



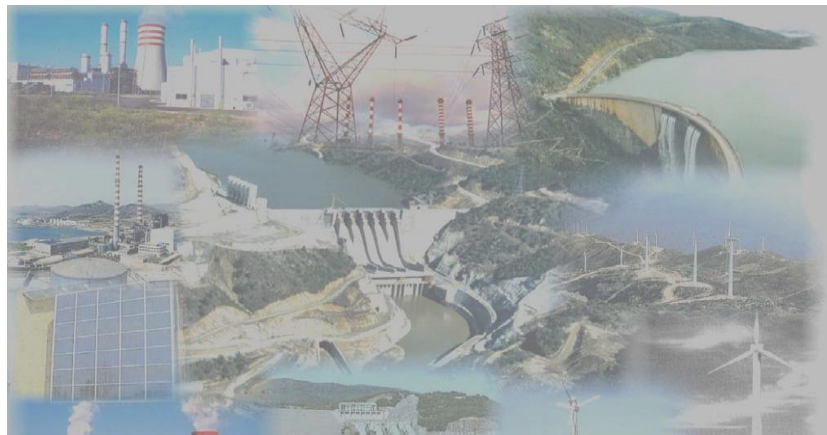
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**



Ευπραξία Χριστίνα Μόσχου

Επιβλέπων: Ν. Μαμάσης, Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2012

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Σύγκριση των Εναλλακτικών Πηγών για την Παραγωγή
Ενέργειας**

Ευπραξία-Χριστίνα Μόσχου

Επιβλέπων: Ν. Μαμάσης, Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2012

Το περιεχόμενο της ανά χείρας διπλωματικής εργασίας αποτελεί προϊόν της δικής μου πνευματικής προσπάθειας. Η ενσωμάτωση σε αυτήν υλικού τρίτων, δημοσιευμένου ή μη, γίνεται με δόκιμη αναφορά στις πηγές, που δεν επιτρέπει ασάφειες ή παρερμηνείες

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο “Σύγκριση των Εναλλακτικών Πηγών για την Παραγωγή Ενέργειας” μου ανατέθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης του προπτυχιακού κύκλου σπουδών μου στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Όλα αυτά τα χρόνια οι εμπειρίες και οι γνώσεις που αποκόμισα ήταν σίγουρα πολλές και διαφορετικές και θα αποτελέσουν για εμένα εφόδιο στα επόμενά μου βήματα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Νίκο Μαμάση, λέκτορα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την ανάθεση και επιλογή του θέματος καθώς επίσης και για την επίβλεψη και τη συμβολή του με καίριες επισημάνσεις κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλα τα μέλη των διάφορων φορέων, όπως για παράδειγμα η ΔΕΗ, για τη συνεργασία τους και την προθυμία τους να μου παρέχουν τις όποιες πληροφορίες χρειάστηκα κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Τέλος, η στήριξη της οικογένειάς μου, των φίλων μου και όλων των ανθρώπων που ήταν κοντά μου όλο αυτόν τον καιρό ήταν ιδιαίτερα σημαντική και πολύτιμη για αυτό και τους ευχαριστώ θερμά.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ix
ABSTRACT	x
1.Εισαγωγή.....	1
2.Παρουσίαση των διάφορων μορφών ενέργειας	3
2.1 Ορυκτά καύσιμα.....	6
2.1.1 Γαιάνθρακας.....	6
2.1.2 Πετρέλαιο.....	10
2.1.3 Φυσικό αέριο	13
2.1.4. Ουράνιο	17
2.2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	20
2.2.2 Αιολική ενέργεια	23
2.2.4 Ενέργεια από γεωθερμία	27
2.2.5 Ενέργεια από βιομάζα.....	29
2.2.6 Θαλάσσια ενέργεια.....	31
3. Τεχνικά χαρακτηριστικά τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις διάφορες πηγές ..	33
3.1 Τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά ορυκτά καύσιμα.....	34
3.1.1 Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί.....	36
3.1.2 Αεριοστροβιλικόι σταθμοί	37
3.2 Βελτιωμένες μέθοδοι.....	39
3.2.1 Μονάδες συνδυσασμένου κύκλου	40
3.2.2 Συμπαράγωγή ηλεκτρισμού και θέρμανσης	41
3.2.3 Δέσμευση και αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα	42
3.3 Πυρηνικοί αντιδραστήρες	44
3.4 Τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	47
3.4.1 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί.....	49
3.4.2 Ανεμογεννήτριες-Αιολικά πάρκα	55
3.4.3 Ηλιακά συστήματα	58
3.4.4 Μονάδες γεωθερμίας	61
3.4.5 Μονάδες Βιομάζας.....	62
3.4.6 Μονάδες θαλάσσιας και κυματικής ενέργειας	63
4. Σύγκριση των Ενεργειακών Μορφών	67
4.1 Σύγκριση των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής ως προς την αποδοτικότητα.....	68

4.2 Σύγκριση των πηγών ως προς το κόστος.....	70
4.2.1 Κόστος επένδυσης	71
4.2.2 Κόστος συντήρησης και λειτουργίας.....	78
4.2.3 Κόστος καυσίμου	84
4.3 Σύγκριση των πηγών ενέργειας ως προς τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις.....	87
4.3.1 Επιπτώσεις των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής στην ατμόσφαιρα	88
4.3.2 Επιδράσεις των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής στους υδάτινους αποδέκτες	105
4.3.3 Επιδράσεις των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής στο έδαφος.....	107
4.3.4 Επιδράσεις των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής στο τοπίο και ηχορρύπανση	108
4.4 Υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο	110
4.3.1 Διεθνείς Δράσεις για την Κλιματική Αλλαγή.....	110
4.3.2 Ευρωπαϊκές Δράσεις για την Αλλαγή του Κλίματος.....	112
4.3.3 Ελληνική Πραγματικότητα αναφορικά με τις Δράσεις για την Κλιματική Αλλαγή	118
4.5 Σύγκριση των ορυκτών καυσίμων ως προς τους παραγόμενους ρύπους	120
5. Σύνθεση των εναλλακτικών πηγών για την παραγωγή ενέργειας, εφαρμογή στον Ελληνικό χώρο.....	127
5.1 Ο δείκτης του Σταθμισμένου Κόστους Ενέργειας (LCOE)	128
5.2 Ηλεκτροδότηση της Αστυπάλαιας από τις διάφορες ενεργειακές πηγές	130
5.3 Σύνθεση Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής για την Ενεργειακή Κάλυψη της Αστυπάλαιας.....	135
6. Συμπεράσματα.....	141
Βιβλιογραφικές Αναφορές	145
Ιστοσελίδες.....	149

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται όλες οι εναλλακτικές πηγές για την παραγωγή ενέργειας καθώς επίσης και οι διάφορες αντίστοιχες τεχνολογίες και μέθοδοι παραγωγής που εφαρμόζονται συνηθέστερα σε παγκόσμιο επίπεδο. Στη συνέχεια, γίνεται μια σύγκριση των διαφόρων πηγών ως προς την απόδοση καθώς επίσης και ως προς τον οικονομικό και τον περιβαλλοντικό άξονα. Συγκεκριμένα, συγκρίνονται οι διάφορες πηγές και οι αντίστοιχες τεχνολογίες ως προς το κόστος επένδυσης και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Σε ότι αφορά το περιβάλλον, η σύγκριση γίνεται ως προς την επίδραση στην ατμόσφαιρα, στους υδάτινους αποδέκτες, στο έδαφος και στο τοπίο. Τέλος, γίνεται μια εφαρμογή στον ελλαδικό χώρο, όπου εξετάζεται η ενεργειακή κάλυψη της Αστυπάλαιας από τις διάφορες πηγές και εκτιμάται το κόστος της παραγόμενης ενέργειας από κάθε πηγή. Επιπλέον, προτείνεται συγκεκριμένο ενεργειακό μίγμα για το οποίο υπολογίζεται το κόστος της παραγόμενης ενέργειας.

ABSTRACT

As part of this diploma thesis all the alternative sources of energy production are presented, as well as various relevant technologies and production methods commonly applied worldwide. Then, a comparison is being carried out for different sources on efficiency as well as to economic and environmental axis. Specifically, all energy sources and relevant technologies are compared to investment cost and operation and maintenance cost. Concerning the environmental consequences, the different sources and relevant technologies are compared to their affect on the atmosphere, on the water, on the soil and to the scenery. Finally, an application in Greece is being done. The energy coverage of Astypalaia is examined and the cost of energy produced from every source is estimated. In addition, a specific energy mixture is proposed and the relevant cost of produced energy is estimated.

1.Εισαγωγή

Ως ενέργεια ορίζεται η ικανότητα ενός σώματος ή ενός φυσικού συστήματος να παράγει έργο, λόγω της θέσης, της κίνησης ή της κατάστασής του. Το μέγεθος αυτό συνδέεται με οποιαδήποτε μεταβολή στο φυσικό κόσμο, ενώ είναι προφανές ότι η εξέλιξη της ανθρωπότητας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη χρήση ενέργειας.

Πράγματι, από την αρχή ακόμα της οργάνωσής της σε μικρές ομάδες, για να πραγματοποιήσει η ανθρωπότητα τις κάθε είδους δραστηριότητές της, είχε ανάγκη από πόρους που θα μπορούσαν να καλύψουν τις αρχικά λίγες απαιτήσεις της σε ενέργεια. Οι πρώτες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η καύση ξυλείας, η δύναμη των οικιακών ζώων καθώς επίσης και η ανθρώπινη μυϊκή δύναμη. Το 5000 π.Χ. στο Νείλο χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά η ενέργεια από τον άνεμο για την κίνηση των πλοίων, ενώ το 4000 π.Χ. μικροί νερόμυλοι στην Ελλάδα χρησίμευαν για την άλεση δημητριακών αλλά και για παροχή πόσιμου νερού σε οικισμούς.

Όσον αφορά τον άνθρακα, η χρήση του αναφέρεται ήδη από το 3000 π.Χ. στην Κίνα ενώ σημαντική χρήση του για μαγείρεμα γινόταν το 100 μ.Χ. στην Αγγλία. Κατά τους περασμένους αιώνες, η ανθρωπότητα αξιοποίησε την ενέργεια από την καύση του άνθρακα και κατόρθωσε να τη μετατρέψει σε ηλεκτρισμό.

Η ολοένα αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση, καθώς επίσης και η διαρκής μείωση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, δημιούργησαν την ανάγκη παραγωγής ενέργειας από άλλες διαφορετικές πηγές. Ταυτόχρονα, άρχισαν να τεκμηριώνονται επιστημονικά σημαντικές συνέπειες στο φυσικό περιβάλλον, σαν αποτέλεσμα της καύσης άνθρακα και πετρελαίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα αφενός την είσοδο των ανανεώσιμων πηγών όπως είναι για παράδειγμα ο άνεμος, η ηλιακή ακτινοβολία, το νερό, η γεωθερμία, τα κύματα κλπ στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής και αφετέρου την ανακάλυψη της πυρηνικής τεχνολογίας και του φυσικού αερίου.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενώ έχουν εισαχθεί στο παγκόσμιο ενεργειακό μίγμα δεν είναι ακόμα ιδιαίτερα ανταγωνιστικές σε ότι αφορά το κόστος τους σε κάποιες περιπτώσεις, γεγονός που αναστέλλει την περαιτέρω διεξόδυσή τους. Σε ότι αφορά την πυρηνική τεχνολογία, παρόλο που η αποδοτικότητά της δημιουργεί ελπίδες ότι θα μπορέσει να περιορίσει το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα, ολέθρια ατυχήματα του πρόσφατου παρελθόντος αποδεικνύουν ότι οι

συνθήκες δεν είναι ακόμα ώριμες και ότι πρέπει να υπάρξει βελτίωση των προδιαγραφών ασφαλείας προκειμένου να μπορέσουμε να έχουμε ελεγχόμενη παραγωγή ενέργειας.

Όπως είναι λοιπόν εμφανές από τα παραπάνω, η επιλογή της πηγής ενέργειας και της αντίστοιχης τεχνολογίας ηλεκτροπαραγωγής δεν είναι ιδιαίτερα απλή υπόθεση. Πολλοί είναι οι παράγοντες που υπεισέρχονται και καθορίζουν την τελική επιλογή. Αυτό είναι και το βασικό κίνητρο για τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Σκοπός είναι να γίνει μια σύγκριση των πηγών ενέργειας και των αντίστοιχων τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι πηγές ενέργειας και η κατάσταση σε παγκόσμιο και εθνικό επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα, για τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα παρουσιάζεται η κατανάλωσή τους σε παγκόσμιο επίπεδο ανά ενεργειακό τομέα καθώς επίσης και τα υπάρχοντα γεωλογικά βεβαιωμένα αποθέματα. Για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τα πυρηνικά καύσιμα παρουσιάζεται η αναμενόμενη εξέλιξη της αντίστοιχης παραγωγής ενέργειας τα επόμενα έτη.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια στοιχεία των τεχνολογιών που εφαρμόζονται συνηθέστερα για παραγωγή ενέργειας από κάθε πηγή καθώς επίσης και τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους. Επιπλέον, παρουσιάζεται η εκτιμώμενη εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος ανά πηγή και ταυτόχρονα παραθέτονται πίνακες με αντίστοιχους υφιστάμενους σταθμούς παραγωγής στην Ελλάδα και τον κόσμο.

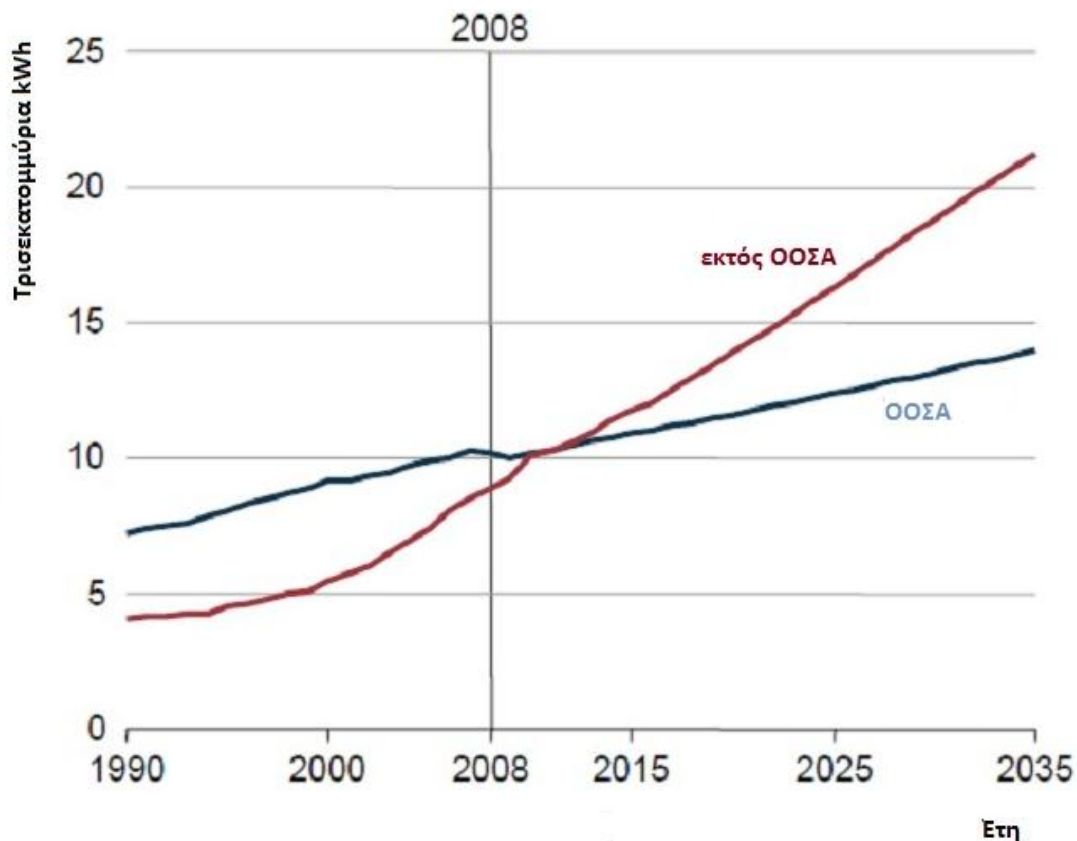
Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η σύγκριση των διαφόρων μεθόδων ηλεκτροπαραγωγής ως προς την αποδοτικότητά τους. Στη συνέχεια, οι τεχνολογίες συγκρίνονται σε οικονομικό επίπεδο, ως προς τις βασικές συνιστώσες του κόστους. Τέλος, η σύγκριση γίνεται αναφορικά με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και παρουσιάζεται το θεσμικό πλαίσιο της σημαντικότερης περιβαλλοντικής συνέπειας, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, για τη σαφέστερη σύγκριση των μεθόδων γίνεται μια εφαρμογή στον ελλαδικό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται η ενεργειακή κάλυψη της Αστυπάλαιας από κάθε πηγή και εκτιμάται το κόστος της παραγόμενης ενέργειας. Στη συνέχεια προτείνεται συγκεκριμένο ενεργειακό μίγμα και υπολογίζεται για αυτό, το κόστος της παραγόμενης ενέργειας.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν και που αφορούν στη σύγκριση που έγινε στα προηγούμενα κεφάλαια.

2. Παρουσίαση των διάφορων μορφών ενέργειας

Είναι γεγονός ότι η ενεργειακή ζήτηση σε παγκόσμιο επίπεδο παρουσιάζει αυξητική τάση, η οποία, σύμφωνα με τα σενάρια, αναμένεται να συνεχιστεί μέχρι το 2035. Στις χώρες του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ), όπου οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας έχουν καθιερωθεί και τα πρότυπα κατανάλωσης είναι πλέον ώριμα, η ζήτηση εμφανίζεται να είναι σταθερή με ελάχιστη ίσως αυξητική τάση. Αντίθετα, στις υπόλοιπες χώρες η εικόνα της αναμενόμενης ζήτησης είναι πολύ διαφορετική. Εκεί οι απαιτήσεις σε ενέργεια διαρκώς αυξάνονται. Τα παραπάνω απεικονίζονται στο Σχήμα 2.1, όπου φαίνεται τόσο η ιστορική, όσο και η αναμενόμενη ενεργειακή ζήτηση, στις χώρες μέλη του ΟΟΣΑ αλλά και στις υπόλοιπες.

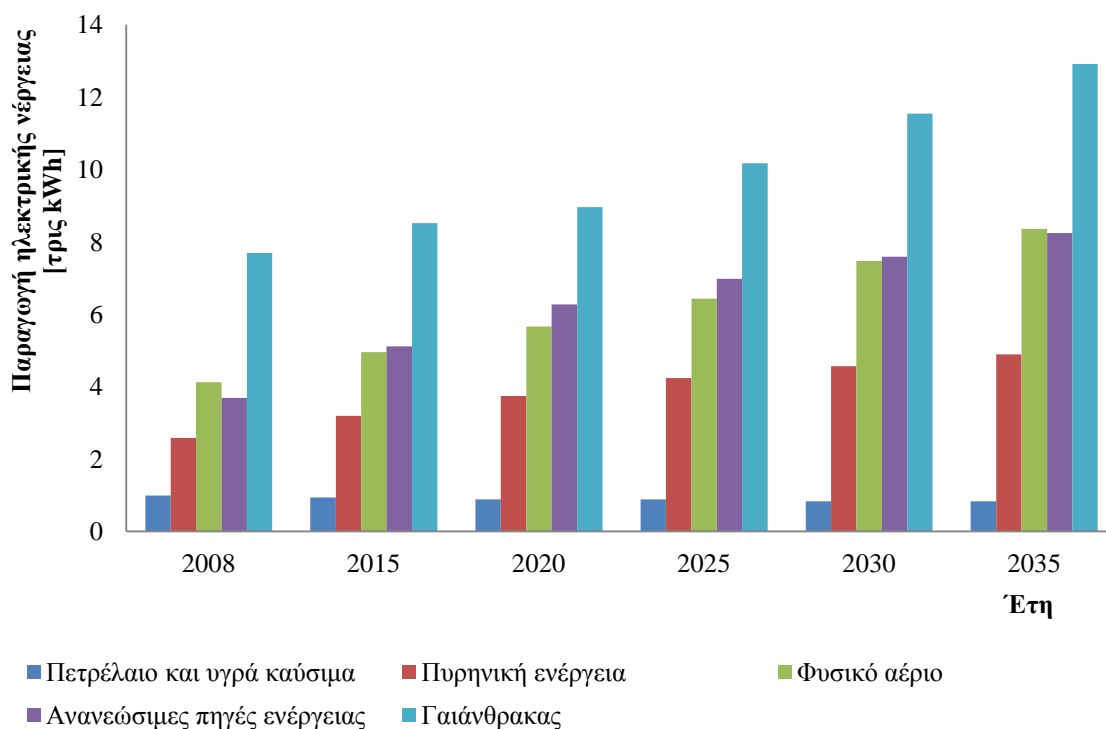


Σχήμα 2.1: Εξέλιξη καθαρής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. (Πηγή: EIA 2011)

Τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες, το μίγμα πρωτογενών καυσίμων που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, έχει αλλάξει σε μεγάλο βαθμό. Ο

άνθρακας εξακολουθεί να είναι το καύσιμο εκείνο που χρησιμοποιείται ευρύτατα για την παραγωγή ηλεκτρισμού, αν και η παραγωγή ενέργειας από πυρηνικά αυξήθηκε ραγδαία τη δεκαετία 1970-1980. Επιπλέον, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση του φυσικού αερίου αναπτύχθηκε ταχύτατα τη δεκαετία 1980-1990. Ταυτόχρονα, η χρήση του πετρελαίου για την παραγωγή ηλεκτρισμού άρχισε να μειώνεται από τα μέσα της δεκαετίας του 1970, όταν άρχισε να σημειώνεται κατακόρυφη αύξηση των τιμών του. Επιπρόσθετα, οι υψηλές τιμές των καυσίμων που σημειώθηκαν μεταξύ 2003 και 2008 καθώς επίσης και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, έχουν ανανεώσει το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη εναλλακτικών λύσεων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ιδιαίτερα για την παραγωγή από πυρηνικά και ανανεώσιμες πηγές. Σύμφωνα με τα σενάρια, οι εναλλακτικές αυτές μορφές για την παραγωγή ενέργειας φαίνεται να παρουσιάζουν ανάπτυξη η οποία οφείλεται σε μεγάλο βαθμό σε κρατικές ενισχύσεις (EIA 2011).

Στο Σχήμα 2.2 φαίνεται η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, από κάθε ενεργειακή πηγή, καθώς επίσης και η εκτιμώμενη εξέλιξή της σύμφωνα με τα σενάρια.



Σχήμα 2.2: Εξέλιξη της παραγόμενης ενέργειας από κάθε ενεργειακή πηγή παγκοσμίως. (Δεδομένα: EIA 2011)

Όπως απεικονίζεται στο προηγούμενο σχήμα, αναμένεται ραγδαία αύξηση της παραγόμενης ποσότητας ενέργειας από τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας αλλά και από το φυσικό αέριο. Ταυτόχρονα, αναμένεται αύξηση της παραγωγής από το γαιάνθρακα καθώς επίσης και ανοδική πορεία των πυρηνικών. Τέλος, αναμένεται περιορισμός της συμμετοχής του πετρελαίου στην ηλεκτροπαραγωγή κάτι το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αστάθεια της τιμής του ως καύσιμο.

Στη συνέχεια, ακολουθεί μια παρουσίαση των εναλλακτικών πηγών που υπάρχουν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά θα αναφερθούμε στις συμβατικές πηγές παραγωγής ενέργειας, δηλαδή τα ορυκτά καύσιμα, ενώ ακολούθως θα εξετάσουμε τις ανανεώσιμες πηγές. Πιο συγκεκριμένα, θα εξετάσουμε τη φύση κάθε πηγής καθώς επίσης και την κατάσταση που επικρατεί τόσο σε παγκόσμιο, όσο και σε εθνικό επίπεδο.

2.1 Ορυκτά καύσιμα

Τα ορυκτά καύσιμα προέρχονται από φυσικές διεργασίες όπως είναι η αναερόβια αποσύνθεση νεκρών, θαμμένων οργανισμών. Η ηλικία των νεκρών οργανισμών που με την εναπόθεσή τους σχηματίζουν τα ορυκτά καύσιμα κυμαίνεται από μερικά εκατομμύρια μέχρι 650 εκατομμύρια χρόνια. Στα ορυκτά καύσιμα ανήκουν ο γαιάνθρακας, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο καθώς επίσης και το φυσικό ουράνιο.

2.1.1 Γαιάνθρακας

Ο γαιάνθρακας είναι ένα σκληρό, μαύρο, πετρώδες υλικό. Τα βασικά του συστατικά είναι ο άνθρακας, το υδρογόνο, το οξυγόνο, το άζωτο και το θείο. Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι κοιτασμάτων γαιάνθρακα: ο ανθρακίτης, ο λιθάνθρακας και ο λιγνίτης, τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με το ποσοστό άνθρακα και νερού που εμπεριέχουν. Ο ανθρακίτης είναι αυτός με τη μεγαλύτερη σκληρότητα και το μεγαλύτερο ποσοστό άνθρακα, γεγονός που του δίνει και τη μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη. Αντίθετα, ο λιγνίτης είναι ο μαλακότερος και με τη μικρότερη περιεκτικότητα άνθρακα ενώ ταυτόχρονα έχει υψηλά ποσοστά υγρασίας. Ο λιθάνθρακας είναι κάπου ενδιάμεσα. Σήμερα, σε πολλές χώρες, καθώς επίσης και στην Ελλάδα, υπάρχουν και κοιτάσματα τύρφης που είναι το ορυκτό του οποίου ο σχηματισμός προηγείται των γαιανθράκων.

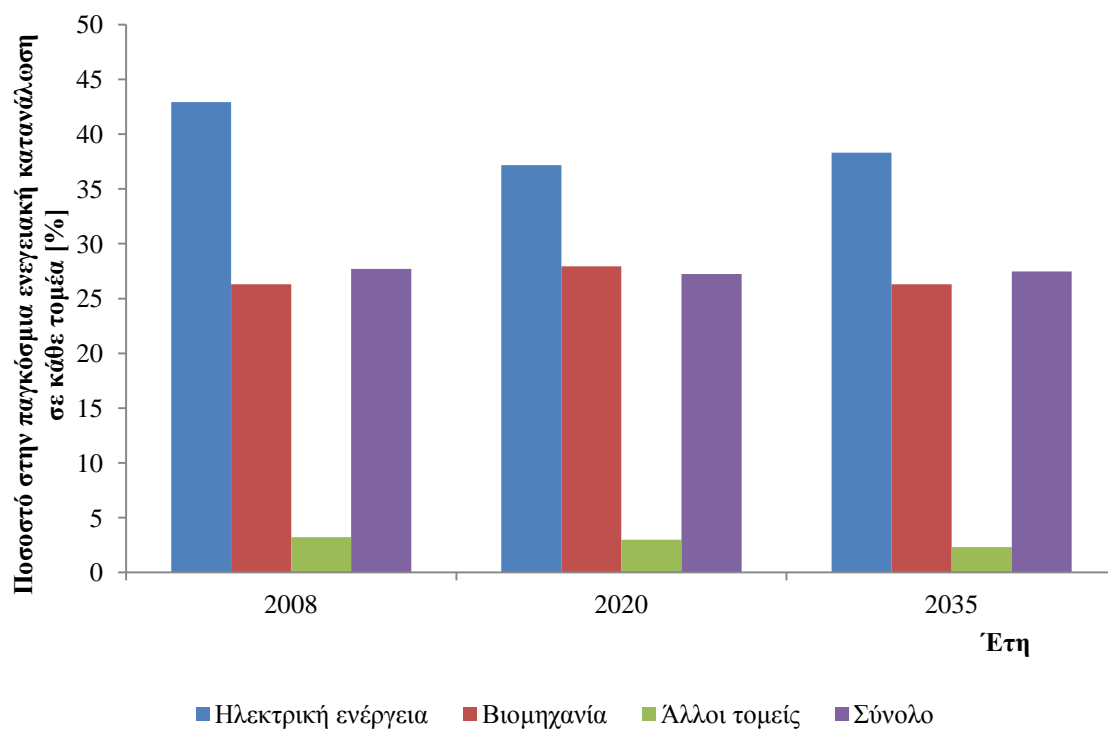
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το γαιάνθρακα γίνεται σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς, όπου πραγματοποιείται καύση του ορυκτού καυσίμου. Στον Πίνακα 2.1 φαίνεται η τυπική σύσταση κάθε κοιτάσματος καθώς επίσης και η θερμογόνος δύναμή του. Οι τιμές που δίνονται για τη θερμογόνο δύναμη κάθε κοιτάσματος είναι ενδεικτικές και στην πραγματικότητα διαφέρουν από κοιτάσμα σε κοιτάσμα, ανάλογα με την περιοχή και την περιεκτικότητα σε βασικά συστατικά.

Πίνακας 2.1: Ποσοστιαία περιεκτικότητα συστατικών κατά βάρος ανθρακικών κοιτασμάτων και θερμογόνος δύναμη. (Δεδομένα: Μαμάσης & Στεφανάκος 2011)

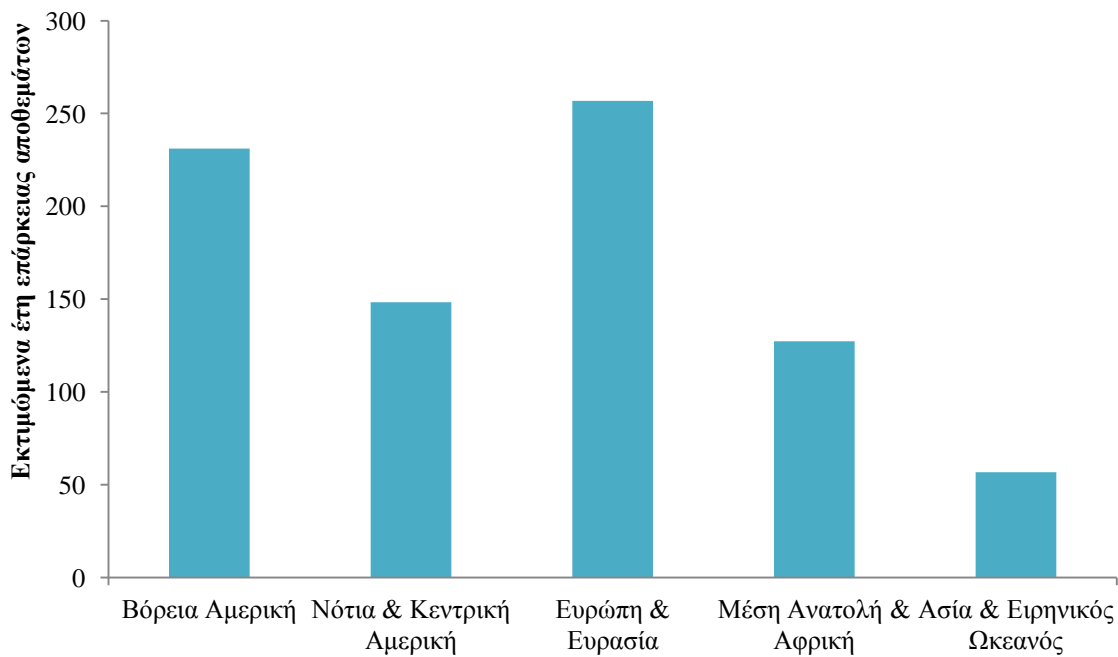
	<i>Βασικά συστατικά κοιτάσματος (%)</i>					<i>Θερμογόνος δύναμη(MJ/kg)</i>
	C	H	N	S	H ₂ O	
<i>Ανθρακίτης</i>	85	3	1.2	0.8	10	33.63-34.3
<i>Λιθάνθρακας</i>	81	4	1.5	0.7	12.8	31.4-32.0
<i>Λιγνίτης</i>	62	5	1.5	2.5	29	19.7-20.7
<i>Τύρφη</i>	30	8	0.5	1.5	60	15.7-16.9

Σε ότι αφορά το γαιάνθρακα σε παγκόσμιο επίπεδο, το 2008 το 43% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προερχόταν από αυτόν. Το ποσοστό αυτό εκτιμάται ότι θα φτάσει το 37% μέχρι το 2020 κυρίως λόγω της ολοένα αυξανόμενης χρήσης άλλων πηγών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα των ανανεώσιμων, ενώ μετά το 2020, το ποσοστό χρήσης γαιάνθρακα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως, αναμένεται να είναι σταθερό. Τα συνολικά βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα γαιάνθρακα ανά τον κόσμο εκτιμάται ότι επαρκούν για 118 χρόνια περίπου, σύμφωνα με τον υφιστάμενο ρυθμό κατανάλωσης (EIA 2011; BP 2011).

Στο Σχήμα 2.3 φαίνεται η εξέλιξη της χρήσης του γαιάνθρακα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ενέργειας για βιομηχανικούς και άλλους σκοπούς, και πως αυτή εξελίσσεται τα έτη αναφοράς 2008, 2020 και 2035. Στο Σχήμα 2.4 φαίνονται τα έτη για τα οποία εκτιμάται ότι επαρκούν τα βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα γαιάνθρακα στα διάφορα γεωγραφικά διαμερίσματα.



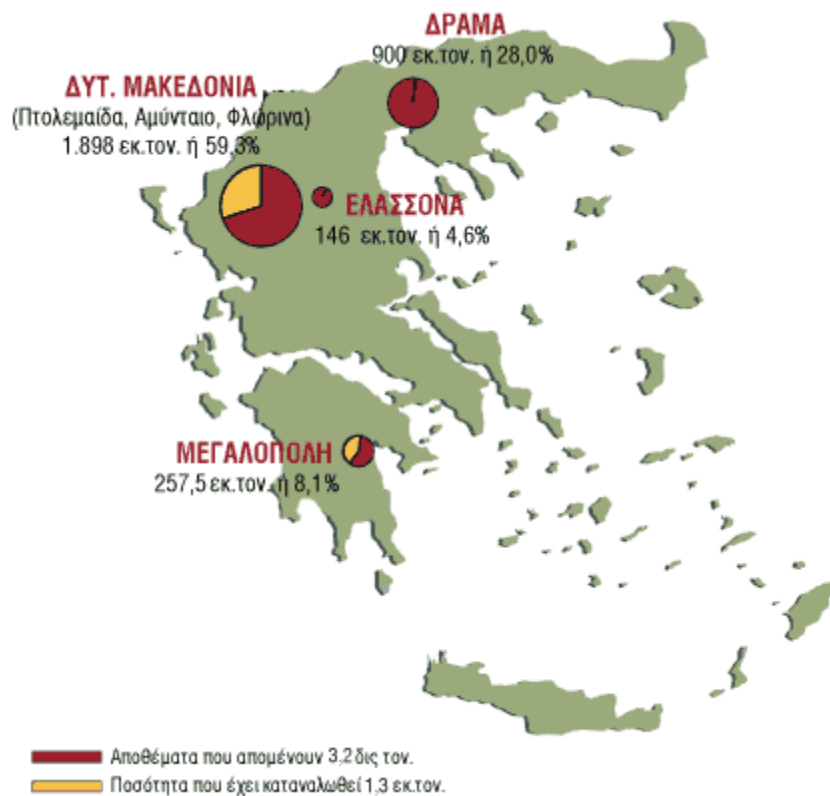
Σχήμα 2.3: Ποσοστά του γαιάνθρακα στην παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανά τομέα. (Δεδομένα: EIA 2011)



Σχήμα 2.4: Έτη επάρκειας των βεβαιωμένων γεωλογικών αποθεμάτων γαιάνθρακα ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. (Δεδομένα: BP 2011)

Στον ελλαδικό χώρο, συναντώνται κυρίως λιγνίτης και τύρφη, από τα πιο φτωχά στερεά καύσιμα, ευτυχώς όμως σε μεγάλες ποσότητες. Σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα των λιγνιτών της χώρας μας, παρά τη χαμηλή τους ποιότητα, είναι η περιορισμένη περιεκτικότητα σε καύσιμο θείο. Τα συνολικά βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα λιγνίτη στην Ελλάδα ανέρχονται σε 5 δισεκατομμύρια τόνους περίπου, από τα οποία οι 3,2 δισεκατομμύρια τόνοι είναι κατάλληλοι για ενεργειακή εκμετάλλευση και οι οποίοι επαρκούν για παραπάνω από 45 χρόνια.

Στο Σχήμα 2.5 φαίνονται τα μεγαλύτερα κοιτάσματα λιγνίτη στην Ελλάδα και το ποσοστό εκμετάλλευσής τους.



Σχήμα 2.5: Εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα λιγνίτη στην Ελλάδα. (Πηγή: www.dei.gr)

Η χώρα μας κατέχει τη δεύτερη θέση σε παραγωγή λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση και την έκτη θέση παγκοσμίως. Εκτός από λιγνίτη η Ελλάδα διαθέτει και ένα μεγάλο κοιτάσμα

τύρφης στην περιοχή των Φιλίππων στην Ανατολική Μακεδονία. Τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα στο κοίτασμα αυτό εκτιμώνται σε 4 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (www.dei.gr).

Στον Πίνακα 2.2 φαίνεται η θερμογόνος δύναμη των κυριότερων ελληνικών κοιτασμάτων.

Πίνακας 2.2: Θερμογόνος δύναμη κυριότερων λιγνιτικών κοιτασμάτων. (Δεδομένα: www.dei.gr)

Περιοχή κοιτάσματος	Θερμογόνος δύναμη kcal/kg
Μεγαλόπολη	4,082-5,778
Αμύνταιο	4,082-5,778
Δράμα	4,082-5,778
Πτολεμαΐδα	5,280-6,762
Φλώρινα	8,068-9,450
Ελασσόνα	8,068-9,450

2.1.2 Πετρέλαιο

Το πετρέλαιο άρχισε να διαμορφώνεται πριν από πολλά εκατομμύρια χρόνια, τότε που η θάλασσα σκέπαζε ακόμη ένα μεγάλο μέρος από τις σημερινές ηπείρους. Τα υπολείμματα των διαφόρων οργανισμών που ζούσαν σ' αυτές τις θάλασσες αναμίχθηκαν με τη λάσπη, τις πέτρες κλπ που μετέφεραν τα ποτάμια από τη στεριά, δημιουργώντας σταδιακά στρώματα πάχους εκατοντάδων μέτρων στο βυθό. Οι πολλές γεωφυσικές ανακατατάξεις οδήγησαν στην παγίδευση της οργανικής ύλης σε πορώδη στρώματα, η οποία στη συνέχεια υπό την επίδραση των πιέσεων, των υψηλών θερμοκρασιών και των βακτηριδίων μετατράπηκε σε υγρούς υδρογονάνθρακες, το πετρέλαιο. Σε γενικές γραμμές, οι σχηματισμοί στους οποίους βρίσκεται πετρέλαιο είναι παλιότεροι από αυτούς του άνθρακα και είναι ισόποσα κατανεμημένοι σε όλες τις περιοχές του πλανήτη και ειδικότερα στις ηπειρωτικές περιοχές που κάποτε ήταν ωκεανοί.

Η πρώτη συστηματική εκμετάλλευση κοιτασμάτων πετρελαίου έγινε στην Πενσυλβανία των ΗΠΑ το 1859. Πρόκειται για ένα μείγμα υδρογονανθράκων το οποίο εξορύσσεται ως αργό πετρέλαιο και μεταφέρεται σε διυλιστήρια για την παραγωγή πολλών προϊόντων όπως είναι

το προπάνιο, το βουτάνιο, το υγραέριο, η νάφθα, οι βενζίνες, τα καύσιμα αεροπορίας, το πετρέλαιο εσωτερικής καύσης (ντίζελ) και εξωτερικής καύσης (μαζούτ). Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται το ντίζελ και το μαζούτ. Το ντίζελ χρησιμοποιείται σε αεριοστροβιλικούς σταθμούς και σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Το μαζούτ χρησιμοποιείται σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς.

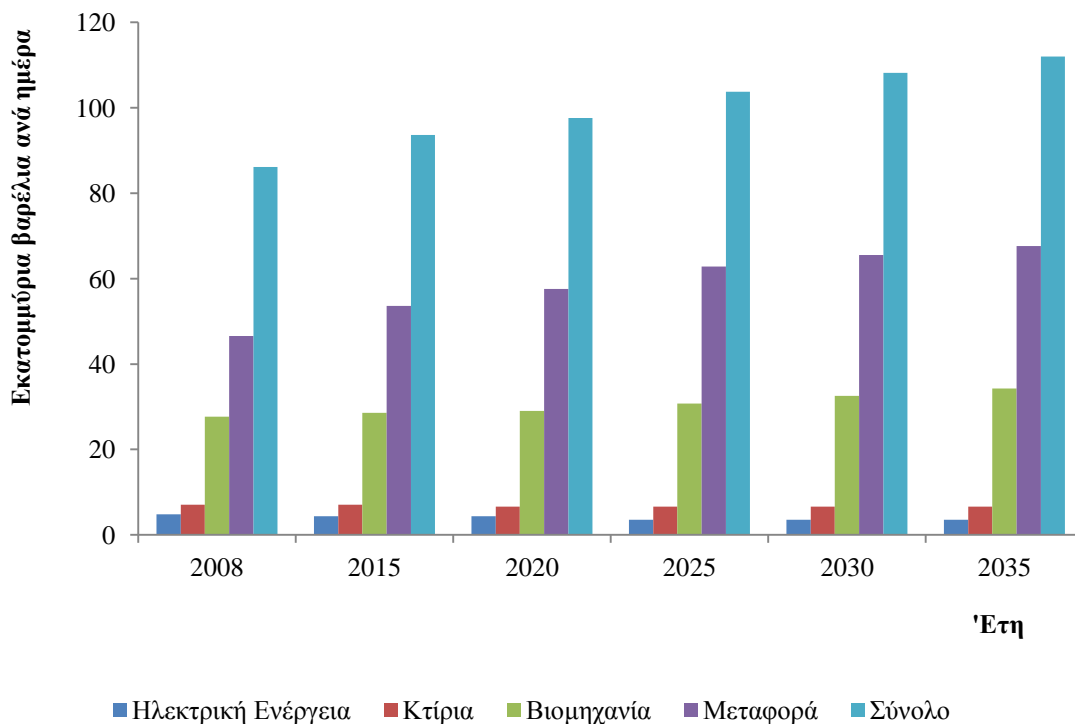
Στον Πίνακα 2.3 φαίνονται τα προϊόντα του πετρελαίου και τυπικές τιμές για την ανώτερη θερμογόνο δύναμή τους, όπως αυτή προκύπτει εργαστηριακά.

Πίνακας 2.3: Θερμογόνος δύναμη κυριότερων προϊόντων πετρελαίου. (Δεδομένα: ΚΑΠΕ 2001a)

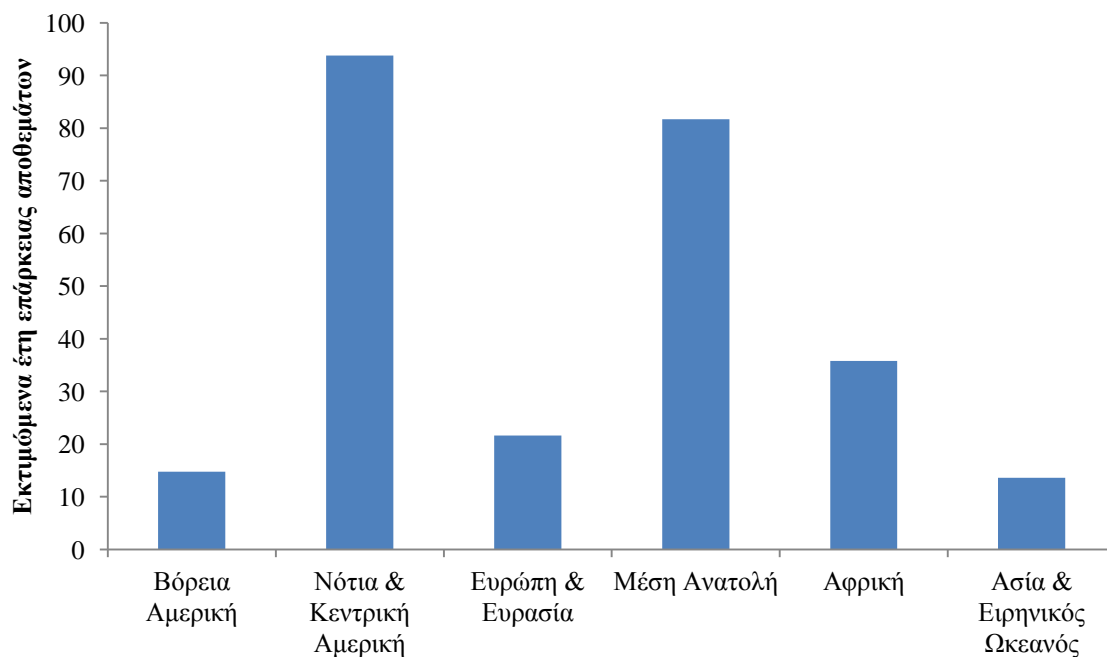
<i>Προϊόντα πετρελαίου</i>	<i>Θερμογόνος δύναμη MJ/kg</i>
Προπάνιο	50.340
Βουτάνιο	49.500
Βενζίνη	46.050
Ελαφρύ πετρέλαιο	44.380
Βαρύ πετρέλαιο	43.120

Σε παγκόσμιο επίπεδο, από τότε που το πετρέλαιο αναδείχτηκε σε βασική πηγή ενέργειας, τέθηκε στο επίκεντρο οικονομικών και πολιτικών δραστηριοτήτων πολλών κρατών. Σε ότι αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, παρατηρείται μια τάση περιορισμού και μείωσης της χρήσης του, γεγονός το οποίο οφείλεται στη διατήρηση της τιμής του σε υψηλά επίπεδα. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι ακόμα και στη Μέση Ανατολή όπου υπάρχει μεγάλη ποσότητα πετρελαϊκών κοιτασμάτων γίνεται προσπάθεια μείωσης της χρήσης του για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με στόχο την αύξηση των εσόδων από την εξαγωγή του. Σύμφωνα με τα σενάρια, μέχρι το 2035 αναμένεται ποσοστιαία μείωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το πετρέλαιο παγκοσμίως. Ταυτόχρονα, εκτιμάται ότι τα συνολικά υπάρχοντα πετρελαϊκά αποθέματα επαρκούν για 46 χρόνια περίπου (EIA 2011; BP 2011).

Στο Σχήμα 2.6 φαίνεται η ποσότητα των βαρελιών πετρελαίου που καταναλώνονται ανά ημέρα σε κάθε ενεργειακό τομέα και πως αυτή εκτιμάται ότι θα εξελιχθεί μέχρι το 2035. Επιπλέον, στο Σχήμα 2.7 φαίνονται τα έτη για τα οποία εκτιμάται ότι επαρκούν τα υπάρχοντα αποθέματα πετρελαίου σε κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα.



Σχήμα 2.6: Ποσότητα πετρελαίου ανά ημέρα σε κάθε ενεργειακό τομέα. (Δεδομένα: EIA 2011)



Σχήμα 2.7: Έτη επάρκειας των βεβαιωμένων γεωλογικών αποθεμάτων πετρελαίου ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. (Δεδομένα: BP 2011)

Σε ότι αφορά την ελληνική πραγματικότητα, πριν από την κρίση του 1973 η χαμηλή τιμή του πετρελαίου, καθώς και η αντίληψη που επικρατούσε ότι οι ενεργειακοί πόροι της χώρας είναι πολύ περιορισμένοι, είχαν οδηγήσει σε έντονη ανάπτυξη της παραγωγής με πολύ μεγάλη συμμετοχή του πετρελαίου, καθώς το αντίστοιχο ποσοστό άγγιζε το 48.3%. Η κρίση όμως, σε συνδυασμό με την ραγδαία αύξηση της τιμής του πετρελαίου, οδήγησε σε αναζήτηση τρόπων για την αντικατάστασή του. Σ' αυτό συνέβαλε και η ανακάλυψη μεγάλων κοιτασμάτων αξιοποιήσιμου εγχώριου λιγνίτη. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα το πετρέλαιο να περιοριστεί αρκετά, με αποτέλεσμα σήμερα να συμμετέχει με 18% περίπου στην εγκατεστημένη ισχύ και 6.8% περίπου στην ετήσια παραγωγή εγχώριας ηλεκτρικής ενέργειας. Σε πολλές περιπτώσεις ωστόσο, όταν είναι αδύνατη ή ασύμφορη η χρήση του λιγνίτη, χρησιμοποιείται σαν καύσιμο το πετρέλαιο. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα στα νησιά, τα οποία είναι σε μακρινή απόσταση από το διασυνδεδεμένο σύστημα, και έτσι απαιτείται ένα καύσιμο με μεγάλη θερμογόνο δύναμη και εύκολο στη μεταφορά, όπως είναι το πετρέλαιο. Επίσης, στους θερμικούς σταθμούς, οι οποίοι βρίσκονται κοντά στην Αθήνα, όπως είναι οι σταθμοί του Λαυρίου και του Αλιβερίου, χρησιμοποιείται ως καύσιμο το πετρέλαιο επειδή έχει λιγότερες εκπομπές ρύπων σχετικά με το λιγνίτη.

2.1.3 Φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο προέρχεται από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών, διαδικασία που έλαβε χώρα σε διάστημα εκατομμυρίων χρόνων μέσα στη γη, όπου και βρίσκεται ξηρό ή και ανάμεικτο με πετρέλαιο. Τα πρώτα στοιχεία που έχουμε για την ύπαρξη φυσικού αερίου έχουν καταγραφεί πολύ παλιότερα απ' ότι μπορεί να φανταστεί κανείς, το 6.000 π.Χ. και το 2.000 π.Χ., στην περιοχή όπου βρίσκεται σήμερα το Ιράν. Υπάρχουν μελετητές που αναφέρουν πως οι πρώτοι που έκαναν χρήση φυσικού αερίου ήταν οι Κινέζοι το 900 π.Χ. περίπου και το μετέφεραν με αγωγούς από μπαμπού. Στην Ευρώπη αυτές οι επιτεύξεις ήταν άγνωστες και το φυσικό αέριο δεν ανακαλύφθηκε παρά το 1659 στην Αγγλία.

Η εξόρυξή του γίνεται όπως και στο πετρέλαιο με χερσαίες ή υποθαλάσσιες γεωτρήσεις. Στο παρελθόν η εύρεση κοιτασμάτων φυσικού αερίου χωρίς πετρέλαιο θεωρούνταν αποτυχία. Η μεγαλύτερη δε ποσότητα του φυσικού αερίου που παράγονταν στις χώρες του Οργανισμού Πετρελαιοπαραγωγών Κρατών (ΟΠΕΚ) πριν δύο δεκαετίες απλά καιγόταν στον τόπο εξόρυξής του. Ο βασικός λόγος ήταν το αυξημένο κόστος μεταφοράς του αερίου από τους χώρους παραγωγής στους χώρους κατανάλωσης που είναι πολλές φορές υψηλότερο από αυτό

του πετρελαίου, το οποίο είναι υγρό σε συνθήκες περιβάλλοντος και συνεπώς μεταφέρεται ευκολότερα.

Βασικό συστατικό του φυσικού αερίου είναι το μεθάνιο, ωστόσο συνυπάρχουν και σημαντικές ποσότητες αιθανίου, προπανίου, βουτανίου καθώς επίσης και διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, ήλιο και υδρόθειο. Το φυσικό αέριο που είναι απαλλαγμένο από υδρογονάνθρακες πέραν του μεθανίου και συχνά αποκαλείται και ξηρό φυσικό αέριο. Αντίστοιχα, το φυσικό αέριο που συμπεριλαμβάνει και άλλους υδρογονάνθρακες εκτός από το μεθάνιο, αποκαλείται και υγρό φυσικό αέριο. Το φυσικό αέριο είναι άχρωμο και άοσμο ενώ η χαρακτηριστική του οσμή δίνεται τεχνητά ώστε να γίνεται αντιληπτό σε περίπτωση διαρροής.

Στον Πίνακα 2.4 φαίνεται η τυπική χημική σύσταση του φυσικού αερίου.

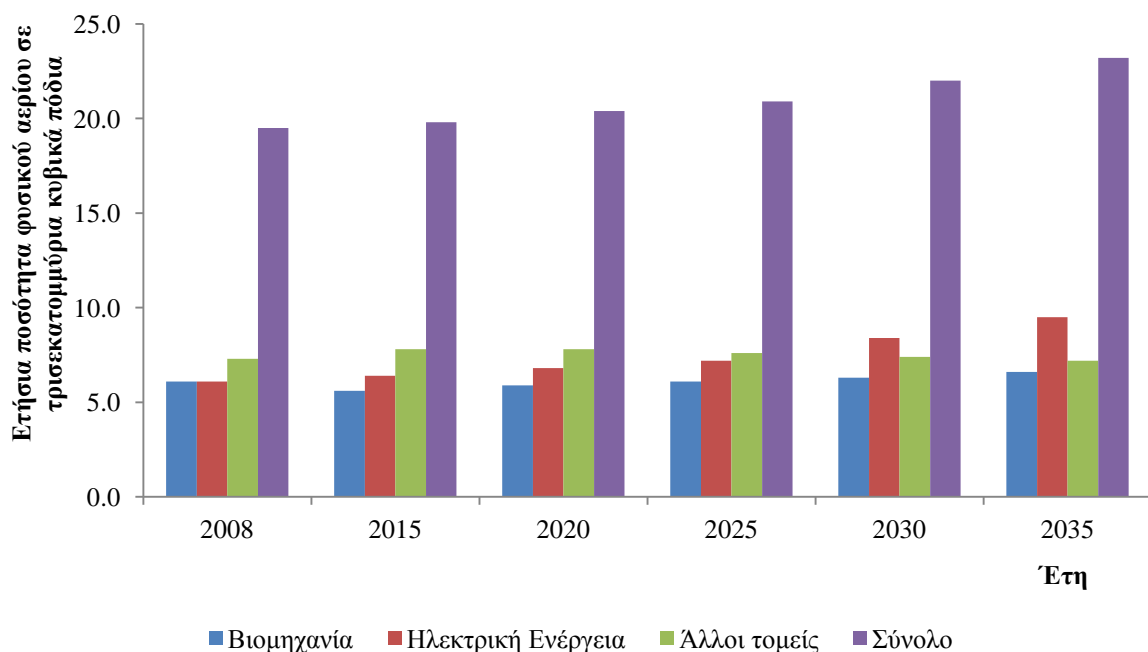
Πίνακας 2.4: Ποσοστιαία περιεκτικότητα χημικών συστατικών φυσικού αερίου. (Δεδομένα: www.depa.gr)

<i>Συστατικά</i>	<i>% κατά όγκο σύσταση</i>
Μεθάνιο (CH ₄)	70-90
Αιθάνιο (C ₂ H ₆)	5-15
Προπάνιο (C ₃ H ₈) και Βουτάνιο (C ₄ H ₁₀)	<5
CO ₂ , N ₂ , H ₂ S, κτλ.	μικρότερες ποσότητες

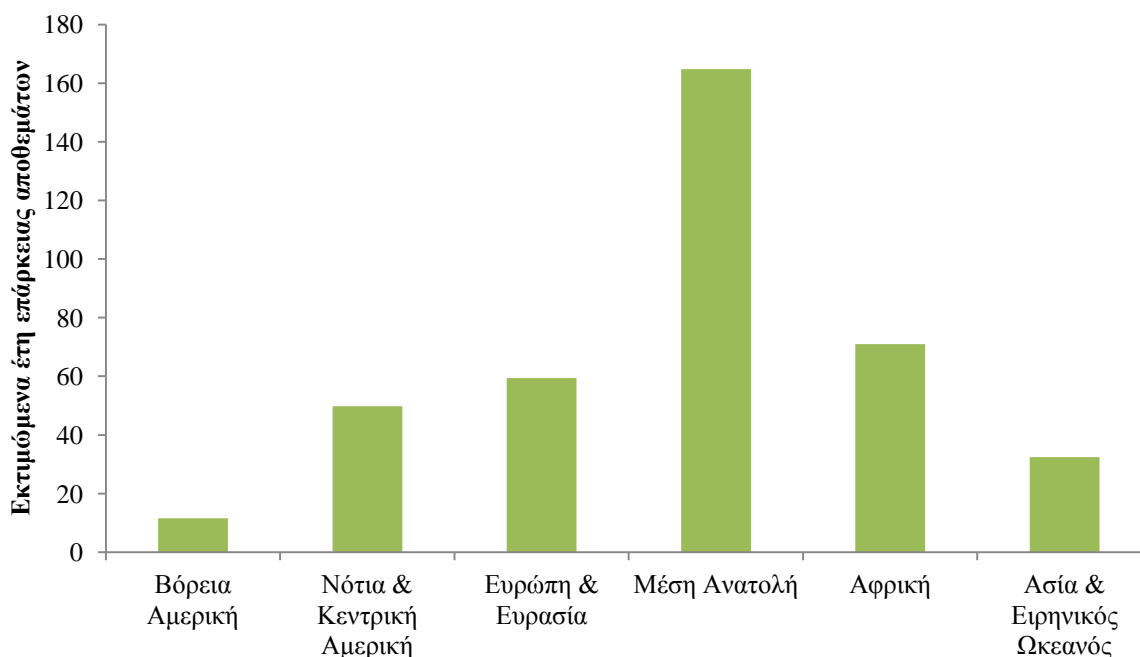
Το φυσικό αέριο είναι το ορυκτό καύσιμο εκείνο του οποίου η χρήση αυξάνεται ραγδαία. Η κατανάλωσή του αυξάνεται σε όλες τις περιοχές με τις χώρες που δεν ανήκουν στον ΟΟΣΑ να εμφανίζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά αύξησης της παραγωγής. Το φυσικό αέριο αποτελεί βασική επιλογή σε πολλές χώρες του πλανήτη, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και για βιομηχανικούς σκοπούς. Οι χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα καθώς επίσης και η χαμηλή τιμή του συγκριτικά με το πετρέλαιο το καθιστούν ελκυστική επιλογή ειδικά σε χώρες που ακολουθούν πολιτικές που στοχεύουν στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, έχει σχετικά μικρό κόστος κεφαλαίου και αρκετά υψηλή αποδοτικότητα, ενώ η ανακάλυψη νέων μεγάλων κοιτασμάτων φυσικού αερίου έδωσε μια νέα διάσταση σε ότι αφορά την επάρκειά του σε παγκόσμιο επίπεδο. Το φυσικό αέριο για την παραγωγή

ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιείται σε αεριοστροβιλικούς σταθμούς. Ωστόσο, η πλειοψηφία των νέων σταθμών που κατασκευάζονται για χρήση φυσικού αερίου είναι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου αεριοστρόβιλου και ατμοστρόβιλου. Στις μέρες μας, τα υπάρχοντα γεωλογικά αποθέματα φυσικού αερίου εκτιμάται ότι επαρκούν για 59 έτη περίπου σε παγκόσμια κλίμακα (EIA 2011; BP 2011).

