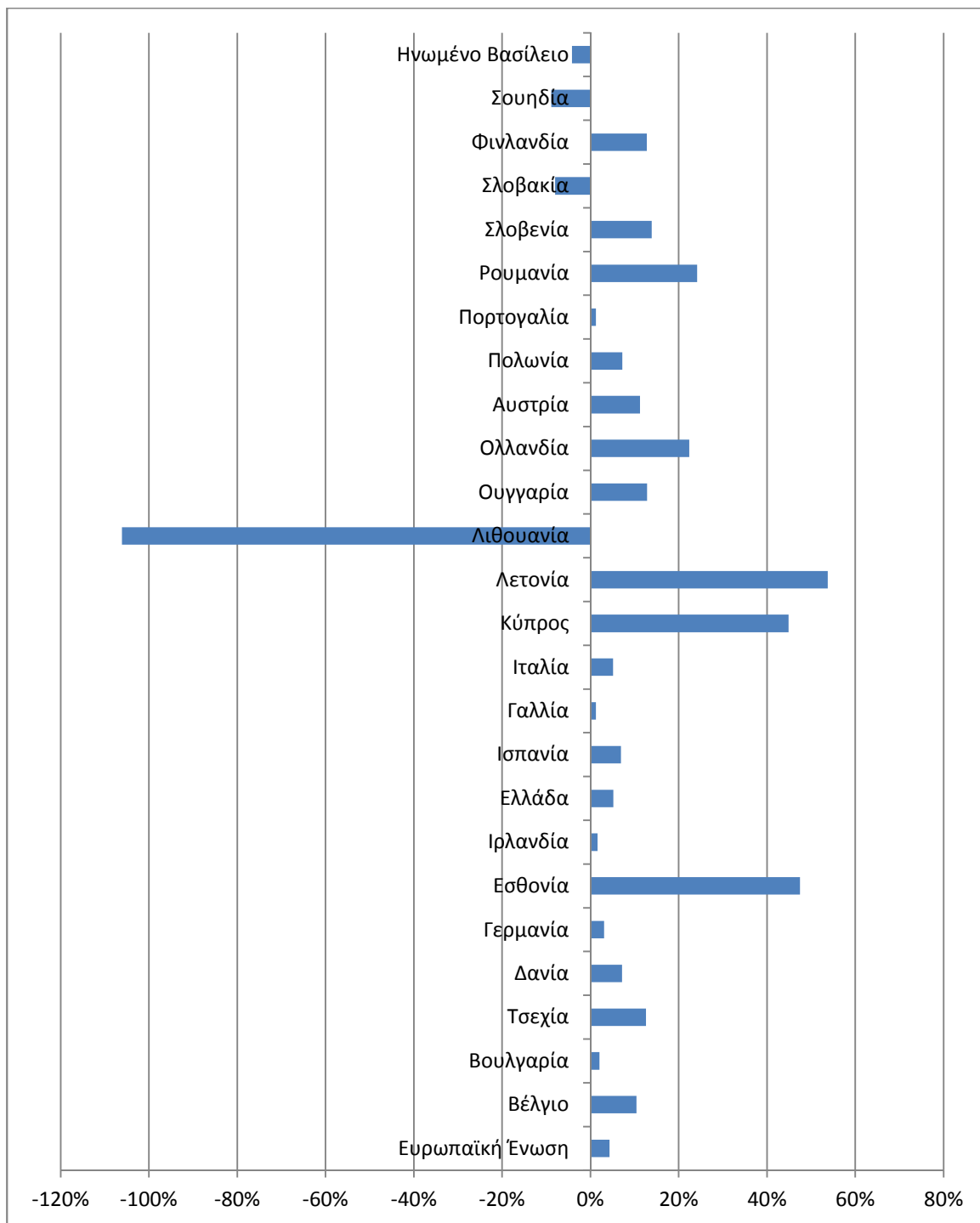


Διάγραμμα 6-4: Συνολική επίδραση προσδιοριστικών παραγόντων για την περίοδο 2001-2010 στην ΕΕ.

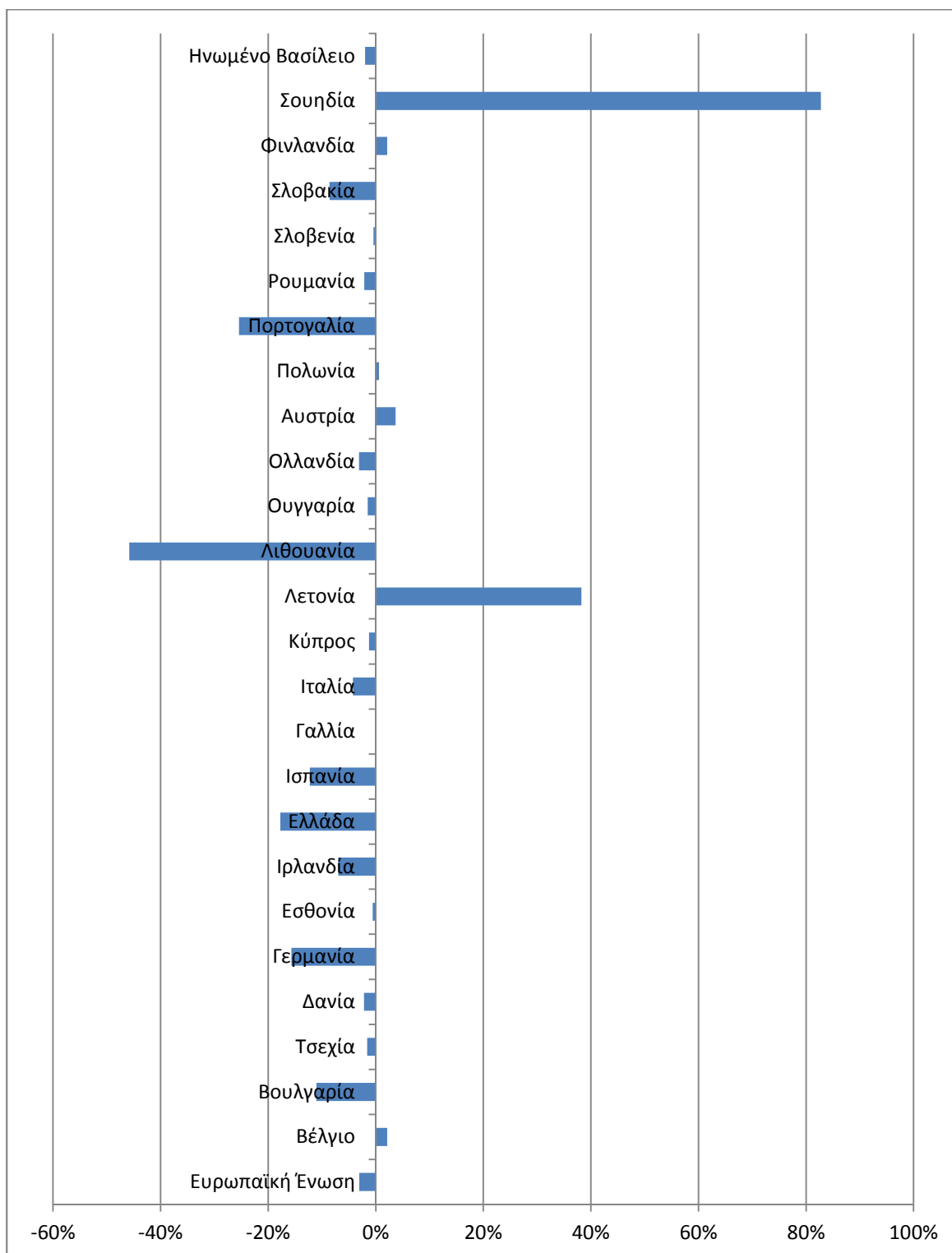


Διάγραμμα 6-5: Συνολική επίδραση προσδιοριστικών παραγόντων για την περίοδο 2001-2010 στην Ελλάδα.

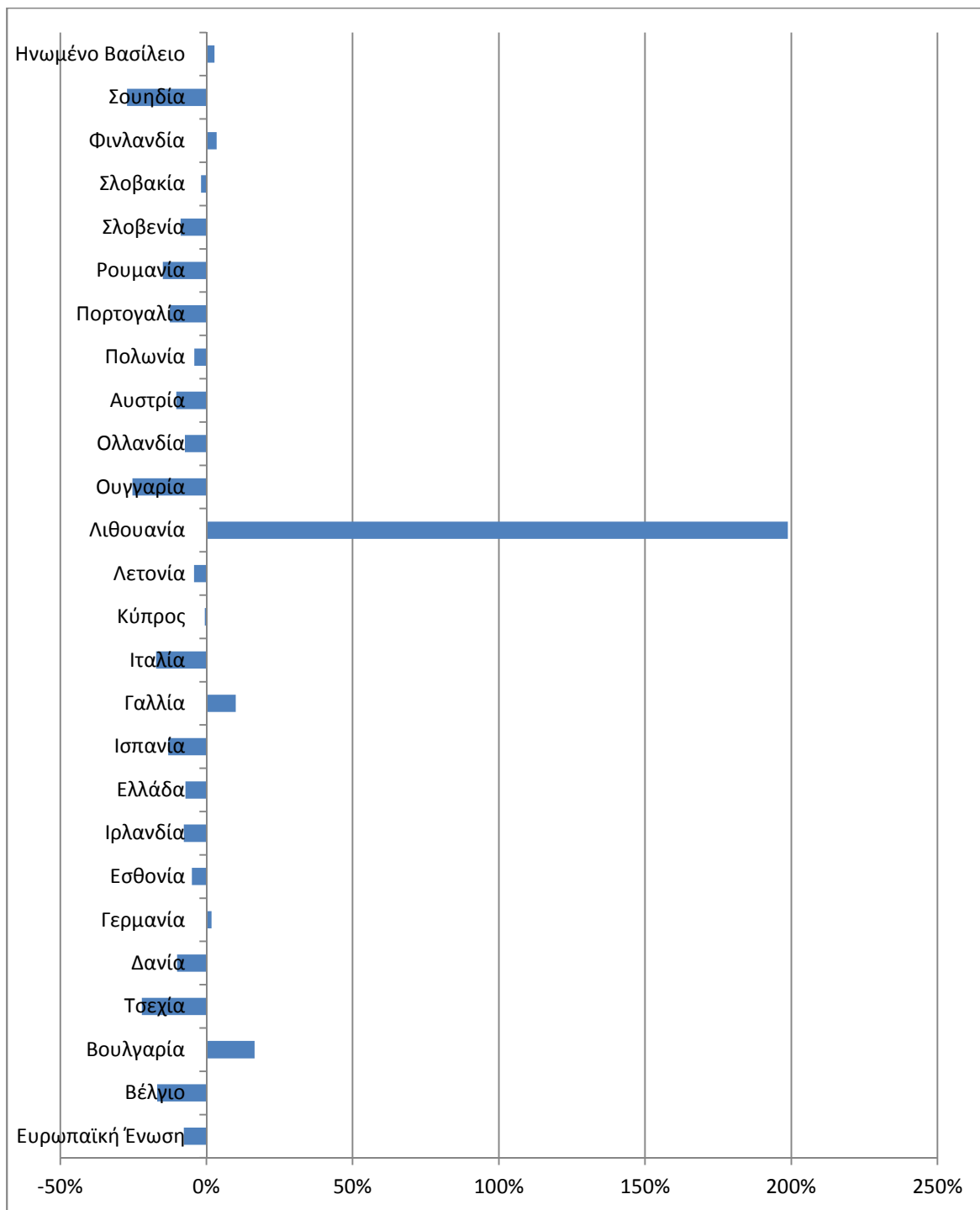
Από τα Διαγράμματα 6-2 και 6-3 φαίνεται ότι για κάθε χρόνο ο καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει τις εκπομπές CO₂ είναι διαφορετικός. Συνολικά όμως από τα Διαγράμματα 6-4 και 6-5 προκύπτει ότι τη μεγαλύτερη συμβολή στην μεταβολή των εκπομπών CO₂ στην ΕΕ είχε η μεταβολή στη διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής ενώ στην Ελλάδα η μεταβολή στον δείκτη τεχνολογίας παραγωγής.



