



Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανολογίας

Πτυχιακή Εργασία



Θέμα: «Εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις»

Σπουδαστής 1 : Τζιμίκος Χρήστος (Α.Μ.: 4417)

Σπουδαστής 2 : Τζιμίκου Χριστίνα (Α.Μ.: 4400)

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Παναγιωτάρας Διονύσιος

Πάτρα, 2012

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να απευθύνω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Κατ' αρχήν, την οικογένειά μου για τη στήριξη που μου παρείχαν χωρίς την οποία η ολοκλήρωση της εργασίας μας δεν θα ήταν εφικτή.

Επίσης, ευχαριστώ τους εργαζόμενους όλων των φορέων και των βιβλιοθηκών στις οποίες απευθύνθηκα για την εξεύρεση του κατάλληλου υλικού. Τέλος ευχαριστώ ιδιαίτερα τον επόπτη κ επιβλέπων καθηγητή μου Δρ.Παναγιωτάρα Διονύσιο ο οποίος με βοήθησε με προθυμία κάθε φορά που αντιμετώπιζα εμπόδιο ή δυσκολία καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Περίληψη

Η ενέργεια στις σημερινές κοινωνίες αποτελεί έναν από τους βασικότερους μοχλούς ομαλής λειτουργίας και ανάπτυξής τους. Το έργο παραγωγής ενέργειας έχει «αποδοθεί» στους διάφορους τύπους εργοστασίων με τις αντίστοιχες για κάθε περίπτωση επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον.

Στην παρούσα εργασία, ο βασικός σκοπός είναι να αναλυθούν λεπτομερώς τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας καθώς και οι επιπτώσεις τους στο φυσικό περιβάλλον. Για την επίτευξη του συγκεκριμένου σκοπού, η εργασία χωρίζεται σε έξι επιμέρους κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η παραγωγή ενέργειας σε παγκόσμιο και εθνικό επίπεδο, η εγχώρια κατανάλωση καθώς και οι βασικές ενεργειακές πηγές της Ελλάδας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι βασικές πηγές ενέργειας, ανανεώσιμες και μη, καθώς και η βασική αξιολόγηση της καθεμίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύονται τα Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Π.Η.Ε.). Ειδικότερα, γίνεται μια γενική περιγραφή των Σ.Π.Η.Ε. καθώς και των καυσίμων που χρησιμοποιούν (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, αέρια καύσιμα, πυρηνικά).

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναλύονται τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως οι θερμικοί σταθμοί άνθρακα, οι μονάδες ηλεκτρικού φορτίου, οι πυρηνικοί σταθμοί, τα υβριδικά συστήματα κ.ά. με τα βασικά στοιχεία που συνθέτουν την κάθε περίπτωση.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, αναλύονται οι περιβαλλοντικές επιδράσεις των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε περίπτωση καθώς και οι επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον .

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται διάφοροι τρόποι αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως η δέσμευση των αιωρημάτων, η αποθείωση των χρησιμοποιούμενων καυσίμων, η χρήση σακόφιλτρων και μηχανικών συλλεκτών κλπ.

Λέξεις Κλειδιά: εργοστάσιο, ενέργεια, περιβάλλον, καύσιμα, επιπτώσεις, ηλεκτρισμός.

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	2
Περίληψη	3
Πρόλογος	8
Κεφάλαιο 1 - Ενέργεια	10
1.1. Η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή και προοπτικές.....	11
1.2. Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή ενέργειας.....	13
1.3. Η εγχώρια κατανάλωση και ζήτηση ενέργειας	19
1.4. Το ενεργειακό ισοζύγιο ενέργειας της Ελλάδας	22
1.5. Οι ενεργειακές πηγές της Ελλάδας	23
1.5.1. Τα στερεά καύσιμα στην παραγωγή ηλεκτρισμού	23
1.5.2. Τα προϊόντα πετρελαίου	25
1.5.3. Το φυσικό αέριο.....	27
Κεφάλαιο 2 - Πηγές ενέργειας	28
2.1. Ανανεώσιμες και συμβατικές (μη ανανεώσιμες) πηγές ενέργειας.....	29
2.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)	30
2.3. Συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην ηλεκτροπαραγωγή	31
2.3.1. Συνεισφορά των Α.Π.Ε. στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο	33
2.4. Αξιολόγηση των πηγών ενέργειας	34
Κεφάλαιο 3 - Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Π.Η.Ε.)	37
3.1. Η βιομηχανία ηλεκτρισμού τον 21 ^ο αιώνα.....	38
3.2. Βασικές έννοιες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	40
3.3. Γενική περιγραφή Συστημάτων Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Π.Η.Ε.)	41
3.4. Ιστορική αναδρομή των Σ.Π.Η.Ε.....	41
3.5. Δομή των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Π.Η.Ε.)	47
3.6. Καύσιμα θερμοηλεκτρικών σταθμών	48

3.6.1. Γαϊάνθρακες.....	48
3.6.2. Πετρέλαιο.....	52
3.6.3. Αέρια καύσιμα	54
3.6.4. Πυρηνικά καύσιμα.....	55
Κεφάλαιο 4 - Εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	57
4.1. Εργοστάσια παραγωγής ενέργειας βασικού ηλεκτρικού φορτίου	58
4.1.1. Οι θερμικοί σταθμοί άνθρακα.....	58
4.1.1.1. Θερμικοί σταθμοί με αεριοστροβίλους	60
4.1.1.2. Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής.....	62
4.1.1.3. Θερμικοί σταθμοί με μηχανές εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ.)	65
4.1.1.4. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας	68
4.1.1.5. Θερμικοί σταθμοί με εναλλακτικές μορφές ενέργειας.....	72
4.2. Μονάδες παραγωγής ενέργειας ηλεκτρικού φορτίου αιχμής.....	73
4.2.1. Η λειτουργία των αεριοστροβιλικών σταθμών και βασικά πλεονεκτήματα	73
4.2.2. Θερμικοί σταθμοί με υγρά καύσιμα και πετρέλαιο	76
4.2.3. Οι ντιζελοηλεκτρικοί σταθμοί	77
4.2.4. Οι πυρηνικοί σταθμοί	78
4.3. Μη συμβατικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας.....	81
4.3.1. Εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής με χρήση βιομάζας	82
4.3.2. Εργοστάσια γεωθερμικής ενέργειας	84
4.4. Υβριδικό σύστημα από Α.Π.Ε. και συμβατικές μονάδες παραγωγής	88
4.5. Συμβατικά υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας	89
4.5.1. Λόγοι και φιλοσοφία ανάπτυξης υβριδικών συστημάτων Α.Π.Ε.	90
4.5.1.1. Πλεονεκτήματα υβριδικών συστημάτων ενέργειας.....	92
4.5.2. Υβριδικά συστήματα φωτοβολταϊκών.....	93
4.5.2.1. Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής παραβολικών κοίλων	95
4.5.2.2. Πλεονεκτήματα αξιοποίησης υβριδικών φωτοβολταϊκών συστημάτων	96
4.5.3. Υβριδικά συστήματα ισχύος (ανεμογεννήτριες)	97
4.5.3.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανεμογεννητριών	99
4.5.4. Συστήματα αντλησιοαποταμίευσης	101
4.5.4.1. Βασικά στοιχεία της αντλησιοαποταμίευσης	101
4.5.4.2. Τα πλεονεκτήματα της αντλησιοαποταμίευσης	103

Κεφάλαιο 5 - Περιβαλλοντικές επιδράσεις εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	105
5.1. Οι διαστάσεις του περιβαλλοντικού προβλήματος	106
5.1.1. Οι άμεσες επιπτώσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	107
5.1.2. Οι έμμεσες επιπτώσεις.....	108
5.1.3. Οι συνδυασμένες επιπτώσεις	108
5.2. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση της ενέργειας.....	109
5.3. Η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος.....	112
5.4. Οι επιδράσεις στη χλωρίδα και πανίδα	113
5.5. Οι επιδράσεις στα δάση.....	115
5.6. Επιπτώσεις σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με λιγνίτη - λιθάνθρακα	117
5.7. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων.....	118
5.8. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εργοστασίων βιομάζας	120
5.8.1. Οι επιδράσεις στην ποιότητα του αέρα και των υδάτων	122
5.8.2. Οι επιπτώσεις στις χρήσεις των γαιών.....	123
5.9. Οι επιπτώσεις των Α.Π.Ε. στο περιβάλλον.....	123
5.10. Οι επιπτώσεις των μικροηλεκτρικών εργοστασίων στο περιβάλλον	125
5.11. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών	126
5.11.1. Εγκαταστάσεις παραβολικών κοίλων και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	127
5.12. Περιβαλλοντικά προβλήματα γεωθερμικών εργοστασίων	128
5.12.1. Αποθέσεις μετάλλων.....	128
5.12.2. Υδρολογικές αλλαγές.....	129
5.12.3. Διάβρωση και ρύπανση	129
5.12.4. Σύγκριση εκπομπών γεωθερμίας στο περιβάλλον με διαφορετικές μορφές ενέργειας	130
Κεφάλαιο 6 - Αντιμετώπιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	133
6.1. Παγκόσμια και κοινοτική στρατηγική μείωσης των αέριων εκπομπών ρύπων.....	134
6.2. Η αναγκαιότητα ελέγχου ρύπανσης στις θερμοηλεκτρικές μονάδες.....	135
6.3. Η δέσμευση αιωρημάτων Εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	137
6.3.1. Μηχανικοί συλλέκτες	137

6.3.2. Σακόφιλτρα	138
6.3.3. Φίλτρα ηλεκτροστατικής καθίζησης.....	139
6.4. Αποθείωση των χρησιμοποιούμενων καυσίμων	140
6.5. Έλεγχος ραδιενέργειας σε ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες.....	142
6.6. Χρήση τεχνολογίας καθαρισμού του ρυπασμένου νερού	142
Επίλογος	145
Βιβλιογραφία	147

Πρόλογος

Η έννοια του περιβάλλοντος περιλαμβάνει «το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων, τα οποία ευρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα της ζωής, την υγεία των κατοίκων, την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες .

Η σημερινή πραγματικότητα είναι πως οι μεγάλες βιομηχανίες παραγωγής ενέργειας οι μεταφορές και το αστικό περιβάλλον ευθύνονται συντριπτικά για τις καταστροφές του φυσικού περιβάλλοντος. Το περιβάλλον είναι επιβαρυνόμενο για πολλές δεκαετίες ενώ περιορίζονται σημαντικά οι όποιοι ρυθμοί επανάκαμψης στην προηγούμενη κατάσταση.

Βεβαίως, η σημερινή κατάσταση είναι μακράν της ανησυχίας για τους οποιουσδήποτε ρυθμούς επανάκαμψης (αν είναι μειωμένοι ή όχι) καθότι δεν έχει υπάρξει καν κάποια ουσιαστική ενέργεια τουλάχιστον επιβράδυνσης της επιδείνωσης του περιβάλλοντος.

Κατά τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα σοβαρό πολιτικό πρόβλημα στο διεθνές στερέωμα με αποτέλεσμα πολλές πρωτοβουλίες να ακυρώνονται στην πράξη καθώς οι αναπτυσσόμενες χώρες διεκδικούν και εκείνες μια θέση ανάμεσα στις ανεπτυγμένες. Καθώς η κατανάλωση υπερβολικών ποσών ενέργειας είναι για αυτές μονόδρομος προκειμένου να επιτευχθεί η επιζητούμενη οικονομική ανάπτυξη, σύμμαχο επιχείρημά τους στέκεται το γεγονός πως η σημερινή μόλυνση του περιβάλλοντος οφείλεται κατά κύριο λόγο στις σημερινές ανεπτυγμένες χώρες όταν κατά τις παρελθούσες δεκαετίες (μερικές και για αιώνες) κατανάλωναν αφειδώς ενέργεια δίχως κανέναν υπολογισμό των επιπτώσεων προκειμένου να επιτύχουν την επιζητούμενη οικονομική ευμάρεια.

Η έννοια της ρύπανσης είναι η άμεση ή η έμμεση εισαγωγή ουσιών από τον ανθρώπινο παράγοντα στην παραγωγή ενέργειας στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται αλλοίωση της φυσικής κατάστασης της θάλασσας, της πανίδας και χλωρίδας και να καθίσταται τελικά το περιβάλλον ακατάλληλο για τις χρήσεις τις οποίες υφίσταται.

Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας τα τελευταία κυρίως χρόνια, έχουν πάρει σοβαρές διαστάσεις. Αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, κινδυνεύουν να καταστραφούν μεγάλες και ζωτικές για τον άνθρωπο περιοχές του πλανήτη. Η πρόκληση που καλούνται οι άνθρωποι να αντιμετωπίσουν στο μέλλον θα

είναι η διασφάλιση της δυνατότητας μας να ωφελούνται από αυτό τον πολύτιμο πόρο, προστατεύοντάς τον ταυτόχρονα για λογαριασμό των επόμενων γενεών.

Στη σημερινή εποχή, οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, είναι αυτές που απασχολούν στο μεγαλύτερο βαθμό τη διεθνή κοινότητα. Αυτό επιβεβαιώνεται και από ένα πλήθος διεθνούς, περιφερειακής και εθνικής νομοθεσίας με αυτό το γνωστικό αντικείμενο, μολονότι άλλες μορφές είναι πολύ πιο σημαντικές από την πλευρά των ποσοτήτων και των συνεπειών στο περιβάλλον.

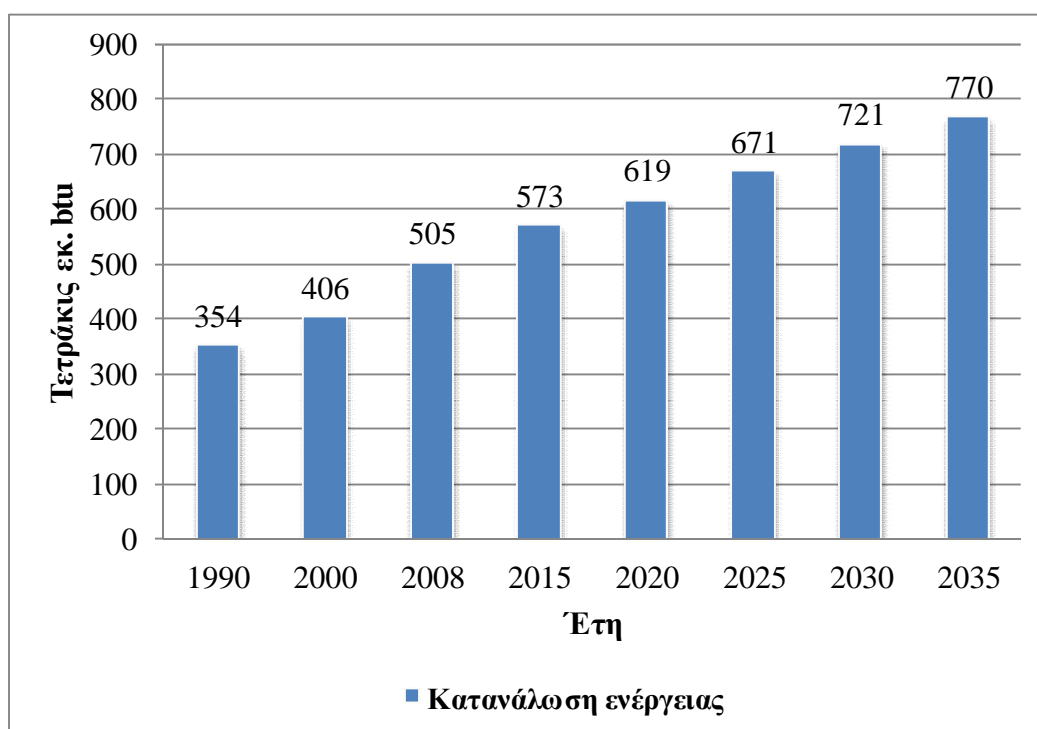
Στην παρούσα εργασία, ο βασικός στόχος είναι να παρουσιαστούν οι κυριότεροι τρόποι μέσω των οποίων οι άνθρωποι μπορούν να παράξουν ηλεκτρική ενέργεια και αφορούν στα εργοστάσια καθώς και να αναλυθούν οι συνέπειες για κάθε περίπτωση στο ευρύτερο περιβάλλον. Η ανάλυση των βιβλιογραφικών δεδομένων που συγκεντρώθηκαν και θα παρατεθούν, θα οδηγήσουν στην πλήρη κατανόηση του προβλήματος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εργοστασιακή παραγωγή ενέργειας καθώς και των τρόπων με τους οποίους αυτές να αποφευχθούν.

Κεφάλαιο 1 - Ενέργεια

1.1. Η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή και προοπτικές

Η ενέργεια είναι απαραίτητο στοιχείο στην καθημερινή ζωή του σύγχρονου ανθρώπου. Για το λόγο αυτό οι απαιτήσεις σε ενέργεια είναι συνεχώς αυξανόμενες. Σύμφωνα με στοιχεία του οργανισμού Energy Information Administration (E.I.A.) στην παγκόσμια αναφορά που συντάξε για το 2011, η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί κατά 52,4%, από 505 τετράκις εκατομμύρια Btu το 2008 σε 770 τετράκις εκατομμύρια Btu το 2035.

Σχήμα 1.1: Εξέλιξη παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας 1990-2035 (σε τετράκις εκ. btu)



Πηγή: International Energy Outlook (I.E.O.), 2011

Η παγκόσμια οικονομική ύφεση που ξεκίνησε το 2008 και συνεχίστηκε το 2009 είχε επιπτώσεις στο εισόδημα ανά τον κόσμο (όπως μετράται από το Α.Ε.Π.) και στη χρήση ενέργειας. Μετά την επέκταση της μέσης ετήσιας τιμής σε ποσοστό 4,9% το 2003 έως το 2007, σε όλο τον κόσμο το Α.Ε.Π. επιβραδύνθηκε σε 3% το 2008 και ανερχόταν σε 1% το 2009. Επίσης, η αύξηση της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης επιβραδύνθηκε σε 1,2% το 2008 και στη συνέχεια μειώθηκε υπολογιζόμενο σε 2,2% το 2009.

Η παγκόσμια οικονομική ανάκαμψη από την ύφεση δεν αναμένεται να έχει την αναμενόμενη κατανομή και στον τομέα της ενέργειας. Διαχρονικά, η εξέλιξη της παγκόσμιας κατανάλωσης αναμένεται να είναι συνεχώς αυξανόμενη έως το 2035. Στον πίνακα 1.1 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η αναμενόμενη εξέλιξη της ενέργειας για τις χώρες μέλη και μη του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Ο.Ο.Σ.Α.).

Πίνακας 1.1: Εξέλιξη παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας 1990-2035 (σε τετράκις εκ. btu) κατά ομάδα χωρών

Περιοχή	2008	2015	2020	2025	2030	2035	Μέση ετήσια ποσοστιαία μεταβολή
Ο.Ο.Σ.Α.	244,3	250,4	260,6	269,8	278,7	288,2	0,6
B. Αμερική	122,9	126,1	131	135,9	141,6	147,7	0,7
Ευρώπη	82,2	83,6	86,9	89,7	91,8	93,8	0,5
Ασία	39,2	40,7	42,7	44,2	45,4	46,7	0,6
Εκτός Ο.Ο.Σ.Α.	260,5	323,1	358,9	401,7	442,8	481,6	2,3
Ευρώπη και Ευρασία	50,5	51,4	52,3	54	56	58,4	0,5
Ασία	137,9	188,1	215	246,4	274,3	298,8	2,9
Μέση Ανατολή	25,6	31	33,9	37,3	41,3	45,3	2,1
Αφρική	18,8	21,5	23,6	25,9	28,5	31,4	1,9
Κεντρ. & Νότια Αμερική	27,7	31	34,2	38	42,6	47,8	2
Παγκόσμιο Σύνολο	504,7	573,5	619,5	671,5	721,5	769,8	1,6

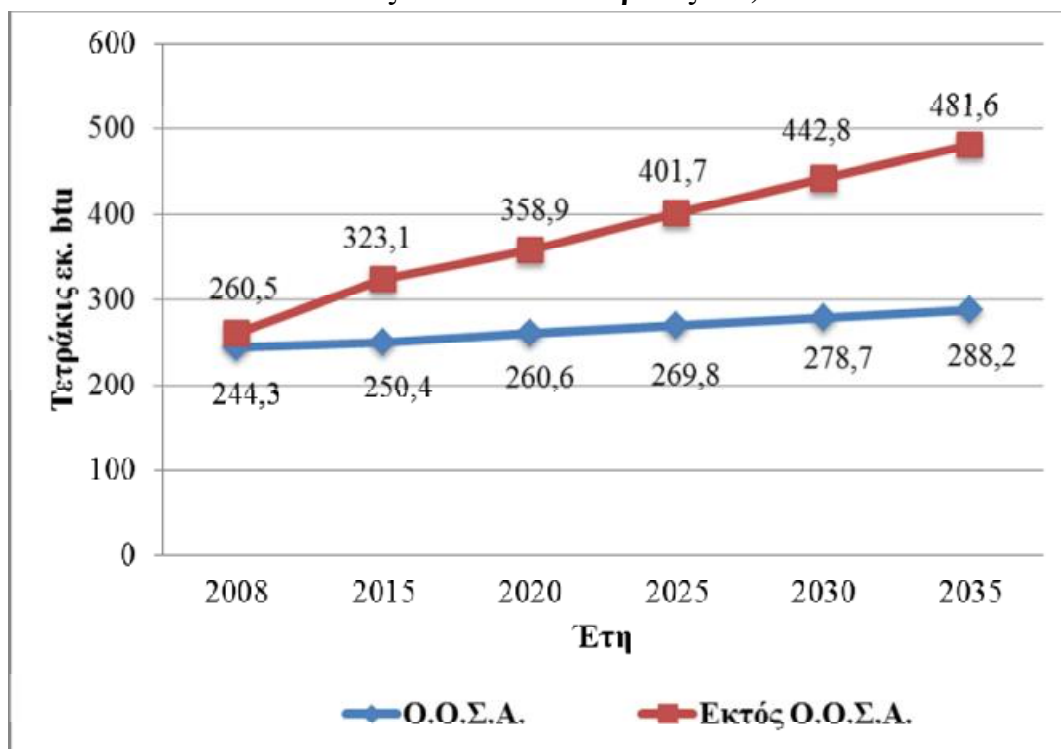
Πηγή: International Energy Outlook (I.E.O.), 2011

Το 2008, η χρήση ενέργειας σε μη μέλη του Ο.Ο.Σ.Α. ήταν 1,5% υψηλότερο από εκείνο των χωρών του Ο.Ο.Σ.Α. Οι οικονομίες μη μέλη του Ο.Ο.Σ.Α. θα καταναλώνουν 37,77% περισσότερες ενέργεια από ό, τι οικονομίες του Ο.Ο.Σ.Α. το 2020 και 84,87% περισσότερες το 2035. Η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται με αργό ρυθμό κατά την εξεταζόμενη περίοδο (2008 – 2035) για τα κράτη μέλη του Ο.Ο.Σ.Α. σε σύγκριση με τις αναδυόμενες οικονομίες μη μέλη του Ο.Ο.Σ.Α.