Στο Σχήμα 2.8 φαίνεται η ποσότητα των κυβικών ποδιών φυσικού αερίου που καταναλώνεται ετησίως σε κάθε ενεργειακό τομέα, στις ευρωπαϊκές χώρες του ΟΟΣΑ και πως αυτή εκτιμάται ότι θα εξελιχθεί μέχρι το 2035. Ακολούθως, στο Σχήμα 2.9 απεικονίζονται τα έτη για τα οποία αναμένεται ότι επαρκούν τα βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα φυσικού αερίου σε κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα.



Σχήμα 2.8: Ποσότητα φυσικού αερίου στις ευρωπαϊκές χώρες του ΟΟΣΑ, ανά ενεργειακό τομέα. (Δεδομένα: EIA 2011)



Σχήμα 2.9: Έτη επάρκειας των βεβαιωμένων γεωλογικών αποθεμάτων φυσικού αερίου ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. (Πηγή: BP 2011)

Σε ότι αφορά την Ελλάδα, η εισαγωγή φυσικού αερίου πραγματοποιείται σύμφωνα με ένα ολοκληρωμένο σχέδιο εισαγωγής, διανομής και κατανάλωσής του. Την εισαγωγή και διανομή του φυσικού αερίου διαχειρίζεται η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ). Η ΔΕΠΑ έχει υπογράψει μακροχρόνιες συμβάσεις προμήθειας αερίου με τη ρωσική Gazprom, την τουρκική BOTAS, και την αλγερινή Sonatrach, με διάρκειες συμβολαίων έως το 2016 και το 2020 αντίστοιχα. Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) έχει ορίσει ως έναν από τους βασικούς στρατηγικούς στόχους της ενεργειακής πολιτικής της τη χρήση του φυσικού αερίου σε ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς συνδυασμένου κύκλου και έχει προχωρήσει σε σημαντικές επενδύσεις. Η ΔΕΗ αποτελεί τον πρώτο πελάτη της ΔΕΠΑ, καθώς η τροφοδότηση του πρώτου σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με φυσικό αέριο στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 1997, στο σταθμό της ΔΕΗ, στον Άγιο Γεώργιο Κερατσινίου και μέχρι σήμερα το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται επιπλέον στους σταθμούς συνδυασμένου κύκλου της ΔΕΗ στο Λαύριο και στην Κομοτηνή (www.depa.gr).

2.1.4. Ουράνιο

Το φυσικό ουράνιο είναι ορυκτό το οποίο εντοπίζεται στη φύση σε πυριγενή πετρώματα και ιδιαίτερα στο γρανίτη. Χρησιμοποιείται στους πυρηνικούς σταθμούς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παρόλο που το ουράνιο κατατάσσεται στα καύσιμα, δεν καίγεται για την παραγωγή ενέργειας όπως συμβαίνει με τα υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα.

Με τον όρο πυρηνική ενέργεια, αναφερόμαστε στην ενέργεια που απελευθερώνεται όταν μετασχηματίζονται ατομικοί πυρήνες. Πρόκειται δηλαδή για τη δυναμική ενέργεια που περικλείεται στους πυρήνες των ατόμων λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των σωματιδίων που τους συνιστούν. Η εγκλεισμένη πυρηνική ενέργεια απελευθερώνεται κατά τη σχάση πυρήνων και με την προϋπόθεση ότι οι αντιδράσεις αυτές είναι ελεγχόμενες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

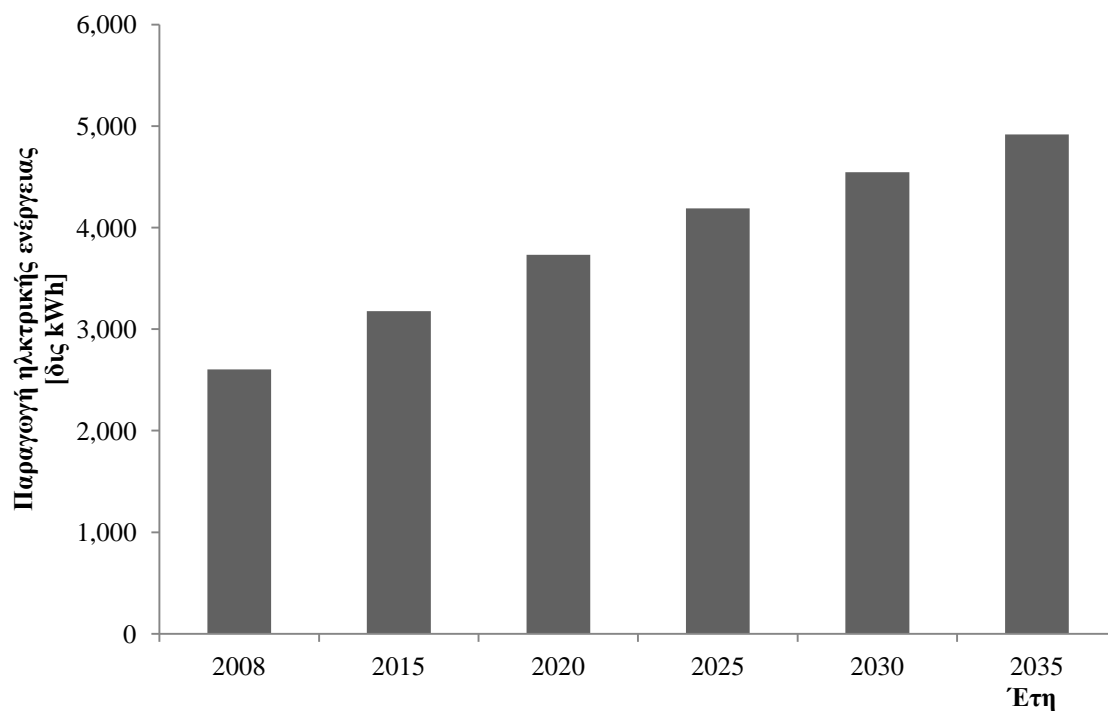
Κατά την πυρηνική σχάση, ένας ασταθής ατομικός πυρήνας χωρίζεται, σχάται δηλαδή σε δύο ή περισσότερους μικρότερους πυρήνες και σε μερικά παραπροϊόντα σωματίδια όπως είναι τα νετρόνια. Η σχάση αποτελεί μια αντίδραση μεταστοιχείωσης, μετατροπής δηλαδή ενός χημικού στοιχείου σε κάποιο άλλο, κατά την οποία παράγονται δύο θραύσματα με συγκρίσιμες μάζες. Μεταστοιχείωση έχουμε μόνο όταν μεταβληθεί ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα του ατόμου ενός στοιχείου και διαφοροποιηθεί με αυτόν τον τρόπο και ο ατομικός του αριθμός. Στα βαρύτερα στοιχεία η σχάση είναι εξώθερμη αντίδραση και αποδίδει στο περιβάλλον ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας γάμα και ως κινητική ενέργεια των θραυσμάτων. Κατά την πυρηνική σχάση, ο πυρήνας ενός ατόμου ουρανίου ^{235}U , βομβαρδίζεται με θερμικά νετρόνια οπότε συντίθεται ένας πυρήνας ατόμου ^{236}U ο οποίος είναι όμως σε διεγερμένη κατάσταση. Η ενέργεια της διέγερσης που προήλθε από τη σύλληψη του νετρονίου προκαλεί την ταλάντωση όλου του πυρήνα του ατόμου με αποτέλεσμα να προκαλείται η σχάση του σε διάφορα προϊόντα. Στα παραπροϊόντα της πυρηνικής σχάσης περιλαμβάνονται και νετρόνια τα οποία μπορούν να προκαλέσουν περαιτέρω σχάσεις δημιουργώντας έτσι μια συντηρούμενη αλυσιδωτή αντίδραση.

Η αλυσιδωτή αντίδραση της σχάσης των ατομικών πυρήνων, όταν πραγματοποιείται υπό ελεγχόμενες συνθήκες και με χαμηλή ταχύτητα παράγει αξιοποιήσιμη ενέργεια. Αντίθετα, όταν εξελίσσεται σε μη ελεγχόμενη ταχύτητα προκαλεί έκρηξη η οποία έχει ισχύ μεγαλύτερη από κάθε έκρηξη στη φύση που προέρχεται από χημικές αντιδράσεις και η οποία βρίσκει εφαρμογή στη χρήση πυρηνικών όπλων.

Οι πολύ μεγάλες ποσότητες εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, έστρεψαν την προσοχή του επιστημονικού κόσμου στην αξιοποίηση του ουρανίου για την ηλεκτροπαραγωγή. Οι σχετικές έρευνες έδειξαν ότι το ουράνιο είναι ένα πολύ αποδοτικό στοιχείο σε ότι αφορά την ενεργειακή παραγωγή και έτσι κατά το 1954 κατασκευάστηκε ο πρώτος πυρηνικός αντιδραστήρας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τον πρώτο καιρό της ανακάλυψης της πυρηνικής ενέργειας, θεωρούταν από τους ειδικούς η μαγική μορφή ενέργειας με το χαμηλό κόστος που θα έλυνε το ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη. Ωστόσο, η θεώρηση αυτή ανεστάλη από δύο βασικούς παράγοντες. Αρχικά, μετά από κάποια ατυχήματα που συνέβησαν προέκυψαν πολλά ζητήματα σχετικά με την ασφάλεια των πυρηνικών εγκαταστάσεων ενώ ταυτόχρονα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο κατέληξε να είναι πιο φθηνή (Μαμάσης & Στεφανάκος 2011; Πασχαλίδου 2010).

Εκτός από το φυσικό ουράνιο, το εμπλουτισμένο ουράνιο καθώς επίσης και το πλουτόνιο χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα πυρηνικά αυτά καύσιμα παράγονται από το φυσικό ουράνιο με διάφορες χημικές διεργασίες.

Στο ακόλουθο Σχήμα 2.10 φαίνεται η εξέλιξη της ηλεκτροπαραγωγής από πυρηνική ενέργεια παγκοσμίως και η αναμενόμενη εξέλιξή της μέχρι το 2035. Τα στοιχεία που παρατίθενται στο παρακάτω σχήμα προκύπτουν από έκθεση του U.S. Energy Information Administration και κατά το χρονικό διάστημα της προετοιμασίας της συνέβη ο σεισμός στην επαρχία Φουκοσίμα της Ιαπωνίας. Κατά το σεισμό αυτό εμφανίστηκε κύμα τσουνάμι και επιπλέον προκλήθηκαν μεγάλης έκτασης βλάβες στο πυρηνικό εργοστάσιο της περιοχής. Η έκταση των ζημιών της φυσικής καταστροφής δεν έχει αποτιμηθεί πλήρως ενώ οι πολύ μεγάλες ποσότητες ραδιενέργειας που απελευθερώθηκαν είχαν καταστροφικές συνέπειες τόσο για τους κατοίκους όσο και για το φυσικό περιβάλλον. Το συμβάν αυτό, όπως είναι φυσικό επηρεάζει τις εκτιμήσεις που έγιναν στην έκθεση καθώς αυξάνει την αβεβαιότητα που σχετίζεται με την ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας τόσο στην Ιαπωνία όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Συγκεκριμένα, η πραγματική διείσδυση της πυρηνικής τεχνολογίας στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής θα κυμανθεί σε χαμηλότερα επίπεδα από αυτά που παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα (EIA 2011).



Σχήμα 2.10: Εξέλιξη της παραγόμενης ενέργειας από πυρηνικά παγκοσμίως. (Δεδομένα: EIA 2011)

Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν εγκατεστημένοι πυρηνικοί σταθμοί και ούτε σχεδιάζεται να κατασκευασθούν στο άμεσο μέλλον. Η μεγάλη σεισμικότητα της χώρας μας αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για τη διείσδυση της πυρηνικής τεχνολογίας στον εγχώριο ενεργειακό χάρτη.

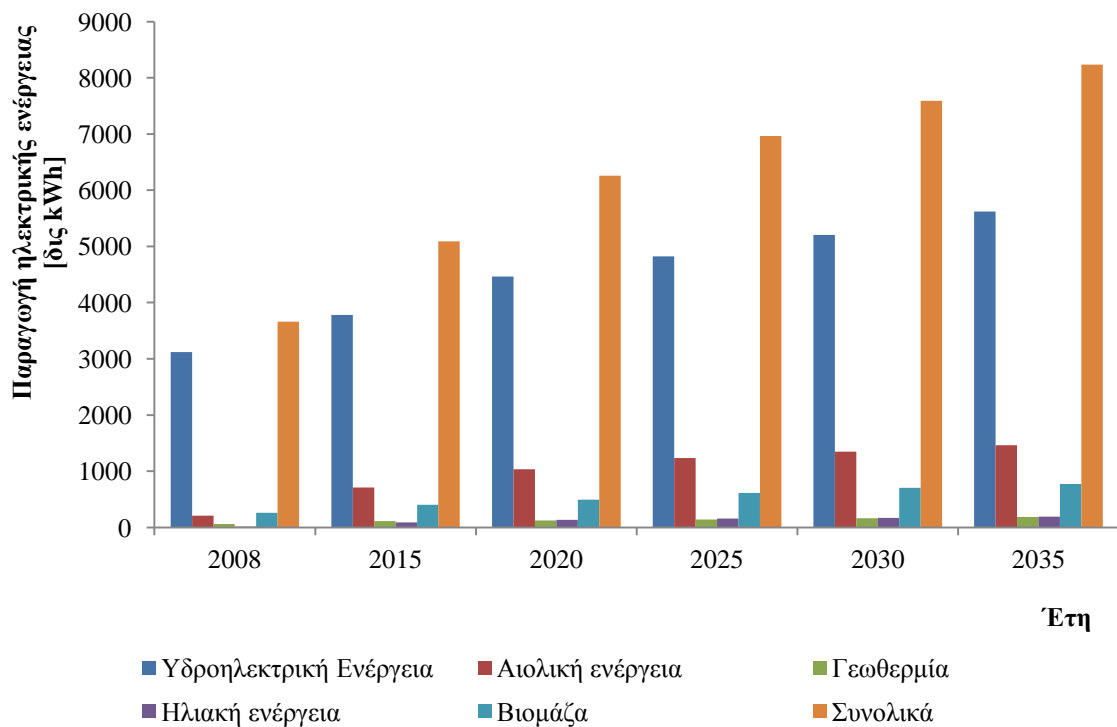
2.2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι πηγές ενέργειας στις οποίες έχουμε αναφερθεί μέχρι τώρα αφορούν ορυκτά καύσιμα τα οποία βρίσκονται αποθηκευμένα χιλιάδες χρόνια μέσα στο έδαφος. Είτε είναι σε μικρές, είτε σε μεγάλες ποσότητες, όπως είναι φυσικό τα καύσιμα αυτά κάποια στιγμή θα εξαντληθούν. Ταυτόχρονα, είναι γεγονός ότι με την καύση των ορυκτών καυσίμων παράγονται ρυπογόνα για το περιβάλλον αέρια ή, σε ό,τι αφορά το φυσικό ουράνιο, ραδιενεργά απόβλητα τα οποία παραμένουν για πολλά χρόνια στο έδαφος με βλαβερές συνέπειες. Κατέστη λοιπόν επιτακτική η ανάγκη παραγωγής ενέργειας από άλλες πηγές που θα είναι ανανεώσιμες και φιλικές προς το περιβάλλον. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα για την παραγωγή ενέργειας είναι οι εξής:

- Υδροηλεκτρική ενέργεια
- Αιολική ενέργεια
- Ηλιακή ενέργεια
- Ενέργεια από γεωθερμία
- Ενέργεια από βιομάζα
- Θαλάσσια και κυματική ενέργεια

Στην πραγματικότητα, η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν είναι τόσο νέα υπόθεση. Από τα αρχαία ακόμη χρόνια ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε τον άνεμο, το νερό, τον ήλιο και την ενέργεια τους για να ικανοποιήσει βασικές του ανάγκες. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε τη χρήση αιολικής ενέργειας για την κίνηση ανεμόμυλων και ιστιοφόρων, τη χρήση της ενέργειας του νερού των ποταμών για την κίνηση νερόμυλων, κλπ. Με την καθιέρωση όμως των ορυκτών καυσίμων, των οποίων η χρήση ήταν σαφώς ευκολότερη και αποδοτικότερη, η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών περιορίστηκε σημαντικά. Σ' αυτό συνέβαλε βέβαια και η χαμηλή αρχικά τιμή του πετρελαίου, που στην αρχή αντιμετωπίστηκε σαν είδος εν αφθονία. Στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας η χρήση τους περιορίζονταν κατά κύριο λόγο στην εκμετάλλευση των υδατοπτώσεων.

Μέχρι σήμερα έχουν γίνει πολύ σημαντικά βήματα στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές, τα οποία όμως δεν είναι αρκετά για την πλήρη αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων παρά για ένα μικρό ποσοστό τους. Παρακάτω, στο Σχήμα 2.11 φαίνεται η εξέλιξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως από ανανεώσιμες πηγές και πως αυτή αναμένεται να κυμανθεί τα επόμενα έτη σύμφωνα με τα σενάρια.



Σχήμα 2.11: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. (Δεδομένα: EIA 2011)

Όπως φαίνεται από το προηγούμενο σχήμα, όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναμένεται να εμφανίσουν ανάπτυξη. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης ενέργειας εκτιμάται ότι θα προέρχεται από υδροηλεκτρικά έργα και αιολικές διατάξεις. Αντίστοιχα, η ηλιακή ενέργεια, η βιομάζα και η γεωθερμία συμμετέχουν σε μικρότερο ποσοστό στη συνολική παραγωγή ενέργειας.

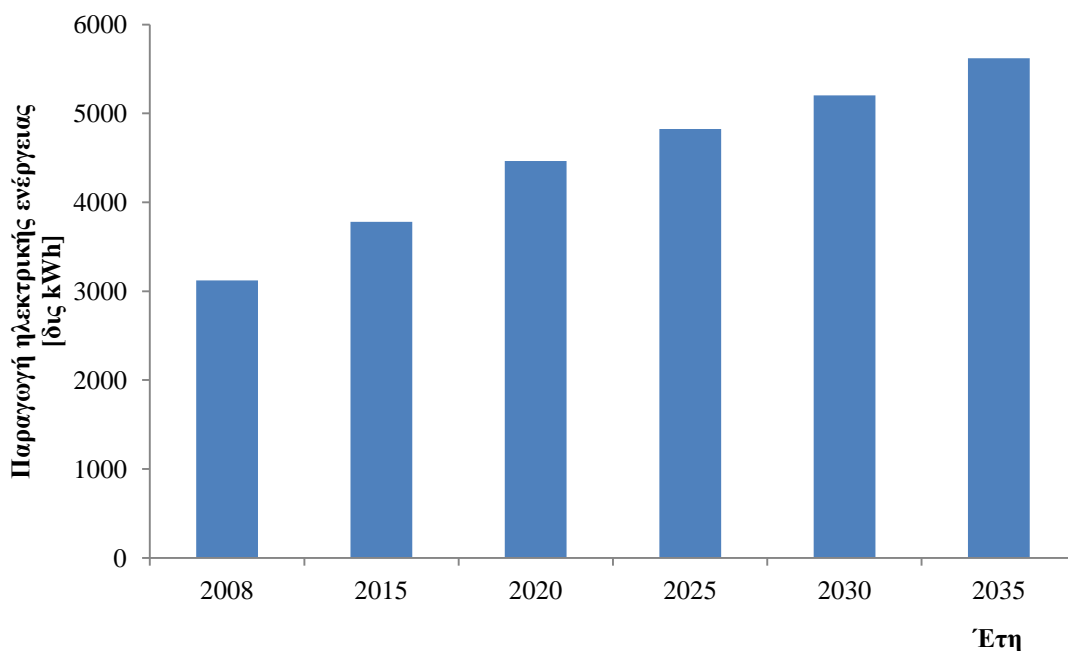
2.2.1 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Υδροηλεκτρική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από το νερό, το οποίο μέσω υδατοπτώσεων κινεί υδροστροβίλους και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Είναι από τις πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή πρωτίστως μηχανικής ενέργειας και εν συνεχεία, με την αύξηση της ζήτησης και έπειτα από τις απαιτούμενες μετατροπές, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η κινητική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Το νερό χρησιμοποιείται για την περιστροφή ενός στροβίλου. Ο στρόβιλος στη συνέχεια περιστρέφει μια γεννήτρια και με τον τρόπο αυτό παράγεται ηλεκτρισμός. Οι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί εργάζονται με μικρό κόστος ανά παραγόμενη μονάδα ενέργειας και χαρακτηριστικό τους είναι ότι έχουν τη δυνατότητα να εξασφαλίσουν μια σταθερή και συνεχή λειτουργία. Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς παράγεται ηλεκτρική ενέργεια κυρίως για την κάλυψη των αιχμών της ζήτησης, ενώ επίσης σημαντικός είναι ο ρόλος τους στον τομέα της άρδευσης.

Εκτός από τους μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς, έχει αναπτυχθεί και η κατασκευή μικρών υδροηλεκτρικών έργων. Ένα υδροηλεκτρικό έργο χαρακτηρίζεται διεθνώς ως μικρό όταν η ονομαστική εγκατεστημένη ισχύς του είναι μικρότερη των 10 MW. Η διαφορά βέβαια ενός μικρού από ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο δεν είναι το μέγεθός του, καθώς διαφέρει σε πολλά άλλα χαρακτηριστικά και κυρίως στον σκοπό κατασκευής του. Ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο έχει σαν σκοπό την κάλυψη των αιχμών ενός διασυνδεδεμένου δικτύου, και για τον λόγο αυτό απαιτεί την κατασκευή μεγάλου φράγματος και μεγάλου ταμιευτήρα. Σαν αποτέλεσμα, επιτυγχάνονται μικρές τιμές του συντελεστή φορτίου του έργου και σημαντική επιβάρυνση του κόστους, που όμως υπερκαλύπτεται από την λογιστική αξία της ενέργειας σε ώρες αιχμής. Αντίθετα, στα μικρά υδροηλεκτρικά έργα δεν απαιτείται η ύπαρξη ταμιευτήρα, δεδομένου ότι αξιοποιούν κάθε φορά την διαθέσιμη παροχή. Η κατασκευή τους είναι απλή και δεν επιβάλλει αλλοιώσεις στο περιβάλλον. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα τους σε σχέση με άλλες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας είναι η αξιοπιστία τους και η σταθερή τους ποιότητα (Μαμάσης 2011a).

Στο Σχήμα 2.12 φαίνεται η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως και πως αυτή αναμένεται να εξελιχθεί τα επόμενα έτη σύμφωνα με τα σενάρια.



Σχήμα 2.12: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρικά έργα παγκοσμίως. (Δεδομένα: EIA 2011)

Στην Ελλάδα, λειτουργούν αυτή τη στιγμή 16 μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3.060 MW, ποσό που αποτελεί το 22% του διασυνδεδεμένου συστήματος. Η Δ.Ε.Η. μέχρι σήμερα έχει καταφέρει να αξιοποιήσει το ένα τρίτο του συνολικού υδροδυναμικού της χώρας, ενώ παράλληλα, με τους ταμειυτήρες των υδροηλεκτρικών σταθμών εξυπηρετεί και άλλες χρήσεις, όπως ύδρευση, άρδευση, ψυχαγωγία, αντιπλημμυρική προστασία, κλπ αναλαμβάνοντας και το ανάλογο κόστος. Αυτή τη στιγμή δεν προγραμματίζεται η κατασκευή άλλων μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων από τη Δ.Ε.Η., ενώ πρέπει να αναφερθεί ότι δεν ενεργοποιήθηκαν ακόμη οι ιδιώτες επενδυτές (www.ppcr.gr).

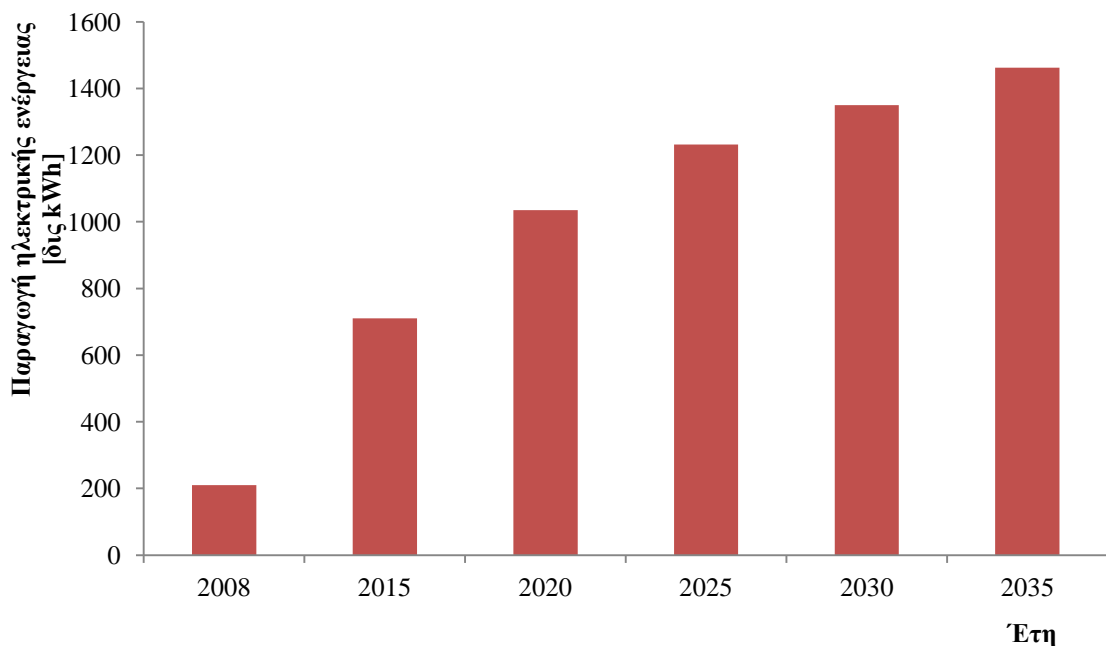
2.2.2 Αιολική ενέργεια

Αιολική ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου και έχει συμβάλει καθοριστικά στην ανάπτυξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αξιοποιείται τόσο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας, όσο και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω ανεμογεννητριών. Από τα αρχαία χρόνια μέχρι και τη

βιομηχανική επανάσταση ο άνεμος χρησιμοποιούταν σε μεγάλο βαθμό στον τομέα των μετακινήσεων. Ο πρώτος ανεμόμυλος για την παραγωγή ηλεκτρισμού κατασκευάστηκε το 1888 στο Cleveland του Ohio, ενώ σήμερα η Δανία, μια χώρα πλούσια σε αιολικό δυναμικό, κατέχει τα πρωτεία στην κατασκευή και τη χρήση ανεμογεννητριών.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι ανεμογεννήτριες εγκαθίστανται με τη μορφή αιολικών πάρκων, οπότε το κόστος καταλήγει να είναι μεγαλύτερο από ότι στην περίπτωση εγκατάστασης μίας μεμονωμένης ανεμογεννήτριας ίσης ισχύος (Μαμάσης 2011b).

Στο Σχήμα 2.13 φαίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο παγκοσμίως και πως αυτή αναμένεται να εξελιχθεί τα επόμενα έτη σύμφωνα με τις εκτιμήσεις.



Σχήμα 2.13: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικές εγκαταστάσεις παγκοσμίως. (Δεδομένα: EIA 2011)

Αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα έχουν εγκατασταθεί σε πολλές νησιωτικές περιοχές αιολικά πάρκα που αξιοποιούν το αιολικό δυναμικό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τα οποία συμβάλλουν στην ενεργειακή αυτονομία των νησιών αυτών. Το 2011 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα ανήλθε στις 125.174 MWh (www.pprc.gr).

2.2.3 Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο σημαντική μορφή ενέργειας για τον άνθρωπο αλλά και για τους περισσότερους ζωντανούς οργανισμούς στον πλανήτη. Η ηλιακή ενέργεια παίζει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της θερμοκρασίας σε επίπεδα κατάλληλα για την ύπαρξη ζωής. Επίσης, η ηλιακή ακτινοβολία έμμεσα επηρεάζει την ύπαρξη πολλών άλλων μορφών ενέργειας, όπως είναι η υδροδυναμική, η οποία προκύπτει από την εξάτμιση των ποταμών και την επανατροφοδότησή τους μέσω της βροχής. Επιπλέον, η αλλαγή στις μετεωρολογικές συνθήκες, εξαιτίας της θερμότητας του ήλιου, δημιουργεί το αιολικό δυναμικό. Ταυτόχρονα επιδρά μέσω της φωτοσύνθεσης στον φυτικό κόσμο και έμμεσα και στο ζωικό, για τη ζωή και τον πολλαπλασιασμό των φυτών, και επομένως και στην ποσότητα της παραγόμενης βιομάζας, σαν ενεργειακή μορφή.

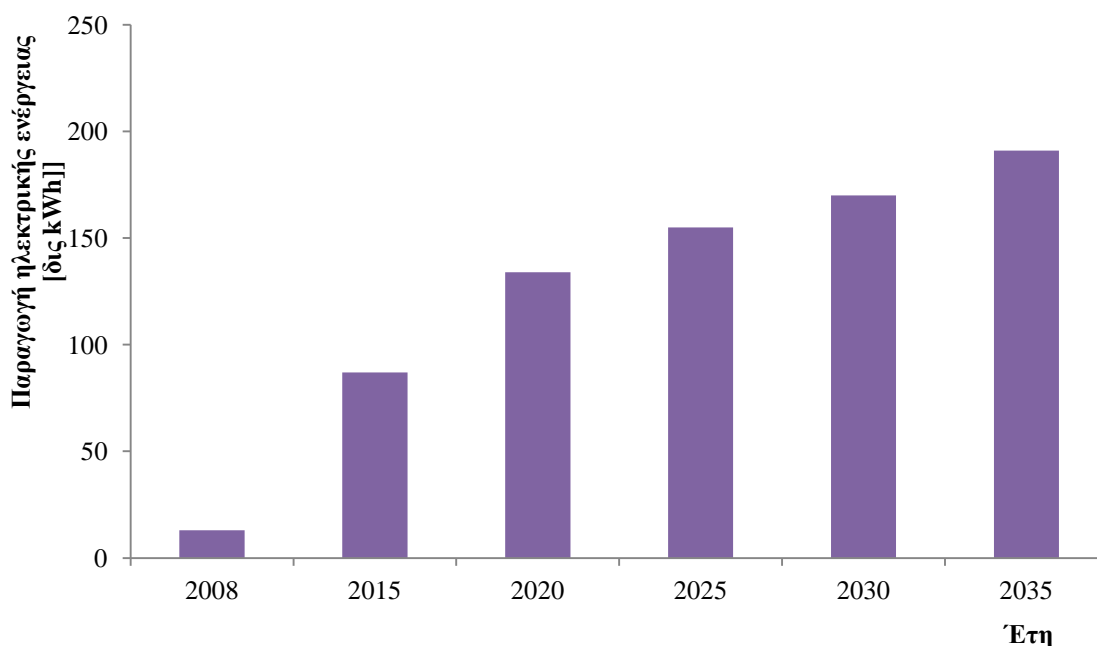
Η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται με δύο ειδών συστήματα, τα παθητικά και τα ενεργητικά. Παθητικά είναι τα συστήματα εκείνα τα οποία ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βλάστηση, το νερό, το έδαφος και το υπέδαφος, με σκοπό τη θέρμανση, την ψύξη και το φωτισμό. Λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα και δεν παράγουν πρόσθετη ενέργεια. Η τεχνική σχεδίασης τέτοιων συστημάτων είναι αρκετά ανεπτυγμένη στην Ευρώπη, με δυνατότητα εξοικονόμησης σημαντικών ποσοτήτων καυσίμων για την θέρμανση. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι αυτά, τα οποία απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία για την θέρμανση νερού ή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα εξεταστεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τόσο από τα φωτοβολταϊκά συστήματα, όσο και μέσω ηλιακής συγκέντρωσης.

Σήμερα τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν πολλές χρήσεις σε αυτόνομα κυρίως συστήματα όπως είναι οι φάροι, τηλεπικοινωνιακοί αναμεταδότες, προειδοποιητικές σημάνσεις, όργανα μετρήσεων, ηλεκτροδότηση απομονωμένων κτισμάτων κ.α. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε αναπτυσσόμενες χώρες, που το ηλεκτρικό δίκτυο περιορίζεται στις κύριες αστικές περιοχές, για βασικές ανάγκες του αγροτικού πληθυσμού όπως για παράδειγμα σε συστήματα άντλησης νερού, συστήματα ψύξης, φωτισμού κ.α. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται για τροφοδότηση μικρών οικισμών, κατασκηνώσεων, ξενοδοχειακών μονάδων, ή ακόμη και σε μικρά και απομονωμένα νησιά. Από πολλές εταιρείες ηλεκτρισμού σε όλο τον κόσμο γίνεται χρήση των φωτοβολταϊκών στοιχείων, κυρίως για την απόκτηση μιας ικανής

εμπειρίας, δεδομένου ότι ακόμη δεν είναι από οικονομική τουλάχιστον άποψη ανταγωνιστικά.

Σε ότι αφορά τις τεχνολογίες ηλιακής συγκέντρωσης, πρόκειται για διατάξεις που συγκεντρώνουν την ηλιακή ενέργεια εστιάζοντας την ηλιακή ακτινοβολία σε ένα σημείο ή σε μια γραμμή εστίασης. Τα συστήματα ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιούν την τεχνολογία αυτού του είδους έχουν ήδη εμπορευματοποιηθεί και οι αντίστοιχες μονάδες πολλών MW παράγουν ίσως τη φθηνότερη ηλεκτρική ενέργεια παγκοσμίως. Τα συστήματα αυτά πολλές φορές είναι δυνατόν να συνδυάζονται με άλλες ανανεώσιμες και μη τεχνολογίες, σε υβριδικά συστήματα. Ωστόσο, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, τρεις διατάξεις ηλιακής συγκέντρωσης έχουν μέλλον στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Αυτές οι διατάξεις είναι τα παραβολικά κοίλα, οι ηλιακοί πύργοι ισχύος και τα συστήματα δίσκου (Μαμάσης 2010).

Στο Σχήμα 2.14 φαίνεται η παραγόμενη ενέργεια από ηλιακά συστήματα παγκοσμίως και πως αυτή εκτιμάται ότι θα εξελιχθεί σύμφωνα με τα σενάρια.



Σχήμα 2.14: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακές εγκαταστάσεις παγκοσμίως. (Δεδομένα: EIA 2011)

Για μια χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια σαν την Ελλάδα η ηλιακή ενέργεια αποτελεί ανεξάντλητο ενεργειακό πόρο. Αυτή τη στιγμή, φωτοβολταϊκά πάρκα υπάρχουν σε πολλές νησιωτικές περιοχές της χώρας μας, ενώ μικρότερου μεγέθους φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις τοποθετούνται συνεχώς σε στέγες κτιρίων αλλά και σε επίπεδο κατοικίας. Σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε στέγες κατοικιών και επιχειρήσεων αποτελεί το πρόγραμμα Φωτοβολταϊκά στις Στέγες. Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί κοινή υπουργική απόφαση των Υπουργείων Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και Οικονομικών και τέθηκε σε ισχύ τον Ιούλιο του 2009. Το πρόγραμμα αφορά σε φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής ενέργειας η οποία θα εγχέεται στο εθνικό δίκτυο και απευθύνεται σε οικιακούς καταναλωτές και μικρές επιχειρήσεις οι οποίοι έχουν στην κυριότητά τους το χώρο εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος. Σύμφωνα με το πρόγραμμα η ΔΕΗ αγοράζει όλη την ενέργεια του παραγωγού ενώ αυτός συνεχίζει να αγοράζει ενέργεια από τη ΔΕΗ. Με τον τρόπο αυτό, ο καταναλωτής έχει μείωση του χρηματικού ποσού που πληρώνει στη ΔΕΗ για την ποσότητα ενέργειας που του παρέχει η εταιρεία, μέσω του πιστωτικού του λογαριασμού (Μαμάσης 2010).

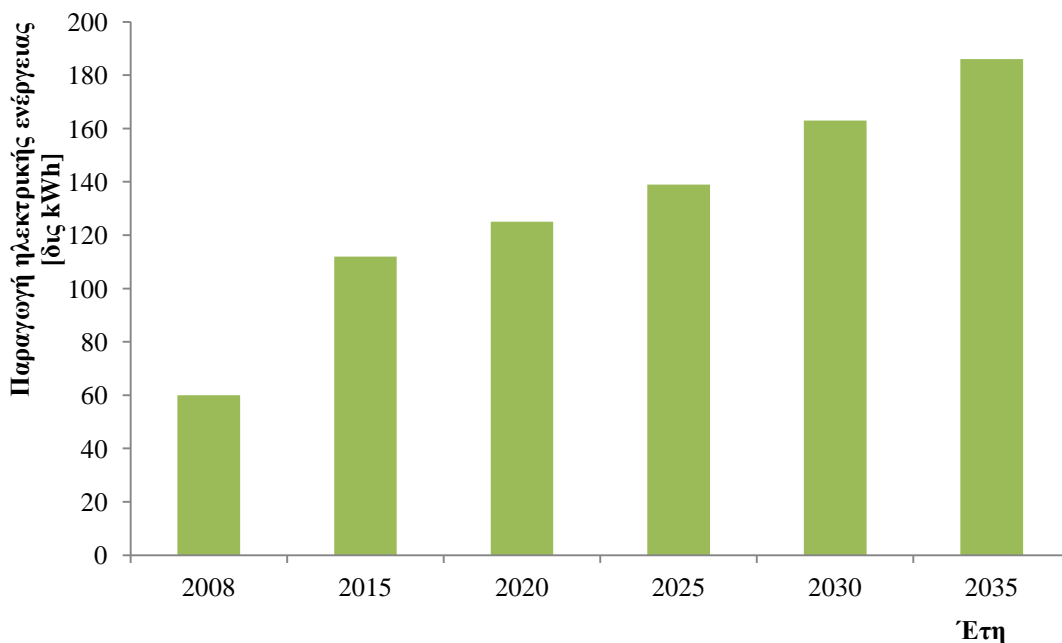
2.2.4 Ενέργεια από γεωθερμία

Γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη υπό τη μορφή θερμότητας, στο υπέδαφος σε μικρή απόσταση από την εδαφική επιφάνεια και η οποία προέρχεται από το διάπυρο εσωτερικό της Γης. Το θερμικό ενεργειακό δυναμικό του υπεδάφους οφείλεται στην λεγόμενη γεωθερμική ανωμαλία, δηλαδή σε αύξηση της θερμοκρασίας στο υπέδαφος μεγαλύτερη από την κανονική γεωθερμική βαθμίδα που είναι 1°C ανά 33 m, περίπου 30°C έως 50°C ανά χιλιόμετρο βάθους. Η θερμική αυτή ενέργεια που περιέχει ο πλανήτης στο εσωτερικό του εκδηλώνεται με ιδιαίτερα ενεργητικό τρόπο, όπως είναι οι σεισμοί, οι εκρήξεις ηφαιστείων, οι θερμές πηγές, η έκλυση ατμών από το έδαφος, κ.α. Η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών φτάνει πολλές φορές μέχρι 350°C σε σχετικά μικρά βάθη.

Ανάλογα με την θερμοκρασία του ρευστού, χαρακτηρίζεται το γεωθερμικό πεδίο σαν χαμηλής ενθαλπίας όταν είναι $t < 100^{\circ}\text{C}$, μέσης για $100^{\circ}\text{C} < t < 170^{\circ}\text{C}$ και υψηλής όταν $t > 170^{\circ}\text{C}$. Η γεωθερμική ενέργεια είναι πρακτικά ανεξάντλητη, επειδή προέρχεται από την θερμοκρασία στο εσωτερικό της γης. Η αξιοποίησή της ποικίλλει ανάλογα με την

θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών. Για θερμοκρασίες π.χ. 40°C ενδείκνυται η εφαρμογή σε θέρμανση χώρων, ενώ για περιοχές με θερμοκρασίες από 170°C έως 350°C χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Άλλος τομέας αξιοποίησης των γεωθερμικών ρευστών είναι η ανάκτηση στερεών ή αέριων ουσιών που βρίσκονται διαλυμένα σ' αυτά, όπως κοινό αλάτι, διοξείδιο του άνθρακα, πολύτιμα μέταλλα κ.α. ενώ επίσης χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, θερμοκηπίων, ιχθυοκαλλιεργειών, σε βιομηχανικές εφαρμογές όπως είναι η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού, η ξήρανση αγροτικών προϊόντων, κ.α. (Στεφανάκος 2010).

Στο Σχήμα 2.15 φαίνεται η παραγόμενη ενέργεια από γεωθερμία σε παγκόσμιο επίπεδο και πως αυτή εκτιμάται ότι θα εξελιχθεί σύμφωνα με τα σενάρια.



Σχήμα 2.15: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικές πηγές παγκοσμίως. (Δεδομένα: EIA 2011)

Όπως φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα, η αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων παγκοσμίως αναμένεται να παρουσιάσει άνοδο. Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός ότι σημειώνεται πρόοδος της τεχνολογίας που αφορά τις γεωθερμικές πηγές και την παραγωγή ηλεκτρισμού

από αυτές και η οποία καθιστά συμφέρουσα και οικονομική την αξιοποίηση των πεδίων αυτών.

Η Ελλάδα διαθέτει πλούσια γεωθερμικά πεδία υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας. Είναι γνωστή σε όλους η ύπαρξη ιαματικών λουτρών σε όλο τον Ελλαδικό χώρο, που υποδηλώνουν γεωθερμικά πλούσιο υπέδαφος. Επιπρόσθετα, έρευνες της ΔΕΗ σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών έδειξαν ότι υπάρχουν αρκετά πεδία υψηλής και μέσης ενθαλπίας με μεγάλο ενδιαφέρον για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην Μήλο, την Νίσυρο, την Σαντορίνη, την Κω, το Σουσάκι, την Λέσβο κ.α. (www.pprc.gr).

2.2.5 Ενέργεια από βιομάζα

Βιομάζα είναι η ύλη που έχει βιολογική προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Μιλώντας για εκμετάλλευση βιομάζας, στην ουσία αναφερόμαστε στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας η οποία έχει δεσμευθεί και αποθηκευθεί σαν αποτέλεσμα της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης.

Οι πρώτες ύλες βιομάζας που χρησιμοποιούνται, για την τροφοδοσία των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνήθως ανήκουν σε μια από τις ακόλουθες γενικές κατηγορίες:

(α) υπολείμματα ξύλου, τα οποία περιέχουν πριονίδια και άλλα αστικά υπολείμματα καθώς επίσης και τα υπολείμματα που προέρχονται από την υλοτομία

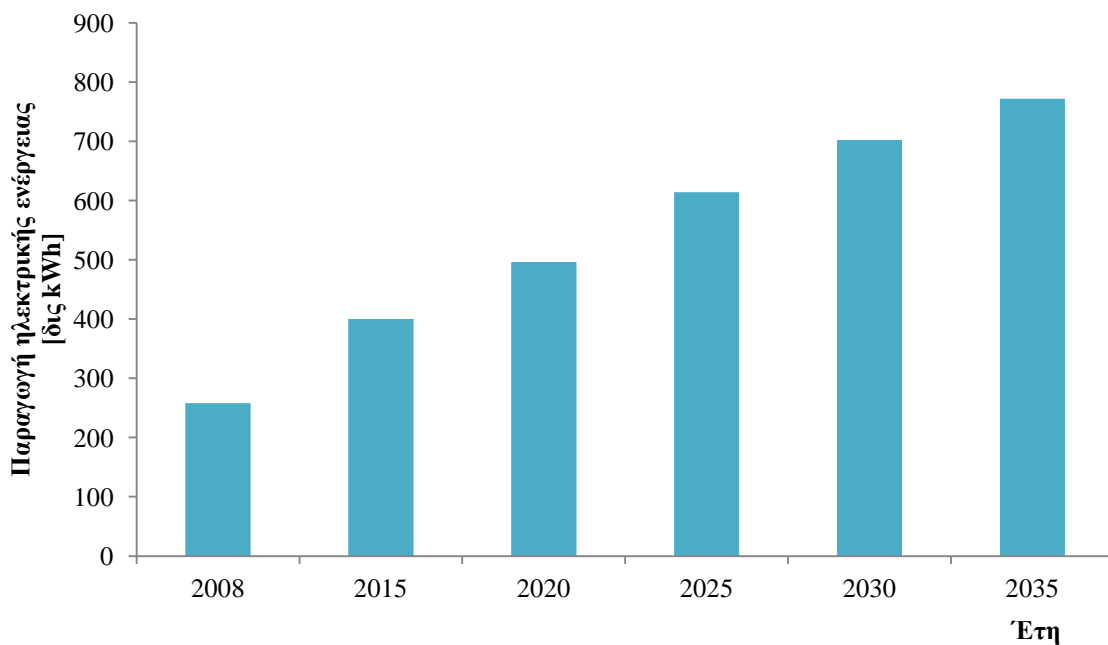
(β) γεωργικά υπολείμματα, στα οποία κατατάσσονται η βαγάση, δηλαδή ο πολτός που απομένει μετά το θρυμματισμό του ζαχαροκάλαμου με σκοπό την εκχύμωσή του, οι φλοιοί ρυζιού και τα άχυρα. Τα γεωργικά υπολείμματα είναι επίσης κατάλληλα για μετατροπή σε υγρά καύσιμα καθώς επίσης και για θερμοχημική παραγωγή ενέργειας

(γ) προϊόντα ενεργειακών καλλιεργειών, δηλαδή φυτειών που καλλιεργούνται ειδικά για τη χρήση τους ως καύσιμα. Οι φυτείες αυτές παρουσιάζουν ταχεία ανάπτυξη, είναι ανθεκτικές σε παράσιτα και ξηρασία, εμφανίζουν ευκολία στη συγκομιδή και προσφέρουν πρώτη ύλη ιδιαίτερα ανταγωνιστική στην τιμή. Τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα προϊόντα ενεργειακών καλλιεργειών είναι όπως είναι ο μίσχανθος, η φάλαρις και το αρούντο

(δ) απόβλητα, τα οποία είτε προέρχονται από τη βιομηχανία τροφίμων, είτε είναι αστικά στερεά απόβλητα, είτε ζωικά απόβλητα, είτε αστικά λύματα. Η μετατροπή τους σε ενέργεια γίνεται είτε με άμεση καύση είτε με αναερόβια χώνευση είτε έμμεσα οπότε παράγεται βιοαέριο σε ΧΥΤΑ το οποίο αξιοποιείται σε μηχανές εσωτερικής καύσης και σε αεριοστρόβιλους

Η εκμετάλλευση της βιομάζας είναι μια ιδιαίτερα ελκυστική επιλογή στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής γι αυτό και εμφανίζει πορεία ανάπτυξης. Σαν αποτέλεσμα της αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης παγκοσμίως, διάφοροι οργανισμοί μελετούν και αναπτύσσουν δέντρα και πόες ταχείας ανάπτυξης που θα μπορούσαν να καλλιεργούνται και στη συνέχεια να χρησιμοποιούνται ως καύσιμα. Με τον τρόπο αυτό αναμένεται να επιτευχθεί μια άνοδος του δυναμικού της βιομάζας στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρισμού, τα επόμενα χρόνια (Κατσίρη 2010).

Στο επόμενο Σχήμα 2.16 απεικονίζεται η εξέλιξη της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα και πως αυτή εκτιμάται ότι θα εξελιχθεί τα επόμενα έτη σύμφωνα με τα σενάρια.



Σχήμα 2.16: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα παγκοσμίως. (Δεδομένα: EIA 2011)

Κύριο χαρακτηριστικό της βιομάζας στην Ελλάδα είναι η πολυμορφία των πρώτων υλών η οποία την καθιστά ικανή για πολλαπλές χρήσεις, ανάλογα με το είδος και τις δυνατότητες τελικής αξιοποίησής της. Το είδος και η προέλευση των διαφόρων πρώτων υλών βιομάζας συνδυάζεται με μεγάλο αριθμό αγροτικών δραστηριοτήτων όπως είναι η συγκομιδή υπολειμμάτων καλλιεργειών όπως για παράδειγμα το άχυρο σιτηρών, τα στελέχη του βαμβακιού, υλοτομίες δασικών συμπλεγμάτων, διάθεση αποβλήτων ζωοτροφικών μονάδων, κ.α. Επίσης, το είδος και η προέλευση των ποικίλων πρώτων υλών βιομάζας μπορεί να σχετίζεται και με την εισαγωγή νέων ενεργειακών καλλιεργειών στο γεωργικό σύστημα. Λόγω της άμεσης σύνδεσής της βιομάζας με την αγροτική παραγωγή μπορεί να αποτελέσει πηγή συμπληρωματικού εισοδήματος και δημιουργίας θέσεων εργασίας για την τοπική κοινωνία στα πλαίσια ολοκληρωμένου κι αειφόρου εθνικού και περιφερειακού σχεδιασμού (www.pprc.gr).

2.2.6 Θαλάσσια ενέργεια

Πρόκειται για την ενέργεια που είναι αποθηκευμένη με διάφορες μορφές στις θάλασσες και στους ωκεανούς και η οποία μπορεί να ληφθεί με διάφορους τρόπους. Είναι μια ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, της οποίας η εκμετάλλευση αποκτά έδαφος, όπου αυτό είναι εφικτό.

Η πρώτη μορφή θαλάσσιας ενέργειας είναι η ενέργεια που προκύπτει από την κίνηση των ανεμογενών κυματισμών. Η αξιοποίησή της μπορεί να εξασφαλίσει μεγαλύτερη ποικιλία ενεργειακών αποθεμάτων και υψηλότερα ποσοστά αξιοποίησης των ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών. Οι σχετικές εκτιμήσεις αναφέρουν ότι μπορεί να καλύψει το 50% της παγκόσμιας ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα συστήματα αξιοποίησης της κυματικής ενέργειας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα σταθερά και τα πλωτά. Τα σταθερά τοποθετούνται στις ακτές ή στα ρηγά νερά γεγονός που κάνει εύκολη τη συντήρησή τους, ωστόσο οι κατάλληλες και διαθέσιμες θέσεις για την κατασκευή τους είναι περιορισμένες. Αντίθετα τα πλωτά συστήματα τοποθετούνται στην ανοικτή θάλασσα και οι αρχές λειτουργίας τους στηρίζονται στην αρμονική κίνηση του πλωτού τμήματος που ανεβοκατεβαίνει ανάλογα με την κίνηση του κύματος.

Η δεύτερη μορφή θαλάσσιας ενέργειας προκύπτει από το φαινόμενο της παλίρροιας. Πιο συγκεκριμένα, οι μηχανισμοί αξιοποίησής της εκμεταλλεύονται την άνοδο και την πτώση της στάθμης της θάλασσας, η οποία οφείλεται στην αλληλεπίδραση των πεδίων βαρύτητας

Ήλιου, Γης και Σελήνης. Οι αρχές λειτουργίας των μηχανισμών εκμετάλλευσης της παλιρροιακής ενέργειας, λειτουργούν ουσιαστικά με την ίδια αρχή που λειτουργούν τα υδροηλεκτρικά έργα, με την υψομετρική διαφορά να προκύπτει από τη διαφορά στάθμης ανάμεσα στην πλημμυρίδα και την άμπωτη. Αυτές οι διατάξεις, έχουν σχετικά μεγάλη απόδοση ανάλογα με το μέγεθος, υψηλό κόστος κατασκευής, ενώ ταυτόχρονα επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα παράκτια οικοσυστήματα.

Μια άλλη μορφή ωκεάνιας ενέργειας είναι η ενέργεια από τα θαλάσσια ρεύματα τα οποία δημιουργούνται από την περιστροφή της Γης, από την τριβή του ανέμου στη θαλάσσια επιφάνεια και από τις διαφορές πυκνότητας μεταξύ των θαλάσσιων στρωμάτων. Οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση λειτουργούν με τις αρχές λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας

Η τελευταία μορφή θαλάσσιας ενέργειας, συνίσταται στην εκμετάλλευση της ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στα νερά του ωκεανού με τη μορφή διαφοράς θερμοκρασίας. Οι ωκεανοί καλύπτουν περίπου το 70% της επιφάνειας της Γης και αποτελούν το μεγαλύτερο σύστημα συλλογής και αποθήκευσης της ηλιακής ενέργειας. Για να είναι αξιοποιήσιμη η ενέργεια αυτή πρέπει η διαφορά θερμοκρασίας να είναι 20°C σε βάθος περίπου 1000 m.

Στην Ελλάδα η εκμετάλλευση αυτού του είδους της ενέργειας, αν και γίνονται σχετικές έρευνες, δεν έχει εφαρμοστεί καθώς δεν υπάρχουν τοποθεσίες που να πληρούν τις συνθήκες που αναφέρονται στα προηγούμενα (Μαμάσης & Τσουκαλά 2010).

3. Τεχνικά χαρακτηριστικά τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις διάφορες πηγές

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις διάφορες πηγές. Τα ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε μεθόδου ηλεκτροπαραγωγής παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας και στην επίδραση της στο περιβάλλον. Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια παρουσίαση των συνηθέστερα χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών που υπάρχουν για την αξιοποίηση των διαφόρων πηγών ενώ επιπλέον θα παρουσιαστούν τα βασικά στοιχεία κάθε μεθόδου τα οποία συνιστούν και διαμορφώνουν τα οικονομικά της στοιχεία και την περιβαλλοντική της συμπεριφορά.

