

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
Ε-ΜΒΑ ΔΕ

Η ΑΓΕΙΑΗ ΓΙΑ ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ
ΤΟΥ ΠΑΡΗΝΤΗ, ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ,
Ο ΦΟΡΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ, ΤΑ ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ
ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ ΡΥΠΕΣΗΣ & ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Κ. ΜΠΙΝΙΑΡΗΣ

2005

Η ΑΠΕΙΛΗ ΓΙΑ ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ, ΤΑ
 ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ, Ο ΦΟΡΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ, ΤΑ
 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ
 ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η περίπτωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα



00147126

Γεώργιος Κ. Μπινιάρης

Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ

Μεταπτυχιακό Δίπλωμα
 «Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας» - ΕΜΠ

Διπλωματική Εργασία
 υποβληθείσα για το Μεταπτυχιακό Δίπλωμα
 στη Διοίκηση Επιχειρήσεων για Στελέχη (Ε-ΜΒΑ)

Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Ιανουάριος 2005

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	
ΑΡ. ΕΙΣ.	47/26 + 00
COMP.	26920
ΤΑΞΗ	621 ΜΠΙ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	

Η ΑΠΕΙΛΗ ΓΙΑ ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ, ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ, Ο ΦΟΡΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ, ΤΑ ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η περίπτωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

Γεώργιος Κ. Μπινιάρης

Σημαντικοί όροι: Κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού, κλιματική αλλαγή, φόρος άνθρακα, εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, παγκόσμια θέρμανση, Πρωτόκολλο του Κιότο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικειμενικός σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο υπολογισμός της αύξησης του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, καθώς και της συνολικής επιβάρυνσης του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής λόγω του Πρωτοκόλλου του Κιότο, το οποίο καθορίζει για πρώτη φορά νομικά δεσμευτικούς στόχους για τον περιορισμό εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία συμβάλλουν στην παγκόσμια θέρμανση. Στην αρχή της εργασίας παρουσιάζεται η σημερινή κατάσταση του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην τοποθεσία και το είδος των σταθμών, καθώς αυτό είναι ιδιαίτερα καθοριστικό τόσο για το μέγεθος της ατμοσφαιρικής μόλυνσης, που προκαλείται από τη λειτουργία τους, όσο και για την ανισομερή επιβάρυνση κάποιων περιοχών. Στη συνέχεια περιγράφονται τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα, τα οποία έχουν λάβει παγκόσμια έκταση, και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στην κλιματική αλλαγή.

Από αρχεία μετρήσεων της θερμοκρασίας του πλανήτη αποδεικνύεται ότι υπάρχει μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κατά $0,6 \pm 0,2$ °C από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα μέχρι σήμερα. Σύμφωνα με διεθνή ομάδα εξεχόντων εμπειρογνομώνων (IPCC), η κλιματική αλλαγή έχει ήδη αρχίσει και προβλέπουν μια αύξηση της μέσης

θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 1,4 – 5,8 °C μεταξύ του 1990 και του 2100. Παράλληλα υπολογίζεται ότι θα ανέβει η επιφάνεια της θάλασσας από 9 έως 88 cm, θα αυξηθούν οι βροχοπτώσεις και η ένταση και η συχνότητα των ακραίων καιρικών φαινομένων. Από τα πιο πάνω φαίνεται καθαρά ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί μια από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές απειλές που αντιμετωπίζει ο πλανήτης σήμερα.

Η αλλαγή του κλίματος απαιτεί προληπτική πολιτική δράση και η αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι ένα έργο συλλογικό που επιβάλλεται να γίνεται σε τοπική, εθνική και παγκόσμια κλίμακα με σκοπό την εξασφάλιση της αειφόρου ανάπτυξης του πλανήτη. Σε διεθνές επίπεδο υπήρξε ουσιαστικό ενδιαφέρον για τα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, που αντιμετωπίζει ο πλανήτης, τη δεκαετία του 70. Το σημαντικότερο βήμα σε αυτή την κατεύθυνση πραγματοποιήθηκε το 1997 με το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο καθορίζει για πρώτη φορά νομικά δεσμευτικούς στόχους για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Τα δύο κυριότερα εργαλεία για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι ο φόρος του άνθρακα και ο ορισμός ενός μέγιστου ορίου εκπομπών σε συνδυασμό με την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής. Η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Κιότο στηρίζεται στην εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου.

Στα πλαίσια του Πρωτοκόλλου του Κιότου και κατόπιν του διακανονισμού των επιμέρους υποχρεώσεων στο εσωτερικό της ΕΕ (Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος – 1998) η Ελλάδα μπορεί να αυξήσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου το διάστημα 2008-2012 έως και 25% σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990. Δυστυχώς μέχρι σήμερα δε λήφθηκαν έγκαιρα τα κατάλληλα μέτρα και ήδη οι συνολικές εκπομπές της χώρας μας αυξήθηκαν περισσότερο από 25% από τις αντίστοιχες του 1990. Το 1990 το 53% των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονταν στην Ελλάδα προέρχονταν από παραγωγή ηλεκτρισμού και ειδικότερα από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Το 2010 οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από ηλεκτροπαραγωγή υπολογίζεται ότι θα είναι 60.500 ισοδύναμοι τόνοι CO₂, ενώ το 1990 ανέρχονταν σε 42.913 ισοδύναμους τόνους CO₂ (αύξηση περίπου 41%). Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα να αυξηθεί το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αφού θα προστεθεί και το μεταβλητό κόστος της αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Από τα πιο πάνω φαίνεται καθαρά ότι η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να μεταβάλει βραχυπρόθεσμα τον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι διάφορες μονάδες παραγωγής. Από τη άλλη πλευρά, μακροπρόθεσμα η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου θα δώσει κίνητρα για επενδύσεις σε μονάδες παραγωγής με χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Η συνολική οικονομική επιβάρυνση της ηλεκτροπαραγωγής λόγω του Πρωτοκόλλου του Κιότο θα εξαρτηθεί από τα επίπεδα που θα διαμορφωθεί η τιμή αγοράς

δικαιώματος εκπομπής ενός ισοδύναμου τόνου CO₂. Μέχρι σήμερα τα διάφορα μοντέλα (Poles, GEM, G-CUBED, AIM κ.α.) καθώς και προβλέψεις εταιριών αναλύσεως (CarbonPoint) υπολογίζουν ότι η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπής θα διαμορφωθεί μεταξύ 10 και 20 €/tCO_{2eq}. Αν η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπής διαμορφωθεί στα 10 €/tCO_{2eq} η ετήσια οικονομική επιβάρυνση του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής λόγω εκπομπών θα είναι 68,44*10⁶ €, ενώ αν η τιμή δικαιωμάτων εκπομπής διαμορφωθεί στα 20 €/tCO_{2eq} η επιβάρυνση θα είναι 136,88*10⁶ €. Αν επιμερίσουμε την οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών σε όλες τις MWh που θα παραχθούν το 2010 τότε η αύξηση του κόστους θα είναι 1,06 €/MWh για τιμή δικαιωμάτων εκπομπής ίση με 10 €/tCO_{2eq} και 2,12€/MWh για τιμή δικαιωμάτων εκπομπής 20 €/tCO_{2e}.

Επομένως η οικονομική επιβάρυνση του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής από την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής θα είναι αρκετά σημαντική και για το λόγο αυτό οι εταιρίες παραγωγής ηλεκτρισμού πρέπει να εκτιμήσουν εγκαίρως τη σημαντική απειλή που διαφαίνεται, να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα (χρησιμοποίηση φυσικού αερίου αντί λιγνίτη και μαζούτ – ανάπτυξη ΑΠΕ) και να αυξήσουν τις προσπάθειές τους ώστε να προετοιμαστούν για την αναπτυσσόμενη αγορά εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

1.1	Εισαγωγή.....	1
1.2	Ανάπτυξη των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	1
1.3	Γενικά στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	3
1.4	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	3
1.5	Σταθμοί παραγωγής που δόθηκαν σε λειτουργία πρόσφατα ή αναμένεται να δοθούν σε λειτουργία μέσα στην επόμενη διετία.....	10
1.6	Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας στη Ελλάδα.....	12
1.7	Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.....	14
1.8	Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	18
1.9	Θερμικοί σταθμοί.....	18
1.9.1	Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί.....	19
1.9.2	Αεριοστροβιλικόι Σταθμοί.....	21
1.9.3	Σταθμοί Συνδυασμένου Κύκλου.....	22
1.9.4	Νηξελοηλεκτρικοί σταθμοί.....	24
1.10	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).....	24
1.11	Υδροηλεκτρικοί σταθμοί.....	25
1.11.1	Σταθμοί Φυσικής Ροής.....	26
1.11.2	Σταθμοί Δεξαμενής.....	26
1.11.3	Υδροαντλητικοί Σταθμοί.....	28
1.12	Αιολική Ενέργεια.....	29
1.13	Ηλιακή ενέργεια.....	30
1.14	Βιβλιογραφία κεφαλαίου.....	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑ

2.1	Εισαγωγή.....	32
2.2	Περιοχές της ατμόσφαιρας.....	32
2.2.1	Τροπόσφαιρα.....	33
2.2.2	Στρατόσφαιρα.....	34
2.2.3	Μεσόσφαιρα.....	35

2.2.4	Ανώτερη ατμόσφαιρα.....	35
2.2.5	Ιονόσφαιρα.....	36
2.3	Σύντομη ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	37
2.3.1	Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	39
2.3.2	Περιβαλλοντικά προβλήματα που οδηγούν στην ατμοσφαιρική ρύπανση.....	42
2.4	Το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	44
2.4.1	Το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	46
2.4.2	Δυναμικό Παγκόσμιας Αύξησης της Θερμοκρασίας (GWP) - ΙσοδύναμοστόνοςCO ₂	48
2.5	Αιτίες για την Κλιματική Αλλαγή.....	49
2.5.1	Κλιματική αλλαγή.....	51
2.5.2	Προβλέψεις σχετικά με την κλιματική αλλαγή.....	53
2.6	Η «τρύπα του όζοντος» στην ατμόσφαιρα και οι αιτίες που την προκάλεσαν.....	55
2.7	Το φαινόμενο της «όξινης βροχής».....	58
2.8	Επιπτώσεις στο περιβάλλον από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	60
2.8.1	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα.....	61
2.8.2	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία υδροηλεκτρικών εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	64
2.8.3	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από αιολικά πάρκα.....	65
2.8.4	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από φωτοβολταϊκούς σταθμούς.....	66
2.9	Βιβλιογραφία κεφαλαίου.....	66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ – ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

3.1	Εισαγωγή.....	68
3.2	Ο ρόλος των φόρων σαν εργαλείο πολιτικής για την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος.....	69
3.2.1	Ο φόρος του άνθρακα.....	70
3.2.2	Εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων...72	
3.3	Ιστορική εξέλιξη της αντιμετώπισης του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου.....	74
3.3.1	Η Συνδιάσκεψη του Ρίο.....	75

3.3.2	Πρωτόκολλο του Κιότο.....	77
3.3.3	Υποχρεώσεις της ΕΕ και της Ελλάδας που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο.....	78
3.3.4	Ευέλικτοι μηχανισμοί του πρωτοκόλλου του Κιότο με βάση την οικονομία της αγοράς.....	80
3.3.4.1	Η από κοινού υλοποίηση και ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης.....	81
3.3.4.2	Εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου.....	84
3.3.5	Οδηγία 2003/87 της ΕΕ «σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας».....	85
3.3.6	Εφαρμογή στην Ελλάδα της οδηγίας 2003/87 για την Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπής.....	88
3.4	Τιμές Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπής CO ₂	89
3.4.1	Μοντέλο PRIMES.....	89
3.4.2	Άλλα μοντέλα.....	90
3.4.3	Προβλέψεις εταιρίας Point Carbon.....	91
3.5	Βιβλιογραφία κεφαλαίου.....	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

4.1	Εισαγωγή.....	95
4.2	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	96
4.2.1	Γενικός τύπος υπολογισμού κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	97
4.2.2	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο λιγνίτη.....	98
4.2.3	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο μαζούτ.....	99
4.2.4	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο φυσικό αέριο.....	100
4.2.5	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο.....	101
4.2.6	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο ντίζελ.....	102
4.2.7	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδες με αεριοστρόβιλους και καύσιμο ντίζελ.....	102
4.2.8	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε νηζελοηλεκτρικές μονάδες με καύσιμο μαζούτ.....	103

4.2.9	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλους και μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς.....	104
4.2.10	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική ενέργεια.....	105
4.2.11	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ενέργεια.....	106
4.2.12	Συμπεράσματα σχετικά με το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	108
4.3	Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη τις δεσμεύσεις του πρωτοκόλλου του Κιότο.....	110
4.4	Επιπτώσεις από την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου στην παραγωγή ηλεκτρισμού.....	117
4.5	Μελλοντική εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τον ενεργειακό τομέα στην Ελλάδα.....	120
4.6	Οικονομική επιβάρυνση της ηλεκτροπαραγωγής από την αύξηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.....	129
4.7	Μέτρα περιορισμού εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ηλεκτροπαραγωγή.....	132
4.8	Συνέπειες από την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Κιότο για τις εταιρίες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια στην ΕΕ.....	133
4.9	Συμπεράσματα.....	136
4.10	Βιβλιογραφία κεφαλαίου.....	141
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	142
	Παράρτημα 1.....	144
	Παράρτημα 2.....	145
	Παράρτημα 3.....	146

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Επιθυμώ να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον καθηγητή κ. Σ. Καρβούνη για την πολύτιμη συμπαράσταση, βοήθεια και υποστήριξη που μου προσέφερε από την αρχή της όλης προσπάθειας, όσο και κατά τη διάρκεια εκπόνησης και ολοκλήρωσης της εργασίας.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.1: Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	2
Σχήμα 1.2: Γεωγραφική κατανομή των σταθμών παραγωγής.....	6
Σχήμα 1.3: Βασικά στοιχεία του δικτύου μεταφοράς 400 kV.....	13
Σχήμα 1.4: Απλοποιημένο διάγραμμα μιας ατμοηλεκτρικής μονάδας.....	20
Σχήμα 1.5: Απλοποιημένο διάγραμμα μιας αεριοστροβιλικής μονάδας.....	22
Σχήμα 1.6: Απλοποιημένο διάγραμμα ενός σταθμού συνδυασμένου κύκλου.....	23
Σχήμα 2.1: Τα διάφορα στρώματα της ατμόσφαιρας.....	33
Σχήμα 2.2: Πηγές και είδη ρύπων.....	41
Σχήμα 3.1: Η εξέλιξη της αγοράς εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής CO ₂ στην ΕΕ.....	92

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.1:	Στοιχεία σχετικά με τη λειτουργική δραστηριότητα της ΔΕΗ (2001-2003).....	4
Πίνακας 1.2:	Εγκατεστημένη ισχύς σε MW και συνολική καθαρή παραγωγή σε GWh της ΔΕΗ Α.Ε. (2001-2003).....	7
Πίνακας 1.3:	Γραμμές μεταφοράς του διασυνδεδεμένου συστήματος.....	14
Πίνακας 1.4:	Δίκτυο διανομής κατά την 31.12.2003.....	15
Πίνακας 1.5:	Ποσότητες πωληθείσας ηλεκτρικής ενέργειας ανά κατηγορία πελάτη στο διασυνδεδεμένο σύστημα και το σύνολο των εσόδων από την κάθε κατηγορία κατά τις χρήσεις 2001 έως 2003.....	16
Πίνακας 1.6:	Ποσότητες πωληθείσας ηλεκτρικής ενέργειας ανά κατηγορία πελάτη στα μη διασυνδεδεμένα νησιά και το σύνολο των εσόδων κατά τις χρήσεις 2001 έως 2003.....	17
Πίνακας 2.1:	Κύριες κατηγορίες ατμοσφαιρικών ρύπων.....	40
Πίνακας 2.2:	Παραγωγή ατμοσφαιρικών ρύπων από διάφορους βιομηχανικούς Κλάδους.....	41
Πίνακας 2.3:	Χαρακτηριστικά στοιχεία αερίων του θερμοκηπίου.....	49
Πίνακας 3.1:	Κατανομή των υποχρεώσεων των κρατών - μελών της ΕΕ για τη μείωση των εκπομπών 6 αερίων στην περίοδο 2008-2012 σε σχέση με το έτος βάσης.....	80
Πίνακας 3.2:	Κόστος μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά ένα ισοδύναμο τόνο με δυνατότητα αλλά και χωρίς δυνατότητα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής.....	91
Πίνακας 4.1:	Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού για ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο λιγνίτη.....	99
Πίνακας 4.2:	Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού για ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο μαζούτ.....	100
Πίνακας 4.3:	Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού για ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο φυσικό αέριο.....	101
Πίνακας 4.4:	Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο.....	101
Πίνακας 4.5:	Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο ντίζελ.....	102
Πίνακας 4.6:	Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε μονάδες με αεριοστρόβιλους και καύσιμο ντίζελ.....	103
Πίνακας 4.7:	Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε νηζελοηλεκτρικές μονάδες με καύσιμο μαζούτ.....	103
Πίνακας 4.8:	Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε μεγάλους υδροηλεκτρικούς Σταθμούς.....	104
Πίνακας 4.9:	Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε μικρούς υδροηλεκτρικούς	

Σταθμούς.....	104
Πίνακας 4.10: Οικονομικά και τεχνικά στοιχεία σχετικά με την εγκατάσταση και τη λειτουργία μονάδων παραγωγής ηλεκτρισμού από ανεμογεννήτριες..	105
Πίνακας 4.11: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από αιολική ενέργεια.....	106
Πίνακας 4.12: Οικονομικά και τεχνικά στοιχεία σχετικά με την εγκατάσταση και τη λειτουργία μονάδων παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά συστήματα.....	107
Πίνακας 4.13: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από ηλιακή ενέργεια.....	107
Πίνακας 4.14: Συντελεστές εκπομπής CO ₂ σε t CO ₂ /TJ για διάφορα καύσιμα.....	111
Πίνακας 4.15: Βαθμοί απόδοσης διάφορων τύπων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	112
Πίνακας 4.16: Εκπομπές CO ₂ σε t για την παραγωγή 1MWh από διαφορετικούς σταθμούς παραγωγής.....	113
Πίνακας 4.17: Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για διάφορα σενάρια της τιμής δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου..	114
Πίνακας 4.18: Ιστορικά στοιχεία και προβλέψεις μεγεθών που επηρεάζουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.....	122
Πίνακας 4.19: Ιστορικά στοιχεία και προβλέψεις του ενεργειακού τομέα σε ktce.....	125
Πίνακας 4.20: Εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον Ελληνικό ενεργειακό τομέα σε χιλιότονους (kt).....	128
Πίνακας 4.21: Εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον Ελληνικό ενεργειακό τομέα σε ισοδύναμους χιλιότονους διοξειδίου του άνθρακα (kt CO _{2eq}).....	129
Πίνακας 4.22: Ετήσια οικονομική επιβάρυνση του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα λόγω της συμμόρφωσης στους περιορισμούς του Πρωτοκόλλου του Κιότο.....	131

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1.1: Ποσοστά συνολικής παραγωγής ανά τύπο καυσίμου κατά το 2003 στο διασυνδεδεμένο σύστημα και στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.....	10
Διάγραμμα 1.2: Πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και τα έσοδα ανά τομέα στο διασυνδεδεμένο σύστημα για το 2003.....	16
Διάγραμμα 1.3: Πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και τα έσοδα ανά τομέα στα μη διασυνδεδεμένα νησιά για το 2003.....	17
Διάγραμμα 4.1: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε €/MWh για το έτος 2003 στην Ελλάδα.....	109
Διάγραμμα 4.2: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε €/MWh αν η τιμή εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής διαμορφωθεί τα 20 €/tCO ₂ ...115	
Διάγραμμα 4.3: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε €/MWh για τιμές εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής από 0 έως 100 €/tCO ₂	116
Διάγραμμα 4.3: Μέσο μεταβλητό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε €/MWh αν η τιμή εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής διαμορφωθεί στα 20 €/tCO ₂	119

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Ελληνικές

ΑΕΠ:	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΑΗΣ:	Ατμοηλεκτρικός Σταθμός
ΑΠΕ:	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΔΕΗ:	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε.
ΔΕΠΑ:	Δημόσια Επιχείρηση Αερίου Α.Ε.
ΔΕΣΜΗΕ:	Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΕΕ:	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΛΠΕ:	Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε.
ΡΑΕ:	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΥΗΣ:	Υδροηλεκτρικός Σταθμός

Αγγλικές

CDM:	Clean Development Mechanism Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης
CFCs:	Χλωροφθοράνθρακες
ET:	Emissions Trading Διαπραγμάτευση Δικαιωμάτων Εκπομπών
GWP:	Global Warming Potential Δυναμικό Παγκόσμιας Αύξησης της Θερμοκρασίας
HAPs:	Hazardous Air Pollutants Επικίνδυνοι αέριοι ρύποι
HFCs:	Φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές

<i>JI:</i>	Joint Implementation Εφαρμογή Προγραμμάτων από Κοινού
<i>PFCs:</i>	Υπερφθοράνθρακες
<i>SPM:</i>	Suspended Particulate Matter Αιωρούμενα σωματίδια
<i>UN:</i>	United Nations Ηνωμένα Έθνη
<i>UNEP:</i>	United Nations Environment Program Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών
<i>UNFCCC:</i>	United Nations Framework Convention on Climate Changes Σύμβαση - Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή των Ηνωμένων Εθνών
<i>UV:</i>	Ultraviolet radiation Υπεριώδης ακτινοβολία
<i>VOCs:</i>	Volatile Organic Compounds Πτητικές οργανικές ενώσεις
<i>WHO:</i>	World Health Organization Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας
<i>WMO:</i>	World Meteorological Organization Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

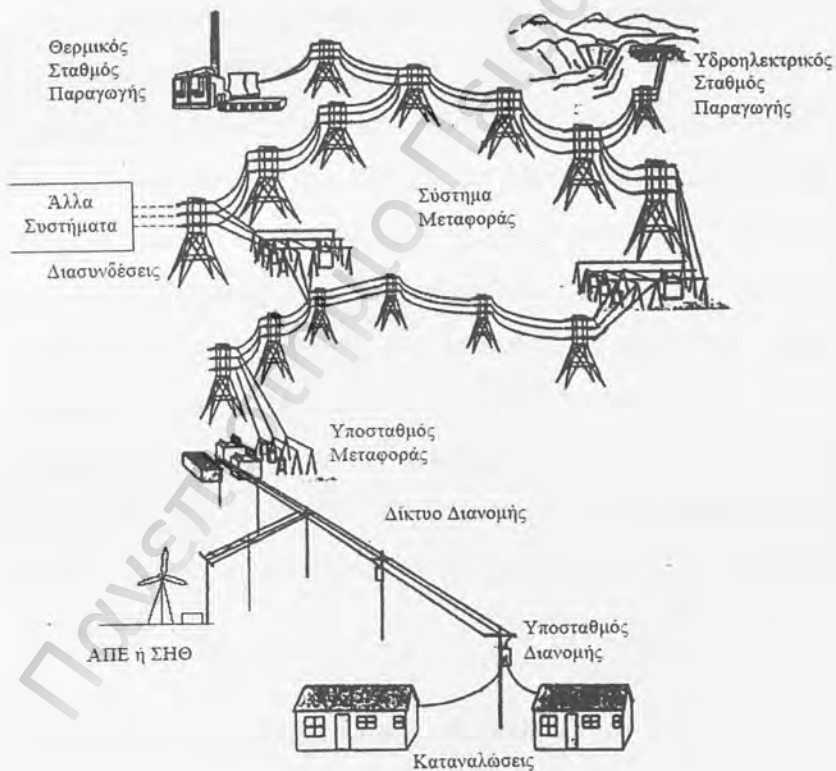
1.1 Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο θα περιγραφεί η εξέλιξη του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα μέχρι σήμερα και θα αναφερθεί ο αριθμός σταθμών παραγωγής που προγραμματίζεται να παραδοθεί σε λειτουργία τα επόμενα χρόνια. Παράλληλα θα παρουσιασθούν στοιχεία σχετικά με τη τοποθεσία και το είδος των σταθμών καθώς αυτό είναι ιδιαίτερα καθοριστικό τόσο για το μέγεθος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τη λειτουργία τους, όσο και για την ανισομερή επιβάρυνση κάποιων περιοχών. Στη συνέχεια θα γίνει μια σύντομη περιγραφή των συστημάτων μεταφοράς και διανομής. Το κεφάλαιο αυτό θα κλείσει με μια σύντομη περιγραφή των κυριότερων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που υπάρχουν στη χώρα μας.

1.2 Ανάπτυξη των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

Από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα, όταν άρχισαν οι εφαρμογές του ηλεκτρισμού, μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 70, παρατηρείται μια συνεχής συγκέντρωση της παραγωγής σε συνεχώς μεγαλύτερους «σταθμούς

Παραγωγής» και παράλληλα ανάπτυξη των δικτύων Μεταφοράς και Διανομής με συνεχώς μεγαλύτερες τάσεις, λόγω της ραγδαίας αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (Σχήμα 1.1). Αυτό συνέβη και στη χώρα μας με την ανάπτυξη του Εθνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), η οποία κατά την περίοδο 1956-63 εξαγόρασε 300 περίπου ηλεκτρικές εταιρίες, που προμήθευαν τότε την ηλεκτρική ενέργεια με μικρά τοπικά δίκτυα [1].



Σχήμα 1.1: Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας [1]

1.3 Γενικά στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

Σήμερα η ΔΕΗ Α.Ε. είναι η μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής και η μοναδική εταιρία διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, η οποία μέχρι την 31^η Δεκεμβρίου του 2003 παρείχε ηλεκτρική ενέργεια σε 6,8 εκατομμύρια πελάτες. Επίσης είναι η μοναδική εταιρία που έχει στην ιδιοκτησία της το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Με την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας (Φεβρουάριος 2001), η ευθύνη της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας πέρασε στο Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε. (ΔΕΣΜΗΕ), μια εταιρία που συστάθηκε για το σκοπό αυτό, ενώ τη γενική εποπτεία του Ελληνικού Ηλεκτρικού Συστήματος (Παραγωγή, Μεταφορά, Διανομή Η/Ε) ανέλαβε η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). Κατά τη διάρκεια του έτους 2003, η Εταιρία παρήγαγε περίπου το 96% από τις 54,4 TWh ηλεκτρικής ενέργειας που παρήχθησαν στην Ελλάδα. Την 31^η Δεκεμβρίου 2003 η εταιρία είχε συνολική εγκατεστημένη ισχύ 12.138 MW. Στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία σχετικά με τη λειτουργική δραστηριότητα της εταιρίας κατά την τριετία 2001 έως 2003 [2].

1.4 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα

Στις 31 Δεκεμβρίου 2003 στο διασυνδεδεμένο σύστημα και στα νησιά Κρήτης και Ρόδου λειτουργούσαν 8 λιγνιτικοί σταθμοί παραγωγής, 4 πετρελαϊκοί

Πίνακας 1.1: Στοιχεία σχετικά με τη λειτουργική δραστηριότητα της ΔΕΗ (2001-2003) [2]

31 ^η Δεκεμβρίου	2001	2002	2003
Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	11.158	11.739	12.138
Καθαρή παραγωγή (TWh)(1)	48,1	48,9	52,2
Πωληθείσα Ηλεκτρική Ενέργεια στους τελικούς καταναλωτές (TWh) (2)	45,5	48,2	50,6
Πελάτες στο τέλος της περιόδου (σε εκατ.)	6,6	6,7	6,8
Αριθμός εργαζομένων	29.453	28.795	28.176
Πελάτες ανά εργαζόμενο	224	234	243
Πωλήσεις ανά εργαζόμενο (MWh)	1.545	1.674	1.794

(1) Η καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ισούται με τη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μείον την εσωτερική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, που οφείλεται στη διαδικασία παραγωγής.

(2) Συμπεριλαμβάνονται οι πωλήσεις στο ορυχείο της ΔΕΗ και σε πελάτες στο εξωτερικό.

σταθμοί παραγωγής, 2 πετρελαϊκές μονάδες και 2 μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου Φυσικού Αερίου στο σταθμό παραγωγής που βρίσκεται στο Λαύριο, ένας σταθμός φυσικού αερίου στον Άγιο Γεώργιο Κερατσινίου, μια μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου Φυσικού Αερίου στο σταθμό Κομοτηνής, 24 υδροηλεκτρικοί και 6 αιολικοί σταθμοί. Επιπρόσθετα, στα υπόλοιπα μη διασυνδεδεμένα νησιά λειτουργούσαν συνολικά 30 αυτόνομοι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί, 15 αιολικά πάρκα και 5 ηλιακοί (φωτοβολταϊκοί) σταθμοί.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των 95 συνολικά σταθμών παραγωγής είναι 12.138 MW. Από το σύνολο εγκατεστημένης ισχύος, τα 10.686 MW αποτελούν ισχύ σταθμών συνδεδεμένων στο διασυνδεδεμένο σύστημα, το οποίο

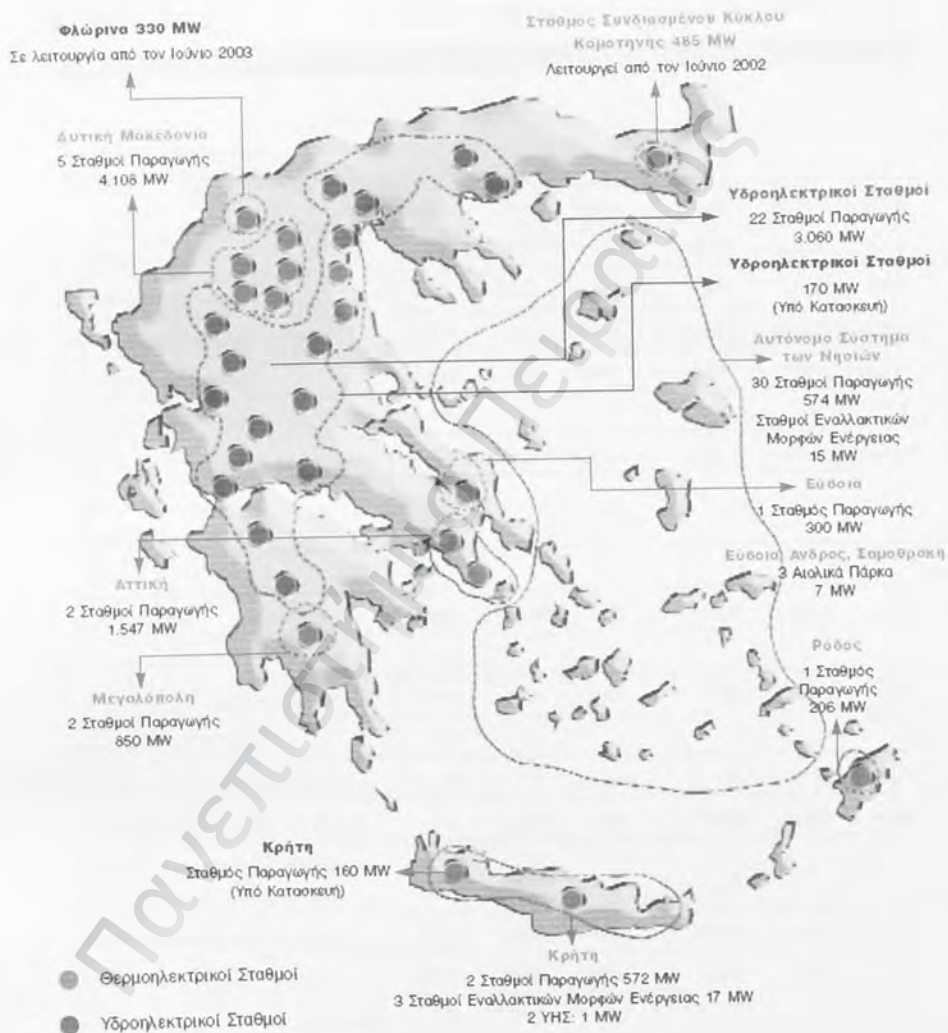
προμηθεύει ηλεκτρική ενέργεια στην ηπειρωτική Ελλάδα και σε ορισμένα κοντινά νησιά, συνδεδεμένα τόσο μεταξύ τους όσο και με το διασυνδεδεμένο σύστημα με υποβρύχια καλώδια.

Τα συστήματα παραγωγής της Κρήτης και της Ρόδου έχουν εγκατεστημένη ισχύ 646 MW και 206 MW αντίστοιχα. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των υπολοίπων μη διασυνδεδεμένων νησιών είναι 601 MW. Στον Σχήμα 1.2 αποτυπώνεται η γεωγραφική κατανομή των σταθμών παραγωγής και στον Πίνακα 1.2 παρατίθεται η εγκατεστημένη ισχύς σε MW με βάση την πρωτογενή πηγή ενέργειας (χρήση καυσίμου) για την τριετία 2001-2003 καθώς και η συνολική καθαρή παραγωγή σε GWh για την ίδια περίοδο.

Η ζήτηση και η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος διαφέρουν ανά περιοχές της Ελλάδας. Στην ηπειρωτική Ελλάδα, το μέγιστο της παραγωγικής ισχύος είναι συγκεντρωμένο στο βόρειο τμήμα της χώρας κοντά στα περισσότερα λιγνιτωρυχεία, τα οποία αποτελούν την κυριότερη πηγή καυσίμου. Από την άλλη πλευρά, στα νησιά, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από την απόσταση των νησιών από την ηπειρωτική Ελλάδα, καθώς και από τη δυνατότητα σύνδεσής τους με το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής Ελλάδας.

Τα νησιά του Ιονίου, όπως επίσης και ορισμένα του Αιγαίου, είναι συνδεδεμένα με το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής Ελλάδας και

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



Σχήμα 1.2: Γεωγραφική κατανομή των σταθμών παραγωγής [2]

Πίνακας 1.2: Εγκατεστημένη ισχύς σε MW και συνολική καθαρή παραγωγή σε GWh
της ΔΕΗ Α.Ε. (2001-2003) [2]

31η ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)			Συνολική Καθαρή Παραγωγή (GWh)		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Διασυνδεδεμένο Σύστημα						
Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί						
Λιγνιτικοί	4.933	4.958	5.287	32.042	31.197	31.643
Πετρελαϊκοί	750	750	750	3.543	3.394	3.311
Φυσικού Αερίου	1.100	1.581	1.581	5.814	6.725	7.632
Σύνολο Θερμοηλεκτρικών Σταθμών	6.783	7.289	7.618	41.399	41.316	42.586
Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	3.060	3.060	3.060	2.666	3.381	5.211
Αιολικές και άλλες ανανεώσιμες πηγές	5	5	7	11	14	16
Σύνολο Διασυνδεδεμένου Συστήματος	9.848	10.354	10.585	44.076	44.711	47.813
Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά						
Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί						
Λιγνιτικοί	-	-	-	-	-	-
Πετρελαϊκοί	1.277	1.352	1.422	3.886	4.122	4.327
Φυσικού Αερίου	-	-	-	-	-	-
Σύνολο Θερμοηλεκτρικών Σταθμών	1.277	1.352	1.422	3.886	4.122	4.327
Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	1	1	1	1	1	1
Αιολικές και άλλες ανανεώσιμες πηγές	32	32	30	91	68	73
Σύνολο Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών	1.310	1.385	1.453	3.978	4.191	4.401
Σύνολο Διασυνδεδεμένου Συστήματος και Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών						
Σύνολο Θερμοηλεκτρικών Σταθμών	8.060	8.641	9.040	45.285	45.438	46.913
Σύνολο Υδροηλεκτρικών Σταθμών	3.061	3.061	3.061	2.667	3.382	5.212
Σύνολο Αιολικών και άλλων ανανεώσιμων πηγών	37	37	37	102	82	89
ΣΥΝΟΛΟ	11.158	11.739	12.138	48.054	48.902	52.214

μαζί με το σύστημα αυτό αποτελούν το «διασυνδεδεμένο σύστημα». Τα υπόλοιπα νησιά τα οποία αναφέρονται ως «μη διασυνδεδεμένα νησιά», εξυπηρετούνται από αυτόνομους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίοι λειτουργούν κατά κύριο λόγο με πετρέλαιο και αιολική ενέργεια. Οι περισσότεροι σταθμοί παραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά είναι μικρού μεγέθους, βάσει του πληθυσμού που εξυπηρετούν. Οι σταθμοί παραγωγής της Κρήτης και της Ρόδου θεωρούνται μεγάλοι σταθμοί.