Η κατανάλωση ενέργειας σε μη μέλη του Ο.Ο.Σ.Α. στην Ασία (με επικεφαλής την Κίνα και την Ινδία) παρουσιάζει την πιο ισχυρή ανάπτυξη όλων των μη μελών του

Ο.Ο.Σ.Α.. Ωστόσο, η έντονη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας προβλέπεται και για μεγάλο μέρος του υπολοίπου των περιφερειών μη μελών του Ο.Ο.Σ.Α.

Σχήμα 1.1.2: Εξέλιξη παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας 2007-2035 (Ο.Ο.Σ.Α. – εκτός Ο.Ο.Σ.Α. σε τετράκις btu)



Πηγή: International Energy Outlook (I.E.O.), 2011

1.2. Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή ενέργειας

Η επίτευξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προϋποθέτει την αξιοποίηση διαφόρων πρωτογενών πηγών ενέργειας και διαφοροποιείται αισθητά από χώρα σε χώρα με τους διαθέσιμους εγχώριους ενεργειακούς πόρους, την ενεργειακή πολιτική της χώρας, τις γεωλογικές, γεωφυσικές, κλιματολογικές ιδιαιτερότητες κ.ά.

Η βασική διάκριση της παραγωγής περιλαμβάνει τις συμβατικές που βασίζονται σε ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας (λιθάνθρακας και λιγνίτης), το φυσικό αέριο, στην πυρηνική ενέργεια και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούν τον άνεμο, τον ήλιο, το νερό κλπ και δεν εξαντλούν τα περιορισμένα ενεργειακά αποθέματα.

Η παγκόσμια παραγωγή ενέργειας αν και δεν έχει προσδιοριστεί επακριβώς, ωστόσο απαιτεί μεγάλες ποσότητες πετρελαίου ιδιαίτερα σε κάποιες πετρελαιοπαραγωγικές χώρες. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν κράτη με υψηλό ποσοστό συμμετοχής του φυσικού αερίου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όπως η Ολλανδία (60%) και η Ιρλανδία (50%).

Σύμφωνα με στοιχεία του 2006, ο λιθάνθρακας αποτελεί το κυρίαρχο στοιχείο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη Νότια Αφρική (93%) και στην Πολωνία (92%), ενώ διατηρεί υψηλό ποσοστό στη Δανία (54%), στη Μ. Βρετανία (37.5%), στην Κορέα (38%) και στις Ην. Πολιτείες (σχεδόν 50%). Στην Ελλάδα, το σημαντικότερο ρόλο διαδραματίζει ο λιγνίτης σε ποσοστό 55% .

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η παραγωγή πυρηνικής ενέργειας είναι υψηλή σε χώρες όπως η Γαλλία (78%), το Βέλγιο (54.5%), η Ουγγαρία (37.5%), η Σουηδία (47%), η Νότια Κορέα (37%) και η Ελβετία (43%). Αναφορικά με την υδροηλεκτρική ενέργεια, το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής εμφανίζει η Νορβηγία (98,5%), η Αυστρία (64%), ο Καναδάς (58%), η Ελβετία (51%) καθώς και αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Γκάνα (67%), η Βραζιλία (83%), η Κένυα (51%) και η Βενεζουέλα (72%)¹.

Στον ελληνικό χώρο, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται κυρίως από θερμικούς σταθμούς. Την κυρίαρχη θέση κατέχει η Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας όπου και παράγεται το 75% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας, εκ της οποίας το 50% στο νομό Κοζάνης.

Από στοιχεία του Διασυνδεδεμένου Συστήματος για το 2008, το 67,7% της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στην Ελλάδα ήταν θερμικοί σταθμοί, εκ των οποίων με λιγνίτη 4.808 MW, με πετρέλαιο 1.160 MW και με φυσικό αέριο 2.447,7 MW. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί για το ίδιο έτος συγκέντρωναν

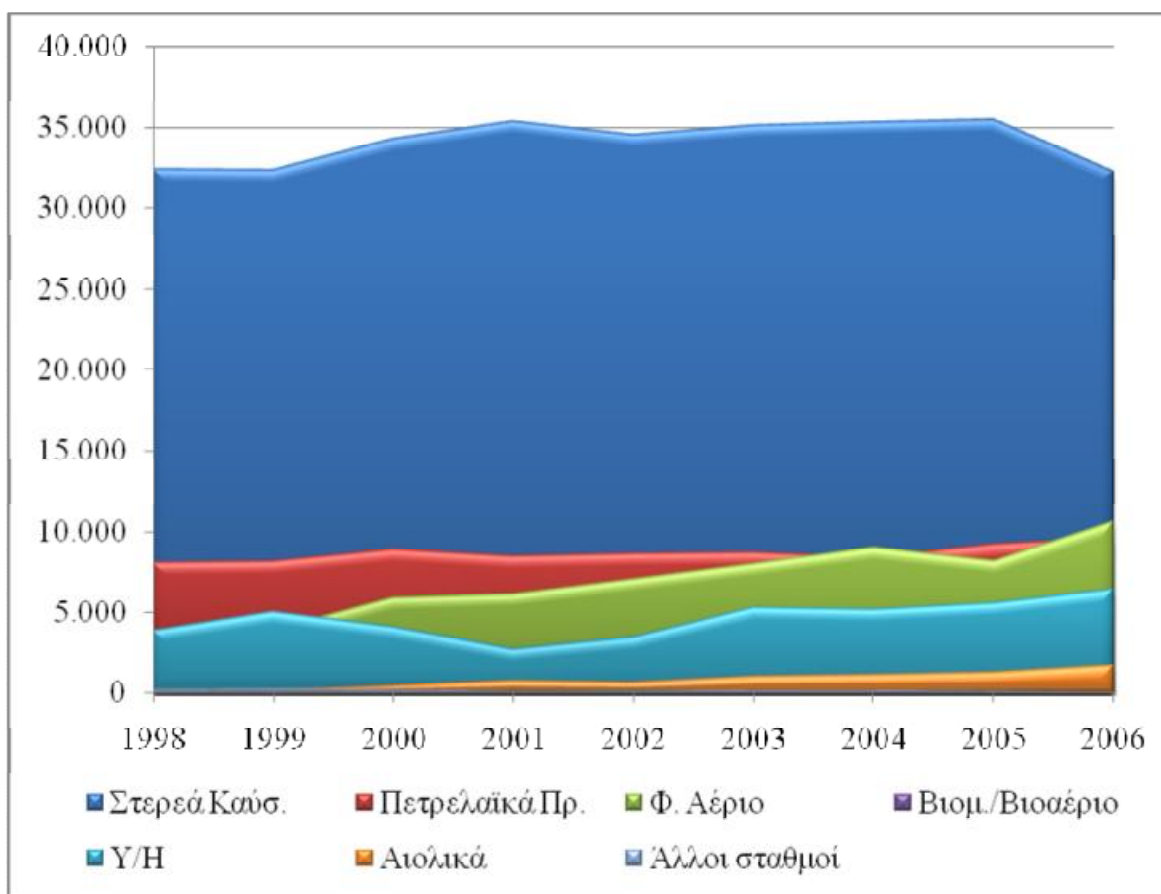
ποσοστό 24,3% και το 8% ήταν μονάδες Α.Π.Ε. (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας)². Στον πίνακα 1.2.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη της εγχώριας παραγωγής ενέργειας στην Ελλάδα από το 1998 έως το 2006 σε GWh.

Πίνακας 1.2.1: Εγχώρια παραγωγή ενέργειας (GWh)

Καύσιμο	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Στερεά Καύσ.	32.442	32.381	34.313	35.431	34.566	35.170	35.380	35.543	32.264
Πετρελαϊκά	8.078	8.157	8.885	8.477	8.633	8.707	8.385	9.207	9.601
Πρ.									
Φ. Αέριο	1.713	3.907	5.920	6.133	7.061	7.995	8.991	8.171	10.610
Βιομ./Βιοαέριο	0	1	0	79	126	105	123	122	114
Υ/Η	3.866	5.058	4.111	2.725	3.463	5.332	5.205	5.610	6.475
Αιολικά	73	162	451	756	651	1.021	1.121	1.266	1.699
Άλλοι σταθμοί	160	194	163	103	108	141	140	100	25
Σύνολο	46.332	49.860	53.843	53.704	54.608	58.471	59.346	60.020	60.789

Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2009

Σχήμα 1.2.1: Εγχώρια παραγωγή ενέργειας (GWh)



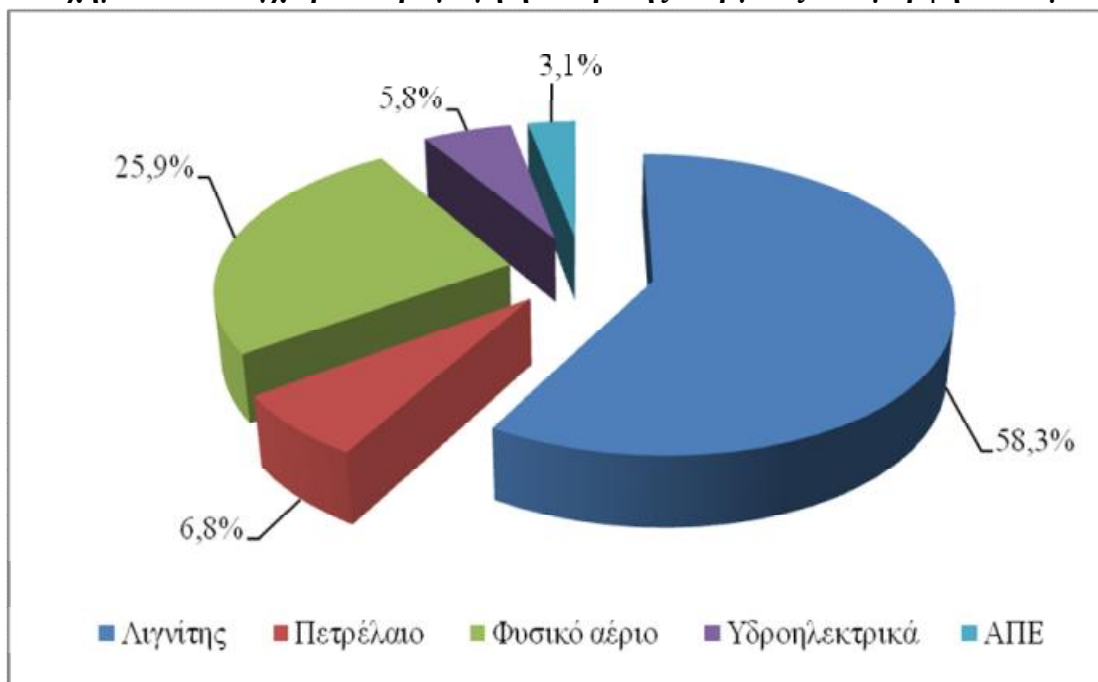
Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2009

Η σημαντικότερη ενεργειακή πηγή για την Ελλάδα είναι ο λιγνίτης αποτελώντας το 58,3% της εγχώριας παραγωγής για το 2008. Το πετρέλαιο έχει περιοριστεί στο 6,8% μετά την εισαγωγή του φυσικού αερίου, το οποίο αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς και κατείχε ως το 2008 μερίδιο 25,9% επί του συνόλου. Η ανάδειξη της προστασίας του περιβάλλοντος ως στόχου υψηλής προτεραιότητας, οδήγησε σε προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, θέτοντας ως στόχο την αύξηση συμμετοχής τους στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο 34% μέχρι το 2020 από το μόλις 3,1% που κατείχαν το 2008.

Η χρονική διάρκεια των αποθεμάτων του λιγνίτη είναι ήδη περιορισμένη χρονικά και δεν υπερβαίνει τα 35 έτη. Για το λόγο αυτό απαιτείται και η εισαγωγή νέων καυσίμων, όπως ο λιθάνθρακας ώστε να παραταθεί η διαθεσιμότητα και η χρήση του λιγνίτη σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου. Οι ανθρακικές μονάδες επιτυγχάνουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης από τις λιγνιτικές και κατά συνέπεια εκπέμπουν

μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα ανά παραγόμενη μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας.

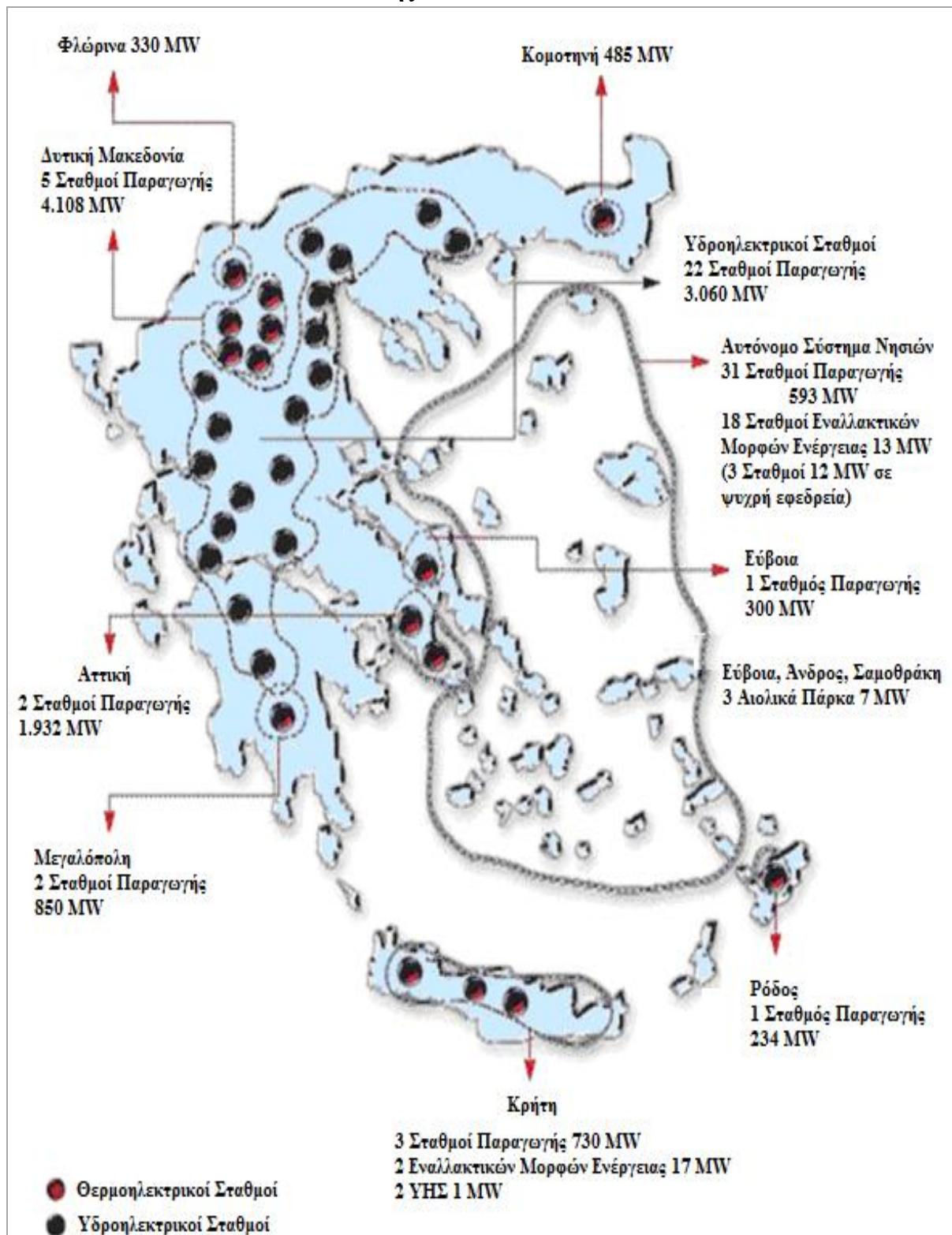
Σχήμα 1.2.2.: Εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά μορφή καυσίμου



Πηγή: ΔΕΣΜΗΕ, 2008

Η παραγωγή ενέργειας, όπως θα αναλυθεί λεπτομερώς σε επόμενα κεφάλαια, κατατάσσεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το είδος των πηγών ενέργειας που χρησιμοποιεί: από συμβατικά καύσιμα και από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Στην Ελλάδα υπάρχει ένα μείγμα των δύο μορφών διαθέτοντας κυρίως μονάδες παραγωγής από συμβατικές πηγές. Οι σταθμοί που διαθέτει η Ελλάδα για την παραγωγή ενέργειας με σκοπό την ικανοποίηση των εγχώριων αναγκών, παρουσιάζονται στο σχήμα 1.2.3 που ακολουθεί.

Σχήμα 1.2.3: Γεωγραφική κατανομή σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ Α.Ε.



Πηγή: P.A.E., 2008

1.3. Η εγχώρια κατανάλωση και ζήτηση ενέργειας

Η εγχώρια κατανάλωση και ζήτηση ενέργειας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το διάστημα 1990 – 2006 σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης. Η ελληνική ενεργειακή παραγωγή σημείωσε αύξηση κατά περίπου 50% στη διάρκεια της συγκεκριμένης περιόδου αντικατοπτρίζοντας την αναπτυσσόμενη πορεία της κατανάλωσης.

Το 2006 η συνολική εγχώρια κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα έφτασε τα 31,5 Mtoe αυξημένη κατά 40% περίπου από τα επίπεδα του 1990 όταν η ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ήταν 22,3 Mtoe (μεγάτονοι ισοδύναμου πετρελαίου) ενώ κατά τα έτη 1995 - 2006, ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης ήταν 2,7%.

Η κατανάλωση ενέργειας στον ελλαδικό χώρο παρέμεινε σε σταθερές τιμές τη χρονική περίοδο 1990 – 1994 ανερχόμενη στα 15 εκ. τόνους ισοδύναμου πετρελαίου περίπου ενώ από το 1995 και μετά άρχισε να αυξάνεται. Αναλύοντας, τη συγκεκριμένη κατανάλωση ανά καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε διαπιστώνεται ότι τα προϊόντα πετρελαίου καλύπτουν το 68,5% της ζήτησης, ο ηλεκτρισμός ανέρχεται σε 21% της τελικής κατανάλωσης, τα στερεά καύσιμα το 1,87%, οι Α.Π.Ε. (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) το 5% και το φυσικό αέριο το 3,2% καλύπτοντας οι τελευταίες πολύ μικρά ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας.

Αναφορικά με τη ζήτηση, αυξήθηκε ταχύτατα από το 1990 έως ο 2006. Ο τομέας παραγωγής και υπηρεσιών ήταν το 2006 ο μεγαλύτερος καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα με 17,7 TWh ετήσια κατανάλωση ενώ η βιομηχανία η οποία ήταν ο μεγαλύτερος καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας το 1990 με κατανάλωση 12,1 TWh, το 2006 η κατανάλωση ανήλθε σε 14,1 TWh με ποσοστό αύξησης 14% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990³.