Σε πρώτη φάση θα εξετάσουμε τις τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από ορυκτά καύσιμα. Συγκεκριμένα, θα αναφερθούμε στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς όπου αξιοποιείται η θερμογόνος δύναμη του λιγνίτη κυρίως. Στη συνέχεια θα γίνει μια παρουσίαση των αεριοστροβλικών σταθμών οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας από υγρά καύσιμα και συγκεκριμένα από το πετρέλαιο και τα παράγωγά του. Ακολούθως θα αναφερθούμε στις βελτιωμένες μεθόδους ενεργειακής παραγωγής όπως είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου και οι μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού και θα εξετάσουμε τις βασικές συνιστώσες τους. Τέλος, θα αναφερθούμε στους πυρηνικούς αντιδραστήρες και τον τρόπο λειτουργίας τους στους πυρηνικούς σταθμούς.

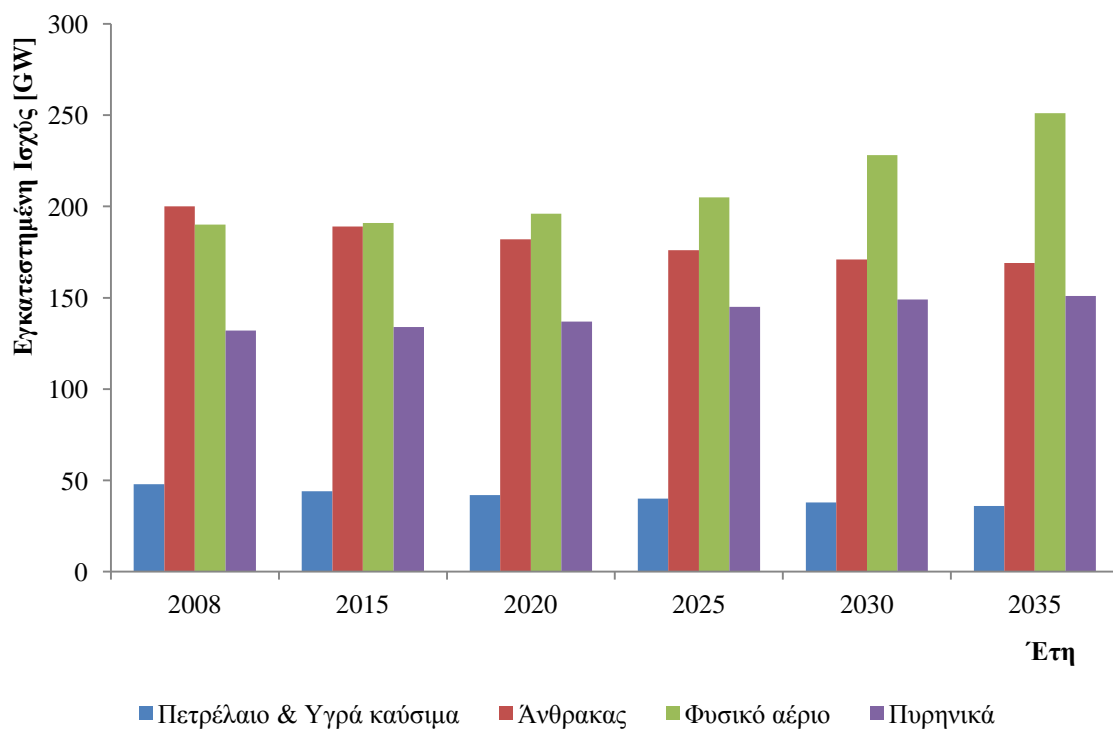
Στο επόμενο μέρος του κεφαλαίου θα εξετάσουμε τις τεχνολογίες αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, θα αναλύσουμε τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια και τις βασικές συνιστώσες τους, τις ανεμογεννήτριες και τον τρόπο που λειτουργούν αξιοποιώντας το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό καθώς επίσης και τις φωτοβολταϊκές διατάξεις και τις αρχές λειτουργίας που τις διέπουν. Ακολούθως, θα αναφερθούμε στις λιγότερο διαδεδομένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις αντίστοιχες τεχνολογίες, όπως είναι η βιομάζα, οι γεωθερμικές πηγές και η θαλάσσια και κυματική ενέργεια.

3.1 Τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά ορυκτά καύσιμα

Όλες οι μέθοδοι ηλεκτροπαραγωγής από τα ορυκτά καύσιμα αφορούν την καύση του ορυκτού για την απελευθέρωση και αξιοποίηση της θερμογόνου δύναμής του. Η εξάντληση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων και η περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλεί η καύση τους έχουν σαν αποτέλεσμα να γίνονται προσπάθειες για ελάττωση της αντίστοιχης εγκατεστημένης ισχύος.

Από τα ορυκτά καύσιμα, το ουράνιο είναι το μόνο που δεν καίγεται για την παραγωγή ενέργειας και επιπλέον δεν παράγει κάποιου είδους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Σε ότι αφορά το φυσικό αέριο, είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον σε σχέση με τα υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα καθώς δεν παράγει τόσο μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Στο ακόλουθο Σχήμα 3.1 φαίνεται η εγκατεστημένη ισχύς ανά ορυκτό καύσιμο και πως αυτή αναμένεται να εξελιχθεί τα επόμενα χρόνια στις ευρωπαϊκές χώρες του ΟΟΣΑ στις οποίες ανήκει και η Ελλάδα.



Σχήμα 3.1: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ανά ορυκτό καύσιμο στις ευρωπαϊκές χώρες του ΟΟΣΑ. (Δεδομένα: EIA 2011)

Όπως φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα, η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων πετρελαίου και άνθρακα εκτιμάται ότι θα μειωθεί τα επόμενα χρόνια. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εξάντληση των αποθεμάτων τους παγκοσμίως καθώς επίσης και στα περιβαλλοντικά ζητήματα που προκύπτουν από τη λειτουργία τους και τα οποία θα εξεταστούν σε επόμενο κεφάλαιο. Αντίθετα, οι μονάδες φυσικού αερίου καθώς επίσης και οι πυρηνικές μονάδες εκτιμάται ότι θα παρουσιάσουν άνοδο σε ότι αφορά την εγκατεστημένη ισχύ τους. Οι τεχνολογίες αυτές είναι πιο φιλικές στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στην ατμόσφαιρα η οποία επιβαρύνεται σε μεγάλο βαθμό όπως θα δούμε παρακάτω από την καύση του πετρελαίου και του άνθρακα.

Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη περιγραφή των συνηθέστερα χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ορυκτά καύσιμα. Περιγράφεται συνοπτικά ο τρόπος λειτουργίας τους και αναφέρονται τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους.

3.1.1 Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το γαιάνθρακα, τον πιο διαδεδομένο ενεργειακό πόρο παγκοσμίως, και ειδικά από το λιγνίτη, γίνεται σε τυπικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ατμοστρόβιλων. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς βασίζεται στους θερμοδυναμικούς κύκλους. Στους θερμοδυναμικούς κύκλους μια αλληλουχία μεταβολών σε ένα θερμοδυναμικό σύστημα πραγματοποιείται κυκλικά και σε κάθε επανάληψη έχει σαν αποτέλεσμα τη μετατροπή θερμότητας σε μηχανικό έργο. Πιο αναλυτικά οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε έναν ατμοηλεκτρικό σταθμό περιγράφονται παρακάτω.

Αρχικά, ο εξορυσσόμενος λιγνίτης μεταφέρεται με μεταφορικές ταινίες στη μονάδα θραύσης όπου θραύεται πρωτογενώς και στη συνέχεια οδηγείται στη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής όπου λειτουργεί σε ακριβές μέγεθος τεμαχίων. Έπειτα, ο λειτουργημένος λιγνίτης αναμιγνύεται με αέρα και εισάγεται στο θάλαμο καύσης όπου καίγεται προς παραγωγή θερμότητας. Με τον τρόπο αυτό μετατρέπεται η χημική ενέργεια του καυσίμου σε θερμότητα. Ταυτόχρονα, μεγάλες ποσότητες καθαρού νερού αντλούνται και κυκλοφορούν σε σωληνώσεις μέσα στο θάλαμο καύσης και έτσι το νερό προσλαμβάνει την εκλυόμενη από την καύση θερμότητα και μετατρέπεται σε υπέρθερμο και υψηλής πίεσης ατμό. Ο ατμός που δημιουργείται οδηγείται με σωληνώσεις σε ατμοστρόβιλους οι οποίοι μετατρέπουν την ενέργεια του ατμού σε κινητική ενέργεια. Η κινητική αυτή ενέργεια θέτει σε λειτουργία μια γεννήτρια και με τον τρόπο αυτό παράγεται ηλεκτρική ενέργεια η οποία μετασχηματίζεται σε υψηλής τάσης ηλεκτρισμό και οδηγείται στο σύστημα μεταφοράς. Η τάση της ηλεκτρικής ενέργειας υποβιβάζεται όταν φτάσει κοντά στους καταναλωτές και διανέμεται στους χρήστες. Παράλληλα, ο θερμός ατμός των ατμοστρόβιλων οδηγείται στο κύκλωμα συμπύκνωσης και επιστρέφει με τη μορφή νερού στο κύκλωμα ατμοποίησης του θαλάμου καύσης. Το νερό ψύξης του θερμού ατμού επιστροφής των αεριοστρόβιλων θερμαίνεται και αυτό και αφού περάσει από εναλλάκτες θερμότητας επιστρέφει στον υδάτινο πόρο από όπου αντλήθηκε έχοντας αυξημένη θερμοκρασία.

Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί έχουν σχετικά μεγάλη απόδοση και μικρό κόστος ανά παραγόμενη μονάδα ενέργειας. Επιπλέον, απαιτείται μια πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία για την εκκίνησή τους. Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιούνται σαν σταθμοί κάλυψης του βασικού φορτίου. Ωστόσο, η λειτουργία των ατμοηλεκτρικών σταθμών ενέχει και σημαντικά περιβαλλοντικά ζητήματα τα οποία είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση και η

θερμική ρύπανση των υδάτων. Τα προβλήματα αυτά είναι και τα βασικότερα μειονεκτήματα της μεθόδου (Βουρνάς κ.α. 2011).

Στην Ελλάδα, υπάρχουν λιγνιτικές μονάδες σε πολλά σημεία της χώρας οι οποίες εκμεταλλεύονται τα κοιτάσματα εγχώριου λιγνίτη. Οι λιγνιτικοί σταθμοί που είναι διασυνδεδεμένοι στο εθνικό ενεργειακό δίκτυο φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Διασυνδεδεμένοι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί στην Ελλάδα. (Δεδομένα: ΑΔΜΗΕ 2011)

<i>Σταθμός παραγωγής</i>	<i>Μονάδα παραγωγής</i>	<i>Εγκατεστημένη ισχύς [MW]</i>	<i>Καθαρή ισχύς [MW]</i>
Αγ. Δημήτριος, Κοζάνη	Αγ. Δημήτριος Ι,ΙΙ	2*300	2*274
	Αγ. Δημήτριος ΙΙΙ, ΙV	2*310	2*283
	Αγ. Δημήτριος V	375	342
Αμύνταιο, Δ. Μακεδονία	Αμύνταιο Ι, ΙΙ	2*300	2*273
Καρδιά, Δ. Μακεδονία	Καρδιά Ι, ΙΙ	2*300	2*275
	Καρδιά ΙΙΙ, ΙV	2*306	2*280
Λιπτόλ, Δ. Μακεδονία	Λιπτόλ Ι	10	8
	Λιπτόλ ΙΙ	33	30
Πτολεμαΐδα, Δ. Μακεδονία	Πτολεμαΐδα Ι	70	64
	Πτολεμαΐδα ΙΙ, ΙΙΙ	2*125	2*116
	Πτολεμαΐδα ΙV	300	274
Μεγαλόπολη Ι, Πελοπόννησος	Μεγαλόπολη Ι, ΙΙ	2*125	2*113
	Μεγαλόπολη ΙΙΙ	300	255
Μεγαλόπολη ΙΙ, Πελοπόννησος	Μεγαλόπολη ΙV	300	256
Μελίτη, Φλώρινα	Μελίτη	330	289

3.1.2 Αεριοστροβιλικοί σταθμοί

Οι αεριοστροβιλικοί σταθμοί όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενα χρησιμοποιούνται για την αξιοποίηση της θερμογόνου δύναμης των υγρών και αερίων καυσίμων όπως είναι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Οι αεριοστροβιλικές μονάδες αποτελούνται από τέσσερα βασικά στοιχεία τα οποία είναι ο συμπιεστής του αέρα καύσης, ο θάλαμος καύσης, ο αεριοστρόβιλος και η γεννήτρια. Εκτός από το θάλαμο καύσης, όλα τα υπόλοιπα στοιχεία

βρίσκονται σε κοινό άξονα μεταξύ τους. Ο συμπιεστής απορροφά περίπου τα δύο τρίτα της ισχύος του άξονα. Η ενέργεια αυτή δεν ρέει προς τα έξω ούτε χάνεται, αλλά προσδίδεται στον αέρα που συμπιέζει ο συμπιεστής. Ο ατμοσφαιρικός αέρας, αφού συμπιεστεί, οδηγείται στον θάλαμο καύσης όπου καίγονται πετρέλαιο ή φυσικό αέριο και αναμιγνύεται με αυτά. Τα αέρια προϊόντα της καύσης έχουν θερμοκρασία μέχρι 850°C περίπου. Αυτά οδηγούνται στον στρόβιλο και εκτονώνονται, οπότε μέρος της ενέργειάς τους μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια προκαλώντας την περιστροφή του στροβίλου και την έναρξη λειτουργίας της γεννήτριας.

Οι αεριοστροβιλικόι σταθμοί έχουν μικρό κόστος κεφαλαίου, περιορισμένες απαιτήσεις χώρου και χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Ωστόσο, εμφανίζουν σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης παράγοντας που έχει σαν αποτέλεσμα να μην προτιμώνται για διαρκή λειτουργία στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Επίσης, οι αεριοστρόβιλοι χρησιμοποιούνται σήμερα κατά κύριο λόγο για την υλοποίηση του συνδυασμένου κύκλου. Η γρήγορη εκκίνηση, η ταχεία ρύθμιση της αποδιδόμενης ισχύος και η πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία τους με δυνατότητα τηλεχειρισμού είναι κάποια επιπλέον πλεονεκτήματα των αεριοστροβιλικών σταθμών.

Στη χώρα μας, τέτοιου είδους σταθμοί κατασκευάζονται κυρίως στα νησιά τα οποία διαθέτουν απομονωμένα δίκτυα και δεν εντάσσονται στο εθνικό διασυνδεδεμένο δίκτυο. Το μεγάλο κόστος επένδυσης ενός ατμοηλεκτρικού σταθμού, η απόσταση των νησιών αυτών η οποία δυσχεραίνει τη μεταφορά καυσίμου καθώς επίσης και οι έντονες μεταβολές που εμφανίζονται στην ενεργειακή ζήτηση ειδικά κατά τους θερινούς μήνες, καθιστούν τους αεριοστροβιλικούς σταθμούς πετρελαίου τη βέλτιστη λύση. Ταυτόχρονα, η ΔΕΗ εφαρμόζει μια τακτική οριστικής παύσης της λειτουργίας των διασυνδεδεμένων πετρελαϊκών μονάδων, μειώνοντας κάθε χρόνο την αντίστοιχη παραγόμενη ποσότητα ενέργειας από αυτές (Βουρνάς κ.α. 2011).

Στον ακόλουθο Πίνακα 3.2 φαίνονται οι διασυνδεδεμένες πετρελαϊκές μονάδες αεριοστρόβιλων της χώρας μας καθώς επίσης και οι μονάδες των μεγάλων νησιών, και η ισχύς τους.

Πίνακας 3.2: Πετρελαϊκές μονάδες αεριοστρόβιλων στην Ελλάδα. (Δεδομένα: ΑΔΜΗΕ 2011)

<i>Σταθμός παραγωγής</i>	<i>Μονάδα παραγωγής</i>	<i>Εγκατεστημένη ισχύς [MW]</i>	<i>Καθαρή ισχύς [MW]</i>
Αλιβέρι	Αλιβέρι III, IV	2*150	2*144
Λαύριο	Λαύριο I	130	123
	Λαύριο II	300	287
Λινοπεράματα, Ηράκλειο Κρήτης	Λινοπεράματα	192,87	180
Ρόδος		206,11	188

Στην Ελλάδα υπάρχουν επίσης και αεριοστροβιλικόι σταθμοί διασυνδεδεμένοι στο δίκτυο, οι οποίοι χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο. Οι μονάδες αυτές φαίνονται παρακάτω στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3: Διασυνδεδεμένοι αεριοστροβιλικόι σταθμοί φυσικού αερίου (Δεδομένα: ΑΔΜΗΕ 2011)

<i>Σταθμός παραγωγής</i>	<i>Μονάδα παραγωγής</i>	<i>Εγκατεστημένη ισχύς [MW]</i>	<i>Καθαρή ισχύς [MW]</i>
Αγ. Γεώργιος, Κερατσίνι	Αγ. Γεώργιος VIII	160	151
	Αγ. Γεώργιος IX	200	188
ΘΗΣ Ήρων, Θήβα	Ήρων	147.6	143

3.2 Βελτιωμένες μέθοδοι

Η ανάγκη αύξησης της ενεργειακής απόδοσης των συμβατικών μεθόδων ηλεκτροπαραγωγής, η παγκόσμια ανάγκη για μείωση της κατανάλωσης των συμβατικών ορυκτών καυσίμων λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας των αποθεμάτων τους καθώς επίσης και η επιτακτική ανάγκη μείωσης των αερίων εκπομπών ρύπων με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος, οδήγησαν σε ανάπτυξη νέων βελτιωμένων μεθόδων για ηλεκτροπαραγωγή από ορυκτά καύσιμα. Οι μέθοδοι αυτές περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω.

3.2.1 Μονάδες συνδυασμένου κύκλου

Η βασική αρχή λειτουργίας των μονάδων συνδυασμένου κύκλου είναι η χρήση της θερμότητας των καυσαερίων που παράγονται από έναν ή περισσότερους αεριοστρόβιλους προκειμένου να παραχθεί ατμός σε έναν ατμοπαραγωγό και έτσι να τεθεί σε λειτουργία ένας ατμοστρόβιλος και στη συνέχεια μια ηλεκτρογεννήτρια. Με τον τρόπο αυτό έχουμε συνδυασμένη, ταυτόχρονη λειτουργία αεριοστρόβιλων και ατμοστρόβιλων. Με τη χρήση της τεχνολογίας του συνδυασμένου κύκλου αξιοποιείται το υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο των καυσαερίων και επιπλέον αξιοποιείται η θερμότητα που αλλιώς θα απορριπτόταν στο περιβάλλον.

Το βασικό στοιχείο των μονάδων συνδυασμένου κύκλου είναι η απαίτηση το χρησιμοποιούμενο καύσιμο να είναι απαλλαγμένο από αιωρούμενα σωματίδια. Για το λόγο αυτό, στους σταθμούς συνδυασμένου κύκλου χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο φυσικό αέριο, το οποίο είναι κατάλληλο και σχετικά φθινό για χρήση σε αεριοστρόβιλους μονάδων συνδυασμένου κύκλου.

Ωστόσο, ο περιορισμός αυτός των μονάδων συνδυασμένου κύκλου αποτέλεσε κίνητρο για την ανάπτυξη τεχνολογιών παραγωγής καυσαερίων χωρίς αιωρούμενα σωματίδια από τον άνθρακα, κάτι το οποίο θεωρούνταν δύσκολο έως και αδύνατο όταν το χρησιμοποιούμενο καύσιμο ήταν στερεός άνθρακας. Ο στόχος αυτός επιτεύχθηκε με την ανάπτυξη της τεχνολογίας αεριοποίησης του άνθρακα η οποία πλέον χρησιμοποιείται ευρύτατα. Κατά τη διαδικασία αυτή, ο άνθρακας αντιδρά με οξυγόνο και υδρατμό και σαν αποτέλεσμα όλη η οργανική ύλη του άνθρακα μετατρέπεται σε αέριο.

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου παρουσιάζουν αυξημένο βαθμό απόδοσης σε σχέση με τις συμβατικές θερμικές μονάδες ενώ επιπλέον ανταπεξέρχονται γρήγορα σε διαταραχές της ζήτησης. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα των μονάδων συνδυασμένου κύκλου είναι οι σημαντικά μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σχέση με τους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, το οποίο οφείλεται κατά κύριο λόγο στον αυξημένο βαθμό απόδοσής τους. Τέλος, οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου έχουν ευελιξία ως προς το χρησιμοποιούμενο καύσιμο καθώς μπορούν να αξιοποιήσουν φυσικό αέριο, προϊόντα του πετρελαίου καθώς επίσης και άνθρακα, έπειτα από αεριοποίηση όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο (Βουρνάς κ.α. 2011).

Στον Πίνακα 3.4 φαίνονται οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στη χώρα μας και οι οποίοι έχουν διασυνδεθεί με το εθνικό δίκτυο.

Πίνακας 3.4: Μονάδες φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου, διασυνδεδεμένες στο δίκτυο. (Δεδομένα: ΑΔΜΗΕ 2011)

Σταθμός παραγωγής	Μονάδα παραγωγής	Εγκατεστημένη ισχύς [MW]	Καθαρή ισχύς [MW]
Κομοτηνή	Κομοτηνή	484.6	476.3
Λαύριο	Λαύριο III	176.5	173.4
	Λαύριο IV	560	550.2
	Λαύριο V	385.3	377.7
Ενεργειακή Θεσσαλονίκης	ΘΗΣ ΕΝΘΕΣ	390	384.5

3.2.2 Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θέρμανσης

Είναι γεγονός ότι κατά τη λειτουργία των θερμοηλεκτρικών σταθμών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ένα μεγάλο ποσοστό της ενέργειας που αποδίδει το κάθε καύσιμο, εκλύεται με τη μορφή θερμότητας στο περιβάλλον. Το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει μέχρι και το 70% υπό ορισμένες συνθήκες. Παλιότερα, ο μόνος τρόπος αξιοποίησης της θερμότητας αυτής ήταν η χρησιμοποίησή της για την ξήρανση του χρησιμοποιούμενου καυσίμου στο σταθμό ηλεκτροπαραγωγής. Ωστόσο, μέχρι πριν από λίγα χρόνια η ανάγκη για περαιτέρω αξιοποίηση της θερμότητας αυτής ήταν επιτακτική, γεγονός που οδήγησε στην ανάπτυξη της μεθόδου συμπαραγωγής.

Κατά τη συμπαραγωγή, η θερμότητα που υπό άλλες συνθήκες θα αποβαλλόταν στο περιβάλλον, διατίθεται ως έχει σε καταναλωτές θερμικής ενέργειας εξοικονομώντας παράλληλα τα καύσιμα που θα ήταν απαραίτητα για την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό έχουμε απόδοση καυσίμου έως και 90% και σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος συμπαραγωγής είναι η τηλεθέρμανση, η παροχή δηλαδή ζεστού νερού σε διάφορες εγκαταστάσεις, όπως π.χ. ξενοδοχεία. Επιπλέον, συχνά διατίθεται ατμός υψηλής ενεργειακής αξίας σε διάφορων ειδών βιομηχανίες.

Η μέθοδος της συμπαραγωγής συμβάλλει στη δραστική μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων και ταυτόχρονα μειώνει την ποσότητα εισαγόμενων καυσίμων στη χώρα μας τα οποία θα

χρειάζονταν για την ξεχωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Βασικό μειονέκτημα των συστημάτων συμπαραγωγής είναι ότι αυτά εγκαθίστανται κοντά σε αστικά κέντρα και επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με καυσαέρια (Βουρνάς κ.α. 2011).

Στην Ελλάδα, η συμπαραγωγή εφαρμόζεται σε περιορισμένο βαθμό προς το παρόν, ωστόσο κερδίζει έδαφος συνεχώς με την πάροδο του χρόνου. Στον ακόλουθο Πίνακα 3.5 φαίνονται οι εγκατεστημένες μονάδες συμπαραγωγής που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο.

Πίνακας 3.5: Μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας διασυνδεδεμένες στο εθνικό δίκτυο. (Δεδομένα: ΑΔΜΗΕ 2011)

<i>Σταθμός παραγωγής</i>	<i>Μονάδα παραγωγής</i>	<i>Εγκατεστημένη ισχύς [MW]</i>	<i>Καθαρή ισχύς [MW]</i>
ΕΛΠΕ, Ασπρόπυργος	ΕΛΠΕ	50	50
Μότορ Όϊλ, Αγ. Θεόδωροι	Μότορ Όϊλ	66.1	66.1

3.2.3 Δέσμευση και αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα

Η δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα αποτελεί σειρά τεχνολογικών διεργασιών οι οποίες συνεπάγονται τη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα από τα αέρια που απορρίπτονται από τη βιομηχανία, και τη μεταφορά και έγχυσή τους σε γεωλογικούς σχηματισμούς. Η μεγαλύτερη εφαρμογή της δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα αφορά τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, κυρίως γαιάνθρακα και φυσικό αέριο. Η μέθοδος μπορεί επίσης να βρει εφαρμογές σε βιομηχανίες που εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου, όπως οι τσιμεντοβιομηχανίες, τα διυλιστήρια πετρελαίου, οι χαλυβουργίες, τα πετροχημικά συγκροτήματα, ο κλάδος επεξεργασίας πετρελαίου και αερίου και διάφοροι άλλοι κλάδοι.

Κατατάσσουμε την τεχνολογία δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα στις βελτιωμένες μεθόδους καθώς με την εγκατάσταση μιας τέτοιας διάταξης σε υφιστάμενες ή νέες μονάδες έχουμε μείωση των εκπομπών ρύπων και έτσι βελτίωση σε ότι αφορά την περιβαλλοντική επίδραση των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από ορυκτά καύσιμα. Επιπλέον, η προσθήκη εξοπλισμού δέσμευσης και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα επιβαρύνει σημαντικά το

κόστος επένδυσης μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο. Η τεχνολογία της δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα δεν έχει φτάσει ακόμη σε τεχνική ωριμότητα ώστε να εφαρμόζεται ευρέως. Επιπλέον προς το παρόν δεν είναι υποχρεωτική από την Ευρωπαϊκή Ένωση, ωστόσο οι μειώσεις που απαιτείται να γίνουν στις εκπομπές αερίων ρύπων, από το ισχύον νομικό πλαίσιο τείνουν να κάνουν την εφαρμογή της τεχνολογίας απαραίτητη τα επόμενα χρόνια (IEA 2012).

3.3 Πυρηνικοί αντιδραστήρες

Στο εσωτερικό των πυρηνικών αντιδραστήρων πραγματοποιείται ελεγχόμενη αντίδραση πυρηνικής σχάσης η οποία οδηγεί στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, από τη σχάση απελευθερώνονται νετρόνια τα οποία προκαλούν επιπλέον διάσπαση άλλων ατόμων με αποτέλεσμα τη συνεχή εξέλιξη μιας αλυσιδωτής αντίδρασης.

Στο κέντρο του πυρηνικού αντιδραστήρα τοποθετείται επιβραδυντικό υλικό και ρυθμιστικές ράβδοι, τα οποία ρυθμίζουν την αλυσιδωτή αντίδραση συγκρατώντας την σε σταθερό ρυθμό. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια ομαλή ροή της παραγόμενης θερμότητας. Ταυτόχρονα, μέσα στον αντιδραστήρα κυκλοφορεί ένα ψυκτικό μέσο το οποίο απορροφά την παραγόμενη θερμότητα και στη συνέχεια διοχετεύεται σε έναν εναλλάκτη θερμότητας όπου προκαλεί βρασμό στο νερό που υπάρχει εκεί. Το ψυκτικό μέσο μπορεί να είναι αέριο ή και υγρό, όπως νερό. Έπειτα, ο ατμός που παράγεται από το βρασμό θέτει σε λειτουργία στροβίλους οι οποίοι παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Σε κάποιες περιπτώσεις παράγεται κινητική ενέργεια όπως συμβαίνει με τα πυρηνοκίνητα πλοία και υποβρύχια.

Είναι γεγονός ότι από τον πυρηνικό αντιδραστήρα εκπέμπεται μεγάλη ποσότητα ακτινοβολίας η οποία και αξιοποιείται στην παραγωγή ραδιοϊσοτόπων. Ο πυρηνικός αντιδραστήρας φέρει προστατευτικά στρώματα θωράκισης τα οποία συγκρατούν την ακτινοβολία από το να διαφύγει στο περιβάλλον. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι οι εργαζόμενοι σε πυρηνικές εγκαταστάσεις είναι υποχρεωμένοι να είναι εξοπλισμένοι με φορητούς ανιχνευτές ραδιενέργειας.

Οι σύγχρονοι αντιδραστήρες χρησιμοποιούν ως καύσιμο εμπλουτισμένο ουράνιο, μικτό οξείδιο ή ακόμη και φυσικό ουράνιο. Το εμπλουτισμένο ουράνιο προτιμάται γιατί έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα ισότοπου ^{235}U σε σχέση με το φυσικό ουράνιο. Το μικτό οξείδιο περιέχει τα ισότοπα ^{239}Pu και ^{240}Pu του πλουτωνίου, το οποίο είναι ένα ακόμη πυρηνικό ραδιενεργό στοιχείο.

Υπάρχουν διάφορα είδη πυρηνικών αντιδραστήρων τα οποία χρησιμοποιούνται παγκοσμίως για την παραγωγή ενέργειας. Οι αντιδραστήρες πεπιεσμένου ύδατος (PWR) και οι αντιδραστήρες ζέοντος ύδατος (BWR) αποτελούν το 72% των εγκατεστημένων πυρηνικών αντιδραστήρων. Άλλα είδη αντιδραστήρων είναι οι αντιδραστήρες πεπιεσμένου βαρέος ύδατος (HPWR) και οι αντιδραστήρες ζέοντος βαρέου ύδατος (HBWR).

Οι αντιδραστήρες που έχουν εγκατασταθεί μέχρι σήμερα είναι πρώτης, δεύτερης και τρίτης γενιάς. Στο άμεσο μέλλον αναμένεται να κατασκευασθούν και αντιδραστήρες της επόμενης γενιάς (III+), ενώ περίπου το 2025 εκτιμάται ότι θα μπορεί να αρχίσει η εγκατάσταση για εμπορική χρήση πυρηνικών σταθμών τέταρτης γενιάς (IV). Οι αντιδραστήρες τέταρτης γενιάς είναι πραγματικά καινοτομικοί. Θα συνδυάζουν κορυφαία χαρακτηριστικά ασφάλειας με ανταγωνιστικές οικονομικές δυνατότητες. Στα σχέδια αυτά χρησιμοποιούνται λειτουργίες παθητικής ασφάλειας, ώστε να εξασφαλίζεται μηδενικός αντίκτυπος στην περιοχή έξω από το εργοστάσιο ακόμα και στα χειρότερα σενάρια ατυχημάτων. Επιπλέον, θα κάνουν πολύ πιο αποτελεσματική χρήση των πόρων ουρανίου. Ορισμένα σχέδια χρησιμοποιούν κλειστούς κύκλους καυσίμου ώστε τα απόβλητα να καταστρέφονται μέσα στον αντιδραστήρα, μειώνοντας έτσι τις τελικές ποσότητες αποβλήτων και ενισχύοντας την αντίσταση στη διάδοση των πυρηνικά ενεργών υλικών.

Το βασικό πλεονέκτημα των πυρηνικών σταθμών είναι ότι δεν εκπέμπονται ατμοσφαιρικοί ρύποι κατά τη λειτουργία τους. Επιπρόσθετα, το βάρος και ο απαιτούμενος όγκος του καυσίμου υλικού είναι κατά πολύ μικρότερος από τα αντίστοιχα σε ένα θερμικό σταθμό. Ωστόσο, οι πυρηνικοί σταθμοί εμφανίζουν λίγα αλλά ιδιαίτερα σημαντικά μειονεκτήματα με σημαντικότερο όλων το θέμα της ασφάλειάς τους. Παρά τα αυξημένα μέτρα ασφαλείας με τα οποία σχεδιάζονται οι πυρηνικοί σταθμοί, στο πρόσφατο παρελθόν έχουν συμβεί ολέθρια πυρηνικά ατυχήματα με καταστροφικές συνέπειες για την ανθρωπότητα μέχρι και σήμερα. Όπως είναι φυσικό αυτή τη στιγμή γίνονται βήματα προς τη βελτίωση των προδιαγραφών ασφαλείας. Επιπλέον οι πυρηνικοί σταθμοί παράγουν μεγάλες ποσότητες ραδιενεργών αποβλήτων για τα οποία δεν έχει βρεθεί ακόμη τρόπος να διατίθενται με ασφάλεια στο έδαφος. Ένας άλλος περιορισμός που αφορά τη λειτουργία των πυρηνικών σταθμών είναι το γεγονός ότι πρέπει η σύνδεσή τους με το δίκτυο να είναι πάντα εξασφαλισμένη καθώς ενδεχόμενη ξαφνική αποσύνδεσή τους μπορεί να προκαλέσει διακοπή της λειτουργίας τους και όποιες συνέπειες δημιουργούνται από αυτό. Τέλος, λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής τους και του χαμηλού κόστους λειτουργίας τους πρέπει να λειτουργούν σαν σταθμοί βάσης. Αν η λειτουργία τους συνδυάζεται με τη λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού σταθμού, συμβάλλει στην καλύτερη αξιοποίησή τους (Βουρνάς κ.α. 2011; ITER).

Στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή δεν υπάρχουν ούτε και κατασκευάζονται πυρηνικοί σταθμοί. Στον ακόλουθο Πίνακα 3.6 φαίνεται το πλήθος των πυρηνικών αντιδραστήρων και το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος ανά χώρα

Πίνακας 3.6: Ισχύς από πυρηνικούς αντιδραστήρες ανά τον κόσμο. (Πηγή: www.euronuclear.com)

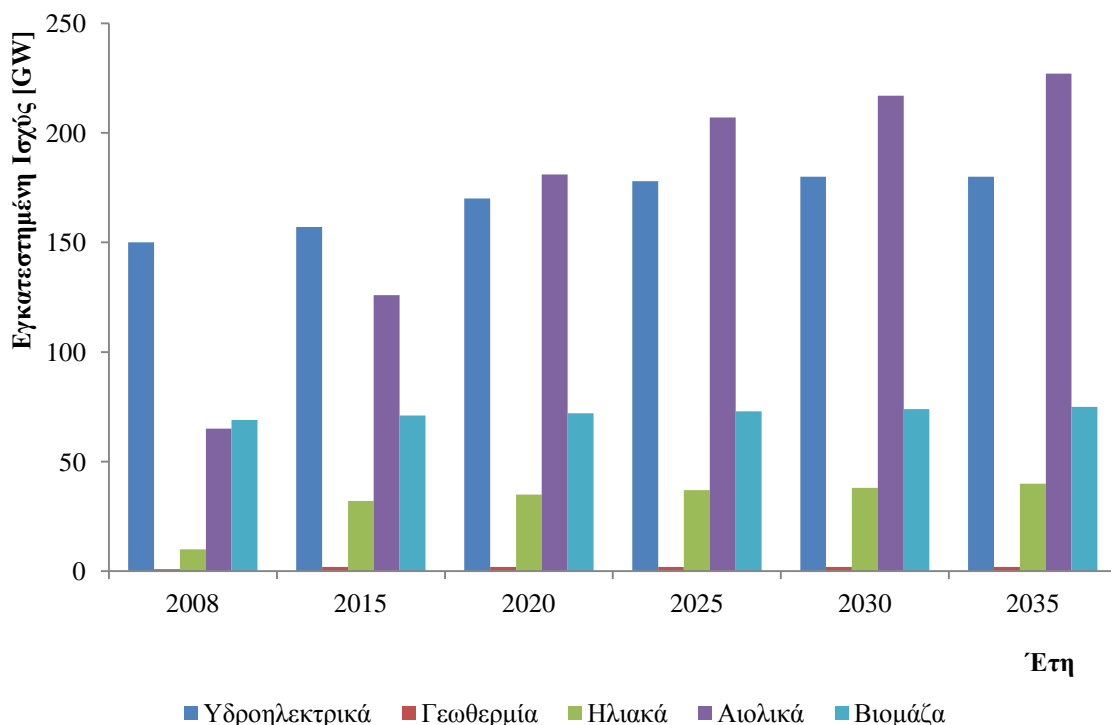
<i>Χώρα</i>	<i>Σε λειτουργία</i>		<i>Υπό κατασκευή</i>	
	<i>Αριθμός</i>	<i>Ισχύς [MW]</i>	<i>Αριθμός</i>	<i>Ισχύς [MW]</i>
Αργεντινή	2	935	1	692
Αρμενία	1	375	-	-
Βέλγιο	7	5927	-	-
Βραζιλία	2	1884	1	1245
Βουλγαρία	2	1906	-	-
Καναδάς	18	12604	-	-
Κίνα	22	16834	28	29220
Τσεχία	6	3766	-	-
Φιλανδία	4	2736	1	1600
Γαλλία	58	63130	1	1600
Γερμανία	9	12068	-	-
Ουγγαρία	4	1889	-	-
Ινδία	20	4391	7	4824
Ιράν	1	915	-	-
Ιαπωνία	50	44215	2	2650
Κορέα	23	20671	3	3640
Μεξικό	2	1300	-	-
Ολλανδία	1	482	-	-
Πακιστάν	3	725	2	630
Ρουμανία	2	1300	-	-
Ρωσία	33	23643	11	9927
Σλοβακία	4	1816	2	782
Σλοβενία	1	688	-	-
Ν. Αφρική	2	1830	-	-
Ισπανία	8	7567	-	-
Σουηδία	10	9325	-	-
Ελβετία	5	3263	-	-
Ουκρανία	15	13107	2	1900
Ηνωμένο Βασίλειο	16	9246	-	-
ΗΠΑ	104	101465	1	1165

3.4 Τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας γίνεται από τα αρχαία χρόνια. Ωστόσο, στις μέρες μας έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες που αξιοποιούν στο έπακρο τον άνεμο, τον ήλιο, τη ροή του νερού, τα κύματα, κλπ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συμβάλλοντας έτσι στην περιβαλλοντική αειφόρο ενεργειακή ανάπτυξη.

Οι μέθοδοι παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές δεν χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, δεν παράγουν ρύπους και προκαλούν ελάχιστα περιβαλλοντικά προβλήματα. Για το λόγο αυτό αναπτύσσονται διαρκώς κερδίζοντας έδαφος στο παγκόσμιο ενεργειακό μίγμα.

Στο ακόλουθο Σχήμα 3.2 φαίνεται η εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανά πηγή, στις ευρωπαϊκές χώρες του ΟΟΣΑ στις οποίες συμπεριλαμβάνεται και η Ελλάδα.



Σχήμα 3.2: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος από ανανεώσιμες πηγές στις ευρωπαϊκές χώρες του ΟΟΣΑ. (Δεδομένα: EIA 2011)

Όπως απεικονίζεται στο προηγούμενο σχήμα, όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναμένεται να παρουσιάσουν αύξηση σε ότι αφορά την εγκατεστημένη ισχύ των αντίστοιχων μεθόδων ηλεκτροπαραγωγής. Τα υδροηλεκτρικά έργα και οι αιολικές διατάξεις εκτιμάται ότι θα εμφανίσουν τη μεγαλύτερη ανάπτυξη τα επόμενα χρόνια κάτι το οποίο δικαιολογείται απόλυτα από το γεγονός ότι είναι ιδιαίτερα αποδοτικές τεχνολογίες. Τα ηλιακά συστήματα βρίσκονται στην επόμενη θέση καθώς η διαρκής εξέλιξη της τεχνολογίας συμβάλλει ολοένα και περισσότερο στην αύξηση της απόδοσης των ηλιακών διατάξεων. Επιπλέον, τα επόμενα χρόνια τα ηλιακά και φωτοβολταϊκά συστήματα αναμένεται να είναι πιο ανταγωνιστικά σε ότι αφορά το κόστος εγκατάστασής τους το οποίο παραμένει σε υψηλά επίπεδα μέχρι σήμερα.

Η γεωθερμία και η βιομάζα εμφανίζουν τη μικρότερη ίσως ανάπτυξη λόγω της πολυπλοκότητας των αντίστοιχων τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής η οποία θα εξεταστεί παρακάτω. Στο παραπάνω σχήμα δε συμπεριλαμβάνεται η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων εκμετάλλευσης της θαλάσσιας και κυματικής ενέργειας καθώς αυτή βρίσκεται ακόμα σε πρωταρχικό στάδιο σε ότι αφορά την εμπορευματοποίησή της και είναι δύσκολο να γίνουν ασφαλείς εκτιμήσεις για την εξέλιξή της.

Στη συνέχεια γίνεται μια περιγραφή των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και αναπτύσσεται ο τρόπος λειτουργίας τους και οι βασικές του συνιστώσες.

3.4.1 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί

Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς μετατρέπεται η κινητική ή και δυναμική ενέργεια του τρεχούμενου νερού σε ηλεκτρική ενέργεια. Το νερό χρησιμοποιείται για την περιστροφή ενός υδροστροβίλου και έπειτα ο στρόβιλος περιστρέφει μια γεννήτρια και με τον τρόπο αυτό παράγεται ηλεκτρισμός. Η κατασκευή του υδροηλεκτρικού σταθμού μπορεί να γίνει είτε με δεξαμενή, με κατάλληλο φράγμα σε κάποιο ποτάμι, είτε σαν σταθμός φυσικής ροής σε μεγάλα ποτάμια. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός εγκαθίσταται είτε στη βάση του φράγματος, είτε χαμηλότερα ώστε να δημιουργείται υψομετρική διαφορά και να γίνεται εκμετάλλευση της υδατοπτώσεως. Το νερό μέσω αγωγού πτώσης διοχετεύεται από τον ταμιευτήρα στον υδροηλεκτρικό σταθμό όπου και θέτει σε λειτουργία τον υδροστρόβιλο και τη γεννήτρια που είναι σε κοινό άξονα με αυτόν. Με τον τρόπο αυτό η κινητική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική.

Πολλές παράμετροι λαμβάνονται υπόψη κατά τη μελέτη και το σχεδιασμό ενός υδροηλεκτρικού έργου. Πιο αναλυτικά, μελετάται η υδρολογία της περιοχής κυρίως για την εκτίμηση της ποσότητας της ροής του νερού η οποία θα εισέρχεται και η οποία είναι καθοριστική για το μέγεθος του σταθμού. Επιπλέον, εξετάζονται η τοπογραφία και η γεωλογία της περιοχής. Πρέπει να εξασφαλίζεται η δυνατότητα αποθήκευσης της συνολικής μάζας του νερού της περιοχής και επιπλέον να υπάρχει εξασφάλιση σε ότι αφορά προβλήματα διαρροών και αστάθειας λόγω σεισμικότητας. Η τελική μορφή του υδροηλεκτρικού σταθμού και η τεχνολογία που θα επιλεγεί καθορίζονται από τις απαιτήσεις ισχύος και από τις ενεργειακές ανάγκες που πρόκειται να καλύψει ο σταθμός.

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες υδροηλεκτρικών σταθμών, οι σταθμοί φυσικής ροής ποταμού και οι σταθμοί αποθήκευσης. Στην πρώτη κατηγορία, το νερό μέσω της φυσικής του ροής κινεί απευθείας υδροστρόβιλους για την παραγωγή ενέργειας. Η ποσότητα νερού που ενδεχομένως αποθηκεύεται σε αυτούς τους σταθμούς εξασφαλίζει τη λειτουργία μιας μέρας ή εβδομάδας. Επιπλέον, η παραγόμενη ισχύς επηρεάζεται κατά πολύ από τις εποχιακές μεταβολές της ποσότητας του νερού. Αυτού του είδους οι σταθμοί κατασκευάζονται σε ποτάμια με μεγάλη ροή όπου υπάρχει μικρό σχετικά βάθος. Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα, τα οποία αξιοποιούν τη διαθέσιμη κάθε φορά παροχή είναι σταθμοί φυσικής ροής.

Η δεύτερη κατηγορία υδροηλεκτρικών σταθμών, οι σταθμοί αποθήκευσης αποτελούν την πιο συνηθισμένη λύση για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το υδροδυναμικό. Στους

σταθμούς αυτούς κατασκευάζεται φράγμα και έτσι δημιουργείται ταμιευτήρας. Ο ταμιευτήρας, έχει αποθηκευτική χωρητικότητα η οποία μπορεί να ανταπεξέρχεται στις εποχιακές μεταβολές της ποσότητας του νερού και η οποία δίνει τη δυνατότητα σταθερής παραγωγής ηλεκτρισμού σε όλη τη διάρκεια του έτους. Σε σταθμούς με πολύ μεγάλα φράγματα μπορεί να αποθηκευτεί ποσότητα νερού η οποία εξασφαλίζει τη λειτουργία του σταθμού για μερικά έτη.

Ένας άλλος τύπος σταθμού ο οποίος χρησιμοποιείται πολύ συχνά για ηλεκτροπαραγωγή είναι οι σταθμοί άντλησης και αποθήκευσης νερού. Στους σταθμούς αυτούς υπάρχουν δύο ταμιευτήρες και το νερό αφού αφήσει τον πρώτο ταμιευτήρα ο οποίος βρίσκεται ψηλά, διέρχεται από τους υδροστροβίλους όπου παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, στη συνέχεια ρέει στον δεύτερο ταμιευτήρα ο οποίος βρίσκεται χαμηλά. Το νερό παραμένει αποθηκευμένο στο δεύτερο ταμιευτήρα μέχρι να εμφανιστεί αυξημένη ζήτηση ενέργειας. Τότε, μέρος του αποθηκευμένου νερού αντλείται και μεταφέρεται στον ταμιευτήρα που βρίσκεται υψηλά οπότε και επαναλαμβάνεται ο κύκλος παραγωγής ηλεκτρισμού. Η άντληση αυτή γίνεται με αναστροφή της λειτουργίας των στροβίλων οι οποίοι λειτουργούν σαν αντλίες και απαιτεί ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να πραγματοποιηθεί, η οποία λαμβάνεται από το δίκτυο. Οι σταθμοί άντλησης και αποθήκευσης νερού αποτελούν την πλέον ιδανική λύση για την αποθήκευση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το νερό.

Όπως είναι εμφανές, η λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού σταθμού βασίζεται κατά κύριο λόγο στο μανομετρικό ύψος μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Ανάλογα με την υψομετρική διαφορά του νερού που διεργάζονται οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί, τους διακρίνουμε σε σταθμούς χαμηλής (0-20m), μέσης (20-100m), και υψηλής πίεσης (>100m). Οι υψομετρικές διαφορές μπορεί να είναι από μερικά μέτρα, π.χ. 3 m έως και 1500 m περίπου.

Η άλλη βασική συνιστώσα ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι ο υδροστροβίλος. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι υδροστροβίλων:

(α) Δράσης, όπου το υδατόρευμα προσπίπτει μέσω ακροφυσίου με τη μορφή φλέβας στην εσωτερική στεφάνη. Επιλέγεται όταν υπάρχει μεγάλο ύψος υδατόπτωσης. Τέτοιοι είναι οι υδροστροβίλοι τύπου Pelton.

(β) Ανάδρασης, όπου όλος ο δρομέας είναι βυθισμένος στο νερό και υπάρχει εισροή από όλη την περιφέρεια. Τέτοιοι είναι οι υδροστροβίλοι τύπου Francis και Kaplan.

Οι στρόβιλοι τύπου Francis χρησιμοποιούνται για μεσαίες τιμές υδραυλικού φορτίου από 10 έως 150 m και αποδίδουν καλύτερα όταν η ταχύτητα του νερού είναι παραπλήσια με αυτήν των περυγίων τους. Οι στρόβιλοι τύπου Kaplan χρησιμοποιούνται όταν το ύψος της υδατόπτωσης είναι χαμηλό αλλά η παροχή μεγάλη.

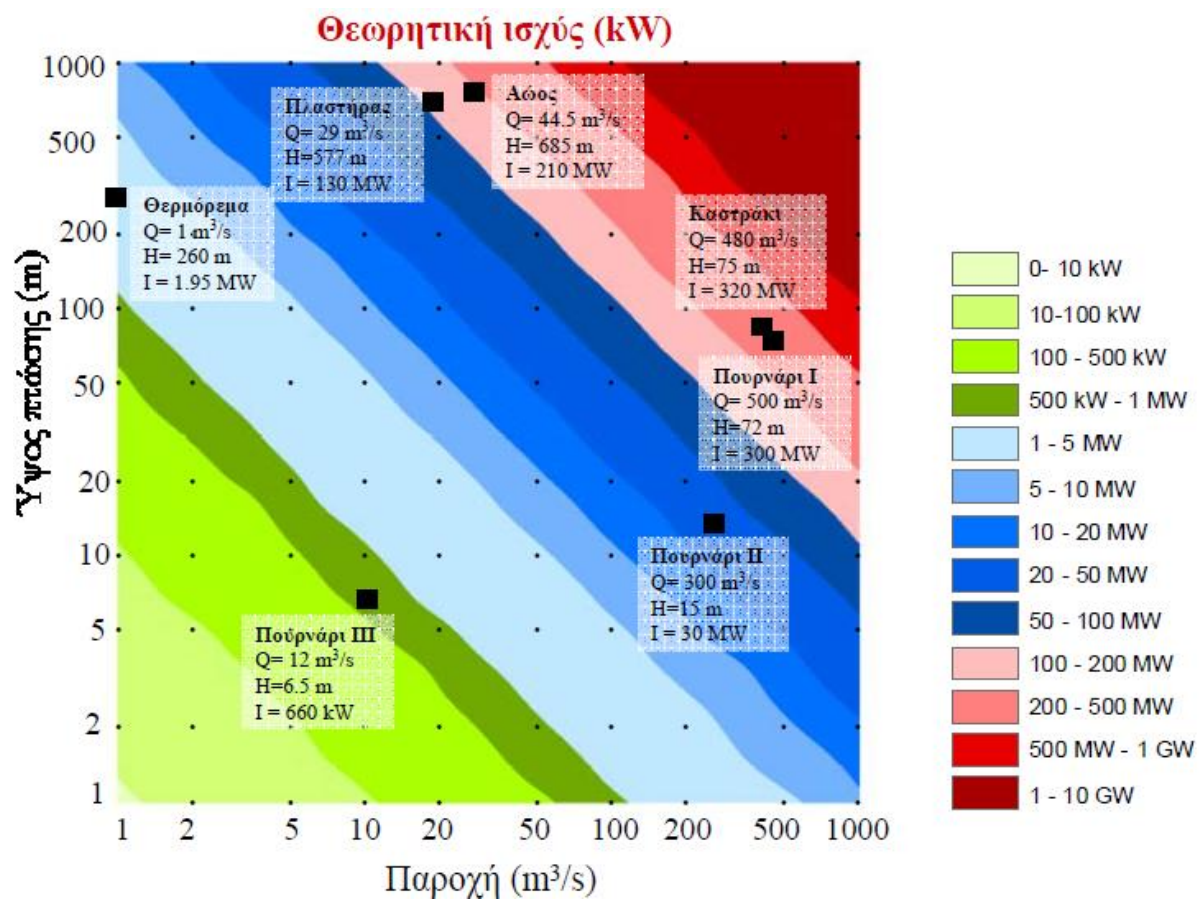
Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των υδροηλεκτρικών έργων είναι ότι χρησιμοποιούν τις υδατοπτώσεις, μια ανεξάντλητη πηγή για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Επίσης, η κατασκευή ενός υδροηλεκτρικού έργου σχετίζεται πολύ συχνά και με άλλες χρήσεις όπως για παράδειγμα άρδευση, ύδρευση, αλιεία, αναψυχή κλπ. Στον οικονομικό τομέα, ενώ η κατασκευή τους είναι ιδιαίτερα ακριβή και χρονοβόρα, η μικρή απασχόληση προσωπικού και η ελάχιστη απαιτούμενη συντήρηση καθιστούν το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του σταθμού ιδιαίτερα χαμηλό. Σε ότι αφορά την αξιοπιστία τους οι υδροστρόβιλοι είναι αξιόπιστες μηχανές που δεν απαιτούν ιδιαίτερη επίβλεψη. Τα υδροηλεκτρικά έργα συμβάλλουν επίσης στην αναβάθμιση των απομακρυσμένων περιοχών όπου εγκαθίστανται καθώς κατασκευάζονται έργα πρόσβασης όπως για παράδειγμα δρόμοι, γέφυρες, κλπ. Επιπλέον, η διάρκεια ζωής τους είναι πολύ μεγάλη και μπορεί να επιμηκυνθεί ακόμα περισσότερο με την κατάλληλη ανανέωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Τέλος, οι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί έχουν τη δυνατότητα πολύ γρήγορης παραλαβής και απόρριψης φορτίου και έτσι μπορούν να ανταπεξέρχονται στην κάλυψη των αιχμών του δικτύου.

Ωστόσο, τα υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα με σημαντικότερο όλων το μεγάλο χρόνο και κόστος κατασκευής τους, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Επίσης, η ετήσια παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει διακυμάνσεις οι οποίες σχετίζονται με τις εποχιακές μεταβολές των βροχοπτώσεων και των χιονοπτώσεων. Τέλος, επειδή η κατασκευή τους γίνεται συνήθως σε απομακρυσμένες περιοχές όπου υπάρχουν μεγάλες παροχές, το κόστος κατασκευής τους επιβαρύνεται σημαντικά από τα έργα μεταφοράς της παραγόμενης ενέργειας.

Οι περισσότεροι υδροηλεκτρικοί σταθμοί στη χώρα μας είναι σταθμοί δεξαμενής, ρυθμιζόμενης ισχύος. Ο βαθμός απόδοσής τους κυμαίνεται συνήθως από 80% έως 95%. Η ηλεκτρική παραγωγή, όλων των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών κυμαίνεται από 4.000 έως 5.000 GWh, ποσότητα που αποτελεί το 10% περίπου της συνολικής ηλεκτρικής παραγωγής της χώρας μας. Ο συνολικός διαθέσιμος ωφέλιμος όγκος όλων των ταμιευτήρων είναι 5.300 εκατομμύρια m³, ενώ πρέπει να αναφερθεί ότι το 30% περίπου του ωφέλιμου

όγκου των ταμιευτήρων όλων των υδροηλεκτρικών, χρησιμοποιείται κατά προτεραιότητα για άλλες χρήσεις, εκτός της ηλεκτροπαραγωγής (Μαμάσης 2011a; Βουρνάς κ.α. 2011)

Στον Πίνακα 3.7 φαίνονται οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί της χώρας μας καθώς επίσης και κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά για κάθε έναν από αυτούς, ενώ στο Σχήμα 3.3 φαίνεται μια απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος τους ανάλογα με το ύψος πτώσης και την παροχή.