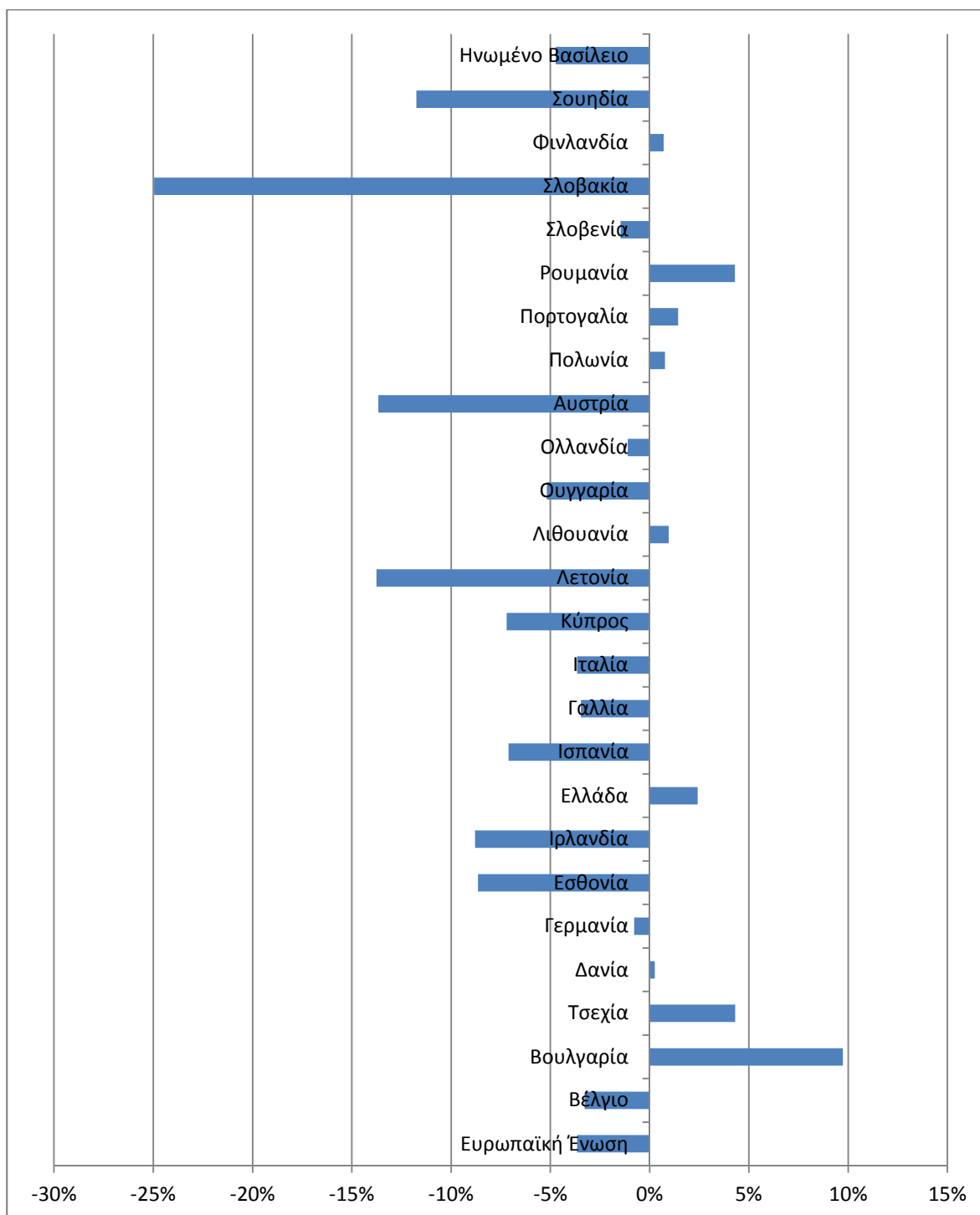
Διάγραμμα 6-6: Επίδραση μεταβολής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από 2001-2010 ως προς τις εκπομπές CO₂ του 2001.



Διάγραμμα 6-7: Επίδραση μεταβολής τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από 2001-2010 ως προς τις εκπομπές CO₂ του 2001.



Διάγραμμα 6-8: Επίδραση μεταβολής διάρθρωσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από 2001-2010 ως προς τις εκπομπές CO₂ του 2001.



Διάγραμμα 6-9: Επίδραση μεταβολής ειδικής ενεργειακής από 2001-2010 ως προς τις εκπομπές CO₂ του 2001.

Από τα διαγράμματα 6-6 μέχρι 6-9 φαίνεται πως επιδρούν οι προσδιοριστικοί παράγοντες από το 2001 μέχρι το 2010 ως προς τις εκπομπές CO₂ του 2001. Όσον αφορά τον παράγοντα ΔΡ ακολουθεί την μεταβολή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η πιο σημαντική επίδραση του παράγοντα αυτού παρατηρείται στη Λιθουανία όπου προκαλεί μείωση κατά

106%. Ακολουθούν η Σουηδία, η Σλοβακία και το Ηνωμένο Βασίλειο με 9%, 8% και 4% αντίστοιχα. Από την άλλη, η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται στην Λετονία με 54% και ακολουθεί η Εσθονία με 47%, η Κύπρος με 45%, η Ρουμανία με 24% και η Ολλανδία με 22%. Η Σλοβενία, η Ουγγαρία, η Αυστρία, η Τσεχία και το Βέλγιο παρουσιάζουν αύξηση περίπου 10% και οι υπόλοιπες χώρες μικρότερη από 10%.

Ο δείκτης τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προκαλεί σημαντική αύξηση στη Σουηδία και τη Λετονία με 83% και 38% αντίστοιχα. Η μεγάλη αύξηση στη Σουηδία προκύπτει από την μείωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με συμβατικές τεχνολογίες όπου χρησιμοποιούσε πυρηνική ενέργεια με μηδενικές εκπομπές και στην αύξηση της παραγωγής από ΣΗΘ με χρήση ορυκτών καυσίμων. Η Λετονία μείωσε την παραγωγή από ΑΠΕ και αύξησε την ΣΗΘ. Η μεγαλύτερη μείωση είναι στη Λιθουανία με 46% και ακολουθεί η Πορτογαλία, η Ελλάδα, η Γερμανία, η Ισπανία και η Βουλγαρία με 25%, 18%, 16%, 12% και 11% αντίστοιχα. Η Λιθουανία αύξησε σημαντικά την παραγωγή από ΑΠΕ μειώνοντας την ΣΗΘ, η Πορτογαλία, η Ελλάδα και η Γερμανία μείωσαν την συμβατική παραγωγή αυξάνοντας την παραγωγή από ΑΠΕ και ΣΗΘ, ενώ η Ισπανία και η Βουλγαρία μείωσαν την συμβατική παραγωγή αυξάνοντας τη χρήση ΑΠΕ. Στις υπόλοιπες χώρες της ΕΕ ο δείκτης τεχνολογίας προκαλεί μεταβολές περίπου 10%.

Όσον αφορά τη μεταβολή στη διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής, προκαλεί τη μεγαλύτερη αύξηση στην Λιθουανία με 199% και ακολουθεί η Βουλγαρία με 16%. Η Λιθουανία μείωσε τη χρήση πυρηνικής ενέργειας στην ΣΗΘ και αύξησε τη χρήση φυσικού αερίου και η Βουλγαρία αύξησε τη χρήση λιγνίτη στη συμβατική παραγωγή μειώνοντας την πυρηνική ενέργεια. Η μεγαλύτερη μείωση προκύπτει στη Σουηδία, στην Ουγγαρία, στην Τσεχία, στο Βέλγιο και τη Ρουμανία με 27%, 25%, 22%, 17% και 15% αντίστοιχα. Η Σουηδία μείωσε τη χρήση άνθρακα και μαζούτ στη ΣΗΘ αυξάνοντας τη χρήση φυσικού αερίου και βιοενέργειας. Η Ουγγαρία μείωσε τη χρήση λιγνίτη αυξάνοντας τη χρήση φυσικού αερίου και βιοενέργειας. Η Τσεχία μείωσε τη χρήση λιγνίτη αυξάνοντας τη χρήση πυρηνικής ενέργειας. Το Βέλγιο μείωσε τη χρήση άνθρακα αυξάνοντας τη χρήση φυσικού αερίου και πυρηνικής ενέργειας στη συμβατική παραγωγή και αύξησε τη χρήση βιοενέργειας στην ΣΗΘ. Η Ρουμανία μείωσε τη χρήση λιγνίτη αυξάνοντας την παραγωγή από πυρηνική ενέργεια και φυσικό αέριο. Οι υπόλοιπες χώρες της ΕΕ παρουσιάζουν μεταβολές μικρότερες από 10% από την επίδραση της μεταβολής της διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής.

Τέλος, η μεταβολή στην ειδική ενεργειακή κατανάλωση προκαλεί τη μεγαλύτερη αύξηση στις εκπομπές στη Βουλγαρία με 10% και τη μεγαλύτερη μείωση στην Σλοβακία με 25%. Ακολουθεί η Αυστρία και η Λετονία με 14% και η Σουηδία με 12%. Οι υπόλοιπες χώρες έχουν μεταβολή μικρότερη από 10%.

Γενικά, παρατηρείται ότι στις ανεπτυγμένες χώρες ο κύριος παράγοντας αύξησης των εκπομπών είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μόνες εξαιρέσεις είναι η Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο όπου ο κύριος παράγοντας αύξησης είναι η τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής αντίστοιχα καθώς είναι οι μόνες από τις ανεπτυγμένες χώρες που έχουν μειώσει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά 9% και 4% αντίστοιχα. Η Κύπρος παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αύξηση στις ανεπτυγμένες χώρες από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αφού η επίδραση αυτού του παράγοντα ανέρχεται στο 45% καθώς η χώρα αύξησε την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά 49% λόγω της έντονης οικονομικής ανάπτυξης που παρουσίασε τη δεκαετία 2001 – 2010. Όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών στις περισσότερες από τις ανεπτυγμένες χώρες οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αλλαγή στη διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής, σε κάποιες στην αλλαγή τεχνολογίας ηλεκτροπαραγωγής και σε μερικές στην μεταβολή της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης. Οι ανεπτυγμένες χώρες παρουσίασαν μεγαλύτερη στροφή σε καθαρότερα καύσιμα όπως η πυρηνική ενέργεια, το φυσικό αέριο και η βιοενέργεια καθώς αύξησαν και τη χρήση ΣΗΘ και παραγωγής από ΑΠΕ. Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει η Φινλανδία όπου όλοι οι παράγοντες προκαλούν αύξηση των εκπομπών.

Στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, ο κύριος παράγοντας που προκαλεί αύξηση στις εκπομπές είναι επίσης η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με εξαίρεση την Βουλγαρία και τη Λιθουανία όπου ο κύριος παράγοντας αύξησης των εκπομπών είναι η μεταβολή στην διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής. Γενικά, οι μη ανεπτυγμένες χώρες αυξάνουν αρκετά την ηλεκτροπαραγωγή στην προσπάθεια τους να αναπτυχθούν. Η μεγαλύτερη επίδραση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι στην Εσθονία και τη Λετονία με 47% και 54% αφού η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε κατά 51% και 55% αντίστοιχα σημάδι της ανάκαμψης των χωρών από την κρίση της δεκαετία του 1990 με την πτώση της πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Η Λετονία αύξησε την ΣΗΘ μειώνοντας τις ΑΠΕ και η Εσθονία ακολούθησε το αντίθετο. Τη μεγαλύτερη μείωση στις εκπομπές την προκαλεί στις περισσότερες από αυτές τις χώρες η μεταβολή της διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής και σε κάποιες η μεταβολή της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η Λιθουανία και η Βουλγαρία

είναι οι μόνες όπου τη μεγαλύτερη μείωση την προκαλεί η αλλαγή της τεχνολογίας παραγωγής κατά 46% και 11% αντίστοιχα λόγω της μεγάλης στροφής τους προς τις ΑΠΕ. Στη Λιθουανία η μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά 58% ήταν η μεγαλύτερη στην ΕΕ ενώ οι εκπομπές CO₂ αυξήθηκαν κατά 48% με την επίδραση του παράγοντα διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής να φθάνει στο 199% λόγω της μετάβασης από πυρηνική ενέργεια σε φυσικό αέριο.

Συνολικά, για την ΕΕ την περίοδο 2001 – 2010:

- Η παραγωγική δραστηριότητα αυξήθηκε κατά 5% και αυτό θα προκαλούσε, αύξηση των εκπομπών CO₂ κατά 47,577 kt.
- Η διάρθρωση της παραγωγής άλλαξε με την αύξηση χρήσης καυσίμων με χαμηλότερο συντελεστή εκπομπής CO₂ και αυτό θα οδηγούσε σε μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 84,826.
- Η βελτίωση της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης των καυσίμων στην ΕΕ θα προκαλούσε μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 39,947 kt.
- Η αλλαγή της τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μεγαλύτερη χρήση ΣΗΘ και παραγωγής από ΑΠΕ θα μείωνε τις εκπομπές CO₂ κατά 33,692 kt.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη αυτή για τους προσδιοριστικούς παράγοντες που επηρεάζουν τις εκπομπές CO₂ στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής στην ΕΕ προκύπτει ότι οι παράγοντες που έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση είναι η διάρθρωση της παραγωγής και το επίπεδο παραγωγής. Γενικά στην Ευρώπη την περίοδο 2001 – 2010 οι εκπομπές CO₂ από την ηλεκτροπαραγωγή μειώθηκαν κατά 10%. Οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν μειώσει τις εκπομπές από το 2001 εκτός από την Κύπρο, την Ολλανδία και τη Φινλανδία ενώ οι λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες αυξάνουν τις εκπομπές, εκτός από την Τσεχία, την Ουγγαρία και τη Σλοβακία όπου κατάφεραν και τις μείωσαν. Τη μεγαλύτερη αύξηση στις εκπομπές παρουσίασε η Λετονία με 74% και τη μεγαλύτερη μείωση η Σλοβακία με 48%.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ αυξήθηκε κατά 5% επηρεάζοντας τις εκπομπές CO₂ κατά 4% σε σχέση με τα επίπεδα του 2001. Η αλλαγή στη διάρθρωση της παραγωγής επηρεάζει θετικά τις εκπομπές οδηγώντας σε μείωση κατά 8% λόγω της μεγάλης αύξησης χρήσης φυσικού αερίου μειώνοντας τη χρήση των άλλων ορυκτών καυσίμων. Η αλλαγή στην τεχνολογία παραγωγής ενέργειας προκαλεί μείωση στις εκπομπές κατά 3% λόγω της αύξησης παραγωγής από ΑΠΕ και ΣΗΘ. Η μεταβολή στην ειδική ενεργειακή κατανάλωση των καυσίμων συμβάλει σε μείωση των εκπομπών κατά 4% λόγω της βελτίωσης στα ορυκτά καύσιμα στην συμβατική παραγωγή που βασίζεται κυρίως η ΕΕ.

Όσον αφορά την επίδραση των προσδιοριστικών παραγόντων σε κάθε χώρα της ΕΕ προκύπτει ότι στις ανεπτυγμένες χώρες ο κύριος παράγοντας αύξησης των εκπομπών είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με εξαιρέσεις τη Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο όπου ο κύριος παράγοντας αύξησης είναι η τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής. Η μείωση των εκπομπών στις περισσότερες από τις ανεπτυγμένες χώρες οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αλλαγή της διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής, σε κάποιες στην αλλαγή τεχνολογίας ηλεκτροπαραγωγής και σε μερικές στην μεταβολή της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης. Οι ανεπτυγμένες χώρες παρουσίασαν μεγαλύτερη στροφή σε καθαρότερα καύσιμα όπως η πυρηνική ενέργεια, το φυσικό αέριο και η βιοενέργεια καθώς αύξησαν και τη χρήση ΣΗΘ και παραγωγής από ΑΠΕ.

Στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, ισχύει το ίδιο για την αύξηση των εκπομπών με τον κύριο παράγοντα που προκαλεί αύξηση να είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με εξαίρεση την Βουλγαρία και τη Λιθουανία όπου ο κύριος παράγοντας αύξησης των εκπομπών είναι η μεταβολή στην διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής. Τη μεγαλύτερη μείωση στις εκπομπές την προκαλεί στις περισσότερες από αυτές τις χώρες η μεταβολή της διάρθρωσης της ηλεκτροπαραγωγής και σε κάποιες η μεταβολή της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης, ενώ η Λιθουανία και η Βουλγαρία είναι οι μόνες όπου τη μεγαλύτερη μείωση την προκαλεί η αλλαγή της τεχνολογίας παραγωγής.

Γενικά, η βελτίωση της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης των καυσίμων και η αλλαγή τεχνολογίας με αύξηση της ΣΗΘ και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ συμβάλλουν θετικά στη μείωση των εκπομπών, όμως η αύξηση του επιπέδου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προκαλεί την αύξηση των εκπομπών CO₂. Η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής με αύξηση της χρήσης καυσίμων με χαμηλό συντελεστή εκπομπής CO₂ (π.χ. φυσικό αέριο) και η βελτίωση της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης συμβάλλουν θετικά στη μείωση των εκπομπών CO₂.

Η μείωση των εκπομπών CO₂ είναι ένα πολύ σοβαρό ζήτημα για τον πλανήτη και η μελέτη αυτών των παραγόντων βοηθά στο να προσδιοριστούν τρόποι για περαιτέρω μείωση των εκπομπών. Παρ' όλα αυτά μπορούν να γίνουν και άλλες ενέργειες όπως:

- Μεγαλύτερη χρήση των ΑΠΕ με έργα μεγάλης κλίμακας.
- Να εφαρμοστούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας για να μειωθεί η τάση αύξησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Καλύτερη αξιοποίηση της ΣΗΘ αφού έχει καλύτερη απόδοση από τη συμβατική τεχνολογία.
- Περισσότερη χρήση καυσίμων με χαμηλό συντελεστή εκπομπής CO₂ (π.χ. φυσικό αέριο).
- Αύξηση της ενεργειακής απόδοσης, κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις.
- Χρήση νέων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας όπως τα έξυπνα δίκτυα για τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας και τα έξυπνα συστήματα στον κτηριακό τομέα για βελτιστοποίηση της διαχείρισης ενέργειας.
- Ανάπτυξη τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Όξενκιουν, Μ.** *Περιβάλλον - Ατμοσφαιρική Ρυπανση*. Αθήνα : ΕΜΠ, 2010.
2. **Metz B., Davidson O. P., Bosch P. R., Dave R., Meyer L. A.** *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. s.l. : Cambridge University Press, 2007.
3. *Eurostat*. [Online] 2012. <http://www.epp.eurostat.ec.europa.eu>.
4. *Πρωτόκολλο του Κιότο στη σύμβαση - πλαίσιο των ΗΕ για την αλλαγή του κλίματος*.
5. *Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής*. [Ηλεκτρονικό] 2012. <http://www.ypeka.gr>.
6. **Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ελληνική Δημοκρατία ΥΠΕΧΩΔΕ.** *Η Οδηγία 96/61ΕΚ για την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης (IPPC) και οι ελληνικές προτάσεις για τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές παράγωγης ηλεκτρικού ρεύματος*. 2001.
7. *Περιβάλλον & Διαχείριση Ενέργειας*. [Ηλεκτρονικό] <http://www.allaboutenergy.gr>.
8. **Ασημακόπουλος Δ., Αραμπατζής Γ.** *Ενεργειακή Ανάλυση Βιομηχανικών Συστημάτων*. Αθήνα : ΕΜΠ, 2010.
9. **Διακουλάκη Δ., Μανδαράκα Μ., Γαλιάτσος Ν.** *Η συμβολή της ελληνικής βιομηχανίας στην κάλυψη των περιβαλλοντικών υποχρεώσεων του Πρωτοκόλλου του Κιότο*.
10. **Liaskas K., Mavrotas G., Mandaraka M., Diakoulaki D.** Decomposition analysis of industrial CO₂ emissions: The case of European Union. *Energy Economics*. 2000, Vol. 22.
11. **Diakoukali D., Mavrotas G., Orkopoulos D., Papayiannakis L.** A bottom-up decomposition analysis of energy related CO₂ emissions in Greece. *Energy*. 2006, Vol. 31.
12. **Park, Se-Hark.** Decomposition of industrial energy consumption: an alternative method. *Energy Economics*. 1992, Vol. 14.
13. **Reiter W., Rudolph M., Schaefer H.** Analysis of the factors influencing energy consumption in industry - a revised method. *Energy Economics*. 1987, Vol. 9.
14. **Boyd, G., Hanson, D. and Sterner, T.** Decomposition of changes in energy intensity: a comparison of the Divisia index and other methods. *Energy Economics*. 1988, Vol. 10.
15. **Howarth R.B., Schipper L., Duerr P.A, Strom S.** Manufacturing energy use in eight OECD countries: decomposing the impacts of changes in output, industry structure and energy intensity. *Energy Economics*. 1991, Vol. 13.
16. **Sun, W. J.** Changes in energy consumption and energy intensity: complete decomposition model. *Energy Economics*. 1998, Vol. 20.