Τέλος, σύμφωνα με στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 1.3.1 που ακολουθεί, το μεγαλύτερο μερίδιο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατείχε το 2009 η περιοχή της Αττικής (32,72%) και ιδιαίτερα η οικιακή χρήση σε ποσοστό 13,80% της συνολικής κατανάλωσης⁴

Πίνακας 1.3.1: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά γεωγραφική περιοχή, περιφέρεια, νομό και κατά κατηγορία χρήσης (2009) σε χιλ. kWh

Γεωγραφική περιοχή, περιφέρεια και νομός	Σύνολο	Οικιακή χρήση	Εμπορική χρήση	Βιομηχανική χρήση	Γεωργική χρήση	Δημόσιες και Δημοτικές Αρχές	Φωτισμός οδών
Σύνολο Ελλάδα	53.192.472	18.130.677	16.694.033	12.778.612	2.514.327	2.123.228	951.595
Βόρεια Ελλάδα	16.352.008	5.194.096	4.537.615	4.522.333	1.180.104	626.119	291.740
Ανατολική Μακεδονία-Θράκη	2.422.526	792.678	638.393	590.746	208.529	146.885	45.295
Έβρου	525.704	188.890	140.658	83.164	43.405	58.647	10.942
Ξάνθης	465.670	133.441	106.311	152.037	41.984	22.987	8.911
Ροδόπης	498.585	122.931	101.843	197.892	47.789	23.570	4.560
Δράμας	342.676	133.213	102.687	46.635	38.957	12.377	8.807
Καβάλας	589.890	214.203	186.895	111.019	36.395	29.304	12.075
Κεντρική Μακεδονία	8.662.307	2.959.971	2.753.507	2.126.898	396.648	277.821	147.462
Ημαθίας	556.991	201.977	159.954	109.290	58.609	12.329	14.832
Θεσσαλονίκης	5.329.377	1.858.832	1.745.680	1.397.343	89.371	167.424	70.727
Κιλκίς	459.509	104.349	91.985	212.731	33.832	11.523	5.088
Πέλλης	558.255	183.601	144.862	116.364	79.682	17.194	16.552
Πιερίας	526.603	183.417	177.478	91.656	42.090	18.720	13.242
Σερρών	599.220	226.396	176.134	106.347	58.469	18.881	12.994
Χαλκιδικής	632.351	201.400	257.413	93.168	34.595	31.749	14.027
Δυτική Μακεδονία	975.203	410.438	270.744	112.759	79.196	75.733	26.334
Γρεβενών	137.543	40.196	33.974	40.152	7.696	11.024	4.500
Καστοριάς	152.342	69.861	53.202	8.777	6.135	9.350	5.016
Κοζάνης	504.733	233.142	139.632	34.094	36.486	49.681	11.697
Φλωρίνης	180.585	67.239	43.935	29.735	28.878	5.677	5.121
Θεσσαλία	4.291.973	1.031.010	874.971	1.691.929	495.732	125.681	72.650
Καρδίτσας	411.675	156.932	107.147	33.894	88.569	10.952	14.182
Λάρισας	1.354.185	378.835	355.347	256.599	279.454	62.036	21.914
Μαγνησίας	2.044.014	312.833	264.737	1.340.047	66.687	39.776	19.935
Τρικάλων	482.098	182.410	147.741	61.390	61.021	12.917	16.620
Κεντρική Ελλάδα	14.276.328	3.789.944	3.300.774	5.419.599	1.045.761	446.867	273.383
Ήπειρος	1.295.552	451.499	456.012	176.920	128.367	49.430	33.326
Άρτας	295.916	120.616	73.551	28.986	49.025	13.148	10.590
Θεσπρωτίας	179.347	61.234	74.234	8.573	21.082	7.449	6.775
Ιωαννίνων	681.860	215.636	264.807	133.567	39.394	18.015	10.441
Πρεβέζης	138.429	54.013	43.420	5.793	18.866	10.818	5.519
Ιόνιοι Νήσοι	1.011.253	376.334	478.983	46.147	18.600	63.247	27.942

«Εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και οι συνέπειες στο περιβάλλον»

Ζακύνθου	195.430	68.124	104.172	5.077	933	8.355	8.770
Κέρκυρας	485.894	187.783	249.061	13.453	2.528	20.924	12.146
Κεφαλληνίας	182.096	70.507	67.519	17.480	3.001	19.418	4.170
Λευκάδας	147.832	49.920	58.231	10.137	12.137	14.551	2.856
Δυτική Ελλάδα	2.701.397	1.024.325	777.658	464.601	235.013	124.910	74.890
Αιτωλίας και Ακαρνανίας	696.110	288.525	190.082	67.067	92.529	42.282	15.626
Αχαΐας	1.476.102	518.697	445.977	366.270	52.481	60.692	31.984
Ηλείας	529.184	217.104	141.600	31.263	90.003	21.935	27.280
Στερεά Ελλάδα	6.546.909	883.231	784.042	4.354.306	364.595	96.459	64.274
Βοιωτίας	3.302.948	158.702	202.712	2.768.007	151.371	11.386	10.770
Εύβοιας	1.649.278	401.174	330.132	761.869	99.018	36.223	20.862
Ευρυτανίας	48.162	22.894	18.109	684	985	3.812	1.678
Φθιώτιδας	1.414.131	244.337	194.675	810.288	105.694	33.391	25.745
Φωκίδας	132.389	56.124	38.414	13.458	7.526	11.648	5.219
Πελοπόννησος	2.721.217	1.054.555	804.079	377.625	299.187	112.821	72.950
Αργολίδας	626.816	221.640	185.684	62.679	117.842	23.003	15.968
Αρκαδίας	344.246	143.083	113.472	35.362	24.238	17.427	10.663
Κορινθίας	840.259	292.846	220.340	211.270	61.117	34.976	19.710
Λακωνίας	365.908	148.476	99.101	24.247	68.973	14.210	10.900
Μεσσηνίας	543.989	248.510	185.483	44.066	27.017	23.204	15.709
Αττική	17.405.127	7.343.761	6.516.386	2.523.791	71.415	665.299	284.477
Νήσοι							
Αιγαίου - Κρήτη	5.159.009	1.802.876	2.339.259	312.890	217.047	384.944	101.995
Βόρειο Αιγαίο	692.905	320.557	243.428	24.865	17.654	68.128	18.272
Λέσβου	336.383	155.575	110.147	14.073	9.546	37.598	9.443
Σάμου	163.519	70.532	67.807	4.627	1.909	14.934	3.711
Χίου	193.003	94.451	65.475	6.165	6.199	15.595	5.119
Νότιο Αιγαίο	1.722.614	573.195	928.225	65.965	17.583	101.590	36.056
Δωδεκανήσου	1.072.144	329.494	615.240	27.206	7.797	64.233	28.173
Κυκλάδων	650.470	243.701	312.986	38.759	9.786	37.357	7.883
Κρήτη	2.743.490	909.123	1.167.606	222.059	181.809	215.226	47.666
Ηρακλείου	1.330.854	432.001	574.554	129.066	79.465	98.379	17.388
Λασιθίου	374.359	120.171	157.210	11.483	51.458	23.688	10.348
Ρεθύμνης	339.805	108.016	145.448	37.471	14.909	28.093	5.868
Χανίων	698.473	248.935	290.393	44.039	35.977	65.066	14.062

Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2009

1.4. Το ενεργειακό ισοζύγιο ενέργειας της Ελλάδας

Το ενεργειακό ισοζύγιο περιλαμβάνει την ακριβή καταγραφή των εισροών και εκροών ενέργειας μιας χώρας. Στην Ελλάδα, η δομή του ισοζυγίου διαμορφώνεται ως ακολούθως⁵:

- 1) Συνολική προσφορά πρωτογενούς ενέργειας (TPES), δηλαδή το άθροισμα της εγχώριας παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας, των καθαρών εισαγωγών και της μεταβολής των ενεργειακών αποθεμάτων.
- 2) Συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας (TFEC ή TCF), δηλαδή η TPES μείον την κατανάλωση ενέργειας από τον ίδιο τον ενεργειακό τομέα και τις απώλειες κατά την μετατροπή της ενέργειας από μια μορφή σε μια άλλη.

Στην Ελλάδα, η παραγωγή ενέργειας ακολούθησε αυξητική πορεία το διάστημα 2000 – 2007 ενώ τα τελευταία έτη εμφανίζει μια τάση σταθεροποίησης. Η συνολική παραγωγή τείνει να εξαρτάται όλο και περισσότερο από τις εισαγωγές ενέργειας με σταθερή την εγχώρια παραγωγή⁶.

Από το 2000 και έπειτα παρατηρήθηκε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας τόσο στην οικιακή χρήση όσο και στον τομέα της βιομηχανίας με αποτέλεσμα οι σταθερές παραγόμενες ποσότητες να μην επαρκούν να καλύψουν τις συνεχώς διογκούμενες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια. Η πορεία του ελληνικού ενεργειακού ισοζυγίου το διάστημα 2000 – 2007 αναλύεται στον πίνακα 1.4.1.

Πίνακας 1.4.1: Ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο (2000 - 2007)

Έτος	2000		2003		2006		2007	
	Mtoe	%	Mtoe	%	Mtoe	%	Mtoe	%
Εγχώρια πρωτογενής παραγωγή	9,99	35,9	9,92	33,2	10,03	32,2	10,04	31,8
Συνολικές εισαγωγές	18,33	65,1	19,09	64	21,42	68,8	21,74	68,9
Συνολική μεταβολή αποθεμάτων	-0,28	-1	0,89	3	-0,33	-1	-0,22	-0,7
TPES	27,8	100	29,9	100	31,12	100	11,57	100
Κέντρο ηλεκτρισμού	-7,31	-86	-7,57	-85	-6,2	-70	-8,3	-86,5
Άλλες μετατροπές	-0,7	-8	-0,66	-7	-0,2	-3	1,1	11,5
Αυτοκατανάλωση και απώλειες	-1,92	23	-1,96	-22	-2,4	-27	-2,4	-25
Συνολική απώλεια	-3,53	-100	-8,87	-100	-5,81	-100	-9,6	-100
TFC	19,5	100	21,58	100	22,31	100	31,94	100

Πηγή: International Energy Outlook (I.E.O.), 2006, P.A.E., 2007

1.5. Οι ενεργειακές πηγές της Ελλάδας

1.5.1. Τα στερεά καύσιμα στην παραγωγή ηλεκτρισμού

Η χρήση των στερεών καυσίμων στην Ελλάδα, είναι βασικά επικεντρωμένη στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Η μόνη εγχώρια ενεργειακή πηγή στερεών καυσίμων είναι ο λιγνίτης. Πρόκειται για καύσιμο χαμηλής θερμογόνου δύναμης, που κυμαίνεται μεταξύ 900 - 2000 kcal/kg με μέση τιμή περί τα 1300 kcal, το οποίο χρησιμοποιείται αποκλειστικά για ηλεκτροπαραγωγή, όταν ικανοποιούνται ορισμένες προϋποθέσεις από πλευράς αποθεμάτων και θέσεως του λιγνιτικού κοιτάσματος ως προς την επιφάνεια. Μικρές μόνο ποσότητες λιγνίτη χρησιμοποιούνται ως καύσιμο σε μεταλλουργίες, σε θερμοκήπια, για θέρμανση κατοικιών καθώς και ως βελτιωτικό εδάφους ορισμένων καλλιεργειών. Υπό τις σημερινές συνθήκες και έχοντας υπόψη ότι το μικρότερο μέγεθος λιγνιτικού Ατμοηλεκτρικού Σταθμού (Α.Η.Σ.) είναι της τάξης των 320 - 350 MW, που απαιτεί ετησίως περίπου 3 εκ. τον. λιγνίτη για 30 χρόνια ζωής, το κατάλληλο για εκμετάλλευση λιγνιτικό κοιτάσμα πρέπει να είναι της τάξεως των 100 εκ. τον. με σχέση εκμετάλλευσης μέχρι 10:1. Η εκμετάλλευση μικρότερου μεγέθους κοιτασμάτων

για ηλεκτροπαραγωγή είναι επίσης εφικτή, όταν η παραγωγή τους υποστηρίζει ήδη σε λειτουργία Α.Η.Σ. όπως συμβαίνει στο λιγνιτικό κέντρο Δυτικής Μακεδονίας της ΔΕΗ. Διάφορα μικρά κοιτάσματα λιγνίτη διεσπαρμένα σε όλο τον ελλαδικό χώρο εκτιμάται ότι διαθέτουν αποθέματα περί τα 350 εκ. τον. από τα οποία 150 εκ. τον. ευρίσκονται στην περιοχή μεταξύ Κοζάνης και Σερβίων. Το ιδιοκτησιακό καθεστώς των λιγνιτικών κοιτασμάτων της χώρας διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες⁷:

- 1) Λιγνιτικά κοιτάσματα που έχουν παραχωρηθεί για εκμετάλλευση στην ΔΕΗ. Πρόκειται για κοιτάσματα σε δύο περιοχές. Μια στην Δυτική Μακεδονία (Πτολεμαΐδα - Αμύνταιο - Φλώρινα) και μια στην Πελοπόννησο (Μεγαλόπολη)
- 2) Λιγνιτικά κοιτάσματα, που έχουν μισθωθεί σε ιδιώτες. Το κυριότερο από αυτά είναι το λιγνιτικό κοιτάσμα Αχλάδας στην Φλώρινα.
- 3) Λιγνιτικά κοιτάσματα που ανήκουν στο δημόσιο όπως είναι εκείνο της Ελασσόνας και της Δράμας.

Η σημερινή παραγωγή λιγνίτη από το λιγνιτωρυχείο της ΔΕΗ ανέρχεται ετησίως σε 65 - 67 εκ. τον. και τροφοδοτεί Α.Η.Σ. ισχύος 5.289 MW, εκείνη δε των ιδιωτικών είναι της τάξεως των 36 εκ. τον. από τους οποίους σχεδόν το 90% προέρχεται από το ιδιωτικό λιγνιτωρυχείο της Αχλάδας και το υπόλοιπο από λιγνιτωρυχείο στα Σέρβια Κοζάνης, που τροφοδοτεί το μεταλλουργικό συγκρότημα της ΛΑΡΚΟ. Το μεγαλύτερο μέρος των αποθεμάτων βρίσκεται στη Βόρεια Ελλάδα. Μικρή ποσότητα γαιανθράκων της τάξεως των 0,8- 1,0 εκ. τον. εισάγεται για χρήση κυρίως από την τσιμεντοβιομηχανία.

Ο λιγνίτης θα συνεχίσει να είναι το εθνικό καύσιμο της Ελλάδας, για ηλεκτροπαραγωγή αλλά σταδιακά η συμμετοχή του στην ηλεκτροπαραγωγή θα περιορίζεται ποσοστιαία μέχρι το 2050 οπότε θα εκλείψει και ο τελευταίος λιγνιτικός Α.Η.Σ. Η ενσωμάτωση του κόστους των αερίων του θερμοκηπίου (εμπορία ρύπων) αλλά και η διαμόρφωση των διεθνών τιμών του φυσικού αερίου είναι δυνατόν να επηρεάσουν το μέλλον των λιγνιτικών ΑΗΣ της χώρας. Σχετικά για τα εναπομένοντα έτη λειτουργίας των λιγνιτικών Α.Η.Σ. σημειώνονται τα ακόλουθα:

- 1) Αμύνταιο. Ετήσια κατανάλωση 8 εκ. τον. Προγραμματίζεται απόσυρση των μονάδων το 2023 - 2024. Τα λιγνιτικά αποθέματα του πεδίου Αμυνταίου αρκούν για άλλα 16 -18 χρόνια.

- 2) Φλώρινα. Ετήσια κατανάλωση 2,3 εκ. τον. Τα αποθέματα του ορυχείου της Αχλάδας ανέρχονται σε 90 - 100 εκ. τον. Το 2013 προγραμματίζεται να λειτουργήσει μια ακόμη μονάδα 405 MW με κατανάλωση 2,5 - 2,6 εκ. τον. λιγνίτη ετησίως. Η μονάδα Μελίτη II θα τροφοδοτηθεί επίσης από το ιδιωτικό λιγνιτωρυχείο της Αχλάδας και από το λιγνιτωρυχείο της Βεύης (ιδιώτες και ΔΕΗ). Τα αποθέματα λιγνίτη αρκούν για 30 - 35 χρόνια με υποστήριξη από 2 μικρά ορυχεία της ΔΕΗ στην περιοχή Φλώρινας (Λόφοι Μελίτης και Κλειδί).
- 3) Πτολεμαΐδα. Η χρονική επάρκεια των αποθεμάτων θα εξαρτηθεί πολύ από την κατασκευή της μονάδας της ΔΕΗ Πτολεμαΐδα V ισχύος 650 MW που απαιτεί 7 εκ. τον. το χρόνο και από το πότε θα αποσυρθούν οι μονάδες Πτολεμαΐδα I, II και III. Με τα μέχρι σήμερα δεδομένα τα αποθέματα αρκούν για 25 - 30 χρόνια.
- 4) Μεγαλόπολη. Οι Α.Η.Σ. Μεγαλόπολη I, II και III με ετήσια κατανάλωση 7,5 εκ. τον. θα διακόψουν παραγωγή μεταξύ 2012 - 2024 με εξάντληση των αποθεμάτων. Η Μεγαλόπολις IV θα λειτουργήσει μέχρι το 2042.
- 5) Δράμα. Δεν υπάρχει κατανάλωση λιγνίτη. Αποθέματα περίπου 900 εκ. τον. σχετικά χαμηλής απόδοσης.
- 6) Ελασσόνα. Τα αποθέματα μπορεί να στηρίξουν 2 μονάδες 350 MW εκάστη (6,5 εκ. τον./χρόνο) για 20 - 24 χρόνια
- 7) Κομνηνά. Υπάρχει σημαντικό λιγνιτικό απόθεμα αλλά για την ώρα το κοίτασμα δεν υφίσταται εκμετάλλευση.

1.5.2. Τα προϊόντα πετρελαίου

Η ελληνική πετρελαϊκή αγορά περιλαμβάνει τέσσερα διυλιστήρια (πίνακας 1.5.2.1), περίπου πενήντα εταιρείες εμπορίας και ένα μεγάλο αριθμό κέντρων λιανικής πώλησης. Το αργό πετρέλαιο είναι σχεδόν αποκλειστικά εισαγόμενο. Η ικανότητα διύλισης των τεσσάρων διυλιστηρίων είναι αρκετή για να καλύψει τη ζήτηση της εγχώριας αγοράς, ενώ οι επιπλέον ποσότητες εξάγονται με τη μορφή διεθνών πωλήσεων ή πωλήσεων σε αερομεταφορές και σε ποντοπόρα πλοία. Η ικανότητα διύλισης των Ελληνικών διυλιστηρίων είναι περίπου 20 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι το χρόνο. Η συνολική ποσότητα αργού που διυλίζεται τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα είναι γύρω στα 18-20 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι το χρόνο.

Πίνακας 1.5.2.1: Διυλιστήρια ελληνικής πετρελαϊκής αγοράς

Ιδιοκτήτης	ΕΛΠΕ	ΕΛΠΕ	ΕΛΠΕ	Motor Oil Hellas
Όνομασία	Διυλιστήρια	Διυλιστήρια	Διυλιστήρια Ελευσίνας	Motor Oil Hellas
Τοποθεσία	Ασπροπύργου Ασπρόπυργος	Θεσσαλονίκη Θεσσαλονίκη	Ελευσίνα	Άγιοι Θεόδωροι
Ικανότητα				
Mt/year	6,7	3,45	5	4,5
Bbl/d	135	75	100	100
Είδος Διυλιστηρίου Διεργασίες	Δύλιση αργού απόσταξη κενού, καταλυτική αναμόρφωση, ισομερισμός ελαφριάς νάφθας, ιξωδόλυση, μονάδα αποθείωσης πετρελαίου, μονάδα αποθείωσης VGO	Δύλιση αργού απόσταξη κενού, καταλυτική αναμόρφωση, ισομερισμός ελαφριάς νάφθας, μονάδα αποθείωσης πετρελαίου	Δύλιση αργού, μονάδα αποθείωσης πετρελαίου	Καταλυτική και θερμική μετατροπή, ισομερισμός, MTBE παραγωγή ενώσεων υψηλού αριθμού οκτανίων, ατμοσφαιρική απόσταξη μονάδα αποθείωσης
Έτος κατασκευής	1958	1966	1972	1972

Πηγή: ΥΠ. ΑΝ., 2009

Το ποσοστό των πετρελαιοειδών στο Ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο είναι πολύ υψηλό και αυτό οφείλεται στη μεγάλη χρήση πετρελαιοειδών στις μεταφορές αλλά και στο γεγονός ότι το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά έχει ως κύριο καύσιμο τα πετρελαϊκά προϊόντα.

Η Ελλάδα εισάγει πετρέλαιο από τη Μέση Ανατολή και σε δεύτερο επίπεδο από τις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Ένα μικρό κοίτασμα πετρελαίου στη Βόρεια Ελλάδα δίνει το 0,6% περίπου της ζήτησης πετρελαιοειδών στην Ελλάδα. Αναμένεται ότι η αυξανόμενη διείσδυση του φυσικού αερίου τα επόμενα χρόνια θα μειώσει τη χρήση πετρελαιοειδών στην τελική κατανάλωση⁸.

1.5.3. Το φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο κάλυψε 8,7% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης το 2006 και ξεπέρασε το 14% το 2010, λόγω αφενός της κατανάλωσής του σε όλους τους οικονομικούς κλάδους, και αφετέρου της μεγάλης χρήσης του στην ηλεκτροπαραγωγή (περίπου το 70% της σημερινής κατανάλωσης φυσικού αερίου).

Η διείσδυση του φυσικού αερίου στην τελική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε το 2006 κατά 132% από τα επίπεδα του 2000. Ο ρυθμός αύξησης της διείσδυσης φυσικού αερίου την τελευταία πενταετία είναι της τάξης του 18%.

Το φυσικό αέριο στην Ελλάδα, εισάγεται κυρίως από τη Ρωσία μέσω αγωγών μεταφοράς και σε μικρότερες ποσότητες εισάγεται από την Τουρκία και υγροποιημένο από την Αλγερία. Η ασφάλεια εφοδιασμού εξασφαλίζεται επί του παρόντος με μακροχρόνια συμβόλαια της Δημόσιας Επιχείρησης Αερίου με τη Ρωσία, με την Τουρκία και με την Αλγερία.

Κεφάλαιο 2 - Πηγές ενέργειας

2.1. Ανανεώσιμες και συμβατικές (μη ανανεώσιμες) πηγές ενέργειας

Μια βασική διάκριση των πηγών ενέργειας είναι εκείνη ανάμεσα σε ανανεώσιμες και μη ή συμβατικές όπως συχνά αποκαλούνται. Η συγκεκριμένη διάκριση βασίζεται στο γεγονός ότι κάποιες από τις δευτερογενείς πηγές ενέργειας δεν είναι δυνατό να ανανεώσουν σε εύλογο χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια. Οι συγκεκριμένες πηγές καλούνται ως μη ανανεώσιμες σε αντίθεση με εκείνες που η παροχή ενέργειας είναι συνεχής και σε τέτοιους ρυθμούς που μπορεί να καλύπτει ανάγκες σε βάθος χρόνου.

Σε γενικότερο πλαίσιο, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή, αιολική κλπ.) θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως ανεξάντλητες εν αντιθέσει με τις συμβατικές που έχουν συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα με κάποιο σημείο εξάντλησης. Στις συμβατικές μορφές ενέργειας είναι ενταγμένη η πυρηνική ενέργεια από τη σχάση πυρήνων που σε συνδυασμό μαζί με την ενέργεια από την καύση γαιανθράκων και πετρελαίου συνιστούν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται σήμερα⁹.