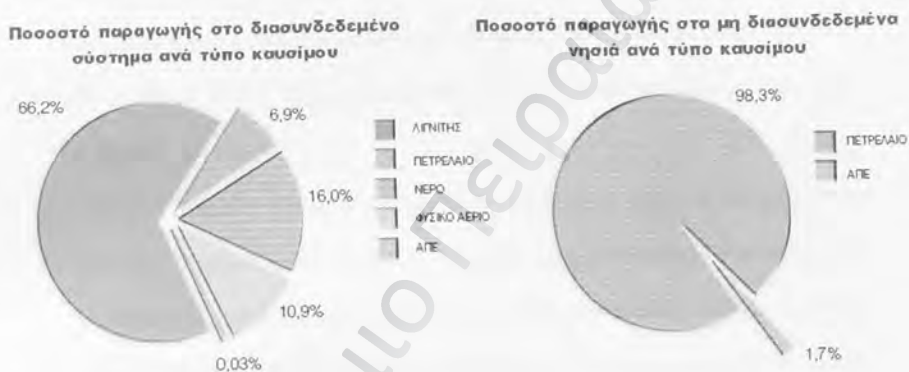
Όλοι οι λιγνιτικοί σταθμοί βρίσκονται κοντά στα ορυχεία της Εταιρίας προκειμένου να μειωθεί το κόστος μεταφοράς λιγνίτη, η μεγαλύτερη ποσότητα του οποίου μεταφέρεται πάνω σε ταινιόδρομους. Καθώς η Εταιρία πραγματοποιεί την εξόρυξη του συνόλου σχεδόν του λιγνίτη από ορυχεία που της ανήκουν, το κόστος παραγωγής του, είναι το σημαντικότερο κόστος αυτής της θερμικής πηγής παραγωγής ενέργειας. Αναφορικά με το πετρέλαιο ως καύσιμο, η εταιρία «Ελληνικά Πετρέλαια Α. Ε.» ή «ΕΛΠΕ», που ελέγχεται από το Ελληνικό Δημόσιο, είναι επί του παρόντος ο μοναδικός προμηθευτής πετρελαίου. Οι τιμές παράδοσης των υγρών καυσίμων διαμορφώνονται σε εβδομαδιαία βάση και βασίζονται στο μέσο όρο των υψηλών τιμών των σχετικών πετρελαιοειδών κατά τη διάρκεια της προηγούμενης εβδομάδας, όπως αυτές δημοσιεύονται στο Platt's Oilgram Marketscan.

Η ΔΕΗ είναι ο μεγαλύτερος αγοραστής φυσικού αερίου στην Ελλάδα. Αγοράζει περίπου το 75% της ποσότητας του αερίου που διακινεί η εταιρία «Δημόσια Επιχείρηση Αερίου Α. Ε.» ή «ΔΕΠΑ» βάσει μιας σύμβασης αγοράς φυσικού αερίου που τέθηκε σε ισχύ το 1994 και λήγει το 2016. Επιπρόσθετα, η Εταιρία

χρησιμοποιεί ενέργεια παραγόμενη από υδροηλεκτρικούς σταθμούς σε περιόδους αιχμής φορτίου. Λόγω των υπηρεσιών κοινής ωφελείας που υποχρεούται η ΔΕΗ να παρέχει, όπως για παράδειγμα η παροχή νερού άρδευσης, ορισμένοι από τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς της Εταιρίας λειτουργούν ακόμη και σε περιόδους μη αιχμής. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί χρειάζονται συνήθως χαμηλότερα επίπεδα συντήρησης και λιγότερο προσωπικό απ' ότι οι άλλοι σταθμοί παραγωγής. Η Εταιρία έχει εγκαταστήσει 158 ανεμογεννήτριες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 37 MW, 5 φωτοβολταϊκούς σταθμούς καθώς και πλήθος μεμονωμένων φωτοβολταϊκών μονάδων σε μικρά και απομονωμένα νησιά. Το 2003, η παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έφτασε τις 90 GWh περίπου. Σημειώνεται ότι η Επιχειρησιακή Μονάδα Διανομής είναι υπεύθυνη για την παραγωγή και καλή λειτουργία των σταθμών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Όλοι αυτοί οι σταθμοί, πλην τριών, βρίσκονται εγκατεστημένοι στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Από το Φεβρουάριο του 2001 η ΔΕΗ υπέβαλλε αιτήσεις στο Υπουργείο Ανάπτυξης για χορήγηση αδειών παραγωγής για την κατασκευή 40 αιολικών πάρκων, τριών γεωθερμικών σταθμών και ενός ηλιακού σταθμού με συνολική εγκατεστημένη ισχύ περίπου 510 MW. Μέχρι σήμερα η Εταιρία έχει λάβει άδεια για τη δημιουργία 13 αιολικών πάρκων συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 29,6 MW περίπου και ενός γεωθερμικού σταθμού συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 8 MW. Επίσης η Εταιρία έχει λάβει θετική γνωμοδότηση από τη ΡΑΕ για την κατασκευή 10 επιπλέον αιολικών πάρκων με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 57,5 MW περίπου. Η Εταιρία εκτιμά ότι κάποιοι εκ των ως άνω σταθμών θα τεθούν σε λειτουργία το 2006. Τέλος, οι θυγατρικές της Εταιρίας «ΔΕΗ Ανανεώσιμες»

και «ΔΕΗ Ρόδος» (πρώην ΚΟΖΕΝ) εξετάζουν επίσης τη δυνατότητα να αυξηθεί η παραγωγή από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είτε με απευθείας επενδύσεις είτε μέσω συμμετοχής σε επιχειρησιακά σχήματα. Σύμφωνα με τα ανωτέρω, τα ποσοστά της συνολικής παραγωγής ανά τύπο καυσίμου, που είχε χρησιμοποιηθεί κατά την 31η Δεκεμβρίου 2003 στο διασυνδεδεμένο σύστημα και στα μη διασυνδεδεμένα νησιά, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1.1 [2].



Διάγραμμα 1.1: Ποσοστά συνολικής παραγωγής ανά τύπο καυσίμου κατά το 2003 στο διασυνδεδεμένο σύστημα και στα μη διασυνδεδεμένα νησιά [2]

1.5 Σταθμοί παραγωγής που δόθηκαν σε λειτουργία πρόσφατα ή αναμένεται να δοθούν σε λειτουργία μέσα στην επόμενη διετία

Οι κάτωθι σταθμοί ή μονάδες παραγωγής έχουν ήδη κατασκευασθεί ή βρίσκονται υπό κατασκευή και αναμένεται να τεθούν σε εμπορική λειτουργία μεταξύ του 2003 και του 2006.

- Σταθμός παραγωγής με καύσιμο το λιγνίτη και εγκατεστημένη ισχύ 330 MW στη Φλώρινα. Η λειτουργία του σταθμού ξεκίνησε το πρώτο εξάμηνο του 2003.
- Υδροηλεκτρικός σταθμός με εγκατεστημένη ισχύ 162 MW στη Μεσοχώρα. Η εμπορική λειτουργία του σταθμού αναμένεται κατά το 2006.
- Σταθμός παραγωγής αποτελούμενος από δύο πετρελαϊκές μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 102 MW στον Αθρινόλακκο Λασιθίου. Ο σταθμός αυτός έχει προγραμματισθεί να τεθεί σε λειτουργία το β' εξάμηνο του 2004.
- Σταθμός παραγωγής με καύσιμο το πετρέλαιο (με παράλληλη ικανότητα καύσης φυσικού αερίου) στον Αθρινόλακκο Λασιθίου, ο οποίος θα αποτελείται από δύο ατμοηλεκτρικές μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 90 -100 MW. Ο εν λόγω σταθμός έχει προγραμματισθεί να τεθεί σε λειτουργία το 2006.
- Δύο αεριοστροβιλικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο νηζέλ εγκατεστημένης ισχύος 28 MW η κάθε μία, στους σταθμούς Χανίων και Λινοπεραμάτων. Η εμπορική λειτουργία τους ξεκίνησε το α' εξάμηνο του 2003, ενώ αναμένεται να τεθεί σε λειτουργία και τρίτος αεριοστρόβιλος στο σταθμό της ίδιας ισχύος (28 MW) τον Ιούνιο του 2004.
- Υπογράφηκε η σύμβαση κατασκευής μίας νέας μονάδας φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου (02.01.2004) στο σταθμό του Λαυρίου ισχύος 385 MW. Το έργο αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2006 [2].

1.6 Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας στη Ελλάδα

Η ΔΕΗ έχει στην κυριότητα της το ηλεκτρικό σύστημα μεταφοράς της ηπειρωτικής Ελλάδας από το οποίο μεταφέρεται ηλεκτρική ενέργεια, μέσω των γραμμών υψηλής τάσης, σε ολόκληρη τη χώρα. Η λειτουργία του διασυνδεδεμένου συστήματος μεταφοράς είναι υπό την ευθύνη του ΔΕΣΜΗΕ. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, από τους σταθμούς της ΔΕΗ ή από ανεξάρτητους παραγωγούς και στην περίπτωση εισαγόμενου ρεύματος από τα σημεία διασύνδεσης με τα γειτονικά ηλεκτρικά συστήματα, μεταφέρεται στους μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές και στο δίκτυο διανομής από όπου στη συνέχεια διανέμεται στην ηπειρωτική χώρα

Τη σπονδυλική στήλη του διασυνδεδεμένου συστήματος μεταφοράς αποτελούν οι τρεις γραμμές διπλού κυκλώματος των 400 kV, που μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια, κυρίως από το σπουδαιότερο για τη χώρα μας ενεργειακό κέντρο παραγωγής της Δυτικής Μακεδονίας. Στην περιοχή αυτή παράγεται περίπου το 70% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας που στη συνέχεια μεταφέρεται στα μεγάλα κέντρα κατανάλωσης της Κεντρικής και Νότιας Ελλάδας, όπου καταναλώνεται περίπου το 65%-70% του ρεύματος. Το σύστημα μεταφοράς διαθέτει επιπλέον γραμμές των 400 kV, εναέριες, υπόγειες και υποβρύχια καλώδια των 150 kV και των 66 kV, που συνδέουν τα νησιά της Δυτικής Ελλάδας, με το διασυνδεδεμένο σύστημα. Επιπλέον, το σύστημα Μεταφοράς είναι συνδεδεμένο με τα γειτονικά ηλεκτρικά συστήματα της Αλβανίας, της ΠΓΔΜ, της Βουλγαρίας καθώς και με απευθείας υποβρύχιο

καλώδιο των 400 kV συνεχούς ρεύματος με το ηλεκτρικό σύστημα της Ιταλίας.
 Στο Σχήμα 1.3 παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία του δικτύου Μεταφοράς των
 400 kV της χώρας μας. Την 31η Δεκεμβρίου 2003 το διασυνδεδεμένο σύστημα



Σχήμα 1.3: Βασικά στοιχεία του δικτύου μεταφοράς 400 kV [2]

Μεταφοράς συμπεριλάμβανε 10.413 χλμ. γραμμών, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.3.

Πίνακας 1.3: Γραμμές μεταφοράς του διασυνδεδεμένου συστήματος [2]

Γραμμές Μεταφοράς (χλμ)					
	400 kV	DC 400kV	150kV ⁽¹⁾	66kV ⁽¹⁾	Σύνολο
Εναέριες	2.309	106	7.792	39	10.246
Υποβρύχιες	-	-	123	15	138
Υπόγειες	-	-	29	-	29
Σύνολο	2.309	106	7.944	54	10.413

(1) Δεν περιλαμβάνονται τα 656 χλμ. γραμμών υψηλής τάσης (150 kV και 66kV) των αυτόνομων νησιών καθώς και 138 χλμ. υπογείων γραμμών των 150 kV στην περιοχή της Αθήνας που υπάγονται στην Επιχειρησιακή Μονάδα Διανομής.

1.7 Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας

Η Επιχειρησιακή Μονάδα της Διανομής είναι υπεύθυνη για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την ελληνική επικράτεια, τόσο στην περιοχή του διασυνδεδεμένου συστήματος όσο και στα μη διασυνδεδεμένα νησιά, προμηθεύοντας έτσι με ηλεκτρικό ρεύμα όλους τους πελάτες της ΔΕΗ (συμπεριλαμβανομένων των πελατών μέσης και υψηλής τάσης). Με τον όρο «διανομή» εννοείται η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα μεταφοράς στον τελικό καταναλωτή.

Σύμφωνα με το Ν. 2773/1999, η ΔΕΗ ως ο μοναδικός επί του παρόντος διανομέας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, εκτός από την υποχρέωση

διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στους πελάτες, είναι υποχρεωμένη να παρέχει πρόσβαση στο δίκτυο διανομής σε όλους τους κατόχους αδειών παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας. Προκειμένου να παρέχει την εν λόγω πρόσβαση στο δίκτυο διανομής, η ΔΕΗ έχει δικαίωμα να χρεώσει τους παραγωγούς, τους πελάτες και τους προμηθευτές με ένα τέλος σύνδεσης, το οποίο εγκρίνεται από τον Υπουργό Ανάπτυξης, ύστερα από γνωμοδότηση της ΡΑΕ. Στον Πίνακα 1.4 παρουσιάζεται το δίκτυο διανομής στην Ελλάδα κατά την 31.12.2003 και στον Πίνακα 1.5 οι ποσότητες πωληθείσας ηλεκτρικής ενέργειας, ανά κατηγορία πελάτη στο διασυνδεδεμένο σύστημα και το σύνολο των εσόδων από την κάθε κατηγορία κατά τις χρήσεις 2001 έως 2003. Επίσης στο Διάγραμμα 1.2 παρουσιάζονται οι πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και τα έσοδα ανά τομέα στο διασυνδεδεμένο σύστημα για το 2003. Τέλος στον Πίνακα 1.6 παρουσιάζονται οι ποσότητες πωληθείσας ηλεκτρικής ενέργειας ανά κατηγορία πελάτη και το σύνολο εσόδων από την κάθε κατηγορία κατά τις χρήσεις 2001 έως 2003 και στο Διάγραμμα 1.3 οι πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και τα έσοδα ανά τομέα στα μη διασυνδεδεμένα νησιά [2].

Πίνακας 1.4: Δίκτυο διανομής κατά την 31.12.2003 [2]

	Γραμμές Διανομής		
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα και Μη διασυνδεδεμένα Νησιά (χλμ)		
	22, 20, 15, 6.6 kV	230-400 Volt	Σύνολο
Εναέριες	88.500	95.900	184.400
Υποβρύχιες	1.021	2	1.023
Υπόγειες	7.285	9.300	16.585
Σύνολο	96.806	105.202	202.008

Πίνακας 1.5: Ποσότητες πωληθείσας ηλεκτρικής ενέργειας ανά κατηγορία πελάτη στο διασυνδεδεμένο σύστημα και το σύνολο των εσόδων από την κάθε κατηγορία κατά τις χρήσεις 2001 έως 2003 [2]

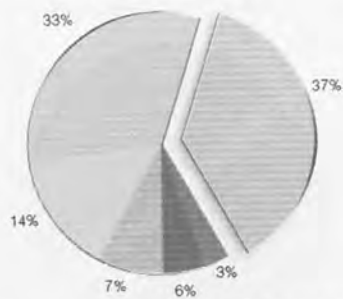
(01.01.-31.12)	Πωλήσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα					
	2001		2002		2003	
	GWh	€ εκατ.	GWh	€ εκατ.	GWh	€ εκατ.
Βιομηχανικός τομέας	13.531	646	13.919	679	13.805	673
Υψηλή Τάση	6.719	232	7.028	244	6.799	218
Μέση και Χαμηλή Τάση	6.812	414	6.921	435	7.006	455
Εμπορικός τομέας	9.462	866	10.023	953	10.755	1.056
Οικιακός τομέας	13.207	954	14.280	1.071	14.854	1.159
Αγροτικός τομέας	2.562	88	2.266	83	2.571	93
Λοιποί	1.953	150	1.998	161	2.146	178
Σύνολο	40.715	2.704	42.516	2.947	44.131	3.159

Σημείωση: Στα ανωτέρω έσοδα δεν περιλαμβάνεται η μη τιμολογημένη κατανάλωση από πελάτες μέσης και χαμηλής τάσης

Πωλήσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας 2003
(Διασυνδεδεμένο Σύστημα)



Έσοδα από Πωλήσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας 2003
(Διασυνδεδεμένο Σύστημα)



Διάγραμμα 1.2: Πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και τα έσοδα ανά τομέα στο διασυνδεδεμένο σύστημα για το 2003 [2]

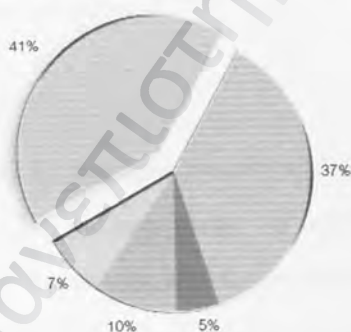
Πίνακας 1.6: Ποσότητες πωληθείσας ηλεκτρικής ενέργειας ανά κατηγορία πελάτη στα μη διασυνδεδεμένα νησιά και το σύνολο των εσόδων κατά τις χρήσεις 2001 έως 2003 [2]

(1.1.-31.12)	2001		2002		2003	
	GWh	€ εκατ .	GWh	€ εκατ .	GWh	€ εκατ .
Βιομηχανικός τομέας	275	21	288	21	305	23
Υψηλή Τάση	-	-	-	-	-	-
Μέση και Χαμηλή Τάση	275	21	288	21	305	23
Εμπορικός τομέας	1.551	141	1.645	159	1.776	174
Οικιακός τομέας	1.339	103	1.495	120	1.589	133
Αγροτικός τομέας	218	9	218	8	212	8
Λοιποί	374	29	390	32	409	34
Σύνολο	3.757	303	4.036	340	4.291	372

Σημείωση: Στα ανωτέρω έσοδα δεν περιλαμβάνεται η μη τιμολογημένη κατανάλωση από πελάτες μέσης και χαμηλής τάσης

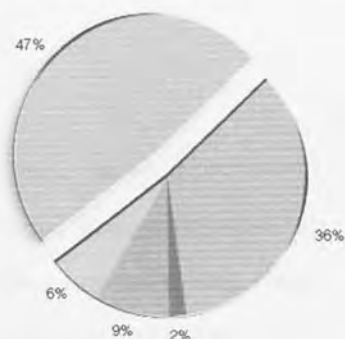
Πωλήσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας 2003

(Μη διασυνδεδεμένα νησιά)



Έσοδα από Πωλήσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας 2003

(Μη διασυνδεδεμένα νησιά)



Διάγραμμα 1.3: Πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και τα έσοδα ανά τομέα στα μη διασυνδεδεμένα νησιά για το 2003 [2]

1.8 Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω η ηλεκτρική ισχύς για την τροφοδότηση διασυνδεόμενων δικτύων παράγεται, με ελάχιστες εξαιρέσεις, στους θερμικούς και στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής. Στους θερμικούς σταθμούς η θερμότητα μετατρέπεται σε μηχανική και ακολούθως σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί μετατρέπουν την ενέργεια του νερού σε μηχανική και ακολούθως σε ηλεκτρική ενέργεια. Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά οι βασικές αρχές λειτουργίας των θερμικών και υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής καθώς και των υπολοίπων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) που βρίσκονται εγκατεστημένες κυρίως στη νησιωτική χώρα. Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να αναφέρουμε ότι και οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί ανήκουν στις ΑΠΕ.

1.9 Θερμικοί σταθμοί

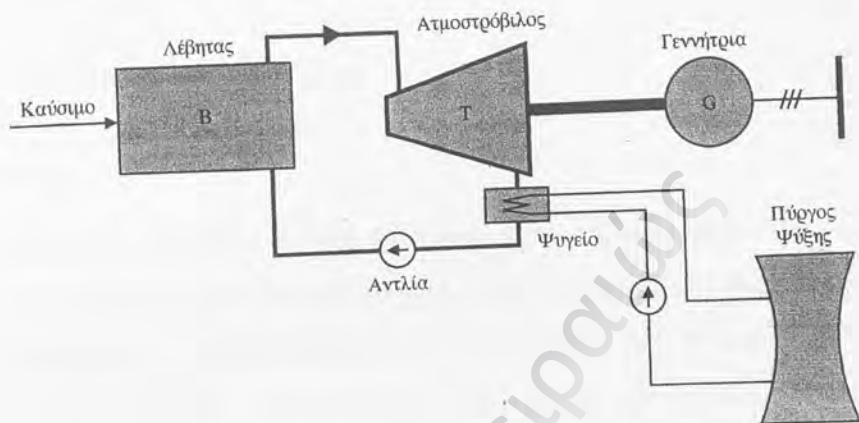
Οι θερμικοί σταθμοί διακρίνονται ανάλογα με τα καύσιμα που χρησιμοποιούν σε συμβατικούς και πυρηνικούς. Τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται διεθνώς είναι τα εξής: λιθάνθρακες (περιλαμβανομένου και του λιγνίτη), τύρφη, πετρέλαιο (ντήζελ ή μαζούτ) και φυσικό αέριο. Πυρηνικά καύσιμα είναι κυρίως μίγμα σχάσιμου ουρανίου U_{235} και άλλων ισοτόπων του. Εδώ δεν θα ασχοληθούμε με τα πυρηνικά εργοστάσια αφού δε διαφαίνεται εφαρμογή τους στην Ελλάδα στο εγγύς μέλλον.

Οι θερμικοί σταθμοί κατατάσσονται, ανάλογα με το μέσο και τις μηχανές που χρησιμοποιούν για το θερμοδυναμικό τους κύκλο, σε ατμοηλεκτρικούς που χρησιμοποιούν ατμό και ατμοστρόβιλους, σε αεριοστροβιλικούς που χρησιμοποιούν καυσαέρια και αεριοστρόβιλους και σε νηζελοηλεκτρικούς με εμβολοφόρες μηχανές ντήζελ. Οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου είναι ένας συνδυασμός αεριοστροβιλικού και ατμοηλεκτρικού σταθμού.

1.9.1 Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί

Ένας ατμοηλεκτρικός σταθμός (ΑΗΣ) αποτελείται από μια ή περισσότερες μονάδες που εργάζονται παράλληλα. Κάθε μονάδα έχει συνήθως το δικό της λέβητα, στρόβιλο, γεννήτρια, πύργο ψύξης, καμινάδα και όλο το ηλεκτρικό σύστημα μέχρι το δίκτυο. Μόνο οι εγκαταστάσεις μεταφοράς καυσίμου είναι κοινές και μερικές φορές η καμινάδα.

Το Σχήμα 1.4 δείχνει το απλοποιημένο διάγραμμα μιας ατμοηλεκτρικής μονάδας. Ο υπέρθερμος ατμός (π.χ. 170 bar, 540 °C) που παράγεται στο λέβητα εκτονώνεται στις διάφορες (συνήθως τρεις) βαθμίδες του ατμοστρόβιλου ο οποίος κινεί τη γεννήτρια. Στην έξοδο του στρόβιλου ο ατμός συμπυκνώνεται σε νερό (~35 °C) στο ψυγείο με τη βοήθεια του εναλλάκτη θερμότητας που διαρρέεται από ψυχρό νερό. Στο ψυγείο γίνεται η αποβολή της θερμότητας που δεν χρησιμοποιήθηκε η οποία πηγαίνει τελικά στον πύργο ψύξης όπου αποβάλλεται στο περιβάλλον.



Σχήμα 1.4: Απλοποιημένο διάγραμμα μιας ατμοηλεκτρικής μονάδας [3]

Ο βαθμός απόδοσης των ΑΗΣ είναι 30-45%, σχετικά μεγάλος για θερμικά εργοστάσια. Τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στους ΑΗΣ είναι λιθάνθρακες, λιγνίτες, τύρφη, μαζούτ και φυσικό αέριο. Στη χώρα μας, οι λιγνιτικοί ΑΗΣ, λόγω του σχετικά μεγάλου βαθμού απόδοσης και του φθηνού καυσίμου, έχουν μικρό λειτουργικό κόστος ανά παραγόμενη KWh και χρησιμοποιούνται ως σταθμοί βάσης. Χρειάζονται όμως πολλές ώρες και μια πολύπλοκη διαδικασία για την εκκίνησή τους. Η ρύθμιση της ισχύος των ΑΗΣ είναι σχετικά πολύπλοκη και αργή, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται στερεά καύσιμα. Ο ρυθμός μεταβολής της ισχύος είναι της τάξης 2-3% της ονομαστικής ισχύος του σταθμού ανά λεπτό. Με εντολή του Αυτόματου Ελέγχου Παραγωγής αλλάζει το σημείο ρύθμισης του ρυθμιστή στροφών της μονάδας, ο οποίος δίνει εντολή μεταβολής στη βαλβίδα εισόδου ατμού στον στρόβιλο. Τα αισθητήρια

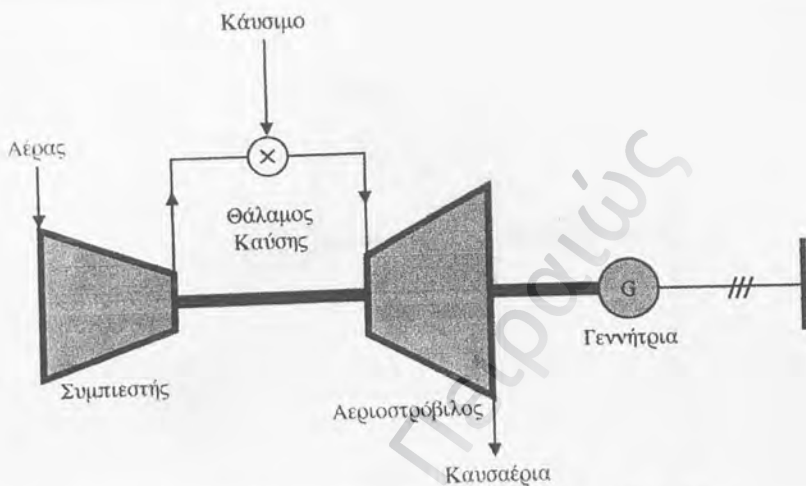
του λέβητα αντιλαμβάνονται κατόπιν την αλλαγή στην πίεση του ατμού και δίνεται εντολή αλλαγής ροής καυσίμου και αέρα [3].

1.9.2 Αεριοστροβιλικοί Σταθμοί

Ένας αεριοστροβιλικός σταθμός αποτελείται από μια ή περισσότερες μονάδες. Κάθε αεριοστροβιλική μονάδα αποτελείται από τέσσερα μέρη (Σχήμα 1.5): το συμπιεστή, το θάλαμο καύσης, τον αεριοστρόβιλο και τη γεννήτρια. Ο ατμοσφαιρικός αέρας, αφού συμπιεστεί στα 10 bar περίπου, οδηγείται στο θάλαμο καύσης όπου ψεκάζεται με πετρέλαιο (ντήζελ) ή φυσικό αέριο. Τα αέρια προϊόντα της καύσης έχουν θερμοκρασία μέχρι 850°C. Τα καυσαέρια οδηγούνται στον αεριοστρόβιλο και εκτονώνονται, μετατρέπεται δε κατά την εκτόνωσή τους μέρος της ενέργειας τους σε μηχανική ενέργεια. Τα καυσαέρια μετά την εκτόνωσή τους στον αεριοστρόβιλο έχουν θερμοκρασία μέχρι περίπου 600 °C.

Η σημαντική ισχύς που απαιτείται για την κίνηση του συμπιεστή και η υψηλή θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι οι κύριες αιτίες του μικρού βαθμού απόδοσης των αεριοστροβιλικών μονάδων (25-30%). Οι αεριοστροβιλικές μονάδες λόγω του χαμηλού βαθμού απόδοσης και του υψηλού κόστους καυσίμου (όταν χρησιμοποιούν ντήζελ) έχουν πολύ μεγάλο κόστος λειτουργίας. Η εκκίνησή τους γίνεται πολύ γρήγορα. Μέσα σε 3-5 λεπτά από τη στιγμή εντολής εκκίνησης μπορεί να ξεκινήσουν και η ρύθμισή τους είναι ταχύτατη.

Έτσι οι αεριοστρόβιλοι χρησιμοποιούνται σαν μονάδες αιχμής για την κάλυψη των αιχμών του φορτίου [3].

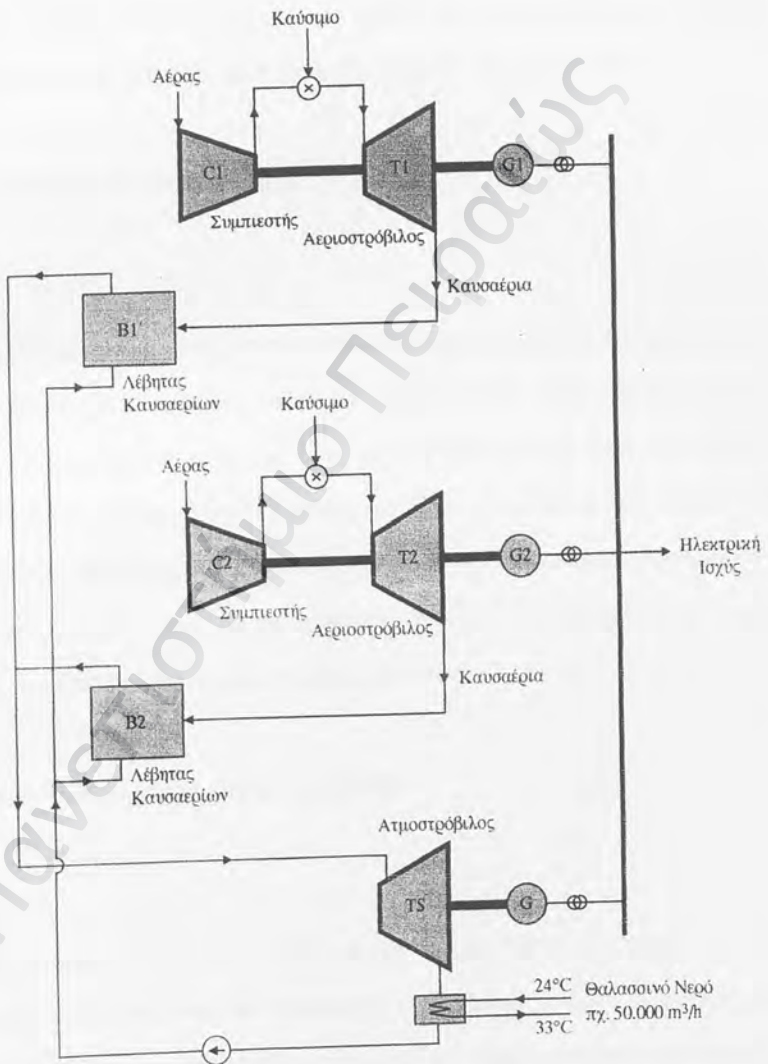


Σχήμα 1.5: Απλοποιημένο διάγραμμα μιας αεριοστροβλικής μονάδας [3]

1.9.3 Σταθμοί Συνδυασμένου Κύκλου

Στους σταθμούς συνδυασμένου κύκλου τα καυσαέρια θερμοκρασίας 300-600°C από την έξοδο του αεριοστρόβιλου διοχετεύονται σε λέβητα ανακομιδής θερμότητας (Heat Recovery Steam Generator). Εκεί παράγεται ατμός που κινεί ατμοστρόβιλο. Ένας σταθμός συνδυασμένου κύκλου αποτελείται από μια ή συνήθως περισσότερες αεριοστροβλικές μονάδες με τους αντίστοιχους λέβητες καυσαερίων και από ένα ζεύγος ατμοστρόβιλου-γεννήτριας.

Το Σχήμα 1.6 δείχνει ένα σταθμό συνδυασμένου κύκλου με δύο αεριοστρόβιλους και ένα ατμοστρόβιλο. Τα καυσαέρια από τους δύο αεριοστρόβιλους, θερμοκρασίας 500 - 600 °C, οδηγούνται στους δύο λέβητες



Σχήμα 1.6: Απλοποιημένο διάγραμμα ενός σταθμού συνδυασμένου κύκλου [3]

καυσαερίων, όπου παράγεται ατμός που κινεί τον ατμοστρόβιλο. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης φθάνει το 50%. Όπως είναι φυσικό, χρησιμοποιούνται τα καύσιμα των αεριοστροβίλων, δηλαδή πετρέλαιο ντήζελ και φυσικό αέριο. Η ρύθμιση της εξόδου τους λόγω του κύκλου ατμού δεν μπορεί να γίνει τόσο γρήγορα όσο στους αεριοστροβιλικούς σταθμούς. Χρησιμοποιούνται συνήθως σαν σταθμοί κυμαινόμενου φορτίου [3].

1.9.4 Νηζελοηλεκτρικοί σταθμοί

Οι νηζελοηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούν εμβολοφόρους κινητήρες ντήζελ. Ως καύσιμα χρησιμοποιούν διάφορα αποστάγματα του πετρελαίου (τα βαρύτερα χρησιμοποιούνται για τους μεγαλύτερους κινητήρες). Ο βαθμός απόδοσης σε μεγάλες μονάδες φθάνει το 50%. Η ρύθμιση της ισχύος δεν παρουσιάζει προβλήματα. Στην Ελλάδα, οι νηζελοηλεκτρικοί σταθμοί δεν χρησιμοποιούνται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Χρησιμοποιούνται στα συστήματα Κρήτης - Ρόδου και στα μικρά αυτόνομα δίκτυα των νησιών [3].

1.10 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μετατρέπουν τις διάφορες φυσικές μορφές ενέργειας που υπάρχουν στο περιβάλλον σε χρήσιμες μορφές ενέργειας. Για παράδειγμα, η κίνηση του ανέμου και του νερού, η θερμότητα και η ακτινοβολία του ήλιου, η θερμότητα του εδάφους, οι υδατάνθρακες των φυτών αποτελούν

φυσικές μορφές ενέργειας, που μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές μας ανάγκες. Βασικό πλεονέκτημα των ΑΠΕ έναντι των συμβατικών πηγών είναι το ότι ανανεώνονται από τη φύση και δεν προκαλούν τη μόλυνση της ατμόσφαιρας. Από την άλλη πλευρά όμως ο ρυθμός που παρέχεται η ενέργεια από τη φύση συνήθως δεν είναι ελεγχόμενος.

1.11 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί

Το νερό που ρέει στους ποταμούς περιέχει ενέργεια η οποία μπορεί να μετατραπεί σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Ανάλογα με την υψομετρική διαφορά του νερού που διεργάζονται οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΥΗΣ) διακρίνονται σε σταθμούς χαμηλής (<20m), μέσης (20-100m) και υψηλής πίεσης (>100m). Οι υψομετρικές διαφορές που διεργάζονται οι ΥΗΣ είναι από μερικά μέτρα, π.χ. 3m, μέχρι και 1500m περίπου. Η κινητήρια μηχανή των ΥΗΣ είναι ο υδροστρόβιλος.

Ανάλογα με το αν το νερό προέρχεται από τη συνεχή ροή ενός ποταμού ή από μια δεξαμενή οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί χαρακτηρίζονται ως σταθμοί φυσικής ροής ή σταθμοί δεξαμενής αντίστοιχα. Στους σταθμούς δεξαμενής κατατάσσονται και οι υδροαντλητικοί σταθμοί [3].

1.11.1 Σταθμοί Φυσικής Ροής

Σταθμοί φυσικής ροής εγκαθίστανται σε ποτάμια με μεγάλη παροχή σ' όλες τις εποχές του έτους. Αποτελούνται από μια ή περισσότερες υδροηλεκτρικές μονάδες. Ο ποταμός προς εκμετάλλευση φράζεται και το νερό διοχετεύεται ελεγχόμενα, με αγωγούς μέσα σε στροβίλους. Λόγω του φράγματος υπάρχει υψομετρική διαφορά μεταξύ της στάθμης προσαγωγής και της στάθμης φυγής του νερού. Για να διευκολυνθεί η διέλευση των ψαριών και ενδεχόμενα της ναυσιπλοΐας υπάρχουν συνήθως ιχθυόσκαλες ή κανάλια παράκαμψης. Δηλαδή δεν καταλαμβάνεται όλος ο ποταμός από τον ΥΗΣ. Αν η διαμόρφωση του ποταμού δεν επιτρέπει την κατασκευή εργοστασίου μέσα στον ποταμό, τότε ανοίγεται ένα παράλληλο κανάλι και τοποθετείται εκεί ο ΥΗΣ. Σε ποτάμια, όπου το επιτρέπει η κλίση του εδάφους, μπορεί να κατασκευαστεί μια αλυσίδα από ΥΗΣ φυσικής ροής. Ο βαθμός απόδοσης των ΥΗΣ φυσικής ροής κυμαίνεται από 80-92%. Η εκκίνηση και η ρύθμιση ισχύος δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα. Πολλοί ΥΗΣ φυσικής ροής μπορούν να αποδώσουν την ονομαστική τους ισχύ μέσα σε ένα λεπτό. Χρησιμοποιούνται κυρίως ως εργοστάσια βάσης [3].