17. **Ang, B.W and Choi, K. H.** Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia Index method. *The Energy Journal*. 1997.
18. **Ang, B. W. and Liu, F. L.** A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation. *Energy*. 2001, Vol. 26.
19. **Albrecht, J., Francois, D. and Schoors, K.** A Shapley decomposition of carbon dioxide without residuals. *Energy Policy*. 2002, Vol. 30.
20. **Ang B.W., Zhang F.Q.** A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. *Energy*. 2000.
21. **Ang, B. W., Liu, F. L. and Chew, E. P.** Perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis. *Energy Policy*. 2003, Vol. 31.
22. **Ang, B. W.** Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy*. 2004, Vol. 32.
23. **Shrestha Ram M., Timilsina Govinda R.** Factors affecting CO₂ intensities of power sector in Asia: A Divisia decomposition analysis. *Energy Economics*. 1996, Vol. 18.
24. **Ang, B. W. and Choi, Ki-Hong.** Boundary problem in carbon emission decomposition. *Energy Policy*. 2002, Vol. 30.
25. **Steenhof, Paul A.** Decomposition for emission baseline setting in China's electricity sector. *Energy Policy*. 2007, Vol. 35.
26. **Malla, S.** CO₂ emissions from electricity generation in seven Asia-Pacific and North American countries: A decomposition analysis. *Energy Policy*. 2009, Vol. 37.
27. **Shrestha Ram M., Anandarajah Gabriel, Liyanage Migara H.** Factors affecting CO₂ emission from the power sector of selected countries in Asia and the Pacific. *Energy Policy*. 2009, Vol. 37.
28. **Steenhof Paul A., Weber ChrisJ.** An assessment of factors impacting Canada's electricity sector's GHG emissions. *Energy Policy*. 2011, Vol. 39.
29. **Ang, B. W., Zhang, F. Q. and Choi, Ki-Hong.** Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition. *Energy*. 1998.
30. **Ang, B. W. and Liu, N.** Handling zero values in the logarithmic mean Divisia index decomposition approach. *Energy Policy*. 2005, Vol. 35.
31. **Herold, A.** *Comparison of CO₂ emission factors for fuels used in Greenhouse Gas Inventories and consequences for monitoring and reporting under the EC emissions trading scheme.* s.l. : European Topic Centre on Air and Climate Change, 2003.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Α»

ΠΙΝΑΚΕΣ

Τομέας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Ενέργειακός τομέας	3,984,313	4,071,116	4,042,861	4,115,526	4,113,326	4,084,541	4,073,369	4,010,432	3,934,097	3,659,751
Βιομηχανικές Διεργασίες	391,179	376,906	372,269	384,982	398,305	402,769	399,558	410,610	386,775	320,760
Διαλύτες και άλλη χρήση προϊόντων	13,793	13,653	13,236	12,724	12,691	12,780	12,839	12,502	12,011	11,442
Γεωργία	514,738	507,377	502,899	496,001	494,700	489,978	486,591	485,482	486,809	476,042
Απόβλητα	181,798	176,077	173,654	168,163	162,184	158,686	156,534	152,302	149,360	146,531
Σύνολο	5,085,820	5,145,129	5,104,918	5,177,396	5,181,206	5,148,753	5,128,892	5,071,328	4,969,052	4,614,526

Πίνακας 1: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα στην ΕΕ 27 (χιλ. τόνοι CO₂(eq)).

Χώρα/Έτος	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ΕΕ (27)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΕΕ (15)	100	100	98	97	96	97	99	98	98	97	97	98	98	99	99	98	97	96	94	87
Βέλγιο	98	100	98	98	102	103	106	100	104	99	100	99	99	100	101	98	95	91	93	85
Βουλγαρία	84	67	63	61	60	61	61	58	54	48	48	50	48	52	51	51	51	54	52	45
Τσεχία	101	94	85	82	77	79	83	79	75	73	76	77	75	74	75	74	75	76	73	68
Δανία	98	113	105	108	114	109	128	114	108	104	98	100	99	106	98	92	103	97	92	88
Γερμανία	101	98	93	93	91	91	92	90	87	85	85	86	84	84	83	81	81	80	80	75
Εσθονία	96	89	65	50	52	48	49	48	45	42	42	43	41	46	47	45	44	51	47	40
Ιρλανδία	99	100	100	101	103	105	109	111	117	119	122	125	122	122	122	124	124	122	122	112
Ελλάδα	98	97	98	98	100	102	105	109	114	114	118	119	119	122	123	126	122	125	120	115
Ισπανία	98	100	103	99	105	109	106	113	117	126	131	131	137	139	145	150	147	151	140	127
Γαλλία	100	104	102	98	97	99	102	101	104	101	101	101	100	100	100	101	98	97	96	92
Ιταλία	100	101	100	99	97	103	101	102	105	106	107	108	108	111	112	111	109	107	105	95
Κύπρος	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λετονία	103	95	77	62	54	49	49	47	45	42	40	42	42	43	44	44	46	48	46	41
Λιθουανία	100	103	61	49	46	44	47	46	48	42	39	41	42	42	44	46	47	51	49	44
Λουξεμβούργο	97	102	100	101	94	77	77	72	65	68	74	78	84	87	98	100	99	94	93	89
Ουγγαρία	84	77	69	70	69	68	70	68	68	68	66	68	66	69	68	69	67	65	63	58
Ολλανδία	99	102	101	103	103	105	109	105	106	100	100	101	101	101	102	99	97	96	96	93
Αυστρία	99	104	96	96	97	101	105	104	104	102	102	107	109	116	115	118	114	111	110	101
Πολωνία	80	79	77	78	77	78	80	79	73	71	69	69	66	68	68	69	71	71	70	67
Πορτογαλία	99	102	109	106	109	116	112	117	125	138	135	137	144	136	140	143	135	132	130	124
Ρουμανία	90	72	67	67	65	68	70	63	57	51	51	53	56	58	58	56	58	56	55	47
Σλοβενία	91	85	85	86	86	91	94	96	94	91	92	97	98	96	98	99	100	101	105	95
Σλοβακία	103	92	85	78	75	74	72	70	71	70	68	70	69	71	70	70	69	66	67	60
Φινλανδία	99	96	94	97	105	100	108	106	101	100	97	105	108	119	113	96	112	110	99	93
Σουηδία	100	101	101	100	104	103	108	102	102	98	95	96	98	98	98	94	93	91	88	83
Ηνωμένο Βασίλειο	100	101	97	94	93	91	94	91	90	86	86	87	84	85	84	84	83	82	80	73

Πίνακας 2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με το έτος βάσης του πρωτοκόλλου του Κιότο. Δείκτης έτους βάσης του πρωτοκόλλου του Κιότο=100.

Χώρα/Έτος	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	3,437,833	3,476,864	3,604,189	3,622,379	3,642,516	3,698,708	3,667,474	3,640,684	3,460,323	3,601,540
Βέλγιο	86,644	89,312	92,216	92,457	93,209	90,096	93,323	88,708	95,334	97,128
Βουλγαρία	46,342	44,469	44,452	40,882	44,292	45,865	43,459	45,929	43,893	47,237
Τσεχία	75,301	76,385	83,631	84,686	82,746	85,022	89,218	83,185	81,692	85,782
Δανία	35,153	37,131	45,129	39,635	35,348	44,692	38,413	35,700	35,517	37,986
Γερμανία	666,146	663,656	695,502	672,134	682,113	698,994	668,738	676,937	640,111	689,664
Εσθονία	8,314	8,334	9,965	10,106	9,989	9,488	11,944	10,302	8,381	12,555
Ιρλανδία	32,270	32,306	31,717	32,088	32,623	33,688	34,064	35,684	32,642	32,894
Ελλάδα	53,692	54,590	58,323	59,160	59,813	60,621	63,560	63,831	60,894	56,924
Ισπανία	296,632	315,797	326,133	336,724	351,598	351,324	361,639	351,022	321,915	325,998
Γαλλία	566,180	580,109	590,757	596,098	600,692	594,923	591,461	593,591	559,622	590,432
Ιταλία	302,325	311,122	321,932	331,947	330,414	340,189	339,155	344,385	316,689	321,914
Κύπρος	3,551	3,785	4,052	4,201	4,377	4,652	4,871	5,078	5,188	5,287
Λετονία	4,279	3,975	3,975	4,689	4,906	4,891	4,771	5,274	5,569	6,627
Λιθουανία	14,975	17,932	19,950	19,497	14,737	12,564	14,188	14,257	15,802	6,254
Λουξεμβούργο	1,674	1,928	1,805	1,696	1,780	1,859	1,870	1,950	1,721	2,988
Ουγγαρία	32,083	33,958	32,575	33,726	35,523	35,623	39,846	39,962	35,872	37,189
Ολλανδία	101,106	103,756	106,106	110,481	106,937	105,226	111,592	113,693	123,222	125,275
Αυστρία	66,772	66,802	66,832	70,683	72,204	70,034	69,872	71,838	72,891	75,985
Πολωνία	145,299	143,545	151,033	153,553	157,035	160,986	157,888	153,946	150,544	155,999
Πορτογαλία	60,076	61,415	61,299	59,824	61,711	63,983	59,546	57,238	63,427	61,054
Ρουμανία	48,136	50,837	51,208	56,186	59,113	62,439	61,127	64,741	58,106	60,725
Σλοβενία	14,466	14,599	13,814	15,266	15,111	15,110	15,038	16,396	16,397	16,613
Σλοβακία	31,748	32,146	30,899	30,203	31,052	31,079	27,695	28,568	25,909	27,653
Φινλανδία	79,650	81,985	97,599	96,798	71,730	92,637	89,434	80,531	77,603	89,590
Σουηδία	160,038	145,197	133,800	150,019	156,869	141,846	147,485	148,167	135,710	146,516
Ηνωμένο Βασίλειο	504,981	501,793	529,485	519,640	526,593	540,878	527,274	507,461	473,504	483,160

Πίνακας 3: Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (GWh)

Χώρα/Έτος	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	72.9%	73.7%	72.6%	70.4%	70.2%	69.4%	69.2%	68.2%	66.5%	65.3%
Βέλγιο	90.4%	90.0%	90.1%	89.4%	88.9%	85.3%	85.1%	83.1%	82.1%	80.7%
Βουλγαρία	83.7%	83.3%	80.8%	79.4%	76.6%	77.6%	78.3%	79.0%	76.3%	74.8%
Τσεχία	73.1%	74.4%	77.5%	75.8%	74.7%	74.7%	78.1%	75.2%	74.6%	75.6%
Δανία	8.5%	6.5%	0.3%	0.1%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%
Γερμανία	93.6%	92.7%	86.4%	79.3%	79.0%	77.5%	77.3%	77.6%	76.8%	76.3%
Εσθονία	86.2%	87.7%	89.5%	90.1%	89.3%	88.7%	92.3%	90.1%	88.9%	87.8%
Ιρλανδία	93.5%	92.0%	92.6%	91.8%	90.7%	86.3%	85.0%	83.5%	80.5%	82.7%
Ελλάδα	87.4%	86.7%	78.6%	79.6%	75.2%	72.4%	79.2%	74.3%	71.9%	64.3%
Ισπανία	72.5%	77.7%	72.3%	74.4%	76.4%	74.7%	74.3%	73.1%	66.9%	59.9%
Γαλλία	82.1%	84.0%	84.4%	84.1%	85.7%	84.6%	83.7%	82.8%	83.6%	83.2%
Ιταλία	60.4%	62.4%	64.0%	61.3%	59.8%	58.9%	58.5%	57.5%	51.4%	48.3%
Κύπρος	100.0%	100.0%	99.8%	99.4%	99.3%	99.3%	98.6%	98.9%	99.1%	98.6%
Λετονία	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%
Λιθουανία	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Λουξεμβούργο	1.1%	0.9%	1.1%	1.3%	1.1%	1.2%	1.4%	1.3%	1.5%	0.9%
Ουγγαρία	80.6%	80.2%	77.5%	76.9%	75.3%	77.3%	77.8%	77.6%	78.4%	78.4%
Ολλανδία	53.6%	54.6%	57.0%	52.7%	47.5%	48.7%	47.8%	45.6%	49.5%	48.1%
Αυστρία	25.9%	22.6%	33.4%	30.8%	31.0%	28.9%	26.4%	26.3%	22.2%	24.6%
Πολωνία	0.03%	0.00%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Πορτογαλία	67.3%	76.9%	64.3%	72.3%	78.9%	67.6%	64.8%	66.3%	62.7%	45.1%
Ρουμανία	41.1%	40.9%	47.6%	41.6%	36.5%	44.3%	46.1%	47.7%	48.5%	45.4%
Σλοβενία	41.4%	42.9%	43.5%	40.4%	43.4%	41.5%	43.1%	42.8%	39.5%	37.6%
Σλοβακία	7.1%	5.1%	2.9%	2.8%	2.3%	2.3%	12.8%	14.7%	20.9%	18.3%
Φινλανδία	50.0%	52.6%	61.1%	54.6%	42.8%	56.8%	53.1%	44.9%	50.6%	53.1%
Σουηδία	45.1%	47.3%	51.0%	51.7%	46.3%	47.4%	45.5%	43.2%	38.6%	39.6%
Ηνωμένο Βασίλειο	94.6%	93.9%	94.1%	93.2%	92.7%	92.4%	92.1%	91.4%	90.7%	91.3%

Πίνακας 4: Ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές τεχνολογίες.