Αντί του όρου ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είναι συχνή η χρήση του όρου εναλλακτικών πηγών ενέργειας σε αντιδιαστολή με τον όρο συμβατικές πηγές που επίσης χρησιμοποιείται για τις μη ανανεώσιμες για την ανάδειξη της αναγκαιότητας αξιοποίησης τους¹⁰.

Η ενέργεια τη σημερινή εποχή αποτελεί στοιχείο δεδομένο στην καθημερινότητα χωρίς ωστόσο η διαθεσιμότητά της να είναι ανεξάντλητη. Η επάρκεια και η μετατροπή της καθιστά πλέον αναγκαία την εξεύρεση νέων μεθόδων όχι μόνο για εξοικονόμηση φυσικών πόρων αλλά και γιατί η επάρκεια των συμβατικών μορφών έχει περιορισμένη επάρκεια. Το ενεργειακό πρόβλημα επιζητά την εξοικονόμηση και την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση της ενέργειας σε συνδυασμό με την παράλληλη χρήση ενέργειας από, ανανεώσιμες πηγές χωρίς περαιτέρω επιβάρυνση του περιβάλλοντος¹¹.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο μέλλον ανταποκρινόμενες στις περισσότερες ενεργειακές ανάγκες έχοντας τη δυνατότητα να προσφέρουν μηδενικές ή σχεδόν μηδενικές εκπομπές ρύπων

2.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)

Το ενδιαφέρον για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι αυξημένο καθώς συγκεντρώνουν πληθώρα πλεονεκτημάτων. Ένα από τα βασικότερα αποτελεί το η μείωση των εκπομπών σε CO₂ και η εξοικονόμηση φυσικών πόρων με ταυτόχρονη δυνατότητα αποθήκευσης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας (Pepermans, 2003: 2)

Αναφορικά με τις θέσεις εργασίας οι εκτιμήσεις είναι ότι οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές αναμένεται να δημιουργήσουν θέσεις Εργασίας αναλογικά με τους συμβατικούς κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Οι Α.Π.Ε. παρέχουν τη δυνατότητα παροχής ενέργειας στο σημείο και στο χρόνο όπου υπάρχει ανάγκη. Το συγκεκριμένο στοιχείο βοηθά στην άρση των γεωγραφικών περιορισμών, στη μεταφορά και στη διανομή και στην αποφυγή ανάγκης για δημιουργία νέων κεντρικών σταθμών.

Οι μικρότερες μονάδες Α.Π.Ε. μπορούν επίσης να μειώσουν τη ζήτηση, τις απώλειες μεταφοράς και να βελτιώσουν την ποιότητα των υπηρεσιών σε απομακρυσμένες περιοχές. Επίσης σε περιοχές όπου η υποστήριξη της τάσης του δικτύου παρουσιάζει δυσκολίες, οι Α.Π.Ε. μπορούν να προσφέρουν ενέργεια στη σύνδεση ενός σταθμού, και γενικότερα σε άνοδο της τάσης του δικτύου. Τα σημεία που μπορεί να εστιάσει κανείς ως πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε. συνοψίζονται στα ακόλουθα¹²:

- 1) Αποτελούν κατά συνθήκη ανεξάντλητες πηγές που παρέχουν δυνατότητα μείωσης χρήσης συμβατικών πηγών ενέργειας.
- 2) Μπορούν να αποτελέσουν πηγή ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο ακόμα και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές.
- 3) Το λειτουργικό τους κόστος είναι κατά πολύ χαμηλότερο των συμβατικών μορφών ενώ δεν εξαρτάται από τις μεταβολές του οικονομικού περιβάλλοντος όπως συμβαίνει για παράδειγμα με το πετρέλαιο.
- 4) Καλύπτουν περιβαλλοντικές επιφάνειες χωρίς να επιβαρύνουν το περιβάλλον.

- 5) Συμβάλλουν στη δημιουργία νέων θέσεων Εργασίας.
- 6) Αναβαθμίζουν οικονομικά περιοχές (κατασκευή αιολικών και ηλιακών πάρκων κλπ.).
- 7) Δεν αντιμετωπίζουν τις αντιδράσεις των τοπικών κοινωνιών.

Πέραν όμως των αδιαμφισβήτητων πλεονεκτημάτων, υπάρχουν και στοιχεία των Α.Π.Ε. θα μπορούσαν να οριστούν σαν δυσχέρειες ή μειονεκτήματα της εφαρμογής τους. Συνήθως οι Α.Π.Ε. παρουσιάζουν ένα μικτό περιβαλλοντικό προφίλ. Οι τεχνολογίες που αξιοποιούνται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την παραγωγή ενέργειας θεωρούνται ως πιο φιλικές στο περιβάλλον έναντι εκείνων που χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα επιβαρύνοντας άμεσα το περιβάλλον. Ωστόσο, οι τεχνολογίες που υποστηρίζουν τις Α.Π.Ε. είναι αρκετά κοστοβόρες και δεν μπορούν ακόμα να ανταγωνιστούν τις συμβατικές μορφές παραγωγής ενέργειας απαιτώντας συχνά την επιδότηση της κατασκευής τους.

Επίσης, η αποδοτικότητά τους αναλογικά του κόστους κατασκευής τους δεν είναι ίδια με αυτή των συμβατικών μορφών παραγωγής ενέργειας. Ο συντελεστής αποδοτικότητας είναι αρκετά χαμηλότερος και απαιτούν μεγάλο χρονικό διάστημα με μεγάλες εδαφικές εκτάσεις ώστε να αποφέρουν οφέλη σε αντίθεση με τις μη ανανεώσιμες που αποδίδουν ταχύτερα αποτέλεσμα.

Τέλος, η ομαλή λειτουργία των Α.Π.Ε., ανάλογα με τον τύπο που επιλέγεται (ηλιακή, αιολική κλπ.) προϋποθέτουν την ύπαρξη συγκεκριμένων κλιματολογικών συνθηκών. Για παράδειγμα, η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ηλιοφάνεια που επικρατεί σε μια περιοχή, οι ανεμογεννήτριες από τις εντάσεις των ανέμων κλπ¹³.

2.3. Συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην ηλεκτροπαραγωγή

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα έχει προβεί στην έκδοση συγκεκριμένης οδηγίας (2001/77/ΕΚ) σύμφωνα με την οποία προβλέπεται η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ειδικότερα, η αναφορά στην Ελλάδα προέβλεπε στόχο κάλυψης από Α.Π.Ε., σε ποσοστό της ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010 ίσο με

20,1%. Οι πρόσφατες εκτιμήσεις για την ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά το έτος 2010, την προσδιόριζαν σε ύψος 68 TWh. Οι απαιτήσεις σε εγκατεστημένη ισχύ Α.Π.Ε. για το 2010, σύμφωνα με τα παραπάνω, είχε υπολογιστεί όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 2.3.1.

Πίνακας 2.3.1: Απαιτήσεις εγκατεστημένης ισχύς Α.Π.Ε. (2010)

Είδος εγκατάστασης	Απαιτήσεις σε εγκατεστημένη ισχύ σε MW (2010)	Παραγωγή ενέργειας σε TWh (2010)	Ποσοστιαία συμμετοχή ανά τύπο Α.Π.Ε. (2010)
Αιολικά πάρκα	3.372,00	7,09	10,42
Μικρά υδροηλεκτρικά	364,00	1,09	1,60
Μεγάλα υδροηλεκτρικά	3.325,00	4,58	6,74
Βιομάζα	103,00	0,81	1,19
Γεωθερμία	12,00	0,09	0,13
Φωτοβολταϊκά	18,00	0,02	0,03
Σύνολο	7.194,00	13,68	20,11

Πηγή: Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Εφαρμογών Στερεών Καυσίμων (Ι.Τ.Ε.Σ.Κ.), 2007

Η αξιοποίηση των Α.Π.Ε. στην ηλεκτροπαραγωγή, προήλθε από τις αυξημένες απαιτήσεις σε ενέργεια αλλά και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, έχουν οδηγήσει σε ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες οδήγησαν στην αύξηση των μονάδων παραγωγής που αξιοποιούν κυρίως συμβατικές μεθόδους.

Οι Α.Π.Ε. αποτελούν τις πλέον περιβαλλοντικά καθαρές τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας και προς το παρόν η χρήση τους διαφαίνεται ότι έχει τη δυναμική να περιορίσει δραστικά τα αυξημένα περιβαλλοντικά προβλήματα. Αν και έχουν γίνει σημαντικά τεχνολογικά βήματα, η εφαρμογή των Α.Π.Ε και η πλήρης αξιοποίησή τους βρίσκεται σε αρχικό ακόμη στάδιο. Η εκμετάλλευση φυσικών πόρων που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον όπως του ήλιου, του ανέμου, του νερού, της γεωθερμίας και της βιομάζας, που αποτελούν πηγές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον, μπορούν

να γίνουν οικονομικά εκμεταλλεύσιμες ώστε να συμβάλλουν στην ανάπτυξη, εφόσον είναι ανανεώσιμες και ρυπαίνουν ελάχιστα ή καθόλου.

Στην Ελλάδα, η περαιτέρω αξιοποίηση των Α.Π.Ε. και συμβολή τους στην ηλεκτροπαραγωγή μειώνοντας ταυτόχρονα τις συμβατικές μεθόδους είναι μια αναγκαιότητα. Προς το παρόν, η παραγωγή ενέργειας βασίζεται κυρίως σε συμβατικές μεθόδους με τις ανανεώσιμες πηγές να κάνουν βήματα ανάπτυξης¹⁴.

2.3.1. Συνεισφορά των Α.Π.Ε. στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο

Οι Α.Π.Ε., όπως προαναφέρθηκε, θα πρέπει να αποτελούν όλο και περισσότερο για τα ευρωπαϊκά κράτη το μεγαλύτερο τμήμα του ενεργειακού ισοζυγίου. Ο τελευταία διαθέσιμα στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης, το 2006 η συνεισφορά των Α.Π.Ε. στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο, ήταν της τάξης του 5,3% σε επίπεδο συνολικής διάθεσης πρωτογενούς ενέργειας και της τάξης του 18%, σε επίπεδο εγχώριας παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας.

Η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από Α.Π.Ε. το 2006 ήταν 1,8 Mtoe σε αντίθεση με τις αρχές της δεκαετίας του 1990 που κυμαίνονταν στα ενώ στις αρχές 1,2 Mtoe. Αντίθετα, η ηλεκτροπαραγωγή από τις κλασσικές Α.Π.Ε. στην Ελλάδα αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια και είναι της τάξης του 3,3% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αφορά κυρίως σε αιολικά και μικρά υδροηλεκτρικά, και σε μικρότερο βαθμό στη βιομάζα, και στα φωτοβολταϊκά.

Γενικότερα, η ηλεκτροπαραγωγή από Α.Π.Ε. το 2006 ήταν 12,4% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ενώ η εγκατεστημένη ισχύς από Α.Π.Ε. ήταν 3.894 MW. Ειδικότερα, τα 27 MW των αιολικών πάρκων το 1997, έφθασαν τα 745 MW στο τέλος του 2006 ενώ τα μικρά υδροηλεκτρικά έφθασαν τα 108 MW στο τέλος του 2006 από τα 43 MW το 1997. Τέλος οι εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο είχαν ηλεκτρική ισχύ 14 και 10 MW αντίστοιχα.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. το 2006, έφθασε τις 8 TWh περίπου και προήλθε κατά 79% από υδροηλεκτρικούς σταθμούς (6.774 GWh), κατά 20% από

αιολικά πάρκα (1.691 GWh), κατά 1,1% (92 GWh) από βιοαέριο, ενώ υπήρχε και μια μικρή παραγωγή από φωτοβολταϊκούς σταθμούς (ΥΠ.ΑΝ., 2009:18).

Τα στατιστικά στοιχεία των τελευταίων ετών παρουσιάζουν διακύμανση του ποσοστού συμμετοχής των Α.Π.Ε. στην ηλεκτροπαραγωγή από 10% μέχρι 12% η οποία οφείλεται, κυρίως, στη μεταβολή της λειτουργίας μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών που εξαρτάται, από το επίπεδο των υδατικών αποθεμάτων, ενώ οι συμβατικές Α.Π.Ε. έχουν μια σταθερά αυξανόμενη συμμετοχή που έφθασε το 3,3% το 2006.

Η παραγωγή θερμικής ενέργειας από ΑΠΕ προέρχεται κυρίως από ενεργητικά ηλιακά, θερμικές χρήσεις της βιομάζας και γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Η μεγάλη ανάπτυξη της βιομηχανίας ηλιακών συλλεκτών κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει οδηγήσει την Ελλάδα στη δεύτερη θέση σε εγκατεστημένη επιφάνεια συλλεκτών σε ευρωπαϊκό επίπεδο.¹⁵

Από τα διαθέσιμα στοιχεία του ενεργειακού ισοζυγίου, το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδος μπορεί να χαρακτηριστεί ως ρυπογόνο, μη αποδοτικό, εξαρτημένο από πεπερασμένους πόρους και ελλειμματικό. Άλλωστε, οι κοινοτικοί στόχοι για ενεργειακή ασφάλεια και για 20% διείσδυση των Α.Π.Ε. στη συνολική κατανάλωση ως κρατών – μελών, 20% μείωση των εκπομπών CO₂ και 20% εξοικονόμηση στη συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια, «επιβάλλουν» τη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και το λιγνίτη.

Η εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος Α.Π.Ε. είχε ένα σταθερό ρυθμό αύξησης από το 2000 έως το 2004, της τάξης του 22% κατ' έτος. Τα 83MW εγκατεστημένης ισχύος στο τέλος του 2004 έγιναν 1.060 MW στο τέλος του 2007, ενώ μέσα στο 2008 προστέθηκαν 140 MW. Η πορεία της ισχύος δείχνει μια ετήσια αύξηση κατά περίπου 38% κατά την περίοδο 2004 – 2008.

Οι απαιτήσεις για μεγαλύτερη συνεισφορά των Α.Π.Ε. στο ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο είναι αδιαμφισβήτητη. Η χάραξη ενεργειακής στρατηγικής προϋποθέτει τη δημιουργία αξιόπιστων και σταθερών θεσμικών, ρυθμιστικών και ελεγκτικών πλαισίων, καθώς και τη θέσπιση αποτελεσματικών κανόνων για την ομαλή λειτουργία των ενεργειακών αγορών και του ανταγωνισμού¹⁶.

2.4. Αξιολόγηση των πηγών ενέργειας

Σαν πρώτο στοιχείο αξιολόγησης των πηγών ενέργειας θα μπορούσε να οριστεί η δυνατότητα αποθήκευσής τους. Μερικές μορφές ενέργειας προσφέρονται περισσότερο και άλλες λιγότερο για αποθήκευση. Η αποθήκευση της ενέργειας ως θερμικής δεν προσφέρεται για παράδειγμα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η κινητική ενέργεια των σωματίων, που συνθέτει τη θερμική ενέργεια, μεταφέρεται από σωματίο σε σωματίο και διαχέεται στα σωματία του περιβάλλοντος (θερμικές απώλειες).

Επίσης, η χημική ενέργεια προσφέρεται περισσότερο για αποθήκευση. Χημικές ενώσεις που απορροφούν ενέργεια για τη δημιουργία τους (συγκρότηση του μορίου τους) την αποθηκεύουν (στο μόριο τους) ως δυναμική ενέργεια, για χρονικό διάστημα που εξαρτάται από τη χημική τους σταθερότητα. Η αποσυγκρότησή τους αποδίδει αυτή την ενέργεια ως θερμική (καύση) ή και ηλεκτρική (ηλεκτρικοί συσσωρευτές).

Οι πηγές ενέργειας σε συνδυασμό με τον τρόπο που τα διάφορα συστήματα τις αξιοποιούν, καθορίζουν και την τελική αξιολόγησή τους. Ειδικότερα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική κλπ. από τη μέχρι τώρα αξιοποίηση τους έχουν οδηγήσει στο γενικό συμπέρασμα πως είναι πιο αξιόπιστες έναντι των συμβατικών στον τομέα της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και προστασίας. Είναι τεχνολογικά ανεπτυγμένες με τέτοιο τρόπο που δεν εκπέμπουν κάποιου είδους μόλυνση, δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις για να λειτουργήσουν και καταλαμβάνουν σχετικά πολύ μικρό χώρο¹⁷.

Σε αντίθεση με τις ανανεώσιμες πηγές, οι συμβατικές μορφές αξιολογούνται ως λιγότερο φιλικές προς το περιβάλλον αν και προσφέρουν μεγαλύτερες ενεργειακές ποσότητες και σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται όχι μόνο εξαντλούνται αλλά και επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον¹⁸.

Στην Ελλάδα, η συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει έντονα ανοδική πορεία. Παρά την ανοδική τους τάση, οι Α.Π.Ε. παραμένουν ανεπαρκώς αναπτυγμένες, κυρίως αν ληφθούν υπόψη οι ευνοϊκές

κλιματολογικές συνθήκες γεγονός που γίνεται προφανές από τη σύγκριση με άλλες μεσογειακές χώρες .

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να αναπτύξουν ένα ενεργειακό σύστημα που θα επιλύσει προβλήματα στις πιο ζωτικές λειτουργίες όπως η βελτίωση της αξιοπιστίας του εφοδιασμού ενέργειας και νερού, του βιοτικού επιπέδου και της απασχόλησης του τοπικού πληθυσμού, διασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης απομακρυσμένων περιοχών. Η ανάπτυξη και εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε αγροτικές περιοχές μπορεί να δημιουργήσει ευκαιρίες απασχόλησης και ελαχιστοποιώντας έτσι μετανάστευση προς τις αστικές περιοχές. Η συγκομιδή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί μια από τις επιλογές για την αντιμετώπιση των αγροτικών αναγκών και μικρής κλίμακας ενεργειακών αναγκών¹⁹.

Κεφάλαιο 3 - Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Π.Η.Ε.)

3.1. Η βιομηχανία ηλεκτρισμού τον 21^ο αιώνα

Ο 21^{ος} αιώνας είναι ο δεύτερος αιώνας ηλεκτρισμού. Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα υπήρξε μια αλματώδης αύξηση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά στο νέο αιώνα τα μεγέθη αυτά εκτιμάται ότι θα πολλαπλασιασθούν. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί κατά 76% μέχρι το 2020 σε σχέση με το 1997, με μια ετήσια αύξηση στα ανεπτυγμένα κράτη 1,5%, ενώ η αύξηση στις υπό ανάπτυξη χώρες της Ασίας και της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής θα είναι πολύ μεγαλύτερη. Επειδή εκτιμάται ότι περίπου 1,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση στον ηλεκτρισμό, απαιτείται ο εξηλεκτισμός 50 εκατομμυρίων ανθρώπων κάθε χρόνο για τα επόμενα 50 χρόνια. Αυτός ο τεράστιος αριθμός ανθρώπων για εξηλεκτισμό αντιπροσωπεύει μια κολοσσιαία αγορά και μια πρωτοφανή τεχνολογική πρόκληση.

Είναι φανερό ότι μόνο ο εξηλεκτισμός μπορεί να βοηθήσει τα υπό ανάπτυξη κράτη να εξασφαλίσουν μια βελτιωμένη ποιότητα ζωής με αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση των πόρων τους. Βέβαια η μελλοντική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού εξαρτάται κυρίως από την επέκταση των ηλεκτρικών δικτύων. Συνεπώς, η δυνατότητα για κατασκευή νέων γραμμών και η καλύτερη αξιοποίηση των υπαρχόντων σχετίζεται άμεσα και με την κοινωνική ανάπτυξη. Αυτός ήταν και ένας βασικός λόγος που συνέβαλε στη ραγδαία ανάπτυξη των FACTS και των διασυνδέσεων την τελευταία δεκαετία²⁰.

Από τη μία πλευρά λοιπόν, η εξασφάλιση της παγκόσμιας κοινωνικής ισορροπίας επέβαλε την ανάπτυξη των υπανάπτυκτων χωρών με απαραίτητο μοχλό τον εξηλεκτισμό τους, αλλά οι χώρες αυτές δεν διέθεταν τα τεράστια κεφάλαια που απαιτούνταν για το σκοπό αυτό. Από την άλλη πλευρά, ο προσδιορισμός αντικειμένου για την επικερδή διοχέτευση των κεφαλαίων που συσσωρεύονταν από τη συνεχή ανάπτυξη ορισμένων χωρών, αλλά και ο εκσυγχρονισμός των ηλεκτρικών εταιρειών μέσω του ανταγωνισμού στις ανεπτυγμένες χώρες, θεωρήθηκε ότι είναι δυνατόν να βρουν τη λύση τους με την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατ' αυτόν τον τρόπο η κατεύθυνση και η αύξηση των εργασιών που σχετίζονται με την ηλεκτρική ενέργεια επηρεάστηκαν από τις κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες

και καθορίστηκαν με πολιτικές αποφάσεις. Στο πλαίσιο αυτό προβλέπεται ότι στο μέλλον θα αυξηθεί η αλληλεπίδραση του κοινωνικού και πολιτικού περιβάλλοντος με τη βιομηχανία ηλεκτρισμού και χρειάζεται σκληρή δουλειά από τη βιομηχανία για να δημιουργηθεί κλίμα συνεργασίας μεταξύ τους.

Σήμερα οι ηλεκτρικές εταιρείες βρίσκονται στο στάδιο μετεξέλιξης τους από καθετοποιημένα ολοκληρωμένες επιχειρήσεις (παραγωγής, μεταφοράς, διανομής και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας) σε ανεξάρτητες ολοκληρωμένες επιχειρήσεις σε κάθε τομέα χωριστά (κυρίως την παραγωγή και διανομή - πώληση ηλεκτρικής ενέργειας). Παράλληλα όμως μετασχηματίζονται σε πολυεθνικές μετοχοποιημένες επιχειρήσεις με επέκταση των δραστηριοτήτων τους και σε άλλους συγγενείς τομείς, όπως την τεχνολογία βελτίωσης της ποιότητας ηλεκτρικής ενέργειας, τις οπτικές ίνες, τις τηλεπικοινωνίες και όλους τους ταχέως αναπτυσσόμενους κλάδους ηλεκτρονικών.