1.11.2 Σταθμοί Δεξαμενής

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί δεξαμενής εγκαθίστανται σε ποτάμια που δεν έχουν μεγάλη εγγυημένη παροχή σ' όλη τη διάρκεια του έτους. Τότε, εκεί που η

μορφολογία του εδάφους το επιτρέπει, δημιουργείται μια τεχνητή λίμνη (ταμιευτήρας) με την κατασκευή ενός φράγματος. Το νερό μεταφέρεται με αγωγούς (καταθλιπτικούς σωλήνες) από το κάτω μέρος της δεξαμενής στον ΥΗΣ. Μετά το σταθμό, το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρδεύσεις. Μάλιστα, μπορεί να υπάρχει και στην έξοδο του εργοστασίου μια μικρή δεξαμενή, έτσι ώστε να μπορεί να ρυθμιστεί καλύτερα η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση. Επίσης μπορεί να προβλεφθεί και ένα τούνελ παράκαμψης, έτσι ώστε όταν χρειαστεί να διακοπεί η παροχή νερού στον ΥΗΣ, να παρέχεται νερό για αρδεύσεις μέσω του τούνελ παράκαμψης. Επιπλέον χρειάζεται πρόβλεψη για ελεγχόμενη υπερχειλίση της δεξαμενής για την περίπτωση που οι εισροές είναι μεγαλύτερες από τις εκροές. Σε ποτάμια όπου το επιτρέπει η μορφολογία του εδάφους μπορεί να κατασκευαστεί μια αλυσίδα από ΥΗΣ δεξαμενής. Τότε, οι εκροές της δεξαμενής του ενός ΥΗΣ θα αποτελούν τις εισροές στη δεξαμενή του επόμενου ΥΗΣ και θα πρέπει να γίνει συντονισμός της λειτουργίας τους.

Η ρύθμιση ισχύος στους ΥΗΣ δεξαμενής γίνεται γρήγορα χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα, όχι όμως τόσο γρήγορα όσο στους ΥΗΣ φυσικής ροής. Αυτό γιατί σε απότομες αλλαγές ισχύος δημιουργούνται κρουστικά κύματα στις σωληνώσεις (υδραυλικό πλήγμα) που μπορούν να τις καταστρέψουν. Γι' αυτό, όταν το μήκος των καταθλιπτικών σωληνώσεων είναι μεγάλο, χρησιμοποιείται μια δεξαμενή απόσβεσης. Ο βαθμός απόδοσης των ΥΗΣ δεξαμενής κυμαίνεται συνήθως από 75% έως 92% και υπολογίζεται από το γινόμενο του βαθμού απόδοσης των αγωγών, του στροβίλου και της γεννήτριας. Η σειρά ένταξης των ΥΗΣ για την κάλυψη του φορτίου εξαρτάται από την υδραυλικότητα του έτους.

Σε περιόδους ξηρασίας χρησιμοποιούνται ως εργοστάσια αιχμής ενώ σε περιόδους με πολλές βροχές και πολλές εισροές στη δεξαμενή χρησιμοποιούνται ακόμα και ως εργοστάσια βάσης [3].

1.11.3 Υδροαντλητικοί Σταθμοί

Οι υδροαντλητικοί σταθμοί αποτελούνται από δύο δεξαμενές, τη δεξαμενή άνω και τη δεξαμενή κάτω στάθμης, μια αντλία, ένα στρόβιλο και μια γεννήτρια. Ο στρόβιλος και η αντλία, πολλές φορές είναι ενσωματωμένοι σε μια μοναδική υδρομηχανή, τον αντλιοστρόβιλο. Ο αντλιοστρόβιλος, ανάλογα με τη φορά περιστροφής του, αντλεί νερό ή κινείται από το νερό, δηλαδή παίρνει η δίνει ισχύ στο δίκτυο.

Ο βαθμός απόδοσης του κύκλου άντλησης-παραγωγής, που υπολογίζεται ως το γινόμενο των βαθμών απόδοσης της αντλίας και του στρόβιλου, μπορεί να φθάσει το 75%. Η εκκίνηση και η ρύθμιση ισχύος δεν παρουσιάζουν κανένα πρόβλημα. Μπορούν να αποδώσουν την πλήρη ισχύ τους μέσα σε 2 min. Η αλλαγή από λειτουργία άντλησης σε λειτουργία παραγωγής μπορεί να γίνει μέσα σε 3-4 min.

Οι υδροαντλητικοί σταθμοί χρησιμοποιούνται ως αποθήκες ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν η ηλεκτρική ζήτηση είναι χαμηλή, ενέργεια που παράγεται σε σταθμούς βάσης, π.χ. ΑΗΣ, με μικρό κόστος, χρησιμοποιούνται για την άντληση νερού από την κάτω στην άνω δεξαμενή. Σε περιόδους αιχμής, η

αποθηκευμένη στις δεξαμενές των υδροαντλητικών σταθμών ενέργεια χρησιμοποιείται για ν' αντικαταστήσει την παραγωγή από σταθμούς αιχμής, π.χ. αεριοστροβίλους, που παράγουν με μεγάλο κόστος. Έτσι ενώ χάνουμε σε ενέργεια, κερδίζουμε σε κόστος, αφού το κόστος παραγωγής της kWh από τα εργοστάσια βάσης είναι πολύ χαμηλότερο από το κόστος παραγωγής των εργοστασίων αιχμής [3].

1.12 Αιολική Ενέργεια

Στην πραγματικότητα, η αιολική ενέργεια προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια. Η ακτινοβολία του ήλιου θερμαίνει διαφορετικά μέρη της γης με διαφορετικούς ρυθμούς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα διάφορα τμήματα της ατμόσφαιρας να θερμαίνονται διαφορετικά. Ο θερμός αέρας κινείται προς τα πάνω και ο κρύος αέρας έρχεται να τον αντικαταστήσει. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται ο άνεμος [4].

Η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται αρχικά σε μηχανική και ακολούθως σε ηλεκτρική, μέσω των «ανεμογεννητριών». Η τεχνολογία των ανεμογεννητριών παρουσίασε μεγάλη εξέλιξη κατά τα τελευταία χρόνια, με αντίστοιχη μείωση του κόστους παραγωγής της παραγόμενης ενέργειας. Σήμερα το «εμπορικό μέγεθος» των ανεμογεννητριών, δηλαδή το μέγεθος που παρουσιάζει την βέλτιστη σχέση κόστους-οφέλους, κυμαίνεται μεταξύ 600 και 1500 kW. Όμως σε στάδιο δοκιμών λειτουργούν ανεμογεννήτριες μέχρι 3000 kW, σχεδιάζονται δε και μέχρι 5000 kW.

Μείωση του κόστους επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση περισσότερων ανεμογεννητριών στην ίδια θέση, οπότε σχηματίζονται «αιολικά πάρκα», συνολικής συνήθως ισχύος μέχρι 40 MW. Το κύριο μειονέκτημα των ανεμογεννητριών είναι η οπτική αλλαγή που επιφέρουν στο περιβάλλον, ενώ τα λοιπά, όπως π.χ. ο θόρυβος αντιμετωπίζονται εύκολα με την κατάλληλη επιλογή της θέσεως εγκαταστάσεως. Σημειώνεται τέλος ότι η παραγόμενη από μία ανεμογεννήτρια ισχύς αυξάνει με τον κύβο σχεδόν της ταχύτητας του ανέμου και συνεπώς η κατάλληλη επιλογή της θέσεως εγκαταστάσεως είναι βασικής σημασίας για την αποδοτικότητα της επένδυσης [1].

1.13 Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη και στην ουσία χωρίς αυτή δε θα μπορούσε να υπάρξει ζωή στη γη. Η ποσότητα της ενέργειας που φτάνει στη γη είναι τεράστια και υπολογίζεται ότι όλα τα αποθέματα άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αέρα της γης ισοδυναμούν με την ενέργεια 20 ημερών ηλιακής ακτινοβολίας. Η ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια της γης κατά τη διάρκεια του μεσημεριού μια μέρας χωρίς συννεφιά είναι της τάξης των 1000 watt/m² [4].

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μετατραπεί απευθείας σε ηλεκτρική με φωτοβολταϊκά στοιχεία. Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι μια λεπτή πλάκα η οποία περιέχει ημιαγωγικό υλικό και έχει πάχος που κυμαίνεται από το πάχος μιας ανθρώπινης τρίχας έως το πάχος μιας σελίδας χαρτιού. Η ηλιακή ακτινοβολία-ενεργοποιεί τα ηλεκτρόνια του ημιαγωγού τα οποία κινούνται και με

τον τρόπο αυτό παράγεται ρεύμα. Επειδή ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο παράγει ένα πολύ μικρό ποσό ηλεκτρικής ενέργειας ενώνονται πολλά στοιχεία μαζί. Το συνεχές ρεύμα που παράγεται μπορεί είτε να αποθηκευτεί σε μπαταρίες είτε να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο με τη χρήση ενός μετατροπέα [5]. Μέχρι σήμερα το κόστος επένδυσης σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι πολύ υψηλό και για το λόγο αυτό οι περισσότερες μονάδες που λειτουργούν είναι σε πειραματικό επίπεδο.

1.14 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. Έκθεση της ΡΑΕ, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, Αθήνα Φεβρουάριος 2003, www.rae.gr , σελ.1,3
2. Δελτίο της ΔΕΗ Α.Ε., Ετήσιο Δελτίο και Απολογισμός Χρήσης 2003, ΔΕΗ Α.Ε., Αθήνα 2004, www.dei.gr , σελ.23-32
3. Αναστάσιος Γ. Μπακιρτζής, Οικονομική Λειτουργία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1998, σελ.54-62
4. <http://www.awea.org> (American Wind Energy Association)
5. G. Tyler Miller, Environmental Science, Brooks/Cole, ninth edition, 2003, σελ.526

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

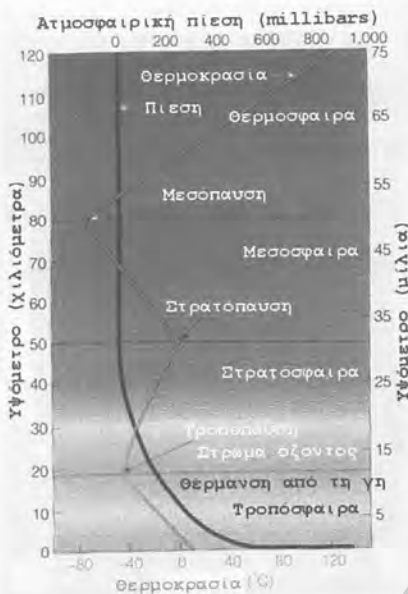
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑ

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα που επιδρούν στο κλίμα. Στην αρχή του κεφαλαίου θα γίνει μια σύντομη περιγραφή της ατμόσφαιρας και των περιοχών από τις οποίες αποτελείται. Στη συνέχεια θα αναφερθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι κύριες αιτίες αυτής. Παράλληλα θα περιγραφεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι επιπτώσεις που έχει στην κλιματική αλλαγή. Ακολούθως θα πραγματοποιηθεί μια σύντομη περιγραφή δύο άλλων σημαντικών σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων της όξινης βροχής και της τρύπας του όζοντος και θα κλείσουμε το κεφάλαιο με μια αναφορά των σημαντικότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

2.2 Περιοχές της ατμόσφαιρας

Η γήινη ατμόσφαιρα αποτελεί το αέριο περίβλημα της γης και διαιρείται σε διάφορα στρώματα (Σχήμα 2.1). Κάθε ένα από αυτά τα στρώματα χαρακτηρίζεται από απότομες αλλαγές της θερμοκρασίας. Αυτό οφείλεται στο διαφορετικό βαθμό απορρόφησης της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας. Οι κυριότερες περιοχές της ατμόσφαιρας είναι η τροπόσφαιρα, η στρατόσφαιρα, η



Σχήμα 2.1: Τα διάφορα στρώματα της ατμόσφαιρας [1]

μεσόσφαιρα, η θερμόσφαιρα και η εξώσφαιρα. Τα φαινόμενα που έχουν σχέση με το κλίμα εξελίσσονται μέσα στην τροπόσφαιρα και στη στρατόσφαιρα. Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα περιγραφούν οι κύριες ιδιότητες των σημαντικότερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας.

2.2.1 Τροπόσφαιρα

Περίπου 75-80% της μάζας της ατμόσφαιρας της γης βρίσκεται στο κατώτερο στρώμα την τροπόσφαιρα, η οποία εκτείνεται μόνο περίπου 17 χιλιόμετρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας στον ισημερινό και περίπου 8 χιλιόμετρα στους πόλους. Αν η γη είχε το μέγεθος ενός μήλου, αυτό το κατώτερο στρώμα το οποίο περιέχει τον αέρα που αναπνέουμε δε θα ήταν παχύτερο από τη φλούδα του. Κατά τη διάρκεια αρκετών δεκαετομμυρίων ετών χημικής και βιολογικής εξέλιξης, η σύσταση της ατμόσφαιρας της γης μεταβαλλόταν. Σήμερα, περίπου 99% του όγκου του αέρα που αναπνέουμε αποτελείται από δύο αέρια: άζωτο (78%) και οξυγόνο (21%). Ο υπόλοιπος αποτελείται από υδρατμούς (η συγκέντρωσή τους μεταβάλλεται από 0,01% στους παγωμένους

πόλους έως 4% στις τροπικές περιοχές), λίγο λιγότερο από 1% αργό (Ar), 0,037% διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και πολύ μικρές ποσότητες από άλλα αέρια. Όλα τα συνηθισμένα μετεωρολογικά φαινόμενα (νέφη, βροχές, χιόνια κλπ.), εκτός από το σέλας, εξελίσσονται μέσα σε αυτό το στρώμα το οποίο χαρακτηρίζεται από πτώση της θερμοκρασίας όσο ανεβαίνουμε [1].

2.2.2 Στρατόσφαιρα

Το δεύτερο στρώμα της ατμόσφαιρας ονομάζεται στρατόσφαιρα και εκτείνεται περίπου σε ύψος από 17 έως 48 χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της γης. Παρότι η στρατόσφαιρα είναι αραιότερη από την τροπόσφαιρα, η σύστασή της είναι παρόμοια με δύο εξαιρέσεις: 1) ο όγκος των υδρατμών είναι περίπου ίσος με το 1/1000 αυτού της στρατόσφαιρας και 2) η συγκέντρωση του όζοντος είναι πολύ μεγαλύτερη.

Το όζον της στρατόσφαιρας παράγεται όταν κάποια από τα μόρια του οξυγόνου αντιδρούν με την υπεριώδη ακτινοβολία (UV), που εκπέμπεται από τον ήλιο, και εμποδίζει περίπου 95% της επιβλαβούς υπεριώδους ακτινοβολίας να φτάσει την επιφάνεια της γης. Αυτό το φίλτρο της υπεριώδους ακτινοβολίας επιτρέπει στους ανθρώπους και τις άλλες μορφές ζωής να επιβιώνουν, βοηθάει τους ανθρώπους να προστατευθούν από εγκαύματα, καρκίνο του δέρματος, καταρράκτες ματιών και καταστροφή του ανοσοποιητικού συστήματος και εμποδίζει το μεγαλύτερο ποσοστό του οξυγόνου της τροπόσφαιρας να μετατραπεί σε φωτοχημικό όζον, ένα επιβλαβές αέριο. Σήμερα υπάρχουν

σημαντικές ενδείξεις ότι κάποιες ανθρώπινες δραστηριότητες μειώνουν την ποσότητα του ωφέλιμου όζοντος στη στρατόσφαιρα και αυξάνουν την ποσότητα του επιβλαβούς όζοντος στην τροπόσφαιρα.

Στο κάτω μέρος της στρατόσφαιρας υπάρχει μια μικρή, αλλά σταθερή αύξηση της θερμοκρασίας σε σχέση με το ύψος ενώ όσο ανεβαίνουμε η αύξηση αυτή της θερμοκρασίας πραγματοποιείται με γρηγορότερο ρυθμό. Η θερμοκρασιακή αναστροφή που χωρίζει την τροπόσφαιρα από τη στρατόσφαιρα εμποδίζει τη μίξη του αέρα των δύο στρωμάτων [1].

2.2.3 Μεσόσφαιρα

Πάνω από τη στρατόσφαιρα βρίσκεται η μεσόσφαιρα η οποία εκτείνεται από ύψος 48 χιλιόμετρα έως 85 χιλιόμετρα περίπου. Η θερμοκρασία σε αυτό το στρώμα μειώνεται με γρήγορο ρυθμό καθώς ανεβαίνουμε. Στο άνω όριο του στρώματος αυτού εμφανίζεται η χαμηλότερη θερμοκρασία ολόκληρης της ατμόσφαιρας, η οποία φτάνει μέχρι και τους -113°C . Και αυτή η περιοχή έχει περίπου την ίδια χημική σύνθεση με τις δύο προηγούμενες. Οι τρεις περιοχές μαζί, που αναφέρθηκαν πιο πάνω, αποτελούν τη κατώτερη ατμόσφαιρα [1].

2.2.4 Ανώτερη ατμόσφαιρα

Το πρώτο τμήμα της ανώτερης ατμόσφαιρας είναι η θερμόσφαιρα, που

χαρακτηρίζεται από μια συνεχή αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι τους 227°C όταν είναι νύχτα και η ηλιακή δραστηριότητα βρίσκεται στο ελάχιστο, ή μέχρι και πάνω από τους 1477°C όταν είναι ημέρα και η ηλιακή δραστηριότητα βρίσκεται στο μέγιστο. Στο ύψος όπου σταματά η αύξηση της θερμοκρασίας είναι η θερμόπαυση. Πάνω από αυτήν βρίσκεται μια ισόθερμη περιοχή, δηλαδή μια περιοχή σταθερής θερμοκρασίας, στην οποία πάνω από ένα ορισμένο ύψος, που λέγεται κρίσιμο ύψος, η συγκέντρωση ατόμων και μορίων είναι μικρή αφενός και αφετέρου οι κρούσεις μεταξύ τους είναι τόσο σπάνιες, ώστε να θεωρούνται ως σωματίδια που κινούνται σε δικές τους τροχιές κάτω από την επίδραση του πεδίου βαρύτητας ή των ηλεκτρικών και μαγνητικών δυνάμεων, αν τα σωματίδια αυτά είναι φορτισμένα. Πάνω από το κρίσιμο ύψος αρχίζει η εξώσφαιρα, από όπου τα μόρια μπορούν να διαφύγουν στο διάστημα [2].

2.2.5 Ιονόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα από ένα ύψος και πάνω, είναι εκτεθειμένη στη δράση της ακτινοβολίας X , της υπεριώδους ακτινοβολίας και της σωματιδιακής ακτινοβολίας του ήλιου. Στο περιοχή αυτή, η οποία ονομάζεται ιονόσφαιρα, δημιουργούνται ιόντα και ελεύθερα ηλεκτρόνια από τα διάφορα είδη των μορίων και των ατόμων. Όλη η ατμόσφαιρα, από το ύψος της μεσόσφαιρας μέχρι το εξώτατο όριο της, είναι και ιονόσφαιρα. Στη βάση της ιονόσφαιρας, όπου η αναλογία ιόντων προς ουδέτερα μόρια είναι μικρή, επικρατούν οι συνθήκες που χαρακτηρίζουν την ουδέτερη ατμόσφαιρα, ενώ στα μεγαλύτερα ύψη κυριαρχούν τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά πεδία.

Η ανώτερη περιοχή της ιονόσφαιρας, μέσα στην οποία τα φορτισμένα σωματίδια έχουν ενέργειες μεγαλύτερες από εκείνες που αντιστοιχούν στη θερμική τους ταχύτητα και κινούνται ακολουθώντας τις γραμμές του γεωμαγνητικού πεδίου, λέγεται μαγνητόσφαιρα. Πρόκειται για μια εκτεταμένη περιοχή που σχετίζεται κυρίως με το ενδοπλανητικό διάστημα. Μέσα στην μαγνητόσφαιρα, η επίδραση του γήινου βαρυτικού πεδίου στα κινούμενα φορτισμένα σωματίδια είναι αμελητέα, διότι εκεί κυριαρχούν πάνω τους το μαγνητικό πεδίο της Γης και οι ηλεκτρικές δυνάμεις [2].

2.3 Σύντομη ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι πολύ παλιά, όσο και ο άνθρωπος. Στις σπηλιές, όπου μετέφερε ο πρωτόγονος τη φωτιά για θέρμανση και φωτισμό, αντιμετώπισε τα πρώτα προβλήματα του καπνού και ασφαλώς δηλητηριάσεων από μονοξείδιο του άνθρακα. Στην ομηρική εποχή είναι γνωστό σαν «μέλαθρον» το ανάκτορο, που μαύριζε από τον καπνό της πλούσιας φωτιάς. Στην ελληνική αποικία της Σύβαρης (Ιταλία), με το ψηλό βιοτικό επίπεδο, λέγεται ότι είχε απαγορευθεί επίσημα η λειτουργία καμινιών στο κέντρο της πόλεως, για τον περιορισμό καπνού, όπως άλλωστε είχε απαγορευθεί και η άσκηση επαγγελμάτων, που προκαλούσαν θόρυβο. Στο Λονδίνο το 1273 μ.Χ. εκδόθηκε ο πρώτος νόμος που έβαζε περιορισμούς στη χρήση του λιθάνθρακα (Βασιλιάς, Εδουάρδος Α'). Στη συνέχεια, το 1306 μ.Χ. άλλος νόμος απαγόρευσε

την καύση λιθάνθρακα την ώρα, που συνεδρίαζε η Βουλή. Λέγεται ότι ένα άτομο βασανίστηκε και απαγχονίστηκε για παράβαση του νόμου.

Οπωσδήποτε τα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως ήταν περιορισμένα τοπικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα. Από τότε και κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες η αύξηση του πληθυσμού και η συγκέντρωση στα αστικά κέντρα, σε συνδυασμό με την οικονομική ανάπτυξη, την τεχνολογική εξέλιξη και τη δραστηριοποίηση όλων των τομέων της παραγωγής και καταναλώσεως (βιομηχανία, κυκλοφορία, θέρμανση κλπ.) χωρίς προγραμματισμό και λήψη μέτρων για το περιβάλλον, είχαν σαν αποτέλεσμα τη ραγδαία αύξηση της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως, που από περιορισμένο τοπικό ζήτημα, έγινε παγκόσμιο σοβαρό πρόβλημα.

Οι φυσικές διαδικασίες ρύπανσης της ατμόσφαιρας (πυρκαγιές δασών, αποσύνθεση βλάστησης, σκόνη από ανεμοθύελλες ή ηφαιστειακές εκρήξεις) αναγνωρίζεται, ότι εκπέμπουν περισσότερους ρύπους από τις ανθρώπινες πηγές, αλλά το είδος, η παγκόσμια κατανομή τους και η διασπορά έχουν σαν αποτέλεσμα τη χαμηλή μέση συγκέντρωση. Αντίθετα, οι ανθρώπινες πηγές ρύπανσης είναι συνήθως συγκεντρωμένες σε ορισμένες μικρές γεωγραφικές περιοχές, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται τοπικά υψηλές συγκεντρώσεις και περιβαλλοντικές κρίσεις [3].

2.3.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση ορίζεται ως η παρουσία στην ανοικτή ατμόσφαιρα ενός ή περισσότερων ρυπαντών (π.χ. σκόνης, αιθάλης, αερίου, ομίχλης, οσμής, καπνού ή ατμού) σε ικανές ποσότητες, τέτοιων χαρακτηριστικών και τέτοιας διάρκειας που να είναι ή να απειλούν να γίνουν βλαβερά για τον άνθρωπο τα φυτά ή τα ζώα και τα αβιοτικά ή που λογικά επηρεάζει την άνετη απόλαυση της ζωής και της ιδιοκτησίας [4].

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι κύριες κατηγορίες ρύπων που βρίσκονται συχνά στη ατμόσφαιρα. Οι ουσίες αυτές προέρχονται τόσο από φυσικές πηγές όσο και από ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που προέρχονται από φυσικές πηγές διασκορπίζονται και εκτός από τις ηφαιστειακές εκρήξεις και τις μεγάλες πυρκαγιές στα δάση σπάνια φτάνουν υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης [1]. Οι περισσότεροι ρύποι στις αστικές περιοχές προέρχονται κυρίως από τη βιομηχανία (θερμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας, διυλιστήρια πετρελαίου, εργοστάσια τσιμέντου και γυαλιού, χαλυβουργεία, λιπάσματα κ.λ.π.), τις μεταφορές, τις κεντρικές θερμάνσεις των κατοικιών, τις εκπομπές των αεροπλάνων και των πυραύλων, τους αεροψεκασμούς των καλλιεργειών με εντομοκτόνα κ.α. [2]. Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται οι αέριοι ρύποι που εκλύονται στην ατμόσφαιρα από διάφορους κλάδους της βιομηχανίας.

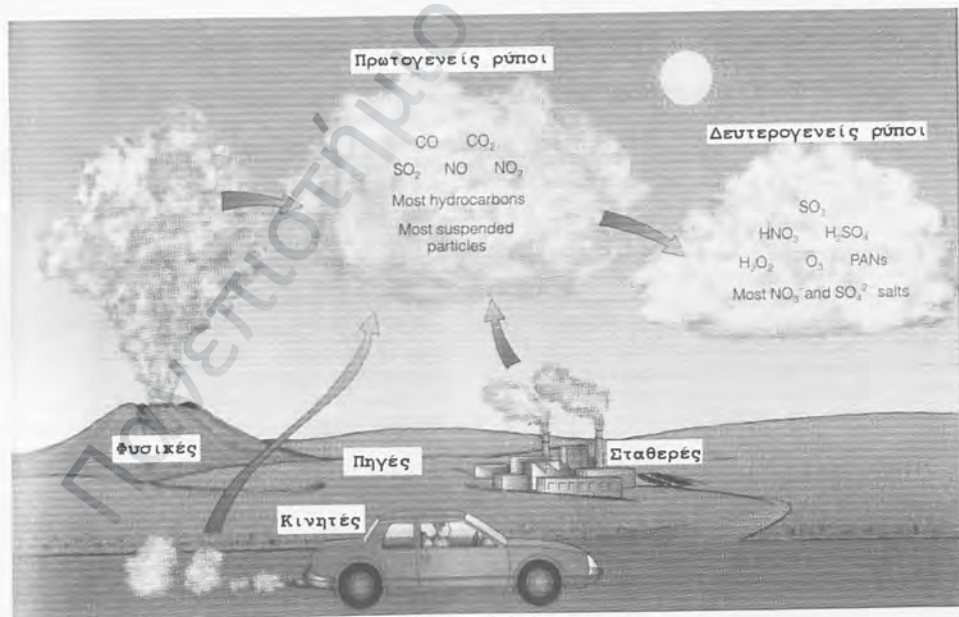
Οι επιστήμονες χωρίζουν τους ατμοσφαιρικούς ρύπους σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς είναι αυτοί που εκπέμπονται κατευθείαν στην τροπόσφαιρα σε επιβλαβή μορφή. Ενώ οι πρωτογενείς ρύποι βρίσκονται στην ατμόσφαιρα μπορούν να αντιδράσουν μεταξύ τους ή με άλλα συστατικά του αέρα και να δημιουργηθούν νέοι ρύποι, οι οποίοι ονομάζονται δευτερογενείς (Σχήμα 2.2).

Πίνακας 2.1: Κύριες κατηγορίες ατμοσφαιρικών ρύπων [1]

Κύριες κατηγορίες ατμοσφαιρικών ρύπων	
Κατηγορίες	Παραδείγματα
Οξειδία του άνθρακα	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)
Οξειδία του θείου	Διοξείδιο του θείου (SO ₂) και τριοξείδιο του θείου (SO ₃)
Οξειδία του αζώτου	Μονοξείδιο του αζώτου (NO), διοξείδιο αζώτου (NO ₂), νιτρώδες οξείδιο (N ₂ O) (Το NO και το N ₂ O ονομάζονται NO _x)
Πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds VOCs)	Μεθάνιο (CH ₄), προπάνιο (C ₃ H ₈), χλωροφθοράνθρακες (CFCs)
Αιωρούμενα σωματίδια (Suspended Particulate Matter SPM)	Στερεά σωματίδια (σκόνη, καπνιά, αμίαντος, μόλυβδος, νιτρικά και θειικά άλατα), υγρά σταγονίδια (θειικό οξύ, PCBs, διοξίνη και παρασιτοκτόνα)
Φωτοχημικά οξειδωτικά	Οζον (O ₃), υπεροξύ-ακυλνιτρικά (PANs), υπεροξείδιο του αζώτου (H ₂ O ₂), αλδεϋδες
Ραδιενεργές ουσίες	Ραδόνιο 222, ιώδιο 131, στρόντιο 90, πλουτώνιο 239,
Επικίνδυνοι αέριοι ρύποι (Hazardous Air Pollutants HAPs), οι οποίοι δημιουργούν επιπτώσεις στην υγεία (καρκίνο, προβλήματα του νευρικού συστήματος κτλ.)	Τετραχλωράνθρακας CCl ₄ , χλωριοϋχο μεθύλιο (CH ₂ Cl), χλωροφόρμιο (CHCl ₃), βενζίνη (C ₆ H ₆), αιθυλενοδιβρωμίδιο (C ₂ H ₂ Br ₂), φορμαλδεϋδη (CH ₂ O ₂)

Πίνακας 2.2: Παραγωγή ατμοσφαιρικών ρύπων από διάφορους βιομηχανικούς κλάδους [2]

Είδος βιομηχανίας	Ρύποι
Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί	Καπνός, σωματίδια, οξειδία του θείου, οξειδία του αζώτου, υδρογονάνθρακες
Διυλιστήρια πετρελαίου	Υδρογονάνθρακες μονοξειδίο άνθρακα οξειδία του θείου, οξειδία του αζώτου, σωματίδια, υδρόθειο
Εργοστάσια τσιμέντου	Σωματίδια, οξειδία του θείου, οξειδία του αζώτου
Χαλυβουργεία	Σωματίδια, μονοξειδίο άνθρακα, οξειδία του θείου, οξειδία του αζώτου, υδρογονάνθρακες
Λιπάσματα	Σωματίδια, αμμωνία, φθοριούχα, φωσφορούχα, θειικά, νιτρικά παράγωγα
Βιομηχανία γυαλιού	Οξειδία του θείου, οξειδία του αζώτου, φθοριούχα παράγωγα, σωματίδια



Σχήμα 2.2: Πηγές και είδη ρύπων [1]

Οι πόλεις έχουν συνήθως υψηλότερα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τις αγροτικές περιοχές, επειδή σε αυτές είναι συγκεντρωμένα πολλά οχήματα και εργοστάσια. Οι ισχυροί άνεμοι όμως παρασύρουν πρωτογενείς και δευτερογενείς ατμοσφαιρικούς ρύπους, που έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και εκπέμπονται σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Με αυτό τον τρόπο οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκπέμπονται σε μεγάλες πόλεις μεταφέρονται και σε άλλες περιοχές.

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (World Health Organization WHO), πάνω από 1,1 δισεκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε αστικές περιοχές, όπου ο αέρας που αναπνέουν είναι ανθυγιεινός. Οι πιο πολλοί ζουν σε πυκνοκατοικημένες πόλεις σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπου δεν υφίσταται έλεγχος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες υπάρχουν ανώτερα όρια για τις συγκεντρώσεις των πιο συνηθισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων [1].

2.3.2 Περιβαλλοντικά προβλήματα που οδηγούν στην ατμοσφαιρική ρύπανση

Μεγάλες περιοχές του πλανήτη βρίσκονται σήμερα σε κρίση επιβίωσης, που αμέσως ή εμμέσως συνδέεται με τις τεράστιες ανισότητες στην ανάπτυξη. Η ραγδαία υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος προήλθε κυρίως από τις πιο κάτω ανθρώπινες δραστηριότητες [2]:

- Ανάπτυξη βιομηχανίας, τεχνολογίας, γεωργίας.

- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων και των πυρηνικών εργοστασίων.
- Κυκλοφορία μεταφορικών μέσων.
- Καταστροφή δασών (πυρκαγιές, εκχέρωση, υπερβόσκηση, άναρχη υλοτομία).
- Διάφορες πολεμικές επιχειρήσεις.
- Πυρηνικές δοκιμές και πυρηνικά ατυχήματα.

Συνήθως, θεωρείται ότι οι περιβαλλοντικές απειλές δρουν η καθεμία ξεχωριστά, κάτι το οποίο βεβαίως δεν ισχύει, αφού αυτές είναι δύσκολο πλέον να απομονωθούν από τα αίτια τους. Οι κλιματικές αλλαγές πιθανόν να συνδυάζονται με διάφορους άλλους παράγοντες που ασκούν πιέσεις στο περιβάλλον, δημιουργώντας έτσι πολύ μεγαλύτερα προβλήματα απ' ό,τι θα αποκάλυπτε η απλή μελέτη τους. Μερικές από τις κύριες μορφές των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων, οι οποίες βρίσκονται σε αλληλεπίδραση μεταξύ τους και επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα το κλίμα της γης, είναι [2]:

- Ρύπανση, υποβάθμιση και καταστροφή των οικοσυστημάτων, με αποτέλεσμα τη μερική ή ολική ακρήστευση των μηχανισμών της παραγωγικής και αναπαραγωγικής τους ικανότητας.
- Καταχρηστική εκμετάλλευση και εξάντληση σημαντικών φυσικών πόρων απαραίτητων στην αναπτυξιακή διαδικασία και πολύτιμων για το μέλλον.
- Υπερπληθυσμός της Γης.
- Εξαφάνιση ή μείωση των ειδών της άγριας ζωής (χλωρίδα - πανίδα) σε τοπικό ή παγκόσμιο επίπεδο, με αποτέλεσμα τη διατάραξη της

οικολογικής ισορροπίας και τη συρρίκνωση της βιοποικιλότητας.

- Διατάραξη γενικότερων φυσικών ισορροπιών με παγκόσμιες επιπτώσεις και κυρίως ανησυχητικές προοπτικές, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος, η όξινη βροχή και το φαινόμενο Ελ Νίνιο.
- Πληθυσμιακή υπερσυγκέντρωση σε αστικά κέντρα που δημιουργεί προβληματική σχέση μεταξύ πληθυσμού και περιβάλλοντος - φυσικού και ανθρωπογενούς - ως χώρου απαραίτητου για τη διατήρηση της ποιότητας της ζωής σε ανεκτό ποιοτικό επίπεδο [5].
- Υποβάθμιση του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (δομημένου χώρου, μνημείων κλπ.) με συνέπεια την κρίση ταυτότητας των λαών για το παρόν και το μέλλον.
- Παραγωγή και διαχείριση στερεών και επικίνδυνων αποβλήτων συμπεριλαμβανομένων και των πυρηνικών αντιδραστήρων. Οι σημερινοί αντιδραστήρες, οι θερμικοί όπως λέγονται, βρίσκονται ήδη στη δύση τους. Ένας τέτοιος αντιδραστήρας όταν κλείσει γίνεται ο ίδιος απόβλητο, όπως στον κατεστραμμένο σταθμό του Chernobyl.

2.4 Το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου

Στη συνέχεια θα γίνει μια αναλυτικότερη παρουσίαση του φαινομένου του θερμοκηπίου καθώς αποτελεί ένα σημαντικότερο φαινόμενο το οποίο επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το κλίμα της γης. Το κλίμα της γης επηρεάζεται συνεχώς από ροή ενέργειας η οποία προέρχεται από τον ήλιο. Η ενέργεια αυτή φτάνει στη γη

κυρίως με τη μορφή ορατού φωτός. Περίπου το 30% αυτής της ενέργειας διασκορπίζεται πίσω στο διάστημα και το μεγαλύτερο μέρος από το υπόλοιπο 70% περνά μέσα από την ατμόσφαιρα για να θερμάνει την επιφάνεια της γης. Επειδή η γη είναι πολύ πιο κρύα από τον ήλιο δεν εκπέμπει ενέργεια πίσω στο διάστημα με τη μορφή ορατού φωτός. Αντί αυτού εκπέμπει υπέρυθρη ή θερμική ακτινοβολία. Όμως τα αέρια του θερμοκηπίου που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα εμποδίζουν την υπέρυθρη ακτινοβολία να διαφεύγει κατευθείαν στο διάστημα. Η υπέρυθρη ακτινοβολία δε μπορεί να περάσει μέσα από την ατμόσφαιρα όπως το ορατό φως. Το μεγαλύτερο από το μέρος της διαφεύγει στο διάστημα με ρεύματα αέρα τα οποία τελικά διαφεύγουν πάνω από τα στρώματα που υπάρχουν τα αέρια του θερμοκηπίου.

Τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου είναι οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το όζον (O_3), το μεθάνιο (CH_4), το νιτρώδες οξείδιο (N_2O), αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες και άλλα βιομηχανικά αέρια. Εκτός από τα βιομηχανικά αέρια όλα τα πιο πάνω αέρια εμφανίζονται στην ατμόσφαιρα σε φυσική κατάσταση. Όλα αυτά τα αέρια μαζί αποτελούν λιγότερο από 1% της ατμόσφαιρας. Αυτό το ποσοστό είναι αρκετό ώστε να δημιουργείται το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου το οποίο διατηρεί τη θερμοκρασία του πλανήτη 33°C υψηλότερα από ότι θα ήταν διαφορετικά. Με αυτό τον τρόπο, η μέση γήινη επιφανειακή θερμοκρασία διατηρείται στους 15°C [6]. Για παράδειγμα η επιφάνεια του Άρη έχει μέση επιφανειακή θερμοκρασία -63°C , επειδή λόγω της πολύ λεπτής ατμόσφαιράς του έχει ασθενές φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αντίθετα η Αφροδίτη παρουσιάζει έντονο το φαινόμενο του θερμοκηπίου, επειδή η ατμόσφαιρά της περιέχει μεγάλες ποσότητες CO_2 (φτάνουν το 95%) και άλλων

αερίων που παγιδεύουν τη θερμότητα, με αποτέλεσμα η μέση επιφανειακή θερμοκρασία να είναι 477°C [2].

2.4.1 Το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου

Τα επίπεδα συγκέντρωσης όλων των αερίων του θερμοκηπίου (με πιθανή εξαίρεση τους υδρατμούς) αυξάνονται τους τελευταίους αιώνες σαν αποτέλεσμα των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (κυρίως από καύση λιθανθράκων, πετρελαίου και φυσικού αερίου), του μεθανίου και του νιτρώδους οξειδίου (κυρίως λόγω της γεωργίας και των αλλαγών στη χρήση της γης), του όζοντος και των βιομηχανικών αερίων με μεγάλη διάρκεια ζωής όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες (HFCs) και υπερφθοράνθρακες (PFCs) αλλάζουν τον τρόπο που η ατμόσφαιρα απορροφά την ακτινοβολία. Επίσης τα επίπεδα συγκέντρωσης των υδρατμών είναι πιθανόν να αυξηθούν λόγω ανάδρασης. Όλα τα πιο πάνω λαμβάνουν χώρα με μια πρωτοφανή ταχύτητα και οδηγούν στο γνωστό ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου [6].

Από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που συνεισφέρουν στην αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου, η περισσότερο σημαντική είναι η παραγωγή και χρήση ενέργειας συμπεριλαμβανομένου και του τομέα των μεταφορών. Ο ενεργειακός τομέας είναι υπεύθυνος για περισσότερο από το 65% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, για περίπου 32% των εκπομπών μεθανίου και 85% περίπου των εκπομπών οξειδίων του αζώτου. Το φαινόμενο ενισχύεται

από την εκτεταμένη δασική καταστροφή – των τροπικών κυρίως δασών – που μεταβάλλει το ισοζύγιο απορρόφησης και αποδέσμευσης CO_2 από τα φυτά [2].

Το κλίμα πρέπει να προσαρμόζεται στην αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου, ώστε να διατηρείται το παγκόσμιο «ισοζύγιο ενέργειας» σε ισορροπία. Μακροπρόθεσμα, η γη πρέπει να αποβάλει ενέργεια με τον ίδιο ρυθμό που λαμβάνει ενέργεια από τον ήλιο. Επειδή η αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των απωλειών ενέργειας προς το διάστημα, το κλίμα πρέπει να αλλάξει με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποκατασταθεί η ισορροπία μεταξύ εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας. Η προσαρμογή αυτή θα έχει σαν αποτέλεσμα να θερμανθεί η επιφάνεια της γης και η κατώτερη ατμόσφαιρα. Όμως αυτό είναι μόνο ένα μέρος της ιστορίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι ο απλούστερος τρόπος ώστε η γη να απαλλαγεί από την επιπλέον ενέργεια. Ακόμα και μια μικρή αύξηση της θερμοκρασίας θα συνοδευτεί από πολλές άλλες αλλαγές, όπως είναι η αύξηση της έντασης και η αλλαγή της διεύθυνσης των ανέμων. Κάποιες από αυτές τις αλλαγές μπορεί να ενισχύσουν τη θέρμανση του πλανήτη, ενώ κάποιες άλλες μπορεί να έχουν ανασταλτική επίδραση.

Από την άλλη πλευρά, τα αερολύματα που παράγονται από τον άνθρωπο προκαλούν ψύξη της ατμόσφαιρας. Οι εκπομπές θείου από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που καίνε γαιάνθρακα καθώς και τα μικροσκοπικά σωματίδια από την καύση οργανικής ύλης ανακλούν την ακτινοβολία του ήλιου πίσω στο διάστημα. Το πιο πάνω φαινόμενο ενεργεί αντίθετα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επειδή όμως τα αερολύματα αυτά

παραμένουν στην ατμόσφαιρα για ένα σχετικά μικρό διάστημα σε σχέση με τη διάρκεια ζωής των αερίων του θερμοκηπίου η επίδραση τους στο παγκόσμιο κλίμα είναι περιορισμένη. Επίσης τα αερολύματα προκαλούν όξινη βροχή και υποβαθμίζουν την ποιότητα του αέρα [7].

2.4.2 Δυναμικό Παγκόσμιας Αύξησης της Θερμοκρασίας (GWP) - Ισοδύναμος τόνος CO₂

Η ποσοστιαία επίδραση των αερίων του θερμοκηπίου στην υπερθέρμανση του πλανήτη δεν είναι ίδια, δηλαδή τα αέρια αυτά δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία με διαφορετικό ρυθμό. Για να εκτιμηθεί με ποσοτικούς όρους η συμμετοχή των διαφόρων αερίων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, έχει οριστεί ένας δείκτης «Δυναμικού Παγκόσμιας Αύξησης της Θερμοκρασίας» (Global Warming Potential – GWP). Στον Πίνακα 2.3 εμφανίζονται οι τιμές αυτού του δείκτη για διάφορα αέρια του θερμοκηπίου. Ο δείκτης αυτός εξαρτάται από το φάσμα απορρόφησης του κάθε αερίου, το χρόνο παραμονής του στην ατμόσφαιρα, το μοριακό του βάρος και την περίοδο που ενδιαφέρει να εκτιμηθεί η συμμετοχή του κάθε αερίου. Για παράδειγμα το CH₄ σε ένα χρονικό ορίζοντα 100 ετών είναι 21 φορές ισχυρότερο αέριο από ότι το CO₂. Παράλληλα το N₂O είναι 310 φορές ισχυρότερο και οι HFC_s έως και 11.700 φορές ισχυρότεροι από το CO₂.

Πολλές φορές γίνεται αναγωγή του όγκου ή της μάζας των εκλύσεων από τα άλλα αέρια του θερμοκηπίου σε ισοδύναμες εκλύσεις CO₂. Ως «ισοδύναμος τόνος CO₂», ορίζεται η ποσότητα του CO₂ που προκύπτει, αν μετατραπούν όλα

τα αέρια του θερμοκηπίου σε ισοδύναμες ποσότητες CO₂, λαμβάνοντας υπόψη για κάθε αέριο το «Δυναμικό Παγκόσμιας Αύξησης της Θερμοκρασίας» (GWP) [2].

Πίνακας 2.3:Χαρακτηριστικά στοιχεία αερίων του θερμοκηπίου [2]

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	O ₃	Freon 11	Freon 12
Κατά όγκο περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας (ppm)	354	1,72	0,31	0,03	2,8*10 ⁻⁴	4,8*10 ⁻⁴
Μέσος χρόνος παραμονής στην ατμόσφαιρα (έτη)	120	10	150	0,1	60	130
Ετήσια αύξηση (%)	0,5	1,0	0,25	0,5	5	3
Δυναμικό Παγκόσμιας Αύξησης της Θερμοκρασίας (GWP)	1	21	310	3000	12.400	15.800
Συμμετοχή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (%)	50	19	4	8	5	12

2.5 Αιτίες για την Κλιματική Αλλαγή

Μια κλιματική αλλαγή μπορεί να οφείλεται σε πολλές αιτίες, που μπορεί να είναι ή φυσικές ή ανθρωπογενείς. Παλαιοντολογικές αλλαγές του κλίματος είχαν αποκλειστικά φυσικές αιτίες, παραδείγματα των οποίων είναι:

- Αλλαγές της δραστηριότητας του ήλιου με συνέπεια την αλλαγή της ηλιακής ακτινοβολίας, που εκπέμπεται προς τη γη.

- Αλλαγές των παραμέτρων της τροχιάς της γης περί τον ήλιο (π.χ. μέγιστη και ελάχιστη απόσταση της γης από τον ήλιο, κλίση του άξονα της γης) με αποτέλεσμα να αλλάζει το μέγεθος της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η γη.
- Ηφαιστειακή δραστηριότητα.
- Μετατόπιση των ηπείρων της γης.

Από την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης εκτός από τις φυσικές αιτίες υπάρχουν και ανθρωπογενείς αιτίες για την αλλαγή του κλίματος. Μερικά παραδείγματα των ανθρωπογενών αιτιών για την αλλαγή του κλίματος είναι:

- Το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Αλλαγή της ανακλαστικότητας ή αλβέδο, δηλαδή αλλαγή της συμπεριφοράς της επιφάνειας της γης, ή και του συστήματος γη – ατμόσφαιρα στο να απορροφά ή να αντανακλά την ηλιακή ακτινοβολία (π.χ. μεταβάλλοντας ένα παρθένο δάσος σε καλλιεργήσιμη γη).
- Μεταβολή των χημικών συνθηκών της ατμόσφαιρας μέσω των εκπομπών διαφόρων ρύπων (π.χ. εκπομπή αιωρούμενων σωματιδίων και αεροζόλ, που αντανακλούν ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, οδηγώντας έτσι σε μείωση της θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης, δηλαδή αντίθετα από το φαινόμενο του θερμοκηπίου) [7].

2.5.1 Κλιματική αλλαγή

Το κλίμα του πλανήτη ήδη προσαρμόζεται στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου με τέτοιο τρόπο ώστε το παγκόσμιο ισοζύγιο ενέργειας να είναι ισορροπημένο. Αυτό σημαίνει ότι το κλίμα αλλάζει και θα συνεχίσει να αλλάζει όσο τα επίπεδα αερίων του θερμοκηπίου αυξάνονται. Σήμερα οι επιστήμονες είναι πεπεισμένοι για τη θέρμανση του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή.

Από αρχαία μετρήσεων της θερμοκρασίας του πλανήτη αποδεικνύεται ότι υπάρχει μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κατά $0,6 \pm 0,2$ °C από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα μέχρι σήμερα. Η μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας εμφανίστηκε από το 1910 έως το 1940 και από το 1976 μέχρι σήμερα. Στο βόρειο ημισφαίριο, όπου υπάρχουν επαρκή στοιχεία για να πραγματοποιηθεί μια ανάλυση αυτού του είδους, η αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε τον 20^ο αιώνα είναι η μεγαλύτερη της τελευταίας χιλιετίας. Επιπλέον, η δεκαετία του 90 φαίνεται ότι είναι η θερμότερη της χιλιετίας και το 1998 ο θερμότερος χρόνος.

Παράλληλα το μέσο ύψος της επιφάνειας της θάλασσας έχει αυξηθεί κατά 10 έως 20 cm. Καθώς τα ανώτερα στρώματα των ωκεανών θερμαίνονται, το νερό διαστέλλεται και το ύψος της θάλασσας μεγαλώνει. Τα μοντέλα προβλέπουν ότι μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,6 °C θα είχε σαν αποτέλεσμα αύξηση του ύψους της θάλασσας αντίστοιχη με αυτή που έχουμε σήμερα. Όμως υπάρχουν

και άλλες αλλαγές , όπως είναι η χιονοπτώσεις και το λιώσιμο των πάγων στην Αρκτική και την Ανταρκτική, οι οποίες επηρεάζουν το ύψος της θάλασσας.

Η ετήσια κάλυψη των ποταμών και των λιμνών από πάγο έχει μειωθεί κατά 2 εβδομάδες κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα. Επιπλέον όλοι οι καταγεγραμμένοι παγετώνες που δε βρίσκονται σε πολικές περιοχές έχουν υποχωρήσει το ίδιο χρονικό διάστημα. Παράλληλα εμφανίστηκε μια αύξηση των βροχοπτώσεων κατά 0,5 – 1 % ανά δεκαετία σε περιοχές μεσαίου και μεγάλου γεωγραφικού πλάτους στο βόρειο ημισφαίριο. Στις τροπικές περιοχές (10°B – 10°N) η αύξηση των βροχοπτώσεων είναι της τάξης του 0,2 – 0,3% ανά δεκαετία. Από την άλλη πλευρά στις υποτροπικές περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου (10°N – 30°N) εμφανίστηκε μια μείωση των βροχοπτώσεων της τάξης του 0,3% ανά δεκαετία κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα.

Ο τρόπος που το κλίμα άλλαξε κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των μοντέλων τα οποία λαμβάνουν υπόψη την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου. Μετρήσεις που πραγματοποιούνται με τη βοήθεια μπαλονιών και δορυφόρων δείχνουν ότι ενώ η θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης ανεβαίνει, η στρατόσφαιρα ψύχεται. Επιπλέον, η γη θερμαίνεται με πιο αργούς ρυθμούς σε περιοχές που καλύπτεται από θάλασσα. Συνοψίζοντας, οι περισσότεροι επιστήμονες συμφωνούν ότι η θέρμανση του πλανήτη, που παρατηρήθηκε τα τελευταία 50 χρόνια, οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η κλιματική αλλαγή είναι μια από τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές απειλές που αντιμετωπίζει ο πλανήτης σήμερα [6].

2.5.2 Προβλέψεις σχετικά με την κλιματική αλλαγή

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) είναι ένα δίκτυο που αποτελείται από περίπου 2000 από τους πιο διακεκριμένους ειδικούς σε περιβαλλοντικά θέματα από 70 χώρες. Η επιτροπή αυτή ιδρύθηκε από τα Ηνωμένα Έθνη (United Nations) και τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (World Meteorological Organization – WMO) με στόχο να μελετήσει την κλιματική αλλαγή. Τα έτη 1990, 1995 και 2001 η Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές δημοσίευσε εκθέσεις που αποτιμούσαν τις διαθέσιμες αποδείξεις σχετικά: 1) με τις μεταβολές των μέσων θερμοκρασιών των τελευταίων δεκαετιών στον πλανήτη και 2) με την εξέλιξη των μέσων θερμοκρασιών και του κλίματος του πλανήτη στα επόμενα χρόνια. Τα σημαντικότερα σημεία αυτών των εκθέσεων παρουσιάζονται ακολούθως:

- Τα σύγχρονα μοντέλα προβλέπουν μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 1,4 – 5,8 °C μεταξύ του 1990 και του 2100. Οι προβλέψεις αυτές στηρίζονται σε ένα ευρύ φάσμα παραδοχών σχετικά με τις μελλοντικές εξελίξεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, όπως είναι η αύξηση του πληθυσμού και οι τεχνολογικές εξελίξεις, αλλά δε λαμβάνουν υπόψη πολιτικές μείωσης των εκπομπών. Ακόμα και μια άνοδος της θερμοκρασίας τον επόμενο αιώνα της τάξης του 1,4 °C θα ήταν η μεγαλύτερη που έχει σημειωθεί τα τελευταία 10.000 χρόνια.
- Η μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας αναμένεται να ανέβει κατά 9 έως 88 cm μέχρι το 2100. Αυτό θα συμβεί κυρίως λόγω της θερμικής

διαστολής των ανώτερων στρωμάτων της θάλασσας και του λιωσίματος των παγετώνων.

- Οι προβλέψεις σχετικά με την αλλαγή του κλίματος στις διάφορες περιοχές καθώς και για διάφορες εποχές είναι αβέβαιη. Παρότι η θερμοκρασία σε όλες τις περιοχές αναμένεται να αυξηθεί σε κάποιες θα αυξηθεί πιο πολύ. Η μεγαλύτερη άνοδος της θερμοκρασίας αναμένεται στις βόρειες κρύες περιοχές κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ο λόγος είναι ότι επειδή το χιόνι και ο πάγος αντανακλούν την ακτινοβολία του ήλιου, η μείωση των χιονοπτώσεων θα έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη απορρόφηση ακτινοβολίας από τον ήλιο. Το 2100 προβλέπεται ότι οι θερμοκρασίες το Χειμώνα στο βόρειο Καναδά, τη Γροιλανδία και τη βόρεια Ασία θα είναι κατά 40% υψηλότερη από ότι ήταν το 1900.
- Στις ηπειρωτικές περιοχές αναμένεται η θερμοκρασία να ανέβει με μεγαλύτερους ρυθμούς από ότι στις παραθαλάσσιες και στις θαλάσσιες περιοχές.
- Οι βροχοπτώσεις προβλέπεται ότι θα αυξηθούν. Αυτό που δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια είναι σε ποιες περιοχές θα σημειωθούν οι μεγαλύτερες μεταβολές.
- Η αύξηση των βροχοπτώσεων και των χιονοπτώσεων θα έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη υγρασία στο έδαφος των περιοχών με μεγάλο γεωγραφικό πλάτος κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Από την άλλη πλευρά οι υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού θα έχουν σαν αποτέλεσμα το έδαφος να είναι πιο ξηρό. Τα πιο πάνω θα επηρεάσουν σε σημαντικό βαθμό τη γεωργία.

- Η συχνότητα και η ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων αναμένεται ότι θα μεταβληθεί. Προβλέπεται ότι θα αυξηθεί ο αριθμός των καταιγίδων σε πολλές περιοχές καθώς και των καυσώνων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Επίσης αναμένεται ότι θα αυξηθεί ο αριθμός των τυφώνων οι οποίοι θα είναι και πιο έντονοι.
- Οι αλλαγές στα ρεύματα των ωκεανών μπορεί να έχουν μεγάλη επίδραση στο τοπικό κλίμα διάφορων περιοχών αλλά ακόμα δεν είναι σίγουρο ότι η θέρμανση του πλανήτη μπορεί να προκαλέσει τέτοιες αλλαγές.

Από τα πιο πάνω φαίνεται καθαρά ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί μια από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές απειλές που αντιμετωπίζει ο πλανήτης σήμερα. Στο τρίτο κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τις σημαντικότερες κινήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα σε παγκόσμιο επίπεδο για την αντιμετώπιση αυτής της εξαιρετικά σημαντικής απειλής [6].

2.6 Η «τρύπα του όζοντος» στην ατμόσφαιρα και οι αιτίες που την προκάλεσαν

Εκτός από το φαινόμενο του θερμοκηπίου, μια δεύτερη απειλή που πηγάζει από τη επιφάνεια της γης αλλά εκδηλώνεται στη στρατόσφαιρα είναι η «τρύπα του όζοντος». Ουσιαστικά πρόκειται για μια διαδικασία αραίωσης του όζοντος, με συνέπειες που αφορούν το σύνολο του πλανήτη.

Ο ήλιος εκπέμπει φως σε ένα μεγάλο εύρος κυμάτων. Περίπου 2% του φωτός αυτού είναι υπεριώδης ακτινοβολία (UV), μέρος της οποίας (UV-B) έχει αρνητικές επιπτώσεις στους ζώντες οργανισμούς. Το όζον (O_3), αέριο που το μόριο του αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου, είναι φυσικό συστατικό της ατμόσφαιρας της γης και απορροφά έντονα την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που βρίσκεται στο υπεριώδες φάσμα. Το στρώμα του όζοντος στην στρατόσφαιρα λειτουργεί ως ένα φυσικό φίλτρο, που απορροφά ένα μέρος της βλαβερής υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας. Η μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού της υπεριώδους ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης με σοβαρές επιπτώσεις για την υγεία των ανθρώπων και των ζώων, αλλά και στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Αν υποθεθεί ότι ξαφνικά εκλείπει το όζον, τότε θα εκλείψουν όλα τα φυτά, τα ζώα και οι άνθρωποι από τον πλανήτη.

Μακροχρόνιες μετρήσεις, που επαληθεύονται και από δορυφορικές παρατηρήσεις, υποδεικνύουν σήμερα ότι το στρώμα του όζοντος υφίσταται μια διαρκή μείωση σε δύο τουλάχιστον σημεία της στρατόσφαιρας. Πρώτα και κύρια σε ύψος 15 km έως 20 km πάνω από την Ανταρκτική και κατά δεύτερο λόγο, πάνω από την Αρκτική. Αυτές οι «τρύπες» του όζοντος υπάρχει ο φόβος ότι θα επεκταθούν. Υπάρχει σημαντική εποχιακή διακύμανση στην αραίωση της στοιβάδας του όζοντος. Στις πολικές περιοχές, κατά τη διάρκεια της πολικής νύχτας, δημιουργείται ένας μεγάλος στρόβιλος στον οποίο οι αέριες μάζες είναι πολύ κρύες και παραμένουν σχετικά απομονωμένες από εκείνες που βρίσκονται στα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Όταν οι πρώτες ηλιακές ακτίνες

φθάνουν, το όζον μειώνεται ταχέως. Η καταστροφή είναι μεγαλύτερη στο νότιο ημισφαίριο. Το σενάριο αυτό επαναλαμβάνεται κάθε χρόνο από το 1980.

Το 1974 οι F.S. Rowald και M. Molina (βραβείο Nobel Χημείας 1995) εντόπισαν μία ευρέως χρησιμοποιούμενη κατηγορία πολύ αδρανών χημικών - τους χλωροφθοράνθρακες (CFC_s) - που μεταφέρθηκαν στην στρατόσφαιρα με τις κατακόρυφες κινήσεις του αέρα. Εκεί, με τη δράση της υπεριώδους ακτινοβολίας, διασπώνται και απελευθερώνουν χλώριο. Μέσω μιας πολύπλοκης σειράς χημικών αντιδράσεων, το χλώριο αυτό είναι σε θέση να καταστρέψει το πολύτιμο όζον, και μάλιστα, με εκπληκτική ικανότητα. Ένα και μόνο άτομο χλωρίου, με διαδοχικές επιθέσεις εξουδετερώνει εκατοντάδες μόρια όζοντος, διασπώντας τα σε οξυγόνο [2].

Εκτός από τους χλωροφθοράνθρακες οι κυριότερες ενώσεις που συμβάλλουν στην αραίωση του όζοντος είναι οι ακόλουθες:

- Halons και HBFC_s τα οποία χρησιμοποιούνται σε πυροσβεστήρες.
- Μέθυλο-βρωμίδιο (CH₃Br), ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο απολυμαντικό.
- Τετραχλωράνθρακας (CCl₄), ένα φθινό υπερβολικά τοξικό διαλυτικό.
- Τρίχλωρο-αιθυλένιο (C₂H₃Cl₃), το οποίο χρησιμοποιείται σαν καθαριστικό για ρούχα και μέταλλα και σαν προωθητικό σε περισσότερα από 160 καταναλωτικά προϊόντα.
- Υδροχλώριο (HCl), χημικό ευρείας βιομηχανικής χρήσεως.

Επίσης οι ωκεανοί και περιστασιακά οι ηφαιστειακές εκρήξεις εκπέμπουν χλώριο και βρώμιο στην τροπόσφαιρα. Παρόλα αυτά όμως, οι περισσότερες από αυτές τις ενώσεις επειδή διαλύονται εύκολα στο νερό επιστρέφουν στην επιφάνεια της γης με τις βροχές. Οι μετρήσεις και τα διάφορα μοντέλα δείχνουν ότι το 75-85% της μείωσης του στρώματος του όζοντος μέχρι το 1976 οφείλεται σε χημικές ενώσεις που απελευθέρωσε ο άνθρωπος από το 1950 και μετά [1].

Η τρύπα του όζοντος και οι αλλαγές στο κλίμα του πλανήτη είναι δύο φαινόμενα ξεχωριστά, που όμως αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Η σχέση του προβλήματος της μείωσης της συγκέντρωσης του όζοντος στην στρατόσφαιρα με τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που ευθύνονται για τις κλιματικές αλλαγές, δεν περιορίζεται μόνο στη δράση των χλωροφθορανθράκων (CFC_s) που επιδεινώνουν και τα δύο αυτά προβλήματα. Τα δύο φαινόμενα συνδέονται μεταξύ τους, καθώς το ένα ενισχύει το άλλο. Τα αέρια του θερμοκηπίου θερμαίνουν τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, αλλά έχουν το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα στη στρατόσφαιρα, δηλαδή την ψύχουν. Όσο χαμηλότερες είναι οι θερμοκρασίες στην στρατόσφαιρα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η μείωση του όζοντος. Για τον λόγο αυτό, η μεγαλύτερη τρύπα του όζοντος εμφανίζεται στο πιο κρύο μέρος της Γης, την Ανταρκτική [2].

2.7 Το φαινόμενο της «όξινης βροχής»

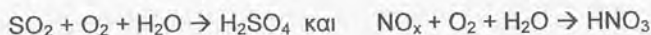
Η οξίνιση του περιβάλλοντος έχει σχέση με την αύξηση της οξύτητας των αβιοτικών παραγόντων ενός οικοσυστήματος και συνδέεται με τη διασπορά του

διοξειδίου του θείου (SO_2) και των οξειδίων του αζώτου (NO_x) στην ατμόσφαιρα, ως συνέπεια των εκπομπών της καύσης του άνθρακα από βιομηχανικές δραστηριότητες. Τα οξείδια αυτά κατακάθονται στο έδαφος σαν ξηρές αποθέσεις ή σχηματίζουν οξέα που μεταφέρονται με υδροσταγονίδια, γνωστά σαν «όξινη βροχή». Από τους επιστήμονες, χρησιμοποιείται ακόμα ο όρος «απόθεση οξέων» (acid precipitation), που είναι ευρύτερος και περιλαμβάνει εκτός από τη βροχή, και τις άλλες υγρές αποθέσεις, δηλαδή χιόνι, χαλάζι, πάχνη, καθώς και τις ξηρές όξινες αποθέσεις, δηλαδή αερολύματα και σωματίδια (σκόνη).

Η όξινη βροχή συνδέεται άμεσα με την ατμοσφαιρική ρύπανση και εκδηλώνεται σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο. Θεωρείται η σύγχρονη μάστιγα των δασών στις εκβιομηχανισμένες χώρες της Κεντρικής και Δυτικής Ευρώπης και της Ανατολικής και Βόρειας Αμερικής, με τάσεις επέκτασης και σε άλλες περιοχές της Γης, οπουδήποτε παρατηρείται αυξημένη βιομηχανική δραστηριότητα. Το φαινόμενο αυτό έχει προσλάβει διεθνείς διαστάσεις, επειδή οι μετεωρολογικές συνθήκες διευκολύνουν την αερομεταφορά των ρύπων από τη μία χώρα στην άλλη (διασυνοριακή ρύπανση). Για παράδειγμα, η Νορβηγία δέχεται πέντε φορές περισσότερη όξινη βροχή από ότι η ίδια παράγει.

Ο τρόπος με τον οποίο δημιουργείται η όξινη βροχή φαίνεται να είναι απλός. Το SO_2 και τα οξείδια του αζώτου οξειδώνονται στην ατμόσφαιρα, αντιδρούν με υδρατμούς και σχηματίζουν θειικό οξύ (H_2SO_4) και νιτρικό οξύ (HNO_3) αντίστοιχα, που με τη βροχή πέφτουν στο έδαφος.

Οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα χονδρικά, είναι:



Ωστόσο, οι φυσικοχημικοί μηχανισμοί παραγωγής της όξινης βροχής παραμένουν σε σημαντικό βαθμό αδιευκρίνιστοι. Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στα οικοσυστήματα και το κλίμα έχουν περισσότερο ή λιγότερο τεκμηριωθεί από πολλές έρευνες. Μια τέτοια βροχή έχει pH κάτω του 5 και μπορεί να προκαλέσει σοβαρές μεταβολές στα νερά και στο έδαφος, σοβαρές βλάβες σε πολλούς πληθυσμούς υδρόβιων οργανισμών, μεταβολές της διαλυτότητας μερικών τοξικών ουσιών, υποβάθμιση των δασών λόγω της μείωσης του pH του εδάφους, βλάβες στις γεωργικές καλλιέργειες και επιτάχυνση της διάβρωσης του σιδήρου, του ψευδαργύρου, του χαλκού και του αλουμινίου, με αποτέλεσμα σοβαρές βλάβες στα κτήρια και ειδικότερα στα ιστορικά μνημεία. Ειδικότερα, τα δάση δέχονται επιδράσεις που είναι δύσκολο να αποτιμηθούν, επειδή οι μακροχρόνιες συνέπειες της όξινης βροχής συγχέονται με τις κλιματικές διακυμάνσεις [2].

2.8 Επιπτώσεις στο περιβάλλον από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνοδεύεται από σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι επιπτώσεις αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές όταν χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι και οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) δεν δημιουργούν περιβαλλοντικά

προβλήματα. Κλείνοντας το τρίτο κεφάλαιο θα επιδιωχθεί να πραγματοποιηθεί μια σύντομη αναφορά σε περιβαλλοντικά θέματα που αφορούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

2.8.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα

Κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα προκύπτουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ένα από τα πιο σημαντικά αέρια που εκπέμπεται όταν καίγονται ορυκτά καύσιμα είναι το CO_2 , το οποίο όπως αναφέρθηκε νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο παγιδεύει τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 150 χρόνων, τα ορυκτά καύσιμα είναι υπεύθυνα για περισσότερο από το 25% της αύξησης του CO_2 στην ατμόσφαιρα. Τα ορυκτά καύσιμα επίσης ενοχοποιούνται και για την αύξηση της συγκέντρωσης του μεθανίου και του υποξειδίου του αζώτου (N_2O), αν και δεν είναι η κύρια πηγή εκπομπής αυτών των αερίων. Επομένως τα ορυκτά καύσιμα συμβάλλουν σημαντικά στην θέρμανση του πλανήτη.

Επιπλέον, τα ορυκτά καύσιμα προκαλούν ατμοσφαιρική ρύπανση αφού κατά την καύση τους παράγεται μονοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, οξείδια του θείου και υδρογονάνθρακες. Παράλληλα, τα ολικά αιωρούμενα στερεά που εκλύονται αποτελούν σημαντικό ατμοσφαιρικό ρύπο. Όμως, το πρόβλημα δεν σταματάει εδώ αφού τα οξείδια του αζώτου και οι υδρογονάνθρακες μπορούν

να αντιδράσουν και να σχηματίσουν τροποσφαιρικό όζον το οποίο αποτελεί το κύριο συστατικό της αιθαλομίχλης.

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα αέριο το οποίο σχηματίζεται κατά την ατελή καύση των ορυκτών καυσίμων. Έκθεση σε μονοξείδιο του άνθρακα προκαλεί πονοκεφάλους και επιδεινώνει την κατάσταση των καρδιοπαθών. Από την άλλη πλευρά τα οξείδια του αζώτου εμφανίζονται σαν κίτρινο-καφέ σύννεφα πάνω από πολλές πόλεις. Ερεθίζουν τα πνευμόνια, προκαλούν βρογχίτιδα και πνευμονία και μειώνουν την αντίσταση του αναπνευστικού συστήματος [8]. Επίσης συμβάλλουν στη δημιουργία της αιθαλομίχλης η οποία μπορεί να προκαλέσει παιδική βρογχίτιδα, δύσπνοια στους ενήλικες και απειλητικές συνθήκες για άτομα με αναπνευστικά προβλήματα [9]. Τα οξείδια του θείου παράγονται κατά την οξειδωση του διαθέσιμου θείου στα καύσιμα. Τα οξείδια του θείου και του αζώτου αποτελούν κύρια συστατικά της όξινης βροχής.

Οι υδρογονάνθρακες είναι μια ευρεία κατηγορία ρυπαντών οι περισσότεροι από τους οποίους αντιδρούν με τα οξείδια του αζώτου υπό την παρουσία θερμότητας και έντονης ηλιακής ακτινοβολίας και σχηματίζουν την αιθαλομίχλη. Η αιθαλομίχλη εμφανίζεται σαν λευκή καταχνιά και οι τελευταίες έρευνες δείχνουν ότι το όζον της τροπόσφαιρας μπορεί να είναι βλαβερό ακόμα και σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις από αυτές που ορίζουν τα όρια σε διάφορες χώρες. Επιπλέον κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων παράγονται σωματίδια, όπως είναι η αιθάλη και άλλα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία δημιουργούν σημαντικά προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα.

Επιπροσθέτως τα σωματίδια αυτά συμβάλλουν στη δημιουργία της όξινης βροχής.

Η καύση των ορυκτών καυσίμων έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα νερά και το έδαφος. Κατά τη μεταφορά του πετρελαίου συχνά συμβαίνουν διαρροές οι οποίες προκαλούν σημαντικές οικολογικές καταστροφές σε θαλάσσιες περιοχές. Από την άλλη πλευρά οι λιθάνθρακες περιέχουν και πυριτικές προσμίξεις οι οποίες περιλαμβάνουν και θειούχες ενώσεις. Καθώς το νερό διέρχεται από τα ορυχεία δημιουργούνται οξέα τα οποία στη συνέχεια καταλήγουν σε παρακείμενα ρεύματα και ποταμούς. Επίσης τα ορυχεία συνήθως δεν καλύπτονται και παραμένουν άγονα και αντιαισθητικά.

Επιπλέον κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα παράγεται θερμότητα μέρος της οποίας χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Μεγάλο μέρος θερμότητας όμως απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ή στο νερό που χρησιμοποιείται σαν ψυκτικό μέσο. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται θερμική μόλυνση η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική στην περίπτωση που το θερμαινόμενο νερό επιστρέφει σε ποταμούς και λίμνες διαταράσσοντας το υδατικό οικοσύστημα.

Παρότι το φυσικό αέριο είναι και αυτό ένα ορυκτό καύσιμο, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται κατά την καύση του είναι αρκετά χαμηλότερες από αυτές του λιθάνθρακα και του πετρελαίου. Συγκεκριμένα το φυσικό αέριο εκπέμπει 43% λιγότερο CO_2 από ότι ο λιθάνθρακας και 30% λιγότερο CO_2 από ότι το πετρέλαιο. Επιπλέον κατά την καύση του φυσικού

αερίου δεν παράγονται στερεά απόβλητα και οι ποσότητες διοξειδίου του θείου που εκπέμπονται είναι πολύ χαμηλές. Από την άλλη πλευρά, κατά την καύση του φυσικού αερίου παράγονται οξειδία του αζώτου που προκαλούν την αιθαλομίχλη. Παράλληλα το μεθάνιο από μόνο του είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου και μάλιστα πολύ πιο δραστικό από ότι το διοξείδιο του θείου στη δέσμευση της θερμότητας. Η συγκέντρωση του μεθανίου στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί 8 φορές περισσότερο από τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα από τότε που ξεκίνησε η βιομηχανική επανάσταση [8].

2.8.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία υδροηλεκτρικών εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε υδροηλεκτρικά εργοστάσια δεν εκπέμπονται αέρια του θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι στην ατμόσφαιρα. Από την άλλη πλευρά όμως, τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια έχουν κάποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις περιοχές που βρίσκονται, οι οποίες αναφέρονται πιο κάτω [10]:

- Συχνά εμποδίζεται η μετανάστευση των ψαριών προς τις πηγές για να γεννήσουν αλλά και πίσω προς τη θάλασσα. Για να αποφευχθούν τα προβλήματα αυτού του είδους δημιουργούνται βοηθητικά κανάλια και τοποθετούνται σήτες πριν από τους υδροστρόβιλους, οι οποίες εμποδίζουν τα ψάρια να περάσουν προς τους υδροστρόβιλους και να τραυματιστούν.

- Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια μπορούν να προκαλέσουν χαμηλά επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, γεγονός το οποίο μπορεί να είναι καταστροφικό για τους ζωντανούς οργανισμούς που ζουν στα ποτάμια.