Χώρα/Έτος	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	13.7%	14.1%	15.7%	17.0%	17.4%	17.9%	17.4%	17.4%	17.8%	17.9%
Βέλγιο	6.3%	7.0%	7.2%	7.3%	7.7%	11.1%	11.2%	12.6%	13.3%	14.3%
Βουλγαρία	10.7%	9.5%	11.1%	11.9%	11.8%	11.6%	13.3%	12.7%	12.6%	10.3%
Τσεχία	23.1%	21.4%	19.8%	20.5%	20.8%	20.6%	18.4%	21.2%	20.6%	18.7%
Δανία	79.2%	80.2%	87.3%	83.2%	81.2%	86.2%	81.0%	80.3%	80.9%	79.1%
Γερμανία	0.0%	0.0%	6.6%	11.7%	11.9%	12.8%	10.9%	10.9%	11.3%	11.5%
Εσθονία	13.7%	12.3%	10.4%	9.6%	9.9%	10.4%	6.7%	8.3%	8.4%	9.8%
Ιρλανδία	1.6%	1.8%	1.9%	1.9%	1.8%	4.6%	5.2%	5.2%	5.5%	5.8%
Ελλάδα	4.9%	4.6%	9.5%	8.8%	12.3%	13.1%	11.4%	14.4%	14.1%	17.5%
Ισπανία	9.5%	10.0%	9.7%	9.9%	9.5%	9.0%	8.5%	8.6%	9.4%	9.4%
Γαλλία	3.1%	3.6%	3.7%	3.9%	3.9%	3.7%	3.8%	3.9%	2.9%	2.8%
Ιταλία	17.5%	18.0%	17.8%	19.1%	22.8%	24.0%	25.6%	24.1%	26.4%	28.6%
Κύπρος	0.0%	0.0%	0.2%	0.6%	0.6%	0.7%	1.3%	1.0%	0.8%	0.6%
Λετονία	33.7%	37.6%	41.3%	32.7%	31.2%	43.9%	41.6%	39.9%	37.0%	46.0%
Λιθουανία	92.8%	93.3%	91.8%	92.5%	91.9%	90.3%	88.7%	88.0%	87.3%	63.6%
Λουξεμβούργο	0.5%	0.5%	0.9%	1.3%	1.6%	1.8%	2.0%	2.3%	3.1%	1.9%
Ουγγαρία	18.8%	19.2%	22.0%	22.5%	24.1%	22.1%	21.4%	21.4%	20.1%	19.6%
Ολλανδία	45.5%	44.4%	41.6%	45.5%	50.4%	48.6%	49.0%	50.5%	46.7%	48.5%
Αυστρία	9.2%	11.6%	10.1%	9.6%	9.8%	10.6%	11.4%	11.0%	11.3%	13.6%
Πολωνία	95.8%	96.1%	96.7%	96.5%	96.5%	97.4%	97.4%	97.3%	96.9%	96.3%
Πορτογαλία	7.6%	8.1%	8.0%	8.8%	9.2%	9.0%	9.9%	9.6%	9.5%	11.4%
Ρουμανία	27.9%	27.5%	26.5%	29.0%	29.3%	26.3%	27.8%	25.7%	23.8%	20.8%
Σλοβενία	32.4%	34.4%	35.1%	32.8%	33.7%	34.7%	35.2%	32.6%	31.7%	32.9%
Σλοβακία	76.2%	77.2%	84.5%	82.8%	82.1%	82.5%	69.9%	69.7%	60.4%	59.8%
Φινλανδία	33.3%	34.2%	29.0%	29.7%	37.8%	30.7%	30.8%	33.5%	32.6%	32.1%
Σουηδία	5.2%	6.6%	8.4%	7.6%	6.7%	8.2%	8.6%	8.6%	10.9%	12.5%
Ηνωμένο Βασίλειο	3.4%	3.9%	4.1%	4.5%	4.7%	4.5%	4.5%	4.6%	4.7%	4.5%

Πίνακας 5: Ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΣΗΘ.

Χώρα/Έτος	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	13.5%	12.1%	11.7%	12.6%	12.5%	12.7%	13.4%	14.4%	15.7%	16.9%
Βέλγιο	3.3%	3.0%	2.7%	3.3%	3.4%	3.6%	3.7%	4.3%	4.6%	5.0%
Βουλγαρία	5.6%	7.2%	8.0%	8.7%	11.6%	10.8%	8.4%	8.4%	11.1%	14.9%
Τσεχία	3.8%	4.2%	2.6%	3.7%	4.5%	4.7%	3.5%	3.6%	4.8%	5.7%
Δανία	12.3%	13.2%	12.4%	16.7%	18.8%	13.7%	18.7%	19.5%	19.0%	20.6%
Γερμανία	6.4%	7.3%	7.0%	9.0%	9.1%	9.7%	11.8%	11.5%	11.9%	12.1%
Εσθονία	0.1%	0.1%	0.2%	0.3%	0.8%	0.9%	0.9%	1.6%	2.7%	2.4%
Ιρλανδία	4.9%	6.2%	5.6%	6.2%	7.5%	9.1%	9.8%	11.3%	14.0%	11.5%
Ελλάδα	7.7%	8.8%	11.9%	11.6%	12.5%	14.5%	9.4%	11.3%	14.0%	18.2%
Ισπανία	18.0%	12.3%	18.0%	15.7%	14.0%	16.3%	17.1%	18.3%	23.7%	30.7%
Γαλλία	14.8%	12.4%	11.9%	12.0%	10.4%	11.7%	12.4%	13.3%	13.5%	14.0%
Ιταλία	22.1%	19.6%	18.2%	19.5%	17.4%	17.2%	15.9%	18.4%	22.2%	23.0%
Κύπρος	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.7%
Λετονία	66.3%	62.3%	58.2%	67.3%	68.8%	56.1%	58.4%	60.1%	63.0%	53.9%
Λιθουανία	7.2%	6.7%	8.2%	7.5%	8.1%	9.7%	11.3%	12.0%	12.7%	36.4%
Λουξεμβούργο	98.4%	98.6%	98.1%	97.4%	97.3%	96.9%	96.6%	96.4%	95.5%	97.2%
Ουγγαρία	0.6%	0.6%	0.5%	0.6%	0.6%	0.6%	0.8%	1.0%	1.6%	1.9%
Ολλανδία	0.9%	1.0%	1.3%	1.8%	2.0%	2.7%	3.2%	3.9%	3.8%	3.3%
Αυστρία	64.9%	65.8%	56.5%	59.6%	59.2%	60.6%	62.2%	62.7%	66.5%	61.8%
Πολωνία	4.2%	3.9%	3.3%	3.5%	3.5%	2.6%	2.6%	2.7%	3.1%	3.7%
Πορτογαλία	25.1%	14.9%	27.7%	18.9%	11.9%	23.4%	25.3%	24.1%	27.8%	43.5%
Ρουμανία	31.0%	31.6%	25.9%	29.4%	34.2%	29.4%	26.1%	26.6%	27.7%	33.8%
Σλοβενία	26.2%	22.7%	21.4%	26.8%	22.9%	23.8%	21.7%	24.5%	28.8%	29.5%
Σλοβακία	16.7%	17.7%	12.5%	14.3%	15.6%	15.2%	17.3%	15.6%	18.7%	21.9%
Φινλανδία	16.7%	13.2%	9.9%	15.7%	19.5%	12.6%	16.1%	21.6%	16.7%	14.8%
Σουηδία	49.7%	46.2%	40.6%	40.7%	47.1%	44.4%	46.0%	48.2%	50.5%	47.9%
Ηνωμένο Βασίλειο	2.0%	2.3%	1.9%	2.3%	2.6%	3.1%	3.4%	4.0%	4.6%	4.2%

Πίνακας 6: Ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Χώρα/Έτος	Ανθρακας		Λιγνίτης		Πυρηνική Ενέργεια		Πετρέλαιο		Μαζούτ		Φυσικό Αέριο		Βιοενέργεια	
	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	33.6%	28.1%	11.1%	10.5%	37.9%	38.6%	0.2%	0.4%	4.2%	1.3%	12.4%	18.5%	0.6%	2.7%
Βέλγιο	24.6%	10.5%	0.0%	0.0%	59.2%	61.2%	0.0%	0.0%	1.6%	0.1%	14.1%	24.8%	0.5%	3.4%
Βουλγαρία	14.6%	11.0%	34.8%	45.3%	50.4%	43.1%	0.0%	0.4%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
Τσεχία	10.1%	7.3%	62.0%	47.9%	26.8%	43.2%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.4%	0.1%	0.3%	1.5%
Δανία	99.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	83.2%	0.8%	15.8%	0.0%	0.0%	0.1%	1.1%
Γερμανία	37.6%	34.3%	24.8%	26.7%	27.5%	26.7%	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	9.4%	6.7%	0.7%	5.2%
Εσθονία	0.0%	0.0%	99.3%	97.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.3%	0.2%	0.0%	0.0%	2.3%
Ιρλανδία	46.7%	30.4%	7.2%	8.2%	0.0%	0.0%	0.2%	0.3%	16.9%	1.6%	28.7%	58.5%	0.3%	1.0%
Ελλάδα	0.0%	2.3%	70.4%	60.3%	0.0%	0.0%	3.4%	2.9%	13.1%	11.5%	12.8%	22.7%	0.2%	0.4%
Ισπανία	57.3%	24.7%	3.0%	0.0%	29.6%	31.7%	0.8%	2.5%	6.9%	3.7%	2.0%	36.4%	0.4%	1.0%
Γαλλία	8.2%	9.3%	0.1%	0.0%	90.6%	87.3%	0.1%	0.1%	0.7%	0.8%	0.1%	2.1%	0.3%	0.5%
Ιταλία	34.2%	50.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	34.6%	2.9%	30.8%	42.4%	0.5%	4.0%
Κύπρος	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	17.0%	99.7%	83.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Λετονία	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
Λιθουανία	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Λουξεμβούργο	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
Ουγγαρία	0.1%	1.9%	32.1%	19.9%	54.6%	54.0%	0.0%	0.1%	0.0%	1.0%	13.2%	16.3%	0.0%	6.8%
Ολλανδία	53.2%	44.0%	0.0%	0.0%	7.3%	6.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	36.7%	44.5%	2.8%	4.9%
Αυστρία	57.4%	49.1%	8.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	3.0%	0.9%	27.9%	38.1%	2.6%	11.8%
Πολωνία	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
Πορτογαλία	67.3%	51.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.3%	16.0%	4.4%	15.6%	40.0%	0.7%	3.8%
Ρουμανία	0.0%	0.0%	53.6%	51.4%	27.5%	42.2%	0.0%	0.1%	0.0%	0.5%	18.9%	5.7%	0.0%	0.2%
Σλοβενία	0.0%	0.0%	10.4%	9.2%	87.8%	90.6%	1.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.6%	0.1%	0.0%	0.1%
Σλοβακία	0.0%	0.0%	85.3%	0.0%	0.0%	88.3%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	14.5%	11.6%	0.0%	0.0%
Φινλανδία	30.8%	42.3%	7.4%	5.5%	57.1%	47.9%	0.0%	0.0%	0.4%	0.2%	2.0%	0.4%	2.1%	3.6%
Σουηδία	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	99.9%	99.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ηνωμένο Βασίλειο	53.9%	47.8%	0.0%	0.0%	18.9%	14.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	26.4%	35.3%	0.9%	2.5%

Πίνακας 7: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικές τεχνολογίες για τα έτη 2001 και 2010.