Πολλές μάλιστα ηλεκτρικές εταιρείες διερευνούν τη διείσδυση τους και σε τομείς άσχετους με την ηλεκτρική ενέργεια, όπως η ύδρευση, η αποχέτευση, η καλωδιακή τηλεόραση, το φυσικό αέριο κ.λ.π. Δηλαδή δημιουργούνται οι ενοποιημένες ηλεκτρικές εταιρείες ολοκληρωμένων υπηρεσιών με σκοπό να πρωτοστατήσουν στη νέα παγκοσμιοποιημένη αγορά. Στο νέο παγκόσμιο οικονομικό περιβάλλον οι προοπτικές τους είναι καλές, λόγω της υπάρχουσας εμπειρίας και του γεγονότος ότι πηγή ζωής της παλιάς, αλλά και της νέας οικονομίας, είναι ο ηλεκτρισμός. Οι καινοτομίες στον ηλεκτρισμό ήταν και είναι ο βασικός παράγοντας για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της ανάπτυξης της παγκόσμιας οικονομίας²¹.

Η έναρξη του 21^{ου} αιώνα συνοδεύεται από τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα, που αφορούν την ατμοσφαιρική ρύπανση, τις κλιματολογικές αλλαγές λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και την τρύπα του όζοντος. Πρόκειται για παγκόσμια προβλήματα, που μπορούν να λυθούν μόνο με τη συνεργασία όλων των κρατών και τη δίκαιη κατανομή των υποχρεώσεων μεταξύ τους. Χρειάζεται εμμονή στις λύσεις που θα επιλεγούν για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων και η παροχή των απαραίτητων πόρων για ένα λογικό χρονικό διάστημα, ώστε να αναπτυχθεί η κατάλληλη τεχνολογία, που θα συμβάλλει στη λύση τους με λογικό κόστος. Στα πλαίσια αυτά, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η αλληλεπίδραση της τεχνολογίας και η διαμόρφωση των κοινωνικών απαιτήσεων θα προσδιορίσει τη μελλοντική μορφή τροφοδοσίας της ενέργειας. Εκτιμάται όμως, ότι αν πρόκειται να υπάρξει μία μόνο

συσκευή διανομής ενέργειας, αυτή δεν πρόκειται να είναι τίποτε άλλο από ένα ηλεκτρικό καλώδιο.

Στη διευρυμένη τους μορφή οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις έχουν όλες τις προοπτικές για επικράτηση τους στη νέα παγκόσμια αγορά, που θα προσφέρει όλο και περισσότερες ευκαιρίες. Πρέπει όμως να καταβάλλουν συνεχείς προσπάθειες για να επιτύχουν χαμηλό κόστος, παρέχοντας ταυτόχρονα ηλεκτρική ενέργεια υψηλής ποιότητας και αξιοπιστίας, προσφέροντας νέες υπηρεσίες στους καταναλωτές και προωθώντας την επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Επίσης πρέπει να αναγνωρίσουν γρήγορα ότι η πρωτοποριακή τεχνολογία παρέχει πλεονεκτήματα στην αγορά και γι' αυτό πρέπει να θεωρηθεί ως ουσιαστική επένδυση για τη μελλοντική επιτυχία και όχι ως στοιχείο κόστους. Στο μέλλον η σχέση μεταξύ των εταιρειών ηλεκτρισμού και της κοινωνίας προβλέπεται πιο περίπλοκη αλλά και με περισσότερες ευκαιρίες συνεργασίας. Σίγουρα όμως η σημερινή μας υπευθυνότητα θα προσδιορίσει τις μελλοντικές εξελίξεις²².

3.2. Βασικές έννοιες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι πρωτογενής. Πρέπει, επομένως, να παραχθεί δηλαδή να προκύψει, με κάποια διαδικασία μετασχηματισμού, από πρωτογενείς μορφές, για να διατεθεί και να εξυπηρετήσει τις καταναλώσεις. Η διαδικασία αυτή, γίνεται με τη βοήθεια συγκροτημάτων μηχανών και διατάξεων που αποτελούν τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής. Σημειώνεται ότι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τέτοιες μονάδες, δεν προωθείται αυτούσια στην κατανάλωση, αλλά μετασχηματίζεται από πλευράς τάσης και έντασης.

Μια ή περισσότερες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής συγκεντρωμένες στον ίδιο χώρο μαζί με τις γενικές βοηθητικές και συμπληρωματικές εγκαταστάσεις που χρειάζονται, αποτελούν ένα Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Π.Η.Ε.). Δύο είναι, βασικά οι δρόμοι που ακολουθούνται για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, και ξεκινούν²³:

- 1) Από την ενέργεια των υδατοπτώσεων.

- 2) Από την ενέργεια που περικλείεται στα διάφορα καύσιμα, οπότε ενδιάμεση ενεργειακή μορφή είναι πάντοτε η θερμότητα, που χαρακτηρίζει και όλη τη διαδικασία.

Εκτός από τους δύο παραπάνω δρόμους, υπάρχουν και άλλες, μικρής σημασίας, διαδικασίες, που είτε βρίσκονται ουσιαστικά στο στάδιο των δοκιμών, είτε εμφανίζονται μόνο σε ειδικές γεωγραφικές θέσεις όπου υπάρχουν οι αντίστοιχες ενεργειακές πηγές. Τονίζεται ότι ο δεύτερος δρόμος περιλαμβάνει και τους πυρηνικούς σταθμούς αφού και εκεί υπάρχει κατανάλωση καύσιμου και εμφάνιση θερμότητας.

3.3. Γενική περιγραφή Συστημάτων Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Π.Η.Ε.)

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται κυρίως σε θερμικούς σταθμούς, που χρησιμοποιούν ατμοστρόβιλους ή αεριοστρόβιλους ή συνδυασμό των δύο (σταθμοί συνδυασμένου κύκλου), σε ντιζελοηλεκτρικούς σταθμούς, που χρησιμοποιούν εμβολοφόρους κινητήρες ντίζελ και σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

Αυτοί οι σταθμοί χρησιμοποιούν συμβατικές πηγές ενέργειας (σε αυτές περιλαμβάνεται και η πυρηνική ενέργεια). Η ανάγκη για την επιμήκυνση του χρόνου εξάντλησης των γεωλογικών καυσίμων και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος οδήγησε στη χρήση των ήπιων πηγών ενέργειας στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (αέρας, ήλιος, παλιρροιακά κύματα, βιομάζα, γεωθερμία).

3.4. Ιστορική αναδρομή των Σ.Π.Η.Ε.

Το 1882 ο Edison εγκαινίασε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής τον πρώτο κεντρικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που τροφοδοτούσε 400 λάμπες των 83 W η κάθε μια. Την ίδια εποχή ο σταθμός παραγωγής Halborn Viaduct του Λονδίνου, με ισχύ 60 KW και τάση 100 V συνεχούς ρεύματος (Σ.Ρ.), ήταν ο πρώτος σταθμός γενικού φορτίου. Ο πρώτος σημαντικός σταθμός παραγωγής εναλλασσόμενου ρεύματος (Ε.Ρ.) στη Βρετανία ήταν στο Deptford. Αυτός χρησιμοποιούσε μηχανές των 10.000 hp και με τάση 10 KV μετέφερε την ισχύ στο Λονδίνο. Αυτή την εποχή κορυφωνόταν η διαμάχη μεταξύ των υποστηρικτών της χρήσης Ε.Ρ. και των οπαδών της χρήσης Σ.Ρ.

Κυρίως όμως η ανακάλυψη του μετασχηματιστή, αλλά και τα πολλά πλεονεκτήματα των μηχανών E.P., οδήγησαν γρήγορα στην επικράτηση των σταθμών παραγωγής E.P. Σταθερά, άρχισε η ανάπτυξη τοπικών σταθμών παραγωγής και κάθε μεγάλη πόλη ή κέντρο φορτίου απέκτησε το δικό της σταθμό παραγωγής, σε όλες τις περιοχές του πλανήτη μας. Όμως η τοπική ανάπτυξη σταθμών παραγωγής δεν ήταν δυνατόν να αντιμετωπίσει με βέλτιστο τρόπο τα προβλήματα που σχετίζονταν²⁴:

- 1) Με τη συνεχή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.
- 2) Την ανάγκη για αξιοποίηση των διατιθέμενων ενεργειακών πηγών, που συνήθως βρίσκονταν μακριά από τα κέντρα ηλεκτρικού φορτίου.
- 3) Την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που ήταν συνάρτηση της αύξησης του μεγέθους των σταθμών παραγωγής και της λειτουργίας τους κοντά στην ονομαστική τους ισχύ.
- 4) Τη δυσανάλογα μεγάλη εγκατεστημένη ισχύ, για την κάλυψη του μεγίστου φορτίου και την εξασφάλιση μιας λογικής αξιοπιστίας τροφοδοσίας του φορτίου.

Οι προηγούμενοι λόγοι οδήγησαν πολύ σύντομα στη δημιουργία των διασυνδεδεμένων Σ.Η.Ε, ενώ δεν άργησε και η ανάπτυξη των διεθνών διασυνδέσεων, που άρχισαν ήδη από την πρώτη δεκαετία του προηγούμενου αιώνα (1906). Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με δίκτυα υψηλής τάσης, λόγω της ανάγκης μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις με τις μικρότερες ηλεκτρικές απώλειες.

Το 1929 η Βρετανία με μια νομοθετική ρύθμιση δημιούργησε το Κεντρικό Συμβούλιο Ηλεκτρισμού (Central Electricity Board), με στόχο τη διασύνδεση των 500 πιο αποδοτικών σταθμών παραγωγής με ένα δίκτυο υψηλής τάσης. Η ανάγκη για την ανάπτυξη μεγάλου μεγέθους συστημάτων μεταφοράς και σταθμών παραγωγής, καθώς και η ηλεκτροδότηση αγροτικών περιοχών και η αξιοποίηση εγχώριων ενεργειακών πηγών, απαιτούσε κολοσσιαία κεφάλαια, τα οποία δεν απέφεραν τα αναμενόμενα κέρδη. Αυτές οι επενδύσεις για λόγους κοινωνικής πολιτικής ανελήφθησαν από τις κυβερνήσεις των κρατών, οι ηλεκτρικές εταιρίες κρατικοποιήθηκαν και συνήθως σε μονοπωλιακή μορφή ανέλαβαν την παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας ή αν υπήρχαν διαφορετικές εταιρίες διανομής, αυτές προμηθεύονταν την ηλεκτρική ενέργεια από ένα προμηθευτή.

Η Βρετανική εταιρία ηλεκτρισμού εθνικοποιήθηκε το 1948 και δημιουργήθηκαν δύο οργανισμοί: τα 12 γεωγραφικά κατανεμημένα συμβούλια περιοχής (area boards), που ασχολούνταν με τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. και το κεντρικό συμβούλιο παραγωγής ηλεκτρισμού (Central Electricity Generating Board), που είχε την ευθύνη παραγωγής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην Ελλάδα η ίδρυση του φορέα Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) έγινε τον Αύγουστο του 1950. Σε αυτόν τον ιδρυτικό νόμο προβλέπονταν και η συνέχιση της λειτουργίας των Σ.Η.Ε., που ήδη υπήρχαν και ανήκαν σε ιδιώτες ή δήμους ή κοινότητες, με την προϋπόθεση ότι θα ακολουθούσαν τις τεχνολογικές εξελίξεις. Επειδή όμως ο εκσυγχρονισμός αυτός δεν πραγματοποιήθηκε, κυρίως λόγω των μεγάλων επενδύσεων που απαιτούσε, με το νόμο που ψηφίστηκε το 1956 δρομολογήθηκε η εξαγορά αυτών των επιχειρήσεων.

Μέχρι το 1964 εξαγοράστηκαν 405 τέτοιες επιχειρήσεις, δύο ακόμα μικρές επιχειρήσεις εξαγοράστηκαν το 1965 και τελευταία εξαγοράστηκε η εταιρία «ΓΛΑΥΚΟΣ» των Πατρών το 1968. Για τις εξαγορές δαπανήθηκαν συνολικά 1,69 εκατομμύρια ευρώ και η πλέον σημαντική εξαγορά αφορούσε την Η.Ε.Α.Π., που έγινε το 1960. Βασικός σύμβουλος της Δ.Ε.Η. κατά την πενταετία 1950 - 1955 ήταν η αμερικάνικη εταιρία EBASCO, που είχε την ευθύνη οργάνωσης και λειτουργίας της Δ.Ε.Η., καθώς και της εκτέλεσης του ενεργειακού προγράμματος. Με βάση το πρόγραμμα αυτό άρχισε η κατασκευή του ατμοηλεκτρικού σταθμού (Α.Η.Σ.) Αλιβερίου (1953), του υδροηλεκτρικού σταθμού (Υ.Η.Σ.) Άγρα (1954), του Υ.Η.Σ. Λούρου (1954) και του Υ.Η.Σ. Λάδωνα (1955). Το 1957 σχεδόν όλοι αυτοί οι σταθμοί λειτουργούσαν²⁵.

Την δεκαετία του 1950 κάποιοι τεχνικοί περιορισμοί και οικονομικοί λόγοι οδήγησαν τους μηχανικούς να ξανασκεφτούν τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας με Σ.Ρ. και υψηλή τάση (Ε.Ρ./Σ.Ρ./Ε.Ρ.). Αυτές οι διασυνδέσεις αποτελούνται από δύο μετατροπείς Ε.Ρ./ΣΡ, που διασυνδέονται με μια γραμμή Σ.Ρ. εναέρια ή καλωδιακή. Η πρώτη διασύνδεση αυτού του τύπου λειτούργησε το 1954 και μετέφερε στη νήσο Gotland 20 MW, στα 100 KW και σε μια απόσταση 100 χιλιομέτρων με υποθαλάσσιο καλώδιο. Αυτή η τεχνολογία σταδιακά καθιερώθηκε και σήμερα λειτουργούν πάνω από 60 διασυνδέσεις Ε.Ρ./ΣΡ/Ε.Ρ., ενώ το 1992 έφτασαν την ισχύ των 52 GW. Μεταξύ Ελλάδας - Ιταλίας λειτουργεί από το 2002 μονοπολική διασύνδεση Ε.Ρ./ΣΡ/Ε.Ρ., με

Σ.Ρ. υποθαλάσσιο καλώδιο 163 Km και εναέρια γραμμή 110 Km, ισχύος 500 MW, 400 KV.

Τη δεκαετία του 1970, η μεγάλη αύξηση της τιμής του πετρελαίου προκάλεσε δραματικές αλλαγές στον τρόπο εξασφάλισης της απαραίτητης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κυβερνήσεις προσανατολίστηκαν εντονότερα στην αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας, παραβλέποντας πολλές φορές το υψηλότερο κόστος, επιταχύνθηκε η ανάπτυξη πυρηνικών σταθμών και δόθηκαν σημαντικά κεφάλαια στην ανάπτυξη της τεχνολογίας για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας (υδροηλεκτρισμός, αιολική ενέργεια, φωτοβολταϊκά, γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα)²⁶.

Παρά την επίτευξη ανταγωνιστικών τιμών κόστους σε ορισμένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής ένωσης για υπερδιπλασιασμό του ποσοστού συμμετοχής τους στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμα και τον 21^ο αιώνα αναμένεται ότι η παραγωγή της θα βασίζεται κυρίως στο κάρβουνο και την πυρηνική ενέργεια, ιδιαίτερα λόγω της αναμενόμενης εξάντλησης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου.

Για την εξυπηρέτηση των γρήγορα αυξανόμενων ηλεκτρικών φορτίων, απαιτείται η επέκταση των συστημάτων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και η κατασκευή νέων σταθμών. Αυτό, σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι συχνά δύσκολο να επιτευχθεί, λόγω των συνεχώς αυξανόμενων αντιδράσεων, που οφείλονται κύρια στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των γραμμών μεταφοράς και των σταθμών. Αυτός ο λόγος μαζί με την ανάγκη ελαχιστοποίησης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας και την ανάπτυξη νέων ημιαγωγών στοιχείων στερεάς κατάστασης, οδήγησαν τη δεκαετία του '80 και συνεχίζεται μέχρι σήμερα, στην ανάπτυξη συστημάτων μεταφοράς που ονομάστηκαν «Ευέλικτα Συστήματα Μεταφοράς Εναλλασσόμενου Ρεύματος» (Flexible AC Transmission Systems (FACTS)). Αυτή η τεχνολογία μπορεί να αυξήσει το βαθμό χρησιμοποίησης της εγκατεστημένης ικανότητας μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, αντιμετωπίζοντας τους περιορισμούς ευστάθειας, ελέγχου πραγματικής και αέργου ισχύος και ελέγχου του μέτρου και της γωνίας της τάσης. Με τη βοήθεια της επεκτάθηκε η χρήση των γραμμών E.P. και σε περιπτώσεις, που προηγουμένως δεν ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για τεχνοοικονομικούς λόγους.

Στο μεταξύ, από το τέλος της δεκαετίας του 1970, άρχισε η αναμόρφωση ή κατ' άλλους απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, που στο τελικό της στάδιο φιλοδοξούσε να δώσει τη δυνατότητα σε κάθε καταναλωτή ηλεκτρικής ενέργειας να επιλέγει τον προμηθευτή του. Οι υποστηρικτές αυτής της ιδέας πιστεύουν ότι η βελτίωση της ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας και η ελάττωση του κόστους της μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τον ανταγωνισμό στην παραγωγή και τη διανομή της, δηλαδή να υπάρχουν πολλές εταιρίες παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και να αναπτύσσεται μεταξύ τους ανταγωνισμός. Η απελευθέρωση όμως της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι από τα πιο σύνθετα τεχνοοικονομικά προβλήματα, γιατί η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται και διανέμεται μέσω του δικτύου χωρίς να έχει συγκεκριμένες διευθύνσεις.

Συνεπώς, αφ' ενός για να γίνει δυνατή η επιλογή του προμηθευτή από τον καταναλωτή πρέπει να εξευρεθούν και να εφαρμοστούν συμπληρωματικές λειτουργίες στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, αφ' ετέρου η ποιότητα του ηλεκτρισμού και οι φυσικοί περιορισμοί του συστήματος επιβάλλουν αυστηρές προδιαγραφές για την ασφαλή λειτουργία του. Η δυνατότητα ανταγωνισμού στην παραγωγή έγινε δυνατή με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των στροβίλων και την πτώση των τιμών φυσικού αερίου. Αυτοί οι λόγοι κατέστησαν τις σχετικά μικρές μονάδες παραγωγής συνδυσμένου κύκλου ανταγωνιστικές των μεγάλων θερμικών μονάδων και ανέτρεψαν τη φιλοσοφία κατασκευής μεγάλων μονάδων για την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής η νομοθετική ρύθμιση του 1978 (Public Utilities Regulator Policy Act (PURPA)) εισήγαγε την ιδέα του ανταγωνισμού στην παραγωγή και η νομοθετική ρύθμιση του 1992 (E.P.A) επέβαλε ομοσπονδιακά και τον ανταγωνισμό στη διανομή. Η Καλιφόρνια από το 1998 έδωσε την δυνατότητα στους καταναλωτές να επιλέγουν τον προμηθευτή τους.

Ο νόμος περί ηλεκτρισμού το 1989 οδήγησε σε νέα δομή το ηλεκτρικό δίκτυο της Αγγλίας και Ουαλίας και σταδιακά επέτρεψε σε όλο και μικρότερους καταναλωτές να έχουν δυνατότητα επιλογής του προμηθευτή τους. Αυτή η δυνατότητα δόθηκε σε όλους τους καταναλωτές το 1998.

Οι χώρες της Λατινικής Αμερικής, στην προσπάθειά τους για προσέλκυση κεφαλαίων με στόχο τον εκσυγχρονισμό των ηλεκτρικών τους δικτύων, προχώρησαν στην ιδιωτικοποίηση των ηλεκτρικών τους συστημάτων, που στη Χιλή επισημοποιήθηκε το 1982 με τον αντίστοιχο νόμο περί ηλεκτρισμού.

Ο ενεργειακός νόμος του 1991 στη Νορβηγία διαχώρισε τη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας σε τρεις συνιστώσες: την παραγωγή, που ήταν απελευθερωμένη, το δίκτυο μεταφοράς και διανομής, που ρυθμίζονται σαν φυσικά μονοπώλια και τη διανομή, όπου εισήχθη ο ανταγωνισμός.

Από την πλευρά της Ευρωπαϊκής Ένωσης η ολοκλήρωση της ανταγωνιστικής ηλεκτρικής αγοράς είναι ένα σημαντικό βήμα για την ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας. Στα πλαίσια αυτά, μετά από εννέα χρόνια προσπαθειών για να ευρεθεί ένας συμβιβασμός, θεσπίστηκε η Ευρωπαϊκή Οδηγία για την ενέργεια στις 19 Φεβρουαρίου του 1997, που έπρεπε να υιοθετηθεί από τις εθνικές νομοθεσίες μέσα σε δύο χρόνια. Οι βασικές αρχές της είναι²⁷:

- 1) Κάθετα οργανωμένες ηλεκτρικές εταιρείες, δηλαδή εταιρείες που καλύπτουν και τους τρεις τομείς παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας να ανεξαρτητοποιηθούν αυτούς τους τομείς (unbundling).
- 2) Αποκλειστικά δικαιώματα εταιρειών να καταργηθούν
- 3) Όλοι οι πελάτες, ανεξάρτητοι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας και οποιοσδήποτε παράγει ή εμπορεύεται ηλεκτρική ενέργεια να έχει πρόσβαση στο δίκτυο μεταφοράς ή τροφοδοσίας ηλεκτρικής ενέργειας (third -party access).