Σχήμα 3.3: Διακύμανση της ισχύος των σπουδαιότερων υδροηλεκτρικών έργων στην Ελλάδα ανάλογα με την παροχή και το ύψος πτώσης. (Πηγή: Μαμάσης 2011a)

Πίνακας 3.7: Υδροηλεκτρικοί σταθμοί διασυνδεδεμένοι στο εθνικό δίκτυο. (Δεδομένα: Μαμάσης, 2011a)

<i>Υδροηλεκτρικός σταθμός</i>	<i>Ποταμός</i>	<i>Τύπος στροβίλου</i>	<i>Ισχύς στροβίλου [MW]</i>	<i>Αριθμός στροβίλων</i>	<i>Συνολική ισχύς [MW]</i>
Πολυφύτου	Αλιάκμονας	Francis	125	3	375
Σφηκιάς, με άντληση	Αλιάκμονας	Francis pump	105	3	315
Ασωμάτων	Αλιάκμονας	Francis	54	2	108
Μακροχωρίου	Αλιάκμονας	Kaplan	3.6	3	10.8
Βερμίου	Αλιάκμονας	Francis	0.75	2	1.5
Άγρα	Αλιάκμονας	Francis	25	2	50
Εδεσσαίου	Αλιάκμονας	Francis	19	1	19
Πουρναρίου I	Άραχθος	Francis	100	3	300
Πουρναρίου II	Άραχθος	bulb, S units	16, 1.6	2, 1	33.6
Αωού	Αωός	Pelton	105	2	210
Κρεμαστών	Αχελώος	Francis	109.3	4	437.2
Καστρακίου	Αχελώος	Francis	80	4	320
Στάτου I	Αχελώος	Francis	75	2	150
Στράτου II	Αχελώος	Tube-S Type	6.2	1	6.2
Πλαστήρα	Αχελώος	Francis	43.3	3	129.9
Γλαύκου	Γλαύκος	Pelton, Francis	1.3, 2.4	1, 1	3.7
Λάδωνα	Λάδωνας	Francis	35	2	70
Θησαυρού, με άντληση	Νέστος	Francis pump	128	3	384
Πλατανόβρυσης	Νέστος	Francis	58	2	116
Γκιώνας	Υδρ. Μόρνου	Francis	8.5	1	8.5

Σε ότι αφορά τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα, η ΔΕΗ Ανανεώσιμες έχει σήμερα δεκαπέντε μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς σε λειτουργία και κατασκευάζει δύο επί πλέον. Ταυτόχρονα, επτά νέα έργα έχουν λάβει άδεια παραγωγής. Στον επόμενο Πίνακα 3.8 φαίνονται τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα που υπάρχουν στην Ελλάδα.

Πίνακας 3.8: Μικρά υδροηλεκτρικά έργα στην Ελλάδα. (Δεδομένα: www.pprc.gr)

<i>Υδροηλεκτρικός σταθμός</i>	<i>Τύπος στροβίλου</i>	<i>Αριθμός στροβίλων</i>	<i>Συνολική ισχύς [MW]</i>
Αγ. Βαρβάρα, Βέροια	Kaplan S-type	1	0.9
Αγ. Ιωάννης Σέρρες	Francis	2	0.7
Αλμυρός, Χάνια	Francis	1	0.3
Βέρμιο, Βέροια	Francis	2	1.8
Βορεινό, Αριδαία	Pelton	1	2.1
Γιτάνη, Ηγουμενίτσα	Kaplan S-type	2	2.1
Γκιώνα, Αμφισσα	Francis	1	8.5
Γλαύκος, Πάτρα	Francis, Pelton	1, 1	3.7
Ελεούσα, Χαλκηδόνα	Kaplan S-type	2	3.2
Λούρος, Πρέβεζα	Francis	3	10.3
Μακροχώρι, Βέροια	Kaplan S-type	3	10.8
Σμόκοβο, Καρδίτσα	Francis	2	10.4
Στράτος II, Αγρίνιο	Kaplan S-type	2	6.2

3.4.2 Ανεμογεννήτριες-Αιολικά πάρκα

Μέσω των ανεμογεννητριών αξιοποιείται το αιολικό δυναμικό και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Παλιότερα η εκμετάλλευση του ανέμου γινόταν με τους παραδοσιακούς, γραφικούς ανεμόμυλους, ωστόσο με την εξέλιξη της τεχνολογίας κατασκευάστηκαν πιο αξιόπιστες και πιο αποδοτικές αιολικές μηχανές, οι ανεμογεννήτριες που διατίθενται σήμερα ευρέως στο εμπόριο. Υπάρχουν δύο ειδών ανεμογεννήτριες, οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου και οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα. Στην πράξη χρησιμοποιούνται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα. Οι συνθήκες στις οποίες λειτουργούν είναι εξαιρετικά δύσκολες, δεδομένου ότι εργάζονται σε έντονες κλιματολογικές συνθήκες, με υψηλές ταχύτητες ανέμου και σε συνθήκες εναλλασσόμενων φορτίσεων.

Μια ανεμογεννήτρια αποτελείται από τα εξής μέρη:

- (α) Το δρομέα, ο οποίος αποτελείται από 2 ή 3 πτερύγια και μια πλήμνη μέσω της οποίας συνδέονται τα πτερύγια με τον χαμηλής ταχύτητας κινητήριο άξονα
- (β) Την άτρακτο η οποία περιλαμβάνει ένα μετατροπέα στροφών και μια γεννήτρια, άξονες και συνδέσμους και ένα κάλυμμα για ολόκληρη την άτρακτο
- (γ) Τον πύργο και τη θεμελίωση που στηρίζει το δρομέα και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης
- (δ) Τους ηλεκτρικούς ελεγκτές και καλωδιώσεις καθώς και τον εξοπλισμό εποπτείας και ελέγχου.

Κατά τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας, αρχικά ο άνεμος αλληλεπιδρά με το δρομέα και παράγεται μια ροπή, στη συνέχεια, η σχετικά χαμηλή συχνότητα περιστροφής του δρομέα αυξάνεται μέσω ενός μετατροπέα στροφών, του οποίου ο άξονας εξόδου περιστρέφει μια γεννήτρια. Έπειτα, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη γεννήτρια, διέρχεται μέσω του συστήματος ελέγχου και των αποζευκτών της ανεμογεννήτριας όπου ενισχύεται σε μια μέση τάση, από το μετασχηματιστή. Στη συνέχεια, το σύστημα καλωδίωσης της θέσης μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στο μετασχηματιστή της θέσης, μέσω του συστήματος ελέγχου και των αποζευκτών της θέσης, ο οποίος ενισχύει την τάση στην τιμή του δικτύου. Τέλος, το δίκτυο ισχύος μεταβιβάζει τον ηλεκτρισμό στην περιοχή τελικής χρήσης του, όπου υποσταθμοί μετασχηματιστών μειώνουν την τάση και τα τοπικά δίκτυα χαμηλής τάσης μεταβιβάζουν την ηλεκτρική ενέργεια στις οικίες, γραφεία, βιομηχανίες, κ.λ.π.

Είναι εύκολα κατανοητό ότι η ισχύς που παράγεται από μια ανεμογεννήτρια, είτε αυτή βρίσκεται σε αιολικό πάρκο είτε όχι, είναι άμεση συνάρτηση της διερχόμενης από την επιφάνεια που σαρώνουν τα πτερύγια του ανέμου ενέργειας, δηλαδή της ταχύτητας του ανέμου.

Αιολικά πάρκα κατασκευάζονται τόσο στην ξηρά όσο και στην ανοιχτή θάλασσα. Τα χερσαία αιολικά πάρκα κατασκευάζονται σε κορυφογραμμές περιοχών με σχετικά μεγάλο υψόμετρο σε απόσταση τουλάχιστον τριών χιλιομέτρων από την πλησιέστερη ακτογραμμή. Με τον τρόπο αυτό αξιοποιείται η τοπογραφική επιτάχυνση, η επιτάχυνση δηλαδή του ανέμου καθώς διασχίζει μια κορυφογραμμή. Επίσης, χερσαία αιολικά πάρκα κατασκευάζονται κοντά στην ακτή σε απόσταση μικρότερη των τριών χιλιομέτρων και τα οποία εκμεταλλεύονται την επιτάχυνση του ανέμου εξαιτίας της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα κατασκευάζονται σε απόσταση μεγαλύτερη των δέκα χιλιομέτρων από την ακτή. Επειδή η ελεύθερη επιφάνεια της θάλασσας είναι πιο ομαλή σε σχέση με την επιφάνεια της ξηράς οι ταχύτητες του ανέμου είναι αρκετά μεγαλύτερες στην ανοιχτή θάλασσα και για το λόγο αυτό, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι πιο αποδοτικά.

Τα πλεονεκτήματα της εγκατάστασης αιολικού πάρκου είναι σαφώς περισσότερα συγκριτικά με την εγκατάσταση μεμονωμένης ανεμογεννήτριας ίσης ισχύος. Σημαντικότερο πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα ρύθμισης της ισχύος μέσω ζεύξης ή απόζευξης του κατάλληλου κάθε φορά αριθμού ανεμογεννητριών ενώ παράλληλα, με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται τα υπερρεύματα τα οποία δημιουργούνται όταν έχουμε ζεύξη όλης της ισχύος ταυτόχρονα. Επιπλέον, η συντήρηση των ανεμογεννητριών μπορεί να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μη διακόπτεται η παροχή ισχύος από το πάρκο, εφαρμόζοντας ένα πρόγραμμα κυκλικής συντήρησης το οποίο απασχολεί μία μόνο ανεμογεννήτρια κάθε φορά.

Εκτός όμως από πλεονεκτήματα, τα αιολικά πάρκα έχουν και ένα βασικό μειονέκτημα, το γεγονός ότι απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις για την εγκατάστασή τους κυρίως για να βρίσκονται οι ανεμογεννήτριες σε μια απόσταση ώστε να μη σκιάζει η μία την άλλη, κάτι το οποίο προκαλεί μείωση της ενέργειας του ανέμου που φτάνει στις ανεμογεννήτριες και αλλοίωση των χαρακτηριστικών του. Γενικά τα αιολικά πάρκα προσφέρονται και για τη φιλοξενία άλλων, περιορισμένων χρήσεων όπως π.χ. για κατασκευή αυτοκινητοδρόμων, και άλλες που δεν παρεμποδίζουν τη λειτουργία του όπως θα έκαναν ενδεχομένως κάποιες κτιριακές κατασκευές (Μαμάσης 2011b; Πασχαλίδου 2010).

Στην Ελλάδα έχουν εγκατασταθεί αιολικά πάρκα σε πολλές νησιωτικές περιοχές της χώρας, συμβάλλοντας έτσι στην ενεργειακή αυτονομία των νησιών αυτών. Συνολικά η εγκατεστημένη ισχύς αιολικών πάρκων της ΔΕΗ Ανανεώσιμες ανέρχεται σε 89.01 MW περίπου. Αιολικά πάρκα υπάρχουν και στα νησιά του Ιονίου με σημαντικότερα τα τρία πάρκα που έχουν εγκατασταθεί στην Κεφαλονιά τα οποία τροφοδοτούν το δίκτυο της χώρας με 75.6 MW ηλεκτρικής ισχύος (www.pprc.gr)

Στον ακόλουθο Πίνακα 3.9 φαίνονται τα αιολικά πάρκα που έχουν εγκατασταθεί από τη ΔΕΗ Ανανεώσιμες σε διάφορα νησιά του Αιγαίου.

Πίνακας 3.9: Αιολικά πάρκα στην Ελλάδα. (Δεδομένα: www.pprc.gr)

<i>Αιολικό Πάρκο</i>	<i>Εγκατεστημένη Ισχύς [MW]</i>
Μελανιός, Χίος	2.48
Αγ. Σώζων, Λήμνος	1.8
Αγ. Ιωάννης, Κάρπαθος	0.28
Ακούμια, Ρέθυμνο	7.2
Βούναρος, Λήμνος	0.44
Καλυβάρι, Άνδρος	1.58
Καμάρες, Πάρος	3.6
Κάστρο, Βοιωτία	17.7
Κατταβιά, Ρόδος	5.4
Κως, Δωδεκάνησα	2.06
Λέρος, Δωδεκάνησα	2.06
Μαραθόκαμπος II, Σάμος	1.8
Μαρμάρι, Εύβοια	5.1
Μονή Τοπλού, Σητεία, Κρήτη	6.6
Ξηρολίμνη I, II, III	13.2
Ποταμιά, Χίος	1
Πρ. Ηλίας, Ψαρά	2.03
Πυθαγόρειο, Σάμος	2.03
Σίγρι, Λέσβος	2.03
Σκαλογώρι, Λέσβος	2.7

3.4.3 Ηλιακά συστήματα

Σε ότι αφορά την ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία, αυτή παράγεται τόσο από συγκεντρωτικά ηλιακά συστήματα, όσο και από φωτοβολταϊκές διατάξεις.

Τα συστήματα ηλιακής συγκέντρωσης, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ένα σημείο ή σε μια γραμμή εστίασης. Σε όλες τις τεχνολογίες ηλιακής θερμικής ηλεκτροπαραγωγής η ακτινοβολία συλλέγεται μέσω ενός συστήματος συλλεκτών και στη συνέχεια συγκεντρώνεται ή εστιάζεται σε ένα δέκτη. Στη συνέχεια, ο δέκτης μετατρέπει την ακτινοβολία σε θερμική ενέργεια η οποία μεταφέρεται στο σύστημα ενεργειακής μετατροπής. Στο τελευταίο στάδιο η θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Οι φωτοβολταϊκές διατάξεις διέπονται από διαφορετικές αρχές λειτουργίας και συγκεκριμένα λειτουργούν με βάση το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική και ανακαλύφθηκε το 1839. Στηρίζεται στην άμεση μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Το ηλιακό φως είναι στην ουσία μικρές δέσμες ενέργειας, τα φωτόνια τα οποία περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Όταν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, το οποίο είναι ουσιαστικά ένας ημιαγωγός, άλλα ανακλώνται, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται από αυτό. Αυτά τα τελευταία είναι που παράγουν το ηλεκτρικό ρεύμα. Συγκεκριμένα, τα φωτόνια που απορροφώνται από το ημιαγωγικό υλικό δημιουργούν ζεύγη οπών ηλεκτρονίου-ηλεκτρονίου κάτω από την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου και καθοδηγούνται μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος που έχει τοποθετηθεί. Πιο απλά, τα φωτόνια αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού πλέγματος να μετακινηθούν σε άλλη θέση και όπως είναι γνωστό, ο ηλεκτρισμός είναι απλά η κίνηση των ηλεκτρονίων.

Η ηλεκτροπαραγωγή από ηλιακές κυψέλες γίνεται τόσο σε συνθήκες ηλιοφάνειας όσο και με νεφοσκεπή ουρανό. Για τον προσδιορισμό του δυναμικού ηλεκτροπαραγωγής μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε μια συγκεκριμένη θέση είναι σημαντικό να προσδιοριστεί η μέση συνολική ενέργεια που λαμβάνεται κατά τη διάρκεια ενός έτους και όχι να γίνεται αναφορά στη στιγμιαία ακτινοβολία. Είναι γεγονός ότι δε μπορεί να μετατραπεί όλο το φως σε ηλεκτρισμό καθώς οι ηλιακές κυψέλες χρησιμοποιούν μόνο το ορατό φως. Μεγάλο μέρος

της ηλιακής ακτινοβολίας εντοπίζεται στην υπέρυθρη και την υπεριώδη ακτινοβολία γεγονός που εξηγεί τις χαμηλές τιμές των θεωρητικών αποδοτικότητων μετατροπής οι οποίες κυμαίνονται από 20% έως 30%. Διάφοροι άλλοι παράγοντες συντελούν στην επιπλέον μείωση της αποδοτικότητας μετατροπής μιας φωτοβολταϊκής κυψέλης.

Η ισχύς που παράγεται από μια φωτοβολταϊκή διάταξη καθορίζεται από τον τύπο και την επιφάνεια του υλικού, την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και το μήκος κύματος του φωτός. Ως αποδοτικότητα της ηλιακής κυψέλης ορίζεται ο λόγος της παραγόμενης ηλιακής ενέργειας προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Οι ηλιακές κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου έχουν απόδοση περίπου 25%, ενώ αυτές από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο κυμαίνονται σε ποσοστά μικρότερα του 20% και οι κυψέλες άμορφου πυριτίου αποδίδουν μόνο κατά 10%.

Οι ηλιακές διατάξεις παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ακτινοβολία του ήλιου η οποία είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας. Επιπλέον, οι φωτοβολταϊκές διατάξεις δεν χρησιμοποιούν κάποιο καύσιμο με αποτέλεσμα το κόστος συντήρησης και λειτουργίας τους να είναι εξαιρετικά χαμηλό. Κάποια επιπλέον πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής τους, η αθόρυβη λειτουργία τους και η υψηλή αξιοπιστία τους. Επιπλέον είναι ευέλικτα, αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία ακόμη και με νεφοσκεπή ουρανό και επιπρόσθετα υπάρχει η δυνατότητα επέκτασής τους ανά πάσα στιγμή. Ωστόσο, οι φωτοβολταϊκές διατάξεις εμφανίζουν και κάποια βασικά μειονεκτήματα τα οποία αναστέλλουν την περαιτέρω ανάπτυξή τους. Αυτά είναι η αδυναμία οικονομικής και αποδοτικής αποθήκευσης της ενέργειας καθώς επίσης και το ιδιαίτερα υψηλό κόστος εγκατάστασής τους (Μαμάσης 2010).

Στην Ελλάδα, η έντονη ηλιοφάνεια κάνει τις φωτοβολταϊκές διατάξεις μια ιδιαίτερα αποδοτική τεχνολογία. Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες έχει εγκαταστήσει φωτοβολταϊκά πάρκα σε πολλές νησιωτικές περιοχές. Επιπλέον, την παρούσα χρονική στιγμή, η εταιρεία προχωρά στην ανάπτυξη ενός από τα μεγαλύτερα ενεργειακά πάρκα του κόσμου στην περιοχή της Μεγαλόπολης το οποίο θα έχει ισχύ 50 MW ενώ ταυτόχρονα κατασκευάζεται στην Πτολεμαΐδα το μεγαλύτερο φωτοβολταϊκό πάρκο στον κόσμο το οποίο θα έχει ισχύ 200 MW. Τέλος, η ΔΕΗ Ανανεώσιμες προχωρά στην ανάπτυξη φωτοβολταϊκών σταθμών σε πολλές βιομηχανικές περιοχές της χώρας καθώς επίσης και σε στέγες κτιρίων (www.pprc.gr).

Στον επόμενο Πίνακα 3.8 φαίνονται οι μεγαλύτεροι φωτοβολταϊκοί σταθμοί που είναι εγκατεστημένοι στην Ελλάδα και η ισχύς τους.

Πίνακας 3.10: Φωτοβολταϊκοί σταθμοί παραγωγής στην Ελλάδα. (Δεδομένα: www.ppcr.gr; www.rae.gr)

Φωτοβολταϊκός σταθμός	Εγκατεστημένη Ισχύς [MW]
Αθρινόλακκος Κρήτης	0.48
Κύθνος	0.1
Σίφνος	0.06
Σταθμός ΕΘΕΛ, Ταύρος	0.02
Σταθμός ΗΣΑΠ, Ειρήνη	0.02
Σταθμός ΗΛΠΑΠ, Ταύρος	0.02
Αντικύθηρα	0.02
Αντικύθηρα	0.025
Αρκοί	0.0375
Ι. Μ. Σίμωνος Πέτρας, Αγ. Όρος	0.045
Λασίθι, Ρόκας ΑΒΕΕ	0.1716
Ηράκλειο, Γερμανός ΑΒΕΕ	0.17
ΕΜΠ, Κτίριο Χημικών Μηχανικών	0.05

3.4.4 Μονάδες γεωθερμίας

Υπάρχουν τέσσερις συνολικά τύποι γεωθερμικών πηγών, οι υδροθερμικές, οι γεωπεπιεσμένες, τα θερμά ξηρά πετρώματα και το μάγμα. Από τις κατηγορίες αυτές, μόνο οι πηγές του πρώτου τύπου χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και αυτές θα μελετήσουμε εκτενέστερα.

Οι υδροθερμικές πηγές συνίστανται από μια πηγή θερμότητας, η οποία μπορεί να είναι ένα κρυσταλλωμένο μάγμα, από έναν υδροφόρο ορίζοντα που περιέχει εύκολα προσπελάσιμο νερό και από ένα αδιαπέρατο πέτρωμα το οποίο περιορίζει τον υδροφόρο ορίζοντα. Η γεωθερμική ενέργεια από τις πηγές αυτές, αντλείται με διάτρηση του υδροφόρου ορίζοντα και εξαγωγή του θερμού νερού ή ατμού. Οι υδροθερμικές πηγές διακρίνονται περαιτέρω, ανάλογα με τη φυσική κατάσταση του ρευστού των πόρων, σε πηγές υπερίσχυσης υγρού και σε πηγές υπερίσχυσης ατμού.

Η εμπορική διερεύνηση και ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας μέχρι σήμερα έχει εστιάσει σε φυσικούς γεωθερμικούς ταμιευτήρες, δηλαδή όγκους πετρωμάτων με υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλο πορώδες και υψηλή περατότητα. Οι ταμιευτήρες αυτοί παράγουν είτε νερό, είτε μίγμα νερού και ατμού, είτε μόνο ατμό, ανάλογα με το είδος της υδροθερμικής πηγής.

Οι τρεις διαδικασίες που εφαρμόζονται κατά κύριο λόγο σήμερα είναι η διαδικασία ξηρού ή άμεσου ατμού, η διαδικασία ακαριαίου ατμού και ο δυαδικός κύκλος. Κατά την πρώτη διαδικασία, χρησιμοποιείται ο ατμός όπως αυτός φτάνει από την υδροθερμική γεώτρηση παραγωγής, ενώ κατά τη δεύτερη διαδικασία, χρησιμοποιούνται διαχωριστές για την απόληψη του ατμού ο οποίος αναβλύζει από μια γεωθερμική γεώτρηση. Τέλος κατά το δυαδικό κύκλο, η θερμική ενέργεια της γεωθερμικής άλμης αποδίδεται σε ένα δεύτερο ρευστό το οποίο εισάγεται στη συνέχεια στο στρόβιλο. Σήμερα εφαρμόζονται και υβριδικές διατάξεις οι οποίες συνδυάζουν τις τεχνολογίες συμβατικού αμοστροβίλου και δυαδικού κύκλου.

Στην Ελλάδα οι έρευνες που έγιναν έδειξαν την ύπαρξη πολλών γεωθερμικών πεδίων υψηλής και μέσης ενθαλπίας σε διάφορα νησιά. Αξιοσημείωτες είναι οι έρευνες στη Μήλο, οι οποίες έδειξαν την ύπαρξη γεωθερμικού δυναμικού που σύμφωνα με τις πρώτες εκτιμήσεις ανέρχεται σε 120 έως 200 MW γεγονός που οδήγησε το 1984 στην εγκατάσταση και λειτουργία του πρώτου πειραματικού σταθμού ισχύος 2 MW. Ωστόσο, η διαρροή υδρόθειου

και κάποιοι λάθος χειρισμοί οδήγησαν στη δημιουργία αρνητικού κλίματος στους κατοίκους του νησιού και σαν αποτέλεσμα διακόπηκε η λειτουργία του σταθμού (Στεφανάκος 2010, Πασχαλίδου 2010).

Τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει πάλι μια προσπάθεια αξιοποίησης της γεωθερμίας για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες έχει πάρει από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικό πεδίο και προχωρά στην κατασκευή ενός σταθμού ισχύος 8 MW στη Λέσβο. Επίσης, η εταιρία προχωρά αυτή τη στιγμή στην κατασκευή τριών ακόμα γεωθερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ισχύος 5 MW ο καθένας, στην Κίμωλο, τα Μέθανα και τη Νίσυρο. Ωστόσο, η ανάπτυξη της χρήσης της γεωθερμίας αναμένεται να σημειώσει περαιτέρω άνοδο με την επιβολή του πρόσφατου νόμου 3175/2003 που ενθαρρύνει την εκμετάλλευση των γεωθερμικών πεδίων εξασφαλίζοντας το νομικό πλαίσιο (www.ppcr.gr).

3.4.5 Μονάδες Βιομάζας

Σε ότι αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη βιομάζα, αυτή διαφέρει από τις υπόλοιπες ενεργειακές πηγές καθώς για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από τη βιομάζα είναι απαραίτητο να λειτουργούν δύο συστήματα ταυτόχρονα. Πιο συγκεκριμένα, απαιτείται η λειτουργία ενός συστήματος τροφοδοσίας το οποίο παράγει, συλλέγει και παραδίδει το βιοκαύσιμο, σε συνδυασμό με ένα σταθμό που παράγει και διαθέτει τον ηλεκτρισμό.

Η βιομάζα είτε μετατρέπεται απευθείας σε θερμική ενέργεια είτε μετατρέπεται πρώτα σε υγρό ή αέριο βιοκαύσιμο το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται σε αεριοστροβιλικούς σταθμούς. Τα βιοκαύσιμα τα οποία χρησιμοποιούνται συνηθέστερα για ηλεκτροπαραγωγή είναι κυρίως το βιοαέριο και το βιοέλαιο. Η βιομάζα μετατρέπεται μέσα από τις θερμοχημικές διεργασίες της καύσης, της πυρόλυσης και της αεριοποίησης σε θερμότητα, αέριο καύσιμο ή βιοέλαιο και στη συνέχεια σε ηλεκτρισμό. Επίσης, η μετατροπή της βιομάζας μπορεί να γίνει μέσα από βιοχημικές διεργασίες όπως είναι η αναερόβια χώνευση και η ζύμωση οπότε και παράγεται βιοαέριο και αιθανόλη αντίστοιχα. Η μετατροπή της βιομάζας και η διεργασία με την οποία θα γίνει εξαρτώνται από τη φύση της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται.

Ιδιαίτερα αποδοτική για την παραγωγή ηλεκτρισμού θεωρείται η καύση της βιομάζας μαζί με κάποιο ορυκτό καύσιμο, συνήθως άνθρακα, καθώς η καύση πραγματοποιείται στις ήδη

υπάρχουσες εγκαταστάσεις οι οποίες απαιτούν ελάχιστη τροποποίηση. Επιπλέον, με τη σύγκρουση επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών των αερίων ρύπων.

Με την πάροδο του χρόνου η βιομάζα κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος στο παγκόσμιο ενεργειακό μίγμα κυρίως λόγω του ότι είναι ευρέως διαθέσιμη και ανανεώσιμη. Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα οικονομικής μετατροπής της βιομάζας σε μια ποικιλία ενεργειακών φορέων όπως για παράδειγμα θερμότητα, ηλεκτρισμός, βιοκαύσιμα, κλπ. Επιπλέον η βιομάζα ως ενεργειακός πόρος παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη όπως είναι για παράδειγμα η μειωμένη εκπομπή αερίων ρύπων και η ανάπτυξη της αγροτικής παραγωγής. Ωστόσο η βιομάζα παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα ως ενεργειακός πόρος τα οποία είναι η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση και μεταφορά στους σταθμούς παραγωγής, η μεγάλη διασπορά της, η εποχιακή παραγωγή της και οι δαπανηρές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός αξιοποίησής της (Κατσίρη 2010, Πασχαλίδου 2010).

Στην Ελλάδα, η ΔΕΗ Ανανεώσιμες προχωρά στην κατασκευή μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στην Κοζάνη, ισχύος 25 MW. Η εταιρία θεωρεί τη βιομάζα έναν από τους βασικούς άξονες βιώσιμης ανάπτυξης και αναμένεται να προχωρήσει στην κατασκευή επιπλέον μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από τη βιομάζα τα επόμενα χρόνια (www.ppcr.gr).

3.4.6 Μονάδες θαλάσσιας και κυματικής ενέργειας

Όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω υπάρχουν τέσσερις συνολικά μορφές ωκεάνιας ενέργειας και όπως είναι εύκολα κατανοητό καθεμία από αυτές αξιοποιείται με διαφορετικό τρόπο.

Για να γίνει κατανοητή η πρώτη μορφή ωκεάνιας ενέργειας, η ενέργεια από κυματισμούς, θα περιγράψουμε τον τρόπο λειτουργίας ενός τέτοιου είδους έργου, του “Wave Dragon”, μιας πλωτής συσκευής η οποία είναι υπό κατασκευή στην Ουαλία και η οποία έχει σχεδιαστεί για να είναι ακινητοποιημένη. Η συσκευή αυτή δε μετατρέπει το κύμα σε ενέργεια με το να κινείται πάνω κάτω ή επιτρέποντας σε κάποια τμήματά του να μετακινούνται από την κίνηση των κυμάτων αλλά αντίθετα εκμεταλλεύεται το ενεργειακό δυναμικό του νερού που διέρχεται μέσω υπερχειλιστών σε δεξαμενή. Είναι τοποθετημένο σε βάθος μεγαλύτερο από 25 m για να αξιοποιεί τα κύματα του ωκεανού προτού αυτά χάσουν την ενέργειά τους εισερχόμενα στην

παράκτια ζώνη. Η διπλή κυρτή ράμπα και ο ανακλαστήρας κυμάτων που έχουν τοποθετηθεί, μεγιστοποιούν την ποσότητα του νερού που υπερχειλίζει στη δεξαμενή. Το νερό που διέρχεται από τους υπερχειλιστές, αποθηκεύεται προσωρινά δημιουργώντας μια υψομετρική διαφορά που κάνει εφικτή την παραγωγή ενέργειας μέσω της απελευθέρωσής του από τους στροβίλους. Πρέπει να αναφερθεί ότι το “Wave Dragon” έχει σχεδιαστεί με τους στροβίλους ως τα μοναδικά κινούμενα μέρη, μειώνοντας το κόστος συντήρησης και ελαχιστοποιώντας τις επιπτώσεις από τα φερτά υλικά του ωκεανού. Το έργο αποτελείται συνολικά από επτά μονάδες παρατεταγμένες σε μήκος τεσσάρων χιλιομέτρων με συνολική ισχύ που φτάνει τα 70 έως 80 MW.

Η δεύτερη μορφή θαλάσσιας ενέργειας η οποία αφορά την ενέργεια που οφείλεται στο φαινόμενο της παλίρροιας, όπως αναφέραμε και προηγουμένως αξιοποιείται με μηχανισμούς που προσομοιάζουν αυτούς των υδροηλεκτρικών έργων. Οι διατάξεις αυτές εκμεταλλεύονται τη διαφορά στάθμης που προκύπτει από την πλημμυρίδα και την άμπωτη της παλίρροιας. Με την κατασκευή ενός φράγματος κατά μήκος μιας εκβολής, παρεμποδίζεται η ανερχόμενη ή η κατερχόμενη παλίρροια και όταν η υψομετρική διαφορά ανάμεσα στις δύο στάθμες του νερού αυξηθεί, το νερό διοχετεύεται μέσω ενός υδροστροβίλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η θαλάσσια ενέργεια που οφείλεται στην κίνηση ρευμάτων αξιοποιείται σύμφωνα με τις αρχές λειτουργίας που διέπουν τις ανεμογεννήτριες. Πιο συγκεκριμένα, υποθαλάσσιος περιστρεφόμενος άξονας οριζόντιος ή κατακόρυφος στη ροή συνδέεται με στρόβιλο μέσω μεγάλων, αργά κινούμενων λεπίδων.

Τέλος, η ενέργεια των ωκεανών η οποία οφείλεται σε διαφορές θερμοκρασίας μέσα στην υδάτινη μάζα αξιοποιείται με αντίστοιχες διατάξεις. Κατά τη λειτουργία μιας τέτοιας μονάδας, το θερμό νερό από την επιφάνεια της θάλασσας χρησιμοποιείται για να θερμάνει μια ποσότητα υγρής αμμωνίας που βρίσκεται σε ένα κλειστό δοχείο, η οποία εν συνεχεία μετατρέπεται σε αέριο και διαστέλλεται, κινώντας ταυτόχρονα μια γεννήτρια η οποία αρχίζει να παράγει ρεύμα. Το ψυχρό νερό από τα βάθη της θάλασσας χρησιμοποιείται για να ψύξει την αμμωνία και έτσι ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Η εγκατάσταση μονάδων αξιοποίησης της θαλάσσιας και κυματικής ενέργειας δεν έχει αποκτήσει ακόμη αρκετό έδαφος στο παγκόσμιο ενεργειακό μίγμα. Ωστόσο, σε πολλές περιοχές του πλανήτη γίνονται οι απαιτούμενες δοκιμές έτσι ώστε να υπάρξει δυνατότητα

στο άμεσο μέλλον για την κατασκευή τέτοιων μονάδων. Σε κάποιες χώρες λειτουργούν ήδη διατάξεις εκμετάλλευσης της ωκεάνιας και κυματικής ενέργειας οι οποίες αξιοποιούν κυρίως την κυματική ενέργεια ή την ενέργεια από το φαινόμενο της παλίρροιας (Μαμάσης & Τσουκαλά 2010).

Στον ακόλουθο Πίνακα 3.11 φαίνονται οι μεγαλύτερες μονάδες αξιοποίησης της κυματικής και παλιρροιακής ενέργειας που έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν αυτή τη στιγμή σε παγκόσμιο επίπεδο.

Πίνακας 3.11: Υφιστάμενες μονάδες κυματικής και παλιρροιακής ενέργειας. (Δεδομένα: Μαμάσης & Τσουκαλά 2010)

<i>Σταθμός</i>	<i>Εγκατεστημένη Ισχύς [MW]</i>
Agucadura, Πορτογαλία	22.5
Limpet 500, Σκωτία	0.5
Nissum Bredning, Δανία	0.055
Kvitsoy Pilot Project, Νορβηγία	0.2
Rance Power Station, Γαλλία	240
Sea Gen, Β. Ιρλανδία	1.2
Sea Flow, Αγγλία	0.3
Enermar, Ιταλία	0.08

4. Σύγκριση των Ενεργειακών Μορφών

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει σύγκριση των διάφορων εναλλακτικών πηγών που υπάρχουν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει σύγκριση των πηγών σε τρεις άξονες οι οποίοι είναι οι εξής:

- Αποδοτικότητα
- Κόστος
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Σε ότι αφορά το κόστος, η σύγκριση θα γίνει ως προς τις επιμέρους συνιστώσες, δηλαδή το κόστος επένδυσης και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των διαφόρων τεχνολογιών. Αναφορικά με το περιβάλλον, θα εξεταστούν οι επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα, στους υδάτινους αποδέκτες, στο έδαφος καθώς επίσης και στο τοπίο.

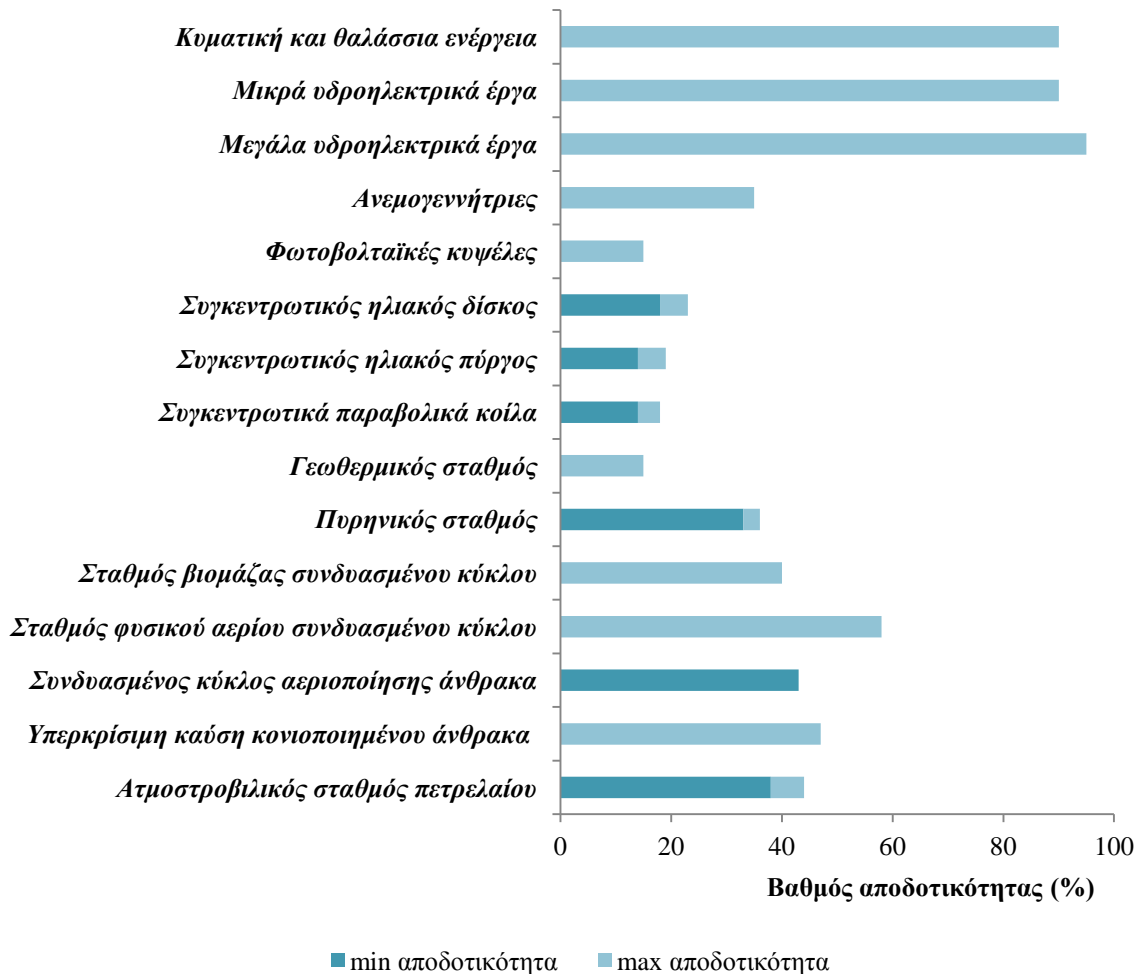
Με τον τρόπο αυτό θα αποσαφηνιστεί ποια είναι η πιο αποδοτική και συμφέρουσα πηγή και τεχνολογία ηλεκτροπαραγωγής από πλευράς κόστους αλλά και ποια επιφέρει τη μικρότερη επίδραση στο περιβάλλον.

4.1 Σύγκριση των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής ως προς την αποδοτικότητα

Ως αποδοτικότητα μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ορίζεται ο λόγος μεταξύ της παραγόμενης ωφέλιμης ηλεκτρικής ενέργειας από τη μονάδα παραγωγής, σε μια συγκεκριμένη χρονική μονάδα, προς τη θεωρητική ενεργειακή αξία της ενεργειακής πηγής που παρέχεται στη μονάδα, το ίδιο χρονικό διάστημα. Η αποδοτικότητα σε εγκαταστάσεις όπου παράγεται ηλεκτρισμός και θερμότητα ταυτόχρονα, είναι πολύπλοκο να προσδιοριστεί. Είναι προτιμότερο να ορίζεται η αποδοτικότητα σε μια διάταξη, σχετικά με μία πηγή ενέργειας και ένα παραγόμενο ενεργειακό προϊόν κάθε φορά.

Η αποδοτικότητα είναι μια πολύ σημαντική συνιστώσα για ένα σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είτε αυτός χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα είτε μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Συγκεκριμένα, ακόμα και μικρή βελτίωση της αποδοτικότητας μιας τεχνολογίας μπορεί να επιφέρει αρκετά θετικά αποτελέσματα, όπως είναι η μείωση των εκπομπών ρύπων και της χρησιμοποιούμενης ποσότητας καυσίμου (Eurelectric 2003).

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.1 φαίνονται οι αποδοτικότητες των συνηθέστερων τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής σε ποσοστά επί τοις εκατό.



Σχήμα 4.1: Βαθμοί αποδοτικότητας των διαφόρων τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστά επί τοις εκατό. (Δεδομένα: Eurelectric 2003)

Όπως είναι εμφανές από το προηγούμενο σχήμα, τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα είναι οι πλέον αποδοτικές μονάδες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με αποδοτικότητα που αγγίζει το 95%. Ακολουθούν τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα και οι μονάδες αξιοποίησης της θαλάσσιας και κυματικής ενέργειας, με αποδοτικότητα έως 90%. Σε ότι αφορά το φυσικό αέριο η αποδοτικότητά του φτάνει το 58% σε σταθμούς που χρησιμοποιούν τεχνολογία συνδυασμένου κύκλου, ενώ αναφορικά με τον άνθρακα, η ηλεκτροπαραγωγή με καύση σε υπερκρίσιμες συνθήκες φτάνει το 47% και η τεχνολογία συνδυασμένου κύκλου με αεριοποίηση άνθρακα φτάνει το 43%.

Σημαντική αποδοτικότητα παρουσιάζει και το πετρέλαιο το οποίο σε ατμοστροβιλικούς σταθμούς κυμαίνεται από 38% έως 44%, ενώ ακολουθεί η τεχνολογία συνδυασμένου κύκλου

με χρήση βιομάζας η οποία έχει αποδοτικότητα που φτάνει το 40%. Η αποδοτικότητα των πυρηνικών σταθμών κυμαίνεται από 33% έως 36%, σε ίδια επίπεδα με τις ανεμογεννήτριες των οποίων η αποδοτικότητα φτάνει το 35%.

Στα ηλιακά και φωτοβολταϊκά συστήματα η εικόνα είναι πολύ διαφορετική όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1. Σε ότι αφορά τις συγκεντρωτικές ηλιακές τεχνολογίες, τα παραβολικά κοίλα εμφανίζουν αποδοτικότητα από 14% έως 18%, οι ηλιακοί πύργοι 14% έως 19% ενώ οι ηλιακοί δίσκοι εμφανίζουν αποδοτικότητα που ξεκινά από 18% και φτάνει έως το 23%. Τέλος, οι φωτοβολταϊκές κυψέλες καθώς επίσης και οι γεωθερμικοί σταθμοί παρουσιάζουν τη μικρότερη αποδοτικότητα περίπου της τάξης του 15%.

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι οι πιο αποδοτικές τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής με μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες, είναι τα μεγάλα και μικρά υδροηλεκτρικά έργα καθώς επίσης και οι διατάξεις αξιοποίησης της θαλάσσιας ενέργειας. Αντίθετα, τη μικρότερη αποδοτικότητα εμφανίζουν τα ηλιακά και φωτοβολταϊκά συστήματα. Οι υπόλοιπες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής εμφανίζουν ενδιάμεσες τιμές με τους σταθμούς φυσικού αερίου, άνθρακα, πετρελαίου και βιομάζας να εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές αποδοτικότητας από τους πυρηνικούς σταθμούς και τις ανεμογεννήτριες.

4.2 Σύγκριση των πηγών ως προς το κόστος

Για όλες τις εταιρείες ηλεκτρισμού ανά τον κόσμο, καθοριστικός παράγοντας στην απόφαση εγκατάστασης και λειτουργίας μιας νέας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής είναι το κόστος. Πριν δηλαδή να ληφθεί η απόφαση για τη δημιουργία μιας νέας μονάδας, λαμβάνονται υπόψη όλες οι σχετικές συνιστώσες και γίνεται σύγκριση μεταξύ των διάφορων εναλλακτικών τεχνολογιών που υπάρχουν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις διάφορες πηγές. Σκοπός της σύγκρισης είναι να αποσαφηνιστεί ποια μέθοδος ηλεκτροπαραγωγής παράγει ρεύμα με το μικρότερο δυνατό κόστος. Ωστόσο, είναι εύκολα κατανοητό ότι η σύγκριση αυτή επηρεάζεται από πολλούς διαφορετικούς παράγοντες όπως είναι τοποθεσία της μονάδας, η ευστάθεια και η αξιοπιστία του συστήματος, η εθνική ενεργειακή πολιτική, οι κοινωνικές αντιδράσεις, κλπ.

Το κόστος για κάθε παραγόμενη κιλοβατώρα (kWh) είναι το μέγεθος εκείνο που αποτελεί το κύριο οικονομικό μέτρο σύγκρισης για τις διάφορες μεθόδους ηλεκτροπαραγωγής. Το κόστος παραγωγής ενέργειας σε κάθε σταθμό επηρεάζεται από κάποιες επιμέρους οικονομικές συνιστώσες τις οποίες θα εξετάσουμε στη συνέχεια.

Σε ότι αφορά τις τιμές για τα επιμέρους κόστη των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από άνθρακα, φυσικό αέριο καθώς επίσης και τις πυρηνικές τεχνολογίες, αυτές προκύπτουν από στοιχεία της έκθεσης “UK Electricity Generation Costs Update 2010”, η οποία αφορά υφιστάμενα έργα στο Ηνωμένο Βασίλειο. Οι τιμές αυτές διαμορφώθηκαν σύμφωνα με τα δεδομένα της παγκόσμιας αγοράς το έτος 2009 και αφορούν μεσαίες μονάδες σε σχετικά ώριμες συνθήκες κατασκευής. Η διάκριση αυτή γίνεται καθώς υπάρχει αύξηση του κόστους για την κατασκευή της πρώτης του είδους μονάδα, περίπου της τάξης του 10%. Η διαφορά οφείλεται κυρίως στη βελτίωση που έχουν υποστεί οι μέθοδοι και οι διαδικασίες κατασκευής.

Για τις υπόλοιπες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής, τα εύρη των τιμών για το κόστος του απαιτούμενου κεφαλαίου προκύπτουν από στοιχεία του Διεθνή Οργανισμού Ενέργειας (IEA). Συγκεκριμένα, τα στοιχεία αυτά αφορούν τις χώρες μέλη του IEA, στις οποίες ανήκει και η Ελλάδα, οι οποίες είναι όλες ταυτόχρονα και μέλη του ΟΟΣΑ, συνθήκη η οποία απαιτείται για την είσοδο τους ως μέλη στον οργανισμό, χωρίς όμως να ισχύει και το αντίστροφο.

4.2.1 Κόστος επένδυσης

Πρόκειται για το κόστος που απαιτείται για το σχεδιασμό και την κατασκευή μιας νέας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Περιλαμβάνει μεταξύ άλλων το κόστος του απαιτούμενου σε κάθε περίπτωση ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού καθώς επίσης και το κόστος εγκατάστασής του. Το κόστος επένδυσης είναι πολλές φορές καθοριστικής σημασίας σε ότι αφορά την κατασκευή μιας νέας ενεργειακής μονάδας ειδικά σε περιπτώσεις που δεν υφίσταται ρευστότητα κεφαλαίου.

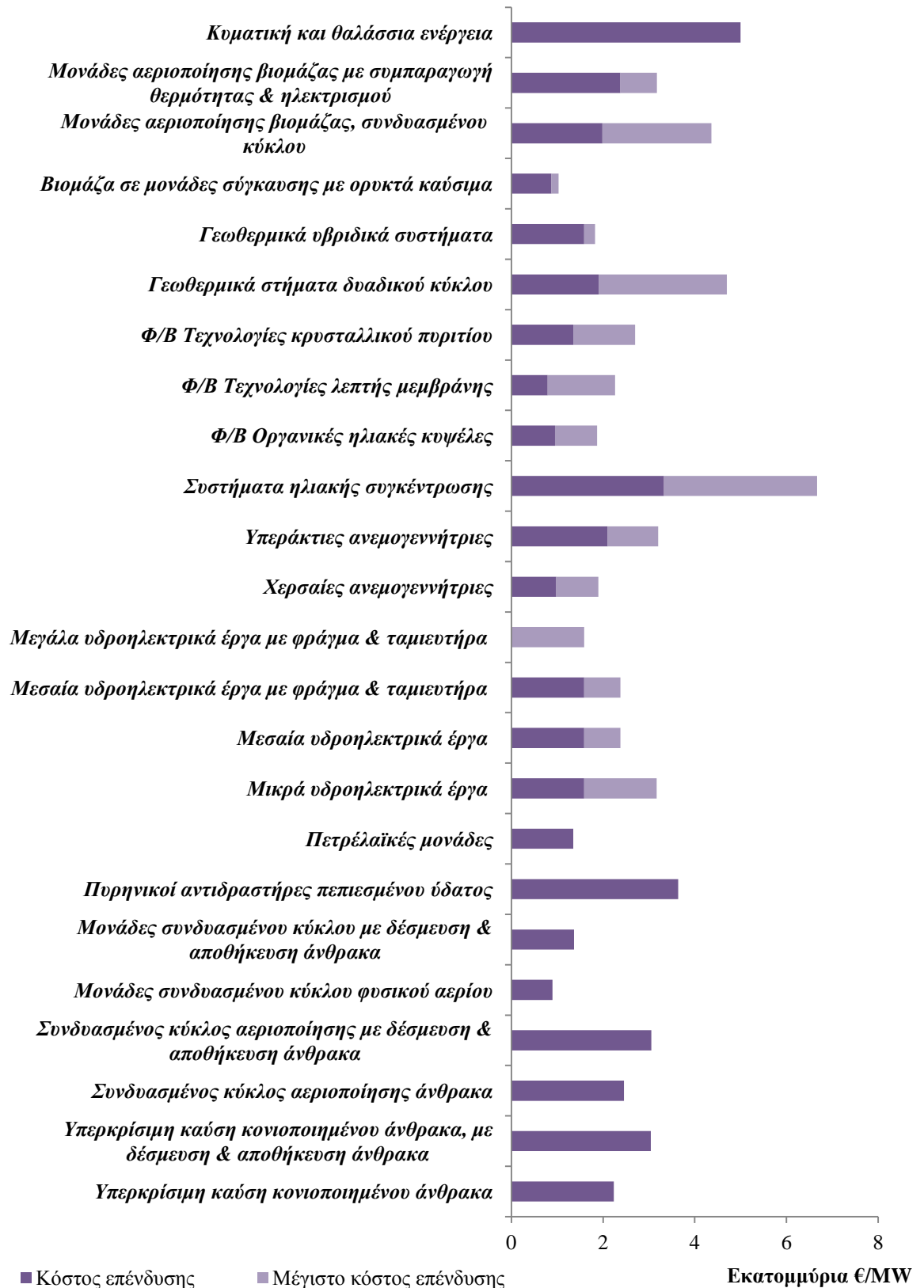
Σε ότι αφορά τις τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από ορυκτά καύσιμα υπάρχουν κάποια στοιχεία τα οποία λήφθηκαν υπόψη κατά τον υπολογισμό τους. Πιο συγκεκριμένα, το κόστος επένδυσης αφορά τη χρονική περίοδο που περιλαμβάνει το σχεδιασμό, τις συμβάσεις και την κατασκευή της μονάδας, μέχρι και την έναρξη της λειτουργίας της. Επιπλέον, στο κόστος επένδυσης υπεισέρχονται το κόστος υποδομών, το κόστος σύνδεσης στο δίκτυο καθώς επίσης

και τα κόστη των συστημάτων ισχύος, καυσίμου και ψύξης όπου αυτό είναι απαραίτητο. Ταυτόχρονα, συμπεριλαμβάνονται τόσο οι αναπτυξιακές δαπάνες όσο και οι υπηρεσίες που σχετίζονται με την παροχή συμβουλών και τη χορήγηση αδειών, ενώ δε συμπεριλαμβάνεται το κόστος γης της εγκατάστασης. Τέλος, σε ότι αφορά το κόστος των τόκων και τη χρηματοδότηση κατά τη διάρκεια της κατασκευής της μονάδας, γίνεται η προκαθορισμένη προσέγγιση εφαρμογής ενός ενιαίου προεξοφλητικού επιτοκίου σε όλες τις χρηματορροές, λαμβάνοντας υπόψη το χρονοδιάγραμμα των προβλεπόμενων δαπανών κεφαλαίου.

Στις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι τιμές του κόστους επένδυσης αποτελούν χονδρικές εκτιμήσεις του απαιτούμενου κόστους. Οι εκτιμήσεις αυτές έχουν γίνει τα τελευταία 4 με 5 χρόνια και σε αυτές λήφθηκαν υπόψη τα οικονομικά δεδομένα των τελευταίων ετών. Για τον υπολογισμό των τιμών, λήφθηκαν σε κάθε τεχνολογία η διάρκεια ζωής, η απόδοση, ο συντελεστής φορτίου και διάφορα άλλα στοιχεία με τη συνηθέστερη τυπική τιμή τους (UK Department of Energy and Climate Change, Mott MacDonald 2010; IEA 2007; IEA 2009; IEA 2010a; IEA 2010b; IEA 2010c; IEA 2011; WAVEPLAM 2010).

Εξετάζοντας σε βάθος τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν μπορούμε να αποκτήσουμε μια πρώτη εικόνα για το μέγεθος και το εύρος του κόστους κεφαλαίου που απαιτείται για το σχεδιασμό και την εγκατάσταση, μέχρι τη χρονική στιγμή έναρξης της λειτουργίας, μιας νέας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.2 φαίνονται οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής και η τιμή ή το εύρος της τιμής του κόστους κεφαλαίου.



Σχήμα 4.2: Κόστος κεφαλαίου ανά MW εγκατεστημένης ισχύος. (Δεδομένα: UK Department of Energy and Climate Change, Mott MacDonald 2010; IEA 2007; IEA 2009; IEA 2010a; IEA 2010b; IEA 2010c; IEA 2011; WAVEPLAM 2010).

Όπως απεικονίζεται στο προηγούμενο σχήμα, στις μονάδες καύσης άνθρακα το κόστος για την κατασκευή μονάδας υπερκρίσιμης καύσης κονιοποιημένου άνθρακα είναι περίπου 2.2 εκατομμύρια €/MW όταν το κόστος για μια μονάδα συνδυασμένου κύκλου αεριοποίησης είναι περίπου 2.5 εκατομμύρια €/MW. Αυτό οφείλεται πιθανότατα στην πολυπλοκότητα της τεχνολογίας συνδυασμένου κύκλου και των απαιτούμενων μηχανημάτων παραγωγής. Είναι επίσης εμφανές από το προηγούμενο σχήμα ότι και οι δύο τεχνολογίες ενεργειακής εκμετάλλευσης του άνθρακα παρουσιάζουν αύξηση στο κόστος κεφαλαίου κατά 0.6 έως 0.8 εκατομμύρια €/MW όταν προστίθεται διάταξη δέσμευσης και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα.

Σε ότι αφορά το φυσικό αέριο, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου που χρησιμοποιούνται συνηθέστερα για την εκμετάλλευσή του έχουν μικρότερο κόστος εγκατάστασης απ' ότι ένας σταθμός συνδυασμένου κύκλου άνθρακα, περίπου 0.9 εκατομμύρια €/MW καθώς δεν απαιτείται εξοπλισμός για την περαιτέρω επεξεργασία του φυσικού αερίου, όπως απαιτείται στον άνθρακα. Ομοίως με τις μονάδες άνθρακα, στις μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου, αυξάνεται το κόστος κατασκευής κατά 0.5 εκατομμύρια €/MW όταν προστίθεται εξοπλισμός δέσμευσης και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα.

Το κόστος εγκατάστασης πετρελαϊκών μονάδων ανέρχεται σε 1.35 εκατομμύρια €/MW, ξεπερνώντας το κόστος εγκατάστασης μιας μονάδας φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου αλλά παραμένοντας μικρότερο από το αντίστοιχο κόστος για τις τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης του άνθρακα. Στους πυρηνικούς αντιδραστήρες πεπιεσμένου ύδατος, η εικόνα εμφανίζεται πολύ διαφορετική. Η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία καθώς επίσης και οι αυξημένες απαιτήσεις ασφαλείας αυξάνουν αρκετά το κόστος εγκατάστασης σε σχέση με τις μονάδες των άλλων ορυκτών καυσίμων, και ανέρχεται στα 3.65 εκατομμύρια €/MW περίπου.

Στα υδροηλεκτρικά έργα, το κόστος εγκατάστασης είναι εμφανώς μικρότερο απ' ότι στις πυρηνικές μονάδες και τις μονάδες άνθρακα, αλλά ξεπερνάει το αντίστοιχο κόστος των μονάδων φυσικού αερίου και πετρελαίου. Επιπλέον, εμφανίζεται μια διακύμανση του κόστους εγκατάστασης ανάλογα με το μέγεθος και την ισχύ. Πιο συγκεκριμένα, το κόστος μειώνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος της υδροηλεκτρικής μονάδας. Για το λόγο αυτό, τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα ισχύος μικρότερης από 10 MW που εκμεταλλεύονται τη φυσική ροή ποταμών έχουν κόστος που κυμαίνεται από 1.6 έως 3.2 εκατομμύρια €/MW περίπου, όταν το κόστος για τα αντίστοιχα μεσαία υδροηλεκτρικά έργα με ισχύ από 10 έως 100 MW κυμαίνεται από 1.6 έως 2.4 εκατομμύρια €/MW. Στα μεσαία υδροηλεκτρικά έργα ισχύος από

100 έως 300 MW με φράγμα και ταμιευτήρα, η αναμενόμενη μείωση του κόστους εγκατάστασής τους λόγω της αύξησης της ισχύος αντισταθμίζεται από το κόστος κατασκευής του φράγματος οπότε και βρίσκονται στα ίδια επίπεδα. Τέλος, στους μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς ισχύος μεγαλύτερης από 300 MW, οι οποίοι όπως είναι φυσικό έχουν φράγμα και ταμιευτήρα επίσης, το κόστος εγκατάστασής τους δεν ξεπερνάει τα 1.6 εκατομμύρια €/MW.