Χώρα/Ετος	Ανθρακας		Λιγνίτης		Πυρηνική Ενέργεια		Πετρέλαιο		Μαζούτ		Φυσικό Αέριο		Βιοενέργεια	
	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	26.8%	22.5%	18.8%	14.1%	6.1%	1.6%	0.7%	0.2%	4.3%	2.3%	38.9%	49.9%	4.4%	9.4%
Βέλγιο	1.7%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	7.9%	1.0%	86.7%	86.4%	3.7%	11.8%
Βουλγαρία	31.8%	31.0%	31.2%	28.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	37.0%	40.1%	0.0%	0.7%
Τσεχία	16.6%	23.1%	72.5%	62.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.8%	7.8%	6.3%	2.0%	7.5%
Δανία	58.7%	56.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	2.2%	1.8%	33.3%	26.3%	5.6%	15.4%
Γερμανία	0.0%	19.3%	0.0%	6.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	1.1%	0.0%	64.7%	0.0%	7.8%
Εσθονία	0.0%	0.0%	47.6%	35.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.2%	50.9%	24.7%	0.9%	39.5%
Ιρλανδία	4.0%	0.0%	5.3%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	90.7%	96.0%	0.0%	2.1%
Ελλάδα	0.0%	0.1%	89.9%	83.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	5.7%	0.1%	4.1%	15.5%	0.3%	0.3%
Ισπανία	1.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.4%	0.7%	18.3%	8.9%	67.5%	83.1%	2.7%	6.5%
Γαλλία	5.5%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	3.3%	1.4%	82.2%	81.3%	8.8%	14.3%
Ιταλία	0.9%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	6.5%	2.1%	90.7%	94.1%	1.9%	3.5%
Κύπρος	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Λετονία	0.0%	0.1%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.5%	0.1%	90.4%	98.0%	0.2%	1.9%
Λιθουανία	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	81.7%	0.0%	0.0%	0.0%	4.7%	16.3%	13.6%	80.1%	0.0%	3.7%
Λουξεμβούργο	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	98.2%
Ουγγαρία	0.4%	1.3%	7.9%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	90.6%	94.0%	1.2%	4.4%
Ολλανδία	24.1%	15.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	73.7%	77.9%	1.8%	6.7%
Αυστρία	5.1%	3.1%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	9.6%	4.3%	63.9%	69.9%	19.9%	22.7%
Πολωνία	57.8%	58.5%	39.2%	32.4%	0.00%	0.00%	0.01%	0.02%	1.7%	1.7%	1.0%	3.2%	0.3%	4.2%
Πορτογαλία	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.0%	0.0%	0.00%	0.0%	56.64%	21.63%	19.89%	55.77%	23.47%	22.59%
Ρουμανία	6.9%	6.0%	60.8%	45.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	32.3%	45.1%	0.0%	0.5%
Σλοβενία	7.5%	8.4%	84.3%	77.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	1.2%	0.0%	5.6%	9.9%	1.5%	3.8%
Σλοβακία	13.2%	8.4%	3.0%	13.2%	70.7%	61.1%	0.0%	0.0%	2.7%	3.5%	9.8%	9.8%	0.6%	4.0%
Φινλανδία	16.8%	15.5%	12.4%	12.7%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	1.7%	1.1%	41.0%	38.4%	28.0%	32.2%
Σουηδία	22.7%	5.6%	0.6%	4.1%	0.0%	0.0%	1.3%	1.4%	25.4%	6.7%	4.4%	15.7%	45.6%	66.5%
Ηνωμένο Βασίλειο	5.6%	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	2.5%	92.0%	89.4%	2.4%	4.9%

Πίνακας 8: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από ΣΗΘ για τα έτη 2001 και 2010.

Χώρα/Έτος	Υδροηλεκτρική Ενέργεια		Αιολική Ενέργεια		Ηλιακή Ενέργεια (Φωτοβολταϊκά)		Άλλες ΑΠΕ	
	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	93.1%	70.7%	5.8%	24.5%	0.0%	3.7%	1.1%	1.1%
Βέλγιο	98.7%	62.0%	1.3%	26.5%	0.0%	11.5%	0.0%	0.0%
Βουλγαρία	100.0%	90.1%	0.0%	9.7%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
Τσεχία	100.0%	80.7%	0.0%	6.8%	0.0%	12.5%	0.0%	0.0%
Δανία	0.6%	0.3%	99.3%	99.7%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
Γερμανία	75.0%	40.9%	24.7%	45.1%	0.3%	13.9%	0.0%	0.0%
Εσθονία	100.0%	8.9%	0.0%	91.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ιρλανδία	78.8%	25.3%	21.2%	74.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ελλάδα	81.6%	72.3%	18.4%	26.1%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%
Ισπανία	87.3%	48.7%	12.6%	44.2%	0.0%	6.4%	0.0%	0.7%
Γαλλία	99.2%	86.6%	0.2%	12.1%	0.0%	0.7%	0.6%	0.6%
Ιταλία	91.5%	77.9%	1.8%	12.3%	0.0%	2.6%	6.8%	7.3%
Κύπρος	0.0%	0.0%	0.0%	81.6%	0.0%	18.4%	0.0%	0.0%
Λετονία	99.9%	98.6%	0.1%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Λιθουανία	100.0%	90.1%	0.0%	9.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Λουξεμβούργο	98.5%	97.4%	1.5%	1.9%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%
Ουγγαρία	99.5%	26.0%	0.5%	73.9%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
Ολλανδία	12.3%	2.5%	86.4%	96.0%	1.4%	1.4%	0.0%	0.0%
Αυστρία	99.7%	95.4%	0.2%	4.4%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
Πολωνία	99.8%	70.9%	0.2%	29.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Πορτογαλία	97.6%	63.9%	1.7%	34.6%	0.0%	0.8%	0.7%	0.7%
Ρουμανία	100.0%	98.5%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Σλοβενία	100.0%	99.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
Σλοβακία	100.0%	99.9%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Φινλανδία	99.5%	97.7%	0.5%	2.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Σουηδία	99.4%	95.0%	0.6%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ηνωμένο Βασίλειο	90.2%	49.2%	9.8%	50.6%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%

Πίνακας 9: Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ για τα έτη 2001 και 2010.

Χώρα/Ετος	Άνθρακας		Λιγνίτης		Πυρηνική Ενέργεια		Πετρέλαιο		Μαζούτ		Φυσικό Αέριο		Βιοενέργεια	
	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	4.99	4.74	10.05	9.93	11.13	10.93	17.11	9.91	10.40	9.62	7.50	7.12	24.70	26.42
Βέλγιο	4.83	4.61	-	-	10.80	10.80	-	7.34	5.83	9.20	7.47	7.16	32.44	23.21
Βουλγαρία	5.63	8.87	11.11	11.87	10.83	10.86	-	12.98	-	22.35	11.78	11.41	-	-
Τσεχία	5.38	5.91	10.59	10.67	10.80	10.84	-	-	12.58	10.37	8.77	9.27	21.08	20.21
Δανία	4.22	-	-	-	-	-	10.75	12.41	28.33	10.67	-	-	25.33	34.00
Γερμανία	5.35	4.94	9.65	9.41	10.80	10.80	-	9.65	-	4.82	7.16	6.92	22.33	29.96
Εσθονία	-	-	10.46	9.88	-	-	-	-	9.70	10.53	10.18	-	18.00	11.32
Ιρλανδία	4.50	4.38	11.03	9.15	-	-	18.05	11.21	9.53	10.07	8.51	7.27	20.72	19.58
Ελλάδα	4.50	5.04	10.04	10.22	-	-	9.91	12.57	9.98	9.15	8.61	9.58	33.28	21.06
Ισπανία	4.93	4.79	10.63	-	10.80	10.80	10.04	9.35	10.34	9.25	8.51	6.70	31.25	22.12
Γαλλία	4.80	4.01	11.11	-	10.80	10.80	10.94	9.63	10.68	10.36	13.87	13.26	24.19	32.13
Ιταλία	4.73	5.03	10.33	-	-	-	-	11.96	9.15	10.04	8.25	7.01	20.78	22.74
Κύπρος	-	-	-	-	-	-	15.45	7.57	10.14	9.75	-	-	-	-
Λετονία	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.50
Λιθουανία	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λουξεμβούργο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44.67	43.14
Ουγγαρία	10.04	7.63	11.56	10.59	10.84	10.83	-	11.09	-	9.25	9.45	8.84	-	24.72
Ολλανδία	4.39	4.33	-	-	10.80	10.80	-	-	-	-	7.05	6.88	28.45	21.72
Αυστρία	4.14	4.09	9.08	-	-	-	9.22	6.14	9.45	7.86	7.24	6.25	21.86	22.11
Πολωνία	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.33	-
Πορτογαλία	4.56	4.71	-	-	-	-	7.81	10.78	9.26	8.95	6.59	6.59	28.92	28.92
Ρουμανία	-	-	10.60	10.97	10.80	10.80	-	8.88	-	11.59	9.41	9.95	-	11.33
Σλοβενία	-	-	9.91	8.75	10.80	10.80	13.20	10.75	-	-	11.50	14.75	18.00	30.57
Σλοβακία	-	-	13.22	-	-	11.09	-	8.60	11.84	-	10.59	10.32	46.00	14.00
Φινλανδία	4.29	4.24	9.04	8.90	10.80	10.80	14.22	12.14	7.42	9.57	8.82	9.77	21.34	19.61
Σουηδία	-	-	-	-	10.80	10.80	11.37	11.64	9.33	11.07	-	-	-	-
Ηνωμένο Βασίλειο	4.97	4.64	-	-	10.80	10.80	-	10.95	-	10.88	7.14	6.88	25.53	24.34

Πίνακας 10: Ειδική ενεργειακή κατανάλωση για τη συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2001 και 2010 (TJ/GWh).