Για την περίπτωση της Ελλάδας ισχύουν ειδικές ρυθμίσεις. Η απελευθέρωση του 28% περίπου της αγοράς άρχισε τη 19^η Φεβρουαρίου του 2001 και διευρύνθηκε στο 33% περίπου το 2003, με βάση τα σημερινά δεδομένα. Το 2006 θα αποφασιστήκαν τα περαιτέρω βήματα απελευθέρωσης της αγοράς με βάση τη μέχρι τότε εμπειρία.

Η τελευταία εξέλιξη των Σ.Π.Η.Ε. αφορά την ανάπτυξη της τεχνολογίας για τη βελτίωση της ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας, που τροφοδοτείται στους καταναλωτές. Οι συσκευές, που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό, είναι γνωστές με την ονομασία «συσκευές εξασφάλισης της ποιότητας ισχύος των καταναλωτών» (Custom Power ή Power Quality). Η αλλαγή των χαρακτηριστικών των φορτίων, που τα έκαναν ευάλωτα στις μικροδιαταραχές της τάσης, είναι η κύρια αιτία που επέβαλε την ανάπτυξη αυτών των συσκευών.

Στις χώρες, που προχώρησαν στην απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, η σχεδόν ανεξέλεγκτη εισαγωγή μονάδων παραγωγής, οδήγησε εκτός των άλλων και σε προβλήματα ελέγχου και ευστάθειας της τάσης. Επίσης, η ποιότητα της ηλεκτρικής ενέργειας, που τροφοδοτείται από τις ανεμογεννήτριες, είναι πολύ κακή

(μεταβαλλόμενη ισχύ, μεταβολές τάσης και συχνότητας, αρμονικές). Αλλά και η ανεξαρτητοποίηση του τομέα διανομής, δημιούργησε την ανάγκη για ανεξάρτητο έλεγχο της άεργου ισχύος στο επίπεδο της. Η αντιμετώπιση των προηγούμενων προβλημάτων μπορεί να γίνει με την αξιοποίηση της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών ισχύος, που προσφέρει τη δυνατότητα για φθηνότερη και περισσότερο αποδοτική αντιστάθμιση αέργου ισχύος. Έτσι, οι εταιρείες διανομής, έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν αναβαθμισμένης ποιότητας και αξιοπιστίας ηλεκτρική ενέργεια στους βιομηχανικούς και εμπορικούς τους πελάτες. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτών των ηλεκτρονικών ισχύος και η αντιμετώπιση της ευστάθειας τάσης είναι τα πιο πρόσφατα πεδία ερευνητικής δραστηριότητας στα Σ.Π.Η.Ε.

3.5. Δομή των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Π.Η.Ε.)

Οι κύριες συνιστώσες ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Οι σταθμοί παραγωγής και το σύστημα διανομής συνδέονται με γραμμές μεταφοράς, οι οποίες συνδέουν μεταξύ τους και διαφορετικά ηλεκτρικά συστήματα. Με τη λέξη μεταφορά νοείται η διακίνηση μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας με γραμμές υψηλής τάσης. Το σύστημα διανομής συνδέει όλα τα φορτία με τις γραμμές μεταφοράς χρησιμοποιώντας χαμηλή τάση. Για οικονομικούς και τεχνικούς λόγους, μεγάλα ηλεκτρικά συστήματα οργανώνονται σε μορφή ηλεκτρικά συνδεδεμένων περιοχών, που συνδέονται μεταξύ τους και αποτελούν το εθνικό δίκτυο.

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδος αποτελείται από το διασυνδεδεμένο σύστημα της ηπειρωτικής χώρας και τα ανεξάρτητα συστήματα της Κρήτης, Ρόδου και των υπόλοιπων μικρότερων νησιών. Η τάση εξόδου των γεννητριών είναι από 11 - 25 KV και αυξάνεται στην τάση μεταφοράς με τους μετασχηματιστές. Στην Ελλάδα για μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται τάση 400 KV, 150 KV και 66 KV, που χρησιμοποιείται στα ανεξάρτητα ηλεκτρικά συστήματα των νησιών.

Επιπλέον, το σύστημα μεταφοράς τροφοδοτεί και 23 μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές και διασύνδεει το ελληνικό δίκτυο με τα αντίστοιχα ηλεκτρικά συστήματα της πρώην Γιουγκοσλαβίας, Βουλγαρίας και Αλβανίας με γραμμές 400 KV και 150 KV. Το σύστημα διανομής περιλαμβάνει γραμμές μέσης τάσης, κυρίως στα 20 KV και 15 KV και ένα μικρό αριθμό γραμμών στα 22 KV και 6,6 KV στην περιοχή της Αττικής

και χαμηλής τάσης 380/220 V. Η διανομή τροφοδοτεί περίπου 6.000.000 καταναλωτές με γραμμές μήκους περίπου 170.000 Km²⁸.

3.6. Καύσιμα θερμοηλεκτρικών σταθμών

Οι θερμοηλεκτρικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελούν μία από τις δύο βασικές κατηγορίες και καλύπτουν, σήμερα, το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της παραγωγής. Καθοριστικός παράγοντας στη μελέτη και λειτουργία τέτοιων μονάδων είναι το καύσιμο που χρησιμοποιούν και που σαν πρωτογενής ενεργειακή πηγή. Στη συνέχεια, θα γίνει μία παράθεση των βασικών χαρακτηριστικών των πιο συνηθισμένων τύπων καυσίμων που χρησιμοποιούνται για να κατανοηθεί η οικονομική και τεχνολογική επίδραση τους στα συστήματα ηλεκτροπαραγωγής.

3.6.1. Γαιάνθρακες

Τα διάφορα είδη γαιανθράκων, αποτέλεσαν την ενεργειακή πηγή που στήριξε την βιομηχανική επανάσταση του περασμένου αιώνα. Η εντατική χρησιμοποίησή τους, συνεχίστηκε και στις αρχές του αιώνα, οπότε άρχισε η βαθμιαία αντικατάστασή τους με νέες, πιο εύχρηστες και αποδοτικές ενεργειακές πηγές. Πριν από μερικά χρόνια, η απότομη αύξηση της τιμής του πετρελαίου και οι γενικότερες δυσχέρειες στην απόκτησή του, οδήγησαν στην ανάγκη εκμετάλλευσης όλων των κατηγοριών ανθρακοφόρων κοιτασμάτων, πράγμα που είχε σαν αποτέλεσμα την επαναφορά του καυσίμου αυτού, στο οικονομικό και τεχνολογικό προσκήνιο.

Τα ανθρακοφόρα κοιτάσματα, δημιουργήθηκαν, σε γενικές γραμμές, από φυτικές ύλες, που σαν συνέπεια γεωλογικών μεταβολών, βρέθηκαν σε κατάλληλες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Η χημική σύσταση των γαιανθράκων περιλαμβάνει πολλές οργανικές ενώσεις με βάση τα στοιχεία άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο, χωρίς να υπάρχει αυστηρά καθορισμένη αναλογία. Πάντως, ανάλογα με τις φυσικές τους ιδιότητες και τη χημική τους σύσταση, οι γαιάνθρακες διακρίνονται σε τύρφη, λιγνίτες,

λιθάνθρακες, ανθρακίτη και γραφίτη, ενώ οι λιθάνθρακες, λεπτομερέστερα, διακρίνονται σε πισσούχους και υποπισσούχους άνθρακες.

Βασικό χαρακτηριστικό όλων των καυσίμων, είναι το ποσό θερμότητας που παράγεται όταν καίγονται. Για τη μέτρηση του ποσού αυτού και τη δυνατότητα σύγκρισης των τιμών του για τα διάφορα είδη καυσίμων, ορίζεται γενικά, σαν θερμογόνα δύναμη η ποσότητα ενέργειας που παράγεται από την καύση 1 kg καυσίμου. Συνήθως, η θερμογόνα δύναμη, μετριέται σε kcal/kg, J/kg, κλπ και, για τους γαιάνθρακες κυμαίνεται, ανάλογα με το είδος τους, από 4.000 έως 9.000 kcal/kg.

Η πρώτη ύλη για το σχηματισμό των γαιανθράκων είναι διάφορες φυτικές ουσίες που είτε κατέπεσαν στη θέση όπου είχαν αναπτυχθεί, είτε μεταφέρθηκαν από υδατικά ρεύματα. Η μετατροπή τους σε γαιάνθρακα, έγινε σε δύο στάδια²⁹:

- 1) Βιοχημική αποσύνθεση με βακτήρια και σχηματισμός τύρφης.
- 2) Συμπύκνωση τύρφης με απομάκρυνση νερού και διοξειδίου του άνθρακα με τη βοήθεια χημικών αντιδράσεων που ευνοήθηκαν από θερμοκρασία και πίεση.

Έτσι, στην πρώτη φάση αυτής της διαδικασίας, που μπορεί να ονομασθεί ανθρακοποίηση σχηματίζεται η τύρφη που είναι μία ατελής μορφή γαιάνθρακα και περιέχει μέχρι 80% νερό, ενώ, εξελικτικά, στη δεύτερη φάση, σχηματίζονται οι συμπαγέστερες μορφές που καταλήγουν (ανθρακίτης) σε περιεκτικότητα νερού 5%. Οι διαφορές στους τύπους γαιανθράκων που σχηματίζονται, οφείλονται:

- 1) Στις διάφορες αρχικές φυτικές ουσίες.
- 2) Στο βαθμό βιοχημικής αποσύνθεσης.
- 3) Στο βαθμό συμπύκνωσης της τύρφης που εξαρτάται από τις θερμοκρασίες και πιέσεις που επικράτησαν.

Η χημική σύσταση των διαφόρων τύπων γαιανθράκων, παίζει βασικό ρόλο στον προσδιορισμό της καταλληλότητας τους για διάφορες χρήσεις και αναλύεται κατά διάφορους τρόπους, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ισχύουν στις διάφορες χώρες.

Διευκρινίζεται ότι η τέφρα είναι το ανόργανο κατάλοιπο που παραμένει μετά από την τέλεια καύση όλων των καυσίμων υλών που περιέχονται στους γαιάνθρακες. Ακόμα, πρέπει να τονισθεί ότι κατά τη διάρκεια της ανθρακοποίησης, σπουδαίο ρόλο παίζει η απομάκρυνση του οξυγόνου. Έχει βρεθεί ότι το ποσοστό περιεκτικότητας σε άνθρακα μεταβάλλεται σχεδόν αντίθετα από το αντίστοιχο σε οξυγόνο. Έτσι στην

τύρφη, η περιεκτικότητα σε άνθρακα είναι περίπου ίση με την αντίστοιχη του ξύλου, δηλαδή της τάξης του 50%, ενώ στον ανθρακίτη η σχετική τιμή ξεπερνά το 90%.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι ταξινόμησης των γαιανθράκων, με διαφορετικά κριτήρια σε κάθε περίπτωση. Ένας από τους πιο συνηθισμένους είναι του Gruner, που θεωρεί βασικό χαρακτηριστικό την περιεκτικότητα σε άνθρακα, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.6.1.1

Πίνακας 3.6.1.1: Ταξινόμηση γαιανθράκων κατά Gruner

Είδος	Περιεκτικότητα σε C
1. Ανθρακίτης	92%
2. Λιθάνθρακες (πισσούχοι)	80 - 85 %
3. Λιθάνθρακες (υποπισσούχοι)	75%
4. Λιγνίτες	65%
5. Τύρφη	50%

Πηγή: Κάλφας, 1983

Μία άλλη ταξινόμηση, που χρησιμοποιείται βασικά στη Μ. Βρετανία, είναι εκείνη που στηρίζεται στην περιεκτικότητα σε πτητική ύλη στους 1.200° C ξηρού και ελεύθερου τέφρας γαιάνθρακα και στον χαρακτήρα του υπολείμματος μετά από απανθράκωση του ίδιου γαιάνθρακα στους 900° C. Ο χαρακτήρας αυτού του υπολείμματος, δίνεται κατά Gray - King με κεφαλαία γράμματα που αντιπροσωπεύουν, σύμφωνα με σχετικό κώδικα, την συμπεριφορά του. Πιο συγκεκριμένα, τα γράμματα αυτά, δίνουν το μέτρο του «caking», δηλαδή της τάσης των σβώλων του γαιάνθρακα να μαλακώνουν, να κονιοποιούνται, να κολλούν μεταξύ τους με θέρμανση και να διογκώνονται .

Οι γαιάνθρακες, όπως όλα τα καύσιμα, καίγονται με παρουσία κατάλληλης ποσότητας αέρα, ώστε να απελευθερώνεται σε ικανοποιητικό βαθμό η θερμότητα που παράγεται. Η θερμότητα αυτή, στη συνέχεια, μεταδίδεται στο «μέσο» που πραγματοποιεί το αντίστοιχο θερμικό κύκλο , με τη βοήθεια εναλλακτών θερμότητας. Στα πρώτα χρόνια της χρησιμοποίησής τους, οι άνθρακες καίγονταν σε στερεή μορφή,

πάνω σε ειδικές «σχάρες», ενώ στις αρχές του αιώνα άρχισε να εφαρμόζεται η κονιοποίηση τους, έτσι ώστε να καίγονται σε λεπτότερο καταμερισμό³⁰.

Για την κανονική καύση των γαιανθράκων, αλλά και των άλλων καυσίμων, πρέπει να ικανοποιούνται τέσσερις βασικές προϋποθέσεις. Στην αρχή, είναι ανάγκη η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο χώρο καύσης να είναι αρκετά υψηλή, ώστε να μπορεί να αναφλέξει το μείγμα καυσίμου και αέρα που βρίσκεται μέσα σε αυτόν. Στη συνέχεια, πρέπει το καύσιμο και ο αέρας να έχουν ικανοποιητικά αναμειχθεί, ώστε να πραγματοποιηθεί πλήρης καύση του καυσίμου, ενώ, ταυτόχρονα, πρέπει η μεταξύ τους ποσοτική αναλογία να είναι με ακρίβεια ρυθμισμένη. Τέλος, για να ολοκληρωθεί η διαδικασία της καύσης, πρέπει να υπάρχει ο αναγκαίος χρόνος πράγμα που σημαίνει σωστό υπολογισμό των διαστάσεων του θαλάμου καύσης.

Για την καύση του γαιάνθρακα σε στερεή μορφή, το καύσιμο τοποθετείται σε σχάρες και διοχετεύεται ο αέρας έτσι ώστε να αναμειγνύεται με αυτό, σύμφωνα με τις παραπάνω προϋποθέσεις. Μετά την καύση, είτε με συνεχή μετακίνηση της σχάρας, είτε με διεύρυνση των ανοιγμάτων της, απομακρύνεται η τέφρα που σχηματίστηκε.

Αν ο γαιάνθρακας πρόκειται να καεί σε κονιοποιημένη μορφή, τότε εισάγεται στο χώρο καύσης με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων σε ανάμειξη με ρεύμα αέρα. Ο αέρας αυτός συμπληρώνεται με άλλες ποσότητες που οδηγούνται κατ' ευθεία στο χώρο καύσης, για να επιτευχθεί η σωστή αναλογία. Η τέφρα που δημιουργείται στην περίπτωση αυτή, είτε συγκεντρώνεται στο κάτω μέρος του θαλάμου, είτε αιωρείται για να απομακρυνθεί από την καπνοδόχο, ενώ μέρος της αποτίθεται στις εσωτερικές επιφάνειες του λέβητα. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής, προκύπτει από το γεγονός ότι με την κονιοποίηση, αυξάνεται η ελεύθερη επιφάνεια του καυσίμου που είναι εκτεθειμένη για την καύση, που έτσι γίνεται πληρέστερη και σε λιγότερο, σχετικά, χρόνο³¹.

3.6.2. Πετρέλαιο

Το πετρέλαιο, στις διάφορες μορφές του, αποτελεί, χωρίς αμφιβολία, το σπουδαιότερο καύσιμο της εποχής και επηρεάζει άμεσα το οικονομικό και πολιτιστικό επίπεδο των διάφορων κρατών. Η ευρύτατη χρήση του συνάντησε σοβαρά προβλήματα στα τελευταία χρόνια όταν παρατηρήθηκαν συνεχείς ανατιμήσεις του που οδήγησαν σε δραστικούς περιορισμούς των ποσοτήτων που προσφέρονται στην κατανάλωση. Η κατάσταση αυτή οδήγησε στην εντατικοποίηση των προσπαθειών για την υποκατάσταση του από άλλες ενεργειακές πηγές, χωρίς όμως εντυπωσιακά, μέχρι τώρα αποτελέσματα.

Στη φύση το πετρέλαιο βρίσκεται με τη μορφή του αργού πετρελαίου και η χημική του σύσταση είναι κατά βάση υδρογονάνθρακες και παράγωγα τους με θείο, άζωτο και οξυγόνο. Υπάρχουν διάφορες ποιότητες αργού πετρελαίου, ανάλογα με τα συστατικά που περιέχουν και τις ιδιότητες που αντίστοιχα εμφανίζουν.

Στον ελληνικό χώρο, δημιουργήθηκαν τα τελευταία χρόνια προϋποθέσεις για την εκμετάλλευση κοιτασμάτων που εντοπίστηκαν. Οι σχετικές προσπάθειες βρίσκονται ακόμα σε εξέλιξη και οι προβλέψεις είναι ότι δεν θα υπάρξει παραγωγή στο ύψος των αναμενόμενων ποσοτήτων, που και αυτές δεν αντιστοιχούν παρά σε μικρό μέρος των ετήσιων αναγκών της χώρας. Σημειώνεται ότι οι ανάγκες αυτές ανέρχονταν σε 8.000.000 τόνους, ενώ 15% της ποσότητας αυτής, περίπου, καταναλώνεται, για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες σχετικά με την δημιουργία των πετρελαιοφόρων στρωμάτων. Οι επικρατέστερες συμφωνούν στην άποψη ότι αρχική ύλη ήταν ζωικές ή φυτικές ουσίες που αποσυντέθηκαν και μεταμορφώθηκαν με την πάροδο του χρόνου σε πετρέλαιο, με την επίδραση πίεσης και θερμοκρασίας.

Τα αποθέματα του πετρελαίου, συγκεντρώνονται σε πορώδη πετρώματα που καλύπτονται στο επάνω μέρος από αδιαπέραστα στρώματα. Συνήθως κάτω από το πετρέλαιο υπάρχει νερό και στο επάνω μέρος του κοιτάσματος θύλακες με συμπιεσμένα φυσικά αέρια. Η πίεση αυτή ωθεί τα αέρια και το πετρέλαιο προς την

επιφάνεια του εδάφους, μετά την σχετική γεώτρηση που διαμορφώνει την έξοδο προς το περιβάλλον. Η εξάντληση της πίεσης, δημιουργεί την ανάγκη άντλησης μέχρι να γίνει πλήρης εκμετάλλευση του κοιτάσματος³².

Από τα διάφορα παράγωγα του αργού πετρελαίου που προκύπτουν κατά την κλασματική του απόσταξη, ενδιαφέρον για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει το πετρέλαιο diesel. Βασικές ιδιότητες αυτού του τύπου πετρελαίου είναι χαμηλό ιξώδες, μεγάλη θερμογόνα δύναμη και αμελητέα ποσότητα τέφρας κατά την καύση. Η θερμογόνα δύναμη κυμαίνεται από 9.500 μέχρι 10.500 kcal/kg, ανάλογα με την προέλευση και την ποιότητα του πετρελαίου.

Σύμφωνα με τις Αμερικανικές Προδιαγραφές, το πετρέλαιο αυτό ταξινομείται σε έξι τάξεις που διαφέρουν στις βασικές τους ιδιότητες. Η τελευταία από τις έξι αυτές τάξεις χρησιμοποιείται συνήθως σαν καύσιμο στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Οι βασικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν το πετρέλαιο diesel αλλά και όλα γενικώς τα πετρελαιοειδή, είναι³³:

- 1) Ειδικό βάρος. Εκφράζεται με βάση μία αυθαίρετη κλίμακα σε βαθμούς API (American Petroleum Institute) ή σε βαθμούς Baume. Μετριέται σε kcal/kg και για τον προσδιορισμό της χρησιμοποιούνται εμπειρικοί τύποι που έχουν συνήθως σαν παράμετρο το ειδικό βάρος.
- 2) Η χαμηλότερη θερμοκρασία όπου οι ατμοί του πετρελαίου, που συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του, αναφλέγονται στιγμιαία με την προσέγγιση φλόγας.
- 3) Η ελάχιστη θερμοκρασία όπου το πετρέλαιο ρέει. Χρήσιμη παράμετρος για τη μελέτη αντλιών και σωληνώσεων.
- 4) Εκφράζεται σε οποιαδήποτε από τις μονάδες που ισχύουν για τα άλλα ρευστά.
- 5) Περιεκτικότητα σε θείο Εκφράζεται σε ποσοστιαία αναλογία βάρους και επιδρά στη διαδικασία διάβρωσης των διατάξεων διακίνησης του πετρελαίου. Ακόμα επιδρά στη μόλυνση του περιβάλλοντος.
- 6) Μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία και συνήθως κυμαίνεται από 0,4 μέχρι 0,5 Btu ανά lb και °F.

Με βάση τις γενικές προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν για τους γαιάνθρακες, το πετρέλαιο οδηγείται στο θάλαμο καύσης σε μορφή πολύ μικρών σταγονιδίων με τη βοήθεια ανάλογων διατάξεων και κατασκευών. Ο λεπτός αυτός καταμερισμός γίνεται είτε με εξαέρωση με τη βοήθεια θερμότητας, είτε με μηχανική εκτόξευση. Η τελευταία μέθοδος, που είναι πιο οικονομική, προϋποθέτει χρησιμοποίηση συμπιεσμένου αέρα ή ατμού, ή εξαναγκασμό του καυσίμου να περάσει από μικρής διατομής ακροφύσια.