2.8.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από αιολικά πάρκα

Κατά την παραγωγή ηλεκτρισμού από αιολική ενέργεια δεν εκπέμπονται ρύποι και αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Για το λόγω αυτό η χρήση της αιολικής ενέργειας βοηθάει σημαντικά στην καταπολέμησή της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Παρ' όλα αυτά, κάθε μορφή παραγωγής ενέργειας επιδρά στο περιβάλλον και το ίδιο ισχύει και για την αιολική ενέργεια. Τα κυριότερα μειονεκτήματα της αιολικής ενέργειας είναι τα ακόλουθα [10]:

- Οι ανεμογεννήτριες χαρακτηρίζονται από πολλούς ως αντιαισθητικές και ότι υποβαθμίζουν το φυσικό περιβάλλον.
- Πολλές φορές συμβαίνουν σημαντικοί τραυματισμοί πουλιών από ανεμογεννήτριες.
- Όπως κάθε μηχανικό σύστημα οι ανεμογεννήτριες παράγουν θόρυβο όταν λειτουργούν. Τα τελευταία χρόνια οι μηχανικοί κατά τη σχεδίαση δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στη μείωση του θορύβου.
- Ιδιαίτερα κατά το παρελθόν τα μεταλλικά πτερύγια δημιουργούσαν παρεμβολές στα ραδιοφωνικά και τα τηλεοπτικά σήματα. Σήμερα οι παρεμβολές αυτές έχουν μειωθεί σημαντικά.

2.8.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από φωτοβολταϊκούς σταθμούς

Κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ενέργεια, όπως συμβαίνει και με τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν εκπέμπονται αέρια του θερμοκηπίου. Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας, εκτός βέβαια από το ψηλό κόστος επένδυσης παρουσιάζονται ακολούθως [1]:

- Κατά την παραγωγή φωτοβολταϊκών στοιχείων παράγονται τοξικά χημικά.
- Η διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι γύρω στα 30 χρόνια.
- Για την παραγωγή μικρής ποσότητας ενέργειας καταλαμβάνεται τεράστια έκταση γης.
- Μπορούν να διαταράξουν ευαίσθητα οικοσυστήματα όταν τοποθετούνται σε έρημες περιοχές.

2.9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. G. Tyler Miller, Environmental Science, Brooks/Cole, ninth edition, 2003, σελ.278-280,319,523
2. Γ. Ζαρκαδούλας, Κλιματικές Αλλαγές στον 21ο Αιώνα σε Παγκόσμιο Επίπεδο ως Αποτέλεσμα της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Προβλέψεις για το Μέλλον τους με Βάση Κλιματικά Μοντέλα , ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Αθήνα 2003, σελ.23,25,27-28,42,44,46,60-61,64,66
3. Γ. Π. Μαρκαντωνάτος, Στοιχεία Υγιεινής Περιβάλλοντος και Υγειονομικής Μηχανικής, Copyright Γρ. Μαρκαντωνάτος, Αθήνα 1984, σελ.219

4. Σωτ. Καρβούνης & Δημ. Γεωργακέλλος, Διαχείριση του Περιβάλλοντος – Επιχειρήσεις & Βιώσιμη Ανάπτυξη, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα 2003, σελ. 749
5. Γ.Σαμιώτης και Γ.Τσάλας, Διεθνής προστασία του περιβάλλοντος , Παπαζήση, Αθήνα 1990, σελ64
6. UNEP and UNFCCC, Climate Change Information Kit, Fontline Electronic Publishing, September 2002 France, σελ.6-7,12,14
7. Δρ.Στέφανος.Ε.Μπινιάρης, Το Περιβάλλον - Ρύπανση και Προστασία, Αθήνα 2004, σελ.185
8. The hidden cost of fossil fuels, Union of Concerned Scientists <http://www.ucsusa.org/index.cfm>
9. Schwaller & Gilberti, Ηλεκτρικές Πηγές Ενέργειας και Περιβάλλον, ΙΩΝ, 1999 Περιστέρι, σελ.140
10. Wind – Environment, U.S. Department of Energy, www.eere.energy.gov

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ – ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

3.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, τα τελευταία χρόνια έχουν λάβει μεγάλη δημοσιότητα θέματα τα οποία αφορούν την αλλαγή κλίματος του πλανήτη, η οποία εμφανίζεται κυρίως με τη μορφή της παγκόσμιας θέρμανσης, της τρύπας του όζοντος, της όξινης βροχής, της ρύπανσης του εδάφους, της ατμόσφαιρας και των υδάτων και της καταστροφής των δασών και των οικοσυστημάτων. Οι επιστημονικές μετρήσεις έχουν πράγματι δώσει ενδείξεις για όλα τα προαναφερόμενα, καταγράφοντας μια αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά $0,4^{\circ}\text{C}$ έως $0,8^{\circ}\text{C}$ τα τελευταία 150 χρόνια και διαπιστώνοντας τη μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος. Σύμφωνα με διεθνή ομάδα εξεχόντων εμπειρογνομόνων (IPCC), οι μέσες επιφανειακές θερμοκρασίες ανά τον κόσμο ενδέχεται να αυξηθούν κατά $1,4$ έως $5,8^{\circ}\text{C}$ μέχρι το τέλος του αιώνα, εάν συνεχιστεί ο εφησυχασμός [1].

Στο τρίτο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά αρχικά στα εργαλεία που υπάρχουν για την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος. Στη συνέχεια θα παρουσιασθούν οι

κυριότερες δραστηριότητες και πολιτικές της διεθνούς κοινότητας σχετικά με το περιβάλλον, την ανάπτυξη και το κλίμα, καθώς επίσης και την εθνική πολιτική για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, αφού η αποφυγή της αλλαγής του κλίματος απαιτεί προληπτική πολιτική δράση και η αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι ένα έργο συλλογικό, που επιβάλλεται να γίνεται σε τοπική, εθνική και παγκόσμια κλίμακα με σκοπό την εξασφάλιση της αειφόρου ανάπτυξης του πλανήτη. Τέλος, το κεφάλαιο αυτό θα κλείσει με διάφορες εκτιμήσεις σχετικά με τη διαμόρφωση της τιμής εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου λόγω της υπογραφής του Πρωτοκόλλου του Κιότο από την Ε.Ε. και επομένως και από την Ελλάδα, καθώς η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου θα επηρεάσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

3.2 Ο ρόλος των φόρων σαν εργαλείο πολιτικής για την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος

Οι οικονομολόγοι συχνά προτείνουν επιβολή φορολογίας στα ορυκτά καύσιμα ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα. Με αυτό τον τρόπο πολλοί ισχυρίζονται ότι επιτυγχάνεται με τον οικονομικότερο τρόπο η μείωση των εκπομπών από τα ορυκτά καύσιμα [2]. Ένας τέτοιος φόρος περιορίζει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα με δύο τρόπους: ενθαρρύνει την πιο αποδοτική χρησιμοποίηση της ενέργειας και δίνει κίνητρα για την ανάπτυξη τεχνολογιών μηδενικών εκπομπών, λόγω αύξησης των τιμών των ορυκτών καυσίμων. Με αυτό τον τρόπο αλλάζουν οι σχετικές τιμές των καυσίμων και

υπάρχει μια στροφή από την καύση άνθρακα και πετρελαίου στην καύση του φυσικού αερίου ή στη χρήση άλλων τρόπων παραγωγής ενέργειας που δεν παράγουν αέρια του θερμοκηπίου.

Το μόνο εργαλείο πολιτικής, εκτός από το φόρο του άνθρακα, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις ενεργειακές πηγές που εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα, είναι η επιβολή ενός ανώτερου ορίου εκπομπών σε συνδυασμό με τη δυνατότητα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής. Στη θεωρία, τα δύο αυτά εργαλεία είναι παρόμοια. Δεν υπάρχει μια απλή απάντηση σχετικά με ποιο εργαλείο είναι καλύτερο και ούτε το ένα εργαλείο αποκλείει το άλλο. Κάθε ένα εργαλείο έχει αρκετά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τα οποία αναλύονται στη συνέχεια [3].

3.2.1 Ο φόρος του άνθρακα

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, ο φόρος του άνθρακα είναι μια άμεση πληρωμή στο κράτος ή σε κάποιο άλλο φορέα, το μέγεθος της οποίας εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε άνθρακα του καυσίμου που καταναλώνεται. Τα αποτελέσματα επιβολής φόρου του άνθρακα στη μείωση των εκπομπών είναι άμεσα τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά καθώς φορολογείται το καύσιμο άμεσα.

Ο φόρος του άνθρακα προσφέρει μια πιο ευρεία προοπτική μείωσης των εκπομπών από ότι η επιβολή ενός ανώτατου ορίου εκπομπών σε συνδυασμό

με την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής ρύπων. Αυτό συμβαίνει επειδή ο φόρος του άνθρακα μπορεί να επιβληθεί ακόμα και σε κάθε ιδιώτη. Επιπλέον ο φόρος του άνθρακα μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα καύσιμα που περιέχουν άνθρακα, όπως είναι η βενζίνη, το πετρέλαιο θέρμανσης, τα καύσιμα των αεροπλάνων κτλ. Παράλληλα ο φόρος του άνθρακα έχει χαμηλό κόστος συναλλαγής. Σε αντίθεση η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής έχει υψηλό κόστος συναλλαγής, στο οποίο περιλαμβάνονται οι αμοιβές των μεσαζόντων, το κόστος διαπραγματεύσεων, το κόστος ασφάλισης κ.α.

Εκτός από τα πιο πάνω πλεονεκτήματα, ο φόρος του άνθρακα είναι ένα εργαλείο το οποίο δε μπορούν να το χρησιμοποιήσουν οι εταιρείες και οι μη κυβερνητικοί οργανισμοί για να βλάψουν το συμβατικό περιβάλλον της αγοράς. Από την άλλη πλευρά μη κυβερνητικοί οργανισμοί ή ακόμα και ιδιωτικές εταιρείες μπορούν να αγοράζουν μεγάλο αριθμό δικαιωμάτων εκπομπής αν δεν είναι περιβαλλοντικά ευαίσθητοποιημένοι, αντί να λάβουν μέτρα περιορισμού των εκπομπών. Παρόμοια, διάφορες εταιρείες μπορεί να αποταμιεύουν δικαιώματα εκπομπής με στόχο να αυξηθούν οι τιμές των δικαιωμάτων για τους ανταγωνιστές.

Παράλληλα η εφαρμογή του φόρου του άνθρακα είναι πολύ πιο απλή. Αντίθετα ένα σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής απαιτεί πολύπλοκη προετοιμασία, συνεχή παρακολούθηση των εκπομπών, κατανομή των δικαιωμάτων εκπομπής κ.α. Επιπλέον η επιβολή φόρου του άνθρακα προσφέρει ένα μόνιμο κίνητρο για τη μείωση των εκπομπών, ενώ οι τεχνολογικές εξελίξεις αναμένεται να οδηγήσουν σε μείωση της τιμής των

δικαιωμάτων εκπομπής. Αυτό θα συμβεί επειδή οι στόχοι σε εκπομπές θα είναι ευκολότερο να επιτευχθούν και επομένως θα υπάρξει μια μείωση της ζήτησης δικαιωμάτων εκπομπής. Επιπρόσθετα, τα συστήματα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής μπορεί να μην καταφέρουν να αυτορυθμιστούν στην περίπτωση γρήγορων αλλαγών και επομένως μπορεί να μην προσφέρουν ένα μόνιμο κίνητρο μείωσης τους.

Τέλος ο φόρος του άνθρακα προσφέρει κέρδος, το οποίο μπορεί να ανακυκλωθεί στην οικονομία με μείωση της φορολογίας του εισοδήματος και των επενδύσεων. Από την άλλη πλευρά η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής μπορεί να αποφέρει κέρδη μόνο στην περίπτωση που γίνεται δημοπράτηση των δικαιωμάτων [4].

3.2.2 Εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων

Όταν εφαρμόζεται η εμπορία των δικαιωμάτων εκπομπής η ποσότητα των συνολικών εκπομπών είναι σταθερή και το δικαίωμα να εκπέμπει κάποιος γίνεται εμπορεύσιμο προϊόν. Κάθε εταιρεία, που εκπέμπει αέρια του θερμοκηπίου, πρέπει να κατέχει δικαιώματα εκπομπής μεγαλύτερα ή ίσα από τις πραγματικές ποσότητες που εκπέμπει σε μια περίοδο. Τα δικαιώματα εκπομπής από τη στιγμή που κατανέμονται είναι και εμπορεύσιμα. Με αυτό τον τρόπο η μείωση των εκπομπών πραγματοποιείται, όπου αυτή στοιχίζει λιγότερο. Αυτό αποτελεί ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα της εμπορίας

δικαιωμάτων εκπομπής, αφού τα κόστη που προέρχονται από την κλιματική αλλαγή (π.χ. πλημμύρες, καταστροφικές καταιγίδες, καταστροφές καλλιεργειών κ.α.) δε σχετίζονται με την περιοχή προέλευσης των εκπομπών του άνθρακα.

Παράλληλα η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής είναι πιο ελκυστική στις ιδιωτικές εταιρείες. Όταν οι εταιρείες μειώνουν τις εκπομπές, μπορούν να ωφεληθούν πουλώντας την περίσσεια των δικαιωμάτων εκπομπής. Επιπλέον, με την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής ελέγχεται καλύτερα το συνολικό επίπεδο εκπομπών τόσο σε επίπεδο κρατών, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, αφού θέτονται ανώτερα όρια εκπομπών. Με αυτό τον τρόπο, είναι πιο εύκολο να επιτευχθούν διεθνείς στόχοι, όπως είναι αυτοί του Πρωτοκόλλου του Κιότο.

Επίσης η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής υπερτερεί του φόρου του άνθρακα σε περιπτώσεις που ο στόχος είναι η μείωση των εκπομπών πολλών αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό συμβαίνει επειδή κάθε αέριο του θερμοκηπίου έχει ένα ισοδύναμο δυναμικό, το οποίο βασίζεται στο διοξείδιο του άνθρακα. Με αυτό τον τρόπο, οι εταιρείες που εκπέμπουν πολλά αέρια του θερμοκηπίου έχουν μεγαλύτερη ευελιξία στην επίτευξη της μείωσης των εκπομπών. Τέλος το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής προσαρμόζεται αυτόματα στις μεταβολές του πληθωρισμού ενώ δε συμβαίνει το ίδιο με το σύστημα του φόρου του άνθρακα [4].

3.3 Ιστορική εξέλιξη της αντιμετώπισης του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου

Ο Σουηδός φυσικός και χημικός Svante Arrhenius πρώτος το 1896 περιέγραψε τις επιπτώσεις του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου:

1. Με τη χρήση των ορυκτών καυσίμων ο άνθρωπος αυξάνει τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα.
2. Αν η συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα διπλασιαστεί σε σχέση με την κατάσταση πριν από τη βιομηχανική επανάσταση, αυτό θα έχει σαν συνέπεια την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης κατά $3 - 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
3. Μια τέτοια αύξηση της θερμοκρασίας θα επιφέρει αλλαγές του κλίματος σε παγκόσμια κλίμακα.

Αν εξαιρέσουμε μερικές επιστημονικές διαπιστώσεις σε σχέση με το φαινόμενο του θερμοκηπίου στο μεσοδιάστημα, ιδιαίτερη σημασία στο φαινόμενο άρχισε να δίνεται προς το τέλος της δεκαετίας του 70. Στην πρώτη παγκόσμια κλιματολογική διάσκεψη στη Γενεύη της Ελβετίας το 1979 το φαινόμενο του θερμοκηπίου ήταν ήδη ένα σημαντικό θέμα. Στη συνέχεια, στο διεθνές κλιματολογικό συνέδριο στο Villach της Αυστρίας το 1985 υπήρξε για πρώτη φορά συναίνεση μεταξύ των επιστημόνων, ότι η αύξηση της θερμοκρασίας της γης τον 20^ο αιώνα οφείλεται στο ανθρωπογενές φαινόμενο το θερμοκηπίου. Οι πρώτες αναφορές σε διεθνές επίπεδο σχετικά με τη μελλοντική εξέλιξη του

φαινομένου του θερμοκηπίου πραγματοποιήθηκαν τόσο στο Villach της Αυστρίας το 1985 όσο και στο Bellagio της Ιταλίας το 1987.

Στη συνέχεια στην Παγκόσμια Διάσκεψη «Η Αλλαγή της Ατμόσφαιρας», που έλαβε χώρα το 1988 στο Τορόντο του Καναδά, έγινε λόγος για ένα ανεξέλεγκτο πείραμα, που εκτελεί η ανθρωπότητα με την ατμόσφαιρα της γης και του οποίου οι επιπτώσεις θα μπορούσαν να συγκριθούν με τα αποτελέσματα ενός παγκόσμιου πυρηνικού πολέμου. Είναι φανερό ότι τέτοιες δραματικές διατυπώσεις ευαισθητοποιούν όχι μόνο τα Μ.Μ.Ε., αλλά και τους πολιτικούς και οικονομικούς κύκλους. Το 1988 ιδρύθηκε από δύο οργανισμούς των Ηνωμένων Εθνών, δηλαδή τον «Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας» (WMO: World Meteorological Organization) και το «Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών» (UNEP: United Nations Environment Program) η «Διακυβερνητική Ομάδα για τις Κλιματικές Αλλαγές» (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change). Η IPCC δημιουργήθηκε για να αξιολογεί επιστημονικά τις κλιματικές αλλαγές. Χιλιάδες επιστήμονες συμμετέχουν σε αυτή εκδίδοντας κάθε 5 χρόνια μια έκθεση, που αποστέλλεται στις κυβερνήσεις για να μπορούν να προσανατολίσουν τα μέτρα που πρέπει να πάρουν [5].

3.3.1 Η Συνδιάσκεψη του Ρίο

Η αυξανόμενη επιστημονική ανησυχία ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο κλίμα του πλανήτη οδήγησε στην υπογραφή της Σύμβασης - Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή των Ηνωμένων Εθνών (United

Nations Framework Convention on Climate Changes - UNFCCC) στο Ρίο ντε Τζανέιρο τον Ιούνιο του 1992 από το σύνολο σχεδόν των χωρών του πλανήτη. Η Ελλάδα κύρωσε τη Σύμβαση κάνοντάς την νόμο του Κράτους το 1994 (Ν. 2205/94).

Ο κατεξοχήν στόχος της Σύμβασης είναι η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα τέτοια, ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρωπίνες δραστηριότητες. Η Σύμβαση αναγνωρίζει ότι οι αναπτυσσόμενες χώρες πρέπει να αναλάβουν τον πρωταρχικό ρόλο στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τις καλεί:

- Να καταβάλουν κάθε δυνατή προσπάθεια με σκοπό την επαναφορά των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου, μέχρι το έτος 2000, στα επίπεδα του 1990, μεμονωμένα ή σε συνεργασία με άλλες χώρες.
- Να υιοθετήσουν πολιτικές και μέτρα για να μετριάσουν τις κλιματικές αλλαγές.
- Να διασφαλίσουν την μεταφορά τεχνολογίας και οικονομικών πόρων προκειμένου να βοηθήσουν τις αναπτυσσόμενες χώρες να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής και να αναπτυχθούν με βάση την προστασία του περιβάλλοντος, στοχεύοντας στη συγκράτηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Η Σύμβαση – Πλαίσιο προβλέπει ότι κάθε χρόνο θα λαμβάνει χώρα και μια «Σύνοδος των Συμβαλλομένων Μερών». Στην 3^η Σύνοδο των Συμβαλλομένων

Μερών που έλαβε χώρα στο Κιότο της Ιαπωνίας το Δεκέμβριο του 1997 ενεκρίθη ομόφωνα το «Πρωτόκολλο του Κιότο» [6].

3.3.2 Πρωτόκολλο του Κιότο

Η 3^η Σύνοδος των Συμβαλλομένων Μερών της Σύμβασης, που έλαβε χώρα στο Κιότο τον Δεκέμβριο του 1997, ολοκλήρωσε τις διαπραγματεύσεις σχετικά με τον καθορισμό ενός νομικού οργάνου: του Πρωτοκόλλου του Κιότο για την κλιματική αλλαγή. Το Πρωτόκολλο του Κιότο εξασφαλίζει μία διαδικασία βάσει της οποίας μελλοντικές δράσεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής μεταβολής μπορεί να εντατικοποιηθούν. Καθορίζει για πρώτη φορά νομικά δεσμευτικούς στόχους για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και επιβεβαιώνει την ανάγκη συνεργασίας της διεθνούς κοινότητας σε θέματα που αφορούν σε ένα σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα.

Το κεντρικό σημείο του Πρωτοκόλλου είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των αναπτυγμένων κρατών να ελαττώσουν μεμονωμένα ή σε συνεργασία με άλλες χώρες τις εκπομπές 6 αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs και SF₆ – Παράρτημα 1) αρχικά την περίοδο 2008-2012 σε ποσοστό μεγαλύτερο του 5,2% από τα επίπεδα του 1990. Προτιμήθηκε ο καθορισμός πενταετούς περιόδου δέσμευσης αντί ενός έτους στόχου για να εξομαλυνθούν οι ετήσιες διακυμάνσεις των εκπομπών αερίων, που οφείλονται σε ανεξέλεγκτους παράγοντες, όπως είναι ο καιρός.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) δεσμεύτηκε για μείωση των εκπομπών της κατά 8%, οι ΗΠΑ κατά 7%, η Ιαπωνία κατά 6%, ενώ άλλες χώρες όπως η Ρωσία και η Αυστραλία δεσμεύτηκαν να περιορίσουν το ρυθμό αύξησης των εκπομπών τους. Για την επίτευξη των στόχων αυτών, το Πρωτόκολλο προβλέπει την χρήση των παρακάτω ευέλικτων μηχανισμών, οι οποίοι περιγράφονται αναλυτικότερα στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου [6]:

- διαπραγμάτευση δικαιωμάτων εκπομπών (Emissions Trading / ET)
- εφαρμογή προγραμμάτων από κοινού (Joint Implementation / JI)
- δημιουργία ενός μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης (Clean Development Mechanism / CDM)

Οι δεσμεύσεις καθίστανται νομικά δεσμευτικές ευθύς μόλις το πρωτόκολλο του Κιότο τεθεί σε ισχύ. Σύμφωνα με τους κανόνες έναρξης της ισχύος, απαιτείται να κυρώσουν το πρωτόκολλο τουλάχιστον 55 συμβαλλόμενα μέρη στη σύμβαση UNFCCC, στα οποία πρέπει να συμπεριλαμβάνονται οι βιομηχανικές χώρες (Παράρτημα 2) οι οποίες ευθύνονταν για το 55% τουλάχιστον των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) το 1990 [7]. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα υπέγραψε το Πρωτόκολλο στις 29 Απριλίου 1998 [8]. Μέχρι τις 22 Οκτωβρίου 2004 είχαν κυρώσει το πρωτόκολλο του Κιότο 111 χώρες, με αποτέλεσμα να έχει επιτευχθεί το πρώτο όριο. Μεταξύ αυτών, ωστόσο, οι χώρες του Παραρτήματος 2 αντιπροσώπευαν ποσοστό μόλις 44,2% των εκπομπών CO₂ (Το μερίδιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανέρχεται σε 24,2%).

Αφού οι Ηνωμένες Πολιτείες, οι οποίες φέρουν την ευθύνη για το 36,1% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂, αποσύρθηκαν από το πρωτόκολλο του Κιότο, στις

αρχές του 2001, η Ρωσία, στην οποία αναλογεί το 17,4% των παγκοσμίων εκπομπών CO₂, ήταν πλέον ο καθοριστικός παράγοντας για την έναρξη της ισχύος του πρωτοκόλλου. Μετά από έντονες διαπραγματεύσεις, η Ρωσική Βουλή επικύρωσε τελικά στις 22 Οκτωβρίου 2004 το Πρωτόκολλο του Κιότο, ενεργοποιώντας έτσι τη μοναδική διεθνή νομοθεσία, που ως στόχο έχει να αποτρέψει την αλλαγή του κλίματος στον πλανήτη. Το τελευταίο βήμα που απαιτείται από τη Ρωσία είναι να καταθέσει σχετική εντολή στα Ηνωμένα Έθνη, κίνηση καθαρά τυπική και η οποία θα γίνει σύντομα (2004). Ενενήντα μέρες μετά και από αυτό, το Πρωτόκολλο του Κιότο γίνεται διεθνής νόμος [9].

3.3.3 Υποχρεώσεις της ΕΕ και της Ελλάδας που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο

Στο πλαίσιο των δεσμεύσεων, που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο, η ΕΕ έχει δεσμευτεί, βάσει του άρθρου 4 του Πρωτοκόλλου, για μείωση των εκπομπών της κατά 8% την περίοδο 2008-2012. Ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων, στο εσωτερικό της ΕΕ αποτέλεσε το αντικείμενο συμφωνίας, στο Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος τον Ιούνιο του 1998 (Burden-Sharing Agreement). Οι υποχρεώσεις όλων των κρατών - μελών της ΕΕ με βάση τη συμφωνία αυτή παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1 [6].

Πίνακας 3.1: Κατανομή των υποχρεώσεων των κρατών - μελών της ΕΕ για τη μείωση των εκπομπών 6 αερίων στην περίοδο 2008-2012 σε σχέση με το έτος βάσης [6]

Λουξεμβούργο	-28.0 %
Γερμανία	-21.5 %
Δανία	-21.5 %
Αυστρία	-13.0 %
Ηνωμένο Βασίλειο	-12.5 %
Βέλγιο	-7.0 %
Ιταλία	-6.5 %
Ολλανδία	-6.0 %
Γαλλία	0 %
Φιλανδία	0 %
Σουηδία	+5.0 %
Ιρλανδία	+14.0 %
Ισπανία	+15.0 %
Ελλάδα	+25.0 %
Πορτογαλία	+ 28.0 %

3.3.4 Ευέλικτοι μηχανισμοί του πρωτοκόλλου του Κιότο με βάση την οικονομία της αγοράς

Σκοπός των ευέλικτων μηχανισμών του Πρωτοκόλλου είναι να δοθεί στις βιομηχανικές χώρες η δυνατότητα να επιτύχουν τους στόχους τους με την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής μεταξύ τους, αλλά και με την απόκτηση πιστώσεων ως αντάλλαγμα για έργα περιορισμού των εκπομπών που υλοποιούν στο εξωτερικό. Η από κοινού υλοποίηση αναφέρεται σε έργα που εκτελούνται σε χώρες για τις οποίες έχουν επίσης καθοριστεί στόχοι εκπομπών, ενώ ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης αναφέρεται σε έργα που εκτελούνται σε αναπτυσσόμενες χώρες, για τις οποίες δεν έχουν καθοριστεί στόχοι.

Το σκεπτικό στο οποίο βασίζονται οι τρεις ευέλικτοι μηχανισμοί είναι ότι οι εκπομπές αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου αποτελούν παγκόσμιο πρόβλημα και ότι ο τόπος όπου επιτυγχάνεται ο περιορισμός τους έχει δευτερεύουσα σημασία. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να επέλθουν μειώσεις εκεί όπου το κόστος είναι χαμηλότερο, τουλάχιστον στην πρώτη φάση της καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής. Έχουν συγκροτηθεί αναλυτικοί κανόνες και δομές εποπτείας, ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν γίνεται κατάχρηση των μηχανισμών αυτών [7].

3.3.4.1 Η από κοινού υλοποίηση και ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο, η από κοινού υλοποίηση (JI) και ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης (CDM) παρέχουν στις βιομηχανικές χώρες τη δυνατότητα να τηρήσουν μέρος των δεσμεύσεών τους που αφορούν τη μείωση των εκπομπών τους, υλοποιώντας έργα μείωσης των εκπομπών στο εξωτερικό και συμφιζώντας τις μειώσεις που επιτυγχάνονται με αυτόν τον τρόπο με τις υποχρεώσεις τους. Με την JI παρέχεται η δυνατότητα υλοποίησης έργων σε άλλες βιομηχανικές χώρες, για τις οποίες το πρωτόκολλο του Κιότο ορίζει στόχους, ενώ ο μηχανισμός CDM καλύπτει χώρες χωρίς στόχους, δηλαδή αναπτυσσόμενες χώρες. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη χορήγηση πιστώσεων έναντι των μειώσεων που επιτυγχάνονται, είναι να αποδίδουν τα έργα πραγματικά, μετρήσιμα και μακροπρόθεσμα οφέλη από την άποψη της αλλαγής του κλίματος.

Βασιζόμενη στις προαναφερόμενες ρυθμίσεις και στο σύστημα εμπορίας εκπομπών της ΕΕ, η Επιτροπή ενέκρινε στις 16 Ιουλίου 2003 πρόταση, σύμφωνα με την οποία οι πιστώσεις από την υλοποίηση έργων JI και CDM συνδέονται με το σύστημα εμπορίας των εκπομπών. Βάσει της πρότασης αυτής, θα επιτρέπεται στις ευρωπαϊκές εταιρείες που καλύπτονται από το σύστημα εμπορίας εκπομπών της ΕΕ, να μετατρέπουν τις πιστώσεις τους από έργα JI και CDM, ώστε να τις χρησιμοποιούν για την τήρηση των δεσμευσεών τους σύμφωνα με το σύστημα εμπορίας (οι κυβερνήσεις θα επιτρέπεται να χρησιμοποιούν τις πιστώσεις από έργα JI και CDM για την εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους που απορρέουν από το πρωτόκολλο του Κιότο, κατά την πρώτη περίοδο δέσμευσης 2008-2012).

Η αιτιολογία των JI και CDM είναι ανάλογη με εκείνη της εμπορίας των εκπομπών: δεν έχει σημασία πού επιτυγχάνονται οι μειώσεις εκπομπών, καθώς η αλλαγή του κλίματος αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα. Το σημαντικότερο είναι να συντελούνται και μάλιστα με τον πιο αποτελεσματικό έναντι του κόστους τρόπο. Υπολογίζεται ότι η διασύνδεση των πιστώσεων από την υλοποίηση έργων με το σύστημα εμπορίας των εκπομπών θα περιορίσει κατά το ένα τέταρτο περίπου το ετήσιο κόστος συμμόρφωσης για τις εταιρείες που καλύπτονται από το σύστημα, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και εταιρείες από τις δέκα υπό ένταξη χώρες. Οι μηχανισμοί JI και CDM θα επιφέρουν επίσης μεταφορά περιβαλλοντικά εύρωστης τεχνολογίας σε χώρες με οικονομίες που διέρχονται μεταβατική φάση (JI), αλλά και στις αναπτυσσόμενες χώρες (CDM), γεγονός που θα τις βοηθήσει να ακολουθήσουν αιεφόρο αναπτυξιακή πορεία.

Στην πρόταση της Επιτροπής λαμβάνεται υπόψη η υποχρέωση των συμβαλλομένων μερών στο πρωτόκολλο του Κιότο να επιτύχουν σημαντικό μέρος των κατά το πρωτόκολλο στόχων τους με τη μείωση των εκπομπών στην Ευρωπαϊκή Ένωση, έτσι ώστε η χρήση των ευέλικτων μηχανισμών του Κιότο να συμπληρώνει τις προσπάθειες που καταβάλλονται στο εσωτερικό των χωρών. Για το λόγο αυτό, η πρόταση προβλέπει διαδικασία επανεξέτασης, μόλις ενταχθούν στο σύστημα εμπορίας των εκπομπών πιστώσεις από έργα JI και CDM ισοδύναμες με το 6% της συνολικής ποσότητας των αδειών που θα έχουν εκδοθεί για την περίοδο εμπορίας 2008-2012. Εάν και όταν κινηθεί η διαδικασία αυτή, θα εξεταστεί το ενδεχόμενο επιβολής ορίων στις πιστώσεις που θα επιτρέπεται να μετατραπούν κατά το υπόλοιπο διάστημα της περιόδου εμπορίας.

Η πρόταση εξαιρεί τα πυρηνικά έργα σύμφωνα με τους κανόνες του πρωτοκόλλου του Κιότο, καθώς και τους υποδοχείς διοξειδίου του άνθρακα. Οι υποδοχείς διοξειδίου του άνθρακα - δενδροφύτευση για τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα - αποτελούν επίμαχο ζήτημα στο επίπεδο του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών, επειδή δεν οδηγούν σε μεταφορά τεχνολογίας, είναι εγγενώς προσωρινοί και αναστρέψιμοι και επειδή εξακολουθεί να επικρατεί αβεβαιότητα ως προς τις επιδράσεις της εξάλειψης εκπομπών από αυτούς. Επιπλέον, δεν έχουν ακόμη ολοκληρωθεί οι διεθνείς διαπραγματεύσεις σχετικά με τα είδη δασοκομικών έργων που θα ήσαν αποδεκτά από τις κυβερνήσεις [7].

3.3.4.2 Εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου

Η Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου (Emissions Trading) αποτελεί, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο, έναν από τους τρεις «ευέλικτους μηχανισμούς» που προβλέπει το Πρωτόκολλο με σκοπό η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου να επιτευχθεί με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Καθώς ο κίνδυνος της κλιματικής μεταβολής έχει παγκόσμιο και όχι τοπικό χαρακτήρα, αυτό που έχει σημασία είναι η συνολική μείωση των εκπομπών και όχι πού λαμβάνει χώρα η μείωση αυτή. Έτσι, η Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπής ωθεί, μέσω του μηχανισμού της προσφοράς και ζήτησης, στη λήψη μέτρων μείωσης των εκπομπών εκεί όπου το κόστος των μέτρων είναι συγκριτικά μικρότερο. Με τον τρόπο αυτό οδηγεί στην ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους περιορισμού των εκπομπών όλου του συστήματος.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, προκειμένου να επιταχύνει την εφαρμογή της Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπής στην ΕΕ με στόχο να αποκτηθεί εμπειρία πριν την έναρξη εφαρμογής του Πρωτοκόλλου το 2008, παρουσίασε το πρώτο Σχέδιο Οδηγίας για την Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου στα μέσα του 2001. Μετά από πολύμηνες διαπραγματεύσεις, τον Οκτώβριο του 2003 υιοθετήθηκε επίσημα η Οδηγία 2003/87 «σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/EK του Συμβουλίου» [10].

3.3.5 Οδηγία 2003/87 της ΕΕ «σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας»

Αν και η υλοποίηση των τριών ευέλικτων μηχανισμών σε διεθνή κλίμακα θα καταστεί δυνατή μόνο μετά την έναρξη ισχύος του Πρωτοκόλλου του Κιότο, η ΕΕ προχώρησε στο δικό της εσωτερικό σύστημα εμπορίας εκπομπών. Η οδηγία 2003/87/ΕΚ σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου, εγκρίθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο στις 13 Οκτωβρίου 2003. Η εμπορία των εκπομπών θα αρχίσει στις 16 Φεβρουαρίου του 2005 και θα καλύπτει τα κράτη μέλη της διευρυμένης Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το σύστημα της ΕΕ θα αποτελέσει το πρώτο πολυεθνικό σύστημα εμπορίας εκπομπών παγκοσμίως και θεωρείται πρόδρομος του διεθνούς συστήματος εμπορίας εκπομπών κατά το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Σύμφωνα με το σύστημα εμπορίας εκπομπών της ΕΕ, τα κράτη μέλη της καθορίζουν οριακές τιμές εκπομπών CO₂ από τις επιχειρήσεις έντασης ενέργειας εκδίδοντας άδειες για τις ποσότητες CO₂ που επιτρέπεται να εκλύουν οι εν λόγω επιχειρήσεις. Οι μειώσεις σε επίπεδα κάτω των οριακών τιμών είναι διαπραγματεύσιμες. Οι επιχειρήσεις που επιτυγχάνουν μειώσεις μπορούν να τις πωλούν σε εκείνες που αντιμετωπίζουν δυσχέρειες να παραμείνουν στην τήρηση των οικείων οριακών τιμών ή για τις οποίες το κόστος των μέτρων

μείωσης των εκπομπών είναι υπερβολικά υψηλό σε σύγκριση με το κόστος απόκτησης της άδειας. Κάθε επιχείρηση επιτρέπεται επίσης να αυξήσει τις εκπομπές της πάνω από το επίπεδο της άδειας που της έχει χορηγηθεί, αγοράζοντας περισσότερες άδειες από την αγορά. Το σύστημα αυτό θα παρέχει στις επιχειρήσεις ένα κίνητρο για να περιορίσουν τις εκπομπές εκεί όπου αυτό συνεπάγεται τη μικρότερη δαπάνη, εξασφαλίζοντας έτσι την επίτευξη μειώσεων με το χαμηλότερο δυνατό κόστος για την οικονομία, καθώς και την προώθηση

Τα κράτη μέλη της ΕΕ πρέπει να καταρτίσουν τα Εθνικά Προγράμματα Κατανομής, στα οποία θα καθορίζουν τις άδειες που θα εκδίδονται για κάθε κλάδο και επιχείρηση. Τα προγράμματα αυτά έπρεπε να υποβληθούν στην Επιτροπή έως τον Απρίλιο του 2004. Η Ελλάδα είναι η μόνη χώρα που μέχρι και σήμερα (Νοέμβριος 2004) δεν έχει υποβάλει Εθνικό Σχέδιο Κατανομής. Η ΕΕ έχει επίσης διακηρύξει την πρόθεσή της να συνδέσει το δικό της σύστημα με τα συστήματα εμπορίας άλλων χωρών που έχουν κυρώσει το πρωτόκολλο του Κιότο [7].