Αναφορικά με τις ανεμογεννήτριες, όταν αυτές βρίσκονται στην ξηρά, το κόστος για την εγκατάστασή τους βρίσκεται μεταξύ 0.98 και 1.9 εκατομμυρίων €/MW και όπως είναι φυσικό δεν ξεπερνά το αντίστοιχο κόστος των μονάδων ορυκτών καυσίμων πλην ίσως των μονάδων συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου και των μονάδων πετρελαίου σε κάποιες περιπτώσεις. Σε σχέση με τα υδροηλεκτρικά έργα, οι χερσαίες ανεμογεννήτριες παρουσιάζουν μικρότερο κόστος εγκατάστασης για όλες τις κατηγορίες υδροηλεκτρικών έργων εκτός των μεγάλων με ισχύ μεγαλύτερη από 300 MW. Για τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες η εικόνα είναι διαφορετική. Σε αυτήν την περίπτωση το κόστος μεταφοράς του απαραίτητου εξοπλισμού στην ανοιχτή θάλασσα, το μεγάλο απαιτούμενο ύψος των ανεμογεννητριών καθώς επίσης και η ανάγκη θεμελίωσής τους σε δεκάδες μέτρα βάθος αυξάνουν αρκετά το κόστος εγκατάστασής τους το οποίο κυμαίνεται από 2.1 έως 3.2 εκατομμύρια €/MW.

Στα ηλιακά συστήματα η κατάσταση σε ότι αφορά το κόστος κεφαλαίου είναι εμφανώς διαφορετική απ' ότι στις προαναφερθείσες τεχνολογίες και παρουσιάζει έντονες αυξομειώσεις. Αρχικά, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, με τον όρο συγκεντρωτικές ηλιακές τεχνολογίες εννοούμε τα παραβολικά κοίλα, τα συστήματα δίσκου και τους ηλιακούς πύργους. Τα συστήματα αυτά στο σύνολό τους παρουσιάζουν αρκετά υψηλό κόστος επένδυσης το οποίο ποικίλει από 3.33 μέχρι 6.67 εκατομμύρια €/MW. Η μεγάλη αυτή διακύμανση οφείλεται στα διαφορετικά είδη των τεχνολογιών και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος της γης της εγκατάστασης, την τοποθεσία, την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας κλπ. Επιπρόσθετα, εξαιτίας αυτών των παραγόντων, οι τεχνολογίες ηλιακής συγκέντρωσης παρουσιάζουν κόστος επένδυσης που είναι σχεδόν ίσο και φτάνει μέχρι και τη διπλάσια τιμή από το αντίστοιχο κόστος ενός πυρηνικού ηλεκτροπαραγωγικού σταθμού.

Αντίστοιχα, στα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι τάξεις μεγέθους του κόστους είναι σαφώς μικρότερες και κυμαίνονται για τις οργανικές ηλιακές κυψέλες από 0.95 έως 1.87 εκατομμύρια €/MW, για τις τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης από 0.79 έως 2.26 εκατομμύρια

€/MW, για τις τεχνολογίες κρυσταλλικού πυριτίου, οι οποίες είναι και οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες, από 1.35 έως 2.7 εκατομμύρια €/MW. Το κόστος επένδυσης των οργανικών ηλιακών κυψελών κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με αυτό των χερσαίων ανεμογεννητριών και των μεγάλων υδροηλεκτρικών και είναι σαφώς μικρότερο από το αντίστοιχο κόστος των μονάδων επεξεργασίας του άνθρακα, των πυρηνικών μονάδων, των μικρών και μεσαίων υδροηλεκτρικών και των υπεράκτιων ανεμογεννητριών ενώ αγγίζει και ενδεχομένως να ξεπερνά το κόστος των μονάδων φυσικού αερίου. Στις τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης το κόστος βρίσκεται σε ελαφρώς ανώτερα επίπεδα απ' ότι στις οργανικές ηλιακές κυψέλες και σε ελαφρώς κατώτερα απ' ότι στις τεχνολογίες κρυσταλλικού πυριτίου. Οι πρώτες δυνητικά θα μπορούσαν να εμφανίσουν το μικρότερο κόστος από όλες τις προαναφερθείσες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής, το οποίο όμως υπό τις ανάλογες συνθήκες μπορεί και να ξεπεράσει αυτό των μεγάλων υδροηλεκτρικών, των χερσαίων ανεμογεννητριών, και των μονάδων φυσικού αερίου. Οι δεύτερες, πλησιάζουν το εκτιμώμενο κόστος των μεσαίων υδροηλεκτρικών ενώ ξεπερνούν το κόστος των τεχνολογιών εκμετάλλευσης του φυσικού αερίου αλλά και αυτών του άνθρακα χωρίς δέσμευση και αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα.

Για τη γεωθερμία, όπως προκύπτει από το Σχήμα 4.2, τα συστήματα δυαδικού κύκλου μπορούν υπό τις αντίστοιχες συνθήκες να εμφανίσουν το μεγαλύτερο κόστος επένδυσης απ' όλες τις εφαρμοζόμενες για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας τεχνολογίες, ενώ τα υβριδικά γεωθερμικά συστήματα το μικρότερο. Συγκεκριμένα, στα συστήματα δυαδικού κύκλου το κόστος κυμαίνεται από 1.9 έως 4.7 εκατομμύρια €/MW, ενώ στις υβριδικές διατάξεις το αντίστοιχο κόστος έχει μια μικρή διακύμανση από 1.6 έως 1.8 εκατομμύρια €/MW. Το κόστος επένδυσης των γεωθερμικών μονάδων είναι εμφανώς μικρότερο από αυτό των μονάδων ορυκτών καυσίμων πλην του φυσικού αερίου και σε ίσα επίπεδα με αυτό των υπεράκτιων ανεμογεννητριών, σε ότι αφορά τα συστήματα ανάφλεξης. Παράλληλα, σε ότι αφορά τα συστήματα δυαδικού κύκλου, το κόστος επένδυσής τους μπορεί να ξεπεράσει ενδεχομένως αυτό των μονάδων ορυκτών καυσίμων ακόμη και το κόστος επένδυσης ενός πυρηνικού σταθμού. Το εύρος των τιμών των γεωθερμικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρισμού, οφείλεται στις διακυμάνσεις στην πίεση, τη θερμοκρασία, το είδος, το βάθος της πηγής, κλπ.

Στις μονάδες όπου πραγματοποιείται καύση βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εμφανίζεται έντονη ποικιλία σε ότι αφορά το κόστος επένδυσης. Αυτό οφείλεται

κυρίως στις διαφορετικές τεχνολογίες που εφαρμόζονται καθώς επίσης και στην πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται στην εκάστοτε μονάδα. Η ταυτόχρονη καύση βιομάζας σε μονάδες άνθρακα απαιτεί στοιχειώδεις επιπλέον εγκαταστάσεις και για το λόγο αυτό εμφανίζει το μικρότερο κόστος κεφαλαίου, περίπου στα 0.87 εκατομμύρια €/MW. Στις μονάδες αεριοποίησης συνδυασμένου κύκλου το εύρος του κόστους αυξάνεται και είναι από 2 έως 4.4 εκατομμύρια €/MW, ενώ στις μονάδες όπου έχουμε συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, το κόστος κυμαίνεται σε μικρότερα επίπεδα, μεταξύ 2.4 και 3.2 εκατομμυρίων €/MW. Η μονάδα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα σε ότι αφορά το κόστος επένδυσης της μπορεί να είναι ιδιαίτερα φθηνή και να κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με ένα σταθμό φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου, μπορεί όμως να φτάσει και ιδιαίτερα υψηλές τιμές και να ξεπερνά ακόμη και το κόστος μιας πυρηνικής μονάδας ή ενός συγκεντρωτικού ηλιακού σταθμού. Η διακύμανση οφείλεται στην επιλεγόμενη κάθε φορά τεχνολογία ηλεκτροπαραγωγής.

Σχετικά με τη λιγότερο διαδεδομένη μορφή ενέργειας, τη θαλάσσια και κυματική, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2 το κόστος επένδυσης μιας τέτοιας διάταξης αγγίζει τα 5 εκατομμύρια €/MW. Το κόστος αυτό είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος για τις μονάδες ορυκτών καυσίμων αλλά και από το αντίστοιχο κόστος των περισσότερων μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

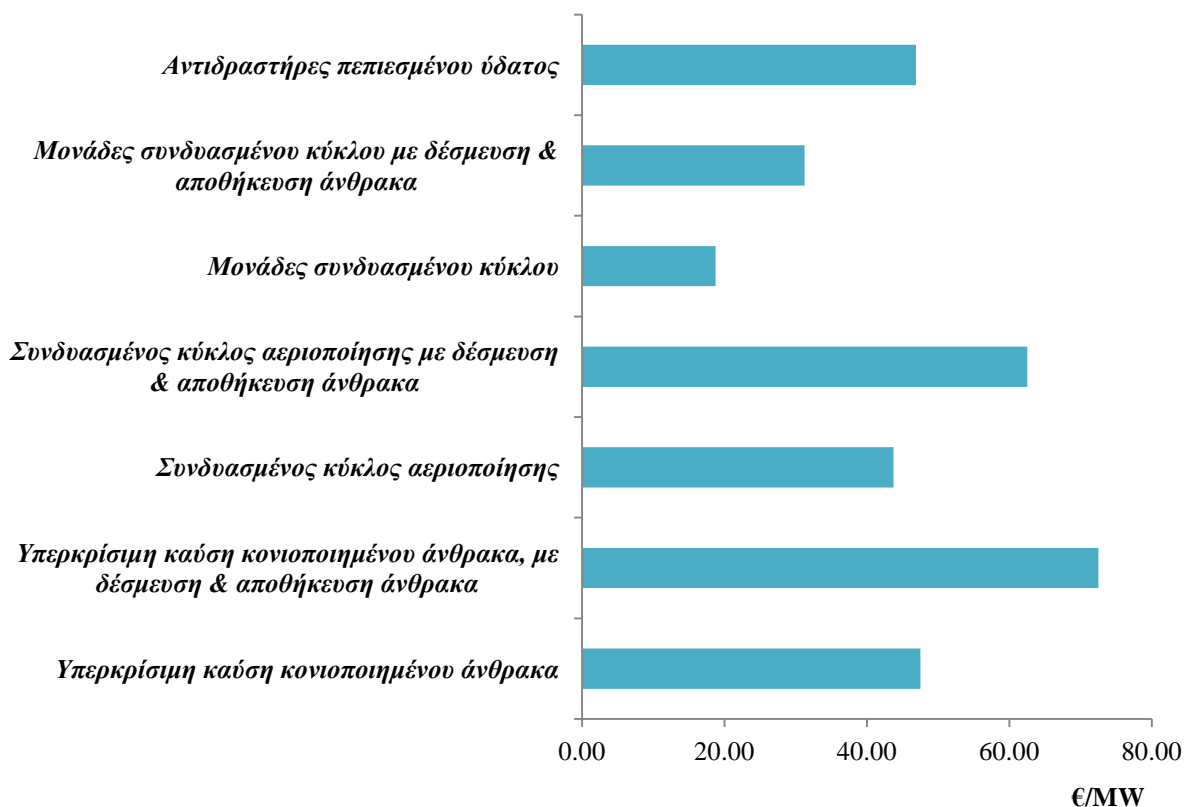
Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι οι μονάδες φυσικού αερίου, οι πετρελαϊκές μονάδες καθώς επίσης και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα με φράγμα και ταμιευτήρα είναι οι πιο οικονομικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ότι αφορά το κόστος εγκατάστασής τους ανά μεγαβάτ ισχύος. Αντίθετα, οι διατάξεις αξιοποίησης της κυματικής και θαλάσσιας ενέργειας, μεμονωμένες τεχνολογίες εκμετάλλευσης της βιομάζας καθώς επίσης και τα συγκεντρωτικά ηλιακά συστήματα εμφανίζουν το υψηλότερο κόστος επένδυσης. Οι υπόλοιπες τεχνολογίες, τόσο αυτές που αξιοποιούν ορυκτά καύσιμα, όσο και αυτές που αξιοποιούν ανανεώσιμες πηγές κυμαίνονται σε ενδιάμεσα επίπεδα κόστους κεφαλαίου.

4.2.2 Κόστος συντήρησης και λειτουργίας

Είναι το κόστος εκείνο που προκύπτει από τη λειτουργία του ηλεκτροπαραγωγικού σταθμού καθώς επίσης και από τη συντήρηση των μηχανών παραγωγής προκειμένου αυτές να λειτουργούν με ορθότητα και αξιοπιστία. Διακρίνεται σε σταθερό και μεταβλητό κόστος.

Το σταθερό κόστος περιλαμβάνει τους μισθούς του προσωπικού που εργάζεται στη μονάδα, την ασφάλιση του, τα έξοδα τακτικής ή έκτακτης συντήρησης, τις δαπάνες συντήρησης του κεφαλαίου κατά τη διάρκεια ζωής του έργου, τους φόρους ιδιοκτησίας και το κόστος ασφάλειας και χρήσης του δικτύου και του συστήματος τελών. Το κόστος αυτό παραμένει σταθερό ανεξάρτητα από το ποσό της παραγόμενης ενέργειας (UK Department of Energy and Climate Change, Mott MacDonald 2010).

Για τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής από ορυκτά καύσιμα, το σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησής τους φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 4.3.

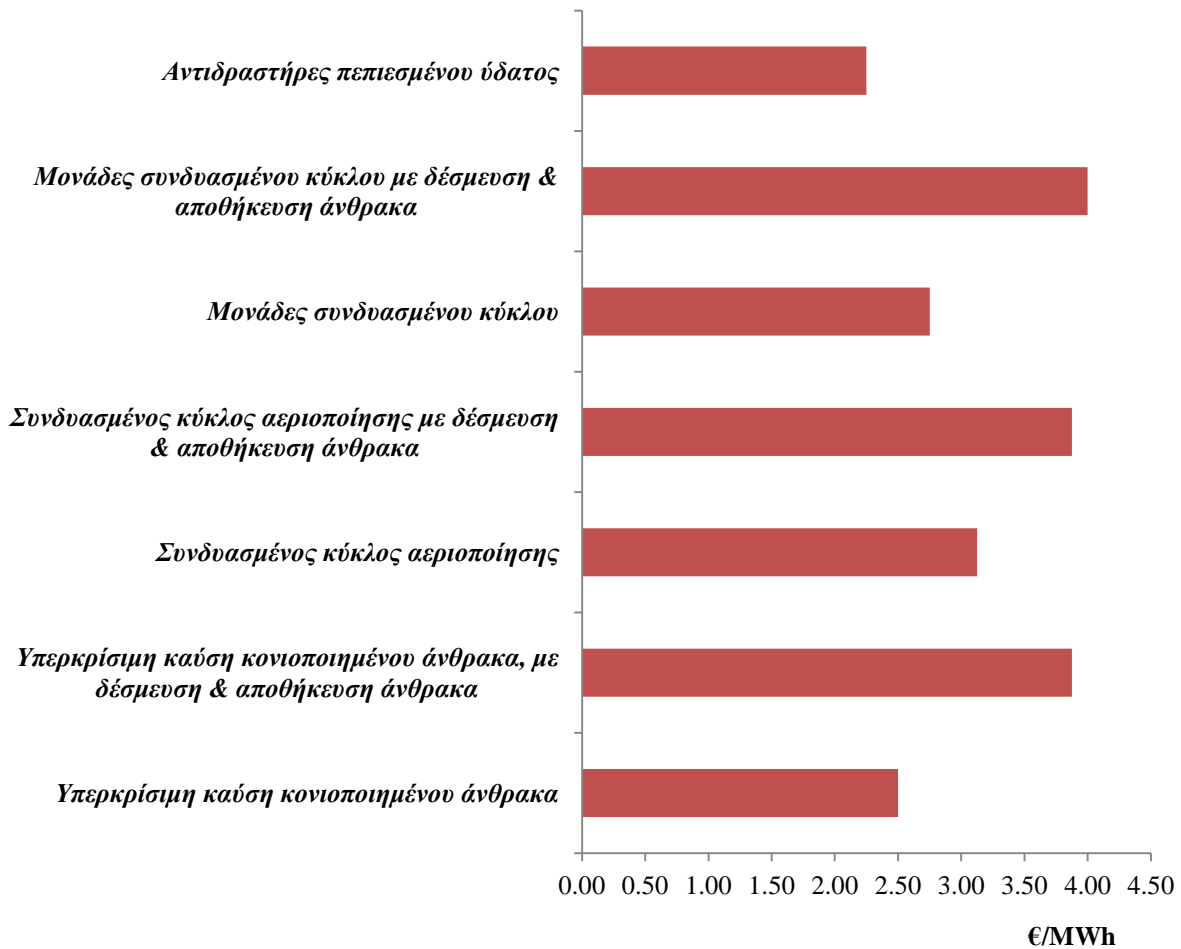


Σχήμα 4.3: Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από ορυκτά καύσιμα. (Δεδομένα: UK Department of Energy and Climate Change, Mott MacDonald 2010)

Όπως απεικονίζεται στο προηγούμενο σχήμα, το μεγαλύτερο σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης το εμφανίζουν οι μονάδες υπερκρίσιμης καύσης κονιοποιημένου άνθρακα με διάταξη δέσμευσης και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα και αγγίζει τα 72.5 €/MW εγκατεστημένης ισχύος. Ακολουθούν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου αεριοποίησης άνθρακα, με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα, με κόστος λειτουργίας και συντήρησης που κυμαίνεται στα 62.5 €/MW εγκατεστημένης ισχύος. Το αμέσως μικρότερο σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης εμφανίζουν οι μονάδες υπερκρίσιμης καύσης κονιοποιημένου άνθρακα, οι πυρηνικές μονάδες και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου αεριοποίησης άνθρακα, με κόστη που αγγίζουν τα 47.5, 46.9 και 43.8 €/MW εγκατεστημένης ισχύος. Τέλος, οι μονάδες φυσικού αερίου εμφανίζουν το μικρότερο σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, το οποίο είναι 31.3 €/MW ισχύος σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου με τεχνολογία δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα και 18.8 €/MW ισχύος σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου.

Αντίθετα, το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης περιλαμβάνει το κόστος του καυσίμου που χρησιμοποιείται στη μονάδα, το κόστος των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, το σχετικό με την παραγόμενη ποσότητα ενέργειας κόστος λειτουργίας και συντήρησης, που αφορά ενδεχομένως τα χρησιμοποιούμενα λιπαντικά και άλλες χημικές ουσίες για την ορθή και αξιόπιστη λειτουργία των μηχανημάτων, καθώς επίσης και το κόστος διάθεσης και επεξεργασίας των υπολειμμάτων. Το κόστος αυτό επηρεάζεται άμεσα από τον τύπο της εγκατάστασης, το χρησιμοποιούμενο καύσιμο και το εκάστοτε καθεστώς λειτουργίας (UK Department of Energy and Climate Change, Mott MacDonald 2010).

Το μεταβλητό κόστος των διαφόρων τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα 4.4.

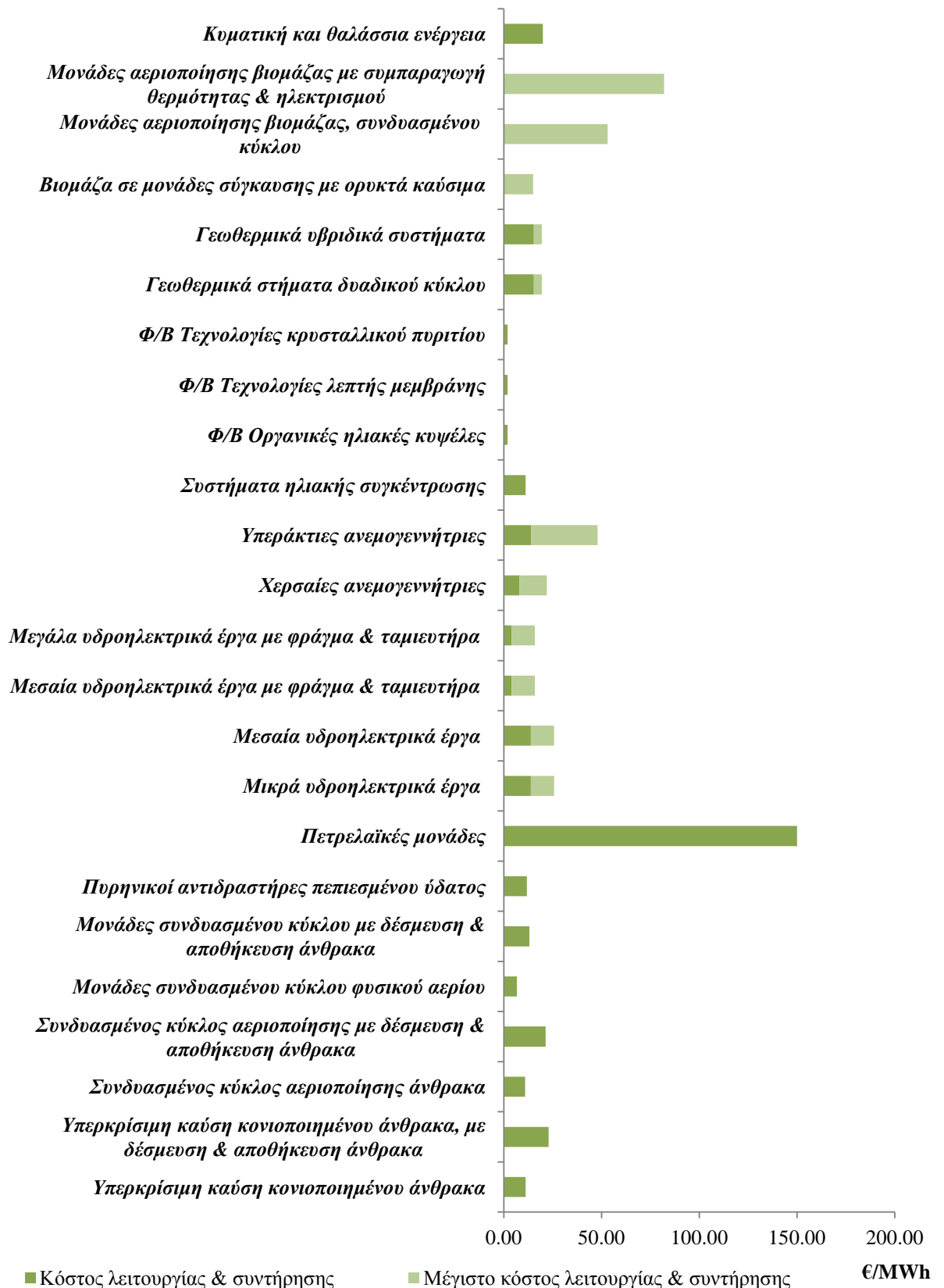


Σχήμα 4.4: Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από ορυκτά καύσιμα. (Δεδομένα: UK Department of Energy and Climate Change, Mott MacDonald 2010)

Η εικόνα του μεταβλητού κόστους των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από ορυκτά καύσιμα, εμφανίζεται διαφορετική σε σχέση με την εικόνα του αντίστοιχου σταθερού κόστους. Το μεγαλύτερο μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης εμφανίζεται στις μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου, με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα και το οποίο αγγίζει τα 4 €/MWh. Ακολουθούν οι μονάδες υπερκρίσιμης καύσης κονιοποιημένου άνθρακα με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου αεριοποίησης άνθρακα, με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα, των οποίων το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης αγγίζει τα 3.9 €/MWh. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου αεριοποίησης άνθρακα, συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου και υπερκρίσιμης καύσης κονιοποιημένου άνθρακα εμφανίζουν τα αμέσως μικρότερα κόστη, τα οποία αγγίζουν τα 3.1

€/MWh, 2.8 €/MWh και 2.5 €/MWh αντίστοιχα. Τέλος, το μικρότερο μεταβλητό κόστος συντήρησης και λειτουργίας εμφανίζουν οι πυρηνικοί σταθμοί και το οποίο ανέρχεται σε 2.3 €/MWh.

Στο Σχήμα 4.5, απεικονίζεται το συνολικό κόστος συντήρησης και λειτουργίας των συνηθέστερων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τεχνολογιών όπως αυτό προκύπτει για κάθε μονάδα παραγόμενης ενέργειας.



Σχήμα 4.5: Κόστος λειτουργίας και συντήρησης. (Δεδομένα: UK Department of Energy and Climate Change, Mott MacDonald 2010; ; IEA 2007; IEA 2009; IEA 2010a; IEA 2010b; IEA 2010c; IEA 2011; WAVEPLAM 2010).

Όπως παρατηρούμε στο προηγούμενο διάγραμμα, για τις τεχνολογίες αξιοποίησης του άνθρακα τα κόστη συντήρησης και λειτουργίας τόσο για τις μονάδες καύσης κονιοποιημένου άνθρακα, όσο και για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου είναι περίπου στα 11 €/MWh. Όπως είναι αναμενόμενο τα κόστη αυτά αυξάνονται όταν στο σταθμό εκμετάλλευσης του άνθρακα προστίθεται διάταξη δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα. Σε αυτήν τη περίπτωση το κόστος αυξάνεται στα 22.9 και 21.4 €/MWh αντίστοιχα.

Για τις μονάδες φυσικού αερίου, το κόστος της μονάδας συνδυασμένου κύκλου είναι στα 6.6 €/MWh ενώ σχεδόν διπλασιάζεται στα 13.1 €/MWh όταν η μονάδα έχει εξοπλισμό δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα. Στους πυρηνικούς αντιδραστήρες, το κόστος για τη συντήρηση και τη λειτουργία τους ανέρχεται στα 11.7 €/MWh, σχεδόν όσο στις συνηθισμένες μονάδες αξιοποίησης άνθρακα, όταν αυτές δεν περιέχουν μονάδα δέσμευσης και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα.

Είναι εμφανές από το προηγούμενο σχήμα το υψηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης των πετρελαϊκών μονάδων το οποίο αγγίζει τα 150 €/MWh. Η πολύ μεγάλη αυτή διαφορά οφείλεται όπως θα δούμε παρακάτω στην αστάθεια της τιμής του πετρελαίου, το κόστος του οποίου έχει συνυπολογιστεί, η οποία κυμαίνεται σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα.

Στα υδροηλεκτρικά έργα ομοίως με το κόστος επένδυσης, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας μειώνεται όσο αυξάνεται η ισχύς του σταθμού. Στα μικρά υδροηλεκτρικά και τα μεσαία χωρίς φράγμα και ταμιευτήρα το κόστος συντήρησης και λειτουργίας κυμαίνεται από 13.9 έως 25.9 €/MWh όταν το ίδιο κόστος για τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα και τα μεσαία με φράγμα και ταμιευτήρα κυμαίνεται από 4 έως 15.9 €/MWh.

Σε ότι αφορά τις ανεμογεννήτριες παρουσιάζεται έντονη διαφοροποίηση ανάλογα με το αν αυτές είναι χερσαίες ή υπεράκτιες. Στις χερσαίες το κόστος ξεκινά από 8 και φτάνει μέχρι 22 €/MWh ενώ στις υπεράκτιες ξεκινά από 14 και φτάνει στα 48 €/MWh. Η διαφορά αυτή οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός ότι οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες βρίσκονται αρκετά μακριά από την ξηρά και η μεταφορά του εξοπλισμού και συνεργείου συντήρησης δεν είναι εύκολη.

Στα ηλιακά συστήματα τα οποία δεν έχουν κινούμενα μέρη, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας παραμένει ιδιαίτερα χαμηλό στα 1.9 €/MWh, γεγονός που αποτελεί και το βασικό πλεονέκτημά τους. Στις μονάδες γεωθερμίας, τα συστήματα δυαδικού κύκλου αλλά και τα υβριδικά γεωθερμικά συστήματα έχουν σχετικά μεγάλο κόστος συντήρησης και

λειτουργίας το οποίο ξεκινά από 39.7 και 47.6 €/MWh και φτάνει μέχρι τα 79.4 και 117.1 €/MWh αντίστοιχα.

Αναφορικά με τις μονάδες βιομάζας, το κόστος τους κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα. Συγκεκριμένα, σε μονάδες σύγκρασης με άνθρακα το κόστος ανέρχεται στα 15 €/MWh ενώ σε μονάδες αεριοποίησης συνδυασμένου κύκλου το κόστος μπορεί να αγγίξει μέχρι και τα 53 €/MWh. Σε μονάδες συμπαραγωγής το κόστος είναι ιδιαίτερα υψηλό και μπορεί να αγγίξει μέχρι και τα 82 €/MWh.

Τέλος το κόστος συντήρησης και λειτουργίας των διατάξεων αξιοποίησης της θαλάσσιας και της κυματικής ενέργειας, σύμφωνα με τα μέχρι σήμερα δεδομένα ανέρχεται ενδεικτικά στα 20 €/MWh και είναι ίσως το τρίτο φθηνότερο μετά το κόστος των φωτοβολταϊκών και των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων. Ασφαλώς και παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωσή του η φύση του συστήματος και ο τρόπος λειτουργίας του.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι φωτοβολταϊκές διατάξεις έχουν ασύγκριτα μικρό κόστος λειτουργίας και συντήρησης με τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα να βρίσκονται στην επόμενη θέση. Το μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης εμφανίζουν οι πετρελαϊκοί σταθμοί, οι μονάδες βιομάζας και ενδεχομένως και οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες. Οι μονάδες γεωθερμίας, τα μικρά υδροηλεκτρικά, οι διατάξεις αξιοποίησης της θαλάσσιας ενέργειας καθώς επίσης και οι πυρηνικές μονάδες αλλά και οι μονάδες ορυκτών καυσίμων έχουν κόστη λειτουργίας και συντήρησης που κυμαίνονται σε ενδιάμεσα επίπεδα. Για τις μονάδες ορυκτών καυσίμων, το κόστος διαφοροποιείται ανάλογα αν αυτές είναι εξοπλισμένες με σύστημα δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα.

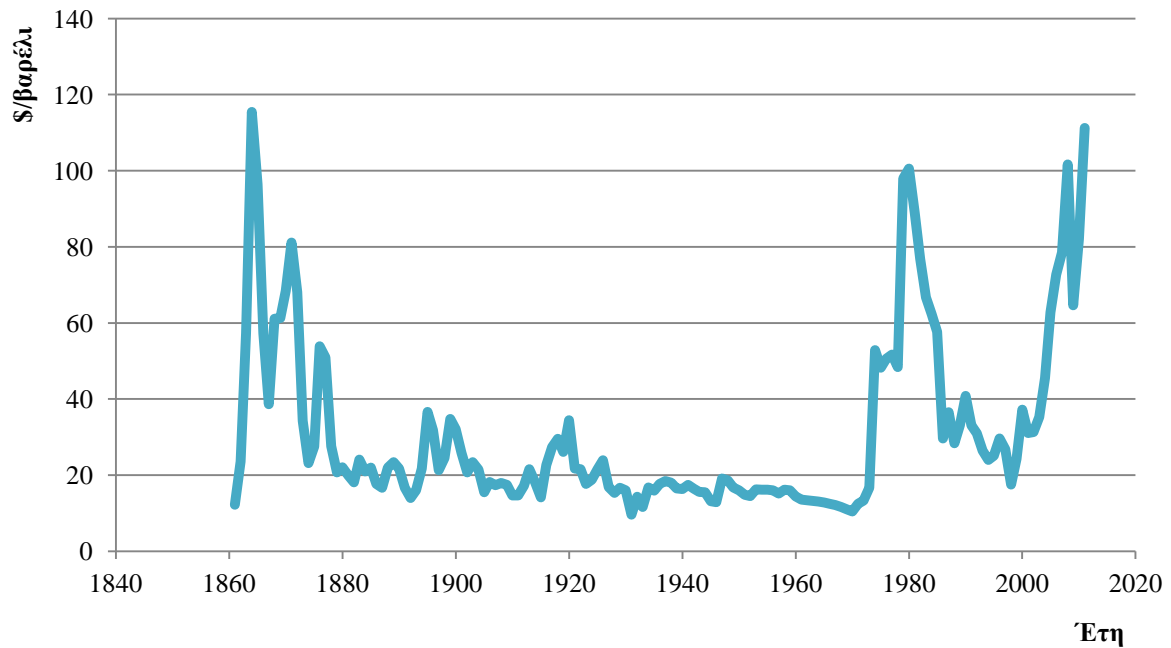
4.2.3 Κόστος καυσίμου

Είναι το κόστος του χρησιμοποιούμενου για την παραγωγή ηλεκτρισμού καυσίμου, στην εκάστοτε μονάδα. Το κόστος αυτό δεν υπεισέρχεται στο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδες που εκμεταλλεύονται ανανεώσιμες πηγές, παρά μόνο σε μονάδες που μετατρέπουν τη θερμογόνο δύναμη των ορυκτών καυσίμων σε ηλεκτρική ενέργεια.

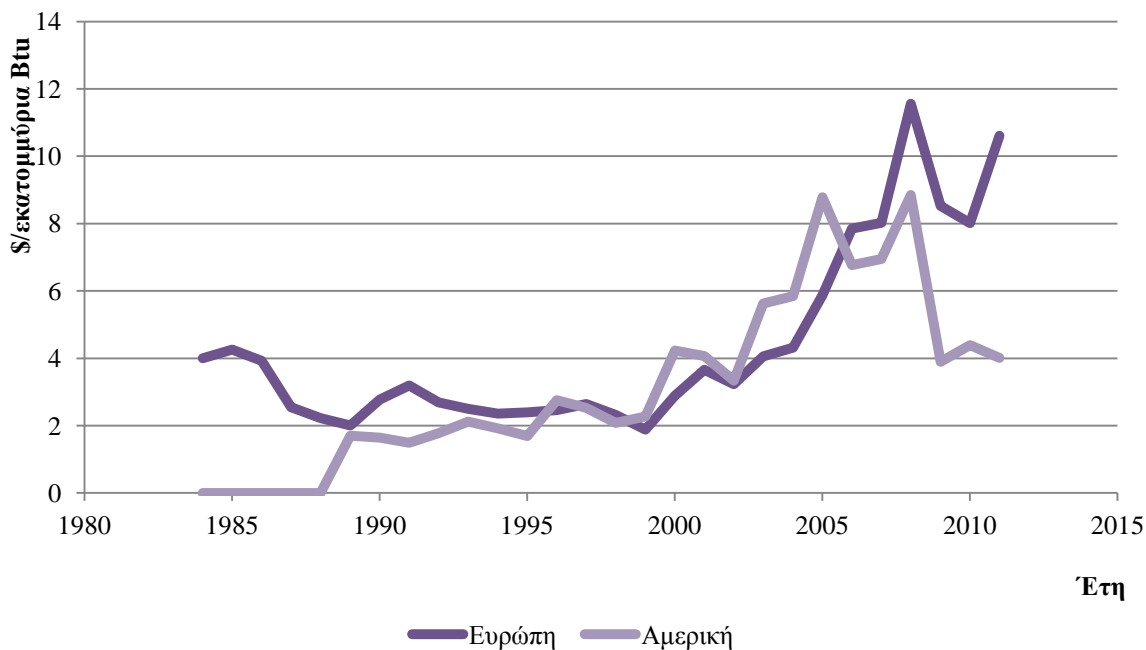
Παρόλο που όπως αναφέρθηκε παραπάνω το κόστος καυσίμου έχει ληφθεί υπόψη στο μεταβλητό αλλά και στο συνολικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, οι τιμές των ορυκτών

καυσίμων και η εξέλιξή τους με τα χρόνια παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στο κόστος της παραγόμενης μονάδας ενέργειας.

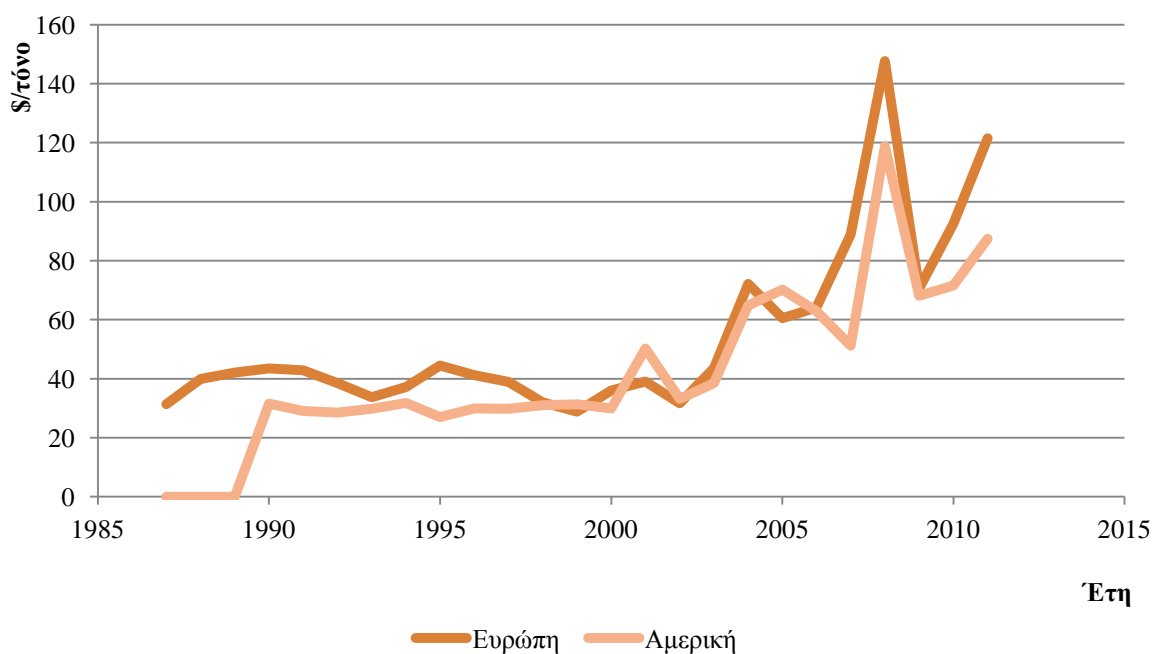
Στα Σχήματα 4.6, 4.7, 4.8 φαίνεται η εξέλιξη των τιμών των ορυκτών καυσίμων τα τελευταία χρόνια.



Σχήμα 4.6: Εξέλιξη των τιμών του πετρελαίου από το 1861 έως το 2011. (Δεδομένα: BP 2012)



Σχήμα 4.7: Εξέλιξη των τιμών του φυσικού αερίου από το 1984 έως το 2011, σε Ευρώπη και Αμερική. (Δεδομένα: BP 2012)



Σχήμα 4.8: Εξέλιξη των τιμών του άνθρακα από το 1987 έως το 2011, σε Ευρώπη και Αμερική. (Δεδομένα: BP 2012)

Όπως είναι εμφανές από τα προηγούμενα σχήματα, το πετρέλαιο είναι το πιο ασταθές καύσιμο σε ότι αφορά την τιμή του, γεγονός το οποίο συντελεί στον περιορισμό της χρήσης του για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο άνθρακας και το φυσικό αέριο, αν και τα τελευταία χρόνια εμφανίζουν μια ανοδική τάση των τιμών τους, ειδικά στην Ευρώπη συγκριτικά με την Αμερική, συνεχίζουν να κυμαίνονται σε πολύ χαμηλότερες τιμές από τις αντίστοιχες του πετρελαίου. Για το λόγο αυτό είναι τα καύσιμα τα οποία προτιμώνται για ηλεκτροπαραγωγή.

4.3 Σύγκριση των πηγών ενέργειας ως προς τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στηρίχτηκε αρχικά στην καύση ορυκτών καυσίμων, διαδικασία η οποία έλαβε χώρα σε μεγάλο βαθμό και με ιδιαίτερα έντονους ρυθμούς τα προηγούμενα χρόνια ενώ συνεχίζεται μέχρι και σήμερα σε πολλά μέρη ανά τον κόσμο. Όπως είναι φυσικό, η διαδικασία αυτή είχε και συνεχίζει να έχει επιβλαβείς για το περιβάλλον συνέπειες. Πιο συγκεκριμένα, επιβαρύνεται η ατμόσφαιρα με αέριους ρυπαντές, παράγονται αέρια που επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ρυπαίνονται οι υδάτινοι αποδέκτες και το έδαφος και επιπλέον διαταράσσονται τόσο τα χερσαία, όσο και τα υδάτινα οικοσυστήματα. Επιπλέον, σημαντικά είναι πολλές φορές τα προβλήματα ηχορρύπανσης καθώς επίσης και αισθητικής υποβάθμισης του τοπίου.

Η ανάπτυξη τεχνολογιών με μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση καθώς επίσης και η διάδοση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνέβαλαν και συμβάλλουν θετικά στον περιορισμό της επιβάρυνσης και καταστροφής του περιβάλλοντος. Ωστόσο υπάρχουν ακόμη πολλοί στόχοι προς αυτή την κατεύθυνση για τα επόμενα χρόνια, οι οποίοι θα πρέπει να επιτευχθούν. Με δεδομένη την αναμενόμενη αύξηση της ενεργειακής ζήτησης, η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών θα πρέπει σε παγκόσμια κλίμακα να γίνει με ιδιαίτερα έντονους ρυθμούς ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα, η μείωση δηλαδή της αρνητικής επίδρασης των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής στο περιβάλλον.

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε και θα αναλύσουμε τις συνέπειες των διαφόρων μεθόδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο περιβάλλον. Η ανάλυση θα γίνει σε πέντε άξονες και συγκεκριμένα θα εξεταστούν οι επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα, στο υδάτινο περιβάλλον, στο

έδαφος ενώ επιπλέον θα εξεταστεί το θέμα της ηχορρύπανσης και της αισθητικής υποβάθμισης του τοπίου.

4.3.1 Επιπτώσεις των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής στην ατμόσφαιρα

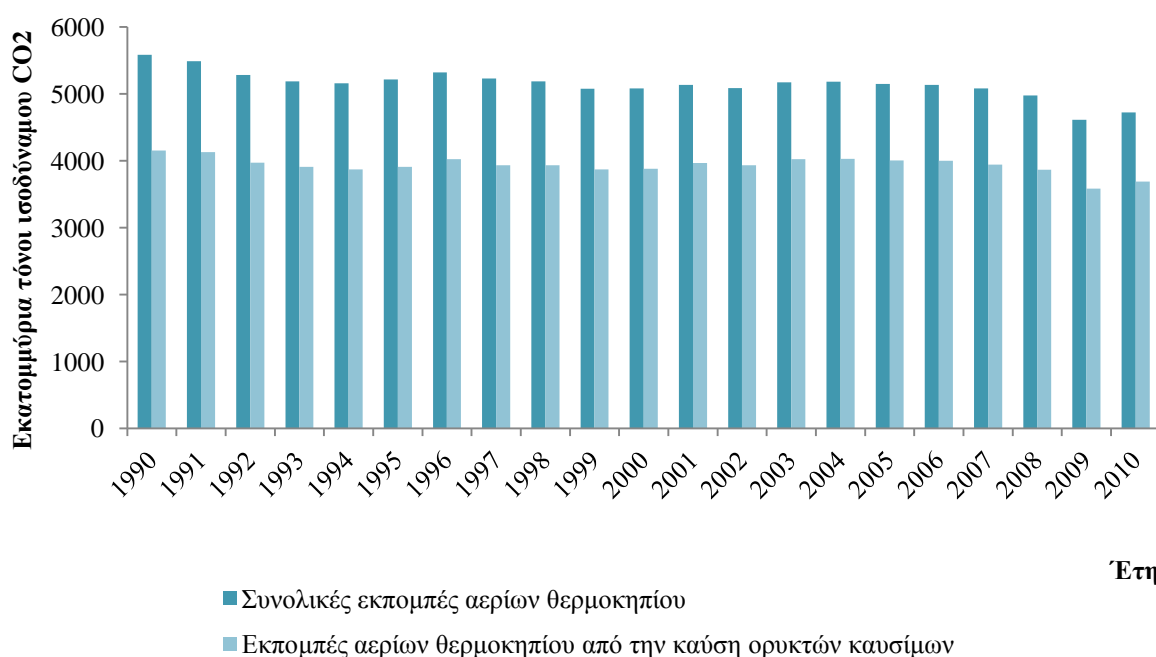
Είναι εύκολα κατανοητό ότι οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα για ηλεκτροπαραγωγή, ευθύνονται με διαφορά για το μεγαλύτερο ποσοστό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ωστόσο, προβλήματα και ενδεχομένως ρύπανση της ατμόσφαιρας προκαλείται και από κάποιες από τις τεχνολογίες ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, σε πολύ μικρότερη κλίμακα. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας όπου γίνεται μια σύγκριση των ενεργειακών πηγών ως προς τις αρνητικές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον, θα αναφέρουμε τα φαινόμενα ρύπανσης της ατμόσφαιρας από το σύνολο των πηγών και των αντίστοιχων μεθόδων παραγωγής ενέργειας.

Η σημαντικότερη συνιστώσα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο πήρε ανησυχητικές διαστάσεις τα προηγούμενα χρόνια. Πληθώρα μέτρων έχουν ληφθεί και εφαρμοστεί αποτελεσματικά παγκοσμίως για τον περιορισμό του, ωστόσο η κατάσταση παραμένει ανησυχητική μέχρι τις μέρες μας.

Είναι γεγονός ότι από το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η γη, ένα μέρος απορροφάται από το σύστημα γης και ατμόσφαιρας ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα. Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται ενώ το υπόλοιπο 70% απορροφάται από την ατμόσφαιρα, τα νέφη, την επιφάνεια της γης και τους ωκεανούς. Ένα μέρος λοιπόν της ακτινοβολίας κατά την είσοδό της, περνά αναλλοίωτη στην ατμόσφαιρα θερμαίνοντάς την και φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους απ' όπου και ακτινοβολείται με μεγαλύτερο μήκος κύματος, ενώ ένα μέρος αυτής απορροφάται από την ατμόσφαιρα, τη θερμαίνει και επανεκπέμπεται στην επιφάνεια του εδάφους. Το στρώμα των αερίων επιτρέπει λοιπόν τη διέλευση της ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα την εγκλωβίζει, όπως δηλαδή γίνεται και στα θερμοκήπια. Με τον τρόπο αυτό η γήινη ατμόσφαιρα συμπεριφέρεται ως μία δεύτερη πηγή θερμότητας. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί μια φυσική διεργασία που καθιστά τη γη κατοικήσιμη εξασφαλίζοντάς της μια σταθερή θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους γύρω στους 15°C. Χωρίς το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας θα ήταν σε παγκόσμια και ετήσια βάση περίπου -18 °C.

Το σύνολο των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, ονομάζονται αέρια του θερμοκηπίου. Τα τελευταία χρόνια σαν αποτέλεσμα της ανθρωπογενούς δραστηριότητας, αυξάνεται η συγκέντρωση πολλών αερίων του θερμοκηπίου και ειδικά του διοξειδίου του άνθρακα ενώ ταυτόχρονα ενισχύεται η έκλυση χλωροφθορανθράκων. Τα τρία τέταρτα του παραγόμενου από την ανθρωπογενή δραστηριότητα διοξειδίου του άνθρακα παράγονται από την καύση των ορυκτών καυσίμων και το υπόλοιπο από διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος, όπως είναι η αποδάσωση.

Στο Σχήμα 4.9 φαίνονται οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη των 27 χωρών και πως αυτές εξελίχθηκαν από το 1990 μέχρι το 2010, καθώς επίσης και οι αντίστοιχες εκπομπές που αφορούν τον τομέα της ενέργειας.



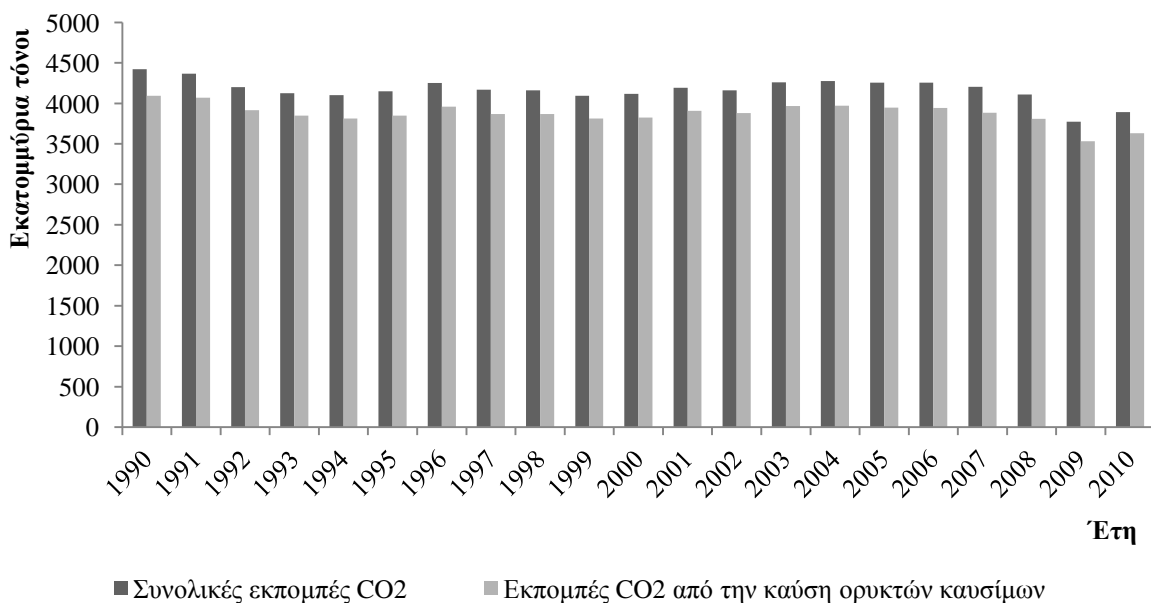
Σχήμα 4.9: Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη των 27 χωρών την περίοδο 1990-2010 και αντίστοιχες εκπομπές από την καύση των ορυκτών καυσίμων. (Δεδομένα: ΕΕΑ)

Όπως φαίνεται από το προηγούμενο σχήμα, η παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου οφείλεται κατά ένα πολύ μεγάλο μέρος στην παραγωγή ενέργειας. Ειδικότερα, η καύση των ορυκτών καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή παίζει πρωταρχικό ρόλο.

Τα αέρια που συμβάλλουν περισσότερο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι τα εξής:

(α) Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂): Πρόκειται για αέριο που παράγεται φυσιολογικά από τα ζώα κατά τη διάρκεια της αναπνοής καθώς επίσης και από την αποσύνθεση της βιομάζας. Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται επίσης από τα φυτά κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, δεν είναι βλαβερό και οι συγκεντρώσεις του παραμένουν σε μικρά επίπεδα καθώς αυτό απορροφάται από τα φυτά. Ωστόσο, όπως αναφέραμε προηγουμένως, η καύση των ορυκτών καυσίμων συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και έτσι και στην υπερθέρμανση του πλανήτη και παρά το γεγονός ότι αποτελεί μόνο το 0.04% τοις εκατό της ατμόσφαιρας είναι ίσως το σημαντικότερο από τα αέρια του θερμοκηπίου.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.10 φαίνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Ευρώπη των 27 χωρών και πως αυτές εξελίχθηκαν από το 1990 μέχρι το 2010, καθώς επίσης και οι αντίστοιχες εκπομπές που αφορούν την καύση των ορυκτών καυσίμων.

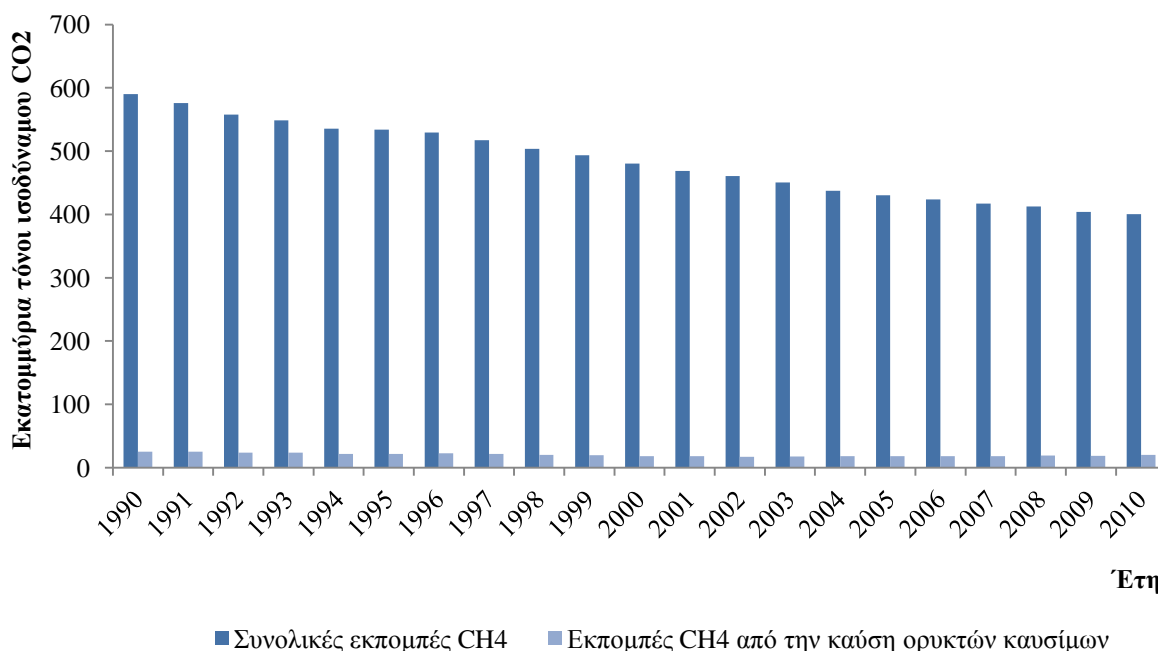


Σχήμα 4.10: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Ευρώπη των 27 χωρών την περίοδο 1990-2010 και αντίστοιχες εκπομπές από την καύση των ορυκτών καυσίμων. (Δεδομένα: ΕΕΑ)

Όπως είναι εμφανές από το προηγούμενο Σχήμα 4.10, η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα την τελευταία εικοσαετία οφείλεται σχεδόν εξ ολοκλήρου στον τομέα της παραγωγής ενέργειας από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Επιπλέον, εμφανίζεται σχεδόν σταθερή η παραγόμενη ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα με ελάχιστη ίσως πτωτική τάση τη χρονική περίοδο 2004 έως 2010. Νωρίτερα, και πάλι έχουμε πτωτικές τάσεις της παραγόμενης ποσότητας με εμφάνιση ωστόσο κάποιων περιόδων ανοδικών τάσεων, όπως δηλαδή τις περιόδους 1994-1996, 1999-2001, 2002-2004.