Για να φθάσει στη διάταξη καύσης, το πετρέλαιο ξεκινά από δεξαμενές, όπου αποθηκεύεται σε ποσότητες ανάλογες με τις ανάγκες και τον τρόπο ανεφοδιασμού του Σταθμού παραγωγής Η.Ε., οδηγείται σε αντλίες, στη συνέχεια θερμαίνεται για να αποκτήσει θερμοκρασία κατάλληλη για την καύση και, τέλος, αφαιρείται από αυτό η υγρασία που ενδεχόμενα περιέχει.

Στην περίπτωση των Μηχανών Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ.), η εισαγωγή του πετρελαίου στο θάλαμο καύσης γίνεται με τη βοήθεια βαλβίδων από όπου περνά σε μορφή μείγματος με τον αέρα που χρειάζεται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας της καύσης.

3.6.3. Αέρια καύσιμα

Ως αέρια καύσιμα νοούνται τα φυσικά αέρια που έχουν δημιουργηθεί με διαδικασίες παρόμοιες με εκείνες του πετρελαίου και συνήθως βρίσκονται στις ίδιες περιοχές με αυτό. Έτσι ο εντοπισμός και η ανεύρεση τους συμβαδίζει, στις περισσότερες περιπτώσεις, με τις αντίστοιχες διαδικασίες που ακολουθούνται για το πετρέλαιο.

Τα αέρια αυτά που σαν καύσιμο έχουν οικονομικά πλεονεκτήματα, εμφανίζουν δυσχέρειες στη μεταφορά τους, που συνήθως γίνεται με τη βοήθεια αγωγών και συγκροτημάτων συμπίεσης κατά μήκος της διαδρομής τους. Από τις συνολικές διαθέσιμες σήμερα ποσότητες, ποσοστό 15% περίπου χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση, 6% για θέρμανση, ενώ 10% μόνο καταναλώνεται σε μικρές θερμοηλεκτρικές μονάδες. Στη σύσταση τους κυρίως συμμετέχει το μεθάνιο και σε μικρότερο ποσοστό το αιθάνιο, ενώ η θερμότητα τους, δύναμη κυμαίνεται από 7.000 ως 12.000 kcal/kg³⁴.

Η χρησιμοποίηση των φυσικών αερίων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι, όπως αναφέρθηκε, πολύ περιορισμένη, γιατί προσφέρονται για απευθείας παραγωγή θερμότητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές χωρίς τις απώλειες που προκύπτουν από την απόδοση των θερμοηλεκτρικών διαδικασιών. Αξίζει να σημειωθεί πως η απόδοση αυτή δεν υπερβαίνει το 35%, που σημαίνει ότι για την παραγωγή μιας μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας απαιτούνται περίπου τρεις μονάδες ενέργειας του καυσίμου. Πάντως σημειώνεται ότι η χρησιμοποίηση των φυσικών αερίων ακολουθεί ανοδική πορεία και συνεχώς πυκνώνονται, ιδιαίτερα στην Ευρώπη και τη Β. Αμερική, τα δίκτυα διακίνησής τους³⁵.

3.6.4. Πυρηνικά καύσιμα

Πυρηνικά καύσιμα ονομάζονται τα στοιχεία εκείνα που με τη διάσπαση του πυρήνα τους κατά τρόπο ελεγχόμενο, παράγουν ενέργεια σε μορφή θερμότητας. Τέτοια στοιχεία είναι βασικά το Ουράνιο (U) και κατά δεύτερο λόγο το Θόριο (Th). Είναι φανερό πως για τα καύσιμα αυτά, δεν υπάρχει καύση με τη συμβατική έννοια του όρου, αλλά μία εξώθερμη πυρηνική αντίδραση.

Το Ουράνιο βρίσκεται σε πολλές περιοχές της γης, με τη μορφή ορυκτού οξειδίου. Τα πλουσιότερα κοιτάσματα είναι συγκεντρωμένα στο Κογκό, το Β. Καναδά και τις Η.Π.Α. Το στοιχείο U, αποτελείται βασικά από τα ισότοπα U-238 και U-235, σε αναλογίες βαρών 99,3 και 0,7%, αντίστοιχα. Από αυτά, μόνο το U-235 έχει τη δυνατότητα διάσπασης και, συνεπώς, είναι στην ουσία το «καύσιμο». Για τη διευκόλυνση της αντίδρασης και την απλούστευση των κατασκευών, γίνεται «εμπλουτισμός» του Ουρανίου, δηλαδή αύξηση του ποσοστού του ισότοπου U-235 που περιέχεται στο φυσικό Ουράνιο, με φυσικές, κυρίως, διαδικασίες.

Από πλευράς θερμογόνας δύναμης, σημειώνεται ενδεικτικά ότι ένας τόννος Ουρανίου ισοδυναμεί, από την άποψη της θερμότητας που μπορεί να ελευθερώσει, με 100.000 τόνους άνθρακα.

Στην Ελλάδα, υπάρχουν αποθέματα Ουρανίου, κυρίως στις βόρειες περιοχές χωρίς να είναι σίγουρο ότι είναι εκμεταλλεύσιμα, με τα σημερινά στοιχεία. Σημειώνεται εδώ

ότι η επεξεργασία της πρώτης ύλης (ορυκτά), ο εμπλουτισμός και γενικά όλη η διαδικασία της διακίνησης του πυρηνικού καύσιμου, βρίσκεται οπωσδήποτε πολύ έξω από τις ελληνικές οικονομικές και τεχνολογικές δυνατότητες. Έτσι, ακόμα και μεγάλα αποθέματα αν υπάρχουν, η εκμετάλλευσή τους θα ήταν οπωσδήποτε αντικείμενο κάποιας εξωτερικής εξάρτησης³⁶.

Κεφάλαιο 4 - Εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

4.1. Εργοστάσια παραγωγής ενέργειας βασικού ηλεκτρικού φορτίου

4.1.1. Οι θερμικοί σταθμοί άνθρακα

Ο άνθρακας είναι η πρωταρχική πηγή ενέργειας για τις περισσότερες χώρες στον κόσμο. Ωστόσο, ένα βασικό πρόβλημα στην χρήση του άνθρακα είναι οι εκπομπές των διαφόρων ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των αερίων που προκαλούν όξινη βροχή και οι εκπομπές CO₂, ένα βασικό παράγοντα για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Οι περισσότερες μονάδες παραγωγής ενέργειας από άνθρακα είναι σχεδιασμένες να παράγουν ατμό αυξάνοντας την αποδοτικότητα σε περίπου 50%³⁷.

Ο θερμικός σταθμός παραγωγής ενέργειας βασικού ηλεκτρικού φορτίου, λειτουργεί βασιζόμενος στην μετακίνηση του ατμού. Το νερό θερμαίνεται, μετατρέπεται σε ατμό και με τη σειρά του περιστρέφει ένα στρόβιλο ατμού όποιος καθοδηγεί την ηλεκτρική γεννήτρια. Οι θερμικοί σταθμοί μεταβάλλονται αναλόγως του καυσίμου το οποίο χρησιμοποιείται ενώ συνήθως είναι και ο ορισμός τους ως ενεργειακά κέντρα καθώς τέτοιου είδους εγκαταστάσεις μετατρέπουν τις μορφές θερμότητας ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Μια σημαντική κατηγορία θερμικών σταθμών παραγωγής ενέργειας παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης με εγκαταστάσεις αφαλάτωσης.

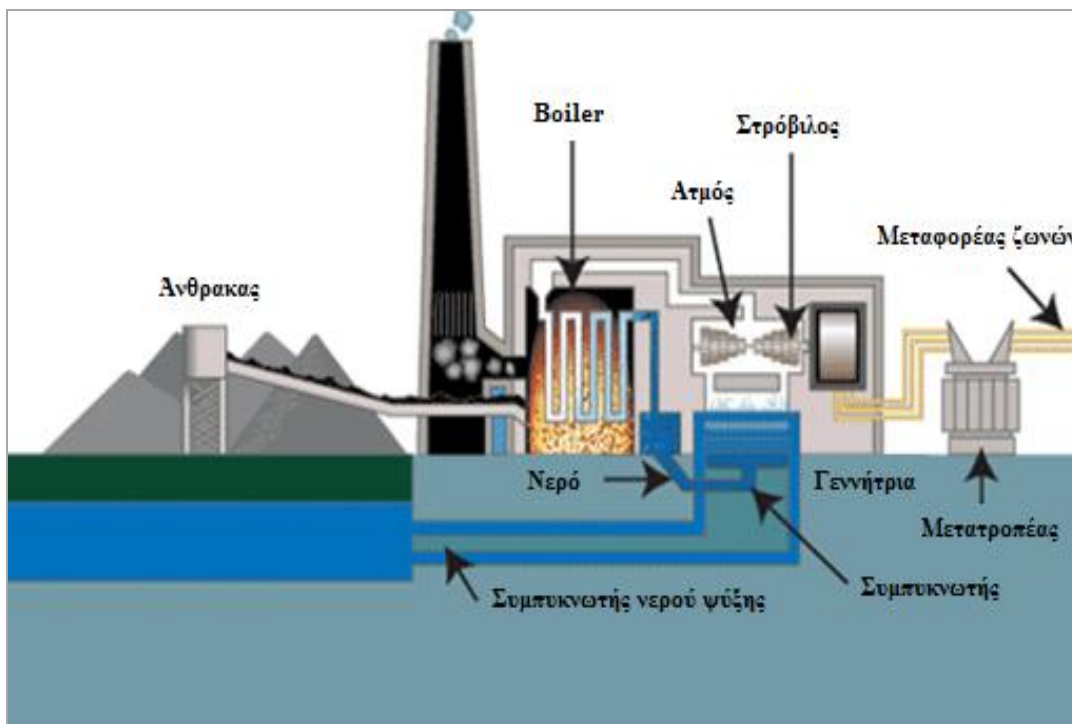
Η ηλεκτρική αποδοτικότητα ενός συμβατικού θερμικού σταθμού παραγωγής που παράγει εμπορεύσιμη ενέργεια χαρακτηρίζεται ως αρκετά ικανοποιητική. Δεδομένου ότι η αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων περιορίζεται πλήρως από την αναλογία των απόλυτων θερμοκρασιών του ατμού στην εισαγωγή και την παραγωγή στροβίλων, οι βελτιώσεις αποδοτικότητας απαιτούν τη χρήση της υψηλότερης θερμοκρασίας και επομένως υψηλότερη πίεση ατμού.

Οι περισσότεροι θερμικοί σταθμοί χρησιμοποιούν τον άνθρακα καθώς επίσης και οι περισσότερες φυσικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας αερίου είναι θερμικές.

Ο ακατέργαστος άνθρακας, που μπορεί να είναι διαφόρων μεγεθών, μεταφέρεται από ορυχεία άνθρακα στους θερμικούς σταθμούς με φορτηγά, φορτηγίδες, σκάφη μαζικού φορτίου, μέσω του σιδηροδρομικού δικτύου κλπ. Στη συνέχεια ο άνθρακας

μεταβιβάζεται στους θραυστήρες που τον συνθλίβουν σε μέγεθος μιας ίντσας $\frac{3}{4}$ (6 χιλ.). Ο συντριμμένος άνθρακας στέλνεται έπειτα από τους μεταφορείς ζωνών σε έναν σωρό αποθήκευσης αφού έχει συμπιεστεί αποφεύγοντας μ' αυτόν τον τρόπο την ανάφλεξη. Ο συντριμμένος άνθρακας μεταβιβάζεται από το σωρό αποθήκευσης στα σιλό ή τις χοάνες στους λέβητες από ένα άλλο σύστημα μεταφορέων ζωνών ξεκινώντας τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας³⁸.

Σχήμα 4.1.1.1: Θερμικός σταθμός άνθρακα



Πηγή: Ghosh et al, 2009

Η θερμότητα που παράγεται από την κατανάλωση (καύση) των καυσίμων, μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια με δύο βασικές διαδικασίες. Στην πρώτη, με τη βοήθεια της θερμότητας θερμαίνεται και ατμοποιείται νερό, σε ποσότητες ανάλογες με το μέγεθος της ομάδας. Ο ατμός που δημιουργείται, οδηγείται σε διάταξη όπου η εσωτερική του ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική, προκαλώντας την περιστροφή του άξονα της γεννήτριας. Η δεύτερη διαδικασία δεν έχει καθόλου σχέση με ατμό. Το

καύσιμο καταναλώνεται (καίγεται) μέσα σε μηχανή που μετατρέπει την ενέργεια των καυσαερίων σε κινητική και προκαλεί έτσι την περιστροφή του άξονα.

Το κοινό χαρακτηριστικό για όλες τις θερμοηλεκτρικές μονάδες είναι η καύση των διαφόρων τύπων καυσίμων που επηρεάζει βασικά την μελέτη και κατασκευή των σχετικών εγκαταστάσεων³⁹.

4.1.1.1. Θερμικοί σταθμοί με αεριοστροβίλους

Οι αεριοστροβίλοι είναι περιστροφικές μηχανές όπως οι ατμοστροβίλοι και ανήκουν στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ.) οι οποίες θα αναλυθούν σε επόμενη ενότητα. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι ελαφρύ πετρέλαιο με απόσταξη αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο βαρύτερο πετρέλαιο όσο και φυσικό αέριο.

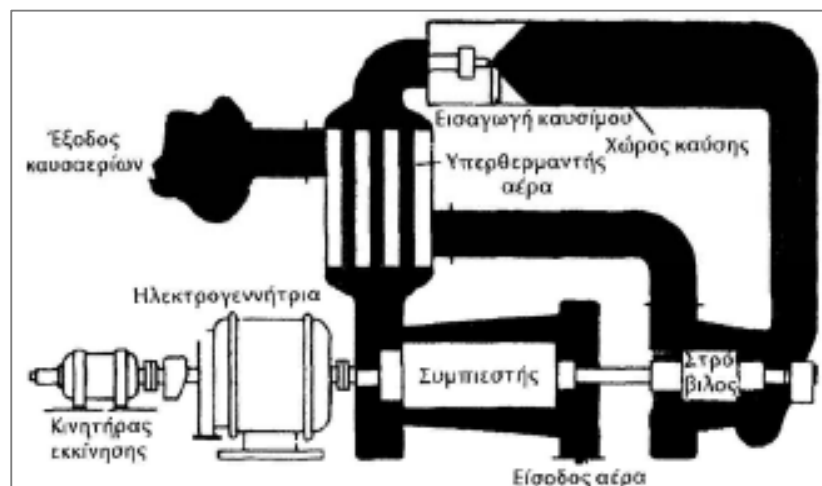
Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες αεριοστροβίλων (ανοικτού, κλειστού, μικτού κυκλώματος) αλλά σήμερα χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά οι αεριοστροβίλοι ανοικτού κυκλώματος. Τα βασικά πλεονεκτήματα των αεριοστροβίλων σε σχέση με τους ατμοστροβίλους είναι⁴⁰:

- 1) Οι ατμοστροβίλοι είναι απλούστερες μηχανές οπότε χρειάζονται λιγότερο και λιγότερο ειδικευμένο προσωπικό και απλούστερη συντήρηση.
- 2) Δεν χρειάζονται νερό τροφοδοσίας.
- 3) Ξεκινούν εύκολα και γρήγορα φτάνουν στην πλήρη φόρτιση με αποτέλεσμα να μπορούν να εξυπηρετήσουν αιχμές φορτίου.
- 4) Έχουν χαμηλές πιέσεις λειτουργίας.

Τα βασικά μειονεκτήματα των αεριοστροβίλων σε σχέση με τους ατμοστροβίλους είναι

- 1) Τα καύσιμά τους είναι ακριβά.
 - 2) Έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης.
-

Σχήμα 4.1.1.1: Λειτουργία αεριοστρόβιλου



Πηγή: Καμπουράζος, 2004

Ο αεριοστρόβιλος αποτελείται από έναν κύριο άξονα που στην μια του άκρη έχει τον κυρίως αεριοστρόβιλο και στην άλλη έναν περιστροφικό συμπιεστή. Ο αεριοστρόβιλος στρέφει τον άξονα, παρασύροντας τον συμπιεστή σε περιστροφή, συγχρόνως με το φορτίο που είναι η ηλεκτρογεννήτρια. Στον συμπιεστή εισάγεται ατμοσφαιρικός αέρας, ο οποίος με την περιστροφή των πτερυγίων του συμπιεστή συμπιέζεται και θερμαίνεται. Βγαίνοντας από τον συμπιεστή ο αέρας μπαίνει στον θάλαμο καύσης, όπου κατά ένα μέρος του ανακατεύεται με τα καυσαέρια, κατεβάζει την θερμοκρασία τους και το μίγμα εκτονώνεται στις διαδοχικές βαθμίδες του στρόβιλου προκαλώντας την περιστροφή τους.

Στην εκκίνηση το όλο σύστημα χρειάζεται εξωτερική επέμβαση που πραγματοποιείται με ηλεκτροκινητήρα που παραμένει συνδεδεμένος μέχρι να αποκτήσει ο αεριοστρόβιλος ορισμένο αριθμό στροφών και να αυτοσυντηρείται. Σε σύγκριση με τις μηχανές Diesel ο αεριοστρόβιλος έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- 1) Δεν έχει τμήματα που εκτελούν παλινδρομικές κινήσεις με αποτέλεσμα απλούστερη κατασκευή και ελάχιστες μηχανικές απώλειες.
- 2) Δεν παρουσιάζονται προβλήματα ζυγοστάθμισης και έδρασης.
- 3) Η συντήρηση είναι απλούστερη και φθηνότερη.

- 4) Δεν χρειάζεται νερό ψύξης.
- 5) Δεν υπάρχουν μεγάλες πιέσεις.
- 6) Η λειτουργία είναι πιά ομαλή και αθόρυβη.

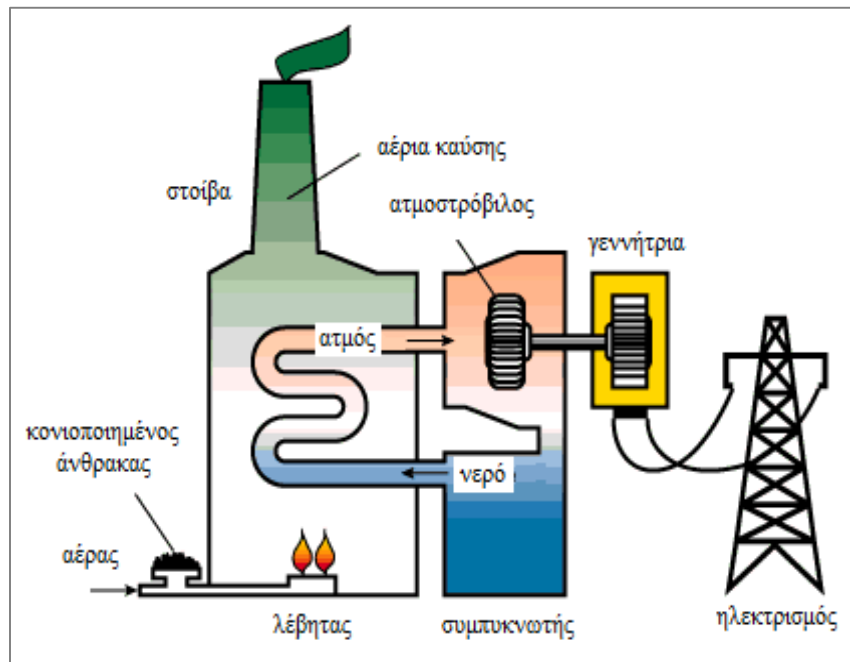
Υπάρχει όμως και ένα σοβαρό μειονέκτημα που είναι ο μικρός βαθμός απόδοσης της τάξης του 20% που μπορεί να αυξηθεί στο 35% με πρόσθετες βελτιώσεις που όμως αυξάνουν σοβαρά την πολυπλοκότητα και τις απαιτήσεις.

4.1.1.2. Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής

Η καύση γαιάνθρακα (λιθάνθρακες, λιγνίτης, τύρφη) ή πετρελαίου (ντίζελ, μαζούτ) ή φυσικού αερίου στους λέβητες παράγει ατμό υψηλής θερμοκρασίας (540 -570°C) και πίεσης (160at), που τροφοδοτεί τους αμοστρόβιλους. Επίσης, η θερμική ενέργεια, που προκύπτει από την πυρηνική σχάση, χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού για τους αμοστρόβιλους. Συνηθισμένος είναι ο τύπος στροβίλου με αξονική ροή και διαφορετικά κελύφη και στροφεία στον ίδιο άξονα.

Ο κύκλος του Rankine αξιοποιείται στη λειτουργία των ατμοηλεκτρικών σταθμών, τροποποιημένος όμως ώστε να περιλαμβάνει και υπέρθερμο ατμό, τροφοδοσία θερμού νερού και αναθέρμανση ατμού. Αύξηση της θερμικής απόδοσης επιτυγχάνεται με τη χρήση ατμού στην υψηλότερη δυνατή πίεση και θερμοκρασία. Το κόστος κεφαλαίου ελαττώνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος των στροβίλων, γι' αυτό κατασκευάζονται σήμερα στρόβιλοι 500 MW και μεγαλύτεροι. Η απόδοση τους αυξάνει με αναθέρμανση του ατμού, από εξωτερική πηγή θερμότητας, αφού προηγουμένως έχει εκτονωθεί μερικώς στην πρώτη βαθμίδα. Ο αναθερμασμένος ατμός κατόπιν ανατροφοδοτείται στο στρόβιλο και εκτονώνεται στις τελευταίες βαθμίδες του στροβίλου. Η ροή θερμικής ενέργειας σε ένα σύγχρονο ατμοηλεκτρικό σταθμό φαίνεται στο σχήμα 4.1.1.2.