Χώρα/Έτος	Ανθρακας		Λιγνίτης		Πυρηνική Ενέργεια		Πετρέλαιο		Μαζούτ		Φυσικό Αέριο		Βιοενέργεια	
	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	6.28	6.14	5.65	5.77	10.39	13.91	11.77	5.80	9.23	4.39	4.77	5.04	28.58	25.65
Βέλγιο	21.83	15.09	-	-	-	-	-	4.25	6.96	7.95	4.07	3.99	13.32	17.76
Βουλγαρία	5.93	5.60	11.07	8.68	-	-	-	-	-	10.94	5.90	4.06	-	9.03
Τσεχία	5.59	5.03	6.01	7.57	-	-	-	7.17	4.98	6.72	5.02	4.63	49.33	21.65
Δανία	5.42	5.84	-	-	-	-	4.35	3.94	4.97	6.39	4.49	4.30	29.25	26.53
Γερμανία	-	4.65	-	7.11	-	-	-	4.91	-	3.35	-	4.91	-	29.71
Εσθονία	-	-	13.13	8.76	-	-	-	-	5.60	5.99	4.18	4.34	20.40	24.54
Ιρλανδία	7.95	-	9.59	5.46	-	-	-	-	-	-	7.89	5.81	-	26.15
Ελλάδα	-	11.00	4.67	5.23	-	-	-	9.47	5.03	35.00	10.07	4.44	29.14	19.72
Ισπανία	5.69	7.00	-	-	-	-	5.43	8.14	5.09	6.29	4.24	5.60	32.61	24.07
Γαλλία	4.06	4.13	-	-	-	-	5.51	4.86	6.10	6.10	4.33	4.86	34.69	28.82
Ιταλία	4.71	4.41	-	-	-	-	-	6.90	19.68	4.95	5.97	5.74	16.52	25.03
Κύπρος	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.41	-	-	-	-
Λετονία	-	4.66	12.92	-	-	-	-	-	4.52	4.14	4.46	4.21	105.33	35.83
Λιθουανία	-	-	-	-	10.43	-	-	-	5.35	4.91	5.08	5.30	463.00	36.46
Λουξεμβούργο	-	-	-	-	-	-	-	6.61	-	-	-	-	8.50	11.13
Ουγγαρία	4.09	4.62	14.17	16.38	-	-	-	21.50	-	4.32	4.43	4.43	40.71	35.32
Ολλανδία	6.60	5.73	-	-	-	-	7.12	7.98	8.69	-	4.58	4.98	28.33	22.15
Αυστρία	4.81	4.69	3.77	-	-	-	4.04	5.61	3.91	3.98	4.58	4.36	16.41	28.32
Πολωνία	7.20	7.16	4.69	4.90	-	-	3.98	4.02	6.10	6.10	6.75	5.05	22.41	21.54
Πορτογαλία	-	-	-	-	-	-	-	14.33	5.18	5.43	4.82	4.88	13.31	11.24
Ρουμανία	8.00	7.18	6.23	6.92	-	-	-	-	-	4.43	4.96	4.17	-	17.33
Σλοβενία	4.70	4.58	5.24	5.26	-	-	-	12.13	6.61	12.31	5.04	5.85	19.31	21.00
Σλοβακία	6.76	8.10	11.62	7.55	10.56	10.22	-	14.33	4.91	5.20	5.59	4.72	14.93	32.25
Φινλανδία	4.32	4.14	6.46	7.15	-	-	4.40	5.01	4.06	3.89	4.07	4.06	17.04	20.55
Σουηδία	4.75	3.96	9.05	8.54	-	-	4.62	5.09	4.38	3.63	4.11	3.93	43.67	27.79
Ηνωμένο Βασίλειο	8.82	9.00	-	-	-	-	-	9.26	-	8.92	7.20	6.91	99.57	80.43

Πίνακας 11: Ειδική ενεργειακή κατανάλωση για τη ΣΗΘ το 2001 και 2010 (TJ/GWh).

Χώρα/Καύσιμο	Άνθρακας	Λιγνίτης	Πετρέλαιο	Μαζούτ	Φυσικό Αέριο
Ευρωπαϊκή Ένωση	94.7	101.2	74.1	77.4	56.1
Βέλγιο	94.6	101.2	74.1	77.4	56.1
Βουλγαρία	96.4	100.7	74.1	77.4	56.1
Τσεχία	94.6	101.2	74.1	77.4	56.1
Δανία	95.0	101.2	74.0	78.0	57.3
Γερμανία	87.4	111.0	74.5	78.8	56.0
Εσθονία	94.7	101.2	74.1	77.4	56.1
Ιρλανδία	94.6	108.4	73.3	76.0	54.9
Ελλάδα	94.6	124.7	74.1	77.4	56.1
Ισπανία	99.7	117.4	73.6	76.7	56.6
Γαλλία	94.6	101.2	74.1	77.4	56.1
Ιταλία	97.5	101.2	74.1	77.6	55.8
Κύπρος	94.7	101.2	74.1	77.4	56.1
Λετονία	94.6	106.0	74.1	77.4	63.1
Λιθουανία	94.6	106.0	74.1	77.4	56.1
Λουξεμβούργο	94.7	101.2	74.1	77.4	56.1
Ουγγαρία	95.2	101.2	74.1	77.4	56.1
Ολλανδία	96.7	101.2	73.0	77.0	56.1
Αυστρία	94.6	101.2	74.1	77.4	56.1
Πολωνία	95.2	111.2	72.3	78.1	55.0
Πορτογαλία	94.6	101.2	74.1	77.4	56.1
Ρουμανία	95.8	101.2	74.1	77.4	56.1
Σλοβενία	99.2	99.2	73.3	76.6	55.0
Σλοβακία	94.0	100.4	74.4	76.7	58.9
Φινλανδία	94.5	106.0	73.6	77.4	56.1
Σουηδία	90.7	107.0	75.3	76.2	56.5
Ηνωμένο Βασίλειο	89.6	101.2	73.6	76.7	58.3

Πίνακας 12: Συντελεστής εκπομπής CO₂ για κάθε καύσιμο (tCO₂/TJ).

Χώρα/Έτος	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	1,091,772	1,108,917	1,134,370	1,109,524	1,096,608	1,121,548	1,137,636	1,070,155	974,322	980,883
Βέλγιο	15,516	15,924	17,460	16,419	16,923	14,986	14,468	13,018	14,524	14,340
Βουλγαρία	21,453	19,151	21,518	20,514	20,795	22,234	26,071	25,478	23,276	25,133
Τσεχία	49,354	47,653	46,942	46,754	47,231	47,568	51,858	46,716	43,428	46,000
Δανία	12,299	13,182	18,945	13,877	11,246	18,225	14,280	12,350	12,260	11,716
Γερμανία	298,890	301,321	291,494	291,947	282,468	286,074	296,691	279,699	254,569	264,227
Εσθονία	8,427	8,198	9,885	10,008	9,611	8,876	10,873	10,157	8,936	11,228
Ιρλανδία	16,651	15,852	14,959	14,475	14,934	14,424	14,050	14,076	12,785	13,002
Ελλάδα	51,726	51,387	50,615	51,835	51,062	47,742	51,438	49,047	47,892	42,794
Ισπανία	91,566	108,783	101,325	108,122	116,339	112,261	115,553	98,660	81,978	68,167
Γαλλία	91,566	108,783	101,325	108,122	116,339	112,261	115,553	98,660	81,978	68,167
Ιταλία	121,003	130,303	135,360	121,341	118,819	121,230	119,459	116,450	100,148	96,898
Κύπρος	2,790	2,892	3,412	3,279	3,487	3,564	3,744	3,893	3,931	3,790
Λετονία	458	458	478	408	401	551	508	565	530	796
Λιθουανία	807	777	825	828	913	754	797	767	845	1,193
Λουξεμβούργο	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ουγγαρία	13,609	14,256	15,186	14,555	12,694	12,623	13,928	13,470	10,879	11,005
Ολλανδία	35,980	36,713	37,185	37,564	35,384	35,351	36,753	36,766	39,319	39,879
Αυστρία	9,032	8,438	10,758	10,384	10,344	9,385	8,381	8,062	6,903	8,212
Πολωνία	85,188	84,136	88,472	89,293	90,549	95,075	94,287	89,907	86,517	89,014
Πορτογαλία	20,080	23,396	18,954	20,156	23,197	20,040	17,848	17,350	18,188	13,003
Ρουμανία	20,424	21,318	27,017	26,510	23,912	29,502	29,306	28,532	24,730	22,757
Σλοβενία	3,019	3,337	3,168	3,176	3,164	3,316	3,400	3,257	3,186	3,113
Σλοβακία	6,643	6,048	6,493	6,115	5,774	5,365	4,612	4,637	4,226	3,757
Φινλανδία	15,034	16,962	24,069	20,673	9,918	20,288	17,981	12,330	13,148	17,900
Σουηδία	1,731	2,212	2,909	1,834	1,403	1,565	1,206	1,304	1,575	2,336
Ηνωμένο Βασίλειο	174,566	166,617	178,425	176,789	176,645	184,414	182,957	177,738	155,041	160,314

Πίνακας 13: Εκπομπές CO₂ από παραγωγή ηλεκτρικής Ενέργειας (χιλ. τόνοι).

Χώρα/Έτος	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2001-2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	12,421	40,305	5,640	6,114	16,967	-9,575	-8,085	-51,887	39,093	47,577
Βέλγιο	476	532	44	135	-540	517	-694	988	269	1,621
Βουλγαρία	-836	-8	-1,756	1,653	750	-1,298	1,424	-1,102	1,770	442
Τσεχία	693	4,286	587	-1,089	1,286	2,390	-3,442	-815	2,181	6,205
Δανία	696	2,986	-2,109	-1,431	3,380	-2,447	-971	-63	804	884
Γερμανία	-1,159	13,643	-9,723	4,230	6,948	-12,887	3,509	-14,922	19,333	9,282
Εσθονία	20	1,608	139	-114	-475	2,264	-1,553	-1,965	4,052	4,001
Ιρλανδία	18	-282	171	243	470	157	652	-1,194	99	267
Ελλάδα	855	3,362	729	564	662	2,345	213	-2,275	-3,034	2,693
Ισπανία	6,247	3,378	3,305	4,838	-87	3,290	-3,087	-7,787	942	6,341
Γαλλία	650	534	272	245	-310	-177	106	-1,684	1,677	1,140
Ιταλία	3,595	4,499	3,814	-555	3,499	-365	1,804	-9,050	1,608	6,237
Κύπρος	181	214	121	139	215	168	159	83	73	1,253
Λετονία	-34	0	71	18	-1	-13	54	30	114	246
Λιθουανία	142	85	-19	-243	-132	94	4	83	-930	-856
Ουγγαρία	790	-611	506	704	36	1,484	40	-1,302	392	1,746
Ολλανδία	940	827	1,509	-1,188	-570	2,117	685	3,056	654	8,062
Αυστρία	4	4	591	220	-299	-20	228	108	313	1,013
Πολωνία	-1,028	4,388	1,471	2,016	2,305	-1,840	-2,327	-1,971	3,123	6,181
Πορτογαλία	478	-40	-475	669	775	-1,359	-695	1,820	-585	251
Ρουμανία	1,137	174	2,415	1,277	1,449	-621	1,637	-2,851	1,046	4,936
Σλοβενία	29	-179	317	-32	0	-16	287	0	41	419
Σλοβακία	77	-243	-143	165	5	-574	143	-421	226	-530
Φινλανδία	461	3,516	-184	-4,209	3,557	-669	-1,557	-468	2,204	1,922
Σουηδία	-186	-207	249	71	-148	53	6	-125	146	-153
Ηνωμένο Βασίλειο	-1,080	9,187	-3,332	2,348	4,829	-4,674	-6,902	-11,500	3,182	-7,322

Πίνακας 14: Επίδραση της μεταβολής της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις εκπομπές CO₂ (kt).