(β) Το μεθάνιο (CH_4): Πρόκειται για ένα αέριο άχρωμο και άοσμο το οποίο είναι και το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου, σε ποσοστά 70% έως 90%. Είναι ελάχιστα διαλυτό στο νερό ενώ με τον αέρα σχηματίζει εκρηκτικά μίγματα. Τον τελευταίο αιώνα, λόγω διαφόρων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και ιδιαίτερα εξαιτίας της μαζικής κτηνοτροφίας βοοειδών παρατηρήθηκε έντονη αύξηση της συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα. Αναφορικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το μεθάνιο έχει ιδιαίτερα σημαντική συνεισφορά με σχετικά υψηλό δυναμικό θέρμανσης. Εξάλλου σταδιακά οξειδώνεται στην ατμόσφαιρα παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς. Ο χρόνος ημιζωής του στην ατμόσφαιρα είναι περίπου επτά χρόνια. Επιπλέον υπάρχει μια μεγάλη, αν και όχι υπολογισμένη, ποσότητα μεθανίου διαλυμένη στους ωκεανούς και στους πάγους, και η οποία, με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου εκλύεται στην ατμόσφαιρα, καθώς η διαλυτότητα του μεθανίου, όπως και του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η επιπλέον αυτή ποσότητα μεθανίου έχει επιπλέον συνεισφορά στο φαινόμενο, επιταχύνοντας τη διαδικασία αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.11 φαίνονται οι εκπομπές μεθανίου στην Ευρώπη των 27 χωρών και πως αυτές εξελίχθηκαν από το 1990 μέχρι το 2010, καθώς επίσης και η αντίστοιχη συμμετοχή της καύσης των ορυκτών καυσίμων η οποία αφορά τον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

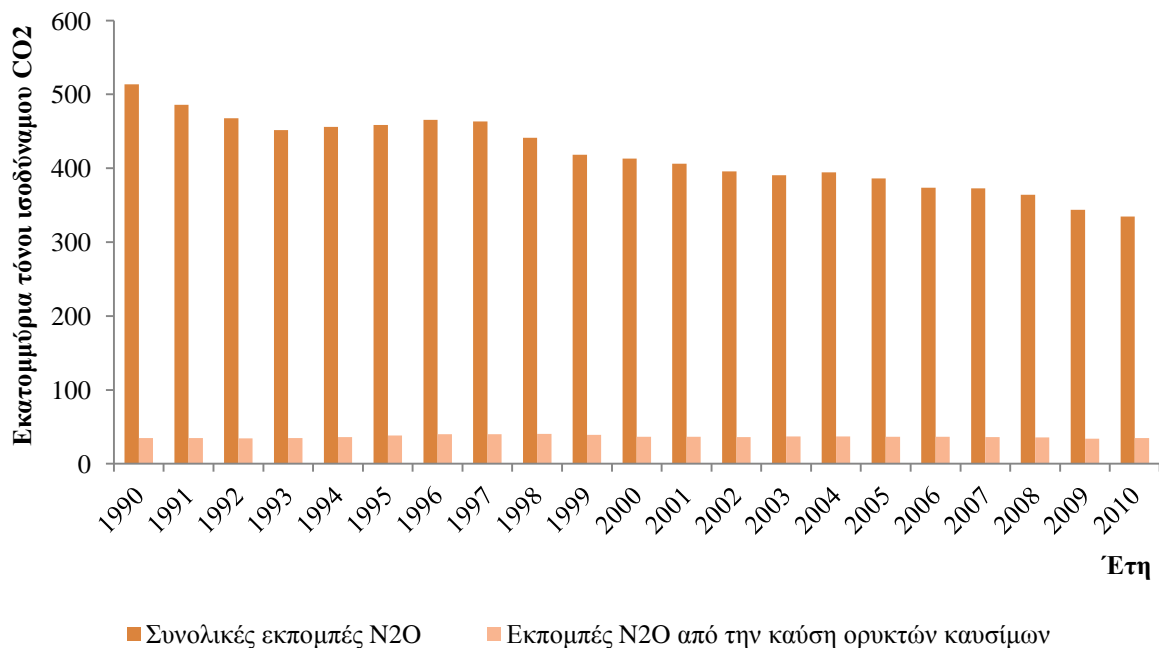


Σχήμα 4.11: Συνολικές εκπομπές μεθανίου στην Ευρώπη των 27 χωρών την περίοδο 1990-2010 και αντίστοιχες εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων. (Δεδομένα: ΕΕΑ)

Όπως φαίνεται από το προηγούμενο σχήμα, τα τελευταία είκοσι χρόνια περίπου, η παραγωγή μεθανίου μειώνεται τόσο στο σύνολό της όσο και σε ότι αφορά τις εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων. Επιπλέον, είναι εμφανές ότι ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής με εκμετάλλευση της θερμογόνου δύναμης των καυσίμων συμβάλλει κατά ένα πολύ μικρό ποσοστό στις συνολικές εκπομπές μεθανίου, περίπου 4% έως 5%.

(γ) Υποξείδιο του αζώτου (N₂O) : Σε φυσιολογικές συνθήκες είναι ένα άχρωμο, μη εύφλεκτο αέριο με ελαφριά κάπως γλυκιά γεύση και οσμή. Χρησιμοποιείται στην ιατρική ως αναισθητικό. Ταυτόχρονα, πρόκειται για την πιο ισχυρή χημική ένωση που καταστρέφει το όζον στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Το αέριο αυτό εκπέμπεται από τα αζωτούχα λιπάσματα, από την κοπριά των ζώων, από την επεξεργασία των αποβλήτων και των λυμάτων, από την καύση της βιομάζας και των ορυκτών καυσίμων καθώς επίσης και από διάφορες βιομηχανικές διεργασίες που εμπλέκουν το άζωτο. Η ανθρωπογενής δραστηριότητα ευθύνεται για το ένα τρίτο μόνο των συνολικών εκπομπών υποξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα το υπόλοιπο παράγεται φυσικά όταν πραγματοποιείται διάσπαση αζωτούχων ενώσεων στους ωκεανούς και στο έδαφος.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.12 φαίνονται οι εκπομπές υποξειδίου του αζώτου στην Ευρώπη των 27 χωρών και πως αυτές εξελίχθηκαν από το 1990 μέχρι το 2010, καθώς επίσης και η αντίστοιχη συμμετοχή της καύσης των ορυκτών καυσίμων η οποία αφορά τον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 4.12: Συνολικές εκπομπές υποξειδίου του αζώτου στην Ευρώπη των 27 χωρών την περίοδο 1990-2010 και αντίστοιχες εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων. (Δεδομένα: ΕΕΑ)

Όπως είναι εμφανές από το Σχήμα 4.12, η εκπομπή υποξειδίου του αζώτου ακολουθεί μια πτωτική τάση, με εξαίρεση ίσως το διάστημα από το 1993 έως το 1997, όπου οι εκπομπές αυξάνονται. Επιπρόσθετα, οι αντίστοιχες εκπομπές από την καύση των ορυκτών καυσίμων με σκοπό την ηλεκτροπαραγωγή, εμφανίζουν σχεδόν σταθερή πτωτική εικόνα, με εξαίρεση την περίοδο που αναφέρθηκε προηγουμένως όπου και πάλι η τάση είναι ελάχιστα αυξητική. Παρατηρούμε ότι το ποσοστό των εκπομπών λόγω καύσης των ορυκτών καυσίμων ανέρχεται σε 6.5% έως 10.5%.

Το πλέον ανησυχητικό σε ότι αφορά το υποξείδιο του αζώτου είναι ότι δεν περιορίζεται η εκπομπή του με κάποια σχετική συνθήκη ή διακρατική συμφωνία. Αντίθετα, η χρήση των

χλωροφθορανθράκων τους οποίους θα εξετάσουμε παρακάτω, περιορίστηκε σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία είκοσι με εικοσιπέντε έτη και σε αυτό συνέβαλε η συνθήκη του Μόντρεαλ η οποία ψηφίστηκε το 1987.

Τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου είναι γνωστά ως φθοριούχα αέρια. Τα φθοριούχα αέρια είναι ανθρωπογενείς χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται σε αρκετούς διαφορετικούς τομείς και εφαρμογές. Από τη δεκαετία του 1990 είναι ιδιαίτερα δημοφιλή ως υποκατάστατα ορισμένων ουσιών που καταστρέφουν το όζον οι οποίες χρησιμοποιούνταν τότε στις περισσότερες από αυτές τις εφαρμογές. Τα φθοριούχα αέρια παρότι δεν έχουν ιδιότητες καταστροφής του όζοντος, ως επί το πλείστον έχουν υψηλό δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, γεγονός που τα καθιστά ιδιαίτερα σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα φθοριούχα αέρια είναι τα εξής:

(α) Υδροφθοράνθρακες (HFCs) : είναι η συνηθέστερη ομάδα φθοριούχων αερίων. Χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς και εφαρμογές, όπως ως ψυκτικά μέσα σε εξοπλισμό ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας, ως διογκωτικοί παράγοντες για αφρούς, ως μέσα πυρόσβεσης, προωθητικά αερολυμάτων και διαλύτες.

(β) Υπερφθοράνθρακες (PFCs) : χρησιμοποιούνται συνήθως στον τομέα των ηλεκτρονικών, π.χ. για καθαρισμό δίσκων πυριτίου με πλάσμα) καθώς και στον τομέα των καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων αλλά και σε μικρό βαθμό επίσης σε εξοπλισμό ψύξης ως υποκατάστατα των χλωροφθορανθράκων, συχνά σε συνδυασμό με άλλα αέρια. Κατά το παρελθόν, οι υπερφθοράνθρακες χρησιμοποιούνταν ως μέσα πυρόσβεσης και εξακολουθούν να υπάρχουν σε παλαιότερα συστήματα πυροπροστασίας.

(γ) Εξαφθοριούχο θείο (SF₆) : χρησιμοποιείται κυρίως ως μονωτικό αέριο και για την κατάσβεση τόξου μεταγωγής σε συσκευές χειρισμού και προστασίας υψηλής τάσεως, καθώς επίσης και ως προστατευτικό αέριο στην παραγωγή μαγνησίου και αλουμινίου.

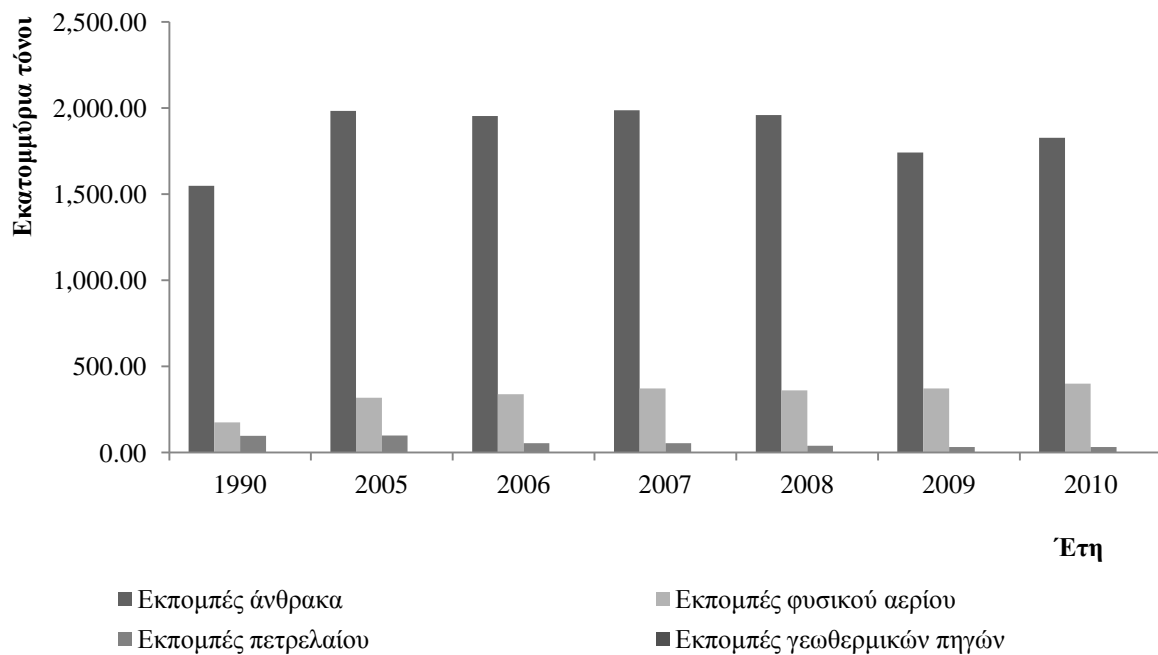
Τα φθοριούχα αέρια, δεν παράγονται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων γι' αυτό και η ποσότητα των εκπομπών τους δεν εξετάζεται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας (EEA).

Από τα παραπάνω καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι σχετικά με τα αέρια του θερμοκηπίου, η καύση των ορυκτών καυσίμων κατά τη διαδικασία της ηλεκτροπαραγωγής, έχει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο σε ότι αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και υποξειδίου του αζώτου. Για το λόγο αυτό θα εξετάσουμε περαιτέρω τις εκπομπές ανά

καύσιμο έτσι ώστε να έχουμε μια όσο γίνεται σαφή εικόνα σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση.

Στα ακόλουθα διαγράμματα απεικονίζεται η ετήσια κατάσταση των εκπομπών ανά καύσιμο στις ΗΠΑ οι οποίες παράγουν το 18% των παγκόσμιων εκπομπών ρύπων. Η εικόνα παγκοσμίως εμφανίζει τους ίδιους συσχετισμούς, αλλά προφανώς σε μεγαλύτερη τάξη μεγέθους της παραγόμενης ποσότητας κάθε ρύπου.

Στο Σχήμα 4.13, φαίνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά ορυκτό καύσιμο, σε εκατομμύρια τόνους και πως αυτές διαμορφώνονται από το 2005 έως το 2010 σε σχέση με το 1990.



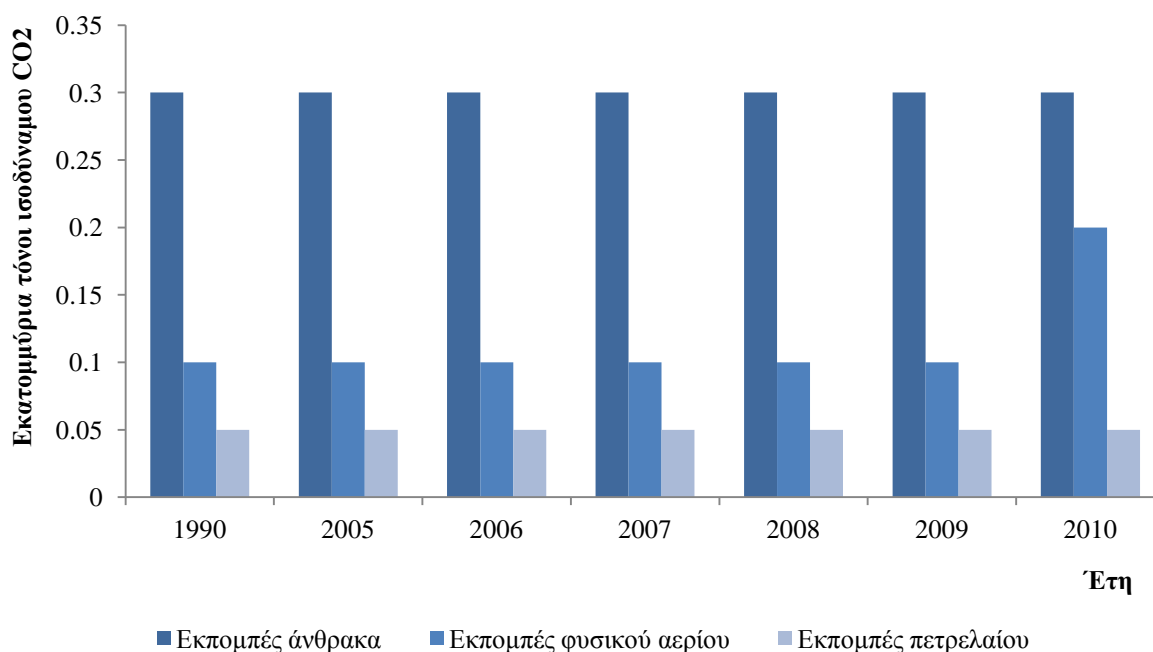
Σχήμα 4.13: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά ορυκτό καύσιμο. (Δεδομένα: US EPA 2012)

Όπως φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα, ο άνθρακας και το πετρέλαιο έχουν τις υψηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, με το πετρέλαιο να κατέχει την πρώτη θέση. Η ποσότητα των εκπομπών την πενταετία 2005-2010 είναι σαφώς μεγαλύτερη σε σχέση με το 1990, εμφανίζει όμως μια ξεκάθαρη πτωτική τάση τόσο για τον άνθρακα, όσο και για το πετρέλαιο.

Συγκεκριμένα, η ποσότητα των εκπομπών ήταν της τάξης των 2500 εκατομμυρίων τόνων το 2005 έναντι των 2000 που ήταν το 1990, ενώ το 2010 ανερχόταν σε 2200 εκατομμύρια τόνους, για το πετρέλαιο. Για τον άνθρακα, αντίστοιχα ήταν της τάξης των 1550 εκατομμυρίων τόνων το 1990, ανήλθε σε 2000 σχεδόν το 2005, ενώ το 2010 έφτασε τους 1820 εκατομμύρια τόνους.

Σε ότι αφορά το φυσικό αέριο, ομοίως εμφανίζει μεγάλη αύξηση από το 1990, ωστόσο, εμφανίζεται να έχει ανοδική τάση την πενταετία 2005-2010 σε ότι αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Πιο αναλυτικά, η ποσότητα ήταν 175 εκατομμύρια τόνοι το 1990 και έφτασε τους 320 σχεδόν το 2005 ενώ σήμερα ανέρχεται σε 400 εκατομμύρια τόνους περίπου. Τέλος, η γεωθερμία, μια ανανεώσιμη πηγή παράγει επίσης διοξειδίου του άνθρακα, σε πολύ μικρότερα επίπεδα, της τάξης των 0.4 εκατομμυρίων τόνων και η οποία παραμένει σταθερή με την πάροδο των ετών.

Στο Σχήμα 4.14, φαίνονται οι εκπομπές μεθανίου ανά ορυκτό καύσιμο, σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα και πως αυτές διαμορφώνονται από το 2005 έως το 2010 σε σχέση με το 1990.

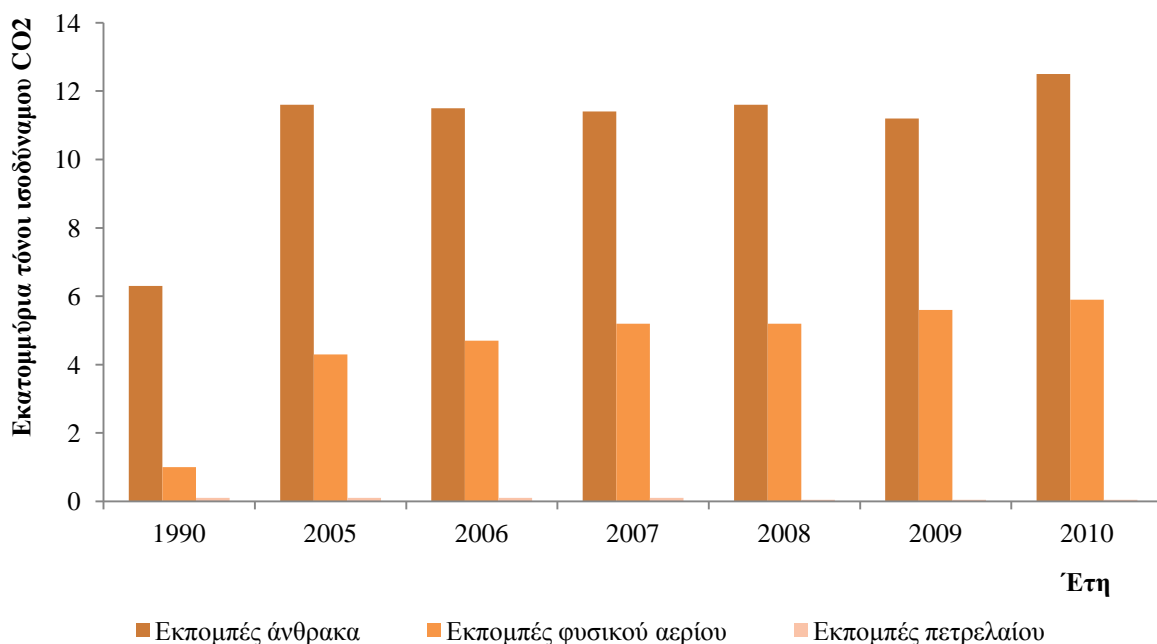


Σχήμα 4.14: Εκπομπές μεθανίου ανά ορυκτό καύσιμο. (Δεδομένα: US EPA 2012)

Όπως απεικονίζεται στο προηγούμενο σχήμα, οι ετήσιες εκπομπές μεθανίου από τον άνθρακα κατέχουν την πρώτη θέση και επιπλέον εμφανίζουν μια σταθερότητα στην ποσότητά τους της τάξης των 0.3 εκατομμυρίων τόνων ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα, από το 1990 μέχρι και το 2010.

Τη δεύτερη θέση κατέχει το φυσικό αέριο, το οποίο από το 1990 μέχρι και το 2009 εμφανιζόταν να ευθύνεται για την εκπομπή 0.1 εκατομμυρίων τόνων ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ετησίως. Ωστόσο, το 2010 η ποσότητα διπλασιάστηκε και ανήλθε στους 0.2 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα. Οι εκπομπές μεθανίου λόγω της καύσης του πετρελαίου δεν ξεπερνά τα 0.05 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα από το 1990 μέχρι και την πενταετία 2005 έως 2010.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.15 απεικονίζονται οι εκπομπές υποξειδίου του αζώτου ανά ορυκτό καύσιμο, σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα και πως αυτές διαμορφώνονται από το 2005 έως το 2010 σε σχέση με το 1990.



Σχήμα 4.15: Εκπομπές υποξειδίου του αζώτου ανά ορυκτό καύσιμο. (Δεδομένα: US EPA)

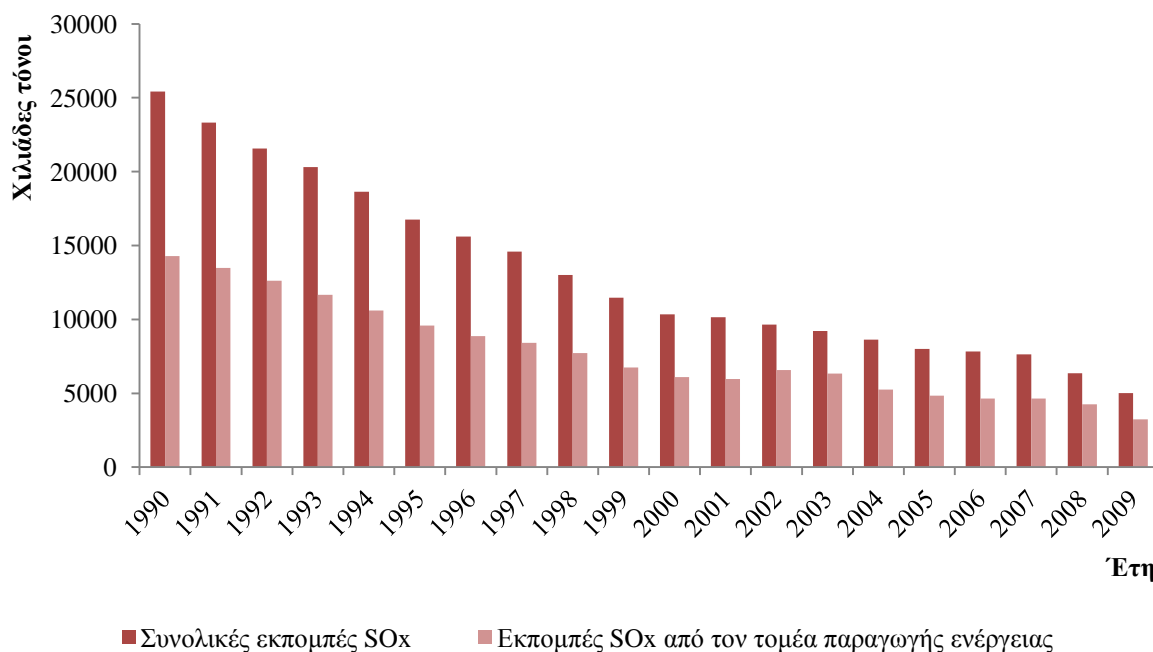
Όπως φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα, ο άνθρακας παίζει και πάλι τον κυρίαρχο ρόλο σε ότι αφορά τις εκπομπές υποξειδίου του αζώτου. Παρουσιάζει ιδιαίτερη αύξηση σε σχέση με το 1990, ενώ παρουσιάζει μικρές αυξομειώσεις την πενταετία 2005 έως 2010. Από 6 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα που ήταν το 1990 ανήλθε σε 11.6 το 2005 ενώ το 2010 έφτασε τους 12.5 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα. Το φυσικό αέριο επίσης εμφανίζει ραγδαία αύξηση στην ποσότητα του υποξειδίου του αζώτου που εκπέμπει. Χαρακτηριστικά, από 1 εκατομμύριο τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα που ήταν το 1990 ανήλθε σε 4.3 εκατομμύρια τόνους το 2005 και σε 5.9 εκατομμύρια τόνους το 2010. Ταυτόχρονα, το πετρέλαιο ευθύνεται σε πολύ μικρό ποσοστό στο θέμα της εκπομπής του υποξειδίου του αζώτου. Συγκεκριμένα, η παραγόμενη ποσότητα ήταν 0.1 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα το 1990 και παρέμεινε σταθερή μέχρι και το 2007. Από τότε, η ποσότητα αυτή μειώθηκε στο μισό και το 2010 δεν ξεπερνούσε τα 0.05 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα.

Εκτός όμως από τα αέρια του θερμοκηπίου, υπάρχουν και διάφοροι άλλοι ρύποι οι οποίοι εκλύονται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και οι οποίοι ευθύνονται για ορισμένα φαινόμενα ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Τους σημαντικότερους από αυτούς τους ρύπους, καθώς επίσης και τα φαινόμενα για τα οποία ευθύνονται, θα εξετάσουμε παρακάτω.

(α) Οξείδια του θείου (SO_x) : Πρόκειται για άχρωμα αέρια με χαρακτηριστική οσμή, τα οποία σχηματίζονται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων και ιδιαίτερα του άνθρακα και του πετρελαίου. Θεωρούνται από τους σημαντικότερους ρύπους της ατμόσφαιρας και είναι ιδιαίτερα βλαβερά για την ανθρώπινη υγεία αλλά και για το φυτικό περιβάλλον. Τα οξείδια του θείου και ειδικότερα το διοξείδιο του θείου (SO_2) ευθύνονται για το φαινόμενο της όξινης βροχής. Πιο αναλυτικά, με την παρουσία υγρασίας και κάποιου καταλύτη στην ατμόσφαιρα, όπως είναι για παράδειγμα το διοξείδιο του αζώτου (NO_2), οξειδώνεται παραπέρα σε τριοξείδιο του θείου, φαινόμενο που προκαλεί το σχηματισμό όξινης βροχής. Με τον όρο όξινη βροχή, αναφερόμαστε στο φαινόμενο των ασυνήθιστα όξινων μετεωρολογικών κατακρημνισμάτων, λόγω της διάλυσης ρύπων στην ατμόσφαιρα, στον υδάτινο αποδέκτη, κλπ. Η όξινη βροχή είναι ένα ιδιαίτερα επιβλαβές φαινόμενο για το υδάτινο περιβάλλον καθώς προκαλεί προβλήματα σε υδάτινα οικοσυστήματα. Επιπρόσθετα, μειώνεται το pH του εδάφους με αποτέλεσμα πολλές μορφές ζωής του εδάφους να αντιμετωπίζουν προβλήματα επιβίωσης. Ταυτόχρονα, η όξινη βροχή ευθύνεται σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες για τη γυψοποίηση των αρχαίων μνημείων που συμβαίνει σε αστικά κυρίως κέντρα. Τέλος, σε ότι

αφορά τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, το φαινόμενο αυτό αυξάνει τις πιθανότητες εμφάνισης ορισμένων μορφών καρκίνου και επιβαρύνεται η αναπνευστική λειτουργία ανθρώπων με προδιάθεση άσθματος.

Στο Σχήμα 4.16 φαίνονται οι συνολικές εκπομπές οξειδίων του θείου στην Ευρώπη των 27 χωρών και πως αυτές εξελίχθηκαν από το 1990 μέχρι το 2009, καθώς επίσης και η αντίστοιχη συμμετοχή της παραγωγής ενέργειας.



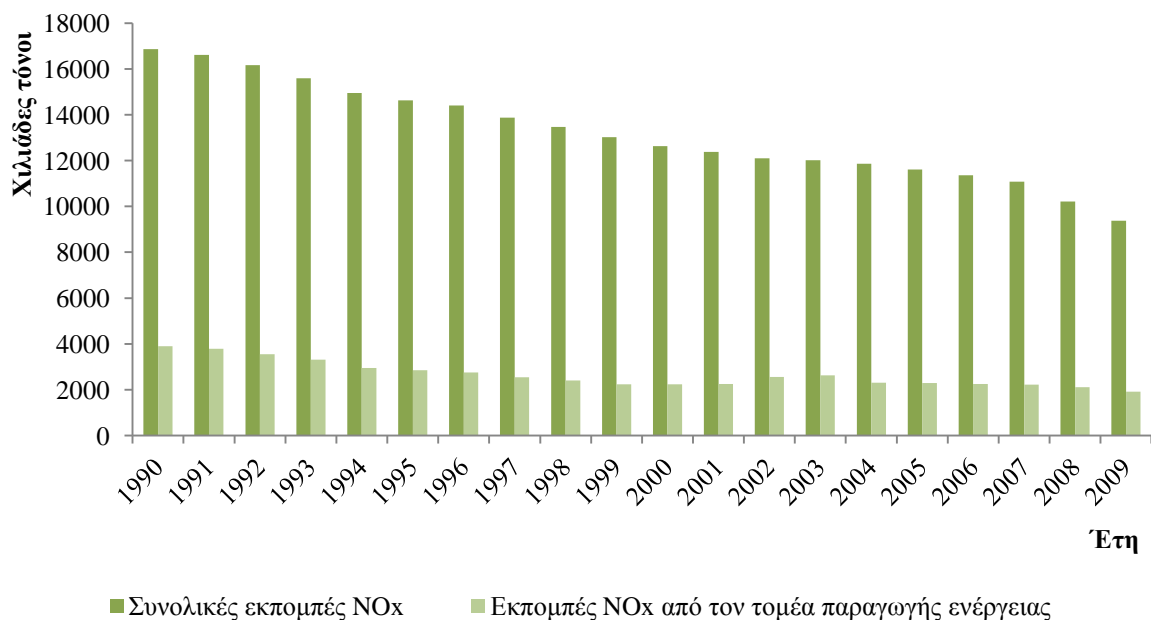
Σχήμα 4.16: Συνολικές εκπομπές οξειδίων του θείου στην Ευρώπη των 27 χωρών την περίοδο 1990-2010 και αντίστοιχες εκπομπές από τον τομέα της ενέργειας. (Δεδομένα: ΕΕΑ)

Όπως παρατηρούμε, οι εκπομπές οξειδίων του θείου μειώνονται ραγδαία από το 1990 μέχρι και το 2009, γεγονός το οποίο οφείλεται στη χάραξη συγκεκριμένης ενεργειακής πολιτικής σε ευρωπαϊκό επίπεδο καθώς επίσης και στη θέσπιση αντίστοιχης νομοθεσίας για τον περιορισμό του συγκεκριμένου ρύπου. Επιπρόσθετα, παρατηρούμε ότι το ποσοστό συμμετοχής του τομέα της ενέργειας στις εκπομπές οξειδίων του θείου είναι ιδιαίτερα υψηλό και κυμαίνεται μεταξύ 55% και 65%.

(β) Οξείδια του αζώτου (NO_x) : Με τον όρο οξείδια του αζώτου εννοούμε το μίγμα μονοξειδίου του αζώτου (NO) και διοξειδίου του αζώτου (NO_2) που υπάρχει στην ατμόσφαιρα και που αποτελεί έναν από τους κύριους ρύπους της. Συνήθως στα οξείδια του

αζώτου συμπεριλαμβάνεται και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), το οποίο όμως είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου και το οποίο εξετάστηκε στο αντίστοιχο υποκεφάλαιο. Το μονοξείδιο του αζώτου είναι αέριο με έντονη και γλυκιά οσμή και είναι άχρωμο ή καφέ σε συνθήκες θερμοκρασίας δωματίου, ενώ το διοξείδιο του αζώτου είναι άχρωμο έως καφέ υγρό σε θερμοκρασία δωματίου, με επίσης έντονη γλυκιά οσμή και σε θερμοκρασίες άνω των 40° C μετατρέπεται σε καφεκόκκινο αέριο. Τα οξείδια του αζώτου αντιδρούν με το νερό και σχηματίζουν νιτρικό οξύ, συμβάλλοντας έτσι στη δημιουργία του φαινομένου της όξινης βροχής. Σε ότι αφορά τις επιδράσεις των οξέων αυτών στην ατμόσφαιρα, έμμεσα προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα και ασθματικές καταστάσεις. Πρέπει να αναφερθεί ότι τα οξείδια του αζώτου ευθύνονται για την καταστροφή της οζονόσφαιρας επιτρέποντας σε μεγάλο μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας να εισέλθει στην επιφάνεια της γης. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται προβλήματα ζωτικής σημασίας για τα υδάτινα και χερσαία οικοσυστήματα καθώς επίσης και για τη χλωρίδα.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.17 φαίνονται οι συνολικές εκπομπές οξειδίων του αζώτου στην Ευρώπη των 27 χωρών και πως αυτές εξελίχθηκαν από το 1990 μέχρι το 2009, καθώς επίσης και η αντίστοιχη συμμετοχή της παραγωγής ενέργειας.

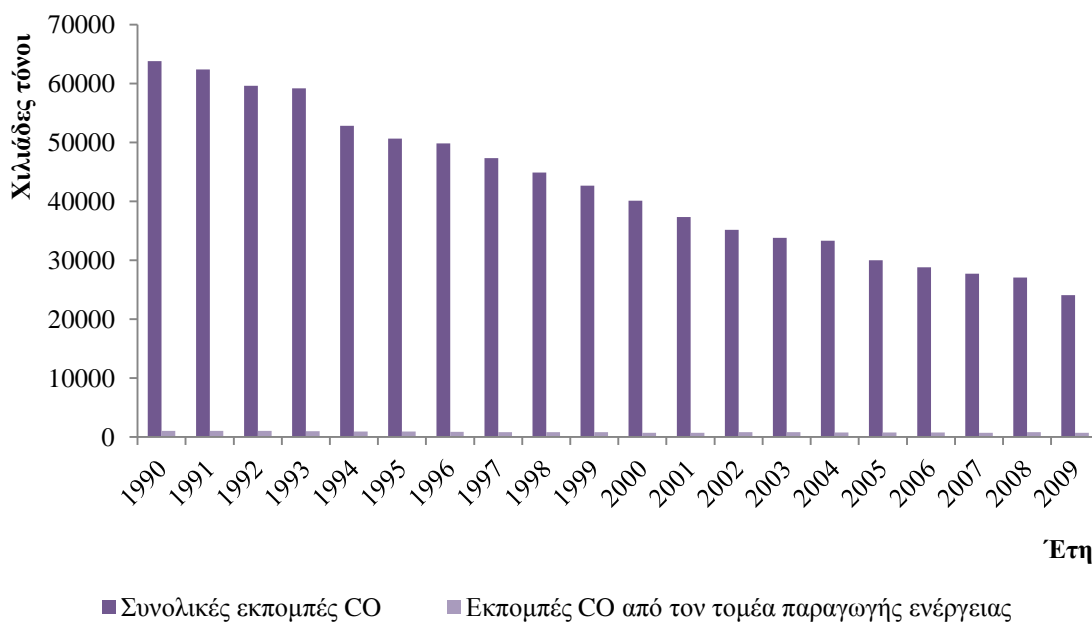


Σχήμα 4.17: Συνολικές εκπομπές οξειδίων του αζώτου στην Ευρώπη των 27 χωρών την περίοδο 1990-2010 και αντίστοιχες εκπομπές από τον τομέα της ενέργειας. (Δεδομένα: ΕΕΑ)

Όπως φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα, η συνολική παραγωγή οξειδίων του αζώτου μειώνεται σταδιακά από το 1990, ενώ η παραγωγή που οφείλεται στον τομέα της ενέργειας παρουσιάζει ελάχιστες αυξομειώσεις, γεγονός το οποίο οφείλεται στη χάραξη συγκεκριμένης ενεργειακής πολιτικής σε ευρωπαϊκό επίπεδο καθώς επίσης και στη θέσπιση αντίστοιχης νομοθεσίας για τον περιορισμό του συγκεκριμένου ρύπου. Επιπλέον, είναι εμφανές πόσο σημαντική είναι η εκπομπή οξειδίων του αζώτου από τον ενεργειακό τομέα, καθώς το ποσοστό συμμετοχής στη συνολική παραγωγή είναι περίπου 18% με 23%.

(γ) Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) : Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο. Είναι τοξικό για τους ανθρώπους και τα ζώα ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις, παρ' όλο που παράγεται σε μικρές ποσότητες από τον κανονικό ζωικό μεταβολισμό και θεωρείται ότι συμμετέχει σε κάποιες φυσιολογικές βιολογικές λειτουργίες. Το μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται συνήθως όταν δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για να παραχθεί διοξείδιο του άνθρακα, φαινόμενο το οποίο παρατηρείται όταν λειτουργεί καυστήρας ή μηχανή εσωτερικής καύσης σε κλειστό χώρο. Η μεγαλύτερη ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα παράγεται με φυσικό τρόπο ενώ ταυτόχρονα έχει και ποικίλες εφαρμογές ιατρικής φύσης.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.18 φαίνονται οι συνολικές εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα στην Ευρώπη των 27 χωρών και πως αυτές εξελίχθηκαν από το 1990 μέχρι το 2009, καθώς επίσης και η αντίστοιχη συμμετοχή της παραγωγής ενέργειας.



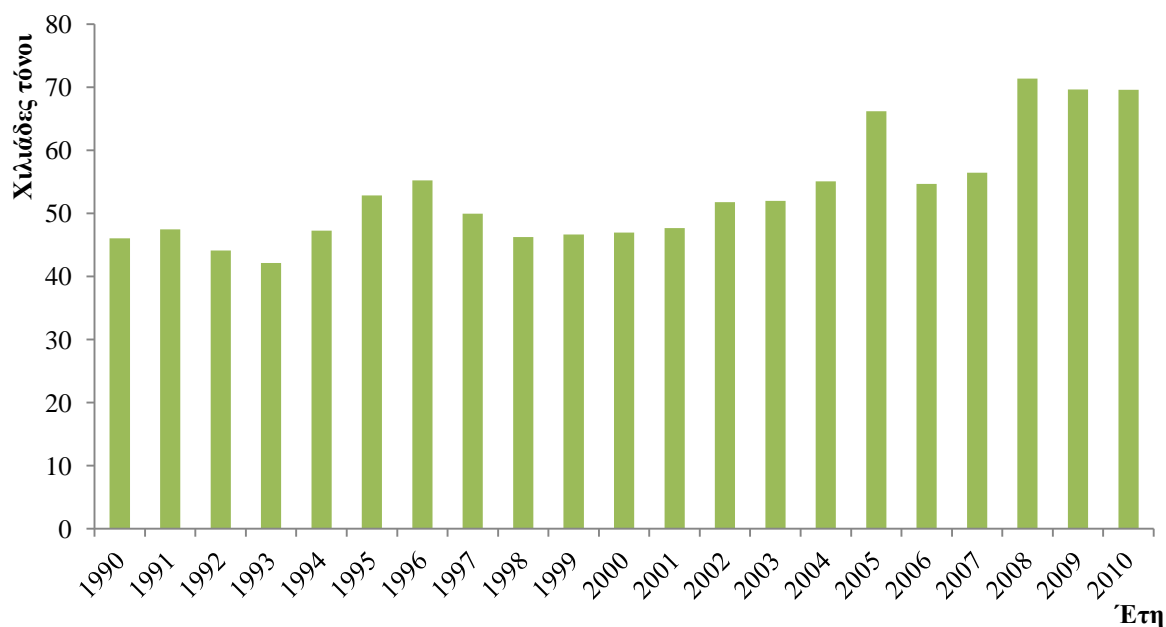
Σχήμα 4.18: Συνολικές εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα στην Ευρώπη των 27 χωρών την περίοδο 1990-2010 και αντίστοιχες εκπομπές από τον τομέα της ενέργειας. (Δεδομένα: ΕΕΑ)

Όπως απεικονίζεται στο προηγούμενο σχήμα, η εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα στο σύνολό τους παρουσιάζουν πτωτική τάση, ταυτόχρονα με τις εκπομπές λόγω παραγωγής ενέργειας, κάτι το οποίο οφείλεται στην εφαρμογή συγκεκριμένης ενεργειακής πολιτικής σε ευρωπαϊκό επίπεδο καθώς επίσης και στη θέσπιση αντίστοιχης νομοθεσίας για τον περιορισμό του συγκεκριμένου ρύπου. Επιπλέον, είναι εμφανής η σχετικά μικρή ποσοστιαία συμμετοχή του ενεργειακού τομέα στις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, περίπου της τάξης του 2% έως 3%.

(δ) Πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOCs) : Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζονται κυρίως οι πτητικές αρωματικές ενώσεις που δεν περιέχουν μεθάνιο και οι οποίες εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Τέτοια ένωση είναι για παράδειγμα το βενζόλιο. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις είναι γνωστές για την καρκινογόνο δράση τους και θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνες για την υγεία του ανθρώπου.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.19 φαίνεται η παραγωγή μη μεθανιούχων οργανικών πτητικών ενώσεων από τον τομέα της ενέργειας στην Ευρώπη των 27 χωρών και η εξέλιξή της από το 1990 μέχρι το 2010. Η ποσότητα που παράγεται από τον ενεργειακό τομέα αντιστοιχεί

σύμφωνα με στοιχεία του European Environment Agency στο 8.9% της συνολικής ποσότητας μη μεθανιούχων οργανικών πτητικών ενώσεων που παράγεται.

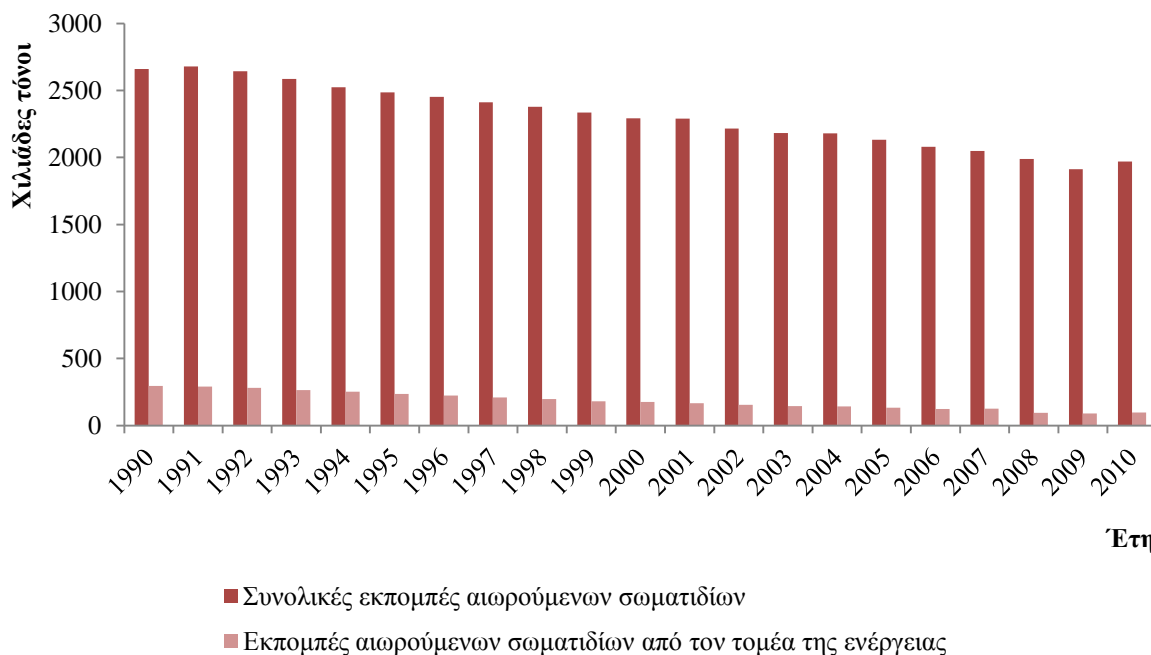


Σχήμα 4.19 : Εκπομπές μη μεθανιούχων οργανικών πτητικών ενώσεων στην Ευρώπη των 27 χωρών την περίοδο 1990-2010 από τον τομέα της ενέργειας. (Δεδομένα: ΕΕΑ)

Όπως αποτυπώνεται στο προηγούμενο σχήμα, η εκπομπή μη μεθανιούχων οργανικών πτητικών ενώσεων παρουσιάζει αυξητική τάση από το 1990 μέχρι και το 2010 με κάποια ίσως διετή και τριετή διαστήματα καθοδικής τάσης. Ειδικά από το 2008 κα μετά παρόλο που παρατηρείται μείωση της ποσότητας των εκπομπών, τα επίπεδα στα οποία αυτή κυμαίνεται είναι ιδιαίτερα υψηλά.

(ε) Τέφρα : Πρόκειται για αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10 μm που συναντώνται σε μεγάλες ποσότητες σε βιομηχανικές και αστικές περιοχές. Πολλές φορές τα σωματίδια αυτά εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από φυσικές πηγές όπως είναι για παράδειγμα τα ηφαίστεια. Η καύση των ορυκτών καυσίμων ενισχύει σε μεγάλο βαθμό την ποσότητα των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.20 φαίνονται οι συνολικές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων στην Ευρώπη των 27 χωρών και πως αυτές εξελίχθηκαν από το 1990 μέχρι το 2009, καθώς επίσης και η αντίστοιχη συμμετοχή της παραγωγής ενέργειας.



Σχήμα 4.20 : Συνολικές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων στην Ευρώπη των 27 χωρών την περίοδο 1990-2010 και αντίστοιχες εκπομπές από τον τομέα της ενέργειας. (Δεδομένα: ΕΕΑ)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι μέθοδοι παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές καθώς επίσης και οι πυρηνικές τεχνολογίες επιφέρουν και αυτές επιβάρυνση πολύ μικρότερης όμως κλίμακας στην ατμόσφαιρα.

Πιο αναλυτικά, για τα πυρηνικά εργοστάσια πρέπει να αναφερθεί ότι αυτά εκλύουν μεγάλα ποσά θερμότητας στην ατμόσφαιρα, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης. Σε ότι αφορά τις εκπομπές αερίων ρύπων από μονάδες που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες μορφές ενέργειας η γεωθερμικές πηγές εκπέμπουν ποικίλους αέριους ρύπους όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και το μεθάνιο (CH₄) τα οποία είναι και τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου. Από τις γεωθερμικές πηγές εκλύεται

επίσης και υδρόθειο (H₂S), το οποίο έχει ιδιαίτερα έντονη οσμή, παράγοντας που προκαλεί αντιδράσεις στις τοπικές κοινωνίες για τη χρήση της γεωθερμίας (US EPA; TEE 2008).

Επιπρόσθετα, σημαντικές ποσότητες αερίων ρύπων εκπέμπονται από μονάδες βιομάζας. Συγκεκριμένα, σε μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας εκπέμπονται σημαντικές ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα (CO) το οποίο είναι επιβλαβές τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον άνθρωπο. Σε μονάδες καύσης απορριμμάτων εκπέμπεται διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του θείου (SO₂), οξειδία του αζώτου (NO_x), υδροχλώριο (HCl), υδροφθόριο, κ.α.. Ένα άλλο ατμοσφαιρικό πρόβλημα που προκύπτει από τη λειτουργία μονάδων βιομάζας είναι η έκλυση δυσάρεστων και έντονων οσμών, η οποία είναι χαρακτηριστικό κυρίως των μονάδων αξιοποίησης του βιοαερίου από ΧΥΤΑ και από αναερόβια χώνευση. Σε ότι αφορά τις υπόλοιπες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αυτές σχετίζονται μόνο με την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, η οποία συμβαίνει μόνο κατά τη φάση κατασκευής τους σε αρκετά περιορισμένο βαθμό.(ΥΠΕΚΑ 2008)

4.3.2 Επιδράσεις των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής στους υδάτινους αποδέκτες

Όπως ήταν φυσικό οι ανθρώπινες δραστηριότητες δεν άφησαν ανέπαφους τους υδάτινους αποδέκτες, οι οποίοι αποτελούν πηγή ζωής για πάρα πολλούς ζωντανούς οργανισμούς. Η ρύπανση των υδάτων είναι ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα και οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ανθρώπινη δραστηριότητα και ειδικότερα στη βιομηχανική δράση. Η ρύπανση αυτή συντελείται με δύο κυρίως τρόπους. Είτε αφορά την παρουσία ουσιών εντός του υδάτινου αποδέκτη σε ποσότητες που ξεπερνούν τα φυσιολογικά όρια, είτε σχετίζεται με την απελευθέρωση ενέργειας υπό τη μορφή θερμότητας ή ραδιενέργειας η οποία προκαλεί αύξηση της μέσης θερμοκρασίας των υδάτων. Στην τελευταία περίπτωση έχουμε την εμφάνιση του φαινομένου της θερμικής ρύπανσης. Σε ότι αφορά την ηλεκτροπαραγωγή, συμμετέχει έμμεσα ή άμεσα και στους δύο βασικούς τρόπους ρύπανσης των υδάτων.

Με την εκπομπή των ατμοσφαιρικών ρύπων στην ατμόσφαιρα από μονάδες παραγωγής ενέργειας ρυπαίνονται όπως είναι φυσικό, λόγω του φαινομένου της όξινης βροχής, τα μετεωρολογικά κατακρημνίσματα τα οποία καταλήγουν λόγω της φυσικής ροής τους σε ποτάμια, λίμνες και θάλασσες. Επιπλέον, είναι γεγονός ότι συντελείται συστηματικά

παράνομη πολλές φορές απόρριψη αποβλήτων σε κάποιο υδάτινο φορέα. Με τον τρόπο αυτό έχουμε έμμεση επίπτωση της λειτουργίας των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στον υδάτινο αποδέκτη. Στο θέμα της ρύπανσης των υδάτων πρέπει να αναφέρουμε και τις φωτοβολταϊκές διατάξεις των οποίων η συντήρηση απαιτεί χρήση χημικών και τοξικών ουσιών και οι οποίες καταλήγουν στον υδάτινο αποδέκτη σε περιπτώσεις διαρροής ή ατυχήματος.

Ωστόσο, η βασικότερη αιτία προβληματισμού σχετικά με τη ρύπανση που συντελείται στους υδάτινους αποδέκτες και η οποία σχετίζεται με τη λειτουργία μονάδων παραγωγής ενέργειας, είναι η θερμική ρύπανση. Η σταθερή μέση θερμοκρασία είναι βασικό χαρακτηριστικό του υδάτινου περιβάλλοντος και έχει ζωτική σημασία για τους ζωντανούς οργανισμούς που ζουν και αναπτύσσονται σε αυτό. Τόσο τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια, όσο και οι πυρηνικοί σταθμοί κατασκευάζονται σε τοποθεσίες όπου υπάρχει μεγάλη ποσότητα νερού, το οποίο και χρησιμοποιούν σαν ψυκτικό μέσο και το οποίο επαναδιοχετεύουν στον υδάτινο φορέα απ' όπου προέρχεται. Το ίδιο συμβαίνει και σε μονάδες βιομάζας αλλά και σε γεωθερμικές πηγές όπου μεγάλες ποσότητες νερού χρησιμοποιούνται ως μέσο ψύξης και στη συνέχεια απορρίπτονται στον υδάτινο φορέα απ' όπου αντλήθηκαν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του υδάτινου φορέα και τη διατάραξη της ισορροπίας του οικοσυστήματος που ζει στον υγρότοπο. Πολλά είναι τα είδη εκείνα που δεν κατορθώνουν να αντέξουν την απότομη αλλαγή και πεθαίνουν. Επιπρόσθετα, πολλές φορές κάποια προβλήματα στη λειτουργία των πυρηνικών εργοστασίων ενδεχομένως να οδηγήσουν σε ραδιενεργή ρύπανση του ψυκτικού τους μέσου και επομένως και του νερού και έτσι και του υδατικού φορέα απ' όπου αυτό προέρχεται (Μαμάης 2010).

Εκτός από τη ρύπανση των υδάτων η οποία επηρεάζει έμμεσα τους υδάτινους ζωντανούς οργανισμούς, μια αρκετά σημαντική οικολογική συνέπεια κάποιων μεθόδων ηλεκτροπαραγωγής είναι η άμεση διατάραξη των υδάτινων οικοσυστημάτων. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα μεγάλα και μικρά υδροηλεκτρικά έργα με φράγμα και ταμιευτήρα. Με την κατασκευή τέτοιου είδους έργων διακόπτεται η φυσική ροή του ποταμού και έχουμε προβλήματα υδροληψίας των οικοσυστημάτων που ζουν στα κατάντη. Ταυτόχρονα, έχουμε κάλυψη ενός μεγάλου μέρους ξηράς με νερό, γεγονός το οποίο προκαλεί προβλήματα επιβίωσης στα προϋπάρχοντα χερσαία οικοσυστήματα τα οποία δεν προσαρμόζονται εύκολα στην αλλαγή αυτή. Επιπλέον, τα μεγάλα και μικρά υδροηλεκτρικά έργα επηρεάζουν τη μετακίνηση των μεταναστευτικών ειδών της ιχθυοπανίδας. Για τα προβλήματα αυτά που προκύπτουν από τα υδροηλεκτρικά έργα έχουν ληφθεί μέτρα

αντιμετώπισής του και έχουν περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό. Συγκεκριμένα, προβλέπεται η διέλευση οικολογικής παροχής για την τροφοδοσία των κατάντη συστημάτων με νερό, ενώ σε ότι αφορά τη μετανάστευση κάποιων ειδών της ιχθυοπανίδας, δημιουργούνται τεχνητές δίοδο ιχθύων.

Μεγάλη επιρροή στα θαλάσσια οικοσυστήματα έχουν και οι διατάξεις αξιοποίησης της θαλάσσιας και κυματικής ενέργειας. Με την εγκατάσταση των διατάξεων αυτών τα οποία λειτουργούν ως τεχνητοί ύφαλοι επηρεάζονται τα βενθικά οικοσυστήματα. Επιπλέον, απελευθερώνονται πολλές φορές χρωστικές ουσίες από το ύφαλο τμήμα, οι οποίες μπορεί να είναι τοξικές για το υδάτινο περιβάλλον.(TEE 2009; TEE 2004; WAVEPLAM 2010)

4.3.3 Επιδράσεις των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής στο έδαφος

Το έδαφος αποτελεί τον ενδιάμεσο αποδέκτη ανάμεσα στην ατμόσφαιρα και τον υδάτινο αποδέκτη. Όλοι οι ρύποι που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα, με τον άνεμο και τη βροχή, μεταφέρονται και τελικά επικάθονται στο έδαφος. Επιπλέον, τα ρυπασμένα νερά επιβαρύνουν το έδαφος με διάφορα πολλές φορές τοξικά στοιχεία, με αποτέλεσμα να έχουμε εξαφάνιση πολλών χερσαίων οικοσυστημάτων. Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις το έδαφος καταλήγει να είναι τόσο φτωχό σε θρεπτικά συστατικά ώστε να είναι ακατάλληλο για οποιαδήποτε είδους καλλιέργεια. Συχνά επίσης η ρύπανση του εδάφους προκαλεί προβλήματα στα φυτά που αναπτύσσονται σε αυτό και κατ' επέκταση και στην τροφική αλυσίδα.

Σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στο έδαφος εμφανίζονται από τις διαδικασίες εξόρυξης των ορυκτών καυσίμων, οι οποίες ποικίλουν ανάλογα με το βάθος της εξόρυξης και τον τύπο του ορυκτού καυσίμου. Επίσης, πολύ συχνά συμβαίνουν καθιζήσεις στους τόπους εξόρυξης, καθώς τα υπερκείμενα στρώματα τείνουν να καταλάβουν τους κενούς χώρους που δημιουργούνται.

Ωστόσο η χειρότερη επίδραση που δέχεται το έδαφος και η οποία σχετίζεται με μονάδες παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, είναι η απόθεση σε αυτό των ραδιενεργών υλικών από τους πυρηνικούς σταθμούς. Αρχικά, κατά τη διαδικασία εξόρυξης του ουρανίου, εξορύσσονται μαζί και διάφορα άλλα ραδιενεργά αλλά άχρηστα υλικά. Τα υλικά αυτά αρχικά αφήνονταν στους τόπους εξόρυξης βλάπτοντας ανεπανόρθωτα το έδαφος αλλά και τις τοπικές κοινωνίες. Το μεγαλύτερο όμως θέμα με τα πυρηνικά, σχετίζεται με τα ραδιενεργά

απόβλητα μιας πυρηνικής μονάδας και τη διάθεσή τους στο έδαφος. Στις μέρες μας, τα ραδιενεργά απόβλητα σε πρώτη φάση φυλάσσονται προσωρινά σε ειδικά κουτιά ή σε ειδικές δεξαμενές μέχρι να γίνει η μόνιμη ταφή τους στο έδαφος, συνήθως σε ερήμους ή σε απομακρυσμένες ακατοίκητες περιοχές. Μέχρι σήμερα η λύση αυτή δεν θεωρείται καθόλου ικανοποιητική καθώς όλα τα πυρηνικά απόβλητα έχουν πολύ μεγάλους χρόνους ημιζωής και η φύση κάνει κάποιες χιλιάδες χρόνια να τα αφομοιώσει. Είναι λοιπόν εύκολα κατανοητό ότι απαιτείται σταθερότητα στις συνθήκες φύλαξής τους όλα αυτά τα χρόνια, κάτι το οποίο προφανώς δε μπορεί να εγγυηθεί κανένας τρόπος ή μέθοδος σχεδιασμού πυρηνικών σταθμών.