Η Οδηγία 2003/87/ΕΚ θέτει μία σειρά από επιμέρους υποχρεώσεις που κάθε Κράτος-Μέλος καλείται να καλύψει εντός συγκεκριμένων (και στις περισσότερες περιπτώσεις αυστηρών) καταληκτικών ημερομηνιών. Στην πρώτη φάση εφαρμογής της Οδηγίας (2005-2007), στο πεδίο εφαρμογής της εμπίπτει η συντριπτική πλειοψηφία των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας (ηλεκτροπαραγωγή, διυλιστήρια, μεγάλοι βιομηχανικοί λέβητες), καθώς και μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις στους κλάδους των μη-μεταλλικών

ορυκτών, της επεξεργασίας μετάλλων και παραγωγής χάρτου, καθώς ο ενεργειακός τομέας και οι συγκεκριμένες βιομηχανικές διεργασίες ευθύνονται για τη συντριπτική πλειοψηφία των εκπομπών σε όλα τα κράτη μέλη.

Βασική απαιτούμενη δράση σύμφωνα με τις διατάξεις της Οδηγίας είναι η κατάρτιση ενός Εθνικού Σχεδίου Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών (National Allocation Plan), το οποίο θα προσδιορίζει αφενός τη συνολική ποσότητα δικαιωμάτων εκπομπών (allowances) που το Κράτος - Μέλος σκοπεύει να διανεμίει για την πρώτη τριετία εφαρμογής και αφετέρου την κατανομή των δικαιωμάτων αυτών στους κλάδους - εγκαταστάσεις που εμπíπτουν στην Οδηγία.

Επιπρόσθετα και προκειμένου το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων να μπορέσει να λειτουργήσει απρόσκοπτα στην ΕΕ από τις αρχές του 2005, απαιτείται η υλοποίηση μιας σειράς βασικών υποστηρικτικών δράσεων σε κάθε Κράτος-Μέλος, όπως η ανάπτυξη Εθνικού Μητρώου Καταγραφής Συναλλαγών (National Registry), κατάλληλου συστήματος παρακολούθησης, καταγραφής και διαπίστευσης των εκπομπών από τις εγκαταστάσεις της Οδηγίας, καθώς και ενός αποτελεσματικού συστήματος κυρώσεων (και ενδεχομένως και κινήτρων) για την ορθή και αποτελεσματική εφαρμογή των διατάξεων της Οδηγίας [10].

3.3.6 Εφαρμογή στην Ελλάδα της οδηγίας 2003/87 για την Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπής

Στο γενικότερο πλαίσιο της ανάπτυξης βασικών υποστηρικτικών δράσεων για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τον ενεργειακό τομέα, το Υπουργείο Ανάπτυξης, κατόπιν διαγωνισμού στο πλαίσιο του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης, ανέθεσε (στις 20/1/2004) στην ένωση «Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών - ΚΡΜΓ Κυριακού Σύμβουλοι Α.Ε. - ΕΠΕΜ Α.Ε - ΛΔΚ ΕΠΕ» την εκπόνηση του έργου «Υποστηρικτικές δράσεις για το σχεδιασμό συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών και την παρακολούθηση της εξέλιξης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου». Στις προβλεπόμενες δράσεις του έργου περιλαμβάνονται δράσεις τεχνικού συμβούλου για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή της Οδηγίας και συγκεκριμένα δράσεις σχετικές με τη διαμόρφωση του Εθνικού Σχεδίου Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών (National Allocation Plan), την ανάπτυξη προδιαγραφών για το Εθνικό Μητρώο Καταγραφής Συναλλαγών (National Registry), το σχεδιασμό συστήματος παρακολούθησης - καταγραφής - διαπίστευσης εκπομπών, το σχεδιασμό συστήματος κινήτρων / αντικινήτρων για την αποτελεσματική εφαρμογή των διατάξεων της Οδηγίας κλπ [10].

3.4 Τιμές Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπής CO₂

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω από τις αρχές του 2005 στην ΕΕ θα ξεκινήσει μεταξύ των Κρατών - Μελών η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Με αυτό τον τρόπο μέσω της διαδικασίας προσφοράς και ζήτησης θα διαμορφώνονται συνεχώς διάφορες τιμές αγοράς ενός ισοδυνάμου τόνου διοξειδίου του άνθρακα (1 tCO_{2eq}). Στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή είναι πολύ δύσκολο να προβλέψει κανείς σε πια επίπεδα θα κυμανθεί η τιμή ενός ισοδυνάμου τόνου διοξειδίου του άνθρακα. Όμως, επειδή η συγκεκριμένη τιμή θα επηρεάσει στο άμεσο μέλλον σε μεγάλο βαθμό το κόστος λειτουργίας χιλιάδων εταιριών, οι οποίες εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου, διάφοροι οργανισμοί και εταιρείες με χρήση οικονομικών μοντέλων έχουν προσπαθήσει να την υπολογίσουν προσεγγιστικά.

3.4.1 Μοντέλο PRIMES

Το μοντέλο Μακροπρόθεσμου Προγραμματισμού PRIMES είναι ένα μοντέλο μερικού ισοζυγίου το οποίο προέκυψε από τη συνεργασία πολλών κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στα πλαίσια των κοινοτικών προγραμμάτων DG XII και JOULE, με συντονιστή το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Στόχος του είναι ανάλυση από ενεργειακή – περιβαλλοντική σκοπιά των ευρωπαϊκών ενεργειακών συστημάτων και αγορών. Το μοντέλο PRIMES περιλαμβάνει επιμέρους υπομοντέλα, τα οποία αφορούν ενεργειακούς τομείς, όπως τη

ζήτηση (Βιομηχανικό – Οικιακό – Τριτογενή – Κλάδο Μεταφορών), την παραγωγή ηλεκτρισμού – ατμού, καθώς και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το συγκεκριμένο μοντέλο προσομοιώνει μια ισορροπία αγοράς σχετικά με την προσφορά και ζήτηση ενέργειας στην ΕΕ. Η ισορροπία αυτή είναι στατική για κάθε περίοδο, αλλά επαναλαμβάνεται για τακτά χρονικά διαστήματα βάσει δυναμικών σχέσεων [11].

Με τη βοήθεια των μοντέλων POLES και PRIMES υπολογίστηκε ότι στην περίπτωση, που τεθούν σε λειτουργία οι τρεις ευέλικτοι μηχανισμοί του Πρωτοκόλλου του Κιότο, η τιμή ενός ισοδύναμου τόνου διοξειδίου του άνθρακα θα διαμορφωθεί στα 17,4 €/tCO_{2eq} (ή 63,7 €/tC – ένας τόνος CO₂ που εκπέμπεται περιέχει 12/44 τόνους άνθρακα). Στην περίπτωση που δε γινόταν χρήση των ευέλικτων μηχανισμών αλλά κάθε Κράτος – Μέλος της ΕΕ προσπαθούσε μόνο του να περιορίσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τότε το κόστος μείωσης των εκπομπών θα ήταν περίπου κατά 40% μεγαλύτερο [12].

3.4.2 Άλλα μοντέλα

Έχουν αναπτυχθεί σε παγκόσμιο επίπεδο αρκετά μοντέλα σχετικά με την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Τα μοντέλα αυτά διαφέρουν ως προς την κάλυψη των χωρών. Επίσης στα πιο πολλά μοντέλα δε λαμβάνεται υπόψη η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζεται το κόστος μείωσης των

εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά ένα ισοδύναμο τόνο με δυνατότητα αλλά και χωρίς δυνατότητα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής [13].

Πίνακας 3.2: Κόστος μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά ένα ισοδύναμο τόνο με δυνατότητα αλλά και χωρίς δυνατότητα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής [13]

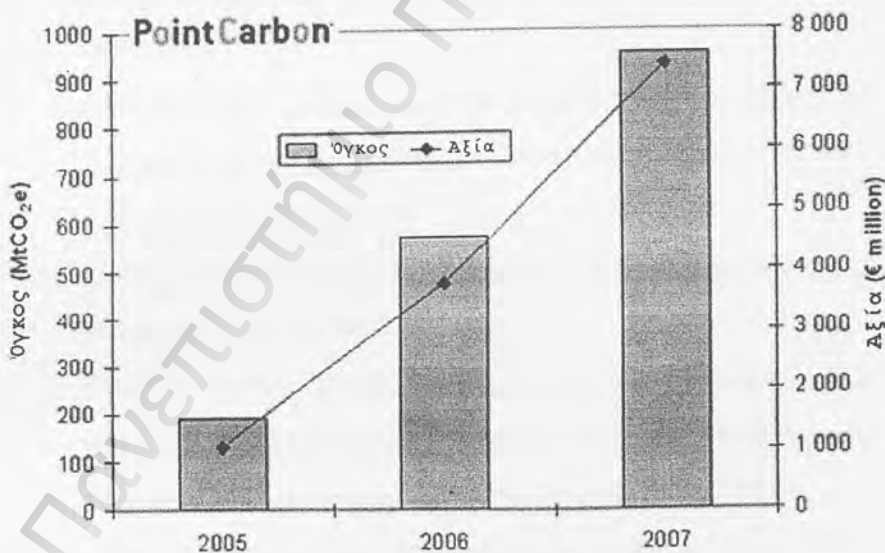
€ ₉₉ /tCO ₂	Με δυνατότητα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής	Χωρίς δυνατότητα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής		
		ΕΕ	ΗΠΑ	Ιαπωνία
<i>WorldScan</i>	5	22	10	20
<i>GREEN</i>	7	64	41	17
<i>GEM-E3</i>	15	56	61	92
<i>G-CUBED</i>	16	72	24	28
<i>AIM</i>	18	60	45	59
<i>POLES</i>	20	38	31	65
<i>SGM</i>	21	39	49	116
<i>EPPA</i>	23	92	59	132
<i>MS-MRT</i>	24	58	75	118
<i>GTEM</i>	32	216	101	175
<i>OXFORD</i>	58	252	107	273

3.4.3 Προβλέψεις εταιρίας Point Carbon

Το Point Carbon είναι μια εταιρία η οποία ασχολείται με ανάλυση και προβλέψεις της αναπτυσσόμενης αγοράς εκπομπών CO₂. Η εταιρία αυτή χρησιμοποιώντας βασικά μοντέλα, επειδή η αγορά εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής της και δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία, υπολογίζει ότι οι τιμές θα είναι από 2 έως 20 € ανά τόνο ισοδυνάμου CO₂ (t CO_{2eq}) για την περίοδο 2005-2007. Η πιο πιθανή τιμή για το διάστημα αυτό υπολογίζεται γύρω στα 7€ / t CO_{2eq}. Επίσης οι αναλυτές της

Point Carbon εκτιμούν, ότι οι τιμές θα κυμανθούν γύρω στα 10 €/tCO_{2eq} το 2010 μέσα στα πλαίσια που θα δημιουργηθούν από το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Η εταιρεία αυτή, βασιζόμενη στην εμπειρία από άλλες παρεμφερείς αγορές, όπως είναι η Αμερικάνικη αγορά SO₂, εκτιμά ότι θα δημιουργηθεί μια συνεχώς αυξανόμενη αγορά σε όρους ρευστότητας, η οποία θα ξεκινήσει από 1*10⁹ € το 2005 και πιθανώς θα φτάσει μέχρι και τα 7*10⁹€ το 2007, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1 . Το μέγεθος της αγοράς θα εξαρτηθεί από τη συμμετοχή των νέων μελών της ΕΕ. Ακόμα όμως και εάν η συμμετοχή των νέων μελών δεν είναι σημαντική, η αγορά θα ξεπεράσει τα 4 *10⁹ € το 2007 [14].



Σχήμα 3.1: Η εξέλιξη της αγοράς εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής CO₂ στην ΕΕ [14]

3.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. Γ. Ζαρκαδούλας, Κλιματικές Αλλαγές στον 21ο Αιώνα σε Παγκόσμιο Επίπεδο ως Αποτέλεσμα της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Προβλέψεις για το Μέλλον τους με Βάση Κλιματικά Μοντέλα, Αθήνα 2003, ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, σελ.12
2. R.C.Dower and M.B.Zimmerman, The Right Climate for Carbon Taxes: Creating Economic Incentives to Protect the Atmosphere, World Resources Institute, 1992 Washington DC
3. J.Andrew Hoerner & Frank Muller, Carbon Taxes for Climate Protection in a Competitive World, Swiss Federal Office for Foreign Affairs, June 1996, σελ.3
4. Kevin Baumert, Carbon Taxes vs. Emissions Trading: What's the Difference and Which is Better?, Global Policy Forum, April 1998, www.globalpolicy.org, σελ.1-3
5. Δρ.Στέφανος.Ε.Μπινιάρης, Το Περιβάλλον - Ρύπανση και Προστασία, Αθήνα 2004, σελ.178-181
6. Κλιματική Αλλαγή: Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων φαινομένου του θερμοκηπίου (2000-2010), Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Αθήνα Μάρτιος 2002, σελ.6-7
7. MEMO/03/154, Το πρωτόκολλο του Κιότο, Βρυξέλλες Ιούλιος 2003, σελ.2,4-6
8. Europa, Kyoto Protocol on Climate Change, www.europa.eu.int/scadplus/leg/el/lvb/l28060.htm
9. Greenpeace, Κλίμα – Ενέργεια, <http://www.greenpeace.gr>

10. Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών, <http://sinas.admin.noa.gr/trading/info.htm>
11. Α.Μαυρογιώργος, Μακροπρόθεσμη Ανάλυση Ελληνικού Ενεργειακού Συστήματος, ΕΜΠ, Αθήνα 2001, σελ.2
12. Prof.P.Capros and Dr.L.Mantzou, Climate Change, European Commission, NTUA, σελ.6,17
13. Prof.P.Capros and Dr.L.Mantzou, Economic efficiency of cross sectoral emission trading in CO₂ in the European Union, European Commission, NTUA, σελ.2,3
14. Point Carbon, Emissions trading: Impact on the power industry, www.pointcarbon.com

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

4.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε και στο τρίτο κεφάλαιο, η Ρωσική Βουλή επικύρωσε τελικά στις 22 Οκτωβρίου 2004 το Πρωτόκολλο του Κιότο ενεργοποιώντας έτσι τη μοναδική διεθνή νομοθεσία, που ως στόχο έχει να αποτρέψει την αλλαγή του κλίματος στον πλανήτη. Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο, η Ελλάδα μπορεί να αυξήσει τις μέσες ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στο διάστημα 2008 – 2012 μέχρι και 25% σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990. Το ανησυχητικό όμως είναι ότι ήδη σήμερα οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στη χώρα μας έχουν ξεπεράσει πάνω από 25% αυτές του 1990 και αναμένεται να αυξηθούν σημαντικά τα επόμενα χρόνια. Αυτή η υπέρβαση των ορίων εκπομπών, που ορίζει το Πρωτόκολλο, θα κοστίσει σημαντικά στους τομείς, οι οποίοι εκπέμπουν σημαντικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου, καθώς θα αναγκαστούν είτε να πληρώσουν μεγάλα πρόστιμα, είτε να αγοράσουν δικαιώματα εκπομπής.

Η ηλεκτροπαραγωγή είναι ο τομέας, ο οποίος το 1990 ήταν υπεύθυνος για περίπου 53% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στη χώρα μας. Από τα πιο πάνω διαφαίνεται καθαρά ότι το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού θα επηρεαστεί σημαντικά από την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Σε αυτό το κεφάλαιο θα επιδιώξουμε να υπολογίσουμε προσεγγιστικά πως θα διαμορφωθεί το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από διάφορα είδη σταθμών, καθώς και ποιο θα είναι η συνολική επιβάρυνση του τομέα ηλεκτροπαραγωγής μετά την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου. Για τους υπολογισμούς αυτούς θα χρησιμοποιήσουμε πολλές παραδοχές σχετικά με την εξέλιξη των εκπομπών, της κατανάλωσης ενέργειας, της τιμής αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής κ.α.

4.2 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας αναλύεται σε ένα σταθερό και σε ένα μεταβλητό κόστος. Στο σταθερό κόστος περιλαμβάνονται οι δαπάνες, των οποίων το ύψος δεν εξαρτάται από το μέγεθος του παραγόμενου προϊόντος, το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι η ηλεκτρική ενέργεια. Τέτοιες δαπάνες είναι οι δαπάνες προσωπικού εκμετάλλευσης, οι αμοιβές και τα έξοδα τρίτων, το κόστος επισκευών και συντηρήσεων, το κόστος αναλώσιμων υλικών και ανταλλακτικών, τα τέλη προς τη ΡΑΕ, οι λοιποί φόροι και τέλη, οι προβλέψεις, οι αποσβέσεις παγίων και τα έκτακτα και ανόργανα αποτελέσματα. Από την άλλη πλευρά στο μεταβλητό κόστος περιλαμβάνονται οι δαπάνες των οποίων το ύψος εξαρτάται από το μέγεθος της παραγόμενης ηλεκτρικής

ενέργειας. Η κυριότερη μεταβλητή δαπάνη για τους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς είναι το κόστος των καυσίμων καθώς και των βελτιωτικών και προσθετικών, που χρησιμοποιούνται σε διάφορες μονάδες. Επίσης στις μεταβλητές δαπάνες περιλαμβάνονται το κόστος επισκευών και συντηρήσεων, οι οποίες οφείλονται σε αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος στο μεταβλητό κόστος συχνά περιλαμβάνονται και άλλες μικρές δαπάνες, όπως είναι οι αμοιβές τακτικού προσωπικού, έξοδα διακίνησης, υλικά άμεσης κατανάλωσης κτλ. Ανάλογα με το είδος και το μέγεθος των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το κόστος παραγωγής μεταβάλλεται σημαντικά. Πιο κάτω θα αναλυθεί ξεχωριστά το μέσο κόστος παράγωγης ηλεκτρικής ενέργειας για διάφορα είδη σταθμών της ΔΕΗ. Για τον υπολογισμό του μέσου κόστους υπολογίστηκαν σε € τα μεταβλητά και σταθερά κόστη της ηλεκτρικής ενέργειας, που παράχθηκε το 2003 από διάφορα είδη σταθμών και στη συνέχεια τα κόστη αυτά διαιρέθηκαν με το σύνολο των MWh που παρήχθησαν από τα διάφορα είδη σταθμών.

4.2.1 Γενικός τύπος υπολογισμού κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Για τους διάφορους σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας το κόστος παραγωγής αναλύεται στο σταθερό κόστος, το κόστος των καυσίμων, το κόστος των βελτιωτικών καθώς και το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Ο πιο κάτω τύπος δίνει το μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε € ανά MWh:

$$C_{tot} = C_{fix} + C_{fuel} + C_{var} \quad (\text{€/MWh}) \quad (1)$$

Όπου C_{fix} : το μέσο σταθερό κόστος λειτουργίας σε € ανά MWh

C_{fuel} : το μέσο κόστος καυσίμου σε € ανά MWh

C_{var} : το μέσο μεταβλητό κόστος λειτουργίας πλην κόστος καυσίμων
σε € ανά MWh

4.2.2 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο λιγνίτη

Για τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο λιγνίτη και για το έτος 2003 υπολογίστηκε το μέσο κόστος των μεγεθών C_{tot} , C_{fix} , C_{fuel} , C_{var} και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1. Όπως φαίνεται καθαρά από τον πίνακα αυτό ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του κόστους παραγωγής αντιπροσωπεύει το κόστος του καυσίμου (60%). Επίσης από την ανάλυση των στοιχείων κόστους προέκυψε ότι το κόστος παραγωγής στους σταθμούς, που βρίσκονται στο νότιο τμήμα της χώρας (Μεγαλόπολη), είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό των σταθμών που βρίσκονται στη βόρειο Ελλάδα.

Πίνακας 4.1: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού για ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο λιγνίτη

Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	11,8	36 %
C_{fuel}	19,8	60 %
C_{var}	1,4	4 %
C_{tot}	33,0	100 %

4.2.3 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο μαζούτ

Για τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο μαζούτ και το έτος 2003 υπολογίστηκε το μέσο κόστος των μεγεθών C_{tot} , C_{fix} , C_{fuel} , C_{var} και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.2 τόσο για τους σταθμούς της ηπειρωτικής χώρας (ΑΗΣ Λαυρίου και Αλιβερίου), όσο και για τους σταθμούς της νησιώτικης χώρας (ΑΗΣ Ρόδου και Λινοπεραμάτων). Για τους σταθμούς που είναι εγκατεστημένοι στην ηπειρωτική χώρα βλέπουμε, ότι υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση με τους λιγνιτικούς σταθμούς ως προς το κόστος του καυσίμου. Ο υπολογισμός του κόστους βασίστηκε σε δεδομένα του 2003 και επομένως σήμερα (2004), που το κόστος αγοράς του πετρελαίου έχει αυξηθεί σημαντικά, το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από μαζούτ θα είναι σημαντικά αυξημένο.

Πίνακας 4.2: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού για ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο μαζούτ

Ηπειρωτική Χώρα		
Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	10,8	21,6 %
C_{fuel}	38,0	76 %
C_{var}	1,2	2,4 %
C_{tot}	50,0	100 %
Νησιωτική Χώρα		
Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	20,0	27 %
C_{fuel}	52,0	70 %
C_{var}	2,0	3 %
C_{tot}	74,0	100 %

4.2.4 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο φυσικό αέριο

Για τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο φυσικό αέριο και για το έτος 2003 υπολογίστηκε το μέσο κόστος των μεγεθών C_{tot} , C_{fix} , C_{fuel} , C_{var} και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.3. Όπως φαίνεται από τον ακόλουθο πίνακα ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του κόστους παραγωγής αντιπροσωπεύει το κόστος του καυσίμου (76%). Η μόνη μονάδα στην Ελλάδα που λειτουργεί με τη συγκεκριμένη τεχνολογία είναι ο ατμοηλεκτρικός σταθμός του Αγ. Γεωργίου.

Πίνακας 4.3: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού για ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο φυσικό αέριο

Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	14,0	22,6 %
C_{fuel}	47,2	76,0 %
C_{var}	0,8	1,4 %
C_{tot}	62,0	100 %

4.2.5 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Για τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και για το έτος 2003 υπολογίστηκε το μέσο κόστος των μεγεθών C_{tot} , C_{fix} , C_{fuel} , C_{var} και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.4. Όπως φαίνεται από τον ακόλουθο πίνακα ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του κόστους παραγωγής αντιπροσωπεύει το κόστος του καυσίμου (77,3%). Παρ' όλα αυτά όμως, σε απόλυτα μεγέθη το κόστος του καυσίμου σε αυτή την περίπτωση είναι πολύ μικρότερο από αυτό των ατμοηλεκτρικών σταθμών ανοικτού κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο επειδή ο βαθμός απόδοσης είναι πολύ μεγαλύτερος σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου.

Πίνακας 4.4: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	8,8	20,2 %
C_{fuel}	33,7	77,3 %
C_{var}	1,1	2,5 %
C_{tot}	43,6	100 %

4.2.6 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο ντίζελ

Για τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο ντίζελ και για το έτος 2003 υπολογίστηκαν τα μέσα κόστη C_{tot} , C_{fix} , C_{fuel} , C_{var} και παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.5. Όπως φαίνεται από τον ακόλουθο πίνακα ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του κόστους παραγωγής αντιπροσωπεύει το κόστος του καυσίμου (80 %).

Πίνακας 4.5: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο ντίζελ

Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	18,9	19,3 %
C_{fuel}	78,4	80,0 %
C_{var}	0,7	0,7 %
C_{tot}	98,0	100 %

4.2.7 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδες με αεριοστρόβιλους και καύσιμο ντίζελ

Για τους σταθμούς με αεριοστρόβιλους και καύσιμο ντίζελ και για το έτος 2003 υπολογίστηκε το μέσο κόστος των μεγεθών C_{tot} , C_{fix} , C_{fuel} , C_{var} και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.6. Όπως φαίνεται από τον ακόλουθο πίνακα ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του κόστους παραγωγής αντιπροσωπεύει το κόστος του καυσίμου (80 %). Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδες με αεριοστρόβιλους είναι πολύ υψηλό, λόγω κυρίως του χαμηλού βαθμού απόδοσης. Χρησιμοποιούνται συνήθως σαν μονάδες αιχμής φορτίου.

Πίνακας 4.6: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε μονάδες με αεριοστρόβιλους και καύσιμο ντίζελ

Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	34,0	21,8 %
C_{fuel}	119,5	76,6 %
C_{var}	2,5	1,6 %
C_{tot}	156,0	100 %

4.2.8 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε νηζελοηλεκτρικές μονάδες με καύσιμο μαζούτ

Για τις νηζελοηλεκτρικές μονάδες με καύσιμο μαζούτ και για το έτος 2003 υπολογίστηκε το μέσο κόστος των μεγεθών C_{tot} , C_{fix} , C_{fuel} , C_{var} και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.7. Όπως φαίνεται από τον ακόλουθο πίνακα ένα μεγάλο ποσοστό του κόστους παραγωγής αντιπροσωπεύει το κόστος του καυσίμου (60,4%). Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε νηζελοηλεκτρικές μονάδες δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό, λόγω κυρίως του υψηλού βαθμού απόδοσης. Μονάδες αυτού του είδους χρησιμοποιούνται στη νησιωτική χώρα.

Πίνακας 4.7: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε νηζελοηλεκτρικές μονάδες με καύσιμο μαζούτ

Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	19,4	33,8 %
C_{fuel}	34,6	60,4 %
C_{var}	3,3	5,8 %
C_{tot}	57,3	100 %

4.2.9 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλους και μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς

Για τους μεγάλους υδροηλεκτρικούς με ονομαστική ισχύ μεγαλύτερη από 100 MW και για το έτος 2003 υπολογίστηκε το μέσο κόστος των μεγεθών C_{tot} , C_{fix} , C_{fuel} , C_{var} και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.8. Επίσης στον Πίνακα 4.9 παρουσιάζεται το μέσο κόστος για μικρές υδροηλεκτρικές μονάδες με ονομαστική ισχύ 10 έως 50 MW. Όπως είναι φυσικό το κόστος καυσίμου στις υδροηλεκτρικές μονάδες είναι μηδενικό.

Πίνακας 4.8 : Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς

Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	13,5	90,0 %
C_{fuel}	0	0 %
C_{var}	1,5	10 %
C_{tot}	15,0	100 %

Πίνακας 4.9 : Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού σε μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς

Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	40,0	95,2 %
C_{fuel}	0	0 %
C_{var}	2,0	4,8 %
C_{tot}	42,0	100 %

4.2.10 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική ενέργεια

Σήμερα στην Ελλάδα οι περισσότερες ανεμογεννήτριες βρίσκονται εγκατεστημένες σε μη διασυνδεδεμένα νησιά. Επιπλέον, η εγκατεστημένη ισχύς τους είναι πολύ μικρή και για το λόγο αυτό προκειμένου να υπολογίσουμε το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική ενέργεια χρησιμοποιήσαμε στοιχεία από τη σύγχρονη διεθνή βιβλιογραφία, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.10 [1][2].

Πίνακας 4.10 : Οικονομικά και τεχνικά στοιχεία σχετικά με την εγκατάσταση και τη λειτουργία μονάδων παραγωγής ηλεκτρισμού από ανεμογεννήτριες

Πηγή: [1] και [2]

	Ανεμογεννήτριες επί της ακτής	Ανεμογεννήτριες επί της θάλασσας
Μέσος ετήσιος συντελεστής φορτίου (%)	27,0	26,1
Κόστος επένδυσης (€/KW _e)	1000	1190
Σταθερό κόστος για λειτουργία και συντήρηση (€/KW _e , έτος)	18	22
Μεταβλητό κόστος για λειτουργία και συντήρηση (m€/KW _h)	0	0
Διάρκεια ζωής (έτη)	30	30

Με χρήση των πιο πάνω στοιχείων υπολογίστηκε το μέσο κόστος των μεγεθών C_{tot} , C_{fix} , C_{fuel} , C_{var} για ανεμογεννήτριες, που είναι εγκατεστημένες επί της ακτής και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.11. Πολύ σημαντικό είναι ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση το κόστος καυσίμου καθώς και τα υπόλοιπα μεταβλητά κόστη είναι σχεδόν μηδενικά. Επίσης πραγματοποιείται συστηματική έρευνα, ώστε με καλύτερη σχεδίαση των ανεμογεννητριών και καταλληλότερη επιλογή θέσης

εγκατάστασης, να αυξηθεί ο μέσος ετήσιος συντελεστής φορτίου. Παράλληλα φαίνεται καθαρά ότι αν το κόστος επένδυσης μειωθεί, τότε το μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα μειωθεί σημαντικά.

Πίνακας 4.11 : Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από αιολική ενέργεια

Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	36,0	100 %
C_{fuel}	0	0 %
C_{var}	0	0 %
C_{tot}	36,0	100 %

4.2.11 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ενέργεια

Όλα τα φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα βρίσκονται εγκατεστημένα σε μη διασυνδεδεμένα νησιά. Επιπλέον η εγκατεστημένη ισχύς τους είναι πολύ μικρή και για το λόγο αυτό προκειμένου να υπολογίσουμε το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιήσαμε στοιχεία από τη σύγχρονη διεθνή βιβλιογραφία, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.12 [1][2].

Με χρήση των στοιχείων του Πίνακα 4.12 υπολογίστηκε το μέσο κόστος των μεγεθών C_{tot} , C_{fix} , C_{fuel} , C_{var} για φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι εγκατεστημένα στην Ελλάδα και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.13. Πολύ σημαντικό είναι ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση το κόστος καυσίμου καθώς και τα υπόλοιπα μεταβλητά κόστη είναι σχεδόν μηδενικά. Παρόλα αυτά όμως το μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα υψηλό λόγω του υψηλού κόστους επένδυσης. Οι εκτιμήσεις που υπάρχουν σήμερα σχετικά

Πίνακας 4.12 : Οικονομικά και τεχνικά στοιχεία σχετικά με την εγκατάσταση και τη λειτουργία μονάδων παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά συστήματα [1] [2]

	Φωτοβολταϊκά συστήματα που βρίσκονται στη Νότια Ευρώπη	Φωτοβολταϊκά συστήματα που βρίσκονται στην Κεντρική Ευρώπη
Μέσος ετήσιος συντελεστής φορτίου (%)	19,2	10,6
Κόστος επένδυσης (€/KW _e)	5000	5000
Σταθερό κόστος για λειτουργία και συντήρηση (€/KW _e , έτος)	20,5	20,5
Μεταβλητό κόστος για λειτουργία και συντήρηση (m€/KW _h)	0	0
Διάρκεια ζωής (έτη)	30	30

με το κόστος επένδυσης είναι ότι θα φθάσει τα 1980 € το 2010, τα 1070 € το 2030 και τα 930 €.το 2040. Επομένως με τα σημερινά δεδομένα φαίνεται ότι θα καθυστερήσει η εμπορική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

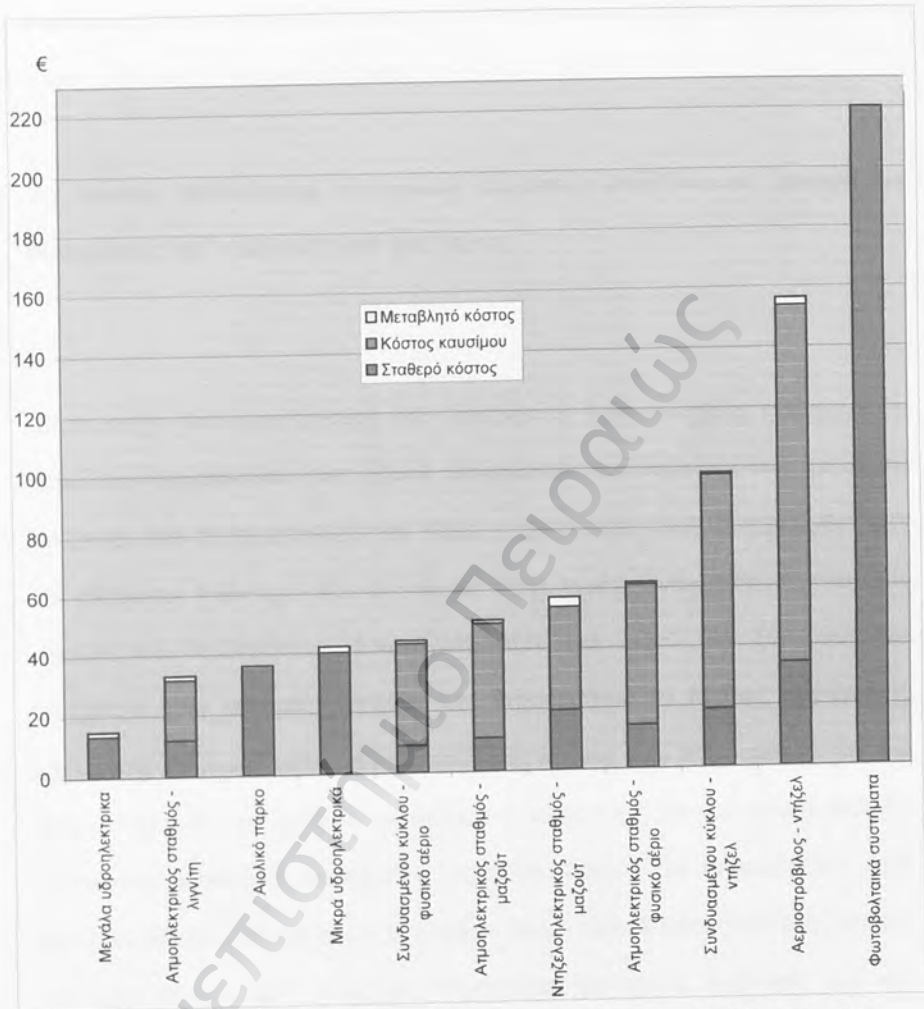
Πίνακας 4.13: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από ηλιακή ενέργεια

Είδος κόστους	Μέση τιμή (€) για παραγωγή 1 MWh	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
C_{fix}	220,0	100 %
C_{fuel}	0	0 %
C_{var}	0	0 %
C_{tot}	220,0	100 %

4.2.12 Συμπεράσματα σχετικά με το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

Στο Διάγραμμα 4.1 παρουσιάζονται από αριστερά προς τα δεξιά σε αύξουσα σειρά μεγέθους το μέσο συνολικό κόστος παραγωγής 1 MWh σε € από διάφορους σταθμούς παραγωγής για το 2003. Οι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παρουσιάζουν το χαμηλότερο μέσο κόστος ίσο με 15 €/MWh. Ακολουθούν οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί με καύσιμο λιγνίτη (33 €/MWh), οι οποίοι εμφανίζουν χαμηλό κόστος κυρίως λόγω της χαμηλής τιμής του καυσίμου. Αρκετά χαμηλό μέσο κόστος εμφανίζουν και τα αιολικά πάρκα (36 €/MWh). Τέτοιες μονάδες έχουν αρχίσει και εγκαθίστανται στην Ελλάδα εδώ και αρκετά χρόνια. Παρ' όλα αυτά όμως, ο ρυθμός αύξησης της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος είναι ακόμα αρκετά χαμηλός. Το μέσο κόστος των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών ανέρχεται σε 42 €/MWh, ενώ των σταθμών συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο σε 43,6 €/MWh. Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των σταθμών συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι αρκετά χαμηλό λόγω του υψηλού βαθμού απόδοσης καθώς και της σχετικά χαμηλής τιμής του καυσίμου.

Από την άλλη πλευρά, το μέσο κόστος των ατμοηλεκτρικών σταθμών με καύσιμο μαζούτ ανέρχεται σε 50 €/MWh, ενώ των ατμοηλεκτρικών σταθμών ανοικτού κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο σε 62 €/MWh. Αυτή τη στιγμή λειτουργούν μόνο δυο ατμοηλεκτρικές μονάδες με φυσικό αέριο στο σταθμό του Αγίου Γεωργίου. Τέλος νηξελοηλεκτρικές μονάδες με καύσιμο μαζούτ,



Διάγραμμα 4.1: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε €/MWh για το έτος 2003 στην Ελλάδα

συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο ντίζελ και αεριοστρόβιλικές μονάδες με καύσιμο ντίζελ βρίσκονται σε διάφορα νησιά και το υψηλό κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού είναι αναμενόμενο τόσο λόγω του σχετικά μικρού μεγέθους των μονάδων όσο και λόγω της φύσης τους καθώς και του υψηλής τιμής του καυσίμου. Τέλος τα φωτοβολταϊκά συστήματα λόγω υψηλού κόστους

επένδυσης θα χρειαστεί να περάσουν κάποιες δεκαετίες μέχρι να αξιοποιηθούν συστηματικά σε εμπορική κλίμακα.