Χώρα/Έτος	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2001-2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	17,221	8,747	-9,653	1,406	-2,832	-8,951	-12,113	-15,417	-13,001	-33,692
Βέλγιο	97	66	-100	4	196	-7	51	15	-5	325
Βουλγαρία	-443	-50	-131	-656	190	634	16	-743	-955	-2,374
Τσεχία	-22	829	-498	-378	-129	662	-43	-570	-499	-778
Δανία	-143	901	-873	-336	875	-948	-125	73	-222	-266
Γερμανία	-3,234	-17,658	-18,218	-606	-3,327	-4,165	857	-1,545	-1,078	-46,868
Εσθονία	36	55	8	-52	-35	82	-100	-119	-46	-49
Ιρλανδία	-229	102	-102	-192	-431	-137	-248	-435	368	-1,162
Ελλάδα	-544	-3,098	344	-1,423	-1,409	3,363	-1,739	-1,499	-3,282	-9,179
Ισπανία	6,746	-7,169	2,902	2,405	-2,790	-1,037	-1,555	-6,270	-7,208	-11,244
Γαλλία	1,170	229	215	434	-537	-108	-238	-957	-207	-110
Ιταλία	3,887	2,043	-1,923	1,472	-246	1,246	-3,289	-6,704	-2,080	-5,138
Κύπρος	0	-4	-2	-1	0	-3	0	0	-25	-36
Λετονία	50	44	-101	-18	161	-29	-22	-42	143	175
Λιθουανία	4	-13	7	-5	-15	-14	-6	-7	-317	-370
Ουγγαρία	-15	-123	-44	-68	48	-6	-34	-36	-33	-201
Ολλανδία	-6	-9	-428	-507	-158	-194	-300	176	112	-1,116
Αυστρία	-597	2,807	-806	98	-489	-508	-89	-940	925	331
Πολωνία	309	502	-191	45	817	76	-143	-340	-525	526
Πορτογαλία	2,808	-3,529	2,245	1,826	-3,121	-604	325	-932	-4,198	-5,107
Ρουμανία	-159	2,314	-1,959	-2,158	2,753	1,274	110	-223	-2,007	-439
Σλοβενία	174	60	-215	113	46	61	-201	-127	67	-13
Σλοβακία	-720	-538	-146	-275	-1	683	96	-155	-68	-572
Φινλανδία	633	759	-1,528	-167	649	-770	-805	575	300	316
Σουηδία	431	572	-200	-211	278	48	2	299	247	1,432
Ηνωμένο Βασίλειο	-345	724	-585	-428	-895	-728	-1,065	-1,021	717	-3,434

Πίνακας 15: Επίδραση της μεταβολής της τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις εκπομπές CO₂ (kt).

Χώρα/Έτος	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2001-2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	5,275	-496	-36,128	-816	798	-1,736	-20,628	-17,213	-14,040	-84,826
Βέλγιο	-105	607	167	-227	-1,620	-303	-769	278	-430	-2,613
Βουλγαρία	-1,354	2,254	-275	-1,347	-318	4,716	-210	-419	646	3,524
Τσεχία	-3,435	-4,038	-951	731	-1,050	1,604	-2,432	-1,290	-22	-10,904
Δανία	-67	741	-1,172	-446	1,331	-182	-347	37	-811	-1,233
Γερμανία	8,893	8,623	-7,258	7,775	-6,291	-5,338	358	993	-4,783	5,234
Εσθονία	7	6	-16	-65	-6	119	-62	-119	-243	-423
Ιρλανδία	-464	-379	-150	639	-374	-207	171	-88	-448	-1,289
Ελλάδα	-758	-1,080	-262	-198	-2,556	-793	-945	2,614	-778	-3,695
Ισπανία	3,775	-2,971	-93	2,358	-7,539	2,171	-8,581	-1,807	-6,935	-11,994
Γαλλία	1,647	2,841	-2,358	4,479	-4,185	1,132	-1,208	4,148	777	9,164
Ιταλία	5,149	-4,319	-6,848	-2,891	-581	-3,717	-1,520	-97	-2,328	-20,778
Κύπρος	-3	5	2	4	-10	9	-3	3	-70	-16
Λετονία	-4	-24	-20	-5	3	0	0	-1	2	-20
Λιθουανία	-159	-35	31	317	4	-48	-6	8	1,527	1,604
Ουγγαρία	248	1,382	-1,564	-2,327	565	-44	-444	-1,266	-169	-3,443
Ολλανδία	46	-33	-854	-1,508	813	266	-785	-346	-418	-2,649
Αυστρία	7	-236	-413	-186	-420	-373	-66	-210	212	-930
Πολωνία	-102	10	-370	-751	378	-175	-1,406	-1,049	-161	-3,541
Πορτογαλία	199	-1,122	-476	655	-818	-226	-303	-196	-535	-2,510
Ρουμανία	-4	1,762	-2,102	162	713	-1,606	-2,175	-1,345	-144	-3,040
Σλοβενία	-35	51	-109	-54	84	13	-206	91	-111	-268
Σλοβακία	-225	1,247	40	-146	-274	-675	-336	85	-172	-125
Φινλανδία	818	2,778	-1,822	-6,481	6,376	-485	-3,560	675	2,264	523
Σουηδία	369	296	-1,136	-295	14	-504	120	57	532	-471
Ηνωμένο Βασίλειο	-109	1,457	1,813	-683	3,612	3,645	3,202	-10,237	2,841	4,762

Πίνακας 16: Επίδραση της μεταβολής της διάρθρωσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις εκπομπές CO₂ (kt).

Χώρα/Έτος	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2001-2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	-17,771	-23,103	15,294	-19,620	10,008	36,350	-26,655	-11,316	-5,491	-39,947
Βέλγιο	-60	330	-1,152	592	27	-724	-39	225	-18	-509
Βουλγαρία	330	172	1,158	631	817	-215	-1,823	62	396	2,088
Τσεχία	1,063	-1,790	674	1,212	230	-366	775	-612	911	2,123
Δανία	397	1,134	-915	-417	1,393	-368	-488	-137	-315	32
Γερμανία	-2,069	-14,434	35,651	-20,877	6,276	33,008	-21,715	-9,657	-3,814	-2,311
Εσθονία	-292	17	-8	-166	-218	-468	1,000	982	-1,472	-728
Ιρλανδία	-123	-333	-402	-231	-174	-187	-549	426	198	-1,465
Ελλάδα	108	44	409	284	-16	-1,219	79	4	1,997	1,249
Ισπανία	448	-695	683	-1,384	6,337	-1,132	-3,669	-818	-610	-6,503
Γαλλία	-598	-982	563	-162	445	-101	-1,071	583	-238	-3,168
Ιταλία	-3,331	2,834	-9,063	-549	-260	1,065	-4	-452	-450	-4,425
Κύπρος	-76	305	-254	66	-128	6	-7	-48	-120	-201
Λετονία	-11	0	-20	-3	-13	-1	26	-22	7	-63
Λιθουανία	-17	11	-16	17	-17	10	-21	-6	68	8
Ουγγαρία	-376	282	470	-170	-719	-129	-20	14	-65	-705
Ολλανδία	-247	-313	153	1,022	-118	-788	413	-334	212	-397
Αυστρία	-7	-255	254	-172	250	-103	-393	-116	-141	-1,234
Πολωνία	-231	-564	-88	-54	1,026	1,150	-504	-30	61	660
Πορτογαλία	-169	249	-92	-109	6	-3	174	146	134	289
Ρουμανία	-79	1,449	1,139	-1,879	675	757	-346	617	-867	877
Σλοβενία	150	-100	15	-38	22	25	-23	-34	-70	-44
Σλοβακία	271	-20	-128	-84	-139	-187	122	81	-454	-1,659
Φινλανδία	17	54	138	101	-211	-382	271	37	-16	106
Σουηδία	-133	36	12	4	18	44	-31	41	-164	-203
Ηνωμένο Βασίλειο	-6,415	441	468	-1,381	223	301	-454	61	-1,467	-8,258

Πίνακας 17: Επίδραση της μεταβολής της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης των καυσίμων στις εκπομπές CO₂ (kt).

Χώρα/Έτος	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2001-2010
Ευρωπαϊκή Ένωση	17,145	25,453	-24,846	-12,916	24,940	16,088	-67,481	-95,833	6,561	-110,888
Βέλγιο	408	1,536	-1,040	504	-1,937	-518	-1,451	1,506	-184	-1,176
Βουλγαρία	-2,303	2,368	-1,004	281	1,439	3,837	-593	-2,202	1,857	3,679
Τσεχία	-1,701	-712	-187	476	337	4,290	-5,142	-3,288	2,571	-3,355
Δανία	883	5,763	-5,068	-2,631	6,979	-3,945	-1,931	-90	-544	-584
Γερμανία	2,431	-9,826	452	-9,478	3,605	10,618	-16,992	-25,130	9,658	-34,663
Εσθονία	-229	1,687	123	-397	-734	1,996	-716	-1,221	2,292	2,801
Ιρλανδία	-799	-893	-484	458	-510	-374	25	-1,291	217	-3,649
Ελλάδα	-339	-771	1,220	-773	-3,320	3,696	-2,391	-1,155	-5,098	-8,932
Ισπανία	17,217	-7,458	6,797	8,217	-4,078	3,292	-16,893	-16,683	-13,811	-23,400
Γαλλία	2,868	2,621	-1,308	4,996	-4,587	746	-2,411	2,091	2,009	7,026
Ιταλία	9,300	5,057	-14,019	-2,523	2,411	-1,771	-3,009	-16,303	-3,250	-24,105
Κύπρος	102	520	-133	208	77	180	149	38	-141	1,000
Λετονία	1	20	-70	-7	150	-43	57	-35	266	338
Λιθουανία	-30	48	3	86	-159	42	-29	77	348	386
Ουγγαρία	647	930	-632	-1,861	-71	1,305	-458	-2,590	125	-2,605
Ολλανδία	734	471	380	-2,180	-33	1,402	13	2,553	560	3,899
Αυστρία	-594	2,320	-374	-40	-959	-1,004	-320	-1,159	1,309	-820
Πολωνία	-1,052	4,336	821	1,255	4,527	-789	-4,380	-3,390	2,498	3,826
Πορτογαλία	3,316	-4,442	1,202	3,041	-3,157	-2,192	-499	839	-5,185	-7,076
Ρουμανία	894	5,699	-507	-2,598	5,590	-196	-774	-3,802	-1,973	2,333
Σλοβενία	318	-168	8	-12	152	84	-143	-71	-73	94
Σλοβακία	-596	445	-378	-342	-409	-753	25	-410	-469	-2,886
Φινλανδία	1,928	7,107	-3,395	-10,756	10,370	-2,307	-5,652	819	4,752	2,866
Σουηδία	481	697	-1,075	-431	162	-359	98	271	761	605
Ηνωμένο Βασίλειο	-7,949	11,808	-1,636	-144	7,769	-1,457	-5,220	-22,697	5,273	-14,252

Πίνακας 18: Συνολική μεταβολή στις εκπομπές CO₂ (kt).