Εξάλλου, τα υδροηλεκτρικά έργα δεν αφήνουν ανέπαφο το έδαφος καθώς εμποδίζουν την τροφοδοσία με φερτές ύλες των κατάντη εκτάσεων, ενώ επιπλέον μεταβάλλονται οι χρήσεις της γης στην περιοχή του ταμιευτήρα και χάνονται όλα τα χερσαία οικοσυστήματα. Σε ότι αφορά τα φωτοβολταϊκά έργα, αυτά μπορούν να προκαλέσουν ρύπανση του εδάφους μόνο σε περιπτώσεις διαρροής κάποιου από τα χημικά που χρησιμοποιούνται για τη συντήρησή τους. Στα γεωθερμικά πεδία όπου υπάρχει εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας παρατηρούνται πολύ συχνά καθιζήσεις όταν παρατηρείται μεγαλύτερη απομάκρυνση γεωθερμικών ρευστών από τη φυσική τους εισροή. Επίσης, σε περιοχές γεωθερμικών σταθμών παρατηρείται πολλές φορές αύξηση της φυσικής σεισμικότητας του εδάφους. Καθιζήσεις μπορούν επίσης να παρατηρηθούν σε μονάδες βιομάζας που αξιοποιούν βιοαέριο από ΧΥΤΑ (OECD-NEA 2010; TEE 2004; TEE 2008; TEE 2009).

Τέλος, οι μονάδες αξιοποίησης της θαλάσσιας και κυματικής ενέργειας μπορούν επίσης να επιφέρουν μεταβολές στο χερσαίο περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, τροποποιούνται τα θαλάσσια ρεύματα και δημιουργείται έτσι ο κίνδυνος παράκτιας διάβρωσης, ο οποίος αυξάνεται όσο πιο κοντά είναι το σύστημα στην ακτή (WAVEPLAM 2010).

4.3.4 Επιδράσεις των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής στο τοπίο και ηχορρύπανση

Πολλές από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είτε λόγω του μεγέθους τους, είτε λόγω της φύσης τους επηρεάζουν αισθητικά κυρίως το τοπίο. Πιο αναλυτικά, οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας που αξιοποιούν ορυκτά καύσιμα είναι συνήθως ιδιαίτερα μεγάλοι σε μέγεθος και καταλαμβάνουν πολύ μεγάλη έκταση. Επιπλέον, τα εργοστάσια αυτά προκαλούν ηχορρύπανση από το θόρυβο των μηχανημάτων που λειτουργούν εντός των εγκαταστάσεων

τους. Είναι λοιπόν εύκολα κατανοητό, ότι τέτοιου είδους μονάδες υποβαθμίζουν αισθητικά το τοπίο στο οποίο βρίσκονται.

Επιπρόσθετα, κάποια από τα έργα αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών μπορούν να προκαλέσουν αισθητική υποβάθμιση του τοπίου στο οποίο βρίσκονται αν και αυτό το θέμα είναι τελείως υποκειμενικό και εξαρτάται από τη φύση του έργου. Συγκεκριμένα, τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, αν και λόγω του μεγέθους τους προκαλούν μεγάλη μεταβολή του φυσικού περιβάλλοντος, το αναβαθμίζουν υπό μια άλλη οπτική γωνία, μέσω των έργων πρόσβασης σε αυτά, τα οποία κατασκευάζονται. Αντίθετα, τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα προκαλούν αλλοίωση του τοπίου αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό. Σχετικά με την ηχορρύπανση, αυτή προκαλείται μόνο κατά τη φάση κατασκευής των υδροηλεκτρικών έργων (ΤΕΕ 2004; ΤΕΕ 2009).

Σε ότι αφορά τα αιολικά πάρκα, η αλλοίωση που αυτά προκαλούν είναι αμελητέα και υποκειμενική. Ένα βασικό πλεονέκτημα των αιολικών είναι ότι αυτά δεν επηρεάζουν τις χρήσεις της γης στην οποία εγκαθίστανται, εκτός ίσως από το γεγονός ότι καθιστούν αδύνατη τη δόμηση κτιρίων σε αυτή. Υπάρχει συχνά η πεποίθηση μερικών ότι τα αιολικά συστήματα προκαλούν ηχορρύπανση εξαιτίας των περιστρεφόμενων μηχανικών τμημάτων αλλά και λόγω της περιστροφής των πτερυγίων τους. Το πρόβλημα αυτό έχει εξαλειφθεί πλήρως καθώς πλέον η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στη δημιουργία εντελώς αθόρυβων ανεμογεννητριών (ΚΑΠΕ 2003).

Τα φωτοβολταϊκά έργα, προκαλούν υποβάθμιση του τοπίου ανάλογη με το μέγεθός τους. Οι μικρές οικιακές εγκαταστάσεις δε θα μπορούσαν να συγκριθούν στον τομέα αυτό με τα μεγάλα φωτοβολταϊκά πάρκα. Σε ότι αφορά την ηχορρύπανση, δημιουργείται πρόβλημα μόνο κατά τη φάση τοποθέτησής τους (Φραντζεσκάκη κ.α. 2002).

Οι γεωθερμικές πηγές βρίσκονται συνήθως σε περιοχές μεγάλης φυσικής ομορφιάς και η εγκατάσταση σταθμού παραγωγής ενέργειας προκαλεί μεγάλη αισθητική υποβάθμιση του τοπίου. Επιπλέον, σε όλους τους γεωθερμικούς σταθμούς εμφανίζεται το πρόβλημα της ηχορρύπανσης το οποίο όμως αντιμετωπίζεται με σιγαστήρες.

Σχετικά με τις μονάδες βιομάζας, με την κατασκευή τους προκαλείται έντονη αισθητική υποβάθμιση του περιβάλλοντα χώρου κυρίως εξαιτίας του μεγέθους τους αλλά και των έντονων οσμών που εκλύονται. Επιπλέον, δημιουργείται αξιοσημείωτη ηχορρύπανση η οποία

προκαλείται από τα μηχανήματα της μονάδας αλλά και από τα οχήματα μεταφοράς του καυσίμου στη μονάδα παραγωγής (ΥΠΕΚΑ 2008; ΤΕΕ 2008).

Οι θαλάσσιοι και κυματικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας, υποβαθμίζουν ελάχιστα το τοπίο στο οποίο βρίσκονται ενώ επιπλέον προκαλούν μικρή ηχορρύπανση η οποία ενοχλεί την ιχθυοπανίδα σε μικρό βαθμό (WAVEPLAM 2010).

4.4 Υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο

Όπως είναι εμφανές από τα παραπάνω, η εντονότερη και πιο σημαντική περιβαλλοντική συνέπεια από τη λειτουργία των ποικίλων τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι κλιματικές αλλαγές που προκαλούνται εξαιτίας της εκπομπής αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα από τους σταθμούς καύσης ορυκτών καυσίμων. Για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η διεθνής αλλά και η ευρωπαϊκή κοινότητα έχουν λάβει μια σειρά μέτρων τα οποία αναλύονται παρακάτω.

4.3.1 Διεθνείς Δράσεις για την Κλιματική Αλλαγή

Η Σύμβαση Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) σε συνδυασμό με το Πρωτόκολλο του Κιότο παρέχουν το παγκόσμιο θεσμικό πλαίσιο για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών, ορίζοντας τους στόχους των προσπαθειών, καθώς και τις βασικές αρχές για την επίτευξή τους.

Πιο αναλυτικά, η Σύμβαση Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών (UNFCCC) θέτει έναν βασικό άξονα σε ότι αφορά τις ευθύνες των κρατών για την ατμοσφαιρική ρύπανση. Σύμφωνα με τη Σύμβαση Πλαίσιο, όλες οι χώρες έχουν κοινές ευθύνες για τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου οι οποίες ωστόσο διαφοροποιούνται αντίστοιχα, για τις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες. Με τη θεώρηση αυτή, αναγνωρίζεται ουσιαστικά πως οι ανεπτυγμένες βιομηχανικές χώρες ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος των αερίων του θερμοκηπίου που συγκεντρώνονται αυτή τη στιγμή στην ατμόσφαιρα, είναι όμως παράλληλα

και αυτές που διαθέτουν τους απαιτούμενους οικονομικούς και τεχνολογικούς πόρους για να μειώσουν τις εκπομπές τους.

Τα συμβαλλόμενα μέρη της Σύμβασης έχουν την υποχρέωση να θεσπίσουν εθνικά προγράμματα για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και να υποβάλλουν τακτικές εκθέσεις. Ο μακροπρόθεσμος στόχος είναι η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε επίπεδα που θα αποτρέψουν την επικίνδυνη ανθρωπογενή παρεμβολή στο παγκόσμιο κλιματικό σύστημα.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο είναι το πρωταρχικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση. Υπογράφηκε στις 11 Δεκεμβρίου 1997 στην πόλη Κιότο της Ιαπωνίας, ενώ τέθηκε σε ισχύ το Φεβρουάριο του 2005. Αποτελεί μια νομική δέσμευση των αναπτυγμένων χωρών για μείωση των εκπομπών αερίων και το έχουν επικυρώσει συνολικά 184 κράτη και η Ευρωπαϊκή Ένωση. Το Πρωτόκολλο του Κιότο πραγματεύεται έξι συνολικά αέρια τα οποία είναι τα εξής: το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), τους υδροφθοράνθρακες (HFCs), τους υπερφθοράνθρακες (PFCs) και το εξαφθοριούχο θείο (SF₆).

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο, τα κράτη που το έχουν συνυπογράψει δεσμεύονται να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων, 2008 έως 2012, κατά ένα συγκεκριμένο στόχο σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 ή του 1995 για HFC, PFC και SF₆. Το Πρωτόκολλο του Κιότο περιλαμβάνει τρεις ευέλικτους μηχανισμούς, έτσι ώστε η μείωση των εκπομπών ρύπων να γίνει με τον πιο αποδοτικό οικονομικά τρόπο. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι:

- η Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών (Emissions Trading - ET)
- τα Προγράμματα από Κοινού (Joint Implementation - JI)
- ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism - CDM)

Ο πρώτος μηχανισμός προβλέπει τη δυνατότητα αγοραπωλησίας δικαιωμάτων εκπομπών μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών, επιτρέποντας στις χώρες που συμπεριλαμβάνονται στο Παράρτημα I του Πρωτοκόλλου να εμπορεύονται μέρος των δεσμεύσεων εκπομπών και να ανακατανέμουν πρακτικά τις επιτρεπόμενες εκπομπές μεταξύ τους. Αποτελεί εργαλείο της αγοράς που χρησιμοποιείται για να ενισχύσει την αποδοτικότητα της αγοράς αναφορικά με τη

μείωση των εκπομπών του αερίου του θερμοκηπίου, και οφείλει σύμφωνα με το Πρωτόκολλο να είναι συμπληρωματική προς τις εγχώριες δράσεις με στόχο τη μείωση των εκπομπών.

Τα Προγράμματα από Κοινού, που αποτελούν το δεύτερο μηχανισμό, αφορούν τη δυνατότητα των χωρών του Παραρτήματος I να εξασφαλίσουν δικαιώματα εκπομπών, εφαρμόζοντας κάποιο πρόγραμμα κοινής αποδοχής, το οποίο να μειώνει τις εκπομπές σε μία άλλη χώρα που ανήκει στο ίδιο παράρτημα. Ο μηχανισμός αυτός προκειμένου να εφαρμοστεί θα πρέπει να οδηγεί σε μειώσεις εκπομπών οι οποίες να είναι συμπληρωματικές αυτών που θα συνέβαιναν εάν δεν εφαρμοζόταν ο μηχανισμός αυτός. Λόγω των δυσκολιών που παρουσιάζει ο μηχανισμός αυτός, όπως για παράδειγμα η δημιουργία τεχνητών μειώσεων εκπομπών, προτιμάται συνήθως ο τρίτος μηχανισμός.

Σύμφωνα με το Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης, οι χώρες του Παραρτήματος I μπορούν να πραγματοποιήσουν έργα μείωσης εκπομπών σε χώρες εκτός του Παραρτήματος και να επωφεληθούν οι ίδιες από τις μειώσεις εκπομπών που προκύπτουν. Στόχος του Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης είναι να υποστηρίξει τα μέλη που δεν περιλαμβάνονται στο Παράρτημα I ώστε να επιτύχουν αειφόρο και βιώσιμη ανάπτυξη συμβάλλοντας ταυτόχρονα στο στόχο του Κιότο, βοηθώντας παράλληλα τα μέλη του Παραρτήματος I να συμμορφωθούν με τα όρια εκπομπών που τους έχουν επιβληθεί. Τέλος, συμβάλλει στην προώθηση της χρήσης καθαρών τεχνολογιών στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τόσο τα Προγράμματα Κοινής Ανάπτυξης, όσο και ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης τέθηκαν σε ισχύ με την οδηγία 2004/101/EK η οποία ισχύει από τις 13 Νοεμβρίου 2004 (www.unfccc.int; UNFCCC 1992; UNFCCC 1998).

4.3.2 Ευρωπαϊκές Δράσεις για την Αλλαγή του Κλίματος

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, υιοθετώντας το Πρωτόκολλο του Κιότο, έθεσε σε εφαρμογή τον Ιούνιο του 2000 το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Αλλαγή του Κλίματος (European Climate Change Program - ECCP). Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο, όλες οι χώρες θα πρέπει να προσπαθήσουν να επιτύχουν δύο στόχους. Πρώτον, να περιορίσουν την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη στους δύο βαθμούς Κελσίου και δεύτερον, να μειώσουν τις βλαβερές για το περιβάλλον εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 30% έως το 2020. Για την επίτευξη αυτών των στόχων το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Αλλαγή του Κλίματος δημιούργησε μια σειρά από μέτρα που αφορούν όλους τους τομείς που επηρεάζουν την

εκπομπή αερίων ρύπων, όπως είναι η παραγωγή ενέργειας, οι μεταφορές, οι βιομηχανία και η γεωργία. Τα μέτρα αυτά αφορούν κυρίως τα εξής:

- Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας της Ε.Ε. κατά 20% μέχρι το 2020
- Πρόγραμμα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με ημερομηνία έναρξης την 1^η Ιανουαρίου 2005
- Αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020
- Ενίσχυση του Ευρωπαϊκού Συστήματος Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών για τις βιομηχανίες
- Περιορισμό των ρύπων που προέρχονται από τον τομέα των μεταφορών και κυρίως από τα ιδιωτικά Ι.Χ. και τις αεροπορικές εταιρείες
- Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από την καθημερινή χρήση ενέργειας που κάνουν τα νοικοκυριά, τα εμπορικά κτίρια κτλ.
- Σημαντική αύξηση του ευρωπαϊκού προϋπολογισμού, μετά το 2013, για δράσεις που θα αφορούν το περιβάλλον, την ενέργεια και την έρευνα κυρίως στον τομέα των μεταφορών.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει επιπλέον δεσμευτεί για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 έως το 2020 καθώς και για περαιτέρω μείωση έως το 30%, εφόσον οι υπόλοιπες βιομηχανοποιημένες χώρες συμφωνήσουν να πράξουν το ίδιο με την παράλληλη δραστηριοποίηση και των αναπτυσσόμενων χωρών. Η μείωση κατά 20% τουλάχιστον, προϋποθέτει εκτός από τα ήδη υφιστάμενα μέτρα, όπως το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων, θα πρέπει να θεσπιστούν νέα μέτρα, που θα αποσκοπούν ειδικά στην ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης, την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τον εξοπλισμό των νέων εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τεχνολογία δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (Ντάγια 2009).

Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (EU ETS), που τέθηκε σε εφαρμογή τον Ιανουάριο του 2005, αποτελεί το μεγαλύτερο και σημαντικότερο σχέδιο ανωτάτου ορίου και εμπορίου στον κόσμο και είναι ένας από τους ακρογωνιαίους λίθους

στον αγώνα κατά της μεταβολής του κλίματος. Είναι το κύριο όργανο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη συμμόρφωση με το Πρωτόκολλο του Κιότο και καλύπτει πάνω από 11.500 ενεργοβόρες εγκαταστάσεις στην Ε.Ε., στις οποίες αντιστοιχεί σχεδόν το 50% των εκπομπών CO₂ στην Ευρώπη.

Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών είναι λοιπόν ένα σύστημα εμπορίας αδειών για την εκπομπή CO₂ και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου. Βασίζεται στην τιμολόγηση κάθε εκπεμπόμενου τόνου άνθρακα, με απώτερο σκοπό την ώθηση για επενδύσεις σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Βασικός του άξονας είναι η πεποίθηση πως η τιμολόγηση των εκπομπών αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό τρόπο για την επίτευξη μεγάλων μειώσεων στις παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ώστε να αποτραπούν οι κλιματικές αλλαγές που μπορούν να οδηγήσουν σε μη αναστρέψιμα και πιθανότατα καταστροφικά αποτελέσματα.

Η κοινοτική οδηγία 2003/87/ΕΚ έθεσε τους βασικούς άξονες λειτουργίας του συστήματος. Σύμφωνα με την οδηγία, κάθε άδεια εκπομπών δίνει δικαίωμα εκπομπής ενός τόνου CO₂. Τα κράτη μέλη έχουν υποχρέωση να καταρτίζουν τα Εθνικά Σχέδια Κατανομής (ΕΣΚ), που καθορίζουν τη συνολική ποσότητα εκπομπών CO₂ και τον τρόπο κατανομής στις ρυπογόνες τους επιχειρήσεις. Αυτό σημαίνει ότι κάθε κράτος μέλος πρέπει να αποφασίσει εκ των προτέρων πόσα δικαιώματα θα κατανείμει συνολικά για μια περίοδο εμπορίας και πόσα δικαιώματα θα λάβει κάθε εργοστασιακή μονάδα καλυπτόμενη από το σύστημα εμπορίας εκπομπών. Οι επιχειρήσεις που διατηρούν τις εκπομπές τους σε επίπεδο χαμηλότερο από τις άδειες που κατέχουν, έχουν την δυνατότητα να πωλήσουν το πλεόνασμα των αδειών σε τιμή που καθορίζεται στις αγορές άνθρακα. Αντίθετα, οι επιχειρήσεις που δεν μπορούν να περιοριστούν στα επίπεδα των αδειών που τους αναλογούν, μπορούν να αγοράσουν επιπλέον άδειες ή μονάδες ευέλικτων μηχανισμών, να επενδύσουν σε πιο αποτελεσματικές τεχνολογίες ή να χρησιμοποιήσουν λιγότερο ρυπογόνες πηγές ενέργειας. Το νομικό πλαίσιο του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών δεν καθορίζει τον ακριβή τρόπο με τον οποίο θα λαμβάνει χώρα αυτή η αγοραπωλησία. Οι επιχειρήσεις και οι άλλοι συμμετέχοντες της αγοράς μπορούν να εμπορεύονται απ' ευθείας μεταξύ τους τα δικαιώματα ή μέσω οργανωμένων χρηματιστηρίων που έχουν δημιουργηθεί. Έως τώρα, το μεγαλύτερο μέρος των αδειών κατανέμεται στις εγκαταστάσεις χωρίς χρέωση, ενώ από το 2013 και μετά, με βάση την οδηγία 2009/29/ΕΚ, θα μειώνεται σταδιακά με σκοπό να φτάσει στο 30% το 2020 και να μηδενιστεί το 2027.

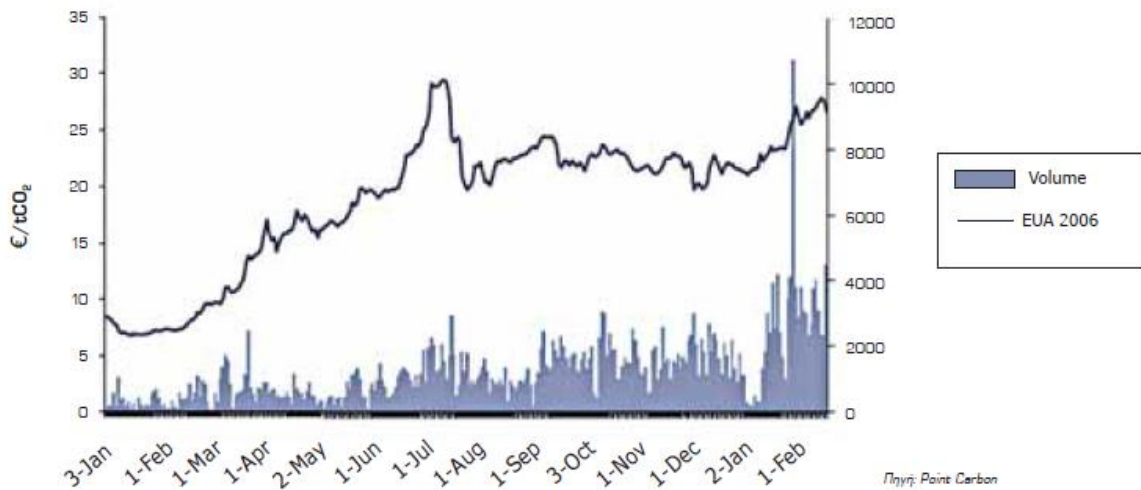
Σαν αποτέλεσμα, η εφαρμογή του Ευρωπαϊκού Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών οδήγησε στη δημιουργία αρκετών χρηματιστηρίων ρύπων, στα οποία κάθε εταιρία ή οποιοσδήποτε άλλος συμμετέχων της αγοράς μπορεί να προχωρά σε αγοραπωλησία δικαιωμάτων εκπομπών με παρέμβαση κάποιου διαμεσολαβητή, τράπεζας ή άλλου μεσάζοντα της αγοράς δικαιωμάτων. Τα χρηματιστήρια που λειτουργούν στη Ευρώπη είναι τα Nordpool, Powernext, European Climate Exchange, European Energy Exchange και Energy Exchange Austria (www.ec.europa.eu; European Commission 2009; Eur-Lex 2003; Eur-Lex 2009).

Η διακύμανση των τιμών είναι σχετικά πολύπλοκη υπόθεση και εξαρτάται από πολλές συνιστώσες. Οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τις τιμές ποικίλουν και μπορεί να είναι η πηγή των τόνων ισοδύναμου CO₂, το τμήμα της αγοράς, η χώρα, η χρονιά παραγωγής ή το μελλοντικό έτος με το οποίο συνδέονται οι τόνοι ισοδύναμου CO₂. Υπάρχει τεράστια απόκλιση στη δομή και τους όρους των συμβολαίων υπό τους οποίους γίνεται το εμπόριο των τόνων ισοδύναμου CO₂, στοιχεία τα οποία επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την τιμή.

Σε ότι αφορά την προθεσμιακή αγορά δικαιωμάτων της ΕΕ, η τιμή και ο όγκος των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα δημοσιεύονται κάθε εβδομάδα από τους αναλυτές Point Carbon, οι οποίοι συμβουλεύονται εννέα συνολικά μεσίτες που εμπορεύονται δικαιώματα. Το πρώτο εμπόριο δικαιωμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης έλαβε χώρα το Φεβρουάριο του 2003. Η τιμή τον Ιούνιο του 2003 ήταν περίπου στα 8.5 € ανά τόνο CO₂, αυξήθηκε προοδευτικά στην τιμή των 12 € περίπου το Σεπτέμβριο του 2003 και αυξήθηκε ακόμη περισσότερο στα 13 € τον Ιανουάριο του 2004. Η υποχρέωση των κρατών μελών να υποβάλλουν Εθνικό Σχέδιο Κατανομής μέχρι τις 31 Μαρτίου 2004 είχε σαν αποτέλεσμα αυτή την αύξηση της τιμής καθώς επικρατούσε η αντίληψη ότι τα Εθνικά Σχέδια Κατανομής θα επέφεραν ελλείμματα εκπομπών σε πολλές εταιρείες, καθώς επίσης και ότι η δημοσίευση τους θα ευαισθητοποιούσε περισσότερο τις εταιρείες έναντι του συστήματος. Στη διάρκεια του Φεβρουαρίου και του Μαρτίου του 2004, με την αυξημένη επίγνωση ότι τα Εθνικά Σχέδια Κατανομής θα είναι γενναιόδωρα, η τιμή έπεσε αισθητά, στο χαμηλό επίπεδο των 7 € περίπου το Μάιο του 2004. Η τιμή ανέκαμψε στα 10 € τον Ιούνιο του 2004 και έκτοτε κυμαινόταν από 7.5 έως 9 € (ΚΑΠΕ 2006).

Στο ακόλουθο σχήμα 4.21 αποτυπώνεται η διακύμανση της τιμής του διοξειδίου του άνθρακα στην Ευρωπαϊκή Ένωση όπως αυτή διαμορφώθηκε από τον Ιανουάριο του 2005 έως το

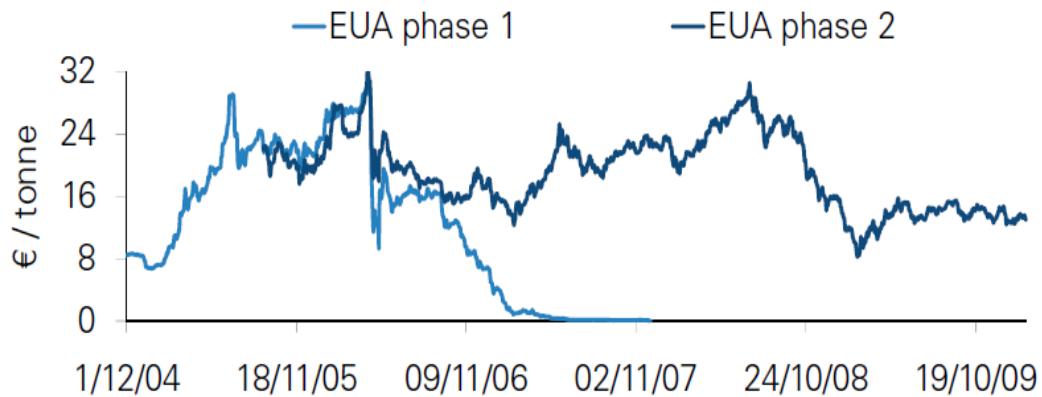
Μάρτιο του 2006. Παράλληλα, στο ίδιο σχήμα απεικονίζεται και ο αντίστοιχος όγκος των εκπομπών και πως αυτός διαμορφώθηκε.



Σχήμα 4.21: Τιμές και όγκος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. (Πηγή: ΚΑΠΕ 2006)

Όπως απεικονίζεται στο προηγούμενο σχήμα, με την έναρξη της ισχύος του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών τον Ιανουάριο του 2005, η τιμή άρχισε σταδιακά να ανεβαίνει από τα 7 € και μέσα σε ένα χρόνο άγγιξε τα 27 € περίπου το Μάρτιο του 2006.

Στο επόμενο Σχήμα 4.22 φαίνεται η διακύμανση της τιμής του εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα από τα τέλη του 2004 έως τα τέλη του 2009. Η τιμή, όπως και στο προηγούμενο σχήμα, αφορά όλους τους εκπεμπόμενους ρύπους των οποίων οι εκπομπές όπως είδαμε σε προηγούμενα εκφράζονται σε τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα.



Σχήμα 4.22 : Τιμές διοξειδίου του άνθρακα στο EU ETS σε € ανά τόνο CO₂. (Πηγή: Point Carbon 2010)

Στο παραπάνω σχήμα αποτυπώνεται αρχικά η τιμή κατά την πρώτη φάση του συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών. Η πρώτη φάση αφορά το διάστημα από την 1/01/2005 έως την 31/12/2007 και στην ουσία περιλαμβάνει την τρίχρονη πιλοτική εφαρμογή του συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η πρώτη φάση αποτέλεσε στην ουσία μια περίοδο προετοιμασίας για την κρίσιμη φάση δύο κατά την οποία επιτεύχθηκε ένα ελεύθερο εμπόριο εκπομπών και αναπτύχθηκαν οι μηχανισμοί παρακολούθησης και υποβολής των εκθέσεων εκπομπών. Με τον τρόπο αυτό καλύφθηκε το κενό πληροφόρησης και δημιουργήθηκε μια σταθερή βάση ώστε να μπορούν να κατανεμηθούν τα δικαιώματα κατά τη δεύτερη φάση. Η δεύτερη φάση αφορά το χρονικό διάστημα από 01/01/2008 έως 31/12/2012 και είναι η πρώτη περίοδος δέσμευσης κατά την οποία πρέπει να επιτευχθούν οι θεσπισμένοι στόχοι σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο. Όπως φαίνεται από το προηγούμενο σχήμα, με την έναρξη της ισχύος του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών η τιμή αυξήθηκε από τα 7 περίπου € ανά τόνο μέχρι και τα 30 περίπου € ανά τόνο το Μάρτιο του 2006. Στη συνέχεια, κατά το 2005 η τιμή άρχισε να παρουσιάζει έντονες αυξομειώσεις και να κυμαίνεται από τότε μέχρι και το τέλος του 2008 από 30 έως 8 € ανά τόνο. Από τις αρχές του 2009 έχοντας μπει πλέον στη δεύτερη φάση η τιμή εμφανίζει μια σταθερότητα και αγγίζει τα 14 με 15 € ανά τόνο περίπου. Σήμερα η τιμή εξακολουθεί να ανέρχεται στα 14 € ανά τόνο περίπου.

Το 2005 διακινήθηκαν τουλάχιστον 270 εκατομμύρια άδειες συνολικής αξίας περίπου 5 δισεκατομμυρίων ευρώ. Με βάση τα στοιχεία της Παγκόσμιας Τράπεζας, ο όγκος συναλλαγών αυξήθηκε σε 1,1 δισεκατομμύρια άδειες το 2006 και πάνω από 2 δισεκατομμύρια άδειες το 2007. Το ευρωπαϊκό εμπόριο αδειών αποτελεί περίπου το 80% του παγκόσμιου τζίρου της εμπορίας αδειών εκπομπών CO₂, ο οποίος ήταν 64 δισεκατομμύρια δολάρια το 2007. Τα στοιχεία αυτά αναδεικνύουν το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών ως τον κεντρικό μηχανισμό της παγκόσμιας αγοράς άνθρακα καθώς αυτό αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου με οικονομικά αποτελεσματικό τρόπο (ΚΑΠΕ 2006; European Commission 2009; Ντάγια 2009).

4.3.3 Ελληνική Πραγματικότητα αναφορικά με τις Δράσεις για την Κλιματική Αλλαγή

Στην Ελλάδα αν και η κατάσταση εμφανίστηκε κάπως διαφορετική, καθώς ήταν μια από τις ελάχιστες αναπτυγμένες χώρες που έχουν το δικαίωμα να αυξήσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου βάσει του Πρωτοκόλλου του Κιότο μέχρι και 25%, ήδη μέχρι το 2005, είχε αυξήσει τις εκπομπές της κατά 28% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Τα στοιχεία αυτά κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη της Ελλάδας να λάβει άμεσα μια σειρά από δραστικά μέτρα. Προκειμένου να εκπληρωθούν τις εθνικές υποχρεώσεις που απορρέουν από την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Κιότο για την πρώτη περίοδο δέσμευσης, από το 2008 έως το 2012, και την εναρμόνιση της Ελλάδας με τις Κοινοτικές οδηγίες, υιοθετήθηκαν πρόσθετες πολιτικές και μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Οι κύριες δράσεις που προβλέπονται για το σκοπό αυτό περιλαμβάνουν:

- Περαιτέρω διεύθυνση του φυσικού αερίου σε όλους τους τομείς τελικής ζήτησης και της ηλεκτροπαραγωγής, συμπεριλαμβανομένης και της συμπαραγωγής
- Προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας
- Εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία και στον οικιακό και τριτογενή τομέα
- Προώθηση ενεργειακά αποδοτικών συσκευών και ενεργειακού εξοπλισμού στον οικιακό και τριτογενή τομέα

- Διαρθρωτικές αλλαγές στη γεωργία και στη χημική βιομηχανία
- Δράσεις περιορισμού εκπομπών στις μεταφορές και στη διαχείριση απορριμμάτων.

Δεδομένου ότι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που συνεισφέρουν στην κλιματική αλλαγή είναι η καύση ορυκτών καυσίμων και ότι η Ελλάδα αποτελεί μια χώρα η οποία είναι έντονα εξαρτημένη ενεργειακά από το ρυπογόνο λιγνίτη, για την επίτευξη των στόχων που επιβάλλουν το Πρωτόκολλο και η Ευρωπαϊκή Ένωση, η Δ.Ε.Η. που αποτελεί τον κύριο παραγωγό ενέργειας της χώρας μας, δεσμεύτηκε σε μια σειρά από μέτρα. Αυτά είναι:

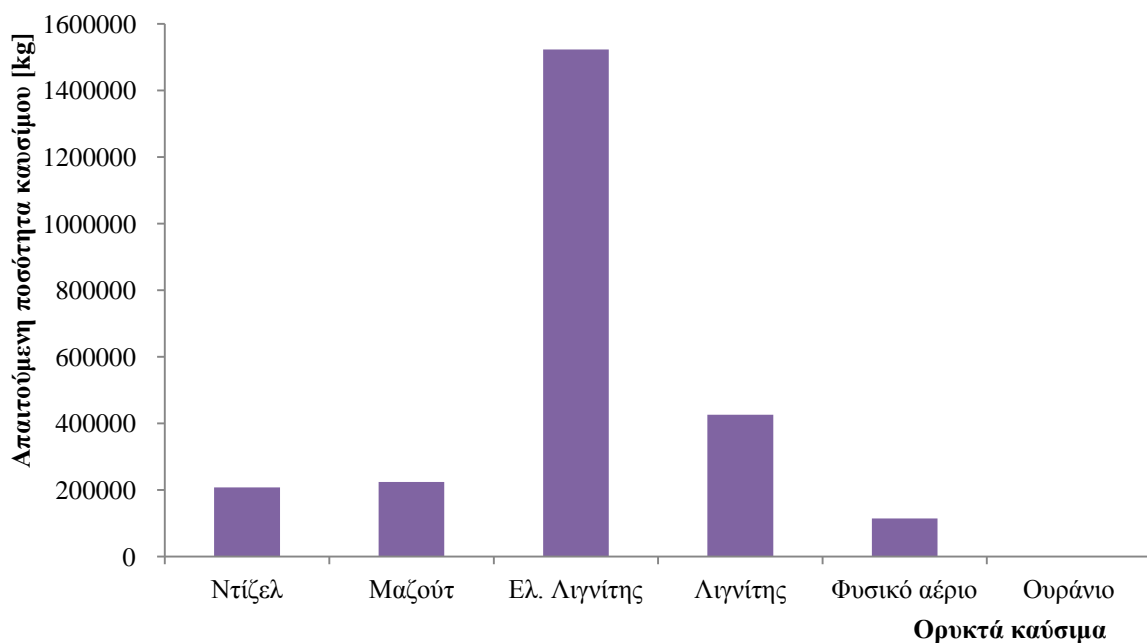
- Πρόγραμμα νέων επενδύσεων για την αντικατάσταση παλαιών μονάδων παραγωγής, με νέες σύγχρονης τεχνολογίας και υψηλού βαθμού απόδοσης
- Εντατικότερη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Περαιτέρω ανάπτυξη του υδροδυναμικού της χώρας μας
- Υλοποίηση Περιβαλλοντικών Προγραμμάτων για βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των υφιστάμενων Θερμοηλεκτρικών Μονάδων με:
 - Παρακολούθηση και αναφορά των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα
 - Αναβάθμιση και εκσυγχρονισμό των υφιστάμενων εγκαταστάσεων και λειτουργία με βάση τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές
 - Εφαρμογή αποδοτικών τεχνολογιών καύσης λιγνίτη και συμμετοχή σε καινοτόμα ερευνητικά προγράμματα για τη δέσμευση και αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα
- Προώθηση περαιτέρω δράσεων εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης ενέργειας, τόσο στην Παραγωγή, όσο και στη Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (τηλεθέρμανση πόλεων, βελτίωση βαθμού απόδοσης Θερμοηλεκτρικών Μονάδων, κ.α.)
- Συνέχιση της συμμετοχής της στο Πρόγραμμα Energy Wisdom, ένα πρόγραμμα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (European Commission 2009; ΔΕΗ).

4.5 Σύγκριση των ορυκτών καυσίμων ως προς τους παραγόμενους ρύπους

Όπως είδαμε σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, η εκπομπή αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα από την καύση των ορυκτών καυσίμων είναι η κύρια περιβαλλοντική συνέπεια της ενεργειακής παραγωγής. Στο κεφάλαιο αυτό στα πλαίσια της σύγκρισης των ενεργειακών πηγών, θα εξετάσουμε τα ορυκτά καύσιμα ως προς την ποσότητα των αερίων ρύπων που παράγουν, σε συνδυασμό με την ποσότητα καυσίμου που απαιτείται για ισόποση παραγωγή ενέργειας.

Αρχικά θα υπολογίσουμε την ποσότητα που απαιτείται για την παραγωγή μιας γιγαβατώρας (GWh). Η ποσότητα αυτή προκύπτει διαιρώντας την απαιτούμενη θερμική ενέργεια για την παραγωγή μιας γιγαβατώρας με τη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου. Η ποσότητα της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας προκύπτει διαιρώντας την ποσότητα της θερμικής ενέργειας που υπάρχει σε μία γιγαβατώρα (3.6 TJ) με την απόδοση της αντίστοιχής τεχνολογίας ηλεκτροπαραγωγής για το κάθε καύσιμο.

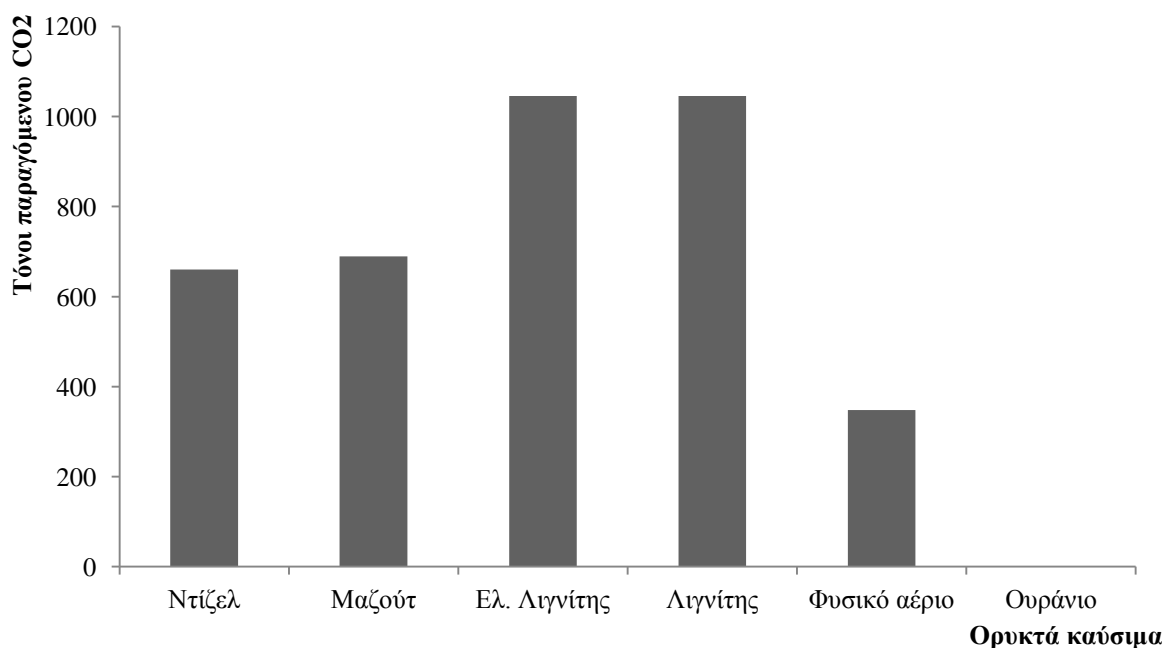
Στο Σχήμα 4.23 απεικονίζεται η ποσότητα που απαιτείται για την παραγωγή μιας γιγαβατώρας από κάθε καύσιμο.



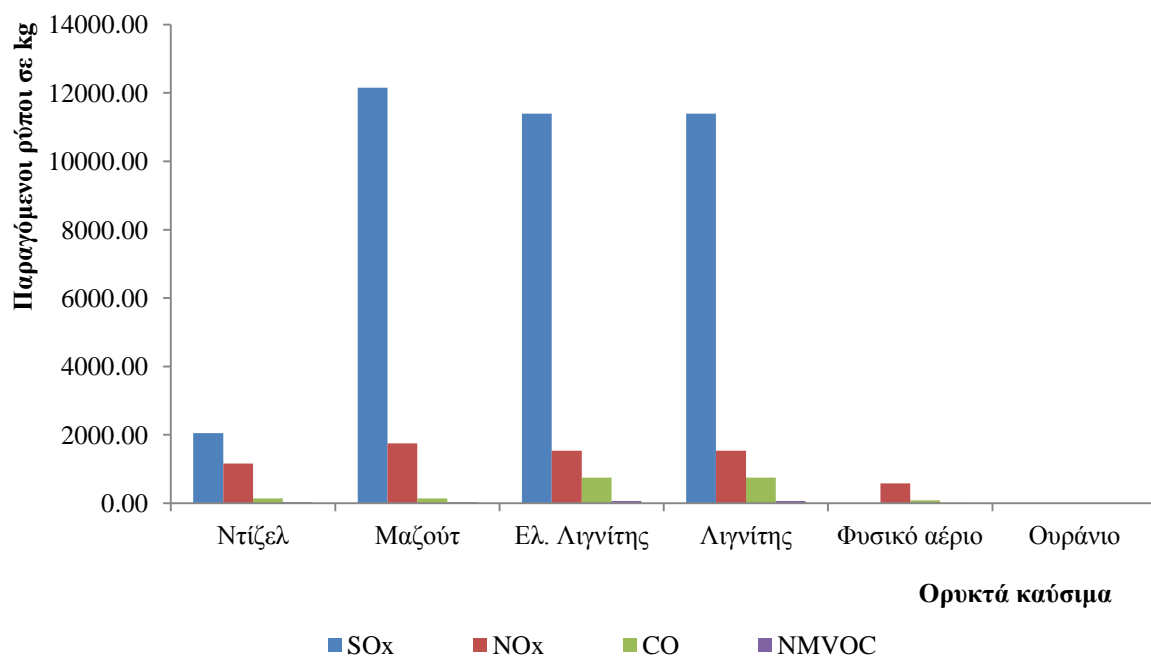
Σχήμα 4.23 : Απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου για την παραγωγή μιας μονάδας ενέργειας (GWh).

Όπως είναι εμφανές, το ουράνιο είναι το πλέον αποδοτικό καύσιμο καθώς για την παραγωγή μιας γιγαβατώρας απαιτούνται μόλις 0.129 κιλά ουρανίου. Αντίθετα, το λιγότερο αποδοτικό καύσιμο είναι ο λιγνίτης και ειδικά τα κοιτάσματα του ελλαδικού χώρου τα οποία είναι γνωστό ότι είναι χαμηλής ποιότητας. Για την παραγωγή μιας γιγαβατώρας απαιτούνται περίπου 425.0 τόνοι λιγνίτη ή 1523.0 τόνοι ελληνικού λιγνίτη. Η αντίστοιχη ποσότητα για το πετρέλαιο είναι 207.0 τόνοι περίπου για το ντίζελ και 224.0 τόνοι για το μαζούτ. Σε ότι αφορά το φυσικό αέριο θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι ίσως το πιο αποδοτικό από τα συμβατικά καύσιμα των θερμικών σταθμών καθώς για την παραγωγή μιας γιγαβατώρας χρειάζονται περίπου 114.0 τόνοι φυσικού αερίου.

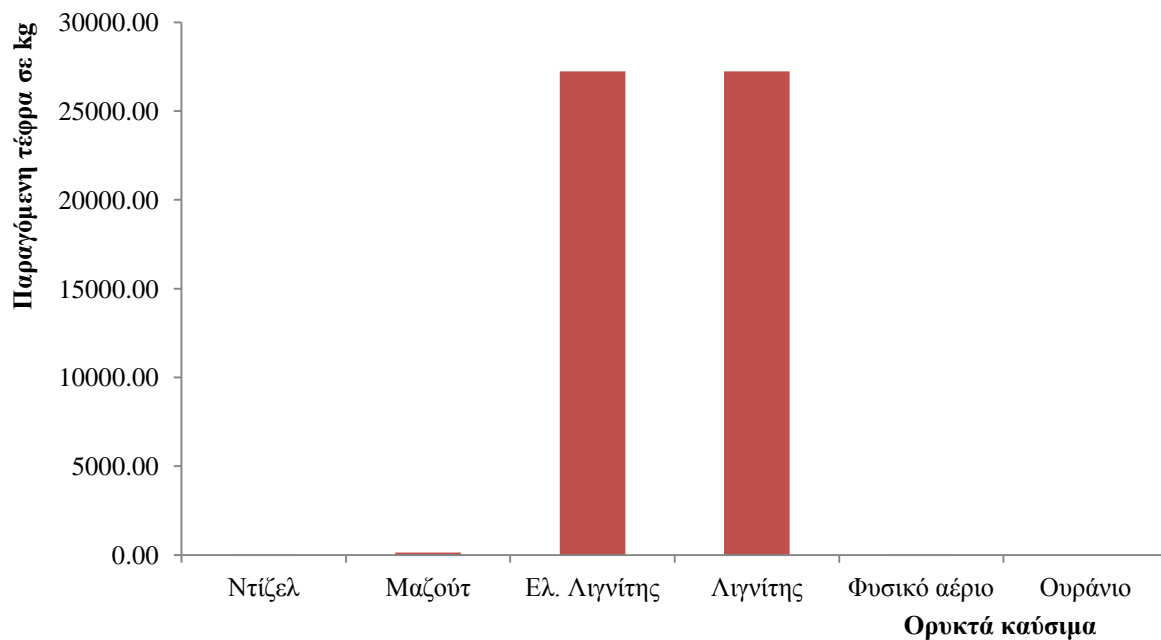
Στη συνέχεια, έγινε ο υπολογισμός των ρύπων που εκπέμπονται από την παραγωγή μιας γιγαβατώρας. Οι ποσότητες αποτυπώνονται παρακάτω στα Σχήματα 4.24, 4.25 και 4.26.



Σχήμα 4.24 : Εκπεμπόμενοι ρύποι του θερμοκηπίου ανά καύσιμο από την παραγωγή μιας GWh.



Σχήμα 4.25 : Εκπεμπόμενοι ατμοσφαιρικοί ρύποι ανά καύσιμο από την παραγωγή μιας GWh.



Σχήμα 4.26 : Εκπεμπόμενη ποσότητα τέφρας ανά καύσιμο από την παραγωγή μιας GWh.

Όπως φαίνεται από τα προηγούμενα διαγράμματα το ουράνιο δεν παράγει κανενός είδους ατμοσφαιρικό ρύπο κατά την αξιοποίησή του για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Επιπρόσθετα, από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, το φυσικό αέριο είναι το λιγότερο ρυπογόνο καθώς παράγει περίπου 348.0 τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για την παραγωγή μιας γιγαβατώρας, εμφανώς λιγότερους από το λιγνίτη που παράγει 1045.0 τόνους και από το πετρέλαιο που παράγει περίπου 690.0 τόνους το μαζούτ και 660.0 το ντίζελ.

Σε ότι αφορά τους υπόλοιπους ατμοσφαιρικούς ρύπους, το φυσικό αέριο είναι επίσης το πιο φιλικό στο περιβάλλον καθώς κατά την παραγωγή μιας γιγαβατώρας εκπέμπονται 4.22 κιλά οξειδίων του θείου, 583.0 κιλά οξειδίων του αζώτου, 90.0 κιλά μονοξειδίου του άνθρακα και περίπου 10.0 κιλά μη μεθανιούχων οργανικών πτητικών στερεών. Αντίθετα, ο λιγνίτης και το πετρέλαιο είναι πολύ περισσότερο ρυπογόνα καύσιμα. Όπως φαίνεται στα προηγούμενα σχήματα, για την παραγωγή μιας γιγαβατώρας με καύσιμο το λιγνίτη παράγονται 11.4 τόνοι οξειδίων του θείου, 1.5 τόνοι οξειδίων του αζώτου, 0.75 τόνοι μονοξειδίου του άνθρακα και 65.0 κιλά μη μεθανιούχων οργανικών πτητικών στερεών σωματιδίων. Οι αντίστοιχες τιμές για το πετρέλαιο κυμαίνονται σε γενικές γραμμές σε χαμηλότερα επίπεδα είναι όμως αρκετά υψηλότερες από τις τιμές για το φυσικό αέριο. Για την παραγωγή μιας γιγαβατώρας από πετρέλαιο εκπέμπονται 2.0 περίπου τόνοι οξειδίων του θείου, 1.2 τόνοι οξειδίων του αζώτου, 0.14 τόνοι μονοξειδίου του άνθρακα και 29.0 περίπου κιλά μη μεθανιούχων οργανικών πτητικών στερεών σωματιδίων, αν το πετρέλαιο είναι ντίζελ. Σε περίπτωση που το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται είναι μαζούτ εκπέμπονται 12.0 περίπου τόνοι οξειδίων του θείου, 1.8 τόνοι οξειδίων του αζώτου, 0.14 τόνοι μονοξειδίου του άνθρακα και 33.3 κιλά μη μεθανιούχων οργανικών πτητικών στερεών σωματιδίων.

Σε ότι αφορά την τέφρα, το ουράνιο όπως είναι λογικό παράγει μηδενική ποσότητα, το φυσικό αέριο παράγει μόλις 0.62 κιλά για την παραγωγή μιας γιγαβατώρας ενώ αντίστοιχα το πετρέλαιο παράγει 17.19 κιλά αν είναι ντίζελ και 144 κιλά αν είναι μαζούτ. Ο λιγνίτης είναι και πάλι ο πιο ρυπογόνος καθώς κατά την παραγωγή μιας γιγαβατώρας παράγει 17243 κιλά τέφρας περίπου.

Οι τιμές που αναφέρονται για τους παραγόμενους ρύπους είναι ενδεικτικές και διαφέρουν ανάλογα με την περιοχή και τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία. Για τους υπολογισμούς που έγιναν, λήφθηκαν υπόψη τυπικές τιμές για την αποδοτικότητα της αντίστοιχης μεθόδου ηλεκτροπαραγωγής καθώς επίσης και για τη θερμογόνο δύναμη των καυσίμων. Τα στοιχεία

αυτά μεταβάλλονται από χώρα σε χώρα ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και την ποσοστιαία σύσταση του ορυκτού καυσίμου.

Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για τη θερμογόνο δύναμη αλλά και για τους συντελεστές εκπομπών αερίων ρύπων φαίνονται αναγράφονται παρακάτω στους Πίνακες 4.1 και 4.2.

Πίνακας 4.1 : Τιμές θερμογόνου δύναμης καυσίμων σε MJ/kg. (Δεδομένα: ΥΠΕΚΑ 2012)

	Θερμογόνος δύναμη [MJ/kg]
<i>Ντίζελ</i>	43.33
<i>Μαζούτ</i>	40.19
<i>Ελ. Λιγνίτης</i>	5.50
<i>Λιγνίτης</i>	19.68
<i>Φυσικό αέριο</i>	54.40
<i>Ουράνιο</i>	80000000.00

Πίνακας 4.2 : Συντελεστές εκπομπής αερίων ρύπων. (Δεδομένα: ΕΕΑ 2008)

	<i>SOx</i> [g/GJ]	<i>NOx</i> [g/GJ]	<i>CO</i> [g/GJ]	<i>CO2</i> [t/TJ]	<i>NMVOC</i> [g/GJ]	<i>Τέφρα</i> [g/GJ]
<i>Ντίζελ</i>	228.00	129.00	15.70	73.33	3.24	1.91
<i>Μαζούτ</i>	1350.00	195.00	15.70	76.59	3.70	16.00
<i>Ελ. Λιγνίτης</i>	1361.00	183.00	89.10	124.87	7.78	3254.00
<i>Λιγνίτης</i>	1361.00	183.00	89.10	124.87	7.78	3254.00
<i>Φυσικό αέριο</i>	0.68	93.90	14.50	56.10	1.58	0.10
<i>Ουράνιο</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Έπειτα από τη σύγκριση που έγινε αναφορικά με τους παραγόμενους ρύπους από κάθε καύσιμο καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το φυσικό αέριο είναι το περισσότερο αποδοτικό και το λιγότερο ρυπογόνο από τα συμβατικά καύσιμα. Σίγουρα το ουράνιο και η πυρηνική τεχνολογία είναι πολύ πιο αποδοτικό και δεν παράγει καθόλου ατμοσφαιρικούς ρύπους, ωστόσο η χρήση του ενέχει άλλα προβλήματα τα οποία συντελούν στον περιορισμό της ανάπτυξης της αντίστοιχης τεχνολογίας. Αντίθετα ο λιγνίτης είναι το λιγότερο αποδοτικό και το περισσότερο ρυπογόνο καύσιμο το οποίο όμως χρησιμοποιείται κατά κόρον εξαιτίας της

ευκολίας μεταφοράς του και εξόρυξής του, παράγοντες οι οποίοι παίζουν ρόλο και στην ανταγωνιστικότητα της τιμής του.

5. Σύνθεση των εναλλακτικών πηγών για την παραγωγή ενέργειας, εφαρμογή στον Ελληνικό χώρο

Στο κεφάλαιο αυτό, στα πλαίσια της σύγκρισης των διαφόρων εναλλακτικών πηγών ενέργειας, θα εξετάσουμε την περίπτωση της ηλεκτροδότησης της Αστυπάλαιας.

Η Αστυπάλεια είναι ένα νησί του νοτιοανατολικού Αιγαίου το οποίο σύμφωνα με την απογραφή του 2011 έχει 1310 κατοίκους. Για τον υπολογισμό των αναγκών σε ενέργεια του νησιού θα γίνει μια απλή αναγωγή με βάση τον πληθυσμό και την εγκατεστημένη ισχύ σε επίπεδο χώρας αλλά και σε επίπεδο νησιού.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς της χώρας σύμφωνα με στοιχεία της ΔΕΗ είναι 13 GW, ενώ η ετήσια παραγόμενη ποσότητα ενέργειας ανέρχεται σε 55 TWh. Εφόσον η χώρα μας έχει πληθυσμό 10787690 κατοίκους, η εγκατεστημένη ισχύς ανά κάτοικο ανέρχεται σε 1.2 kW, ενώ η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται σε 5.1 MWh ανά κάτοικο. Σύμφωνα λοιπόν με τα στοιχεία αυτά και λαμβάνοντας υπόψη τον πληθυσμό του νησιού, στην Αστυπάλεια προσεγγιστικά αντιστοιχούν 1.6 MW εγκατεστημένης ισχύος και ετήσια ποσότητα ενέργειας 6.7 GWh.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου, θα εξετάσουμε την ηλεκτροδότηση της Αστυπάλαιας από τις διάφορες τεχνολογίες. Πιο συγκεκριμένα, θα υπολογίσουμε τον οικονομικό δείκτη του σταθμισμένου κόστους ενέργειας (Levelised Cost of Energy - LCOE) για την εγκατάσταση στο νησί μονάδας ισχύος 1.6 MW, για τις διάφορες τεχνολογίες, και θα τις συγκρίνουμε με βάση αυτόν.

Στο επόμενο υποκεφάλαιο αναλύεται ο δείκτης LCOE, η χρησιμότητά του και ο τρόπος υπολογισμού του. Επιπλέον αναφέρονται οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη καθώς επίσης και οι συνιστώσες που δεν ενσωματώνονται στο δείκτη.