4.3 Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη τις δεσμεύσεις του πρωτοκόλλου του Κιότο.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3, όταν οι ετήσιες εκπομπές σε αέρια του θερμοκηπίου μιας χώρας ξεπεράσουν τα επιτρεπτά όρια τα οποία ορίζονται από το πρωτόκολλο του Κιότο, η χώρα αυτή είναι υποχρεωμένη είτε να πληρώσει πρόστιμο, είτε να προβεί στην αγορά δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Επομένως, όταν μια χώρα δεν ξεπεράσει τα επιτρεπτά όρια εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται από τους τύπους που παρουσιάστηκαν πιο πάνω. Επιπλέον, σε αυτή τη περίπτωση η χώρα αυτή μπορεί να επωφεληθεί οικονομικά πουλώντας δικαιώματα εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Από την άλλη πλευρά, αν μια χώρα ξεπεράσει τα επιτρεπτά όρια εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, τότε το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, για όση ηλεκτρική ενέργεια παρήχθη μέχρι να ξεπεραστεί το όριο, ισχύουν οι τύποι που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, ενώ για τις επιπλέον MWh το κόστος σε € ανά MWh δίνεται από τον πιο κάτω τύπο:

$$C_{tot} = C_{fix} + C_{fuel} + C_{var} + (F_{emis} * 3,599 * 10^{-3} * C_{CO2}) / \eta \quad (\text{€/MWh}) \quad (2)$$

Όπου C_{fix} : το μέσο σταθερό κόστος λειτουργίας σε € ανά MWh.

C_{fuel} : το μέσο κόστος καυσίμου σε € ανά MWh.

C_{var} : το μέσο μεταβλητό κόστος λειτουργίας πλην κόστος καυσίμων
σε € ανά MWh.

F_{emis} : συντελεστής εκπομπής CO₂ σε tCO₂/TJ

C_{CO_2} : το κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής ενός t CO₂.

n: ο βαθμός απόδοσης της μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Για τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα οι τιμές των συντελεστών εκπομπής φαίνονται στον Πίνακα 4.14 [3]. Επίσης στον Πίνακα 4.15 εμφανίζονται οι μέσοι βαθμοί απόδοσης των διάφορων τύπων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Τα στοιχεία αυτά προέκυψαν από πηγές της ΔΕΗ Α.Ε. [4].

Πίνακας 4.14 : Συντελεστές εκπομπής CO₂ σε t CO₂/TJ για διάφορα καύσιμα

Πηγή: [3]

Τύπος καυσίμου	Καθαρή θερμογόνος δύναμη (TJ/kt)	Περιεκτικότητα σε άνθρακα (tC/TJ)	Συντελεστής εκπομπής (tCO ₂ /TJ)
Υγρά καύσιμα			
LPG	47,31	17,2	62,44
Βενζίνη	44,80	18,9	68,61
Κηροζίνη	44,75	19,6	71,15
Πετρέλαιο	43,33	20,2	73,33
Μαζούτ	40,19	21,1	76,59
Νάφθα	45,01	20,0	72,60
Στερεά καύσιμα			
Λιγνίτης για ηλεκτροπαραγωγή		34,0	122,17
Λιγνίτης		27,6	99,18
Κοκ	29,31	25,8	92,71
Αέρια καύσιμα			
Φυσικό αέριο		15,3	55,82

Πίνακας 4.15 :Βαθμοί απόδοσης διάφορων τύπων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [4]

Είδος σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	Καύσιμο	Βαθμός απόδοσης του σταθμού (η)
Ατμοηλεκτρικός σταθμός	Λιγνίτης	0,31
Ατμοηλεκτρικός σταθμός	Μαζούτ	0,34
Ατμοηλεκτρικός σταθμός	Φυσικό αέριο	0,35
Ατμοηλεκτρικός σταθμός σύγχρονης κατασκευής	Βιομάζα	0,36
Συνδυασμένου κύκλου	Φυσικό αέριο	0,45
Συνδυασμένου κύκλου	Νηήζελ	0,40
Αεριοστροβιλικός σταθμός	Νηήζελ	0,25
Νηηξελοηλεκτρικός σταθμός	Μαζούτ	0,44

Ύστερα από υπολογισμούς βρέθηκαν οι εκπομπές CO₂ σε τόνους (t) για την παραγωγή 1 MWh από διαφορετικούς σταθμούς παραγωγής και οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.16. Τις μεγαλύτερες ποσότητες CO₂ εκπέμπουν οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί με καύσιμο λιγνίτη. Επίσης υψηλές εκπομπές, οι οποίες είναι και αυτές μεγαλύτερες από 1 tCO₂/MWh, παρουσιάζουν οι αεριοστροβιλικοί σταθμοί με καύσιμο νηήζελ. Αυτό οφείλεται κυρίως στο χαμηλό βαθμό απόδοσης των σταθμών αυτού του είδους. Ιδιαίτερα χαμηλές εκπομπές CO₂ παρουσιάζουν οι σταθμοί με καύσιμο φυσικό αέριο και κυρίως οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου που εμφανίζουν μεγάλο βαθμό απόδοσης.

Πίνακας 4.16 : Εκπομπές CO₂ σε t για την παραγωγή 1MWh από διαφορετικούς σταθμούς παραγωγής

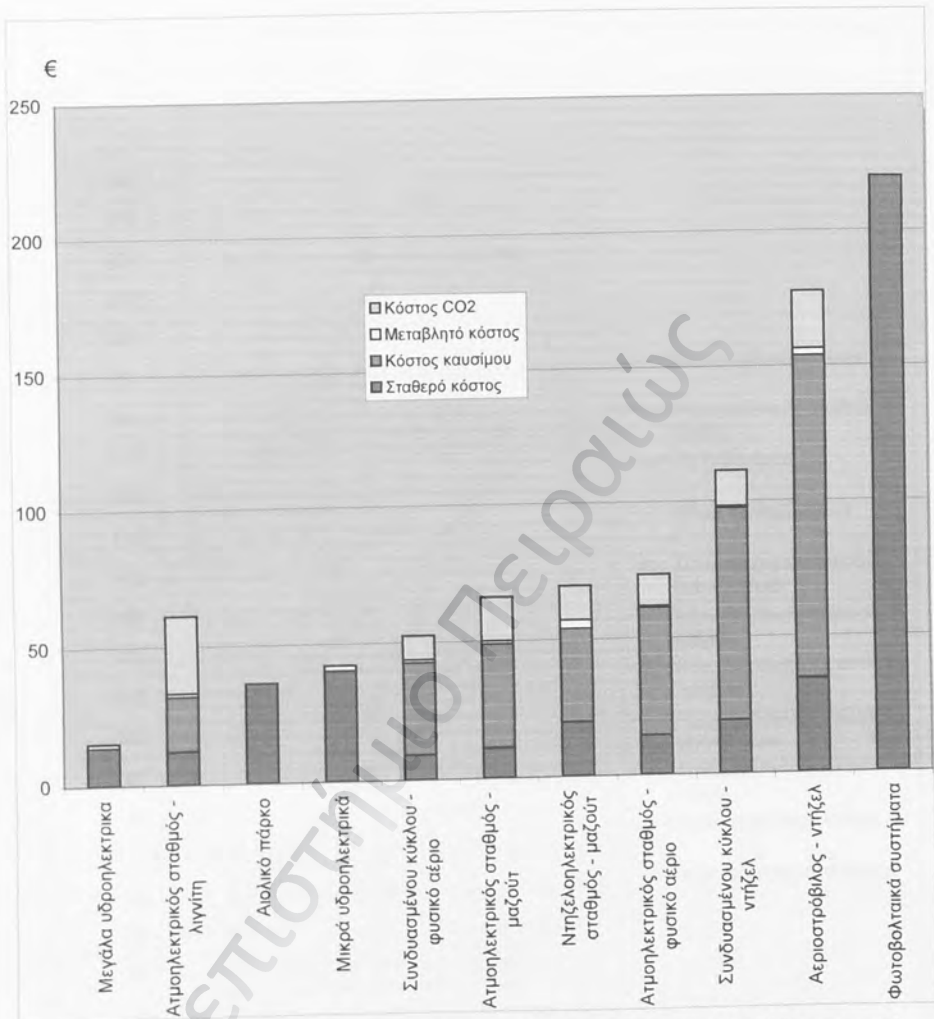
Είδος σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	Καύσιμο	Εκπομπές CO ₂ για την παραγωγή 1 MWh (tCO ₂)	Ποσοστό εκπομπών CO ₂ (μονάδα βάσης ατμοηλεκτρικός σταθμός με καύσιμο λιγνίτη)
Ατμοηλεκτρικός σταθμός	Λιγνίτης	1,42	100%
Ατμοηλεκτρικός σταθμός	Μαζούτ	0,81	57%
Ατμοηλεκτρικός σταθμός	Φυσικό αέριο	0,57	40%
Συνδυασμένου κύκλου	Φυσικό αέριο	0,45	31,7%
Συνδυασμένου κύκλου	Νηήζελ	0,66	46,5%
Αεριοστροβιλικός σταθμός	Νηήζελ	1,06	74,6%
Νηηζελοηλεκτρικός σταθμός	Μαζούτ	0,63	44,4%
ΑΠΕ (υδροηλεκτρικά εργοστάσια, αιολικά πάρκα, φωτοβολταϊκά συστήματα)		0	0 %

Στη συνέχεια θα υπολογισθεί πως επηρεάζεται το μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κάτω από τους περιορισμούς εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που τέθηκαν από το Πρωτόκολλο του Κιότο. Θα θεωρήσουμε διάφορα σενάρια τιμών αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου βασιζόμενοι στις προβλέψεις που υπάρχουν και οι οποίες παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας. Στον Πίνακα 4.17 συνοψίζονται τα διάφορα σενάρια για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής

ενέργειας της Ελλάδας. Το αυξημένο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αφορά μόνο τις παραγόμενες MWh, οι οποίες θα προκαλέσουν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πλέον αυτών που ορίζονται από το Εθνικό Πρόγραμμα Κατανομής εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου για τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής μια συγκεκριμένη χρονιά. Μέσα σε παρένθεση εμφανίζεται η ποσοστιαία αύξηση του κόστους με βάση το μέσο κόστος χωρίς περιορισμούς εκπομπών.

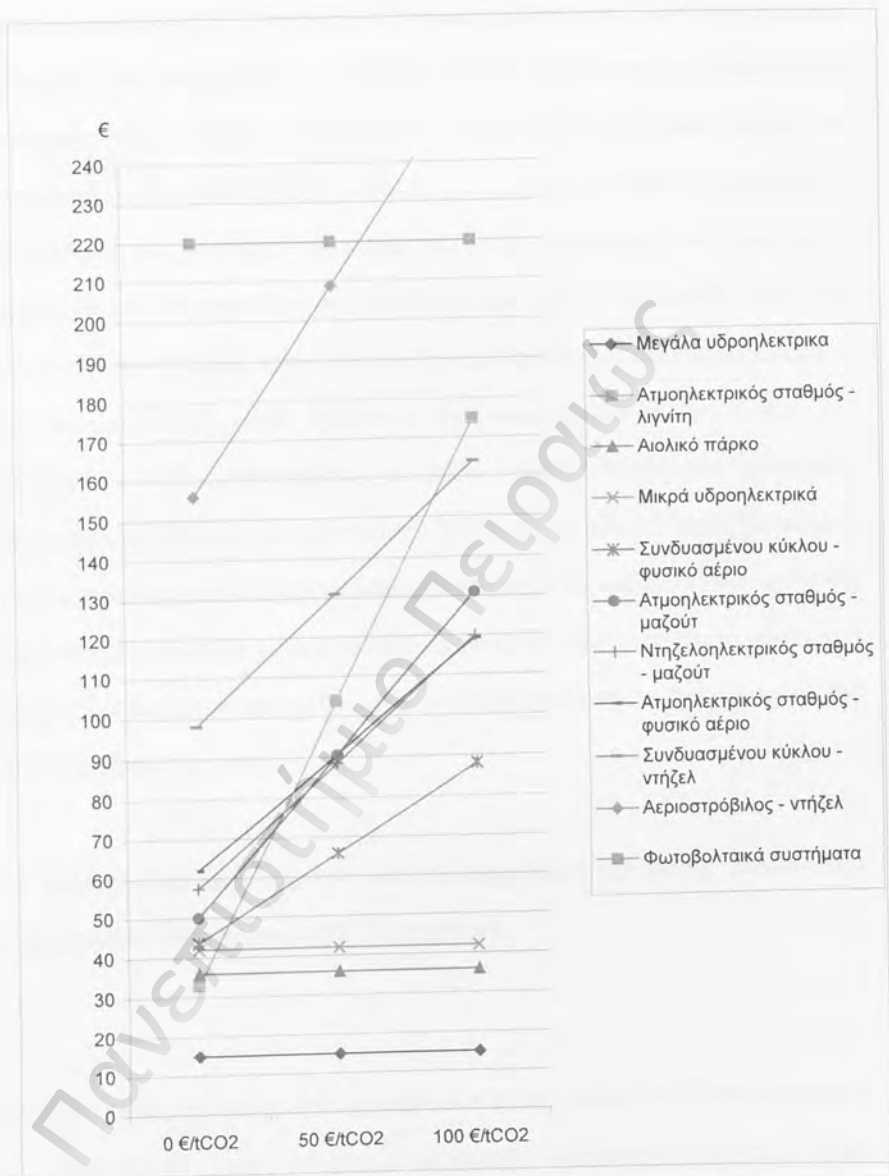
Πίνακας 4.17 : Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για διάφορα σενάρια της τιμής δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου

Είδος σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	Καύσιμο	Μέσο σταθερό κόστος λειτουργίας σε € ανά MWh			
		Χωρίς περιορισμούς εκπομπών	10€/tCO _{2eq}	20€/tCO _{2eq}	50€/tCO _{2eq}
Ατμοηλεκτρικός σταθμός	Λιγνίτης	33	47,2 (43%)	61,37 (86%)	103,9 (215%)
Ατμοηλεκτρικός σταθμός	Μαζούτ	50	58,1 (16%)	66,2 (32%)	90,5 (80%)
Ατμοηλεκτρικός σταθμός	Φυσικό αέριο	62	67,7 (9%)	73,5 (18%)	90,7 (45%)
Συνδυασμένου κύκλου	Φυσικό αέριο	43,6	48,1 (10%)	52,5 (20%)	65,9 (50%)
Συνδυασμένου κύκλου	Ντίζελ	98	104,6 (7%)	111,2 (14%)	131,0 (35%)
Αεριοστροβιλικός σταθμός	Ντίζελ	156	166,5 (7%)	177,1 (14%)	208,8 (35%)
Νηξελωηλεκτρικός σταθμός	Μαζούτ	57,3	63,6 (11%)	69,8 (22%)	88,6 (55%)
Μεγάλα υδροηλεκτρικά		15	15	15	15
Μικρά υδροηλεκτρικά		43	43	43	43
Αιολικά πάρκα		36	36	36	36
Φωτοβολταϊκά συστήματα		220	220	220	220



Διάγραμμα 4.2: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε €/MWh αν η τιμή εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής διαμορφωθεί στα 20 €/tCO₂

Όπως ήταν αναμενόμενο μόνο το κόστος παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ δεν επηρεάζεται από τους περιορισμούς εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν περιπτώσεις που το μέσο



Διάγραμμα 4.3: Μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε €/MWh για τιμές εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής από 0 έως 100 €/tCO₂

κόστος παραγωγής επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τους περιορισμούς εκπομπών. Αν θεωρήσουμε το σενάριο, όπου η τιμή εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής CO₂ φτάσει τα 20 €/tCO₂, τότε για κάθε επιπλέον MWh που παράγεται από ατμοηλεκτρικές μονάδες με καύσιμο λιγνίτη θα παρουσιάζεται μια αύξηση του κόστους της τάξης του 86%. Η αύξηση αυτή είναι πολύ σημαντική και θα επηρεάσει σημαντικά και την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, όπου ένα πολύ μεγάλο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που διανέμεται στη χώρα παράγεται από μονάδες αυτού του τύπου. Στο Διάγραμμα 4.2 παρουσιάζεται το μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για τις επιπλέον MWh (αυτές που θα παραχθούν αφού ξεπεραστούν τα ετήσια επιτρεπτά όρια εκπομπής που ορίζονται από το Εθνικό Πρόγραμμα Κατανομής για την ηλεκτροπαραγωγή) στην περίπτωση που η τιμή αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου διαμορφωθεί στα 20€/tCO₂ (Διάγραμμα 4.3).

4.4 Επιπτώσεις από την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου στην παραγωγή ηλεκτρισμού

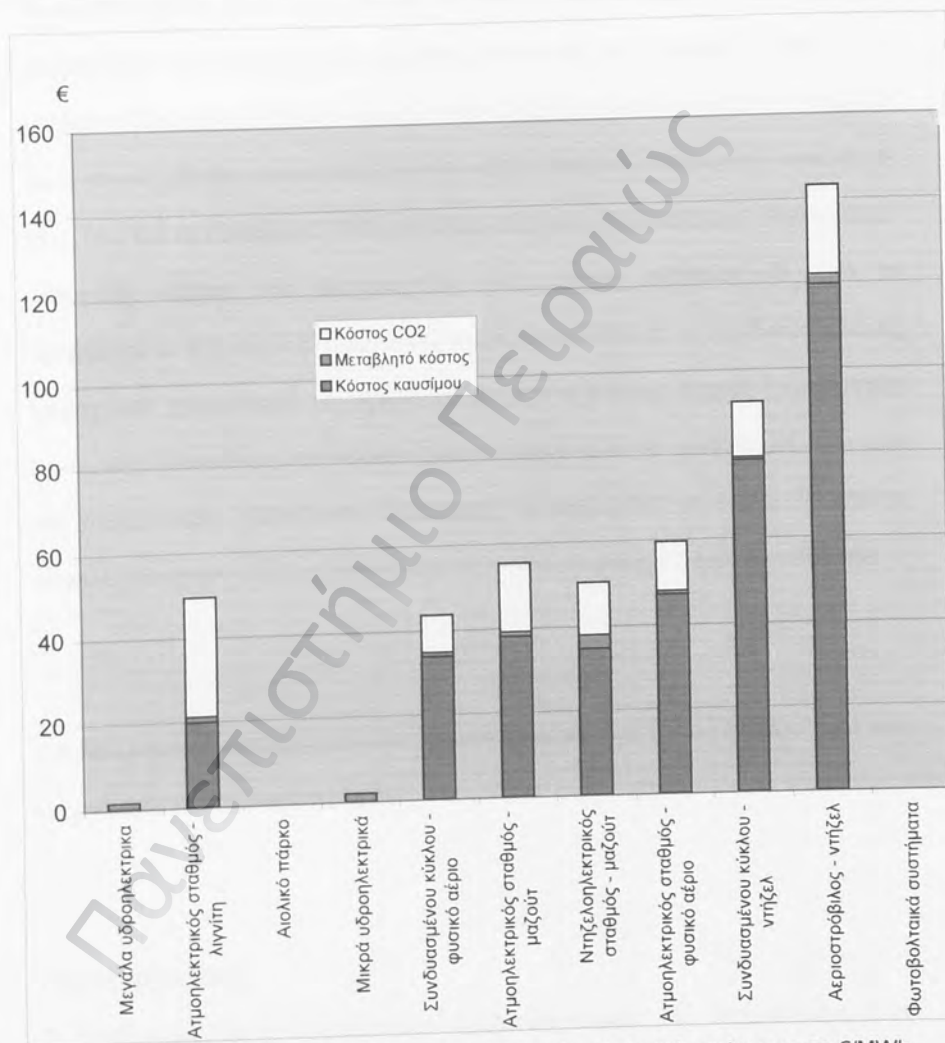
Η εισαγωγή της εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου θα έχει επιπτώσεις στις εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο βραχυπρόθεσμες, όσο και μακροπρόθεσμες. Βραχυπρόθεσμα η εμπορία δικαιωμάτων θα επιφέρει άμεσα αλλαγές στον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι διάφορες μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού. Το οριακό κόστος παίζει σημαντικό ρόλο στις αποφάσεις εταιριών παραγωγής ηλεκτρισμού, καθώς φροντίζουν να

λειτουργούν τις μονάδες με χαμηλό κόστος συνεχώς (μονάδες βάσης) και τις μονάδες με το υψηλότερο κόστος, όταν υπάρχει αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (μονάδες αιχμής).

Όπως φαίνεται και από την ανάλυση που προηγήθηκε, αν ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής της Ελλάδας ξεπεράσει μια χρονιά το επιτρεπόμενο όριο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τότε οι επιπλέον MWh που θα παραχθούν θα κοστίζουν περισσότερο, αφού στο μεταβλητό κόστος θα προστεθεί και το κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Όμως οι βραχυπρόθεσμες αποφάσεις σε μια απελευθερωμένη αγορά παίρνονται βάσει του μεταβλητού κόστους. Αυτό σημαίνει ότι μονάδες, που εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου, μπορεί να έχουν σε αυτή την περίπτωση πολύ υψηλό μεταβλητό κόστος και για το λόγο αυτό να χρησιμοποιηθούν μονάδες με χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Με αυτό τον τρόπο η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να μεταβάλει τον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι διάφορες μονάδες παραγωγής.

Στο Διάγραμμα 4.4 παρουσιάζεται το μέσο μεταβλητό κόστος παραγωγής διαφόρων σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού στην περίπτωση που η τιμή εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου ανέρχεται σε 20€/tCO₂. Όπως φαίνεται και από το σχήμα, σε αυτή την περίπτωση το μεταβλητό κόστος των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο (43,7 €/MWh) είναι χαμηλότερο από το μεταβλητό κόστος των ατμοηλεκτρικών μονάδων με καύσιμο λιγνίτη (49,6 €/MWh), οι οποίες χρησιμοποιούνται σαν μονάδες βάσης στην Ελλάδα. Βέβαια στην χώρα μας

δεν υπάρχει σήμερα ουσιαστική απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και επομένως οι αποφάσεις για το ποιες μονάδες θα χρησιμοποιηθούν δεν παίρνονται σε καθημερινή βάση.



Διάγραμμα 4.4: Μέσο μεταβλητό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε €/MWh αν η τιμή εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής διαμορφωθεί στα 20 €/tCO₂

Από τη άλλη πλευρά, μακροπρόθεσμα η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου θα δώσει κίνητρα για επενδύσεις σε μονάδες παραγωγής με χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό θα συμβεί επειδή για να έχει μια εταιρία κίνητρα να κατασκευάσει νέες μονάδες παραγωγής, πρέπει η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά να καλύπτει τα μελλοντικά μακροπρόθεσμα οριακά κόστη της ηλεκτροπαραγωγής. Στα κόστη αυτά περιλαμβάνονται τόσο τα σταθερά κόστη (κόστος επένδυσης, λειτουργίας κτλ), όσο και τα μεταβλητά κόστη (κόστος καυσίμων, συντήρησης, δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου κτλ.). Όπως φαίνεται και από τα Διαγράμματα 4.2 και 4.3 μακροπρόθεσμα μεταβάλλεται το συνολικό κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού αν ληφθεί υπόψη και το κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής. *Επομένως τα επόμενα χρόνια αναμένεται να κατασκευάζονται όλο και περισσότερα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού τα οποία θα έχουν χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και υψηλούς βαθμούς απόδοσης.*

4.5 Μελλοντική εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τον ενεργειακό τομέα στην Ελλάδα

Κύριες παραδοχές

Οι προβλέψεις για με το επίπεδο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον ενεργειακό τομέα στο μέλλον εξαρτώνται από παραδοχές σχετικά με τις κύριες παραμέτρους, όπως είναι ο πληθυσμός, η οικονομική ανάπτυξη, οι τιμές των ενεργειακών προϊόντων κτλ. Οι κύριες παραδοχές που έγιναν για τον

υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τα επόμενα χρόνια φαίνονται στον Πίνακα 4.18. Επιπλέον θεωρήθηκαν οι ακόλουθες παραδοχές [5]:

- Καιρικές συνθήκες: Οι καιρικές συνθήκες στο μέλλον αναμένεται να παραμείνουν όπως είναι τα τελευταία χρόνια.
- Μεταβολές προστιθέμενης αξίας στους διάφορους τομείς: ο δευτερογενής τομέας εκτός από τις δημόσιες υπηρεσίες αναμένεται να έχει το μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης (4,04%) και το ποσοστό του ως προς το ΑΕΠ το 2010 και το 2020 υπολογίζεται αντίστοιχα σε 57% και 61% (45% το 1990). Ο Δημόσιος Τομέας υπολογίζεται ότι θα αναπτύσσεται με ένα μέσο ρυθμό 4% από το 2000 έως το 2010 και 3,5% μετά το 2010. Ο ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης του βιομηχανικού τομέα υπολογίζεται σε 1,1% από το 2000 έως το 2010 και σε 0,7% από το 2010 έως το 2020. Με αυτό τον τρόπο, ενώ ο βιομηχανικός τομέας ανερχόταν σε 24% του ΑΕΠ το 1990 αναμένεται να μειωθεί σε 16% του ΑΕΠ το 2010 και σε 13% του ΑΕΠ το 2020. Τέλος ο ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης του πρωτογενή τομέα από το 2000 έως το 2020 υπολογίζεται σε 1%.
- Προεξοφλητικά επιτόκια: Επειδή στον αστικό τομέα οι καταναλωτές συνήθως προτιμούν επενδύσεις με μικρό διάστημα αποπληρωμής το προεξοφλητικό επιτόκιο θεωρήθηκε ίσο με 14%. Από την άλλη πλευρά οι βιομηχανίες, τα διυλιστήρια κτλ, συνήθως σχεδιάζουν τις πολιτικές επενδύσεων σε μακροπρόθεσμη βάση και για το λόγο αυτό το επιτόκιο προεξόφλησης θεωρήθηκε ίσο με 6%. Τέλος για τον τριτογενή τομέα το επιτόκιο προεξόφλησης υπολογίστηκε ίσο με 9%.

Πίνακας 4.18 : Ιστορικά στοιχεία και προβλέψεις μεγεθών που επηρεάζουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου [5]

	Ιστορικά στοιχεία			Προβλέψεις			
	1990	1995	2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
Πληθυσμός (10^6)	10,16	10,53	10,87	0,5%	0,4%	0,3%	0,2%
Μέγεθος νοικοκυριών (άνθρωποι/νοικοκυριό)	3,21	3,14	3,06	2,97	2,87	2,78	2,68
GDP (bil. Euro 2000)	96,6	102,8	121,0	4,4%	3,4%	3,0%	2,9%
Διεθνείς τιμές καυσίμων							
Γαϊάνθρακας (\$90/t)	51,3	40,6	28,5	31,2			
Πετρέλαιο (\$90/bbl)	22,2	17,2	22,8	-7,7%	0,0%	0,8%	3,1%
Φυσικό αέριο (\$90/toe)	119,1	92,5	90,1	-7,7%	0,0%	0,8%	3,1%
Μεταφορικές δραστηριότητες							
Μεταφορές επιβατών (bil. P-km)	96,5	124,3	151,4	3,3%	2,3%	1,7%	1,0%
Εμπορευματικές μεταφορές (bil. T-km)	84,8	94,3	106,0	2,6%	2,3%	2,1%	1,9%

Επιπρόσθετα, για τη μελλοντική ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα εκτός από τις σύγχρονες πολιτικές και την τωρινή συμπεριφορά των καταναλωτών λήφθηκαν υπόψη και οι ακόλουθες τάσεις:

1. Η απελευθέρωση της τοπικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας
2. Η συμφωνία μεταξύ ΕΕ και των αυτοκινητοβιομηχανιών (ACEA, KAMA, JAMA) σχετικά με τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων στα νέα μοντέλα, με στόχο οι μέσες εκπομπές CO₂ να φτάσουν τα 140 gr/km το 2008.
3. Η συνέχιση των τωρινών οικονομικών μέτρων για την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), της συμπαραγωγής με χρήση φυσικού αερίου και της εξοικονόμησης ενέργειας.

4. Η ολοκλήρωση των έργων στο χώρο των ΑΠΕ και της εξοικονόμησης ενέργειας, τα οποία ήδη έχουν εγκριθεί ή / και έχει αρχίσει η εγκατάστασή τους και επιδοτούνται από το 2^ο Κοινοτικό Πρόγραμμα Στήριξης.
5. Η Κοινοτική Οδηγία 1999/31/ΕΚ της 26^{ης} Απριλίου 1999 σχετικά με την υγειονομική ταφή σκουπιδιών.

Ενεργειακός τομέας

Στον Πίνακα 4.19 συνοψίζονται στοιχεία σχετικά με την εξέλιξη κατανάλωσης του ενεργειακού τομέα. Στη συνέχεια περιγράψουμε αναλυτικότερα την εξέλιξη του ενεργειακού τομέα.

Ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση

Η ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση αναμένεται ότι θα αυξάνεται συνεχώς (από 23,8 Mtoe το 1995 σε 34 Mtoe το 2010 και 40 Mtoe το 2020), με ένα μέσο ετήσιο ρυθμό 2,1%. Τα υγρά καύσιμα θα συνεχίσουν να αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της εγχώριας κατανάλωσης, αλλά η αναλογία τους θα μειωθεί από 59% το 1995, σε 54% το 2010 και σε 52% το 2020. Η κατανάλωση των στερεών καυσίμων αναμένεται να αυξηθεί σε απόλυτα νούμερα από 8,4 Mtoe το 1995 σε 9,7 Mtoe το 2020, ενώ η αναλογία τους θα μειωθεί από 35% το 1995 σε 24% το 2020. Επίσης η κατανάλωση του φυσικού αερίου αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά και να φτάσει το 15,1% της ολικής κατανάλωσης το 2010 και το 20,1% το 2020. Το ποσοστό χρήσης ΑΠΕ συμπεριλαμβανομένων και των μεγάλων υδροηλεκτρικών θα μειωθεί από 4,85% το 1995 (1,15 Mtoe) σε 4% το 2010 (1,36 Mtoe). Το 2020 η χρήση ΑΠΕ θα φτάσει τα 1,61 Mtoe. Σε απόλυτα νούμερα η χρήση ΑΠΕ θα αυξηθεί κατά 39% από το 1995 έως το 2020.

Μελλοντική χρήση ηλεκτρικής ενέργειας

Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα αναμένεται να αυξηθεί με ένα μέσο ετήσιο ρυθμό 3,1% από το 2000 έως το 2010, ενώ από το 2010 έως το 2020 υπολογίζεται ότι θα αυξηθεί με ένα ρυθμό 2,5% ετησίως. Για να καλυφθεί η επιπλέον ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας η εγκαταστημένη ισχύς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί περίπου κατά 9,8 GW από το 1995 έως το 2020. Μέχρι το 2020 η εγκατεστημένη ισχύς εργοστασίων με καύσιμα λιγνίτη και πετρέλαιο δεν αναμένεται να μεταβληθεί σημαντικά. Η επιπλέον ζήτηση θα καλυφθεί κυρίως από εργοστάσια συνδυασμένου κύκλου που χρησιμοποιούν ως καύσιμο φυσικό αέριο. Η εγκατεστημένη ισχύς των εργοστασίων αυτού του είδους αναμένεται να αυξηθεί περίπου κατά 5 φορές μεταξύ 2000 και 2020 και να φτάσει τα 6 GW ή περίπου το 31% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος το 2020. Κατά το ίδιο διάστημα, η εγκατεστημένη ισχύς των μεγάλων υδροηλεκτρικών εργοστασίων θα παραμείνει περίπου σταθερή, ενώ 1,7 GW αιολικών πάρκων αναμένεται να εγκατασταθούν μέχρι το 2020, εξαιτίας του υψηλού αιολικού δυναμικού της Ελλάδας, καθώς και των κινήτρων που θα δοθούν από τις κυβερνήσεις.

Τελική κατανάλωση ενέργειας

Η τελική κατανάλωση ενέργειας θα αυξάνεται συνεχώς από το 1995 έως το 2020 (16,2 Mtoe το 1995, 23,7 Mtoe το 2010 και 27,6 Mtoe το 2020), με ένα μέσο ετήσιο ρυθμό 2,2%. Τα υγρά καύσιμα θα συνεχίσουν να αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης παρότι το ποσοστό τους θα σημειώσει μια μικρή μείωση από 70% το 1995 σε 64% το 2010 και σε

Πίνακας 4.19 : Ιστορικά στοιχεία και προβλέψεις του ενεργειακού τομέα σε κτοε [5]

	1995	200	2005	2010	2015	2020
Πρωτογενής Παραγωγή	9.164	9.355	9.317	9.622	9.953	10.317
Στερεά καύσιμα	7.544	7.905	8.008	8.267	8.519	8.711
Υγρά καύσιμα	468	100	0	0	0	0
ΑΠΕ	1.152	1.350	1.308	1.355	1.434	1.606
Φυσικό Αέριο	0	0	0	0	0	0
Καθαρές Εισαγωγές	14.609	18.462	21.563	24.426	27.056	29.649
Στερεά καύσιμα	842	850	886	924	942	961
Υγρά καύσιμα	13.649	15.881	17.023	18.353	19.441	20.651
ΑΠΕ	0	0	0	0	0	0
Φυσικό Αέριο	49	1.732	3.653	5.148	6.672	8.036
Ηλεκτρική Ενέργεια	69	-1	0	0	0	0
Ακαθάριστη Εγχώρια Κατανάλωση	23.773	27.817	30.880	34.048	37.009	39.966
Στερεά καύσιμα	8.386	8.756	8.894	9.192	9.462	9.672
Υγρά καύσιμα	14.117	15.981	17.023	18.353	19.441	20.651
ΑΠΕ	1.152	1.350	1.308	1.355	1.434	1.606
Φυσικό Αέριο	49	1.732	3.653	5.148	6.672	8.036
Ηλεκτρική Ενέργεια	69	-1	0	0	0	0
Καθαρή Ηλεκτροπαραγωγή	3.236	4.075	4.732	5.454	6.199	7.006
Λιγνίτης	2.251	2.467	2.510	2.590	2.668	2.727
Πετρέλαιο	652	609	591	711	783	874
Φυσικό αέριο	6	561	1117	1547	2059	2583
ΑΠΕ	327	438	515	606	689	821
Τελική κατανάλωση ενέργειας	16.171	19.417	21.600	23.719	25.665	27.588
Ανά τομέα						
Γεωργία	1.013	1.131	1.218	1.310	1.408	1.513
Βιομηχανία	5.252	5.821	6.177	6.564	6.821	7.094
Αστικός τομέας	3.324	4.362	4.569	4.782	5.040	5.290
Τριτογενής	869	1.289	1.702	2.180	2.684	3.236
Μεταφορές	5.713	6.816	7.933	8.883	9.711	10.455
Ανά καύσιμο						
Στερεά καύσιμα	1.029	863	898	935	952	970
Υγρά καύσιμα	11.246	13.463	14.295	15.141	15.919	16.770
Ηλεκτρική ενέργεια	3.030	3.711	4.351	5.023	5.713	6.454
Θερμική ενέργεια	0	76	139	207	254	291
ΑΠΕ	825	896	778	733	729	769
Φυσικό αέριο	43	408	1.138	1.680	2.097	2.334

61% το 2020. Η συνεισφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί από 18,7% το 1995 (3 Mtoe) σε 21,2% το 2010 (5 Mtoe) και σε 23,4% το 2020 (6,5 Mtoe). Το ποσοστό της κατανάλωσης φυσικού αερίου θα αποτελεί το 7,1% το 2010 (1.680 ktoe) και το 8,5% το 2020 (2.334 ktoe). Το ποσοστό κατανάλωσης των ΑΠΕ θα μειωθεί από 5,1% το 1995, σε 3,1% το 2010 και σε 2,8% το 2020. Η μείωση αυτή των ΑΠΕ στην τελική ενεργειακή κατανάλωση οφείλεται στην μείωση της κατανάλωσης βιομάζας στον αστικό τομέα.