5.1 Ο δείκτης του Σταθμισμένου Κόστους Ενέργειας (LCOE)

Με τον όρο σταθμισμένο κόστος ενέργειας (Levelised Cost of Energy – LCOE) αναφερόμαστε στο κόστος που αναμένεται να έχει η παραγόμενη από τον αντίστοιχο σταθμό μονάδα ενέργειας, ώστε να είναι δυνατή η απόσβεση του κόστους επένδυσης. Διαφορετικά, είναι η τιμή στην οποία πρέπει να πωληθεί μια μονάδα ενέργειας έτσι ώστε μια ενεργειακή επιχείρηση να υπερβεί το νεκρό σημείο, να αρχίσει δηλαδή να έχει κέρδη.

Ο δείκτης του σταθμισμένου κόστους ενέργειας (LCOE) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της εκτιμώμενης κερδοφορίας μιας ενεργειακής επένδυσης και τυπικά εκφράζεται σε νομισματικές μονάδες ανά κιλοβατώρα. Υπολογίζεται ως το πηλίκο του συνολικού κόστους προς τη συνολική παραγωγή, εκφρασμένα σε όρους παρούσας αξίας.

Στον υπολογισμό του σταθμισμένου κόστους της ενέργειας, λαμβάνονται υπόψη το κόστος του κεφαλαίου, το κόστος του καυσίμου, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, το κόστος διαχείρισης αποβλήτων, το κόστος παροπλισμού, το κόστος έρευνας και ανάπτυξης, το κόστος ασφάλισης, η οικονομική διάρκεια ζωής της μονάδας καθώς επίσης και το χρονοδιάγραμμα κατασκευής. Ωστόσο, συχνά δεν ενσωματώνονται διάφοροι άλλοι παράγοντες όπως είναι για παράδειγμα η αξία της κρατικά χρηματοδοτούμενης έρευνας, οι ασφαλιστικές ευθύνες που αναλαμβάνονται από το κράτος, το εξωτερικό κόστος της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, η ανάπτυξη συνεργειών με τις υπόλοιπες μονάδες αλλά και οι ενδεχόμενες εξωτερικές ωφέλειες όπως για παράδειγμα η ανάπτυξη τεχνογνωσίας για τις επόμενες γενιές. Επιπλέον, συχνά δε λαμβάνονται υπόψη παράγοντες του συστήματος όπως είναι τα κόστη μεταφοράς, τα λοιπά κόστη δικτύου, η επίδραση στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού αλλά και η ευελιξία αναφορικά με την παραγωγή και τη δυνατότητα προσαρμογής σε διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας και μεταβολής της ζήτησης.

Σε ότι αφορά τους παράγοντες της αγοράς, οι επιπτώσεις της κλίμακας του έργου, οι επιπτώσεις στην αξία των μετοχών μιας επιχείρησης, το κόστος συλλογής της πληροφορίας αλλά και το γεγονός ότι η οικονομική διάρκεια ζωής μιας μονάδας είναι πολλές φορές μικρότερη από την πραγματική διάρκεια ζωής, συχνά δε μπορούν να ποσοτικοποιηθούν και να συνυπολογιστούν στο δείκτη του σταθμισμένου κόστους ενέργειας. Τέλος, η αστάθεια της τιμής των καυσίμων καθώς επίσης και οι μελλοντικές αλλαγές στο φορολογικό καθεστώς, την περιβαλλοντική νομοθεσία, κλπ δεν μπορούν να ληφθούν υπόψη με την πραγματική τους

διάσταση. Πολλοί από τους παράγοντες που αναφέρθηκαν σε αυτή και την προηγούμενη παράγραφο, σε κάποιες περιπτώσεις ενσωματώνονται σε προσεγγιστικό επίπεδο.

Ο δείκτης του σταθμισμένου κόστους ενέργειας (LCOE) είναι με απλά λόγια ένας οικονομικός δείκτης που χρησιμοποιείται από επιχειρήσεις για την αξιολόγηση εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων. Με το δείκτη αυτό, γίνεται μια αρχική εκτίμηση για τη βιωσιμότητα ενός ενεργειακού έργου και είναι ιδιαίτερα χρήσιμος σε μονοπωλιακά περιβάλλοντα ενώ παρουσιάζει αδυναμίες σε απελευθερωμένες αγορές (IEA 2010d; Φλάμος 2011).

Στον ακόλουθο Πίνακα 5.1 αναγράφονται ενδεικτικές τιμές του LCOE όπως αυτό έχει υπολογιστεί για μονάδες που θα τεθούν σε λειτουργία το 2016 στις ΗΠΑ.

Πίνακας 5.1 : Εκτίμηση σταθμισμένου κόστους ενέργειας για μονάδες που θα λειτουργήσουν το 2016 στις ΗΠΑ. (Πηγή: IEA 2010d; Φλάμος 2011).

Τύπος Μονάδας παραγωγής Η.Ε	Συντελεστής Φορτίου (CF) (%)	Εκτίμηση LCOE (USD2008/MWh) Η.Π.Α για μονάδες που θα τεθούν σε λειτουργία το 2016				
		Levelised Capital Cost	Σταθερό κόστος O&M	Μεταβλητό κόστος O&M (συμπ. κόστος καυσίμου)	Μεταφορά Η.Ε (προσθ. επένδυση)	Συνολικό LCOE συστήματος
Conventional Coal	85	69,2	3,8	23,9	3,6	100,5
Advanced Coal	85	81,2	5,3	20,4	3,6	110,5
Advanced Coal με CCS	85	92,5	6,3	26,4	3,9	129,1
Natural Gas-fired						
-Conventional Combined Cycle	87	22,9	1,7	54,9	3,6	83,1
-Advanced Combined Cycle	87	22,4	1,6	51,7	3,6	79,3
-Advanced Combined Cycle με CCS	87	43,8	2,7	63,0	3,8	113,3
- Conventional Combustion Turbine	30	41,1	4,7	82,9	10,8	139,5
-Advanced Combustion Turbine	30	38,5	4,1	70,0	10,8	123,4
Advanced Nuclear	90	94,9	11,7	9,4	3,0	119,0
Wind	34,4	130,5	10,4	0,0	8,4	149,3
Wind -Offshore	39,3	159,9	23,8	0,0	7,4	191,1
Solar PV	21,7	376,8	6,4	0,0	13,0	396,2
Solar Thermal (CSP)	31,2	224,4	21,8	0,0	10,4	256,6
Geothermal	90	88,0	22,9	0,0	4,8	115,7
Biomass	83	73,3	9,1	24,9	3,8	111,1
Hydro	51,4	103,7	3,5	7,1	5,7	120,0

5.2 Ηλεκτροδότηση της Αστυπάλαιας από τις διάφορες ενεργειακές πηγές

Ακολούθως εξετάζεται η ηλεκτροδότηση του νησιού από τις διάφορες πηγές και τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής. Πιο αναλυτικά, για κάθε μέθοδο λαμβάνονται υπόψη τυπικές τιμές για τη διάρκεια ζωής τους, για το συντελεστή φορτίου που αναλαμβάνουν καθώς επίσης και για τα κόστη επένδυσης και κόστη λειτουργίας και συντήρησης, σύμφωνα με τα όσα περιλαμβάνονται στο τέταρτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.

Ιδιαίτερη σημασία για τον υπολογισμό του σταθμισμένου κόστους παίζει η επιλογή του επιτόκιου αναγωγής. Το επιτόκιο αναγωγής επιλέγεται με βάση τη δυνατή απόδοση του κεφαλαίου της επένδυσης. Με βάση το επιτόκιο αναγωγής υπολογίζεται η παρούσα αξία του κόστους συντήρησης και λειτουργίας καθώς επίσης και της παραγόμενης ποσότητας ενέργειας. Ως παρούσα αξία ενός συγκεκριμένου ποσού R , το οποίο θα εισπραχθεί μετά από μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, ορίζεται το ποσό που πρέπει να επενδυθεί σήμερα ώστε να αποδώσει R μετά από τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Κατά τον υπολογισμό του LCOE υπολογίζεται η παρούσα αξία του κόστους λειτουργίας και συντήρησης και χρησιμοποιείται και η παραγόμενη ποσότητα ενέργειας εκφρασμένη σε όρους παρούσας αξίας.

Για τις συμβατικές μονάδες οι υπολογισμοί έγιναν με επιτόκιο 5% ενώ για τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οι υπολογισμοί έγιναν με επιτόκιο αναγωγής 8%. Ο τελικός υπολογισμός του LCOE γίνεται διαιρώντας το σύνολο του κόστους με το σύνολο της παραγόμενης ενέργειας κατά τα έτη της διάρκειας ζωής του σταθμού.

Στους ακόλουθους πίνακες φαίνονται οι τιμές που λήφθηκαν υπόψη κατά τους υπολογισμούς για τα μεγέθη που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Πίνακας 5.2: Κόστη επένδυσης, λειτουργίας και συντήρησης που λήφθηκαν υπόψη για κάθε τεχνολογία κατά τον υπολογισμό του LCOE.

Τεχνολογία Ηλεκτροπαραγωγής	Κόστος Επένδυσης [€/MW]	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης	
		Σταθερό [€/MW]	Μεταβλητό [€/MWh]
Υπερκρίσιμη καύση κονιοποιημένου άνθρακα	2236750.00	47500.00	2.50
Υπερκρίσιμη καύση κονιοποιημένου άνθρακα, με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα	3043000.00	72500.00	3.88
Συνδυασμένος κύκλος αεριοποίησης άνθρακα	2455000.00	43750.00	3.13
Συνδυασμένος κύκλος αεριοποίησης με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα	3053375.00	62500.00	3.88
Μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου	897875.00	18750.00	2.75
Μονάδες συνδυασμένου κύκλου με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα	1365000.00	31250.00	4.00
Πυρηνικοί αντιδραστήρες πεπιεσμένου ύδατος	3640625.00	46875.00	2.25
Πετρελαϊκές μονάδες	1350000.00	150.00	
Μικρά υδροηλεκτρικά έργα	2380000.00	19.84	
Μεσαία υδροηλεκτρικά έργα	1985000.00	19.84	
Μεσαία υδροηλεκτρικά έργα με φράγμα & ταμιευτήρα	1985000.00	9.92	
Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα με φράγμα & ταμιευτήρα	1590000.00	9.92	
Χερσαίες ανεμογεννήτριες	1440000.00	15.00	
Υπεράκτιες ανεμογεννήτριες	2650000.00	31.00	
Συστήματα ηλιακής συγκέντρωσης	5000000.00	11.17	
Φ/Β Οργανικές ηλιακές κυψέλες	1410000.00	1.90	
Φ/Β Τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης	1525000.00	1.90	
Φ/Β Τεχνολογίες κρυσταλλικού πυριτίου	2025000.00	1.90	
Γεωθερμικά συστήματα δυαδικού κύκλου	3302380.00	17.45	
Γεωθερμικά υβριδικά συστήματα	1706350.00	17.45	
Βιομάζα σε μονάδες σύγκαυσης με ορυκτά καύσιμα	952385.00	15.00	
Μονάδες αεριοποίησης βιομάζας, συνδυασμένου κύκλου	3170000.00	53.10	
Μονάδες αεριοποίησης βιομάζας με συμπαραγωγή θερμότητας & ηλεκτρισμού	2780000.00	82.00	
Κομματική και θαλάσσια ενέργεια	5000000.00	20.00	

Πίνακας 5.3: Συντελεστής φορτίου και οικονομική διάρκεια ζωής που λήφθηκαν υπόψη για κάθε τεχνολογία κατά τον υπολογισμό του LCOE.

<i>Τεχνολογία Ηλεκτροπαραγωγής</i>	<i>Συντελεστής Φορτίου [%]</i>	<i>Διάρκεια ζωής [Έτη]</i>	<i>Ετήσια παραγωγή [MWh]</i>
<i>Υπερκρίσιμη καύση κονιοποιημένου άνθρακα</i>	90	40.00	12614.40
<i>Υπερκρίσιμη καύση κονιοποιημένου άνθρακα, με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα</i>	90	38.00	12614.40
<i>Συνδυασμένος κύκλος αεριοποίησης άνθρακα</i>	90	30.00	12614.40
<i>Συνδυασμένος κύκλος αεριοποίησης με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα</i>	90	30.00	12614.40
<i>Μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου</i>	90	30.00	12614.40
<i>Μονάδες συνδυασμένου κύκλου με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα</i>	90	30.00	12614.40
<i>Πυρηνικοί αντιδραστήρες πεπιεσμένου ύδατος</i>	90	60.00	12614.40
<i>Πετρελαϊκές μονάδες</i>	90	60.00	12614.40
<i>Μικρά υδροηλεκτρικά έργα</i>	70	80.00	9811.20
<i>Μεσαία υδροηλεκτρικά έργα</i>	45	80.00	6307.20
<i>Μεσαία υδροηλεκτρικά έργα με φράγμα & ταμιευτήρα</i>	45	90.00	6307.20
<i>Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα με φράγμα & ταμιευτήρα</i>	45	100.00	6307.20
<i>Χερσαίες ανεμογεννήτριες</i>	30	25.00	4204.80
<i>Υπεράκτιες ανεμογεννήτριες</i>	30	25.00	4204.80
<i>Συστήματα ηλιακής συγκέντρωσης</i>	25	30.00	3504.00
<i>Φ/Β Οργανικές ηλιακές κυψέλες</i>	15	25.00	2102.40
<i>Φ/Β Τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης</i>	15	25.00	2102.40
<i>Φ/Β Τεχνολογίες κρυσταλλικού πυριτίου</i>	15	25.00	2102.40
<i>Γεωθερμικά συστήματα δυαδικού κύκλου</i>	85	35.00	11913.60
<i>Γεωθερμικά υβριδικά συστήματα</i>	85	30.00	11913.60
<i>Βιομάζα σε μονάδες σύγκανσης με ορυκτά καύσιμα</i>	80	30.00	11212.80
<i>Μονάδες αεριοποίησης βιομάζας, συνδυασμένου κύκλου</i>	80	30.00	11212.80
<i>Μονάδες αεριοποίησης βιομάζας με συμπαραγωγή θερμότητας & ηλεκτρισμού</i>	80	30.00	11212.80
<i>Κυματική και θαλάσσια ενέργεια</i>	30	15.00	4204.8

Τα σταθμισμένα κόστη που υπολογίστηκαν φαίνονται στον επόμενο Πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4: LCOE για τις διάφορες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής

<i>Τεχνολογία Ηλεκτροπαραγωγής</i>	<i>Σταθμισμένο κόστος Παραγωγής [€/MWh]</i>
<i>Υπερκρίσιμη καύση κονιοποιημένου άνθρακα</i>	<i>18.86</i>
<i>Υπερκρίσιμη καύση κονιοποιημένου άνθρακα, με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα</i>	<i>27.37</i>
<i>Συνδυασμένος κύκλος αεριοποίησης άνθρακα</i>	<i>21.33</i>
<i>Συνδυασμένος κύκλος αεριοποίησης με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα</i>	<i>27.55</i>
<i>Μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου</i>	<i>9.76</i>
<i>Μονάδες συνδυασμένου κύκλου με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα</i>	<i>15.00</i>
<i>Πορηνικοί αντιδραστήρες πεπιεσμένου ύδατος</i>	<i>23.44</i>
<i>Πετρελαϊκές μονάδες</i>	<i>156.24</i>
<i>Μικρά υδροηλεκτρικά έργα</i>	<i>39.29</i>
<i>Μεσαία υδροηλεκτρικά έργα</i>	<i>45.07</i>
<i>Μεσαία υδροηλεκτρικά έργα με φράγμα & ταμιευτήρα</i>	<i>35.12</i>
<i>Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα με φράγμα & ταμιευτήρα</i>	<i>30.10</i>
<i>Χερσαίες ανεμογεννήτριες</i>	<i>47.08</i>
<i>Υπεράκτιες ανεμογεννήτριες</i>	<i>90.04</i>
<i>Συστήματα ηλιακής συγκέντρωσης</i>	<i>137.92</i>
<i>Φ/Β Οργανικές ηλιακές κυψέλες</i>	<i>64.73</i>
<i>Φ/Β Τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης</i>	<i>69.85</i>
<i>Φ/Β Τεχνολογίες κρυσταλλικού πυριτίου</i>	<i>92.13</i>
<i>Γεωθερμικά συστήματα δυαδικού κύκλου</i>	<i>41.23</i>
<i>Γεωθερμικά υβριδικά συστήματα</i>	<i>30.17</i>
<i>Βιομάζα σε μονάδες σύγκαισης με ορυκτά καύσιμα</i>	<i>22.54</i>
<i>Μονάδες αεριοποίησης βιομάζας, συνδυασμένου κύκλου</i>	<i>78.21</i>
<i>Μονάδες αεριοποίησης βιομάζας με συμπαραγωγή θερμότητας & ηλεκτρισμού</i>	<i>104.02</i>
<i>Κυματική και θαλάσσια ενέργεια</i>	<i>134.66</i>

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 5.4, το μεγαλύτερο LCOE εμφανίζουν οι πετρελαϊκές μονάδες, τα συστήματα ηλιακής συγκέντρωσης και τα συστήματα θαλάσσιας και κυματικής ενέργειας. Το πολύ υψηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης των πετρελαϊκών μονάδων και το υψηλό κόστος εγκατάστασης των υπόλοιπων τριών τεχνολογιών συντελούν στη διατήρηση του LCOE σε υψηλά επίπεδα. Αντίθετα, το μικρότερο LCOE εμφανίζουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου, οι μονάδες υπερκρίσιμης καύσης άνθρακα καθώς επίσης και οι μονάδες σύγκαυσης ορυκτού καυσίμου με βιομάζα. Οι υπόλοιπες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής κυμαίνονται σε ενδιάμεσα επίπεδα σε ότι αφορά το LCOE, του οποίου οι τιμές ποικίλουν ανάλογα με το κόστος επένδυσης σε συνδυασμό με το κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

5.3 Σύνθεση Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής για την Ενεργειακή Κάλυψη της Αστυπάλαιας

Όπως είναι εμφανές από τους Πίνακες 5.3 και 5.4 σε περίπτωση που η ενεργειακή κάλυψη του νησιού γινόταν από αιολικές, φωτοβολταϊκές ή διατάξεις κυματικής ενέργειας, η παραγόμενη ποσότητα ενέργειας από τη μονάδα δεν θα κάλυπτε τις ετήσιες ανάγκες του νησιού σε ενέργεια. Αυτό συμβαίνει κυρίως επειδή αυτού του είδους οι μονάδες αναλαμβάνουν μικρό σχετικά συντελεστή φορτίου. Για να γίνει αυτό, θα έπρεπε θεωρητικά να εγκατασταθούν μονάδες μεγαλύτερης ισχύος στο νησί, είτε να γίνει πρόβλεψη για σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, κάτι το οποίο είναι δύσκολο και οικονομικά ασύμφορο.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας γίνεται πρόταση συγκεκριμένου ενεργειακού μίγματος για την ενεργειακή κάλυψη του νησιού. Το μίγμα αυτό καθώς επίσης και οι λόγοι για τους οποίους επιλέγεται αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο.

Στο κεφάλαιο αυτό προτείνεται ένα υποθετικό ενεργειακό μίγμα για την Αστυπάλεια προκειμένου να μπορούν να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού. Συγκεκριμένα, εξετάζουμε την ηλεκτροδότηση του νησιού από συνδυασμό ορυκτών καυσίμων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Σήμερα η Αστυπάλεια καλύπτει τις ανάγκες της σε ενέργεια από μονάδα πετρελαίου.

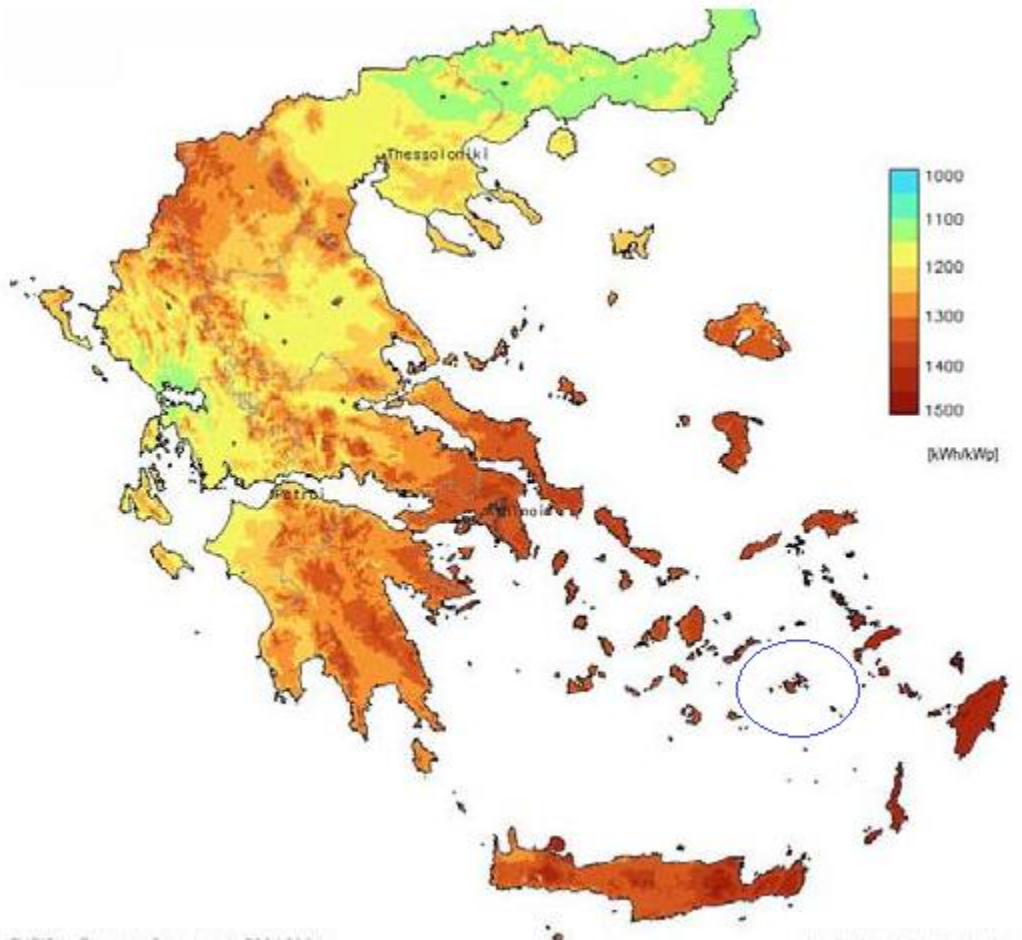
Σε ότι αφορά το βασικό ορυκτό καύσιμο, ο λιγνίτης παρουσιάζει ιδιαίτερη δυσκολία στη μεταφορά του στο νησί ενώ επιπλέον είναι το καύσιμο εκείνο το οποίο θα έχει και τη μεγαλύτερη παραγωγή ρύπων όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ταυτόχρονα, η εγκατάσταση πυρηνικής μονάδας θα ήταν αδύνατη σε ένα νησί σαν την Αστυπάλεια, καθώς εκτός των κινδύνων που συνεπάγονται για το περιβάλλον και τον άνθρωπο, καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη η μεταφορά και εγκατάσταση του απαιτούμενου εξοπλισμού και καυσίμου. Τέλος, σε ότι αφορά το πετρέλαιο, στα πλαίσια της γενικότερης προσπάθειας που γίνεται σε εθνικό και διεθνές επίπεδο για τον περιορισμό της χρήσης του στην ηλεκτροπαραγωγή, δεν θα αποτελέσει την επιλογή μας για το βασικό ορυκτό καύσιμο του ενεργειακού μίγματος του νησιού.

Καταλήγουμε λοιπόν στην επιλογή του υδροποιημένου φυσικού αερίου ως τη βασική πηγή ενέργειας της Αστυπάλαιας. Το υδροποιημένο φυσικό αέριο είναι εύκολο στη μεταφορά ενώ επιπλέον το σενάριο αυτό δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα καθώς ένας από τους

στόχους της ΔΕΗ είναι η αντικατάσταση του πετρελαίου από το φυσικό αέριο σε πολλά νησιά της χώρας μας.

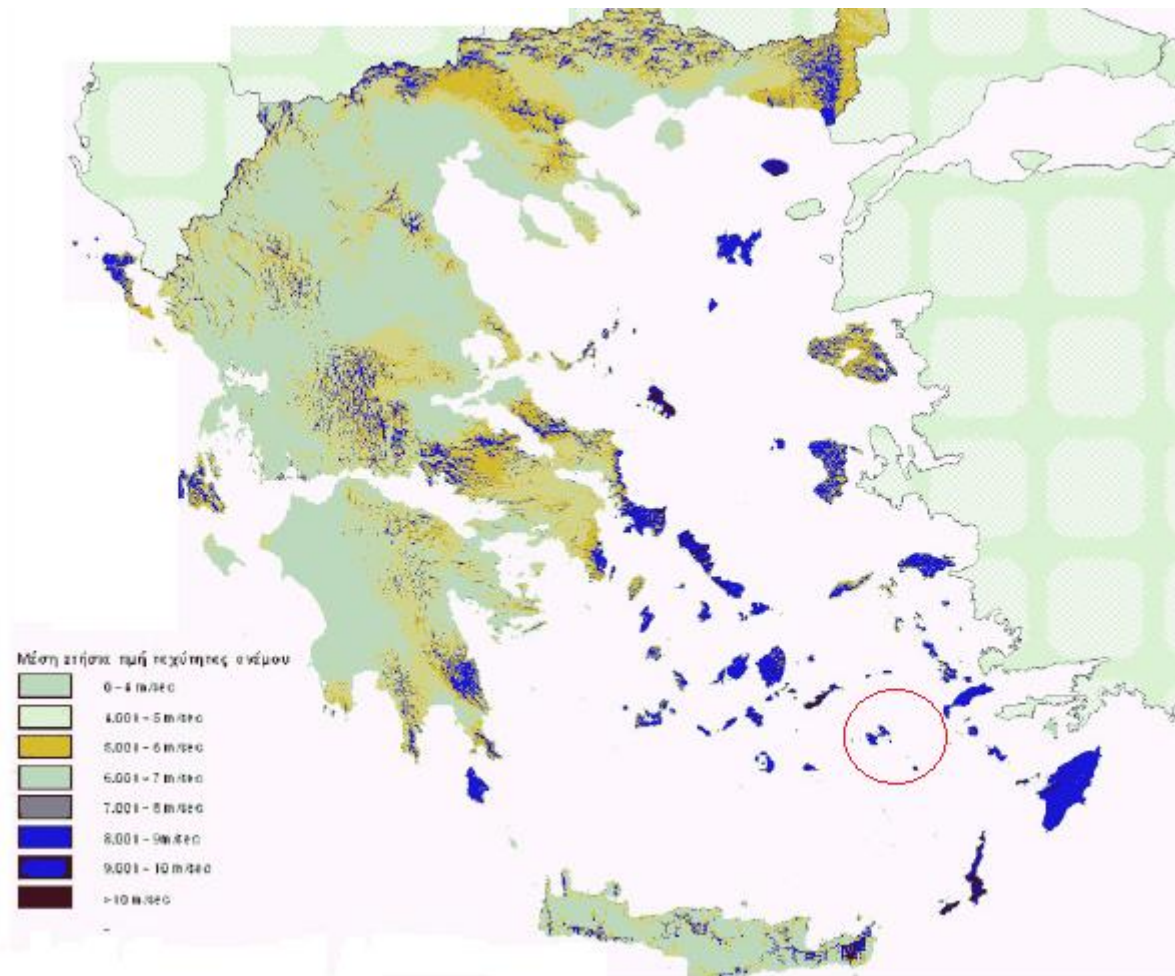
Στο προτεινόμενο ενεργειακό μίγμα απαραίτητη είναι η συμμετοχή των ΑΠΕ σε ποσοστό έως 20%. Η Αστυπάλαια είναι ένα μικρό νησί το οποίο δε διαθέτει πλούσιο και αξιοποιήσιμο υδροδυναμικό με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η ενεργειακή της κάλυψη από μεγάλα ή μικρά υδροηλεκτρικά έργα. Επιπρόσθετα, δεν είναι περιοχή στην οποία λαμβάνουν χώρα δραστηριότητες οι οποίες έχουν σαν αποτέλεσμα την παραγωγή σημαντικής ποσότητας βιομάζας ενώ ταυτόχρονα δε διαθέτει κάποιο γεωθερμικό ενεργειακό πεδίο, σύμφωνα με τα μέχρι τώρα δεδομένα. Τέλος, βρίσκεται σε μικρή απόσταση από άλλα νησιά, σε κλειστή περιοχή του Αιγαίου Πελάγους και σε περιοχή συχνής διέλευσης πλοίων, παράγοντες οι οποίοι θα απέτρεπαν την εγκατάσταση υπεράκτιων ανεμογεννητριών ή συστήματος αξιοποίησης της θαλάσσιας και κυματικής ενέργειας.

Η Αστυπάλαια, όπως απεικονίζεται στα Σχήματα 5.1 και 5.2 δέχεται έντονη ηλιοφάνεια και επίσης διαθέτει ισχυρό αιολικό δυναμικό. Είναι λοιπόν εύκολα κατανοητό ότι η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας και του αιολικού δυναμικού του νησιού θα μπορούσε να είναι πολύ αποδοτική ως προς την παραγωγή ενέργειας.



Σχήμα 5.1: Χάρτης Έντασης Ηλιακής Ακτινοβολίας Ελλάδας (Πηγή: Μαμάσης 2010)

Σύμφωνα με τον παραπάνω χάρτη, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην Αστυπάλεια, θα μπορούσε θεωρητικά, με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος κατά το βέλτιστο προσανατολισμό, να αποδώσει ποσότητα ενέργειας περίπου ίση με 1300 έως 1400 kWh ανά kW εγκατεστημένης ισχύος της αντίστοιχης μονάδας.



Σχήμα 5.2: Χάρτης Αιολικού Δυναμικού Ελλάδας, μέση ταχύτητα ανέμου ανά περιοχή. (Πηγή: Μαμάσης 2011b)

Όπως φαίνεται από το προηγούμενο σχήμα, οι ταχύτητες ανέμου μεταξύ 8 και 9 m/s οι οποίες αναπτύσσονται στην περιοχή, θα μπορούσαν θεωρητικά να αποδώσουν ποσότητα παραγόμενης ενέργειας περίπου ίση με 800 MWh, με την εγκατάσταση μονάδας ισχύος 300 kW (Μαμάσης 2011b).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, για την ενεργειακή κάλυψη του νησιού προτείνεται η σύσταση ενεργειακού μίγματος με κύριες πηγές το φυσικό αέριο, την ηλιακή ακτινοβολία και το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό. Συγκεκριμένα, για την παραγωγή της απαιτούμενης ποσότητας ενέργειας του νησιού, προτείνεται η κατασκευή:

- Μονάδας φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου, ισχύος 1 MW
- Χερσαίου αιολικού πάρκου, ισχύος 0.3 MW
- Φωτοβολταϊκού πάρκου, ισχύος 0.3 MW.

Για τις μονάδες που επιλέχθηκαν παραπάνω, έγινε ο υπολογισμός του LCOE ομοίως με το προηγούμενο υποκεφάλαιο. Οι τιμές για το κόστος επένδυσης, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, το συντελεστή φορτίου και τη διάρκεια ζωής είναι οι ίδιες που χρησιμοποιήθηκαν και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο και αναγράφονται στους Πίνακες 5.2 και 5.3.

Στους ακόλουθους Πίνακες 5.5, 5.6, 5.7 αναγράφονται τα δεδομένα για τις τιμές του κόστους επένδυσης, του κόστους λειτουργίας και συντήρησης, του συντελεστή φορτίου και της διάρκειας ζωής της κάθε μονάδας.

Πίνακας 5.5: Δεδομένα υπολογισμού μονάδας φυσικού αερίου.

<i>Μονάδα συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου</i>	
<i>Κόστος επένδυσης: [€/MW]</i>	897875.00
<i>Σταθερό Κόστος λειτουργίας & συντήρησης: [€/MW]</i>	18750.00
<i>Μεταβλητό κόστος λειτουργίας & συντήρησης: [€/MWh]</i>	2.75
<i>Συντελεστής φορτίου:</i>	0.90
<i>Διάρκεια ζωής:</i>	30.00
<i>Ισχύς: [MW]</i>	1.00
<i>Ετήσια παραγωγή: [MWh]</i>	7884.00

Πίνακας 5.6: Δεδομένα υπολογισμού αιολικού πάρκου

<i>Χερσαίο αιολικό πάρκο</i>	
<i>Κόστος επένδυσης: [€/MW]</i>	1440000.00
<i>Κόστος λειτουργίας & συντήρησης: [€/MWh]</i>	15.00
<i>Συντελεστής φορτίου:</i>	0.30
<i>Διάρκεια ζωής:</i>	25.00
<i>Ισχύς: [MW]</i>	0.30
<i>Ετήσια παραγωγή: [MWh]</i>	788.40

Πίνακας 5.7: Δεδομένα υπολογισμού φωτοβολταϊκού πάρκου

Φ/β πάρκο	
Κόστος επένδυσης: [€/MW]	1525000.00
Κόστος λειτουργίας & συντήρησης: [€/MWh]	1.90
Συντελεστής φορτίου:	0.15
Διάρκεια ζωής:	25.00
Ισχύς: [MW]	0.30
Ετήσια παραγωγή: [MWh]	394.20

Στον ακόλουθο Πίνακα 5.8 φαίνονται τα τελικά αποτελέσματα για το LCOE που προέκυψαν για κάθε μονάδα.

Πίνακας 5.8: Τιμές του LCOE για τις μονάδες του προτεινόμενου ενεργειακού μίγματος.

Τεχνολογία Ηλεκτροπαραγωγής	Ετήσια παραγωγή [MWh]	Σταθμισμένο κόστος Παραγωγής [€/MWh]
Μονάδες συνδυσμένου κύκλου φυσικού αερίου	7884.00	12.54
Χερσαίες ανεμογεννήτριες	788.40	186.10
Φ/Β Τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης	394.20	364.31

Σύμφωνα με τα καταγεγραμμένα δεδομένα, η μέγιστη παρατηρημένη ζήτηση ισχύος που έχει προκύψει σε επίπεδο χώρας είναι 10.61 MW. Αναλογικά με τον πληθυσμό της χώρας και τον πληθυσμό του νησιού, η θεωρητική μέγιστη ζήτηση της Αστυπάλαιας είναι κατ' εκτίμηση 1.3 MW. Η μέγιστη θεωρητική ζήτηση που προσεγγίστηκε καλύπτεται από τη συνολική ισχύ που προτείνεται να εγκατασταθεί στο νησί στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

6. Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκε η σύγκριση των διαφόρων ενεργειακών πηγών ως προς την αποδοτικότητα, το κόστος και την περιβαλλοντική επίδραση. Στη συνέχεια, έγινε μια εφαρμογή για την ενεργειακή κάλυψη της Αστυπάλαιας όπου και έγινε μια εκτίμηση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας. Από τα παραπάνω εξάχθηκαν τα εξής συμπεράσματα:

- Τα επόμενα χρόνια σύμφωνα με τα σενάρια αναμένεται αύξηση της ενεργειακής ζήτησης του πλανήτη. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις αναπτυσσόμενες οικονομίες των χωρών εκτός ΟΟΣΑ και στη μικρή αυξητική τάση της ζήτησης στις χώρες του ΟΟΣΑ.
- Το ποσοστό του πετρελαίου στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής αναμένεται να μειωθεί ακόμα περισσότερο τα επόμενα χρόνια καθώς οι τιμές του αφενός εμφανίζουν αστάθεια, αφετέρου κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα.
- Ο άνθρακας, αν και η χρήση του σε ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς ενέχει πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα, θα συνεχίσει πιθανότατα να είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο ορυκτό καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Σε παγκόσμιο επίπεδο γίνονται προσπάθειες βελτίωσης της απόδοσής του και μείωσης των εκπομπών ρύπων μέσω νέων εξελιγμένων τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής.
- Το φυσικό αέριο, είναι το καύσιμο εκείνο του οποίου η συμμετοχή στο παγκόσμιο ενεργειακό μίγμα αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς.
- Οι πυρηνικές τεχνολογίες αν και θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια επιλογή κατάλληλη για την παραγωγή αρκετά μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, δεν είναι ακόμα σε ώριμο στάδιο σε ότι αφορά τις προδιαγραφές ασφαλείας τους, γεγονός που μειώνει το ρυθμό ανάπτυξής τους.
- Είναι γεγονός ότι οι σταθμοί φυσικού αερίου έχουν τη μεγαλύτερη απόδοση από τις υπόλοιπες τεχνολογίες αξιοποίησης ορυκτών καυσίμων, ενώ οι πυρηνικοί αντιδραστήρες λίγο μικρότερη. Ταυτόχρονα, οι σταθμοί άνθρακα και πετρελαίου κυμαίνονται σε ενδιάμεσα επίπεδα.
- Αναφορικά με το κόστος, οι πυρηνικές μονάδες εμφανίζουν το μεγαλύτερο κόστος επένδυσης και οι μονάδες φυσικού αερίου το μικρότερο. Οι τιμές για τις μονάδες άνθρακα και πετρελαίου βρίσκονται σε ενδιάμεσα επίπεδα. Ωστόσο, σε ότι αφορά το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, οι μονάδες πετρελαίου εμφανίζουν με διαφορά το μεγαλύτερο κυρίως λόγω του υψηλού κόστους καυσίμου. Αντίθετα, οι μονάδες

φυσικού αερίου και οι πυρηνικοί σταθμοί απαιτούν το μικρότερο κόστος για τη συντήρηση και τη λειτουργία τους.

- Τα πυρηνικά καύσιμα παρουσιάζουν το ασύγκριτο πλεονέκτημα ότι για την παραγωγή μιας μονάδας ενέργειας απαιτείται ελάχιστη ποσότητα καυσίμου όταν για τον άνθρακα και το πετρέλαιο απαιτείται πολλαπλάσια ποσότητα. Το φυσικό αέριο ωστόσο είναι το πιο αποδοτικό από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα καθώς για την παραγωγή μιας μονάδας ενέργειας απαιτείται το ένα τέταρτο της αντίστοιχης ποσότητας για το λιγνίτη και η μισή της αντίστοιχης ποσότητας για το πετρέλαιο.
- Ως προς τους ατμοσφαιρικούς ρύπους τα πυρηνικά καύσιμα όπως είναι φυσικό δεν παράγουν κανενός είδους ατμοσφαιρικό ρύπο ενώ αντίθετα ο άνθρακας είναι το πιο ρυπογόνο καύσιμο, με το πετρέλαιο να βρίσκεται στην επόμενη θέση. Το φυσικό αέριο είναι το λιγότερο ρυπογόνο από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, γεγονός που παίζει σημαντικό ρόλο στη διεύθυνσή του στον παγκόσμιο ενεργειακό χάρτη.
- Αναφορικά με τις υπόλοιπες επιπτώσεις στο περιβάλλον, σημαντικότερες είναι η θερμική ρύπανση που προκαλούν οι μονάδες άνθρακα στους υδάτινους αποδέκτες καθώς επίσης και η διάθεση πυρηνικών αποβλήτων στο έδαφος η οποία δε γίνεται πάντα με ασφαλή τρόπο.
- Ο άνθρακας και το φυσικό αέριο είναι τα καύσιμα εκείνα των οποίων οι αντίστοιχες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής εμφανίζουν το μικρότερο LCOE με τους πυρηνικούς σταθμούς να είναι στην επόμενη θέση. Αντίθετα, οι μονάδες πετρελαίου εμφανίζουν περίπου εξαπλάσιο LCOE.
- Σε ότι αφορά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εκτιμάται ότι τα επόμενα χρόνια θα εισέλθουν σε μεγαλύτερο ποσοστό στο παγκόσμιο ενεργειακό μίγμα καθώς αναμένεται βελτίωση ως προς την αποδοτικότητα και το κόστος τους.
- Ως προς την αποδοτικότητα, τα υδροηλεκτρικά έργα είναι οι πιο αποδοτικές τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής, από το σύνολο των υφιστάμενων τεχνολογιών ενώ οι φωτοβολταϊκές διατάξεις εμφανίζουν τη μικρότερη αποδοτικότητα. Οι υπόλοιπες τεχνολογίες αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας βρίσκονται σε ενδιάμεσα επίπεδα αποδοτικότητας με τις μονάδες βιομάζας και τις ανεμογεννήτριες να είναι υψηλότερα.
- Ως προς το κόστος τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα είναι ίσως η πιο συμφέρουσα τεχνολογία ηλεκτροπαραγωγής, ως προς την επένδυση, με τη βιομάζα να είναι στην επόμενη θέση, όταν καίγεται μαζί με κάποιο ορυκτό καύσιμο. Αντίθετα, ιδιαίτερα

υψηλό κεφάλαιο απαιτείται για εγκατάσταση ηλιακών και φωτοβολταϊκών συστημάτων, μονάδων γεωθερμίας, βιομάζας, καθώς επίσης και διατάξεων αξιοποίησης της θαλάσσιας και κυματικής ενέργειας.

- Το χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι κοινό χαρακτηριστικό όλων των μεθόδων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές. Ωστόσο, τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τα υδροηλεκτρικά έργα κυμαίνονται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα ενώ οι μονάδες βιομάζας και οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες παρουσιάζουν κάπως αυξημένο σχετικά κόστος λειτουργίας και συντήρησης.
- Ως προς τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, η χρήση μονάδων αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών δε συνεπάγεται κάποιο σοβαρό πρόβλημα το οποίο δεν αντιμετωπίζεται. Τα κυριότερα προβλήματα είναι ο επηρεασμός των οικοσυστημάτων που προκαλείται από ένα υδροηλεκτρικό έργο στα ανάντη και τα κατόντη καθώς επίσης και τα αέρια που εκλύονται από μονάδες βιομάζας και γεωθερμίας. Τα περισσότερα προβλήματα που αφορούν μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν αντιμετωπιστεί με την εξέλιξη της αντίστοιχης τεχνολογίας.
- Ως προς το LCOE, η τιμή για τα υδροηλεκτρικά έργα, τις χερσαίες ανεμογεννήτριες, τα γεωθερμικά υβριδικά συστήματα καθώς επίσης και τις μονάδες σύγκαισης βιομάζας με κάποιο ορυκτό καύσιμο κυμαίνονται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα. Αντίθετα, οι υπόλοιπες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές λόγω του αυξημένου κόστους επένδυσης είτε λόγω του αυξημένου κόστους λειτουργίας και συντήρησης κατά περίπτωση, κυμαίνονται σε αρκετά υψηλότερα επίπεδα.

Τα παραπάνω συνοψίζονται όσο γίνεται πιο ποσοτικοποιημένα στον ακόλουθο Πίνακα 6.1. Η ποσοτικοποίηση αξιολογείται από πολύ λίγο (*), έως πάρα πολύ(*****).

Πίνακας 6.1: Ποσοτικοποίηση των οικονομικών και περιβαλλοντικών συνιστωσών των διάφορων τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής.

<i>Καύσιμο</i>	<i>Τεχνολογία Ηλεκτροπαραγωγής</i>	<i>Κόστος</i>			<i>Επίδραση στο Περιβάλλον</i>			
		<i>Επένδυση</i>	<i>Λειτουργία - Συντήρηση</i>	<i>LCOE</i>	<i>Ατμόσφαιρα</i>	<i>Υδάτινοι Αποδέκτες</i>	<i>Έδαφος</i>	<i>Τοπίο</i>
ΑΝΘΡΑΚΑΣ	Υπερκρίσιμη καύση κονιοποιημένου άνθρακα	***	**	**	*****	***	**	***
	Υπερκρίσιμη καύση κονιοποιημένου άνθρακα, με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα	****	***	**	***	***	**	***
	Συνδυασμένος κύκλος αεριοποίησης άνθρακα	***	**	**	*****	***	**	***
	Συνδυασμένος κύκλος αεριοποίησης με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα	****	***	**	***	***	**	***
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	Μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου	*	*	*	**	**	**	***
	Μονάδες συνδυασμένου κύκλου με δέσμευση & αποθήκευση άνθρακα	**	**	**	*	**	**	***
ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΑ ΥΛΙΚΑ	Πυρηνικοί αντιδραστήρες πεπιεσμένου ύδατος	****	**	**	*	***	****	***
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	Πετρελαϊκές μονάδες	**	*****	*****	***	***	**	***
ΝΕΡΟ	Μικρά υδροηλεκτρικά έργα	***	***	***		*	*	*
	Μεσαία υδροηλεκτρικά έργα	***	***	***		*	*	*
	Μεσαία υδροηλεκτρικά έργα με φράγμα & ταμιευτήρα	***	**	***		*	*	*
	Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα με φράγμα & ταμιευτήρα	**	**	**		*	*	*
ΑΝΕΜΟΣ	Χερσαίες ανεμογεννήτριες	**	**	***				*
	Υπεράκτιες ανεμογεννήτριες	***	****	*****				*
ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	Συστήματα ηλιακής συγκέντρωσης	*****	**	*****				*
	Φ/Β Οργανικές ηλιακές κυψέλες	**	*	*****				*
	Φ/Β Τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης	**	*	*****				*
	Φ/Β Τεχνολογίες κρυσταλλικού πυριτίου	***	*	*****				*
ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	Γεωθερμικά συστήματα δυαδικού κύκλου	****	**	***	*	*	*	***
	Γεωθερμικά υβριδικά συστήματα	**	**	**	*	*	*	***
ΒΙΟΜΑΖΑ	Βιομάζα σε μονάδες σύγκαισης με ορυκτά καύσιμα	*	**	**	*	*	*	***
	Μονάδες αεριοποίησης βιομάζας, συνδυασμένου κύκλου	****	*****	*****	*	*	*	***
	Μονάδες αεριοποίησης βιομάζας με συμπαραγωγή θερμότητας & ηλεκτρισμού	**	*****	*****	*	*	*	***
ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	Κυματική και θαλάσσια ενέργεια	*****	**	*****		*	*	*

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- ΑΔΜΗΕ (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας), 2011, *Μελέτη Ανάπτυξης Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Περιόδου 2010-2014* (http://www.admie.gr/fileadmin/user_upload/Files/masm/masm_2010-2014-RAE.pdf).
- Βουρνάς Κ., Παπαδιάς Β. Κ. & Ντελκής Κ., 2011, *Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Έλεγχος και Ευστάθεια Συστήματος*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας),
- 2001a, *Οδηγός Συστημάτων Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας*, Εκδόσεις ΚΑΠΕ (http://www.cres.gr/kape/pdf/download/chp_1.pdf).
- 2001b, *Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε.*, Εκδόσεις ΚΑΠΕ, Αθήνα (http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS_TERESs.pdf).
- 2006, *Οδηγός Εφαρμογής του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών στην Ελλάδα*, Εκδόσεις ΚΑΠΕ, (http://www.cres.gr/kape/pdf/download/01_Odigos%20emporias%20dikaiomaon%20ekpompon%20stin%20Ellada.pdf).
- 2003, *Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων : "Μύθος και πραγματικότητα"* (http://www.cres.gr/kape/publications/papers_dimosieyseis.htm)
- Κατσίρη Α., 2010, *Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία: Ενέργεια από Βιομάζα*, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις ΕΜΠ (<http://itia.ntua.gr/~nikos/energy/ene-biomass.pdf>).
- Μαμάης Δ., 2010, *Αρχές Οικολογίας και Περιβαλλοντικής Χημείας, Διαφάνειες για τη Διάλεξη με Θέματα: Ρύπανση Νερού, Αποξυγόνωση, Οργανικές Ενώσεις στο Νερό, Θρεπτικά, Ευτροφισμός, Τεχνολογία Ελέγχου Ρύπανσης*, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις ΕΜΠ (<http://itia.ntua.gr/nikos/oikologia/index.htm>)
- Μαμάσης Ν.,
- 2011a, *Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία: Υδροηλεκτρική Ενέργεια*, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις ΕΜΠ (http://itia.ntua.gr/~nikos/energy/ene_yhs_11.pdf)
- 2011b, *Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία: Αιολική Ενέργεια*, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις ΕΜΠ (http://itia.ntua.gr/~nikos/energy/ene_wind_11.pdf)
- 2010, *Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία: Ηλιακή Ενέργεια και Φωτοβολταϊκά Συστήματα*, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις ΕΜΠ (http://itia.ntua.gr/~nikos/energy/ene_foto_10.pdf)
- Μαμάσης Ν. & Στεφανάκος Ι., 2011, *Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία: Ορυκτά καύσιμα και Ενέργεια*, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις ΕΜΠ (http://itia.ntua.gr/~nikos/energy/ene_fossil10.pdf)

Μαμάσης Ν. & Τσουκαλά Β., 2010, *Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία: Θαλάσσια Ενέργεια*, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις ΕΜΠ (http://itia.ntua.gr/~nikos/energy/ene_thal_10_2.pdf).

Ντάγια Π., 2009, Διπλωματική εργασία, *Μακροπρόθεσμος Προγραμματισμός Διαχείρισης Δικαιωμάτων Εκπομπών Ρύπων*, 108 σελίδες, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Θεσσαλονίκη.

Πασχαλίδου Π., 2010, Διπλωματική εργασία, *Συγκριτική Μελέτη των Διαφορετικών Μεθόδων και Τεχνολογιών για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας*, 162 σελίδες, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Πάτρα.

Στεφανάκος Ι., 2010, *Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία: Γεωθερμική Ενέργεια*, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις ΕΜΠ (http://itia.ntua.gr/~nikos/energy/ene_geoth.pdf).

ΤΕΕ (Τεχνικό Επιμελητήριο),

2006, *Οι προοπτικές των ΑΠΕ στην Ελλάδα με βάση το νέο θεσμικό πλαίσιο*, Δημερίδα με θέμα 'Η Θέση των ΑΠΕ στη Νέα Ενεργειακή Πραγματικότητα της Ελλάδας', Θεσσαλονίκη (http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1308.pdf).

2008, *Γεωθερμία και τυποποίηση*, Δήμερο Συμπόσιο για την Τυποποίηση, Αθήνα (http://library.tee.gr/digital/m2351/m2351_fitikas.pdf).

2009, *Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις και Επανορθωτικά Μέτρα Μεγάλων Υδροηλεκτρικών Έργων στην Ελλάδα*, Συνέδριο με θέμα 'Η Συμβολή των Υδροηλεκτρικών Έργων στον Ενεργειακό Σχεδιασμό της Χώρας', Ιωάννινα (http://library.tee.gr/digital/m2380/m2380_roti.pdf).

2004, *Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς-Η Ελληνική Εμπειρία*, Τεχνικά Χρονικά, ΙΙΙ, Τεύχος 1-2, Επιστημονικές Εκδόσεις ΤΕΕ, (http://portal.tee.gr/portal/page/portal/PUBLICATIONS/SCIENTIFIC_PUBLICATIONS/SEIRA_III/ETOS_2004/tefhosA/1.pdf).

ΥΠΕΚΑ (Υπουργείο Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής),

2012, *Annual Inventory Submission under the Convention and the Kyoto Protocol for Greenhouse and other Gases for years 1990-2010* (<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=470&language=el-GR>)

2008, *Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Βιομάζας* (<http://www.ypeka.gr/rescampaign2008/downloads/biomaza.pdf>)

Φλάμος Α., 2011, *Ανάλυση Οικονομικών Στοιχείων Ενεργειακού Συστήματος*, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις Πανεπιστημίου Πειραιά (http://www.tex.unipi.gr/undergraduate/notes/techecon/2_Economics_of_Energy_System_TEES.pdf)

Φραντζεσκάκη Ν., Γκέκας Β. & Τσούτσος Θ., 2002, *Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από τη Χρήση Ηλιακών Συστημάτων για μια Αειφόρο Προοπτική*, Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής, Έβδομο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Πάτρα (http://www.eng.auth.gr/IHT/B%20Tomos/B08%20%20PERIBALONTIKA%20SYSTH MATA/02-Fratzeskaki_PERIBAL%20EPIPT%20HLIAKWN%20SYST.pdf).

BP,

2012, *BP Statistical Review of World Energy 2012* (http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2012.pdf).

2011, *BP Statistical Review of World Energy 2011* (http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf).

EEA (European Environment Agency),

2008, *Air pollution from electricity-generating large combustion plants*, Copenhagen (http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2008_4)

EIA (United States Energy Information Administration), 2011, *International Energy Outlook 2011* ([http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2011\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf)).

EPA (United States Environmental Protection Agency), 2012, *Inventory of United States Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2010* (<http://www.epa.gov/climatechange/Downloads/ghgemissions/US-GHG-Inventory-2012-Main-Text.pdf>)

b (<http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-and-you/affect/nuclear.html>)

Eur-Lex,

2003, *Οδηγία 2003/87/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13^{ης} Οκτωβρίου 2003 σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της Οδηγίας 96/61/EK του Συμβουλίου* (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:275:0032:0046:el:PDF>)

2009, *Οδηγία 2009/29/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Απριλίου 2009 για τροποποίηση της Οδηγίας 2003/87/EK με στόχο τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου της Κοινότητας,*

(<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0063:0087:el:PDF>)

Eurelectric, 2003, *Efficiency in Electricity Generation,*
(<http://www.eurelectric.org/publications/>)

European Commission, 2009, *The EU Emissions Trading Scheme*
(http://ec.europa.eu/clima/publications/docs/ets_en.pdf)

IEA (International Energy Agency),

2012, *Tracking Progress in Carbon Capture and Storage*
(<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IEA%20and%20Global%20CCS%20Institute%20Tracking%20Progress%20in%20Carbon%20Capture%20and%20Storage%20report%20to%20CEM%203%20FINAL.PDF>)

2011, *Technology Roadmap: Geothermal Heat and Power*
(http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Geothermal_Roadmap.pdf)

2010a, *Renewable Energy Essentials: Hydropower*
(http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Hydropower_Essentials.pdf)

2010b, *Technology Roadmap: Concentrating Solar Power*
(http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/csp_roadmap.pdf)

2010c, *Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Power*
(http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/pv_roadmap.pdf)

2010d, *Projected Costs of Generating Electricity*
(http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/projected_costs.pdf)

2009, *Technology Roadmap: Wind Energy*
(http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Wind_Roadmap.pdf)

2007, *Biomass for Power Generation and CHP*
(<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/essentials3.pdf>)

OECD-NEA 2010, (Organisation for Co-Operation and Development-Nuclear Energy Agency) *Technology Roadmap: Nuclear Energy*
(<http://www.oecd-nea.org/ndd/reports/2010/nea6962-nuclear-roadmap.pdf>)

Point Carbon, 2010, *Carbon 2010*, Point Carbon's 6th Annual Conference 'Carbon Market Insights 2010', Amsterdam
(<http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/eKutuphane/PointCarbon2010Report.pdf>)

UK Department of Energy and Climate Change, Mott MacDonald, 2010, *UK Electricity Generation Costs Update*
(<http://www.decc.gov.uk/assets/decc/statistics/projections/71-uk-electricity-generation-costs-update-.pdf>)

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change),

1992, *United Nations Framework Convention on Climate Change*, 1992
(<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>)

1998, *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*
(<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>)

WAVEPLAM, 2010, *Τα Πως και τα Γιατί της Κυματικής Ενέργειας. Ένας Οδηγός για τους Επενδυτές και τους Υπεύθυνους για τη Χάραξη Πολιτικής*
(<http://www.waveplam.eu/files/downloads/WavePlamFinal.pdf>)

Ιστοσελίδες

ΔΕΗ (Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού) (www.dei.gr)

ΔΕΗ Ανανεώσιμες (www.ppcr.gr)

ΔΕΠΑ (Δημόσια Επιχείρηση Αερίου) (www.depa.gr)

ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) (www.cres.gr)

ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας) (www.rae.gr)

ΕΕΑ (European Environment Agency) (www.eea.europa.eu)

ΕΝΣ (European Nuclear Society) (www.euronuclear.org)

ΕΡΑ (United States Environmental Protection Agency) (www.epa.gov)

ΕΚ (European Commission) (www.ec.europa.eu)

ΙΕΑ (International Energy Agency) (www.iea.org)

ΙΤΕΡ (International Thermonuclear Experimental Reactor) (www.iter.org)

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (www.unfccc.int)