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.20 οι εκπομπές του CO₂ αναμένεται να αυξηθούν για τον ενεργειακό τομέα της Ελλάδας κατά 44,9% μεταξύ του 1990 και του 2010 και κατά 65,6% μεταξύ του 1990 και του 2020. Οι εκπομπές του CO₂ υπολογίζεται ότι θα αυξάνονται με ένα ετήσιο ρυθμό 1,6% από το 2000 έως το 2010 και 1,3% από το 2010 έως το 2020. Ο ρυθμός αύξησης των εκπομπών θα επιβραδυνθεί κυρίως λόγω της διεύδυσης του φυσικού αερίου και των ΑΠΕ ιδιαίτερα στο χώρο της ηλεκτροπαραγωγής. Αναμένεται ότι κατά το 2020 οι τομείς που θα παρουσιάσουν τη μεγαλύτερη αύξηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι αυτοί στους οποίους η ζήτηση ενέργειας θα αυξάνεται με τους μεγαλύτερους ρυθμούς, δηλαδή ο τριτογενής και ο τομέας των μεταφορών. Παρ' όλα αυτά, σε απόλυτα νούμερα ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής θα είναι αυτός που θα συνεισφέρει γύρω στο 50% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μεταξύ του 1990 και του 2020. Ο τομέας των μεταφορών αποτελεί μια αυξανόμενη πηγή εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και η συνεισφορά του αναμένεται να αυξηθεί από 20% το 1990 σε 23,5% το 2010 και σε 24,1% το 2020. Από την άλλη πλευρά, η συνεισφορά του βιομηχανικού τομέα αναμένεται

ότι θα μειωθεί τα επόμενα χρόνια. Συγκεκριμένα ενώ η συνεισφορά του ήταν 15,6% το 1990, υπολογίζεται ότι θα φτάσει το 13,1% το 2010 και το 12% το 2020.

Στον Πίνακα 4.20 φαίνεται επίσης και η εξέλιξη των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου εκτός από το CO₂. Οι εκπομπές του CH₄ προέρχονται κατά 75% από coal mining-oil και απώλειες κατά τη διανομή φυσικού αερίου. Οι εκπομπές του CH₄ υπολογίζεται ότι θα παρουσιάσουν μια πολύ μικρή ετήσια μείωση της τάξης του 0,4% μετά το 2000. Από την άλλη πλευρά, ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής είναι η κύρια πηγή εκπομπών N₂O και εκτέμπει περίπου το 50% των συνολικών εκπομπών. Οι εκπομπές N₂O αναμένεται ότι θα αυξηθούν με ένα μέσο ετήσιο ρυθμό της τάξης του 1,2% από το 2000 έως το 2020.

Όσον αφορά της συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον ενεργειακό τομέα στην Ελλάδα σε ισοδυνάμους τόνους διοξειδίου του άνθρακα (t CO_{2eq}) υπολογίζεται ότι θα αυξηθούν από 80,8 Mt το 1990 σε 116,9 Mt το 2010 και σε 133,3 Mt το 2020 με ένα μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης ίσο με 1,7%. Ο τριτογενής και ο τομέας των μεταφορών υπολογίζεται ότι θα παρουσιάσουν τη μεγαλύτερη αύξηση. Από την άλλη πλευρά, οι συνολικές εκπομπές από τον βιομηχανικό και τον αγροτικό τομέα θα αυξηθούν με χαμηλούς ρυθμούς εξαιτίας κυρίως την μικρής ανάπτυξης που θα ακολουθήσουν. Παρόλα αυτά πρέπει να τονιστεί ότι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αυξάνονται με ρυθμούς πολύ χαμηλότερους από αυτούς που παρουσιάζει η οικονομική ανάπτυξη της χώρας, λόγω των τεχνολογικών βελτιώσεων που εμφανίζονται στον ενεργειακό χώρο [5].

Πίνακας 4.20 : Εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον Ελληνικό ενεργειακό τομέα σε χιλιότονους (kt) [5]

Τομέας	Αέριο	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Σύνολο								
	CO ₂	76.474	79.778	95.682	102.083	110.837	118.866	126.647
	CH ₄	59,4	65,4	77,5	74	76,6	79,5	82,4
	N ₂ O	9,9	10,4	12,1	13,5	14,3	15,0	15,9
Ηλεκτρο- παραγωγή								
	CO ₂	41.202	42.746	51.702	53.199	58.141	62.877	67.564
	CH ₄	0,3	0,3	0,4	0,9	0,9	0,9	1,0
	N ₂ O	5,5	5,9	6,6	6,9	7,5	8,0	8,5
Βιομηχανία								
	CO ₂	11.892	11.913	13.771	14.063	14.537	14.837	15.189
	CH ₄	1,6	2,6	3,7	4,3	4,5	4,8	5,3
	N ₂ O	1,8	1,8	2,0	2,4	2,4	2,4	2,5
Μεταφορές								
	CO ₂	15.358	16.970	19.182	23.324	26.070	28.409	30.514
	CH ₄	5,1	6,3	7,4	7,6	8,0	8,1	8,2
	N ₂ O	0,6	0,9	1,2	2,0	2,3	2,4	2,6
Γεωργία								
	CO ₂	2.815	2.639	2.659	2.758	2.871	3.004	3.149
	CH ₄	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3
	N ₂ O	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2
Αστικός τομέας								
	CO ₂	4.684	4.851	7.592	7.840	8.103	8.394	8.631
	CH ₄	7,0	6,7	9,8	6,2	5,1	4,6	4,3
	N ₂ O	0,8	0,8	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0
Τριτογενής								
	CO ₂	523	659	776	899	1.115	1.345	1.600
	CH ₄	0,7	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	N ₂ O	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Εκπομπές λόγω διαρροής								
	CO ₂	0	0	0	0	0	0	0
	CH ₄	44,3	49,1	55,8	54,8	57,8	60,7	63,2
	N ₂ O	0	0	0	0	0	0	0

4.6 Οικονομική επιβάρυνση της ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα από την αύξηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Στη συνέχεια θα επιχειρηθεί να υπολογισθεί προσεγγιστικά, για διάφορες τιμές εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου ανά ισοδύναμο τόνο διοξειδίου του άνθρακα (tCO_{2eq}), η οικονομική επιβάρυνση της ηλεκτροπαραγωγής. Στον Πίνακα 4.21 εμφανίζεται η εξέλιξη των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε $kt CO_{2eq}$ για όλο τον ενεργειακό τομέα καθώς και για τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, καθώς και η ποσοστιαία αύξηση των εκπομπών των διάφορων αερίων του θερμοκηπίου με έτος βάσης το 1990.

Πίνακας 4.21 : Εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον Ελληνικό ενεργειακό τομέα σε ισοδύναμους χιλιοτόνους διοξειδίου του άνθρακα ($kt CO_{2eq}$) [5]

Τομέας	Αέριο	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Σύνολο		80.790	84.388	101.059	107.822	116.879	125.186	133.306
	%	100	104,5	125,1	133,5	144,7	155,0	165,0
	CO ₂	76.474	79.778	95.682	102.083	110.837	118.866	126.647
	%	100	104,3	125,1	133,5	144,9	155,4	165,6
	CH ₄	1.247	1.374	1.629	1.554	1.609	1.670	1.730
	%	100	110,2	130,6	124,6	129,0	133,9	138,7
	N ₂ O	3.069	3.236	3.748	4.185	4.433	4.650	4.929
	%	100	105,4	122,1	136,4	144,4	151,5	160,6
Ηλεκτρο-παραγωγή		42.913	44.569	53.744	55.357	60.485	65.376	70.220
	%	100	103,9	125,2	129,0	140,9	152,3	163,6
	CO ₂	41.202	42.746	51.702	53.199	58.141	62.877	67.564
	%	100	103,7	125,5	129,1	141,1	152,6	164,0
	CH ₄	6,3	6,5	7,5	18,9	18,9	18,9	21,0
	%	100	103,2	119,0	300,0	300,0	300,0	333,3
	N ₂ O	1.705	1.817	2.035	2.139	2.325	2.480	2.635
	%	100	106,6	119,4	125,5	136,4	145,5	154,5

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.21 οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αναμένεται να αυξηθούν κατά 44,7% από το 1990 έως το 2010. Κατά το ίδιο διάστημα οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής υπολογίζεται ότι θα αυξηθούν κατά 40,9%. Δηλαδή η αύξηση εκπομπών του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής θα πραγματοποιηθεί με λίγο μικρότερους ρυθμούς από ότι του ενεργειακού τομέα στο σύνολό του.

Σε απόλυτους αριθμούς οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής υπολογίζεται ότι θα αυξηθούν κατά 17.572 kt CO_{2eq}. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3, στην Ελλάδα σύμφωνα με τις αποφάσεις του Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος της Ε.Ε., που πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 1998, πρέπει οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από το 1990 έως το 2010 να αυξηθούν σε ποσοστό μικρότερο του 25%. Όσον αφορά τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής η Ελλάδα μέχρι και σήμερα (Νοέμβριος του 2004) δεν έχει εκδώσει το Εθνικό Σχέδιο Κατανομής (National Allocation Plan) σχετικά με την αναλογία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου στους διάφορους τομείς, αν και έπρεπε να το είχε εκδώσει από το Μάρτιο του 2004. Για το λόγο αυτό και προκειμένου να προχωρήσουμε σε ποσοτικοποιημένα αποτελέσματα θα θεωρήσουμε ότι τα δικαιώματα εκπομπής για τους διάφορους τομείς θα προκύψουν αναλογικά από τα επίπεδα εκπομπών του 1990. Το 1990 από την ηλεκτροπαραγωγή εκπέμπονταν περίπου το 53% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επομένως σύμφωνα με τους πιο πάνω υπολογισμούς και τις παραδοχές, το 2010 από την ηλεκτροπαραγωγή θα εκπέμπονται περισσότεροι 6.844 kt CO_{2eq} από όσο επιτρέπεται σύμφωνα με τις δεσμεύσεις του Πρωτόκολλο του Κιότο.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, έχουν γίνει διάφορες προβλέψεις σχετικά με την τιμή εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Εμείς στο σημείο αυτό θα θεωρήσουμε διάφορα σενάρια, ώστε να αποτιμήσουμε την οικονομική επιβάρυνση της ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα (Πίνακας 4.22). Για τον υπολογισμό της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής το 2010 θεωρήσαμε ένα ετήσιο ρυθμό αύξησης ίσο με 3,1%.

Πίνακας 4.22 : Ετήσια οικονομική επιβάρυνση του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα λόγω της συμμόρφωσης στους περιορισμούς του Πρωτοκόλλου του Κιότο

Τιμή εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου (€/t CO _{2eq})	Ετήσια Οικονομική επιβάρυνση ηλεκτροπαραγωγής (10 ⁶ €)	% επί του συνολικού κόστους πωληθέντων πλέον αποσβέσεων	Αύξηση κόστους παραγωγής σε € ανά MWh
5	34,22	0,7%	0,53
10	68,44	1,4%	1,06
20	136,88	2,8%	2,12
30	205,32	4,2%	3,18
50	342,2	7%	5,30
100	684,4	14%	10,60

Από τα πιο πάνω φαίνεται καθαρά, ότι η οικονομική επιβάρυνση της ηλεκτροπαραγωγής λόγω του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι αρκετά σημαντική, ακόμα και στην περίπτωση που θεωρήσουμε ότι η τιμή εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου θα κυμανθεί γύρω στα 5 €/t CO_{2eq}. Επομένως το θέμα με τους περιορισμούς εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής και θα ήταν συνετό να ληφθούν μέτρα εγκαίρως, ώστε να περιορισθούν σημαντικά οι εκπομπές. Αν θεωρήσουμε το σενάριο που η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπής διαμορφωθεί στα 20 €/t CO_{2eq}, τότε κάθε MWh που θα παράγεται θα έχει ένα

επιπλέον κόστος ίσο με 2,12€. Στην περίπτωση παραγωγής ηλεκτρισμού από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο λιγνίτη αυτό το επιπλέον κόστος αντιπροσωπεύει το 6,4% του συνολικού κόστους.

4.7 Μέτρα περιορισμού εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ηλεκτροπαραγωγή

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι ώστε να μειωθούν οι εκπομπές CO₂ στον ενεργειακό τομέα. Αυτό μπορεί ως πρώτον επιτευχθεί με την αύξηση του αριθμού των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής που έχουν μηδενικές ή χαμηλές εκπομπές CO₂. Τέτοιες είναι οι μονάδες συμπαραγωγής, οι ΑΠΕ, και οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας μαζί. Επιπλέον, σημαντική μείωση των εκπομπών μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση πυρηνικής ενέργειας. Η λύση αυτή όμως παρουσιάζει άλλα σημαντικά προβλήματα και κινδύνους και δε διαφαίνεται ότι πρόκειται να εφαρμοστεί στην Ελλάδα στο άμεσο μέλλον. Ένας άλλος τρόπος περιορισμού των εκπομπών του CO₂ είναι η αφαίρεσή τους από τα καυσαέρια, η συγκέντρωσή τους και στη συνέχεια η αποθήκευσή τους υπογείως. Επίσης σημαντικές μειώσεις των εκπομπών πετυχαίνονται με την αύξηση του βαθμού απόδοσης των μονάδων και με χρησιμοποίηση φυσικού αερίου αντί λιγνίτη και πετρελαίου [6].

4.8 Συνέπειες από την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Κιότο για τις εταιρίες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια στην ΕΕ.

Η ευρωπαϊκή οδηγία 2003/87 μπορεί να περιλάβει μέχρι και 940 Mt CO_{2eq} από τους τομείς της ηλεκτροπαραγωγής και της παραγωγής θερμότητας στην τωρινή μορφή της ΕΕ (15 μέλη). Το μέγεθος αυτό προκύπτει από στοιχεία της περιόδου 1998-2001 και αντιστοιχεί περίπου στο 30% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της ΕΕ. Αν ληφθούν υπόψη και οι εκπομπές από ηλεκτροπαραγωγή και παραγωγή θερμότητας των μελλοντικών κρατών μελών της ΕΕ από την κεντρική και ανατολική Ευρώπη, τότε οι συνολικές εκπομπές φτάνουν τους 1200 Mt CO_{2eq}.

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ έχουν μειωθεί αισθητά από το 1990, λόγω κυρίως των σημαντικών μειώσεων εκπομπών που πέτυχαν η Γερμανία και η Μεγάλη Βρετανία. Από την άλλη πλευρά όμως, περαιτέρω μειώσεις των εκπομπών είναι δύσκολο να επιτευχθούν, λόγω υψηλού κόστους και επομένως η οδηγία αναμένεται να θέσει σε μεγάλο κίνδυνο την ανταγωνιστικότητα των εταιριών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ.

Σε οικονομικούς όρους, χρησιμοποιώντας μια τιμή εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής ίση με 7 €/tCO_{2e} και λαμβάνοντας υπόψη τις εκπομπές των τελευταίων χρόνων η αγορά δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου ανέρχεται σε 8,4*10⁹ € ανά έτος ή σε 26,2*10⁹ € για την περίοδο 2005-2007. Για

καλύτερη κατανόηση του κόστους εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου θα θεωρήσουμε ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο γαιάνθρακα, θερμική ισχύ 1000 MWth και βαθμό απόδοσης 35%. Έστω ότι ο συντελεστής φορτίου είναι 90% και ο συντελεστής εκπομπών 0,33 t CO_{2eq}/MWh καταναλισκόμενου καυσίμου. Σε αυτή την περίπτωση το εργοστάσιο θα παράγει ετησίως περίπου 7,8TWh και θα εκπέμπει 7,5 Mt CO_{2eq}. Αν η τιμή εμπορίας εκπομπών διαμορφωθεί στα 10 €/tCO_{2e}, τότε τα δικαιώματα εκπομπών της συγκεκριμένης μονάδας θα ανέρχονται σε 75*10⁶ € σε ετήσια βάση ή σε 225*10⁶ € για την τριετία 2005-2007.

Επίσης ας θεωρήσουμε μια νέα επένδυση ενός εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής, όπου ο ιδιοκτήτης πρέπει να πληρώσει τα δικαιώματα εκπομπής. Εάν η τιμή πώλησης είναι 30€/MWh, τότε το κόστος αγοράς των δικαιωμάτων εκπομπής θα αντιπροσωπεύει το 30% των ετησίων εσόδων από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας για μια τιμή δικαιωμάτων εκπομπής ίση με 10 €/tCO_{2e}, ή το 47% για μια τιμή δικαιωμάτων εκπομπής ίση με 15 €/tCO_{2e}.

Παρότι η εκκίνηση εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ δημιουργεί νέες απειλές για τις εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, από την άλλη πλευρά δημιουργεί και νέες ευκαιρίες. Αν η τιμή δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου φτάσει τα 20 €/tCO_{2e}, τότε το κόστος παραγωγής θα αυξηθεί σημαντικά και οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να αυξηθούν μέχρι και κατά 40%, σύμφωνα με μια εταιρία συμβούλων. Κάποιες άλλες εταιρίες συμβούλων υπολογίζουν ότι η αύξηση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι από 60% έως και 80% σε κάποιες χώρες. Επειδή

η άνοδος των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας θα επηρεάσει τους παραγωγούς, ένας παραγωγός ο οποίος δεν αντιμετωπίζει δεσμεύσεις σχετικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να επωφεληθεί από τις υψηλότερες τιμές. Από την άλλη πλευρά, κέρδη μπορούν να έχουν και άλλοι παίκτες, οι οποίοι μπορούν να ελιχθούν με επιτυχία στην αγορά δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και να εκμεταλλευτούν ευκαιρίες συναλλαγής και άλλα οικονομικά εργαλεία.

Πολλές μεγάλες εταιρίες παραγωγής ηλεκτρισμού της ΕΕ έχουν ήδη αρχίσει και παίρνουν μέτρα, ώστε να είναι έτοιμες να εισέλθουν με επιτυχία στην αγορά δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Οι δύο εταιρίες που έχουν τις περισσότερες εκπομπές στην Γερμανία, η RWE και η Eon, έχουν μαζί περισσότερες εκπομπές από ολόκληρες χώρες όπως η Γαλλία, η Ολλανδία και η Ελλάδα. Η αναλυτής Citygroup υπολογίζουν ότι η RWE στοχεύει στο να μειώσει τις εκπομπές της κατά 15 Mt CO₂ μέχρι το 2012. Εάν η RWE δεν τροποποιήσει τις μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιεί σήμερα και για μια τιμή δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου ίση με 10€/tCO_{2e}, τότε θα αναγκαστεί να πληρώνει επιπλέον σε ετήσια βάση 150*10⁶€.

Η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου στη ΕΕ θα ξεκινήσει στις αρχές του 2005. Οι εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να αυξήσουν τις προσπάθειές τους, ώστε να προετοιμαστούν για την αναπτυσσόμενη αγορά. Αυτό σημαίνει να ασκήσουν πίεση στις κυβερνήσεις, να αποτιμήσουν τις εκπομπές τους, να αναπτύξουν στρατηγικές εμπορίας [7].

4.9 Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια έχουν λάβει μεγάλη δημοσιότητα θέματα τα οποία αφορούν την αλλαγή του κλίματος του πλανήτη, η οποία εμφανίζεται κυρίως με τη μορφή της παγκόσμιας θέρμανσης, της τρύπας του όζοντος, της όξινης βροχής, της ρύπανσης του εδάφους, της ατμόσφαιρας και των υδάτων και της καταστροφής των δασών και των οικοσυστημάτων. Η διεθνής κοινότητα, αν και καθυστερημένα, ξεκίνησε μια σειρά ενεργειών προκειμένου να ανακόψει την κλιματική αλλαγή. Σημαντικότερος σταθμός σε αυτή την κατεύθυνση ήταν το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο καθορίζει για πρώτη φορά νομικά δεσμευτικούς στόχους για τον περιορισμό εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία συμβάλλουν στην παγκόσμια θέρμανση.

Στα πλαίσια του Πρωτοκόλλου του Κιότου και κατόπιν του διακανονισμού των επιμέρους υποχρεώσεων στο εσωτερικό της ΕΕ (Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος – 1998) η Ελλάδα μπορεί να αυξήσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου το διάστημα 2008-2012 έως και κατά 25% σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990. Τα δικαιώματα εκπομπής θα κατανεμηθούν σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Κατανομής στις διάφορες εταιρίες, που υπάγονται στους περιορισμούς του Πρωτοκόλλου. Αν οι εκπομπές μιας εταιρίας ξεπεράσουν τις ποσότητες, που της αντιστοιχούν από το Εθνικό Πρόγραμμα Κατανομής, τότε θα αναγκαστεί είτε να πληρώσει πρόστιμο (100 €/tCO_{2eq}), είτε να αγοράσει επιπλέον δικαιώματα εκπομπής. Δυστυχώς μέχρι σήμερα δε

λήφθηκαν έγκαιρα κατάλληλα μέτρα και ήδη οι συνολικές εκπομπές της χώρας μας αυξήθηκαν περισσότερο από 25% των αντίστοιχων του 1990.

Το 1990 το 53% των αέριων του θερμοκηπίου που εκπέμπονταν στην Ελλάδα προέρχονταν από παραγωγή ηλεκτρισμού και ειδικότερα από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Συγκεκριμένα το 2003 από τις 47.813 GWh που παρήχθησαν στο διασυνδεδεμένο σύστημα οι 42.586 (89,1%) παρήχθησαν σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς και από αυτές οι 31.643 από καύση λιγνίτη (66,2%). Από τη άλλη πλευρά, υπολογίζεται ότι μέχρι το 2010 η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξάνεται με μέσο ετήσιο ρυθμό 3,1%. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με ότι το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας θα συνεχίσει και τα επόμενα χρόνια να παράγεται σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, θα έχει σαν αποτέλεσμα στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής να ξεπεραστούν οι επιτρεπτές ποσότητες εκπομπής, που προβλέπονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Το 2003 στη Ελλάδα το μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 15 €/MWh για τους μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς, 33 €/MWh για τους ατμοηλεκτρικούς με καύσιμο λιγνίτη, 36 €/MWh για τα αιολικά πάρκα, 42 €/MWh για τους μικρούς υδροηλεκτρικούς, 43,6 €/MWh για μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, 50 €/MW για τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο μαζούτ, 57,3 €/MWh για τους νηζελοηλεκτρικούς σταθμούς, 98€/MWh για σταθμούς συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο νηζέλ, 156 €/MWh για σταθμούς με αεριοστρόβιλους και καύσιμο νηζέλ και τέλος 220 €/MWh για φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Αν ληφθεί υπόψη το κόστος συμμόρφωσης με τις

δεσμεύσεις του Πρωτοκόλλου τότε θα διαφοροποιηθεί το κόστος παραγωγής των διαφόρων σταθμών. Περισσότερο θα επιβαρυνθεί το κόστος των σταθμών που εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου ανά παραγόμενη ποσότητα ηλεκτρισμού. Οι ποσότητες που εκπέμπονται εξαρτώνται τόσο από το βαθμό απόδοσης, όσο και από το είδος του καυσίμου. Τις υψηλότερες εκπομπές παρουσιάζουν οι ΑΗΣ με καύσιμο λιγνίτη (1,42 tCO₂/MWh) και ακολουθούν οι αεριοστροβιλικοί σταθμοί με καύσιμο ντίζελ (1,06 tCO₂/MWh), οι ΑΗΣ με καύσιμο μαζούτ (0,81 tCO₂/MWh), οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο ντίζελ (0,66 tCO₂/MWh) ενώ τα υπόλοιπα είδη θερμοηλεκτρικών σταθμών έχουν χαμηλότερες εκπομπές. Από την άλλη πλευρά οι ΑΠΕ έχουν μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Το επιπλέον κόστος, λόγω υπέρβασης των ορίων εκπομπής, θα εξαρτηθεί από την τιμή στην οποία θα διαμορφωθεί το δικαίωμα εκπομπής ενός ισοδυνάμου τόνου CO₂. Μέχρι σήμερα τα διάφορα μοντέλα (Poles, GEM, G-CUBED, AIM κ.α.) καθώς και προβλέψεις εταιριών αναλύσεως (CarbonPoint) υπολογίζουν ότι η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπής θα διαμορφωθεί μεταξύ 10 και 20 €/tCO_{2eq}.

Αν μια χρονιά ξεπεραστούν κατά την παραγωγή ηλεκτρισμού οι ποσότητες εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, που προκύπτουν από τα δικαιώματα που έχουν κατανεμηθεί, τότε όλες οι MWh που θα παραχθούν αφού ξεπεραστούν τα όρια θα επιβαρυνθούν με το κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής. Στην περίπτωση που η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπής διαμορφωθεί στα 20 €/tCO_{2eq} τότε το μέσο κόστος παραγωγής για τις MWh που θα παραχθούν αφού ξεπεραστούν τα δικαιώματα εκπομπής θα είναι 86% μεγαλύτερο για ΑΗΣ με καύσιμο λιγνίτη, 32% μεγαλύτερο για ΑΗΣ με καύσιμο μαζούτ, 22% μεγαλύτερο

για νηξελοηλεκτρικούς σταθμούς με καύσιμο μαζούτ, 20% μεγαλύτερο για σταθμούς συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Επομένως λαμβάνοντας υπόψη και το κόστος που προκύπτει από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου η ηλεκτρική ενέργεια, που θα παραχθεί αφού ξεπεραστούν τα δικαιώματα εκπομπής, θα κοστίζει λιγότερο σε ένα σταθμό συνδυασμένου κύκλου με φυσικό αέριο (52,5 €/MWh) παρά σε ένα ΑΗΣ με καύσιμο λιγνίτη (61,37 €/MWh). Εάν η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπής διαμορφωθεί στα 10 €/tCO_{2eq} τότε το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από ΑΗΣ με καύσιμο λιγνίτη θα συνεχίσει να αποτελεί την πιο φτηνή επιλογή ανάμεσα στους θερμικούς σταθμούς.

Από τα πιο πάνω φαίνεται καθαρά ότι η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να μεταβάλει βραχυπρόθεσμα τον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι διάφορες μονάδες παραγωγής. Από τη άλλη πλευρά, μακροπρόθεσμα η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου θα δώσει κίνητρα για επενδύσεις σε μονάδες παραγωγής με χαμηλές η μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό θα συμβεί, επειδή για να έχει μια εταιρία κίνητρα να κατασκευάσει νέες μονάδες παραγωγής, πρέπει η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά να καλύπτει τα μελλοντικά μακροπρόθεσμα οριακά κόστη της ηλεκτροπαραγωγής. Στα κόστη αυτά περιλαμβάνονται τόσο τα σταθερά κόστη (κόστος επένδυσης, λειτουργίας κτλ), όσο και τα μεταβλητά κόστη (κόστος καυσίμων, συντήρησης, δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου κτλ.). Επομένως τα επόμενα χρόνια αναμένεται να κατασκευάζονται όλο και περισσότερα εργοστάσια παραγωγής

ηλεκτρισμού τα οποία θα έχουν χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και υψηλούς βαθμούς απόδοσης.

Έκτος από τις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου στις εταιρίες ηλεκτροπαραγωγή, ιδιαίτερα σημαντικό για τις εταιρίες αυτές είναι ο υπολογισμός της συνολικής ετήσιας οικονομικής επιβάρυνσης. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την ηλεκτροπαραγωγή ανέρχονταν σε 42.913 kt CO_{2eq} το 1990 και αναμένεται ότι θα είναι γύρω στους 60.500 kt CO_{2eq} το 2010. Για αυτό το επίπεδο εκπομπών και αν η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπής διαμορφωθεί στα 10 €/tCO_{2eq} η ετήσια οικονομική επιβάρυνση του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής λόγω εκπομπών θα είναι 68,44*10⁶ €, ενώ αν η τιμή δικαιωμάτων εκπομπής διαμορφωθεί στα 20 €/tCO_{2eq} η επιβάρυνση θα είναι 136,88*10⁶ €. Αν επιμερίσουμε την οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών σε όλες τις MWh που θα παραχθούν το 2010 τότε η αύξηση του κόστους θα είναι 1,06€/MWh για τιμή δικαιωμάτων εκπομπής 10 €/tCO_{2eq} και 2,12€/MWh για τιμή δικαιωμάτων εκπομπής 20 €/tCO_{2e}.

Επομένως η οικονομική επιβάρυνση του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής από την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής θα είναι αρκετά σημαντική. Εάν η αύξηση αυτή του κόστους παραγωγής θα «περάσει» στους τελικούς καταναλωτές θα εξαρτηθεί και από το κατά πόσο θα έχει προχωρήσει η ουσιαστική απελευθέρωση της αγορά ηλεκτρισμού στην Ελλάδα. Στο μέλλον αναμένεται, ότι τα όρια εκπομπής που θα θεσπιστούν, θα είναι πολύ πιο αυστηρά και ενδέχεται εταιρίες που δεν θα αντιμετωπίσουν προβλήματα λόγω εκπομπών

την περίοδο 2008-2012 αργότερα να βρεθούν σε δύσκολη θέση. Για το λόγο αυτό οι εταιρίες παραγωγής ηλεκτρισμού πρέπει να εκτιμήσουν εγκαίρως τη σημαντική απειλή που διαφαίνεται, να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα (χρησιμοποίηση φυσικού αερίου αντί λιγνίτη και μαζούτ – ανάπτυξη ΑΠΕ) και να αυξήσουν τις προσπάθειές τους ώστε να προετοιμαστούν για την αναπτυσσόμενη αγορά εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής.

4.10 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. P.Lako & J.R.Ybema, CO₂ Abatement in Western European Power Generation, Netherlands Energy Research Foundation ECN, May 1997, σελ.75-76,81,83
2. D.Diakoulaki, S.Mirasgedis, M.Tziantzi, Environmental externalities and the development of renewable energy sources, NTUA, Athens, σελ.7
3. Dimitrios P. Lalas, Climate Change - Emissions Inventory, National Observatory of Athens, February 2004, σελ.40
4. Α.Μαυρογιώργος, Μακροπρόθεσμη Ανάλυση Ελληνικού Ενεργειακού Συστήματος, ΕΜΠ, Αθήνα 2001
5. National Observatory of Athens, 3rd National Communication to the UNFCCC, σελ.62-66
6. Chris Hendriks, Economic Evaluation of Setoral Emission Reduction Objectives for Climate Change, ECOFYS, March 2001, σελ i,ii
7. Point Carbon, Emissions trading: Impact on the power industry, www.pointcarbon.com

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Greenpeace, Κλίμα – Ενέργεια, <http://www.greenpeace.gr>
2. ΔΕΗ Α.Ε., Ετήσιο Δελτίο και Απολογισμός Χρήσης 2003, Αθήνα 2004, www.dei.gr
3. Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών, <http://sinas.admin.noa.gr/trading/info.htm>
4. ΕΕ, Το πρωτόκολλο του Κιότο, Βρυξέλλες Ιούλιος 2003
5. Ζαρκαδούλας Γ., Κλιματικές Αλλαγές στον 21ο Αιώνα σε Παγκόσμιο Επίπεδο ως Αποτέλεσμα της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Προβλέψεις για το Μέλλον τους με Βάση Κλιματικά Μοντέλα, ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Αθήνα 2003
6. Καρβούνης Σ. & Γεωργακέλλος Δ., Διαχείριση του Περιβάλλοντος – Επιχειρήσεις & Βιώσιμη Ανάπτυξη, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα 2003
7. Μαρκαντωνάτος Γ., Στοιχεία Υγιεινής Περιβάλλοντος και Υγειονομικής Μηχανικής, Copyright Γρ. Μαρκαντωνάτος, Αθήνα 1984
8. Μαυρογιώργος Α., Μακροπρόθεσμη Ανάλυση Ελληνικού Ενεργειακού Συστήματος, ΕΜΠ, Αθήνα 2001
9. Μπακιρτζής Α., Οικονομική Λειτουργία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1998
10. Μπινιάρης Σ., Το Περιβάλλον - Ρύπανση και Προστασία, Αθήνα 2004
11. ΡΑΕ, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, Αθήνα Φεβρουάριος 2003, www.rae.gr
12. Σαμιώτης Γ. και Τσάλτας Γ., Διεθνής προστασία του περιβάλλοντος, Παπαζήση, Αθήνα 1990
13. Schwaller & Gilberti, Ηλεκτρικές Πηγές Ενέργειας και Περιβάλλον, ΙΩΝ, 1999
Περιστέρι
14. ΥΠΕΧΩΔΕ, Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων φαινομένου του θερμοκηπίου (2000-2010), Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Αθήνα Μάρτιος 2002

1. American Wind Energy Association, <http://www.awea.org>
2. Baumert K., Carbon Taxes vs. Emissions Trading : What's the Difference and Which is Better ?, Global Policy Forum, April 1998, www.globalpolicy.org
3. Capros P. and Mantzos L., Climate Change, European Commission, NTUA
4. Capros P. and Mantzos L., Economic efficiency of cross sectoral emission trading in CO₂ in the European Union, European Commission, NTUA
5. Diakoulaki D., Mirasgedis S., Tziantzi M., Environmental externalities and the development of renewable energy sources, NTUA, Athens
6. Dower R. and Zimmerman M., The Right Climate for Carbon Taxes: Creating Economic Incentives to Protect the Atmosphere, World Resources Institute, 1992 Washington DC
7. Europa, Kyoto Protocol on Climate Change, www.europa.eu.int/scadplus/leg/el/lvb/l28060.htm
8. Hendriks C., Economic Evaluation of Sectoral Emission Reduction Objectives for Climate Change, ECOFYS, March 2001
9. Hoerner J. & Muller F., Carbon Taxes for Climate Protection in a Competitive World, Swiss Federal Office for Foreign Affairs, June 1996
10. Lako P. & Ybema J., CO₂ Abatement in Western European Power Generation, Netherlands Energy Research Foundation ECN, May 1997
11. Lalas D., Climate Change - Emissions Inventory, National Observatory of Athens, February 2004
12. Miller G., Environmental Science, Brooks/Cole, ninth edition, 2003
13. National Observatory of Athens, 3rd National Communication to the UNFCCC
14. Point Carbon, Emissions trading: Impact on the power industry, www.pointcarbon.com
15. UNEP and UNFCCC, Climate Change Information Kit, Fontline Electronic Publishing, September 2002 France
16. Union of Concerned Scientists, The hidden cost of fossil fuels, <http://www.ucsusa.org/index.cfm>
17. U.S. Department of Energy, Wind – Environment, www.eere.energy.gov

Παράρτημα 1

ΑΕΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ

Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)

Μεθάνιο (CH_4)

Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)

Υδροφθοράνθρακες (HFCs)

Υπερφθοράνθρακες (PFCs)

Εξαφθοριούχο θείο (SF_6)

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Παράρτημα 2

Υποχρεώσεις των χωρών που υπέγραψαν το Πρωτόκολλο του Κιότο για
περιορισμό εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
(ποσοστό του έτους αναφοράς)

Αυστραλία	108
Αυστρία	92
Βέλγιο	92
Βουλγαρία *	94
Καναδάς	95
Κροατία *	92
Τσεχία *	92
Δανία	92
Εσθονία *	92
Ευρωπαϊκή Κοινότητα	92
Φινλανδία	92
Γαλλία	92
Γερμανία	92
Ελλάδα	94
Ουγγαρία *	110
Ισλανδία	92
Ιρλανδία	92
Ιταλία	94
Ιαπωνία	92
Λετονία *	92
Λιχτενστάιν	92
Λιθουανία *	92
Λουξεμβούργο	92
Μονακό	92
Κάτω Χώρες	100
Νέα Ζηλανδία	101
Νορβηγία	94
Πολωνία *	92
Πορτογαλία	92
Ρουμανία *	100
Ρωσική ομοσπονδία *	92
Σλοβακία *	92
Σλοβενία *	92
Ισπανία	92
Σουηδία	92
Ελβετία	100
Ουκρανία *	92
Βασίλειο της Μεγάλης Βρετανίας και της Βόρειας Ιρλανδίας	92
Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής	93

* Χώρες που βρίσκονται στη διαδικασία της μετάβασης σε οικονομία της αγοράς.

Παράρτημα 3

Μονάδες μέτρησης

Μονάδες βάρους

1 t (ton) = 1.000 kg (kilogram)

1 kt (Kilo ton) = 1.000 t (ton)

1 Mt (Mega ton) = 10^6 t (ton)

Μονάδες ισχύος

1 kW (Kilowatt) = 1.000 W (Watts)

1 MW (Megawatt) = 10^6 W (Watts)

1 kW (Kilowatt) = 1,359 PS (metric horsepower)

Μονάδες ενέργειας

1 kJ (Kilo Joule) = 1.000 J (Joules)

1 TJ (Tera Joule) = 10^{12} J (Joules)

1 Watt-hour = 3,6 kJ (Kilo Joules)

1 Kilo Watt-hour = 1.000 Watt-hour

1 Mega Watt-hour = 10^6 Watt-hour

1 Tera Watt-hour = 10^{12} Watt-hour

1 kcal (kilo calorie) = 4,1868 kJ (kilo Joule)

1 toe = 10^7 Kcal (kilo calorie)

1 ktoe = 1.000 toe

1 Mtoe = 10^6 toe