Σχήμα 4.1.1.2: Ροή θερμικής ενέργειας σε ένα σύγχρονο ατμοηλεκτρικό σταθμό



Πηγή: Oncor, 212

Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής είναι οι πιο οικονομικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες ποσότητες. Ο ατμοηλεκτρικός σταθμός λειτουργεί σε πολύ γενικές γραμμές ε τον εξής τρόπο: Σε έναν πολύ μεγάλο λέβητα θερμαίνεται νερό με την θερμότητα που παράγεται από την καύση του καυσίμου (πχ. λιγνίτης) και ατμοποιείται. Ο παραγόμενος ατμός οδηγείται στον ατμοστρόβιλο και τον αναγκάζει να περιστραφεί. Στον άξονα του στρόβιλου συνδέεται ο άξονας της ηλεκτρικής γεννήτριας που περιστρέφεται και παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Το καύσιμο (λιγνίτης χαμηλής θερμογόνου δύναμης), οδηγείται με ταινιόδρους στο σιλό των μύλων, απ' όπου με ειδικό εξοπλισμό (τροφοδότες) καταλήγει στους μύλους όπου αλέθεται. Ο λιγνίτης υπό μορφή σκόνης οδηγείται για καύση σε ειδικούς καυστήρες οι οποίοι θερμαίνουν τους ατμολέβητες για ατμοποίηση του νερού.

Ο ατμολέβητας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού ύδατος λειτουργεί σε 540 βαθμούς Κελσίου και πίεσης 170 ατμοσφαιρών (υπέρθερμος ατμός). Ο ατμός αυτός οδηγείται με αμαγωγούς στο στρόβιλο τον οποίο και στρέφει με 3.000 στροφές το λεπτό. Ο ατμός μετά την εκτόνωσή του στο στρόβιλο, συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή και μέσω προθερμαντών νερού οδηγείται ξανά στο λέβητα για να συνεχίσει την ίδια διαδικασία. Ο ατμοστρόβιλος στρέφει τη γεννήτρια, η οποία παράγει ηλεκτρικό ρεύμα. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, μέσω του μετασχηματιστή

ανύψωσης 20 kV/400 kV, καταλήγει στο Εθνικό Δίκτυο διαμέσου των Κέντρων Υπερυψηλής Τάσης (KYT)⁴¹.

Παρά τη συνεχή βελτίωση των υλικών και της σχεδίασης των λεβήτων, η φύση του θερμικού κύκλου είναι τέτοια, ώστε η απόδοση είναι σχετικά μικρή, περίπου 40% για τις μεγάλες μονάδες, ενώ μεγάλες ποσότητες θερμότητας χάνονται στο συμπυκνωτή.

Στους σταθμούς που χρησιμοποιούν κάρβουνο, αυτό κονιοποιείται με ειδικούς μύλους σε κόκκους συγκεκριμένων διαστάσεων. Το κονιοποιημένο καύσιμο καίγεται στον καυστήρα, αφού αναμιχθεί με προθερμασμένο αέρα. Ο ατμός στην έξοδο της βαθμίδας χαμηλής πίεσης του στροβίλου συμπυκνώνεται σε νερό 35° C στο συμπυκνωτή, που χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες θαλασσινού νερού ή νερού ποταμών αν υπάρχουν. Για την αποβολή της θερμότητας που δεν χρησιμοποιήθηκε, χρησιμοποιούνται μεγάλοι πύργοι ψύξης, που αποβάλλουν τη θερμότητα στο περιβάλλον. Μια στροβιλογεννήτρια 660 MW για τη ψύξη της κυκλοφορεί νερό με ρυθμό 15 m³/sec και για την αναπλήρωση του νερού που εξατμίζεται στο πύργο ψύξης απαιτούνται 25000 m³/ημέρα νερό.

Τα αέρια καύσης των γαιανθράκων περιέχουν οξειδία του θείου σε ποσοστό όγκου 0,2 – 0,3% και ρυπαίνουν το περιβάλλον. Ο χρησιμοποιούμενος λιγνίτης έχει πολύ μεγαλύτερες ποσότητες θείου, γι' αυτό εγκαθίστανται ειδικά ηλεκτροστατικά φίλτρα κατακράτησης θείου⁴².

Οι ατμοηλεκτρικές μονάδες ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των θερμικών, πράγμα που σημαίνει ότι η βασική ενεργειακή μορφή που εμφανίζεται στη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είναι η θερμότητα. Η ενέργεια αυτή, προέρχεται από την καύση των καυσίμων, και οι διάφοροι ενεργειακοί μετασχηματισμοί που ακολουθούν αποτελούν ένα θερμικό κύκλο, δηλαδή μία περιοδική, κλειστή διαδοχή μεταβολών. Οι μεταβολές αυτές, πραγματοποιούνται με τη βοήθεια συγκεκριμένου υλικού μέσου, που, στη συγκεκριμένη περίπτωση, είναι το νερό.

Βασικά χαρακτηριστικά του θερμικού κύκλου, είναι η θερμότητα που προσάγεται στο σύστημα και το ωφέλιμο έργο που αποδίδεται καθώς και η απόδοση του που προκύπτει από τα δύο προηγούμενα χαρακτηριστικά⁴³.

4.1.1.3. Θερμικοί σταθμοί με μηχανές εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ.)

Οι μονάδες αυτές αντιπροσωπεύουν μικρή σχετικά συμμετοχή στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις. Σε αντίθεση με τις ατμοηλεκτρικές, εδώ η κίνηση στον άξονα της γεννήτριας παρέχεται από μία Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ.) που είναι, συγκριτικά, πολύ μικρότερη και απλούστερη από το συγκρότημα ατμογεννήτρια - στρόβιλος. Οι μηχανές αυτές, χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε άλλες εφαρμογές και μπορεί να λεχθεί ότι πάνω από 90% της ισχύος που χρειάζεται για την κίνηση, σε όλες τις μορφές της, παρέχεται από τέτοιες μηχανές διαφόρων τύπων.

Στη λειτουργία των ΜΕΚ, μίγμα καυσίμου και αέρα συμπιέζονται σε «κυλίνδρους» με τη βοήθεια «εμβόλων» και αναφλέγονται. Η καύση του μίγματος, δημιουργεί μεγάλες πιέσεις που αναγκάζουν τα ίδιο έμβολα να κινηθούν αντίθετα, δημιουργώντας έτσι παλινδρομική κίνηση. Η κίνηση αυτή, με τη βοήθεια κατάλληλου μηχανισμού, μετατρέπεται σε περιστροφική και με σύνδεση του κύριου άξονα της μηχανής γίνεται η μετάδοση, της κίνησης ανάλογα με την αντίστοιχη εφαρμογή.

Πρέπει να σημειωθεί ότι και στις ΜΕΚ, η θερμότητα εμφανίζεται σαν βασική, ενδιάμεση, ενεργειακή μορφή και συνεπώς, οι μονάδες παραγωγής που τις χρησιμοποιούν, εντάσσονται στην ίδια κατηγορία των «θερμοηλεκτρικών» μαζί με τις ατμοηλεκτρικές.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης, βασίζουν τη λειτουργία τους σε διάφορα θερμοδυναμικά κύκλα. Ανάλογα με αυτά καθώς και το γενικότερο τρόπο κατασκευής τους, συνήθως ταξινομούνται, σε κατηγορίες. Έτσι υπάρχουν ΜΕΚ⁴⁴:

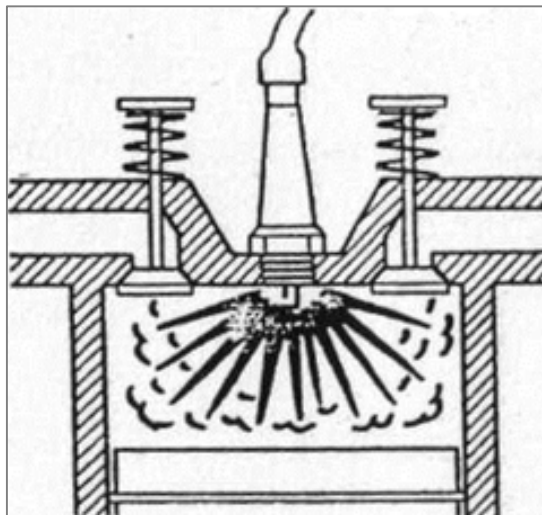
- 1) Ανάλογα με το καύσιμο.
-

- 2) Ανάλογα με τον τρόπο ανάφλεξης του μίγματος.
- 3) Ανάλογα με τους χρόνους λειτουργίας των εμβόλων.

Αναφορικά με τα συστήματα ανάφλεξης, μπορούμε να λεχθεί, ότι οι μηχανές με σπινθήρα χρησιμοποιούν κύρια σαν καύσιμο βενζίνη, ενώ εκείνες με συμπίεση βαρύτερα καύσιμα όπως diesel κλπ. Τα τελευταία, χρόνια και για την βελτίωση του βαθμού απόδοσης, τα καύσιμα που πρέπει να χρησιμοποιούνται στις διάφορες ΜΕΚ είναι λεπτομερειακά προσδιορισμένα για κάθε συγκεκριμένο τύπο μηχανής, ιδιαίτερα για τα μεγάλα μεγέθη.

Οι διαδικασίες καύσης των διαφόρων καυσίμων στις ΜΕΚ, που διαμορφώνονται ανάλογα με τον τύπο τους και ιδιαίτερα το σύστημα ανάφλεξης που ακολουθούν. Έτσι, στις μηχανές με σπινθήρα, (σχήμα 4.1.1.3) η ανάφλεξη του μίγματος καυσίμου - αέρα, γίνεται με τη βοήθεια μικρής ηλεκτρικής εκκένωσης. Η φλόγα που δημιουργείται, μεταδίδεται σε σφαιρική διάταξη προς την μάζα του μίγματος και η μετάδοση της αυτή διευκολύνεται αν η αναλογία του καυσίμου είναι ελαφρά αυξημένη. Για να αναπτυχθεί μέγιστη πίεση τη στιγμή που αρχίζει η διαδρομή εκτόνωσης του εμβόλου ανάφλεξη γίνεται πριν το τέλος της διαδρομής συμπίεσης.

Σχήμα 4.1.1.3: Ανάφλεξη μίγματος με σπινθήρα στις βενζινομηχανές



Πηγή: Κάλφας, 1983

Στην άλλη μεγάλη κατηγορία μηχανών (diesel) η ανάφλεξη γίνεται σε διάφορα σημεία του χώρου καύσης, όταν αναπτυχθεί κατάλληλη θερμοκρασία σαν αποτέλεσμα της συμπίεσης που είναι της τάξης των 2.000 Kg/cm. Το καύσιμο που εισέρχεται στο

χώρο καύσης, ανακατεύεται με αέρα, καταμερίζεται σε μοριακό επίπεδο, εξαερώνεται και τέλος, αναφλέγεται.

Έτσι, υπάρχει μία καθυστέρηση στην ανάφλεξη του, που εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στο θάλαμο καύσης. Όταν αρχίσει η καύση, το καύσιμο που συνεχίζει να εισέρχεται, αναφλέγεται και καίεται αμέσως.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, είναι μεγάλη η σημασία του τρόπου εισαγωγής του καυσίμου και στα δύο είδη μηχανών. Πρέπει να εισάγεται η κατάλληλη ποσότητα καυσίμου στην κατάλληλη χρονική στιγμή. Υπάρχουν, διάφορα συστήματα που εξασφαλίζουν αυτές τις προϋποθέσεις και συνεχώς, μελετώνται και βελτιώνονται, ιδιαίτερα τώρα που ο οικονομικός παράγοντας απόκτησε καθοριστική αξία.

Θα πρέπει εδώ να αναφερθούν ορισμένα στοιχεία γύρω από την εξέλιξη των ΜΕΚ. Αφού η χρήση τους είναι τόσο μεγάλη, συνεχείς έρευνες βελτιώνουν την απόδοσή τους. Έτσι, έγιναν μετατροπές στις διατάξεις εισαγωγής του καυσίμου, καθιερώθηκε η εισαγωγή συμπιεσμένου αέρα για την καύση, σχεδιάστηκαν μηχανές με δυνατότητα καύσης δύο τύπων καυσίμων εναλλακτικά και επινοήθηκαν νέες διατάξεις κυλίνδρων όπως η διάταξη V που αύξησε την ισχύ για καθορισμένο μέγεθος μηχανής.

Όλες αυτές οι βελτιώσεις, είχαν την επίδραση τους και στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, παρά το γεγονός ότι το μικρό ποσοστό σε ισχύ και ενέργεια που καλύπτεται από τέτοιες μονάδες δεν επηρεάζει δραστικά την διαμόρφωση του κόστους παραγωγής. Πρέπει ακόμα να σημειωθεί πως η τάση, σε διεθνή κλίμακα, είναι να περιορισθεί η χρήση των μονάδων αυτών στις απόλυτα αναγκαίες περιπτώσεις, που συνεχώς περιορίζονται. Φυσικά, αυτό αφορά την χρησιμοποίηση των ΜΕΚ σαν κινητήριων μηχανών για την κύρια γεννήτρια της μονάδας, γιατί υπάρχουν πολλές περιπτώσεις βοηθητικών αναγκών στους σταθμούς παραγωγής, που ικανοποιούνται με αυτές. Τέλος θα πρέπει να τονισθεί η αποκλειστική χρησιμοποίησή τους στην παραγωγή εφεδρικής ηλεκτρικής ενέργειας από μεγάλους καταναλωτές, ανεξάρτητα από το βασικό δίκτυο⁴⁵.

4.1.1.4. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας

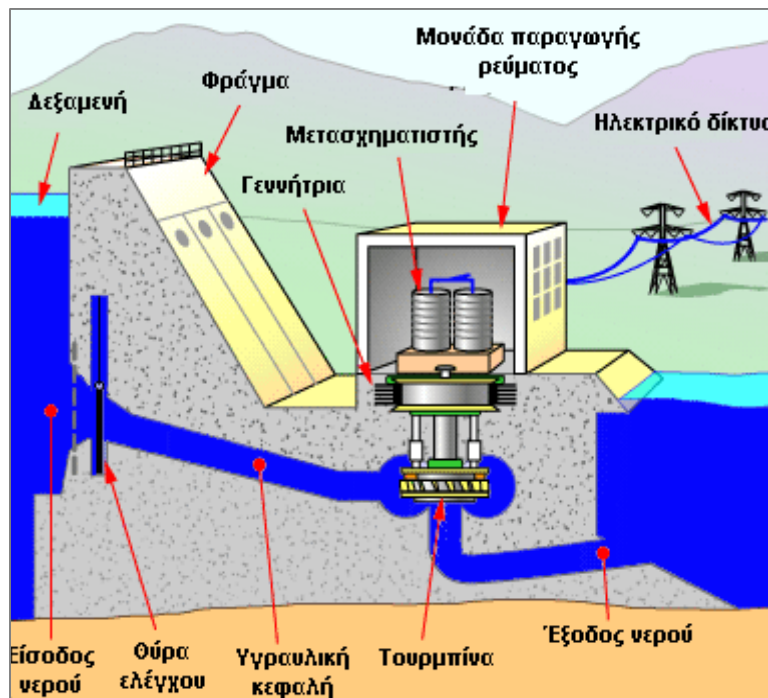
Η δυναμική ενέργεια των υδάτων είναι από τις παλαιότερες μορφές ενέργειας, που μετετράπησαν σε άλλες μορφές ενέργειας για να αξιοποιηθούν και ήταν φυσικό να χρησιμοποιηθεί και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς (ΥΗΣ) η ηλεκτρική ενέργεια αποκτάται χωρίς σημαντικό λειτουργικό κόστος και χωρίς ρύπανση για το περιβάλλον. Αυτά τα ελκυστικά χαρακτηριστικά όμως αντισταθμίζονται από το υψηλό κόστος των έργων πολιτικού μηχανικού, που απαιτούν αυτοί οι σταθμοί. Επίσης η σχεδίαση και κατασκευή τους απαιτεί πέντε ως οκτώ χρόνια, ενώ των ατμοηλεκτρικών σταθμών τέσσερα ως έξι χρόνια.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί (σχήμα 4.1.1.4), συνήθως, σχεδιάζονται ώστε να εξυπηρετούν πολλούς σκοπούς, όπως έλεγχο της ροής του ποταμού, αποθήκευση νερού για άρδευση και πόση και διευκόλυνση της ναυσιπλοΐας του ποταμού. Δυστυχώς, οι κατάλληλες εδαφικές συνθήκες για την κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών δεν υπάρχουν πάντοτε. Επιπλέον οικολογικοί και βιολογικοί συντελεστές θέτουν στενά όρια για την αξιοποίηση των υδάτινων πηγών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στις αναπτυγμένες χώρες οι υδροηλεκτρικές πηγές έχουν αξιοποιηθεί στο έπακρον, ενώ στις υπανάπτυκτες χώρες υπάρχουν περιθώρια αξιοποίησης, που σίγουρα θα χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη του γρήγορα αυξανόμενου φορτίου τους. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ της επιφάνειας του νερού στη δεξαμενή αποθήκευσης και του στροβίλου, παρέχει κινητική ενέργεια στο νερό που μεταδίδεται στον υδροστρόβιλο, που περιστρέφει τη γεννήτρια⁴⁶.

Η υδραυλική ενέργεια παρέχεται δωρεάν από τη φύση, αλλά η εκμετάλλευσή της προϋποθέτει σημαντικές δαπάνες και έργα. Είναι γεγονός ότι ένας υδροηλεκτρικός σταθμός έχει μηδενικό κόστος καυσίμου και χρειάζεται λιγότερο προσωπικό και μικρότερη συντήρηση από ένα θερμοηλεκτρικό σταθμό του ίδιου μεγέθους, αλλά οι ετήσιες δαπάνες εξυπηρέτησής του κεφαλαίου ενός υδροηλεκτρικού σταθμού είναι μεγαλύτερες από του θερμοηλεκτρικού, λόγω των μεγάλων δομικών έργων που απαιτεί η διαμόρφωση της όλης υδραυλικής εγκαταστάσεως. Οποσδήποτε όμως, το κόστος της εγκατεστημένης ισχύος ή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας δεν αποτελεί το μόνο κριτήριο της κατασκευής ενός υδροηλεκτρικού έργου, δεδομένου ότι πρέπει να

ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως η ενεργειακή πολιτική της επιχείρησης, ή της χώρας, ο συνδυασμός της υδροηλεκτρικής εγκατάστασεως με άλλες κοινωφελείς εργασίες, όπως άρδευση κλπ.

Σχήμα 4.1.1.4: Υδροηλεκτρικός σταθμός



Πηγή: Μαρινάκης, 2004

Το κόστος της εγκατεστημένης ισχύος ποικίλλει για τους διάφορους υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Ο λόγος είναι ότι μέρος του κόστους αυτού είναι ανεξάρτητο από την ισχύ του σταθμού και αφορά αγορές εκτάσεων, απαλλοτριώσεις, έργα διαμορφώσεως, έργα στεγανοποίησης, σήραγγες εκτροπής, κατασκευή φράγματος, δρόμους προσπελάσεως και άλλα έργα απαραίτητα για την εγκατάσταση σταθμού εκμεταλλεύσεως της υδραυλικής ενέργειας. Το ποσοστό αυτό του συνολικού κόστους μειώνεται εν γένει με την αύξηση του μεγέθους του σταθμού και εξαρτάται, όπως είναι φυσικό, από τη θέση και τις ιδιομορφίες της περιοχής του σταθμού.

Ένα βασικό πλεονέκτημα των υδροηλεκτρικών σταθμών έναντι των θερμοηλεκτρικών είναι η καθαριότητα και η έλλειψη κάθε είδους ρυπάνσεως και

μολύνσεως του περιβάλλοντος. Το μέγεθος ενός υδροηλεκτρικού σταθμού εξαρτάται κυρίως από⁴⁷:

- 1) Τη διαθέσιμη ετήσια ποσότητα ύδατος και το ρυθμό παροχής της.
- 2) Την «ευαισθησία» του κόστους εγκατεστημένης ισχύος στη μεταβολή της ισχύος του σταθμού.

Δευτερευόντως το μέγεθος του σταθμού επηρεάζεται από άλλους παράγοντες όπως η καμπύλη φορτίου του συστήματος και άλλα. Κάθε ισχύς μεγαλύτερη από αυτήν που αντιστοιχεί στην ελάχιστη παροχή ύδατος δεν μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής. Η πρωτεύουσα αυτή ισχύς ή ενέργεια είναι διαθέσιμη σε κάθε περίοδο και αποτελεί με οποιεσδήποτε συνθήκες την ασφαλή συμμετοχή του σταθμού στο πρόγραμμα του συστήματος. Κάθε ισχύς ή ενέργεια επί πλέον της πρωτεύουσας λέγεται δευτερεύουσα ενέργεια και η χρησιμοποίησή της γίνεται μόνο με κάποιο βαθμό βεβαιότητας μικρότερο της μονάδας. Συνήθως εκτιμάται ανάλογα με την ποσότητα καυσίμου στην οποία αντιστοιχεί και την οποία αντικαθιστά.

Συστήματα τα οποία να εξυπηρετούνται αποκλειστικά με υδραυλική ενέργεια δεν υπάρχουν πλέον. Συνήθως συνεργάζονται θερμοηλεκτρική και υδροηλεκτρική παραγωγή, οπότε η διαθέσιμη υδραυλική ενέργεια διατίθεται βάσει προγράμματος με κριτήριο τη μέγιστη οικονομία καυσίμου.

Η επιλογή της θέσεως του σταθμού εξαρτάται βασικά από τον τύπο της υδραυλικής ενέργειας, από τον οποίο εξαρτάται και το είδος της εγκαταστάσεως (ρους ποταμού, υδατόπτωση κλπ.). Στη συνήθη περίπτωση κατασκευής τεχνητής λίμνης χρειάζεται κατάλληλη επιλογή της θέσεως του φράγματος και του υδροηλεκτρικού σταθμού. Η δημιουργία τεχνητής λίμνης πρέπει να βασιστεί σε υδρολογικές μελέτες και στατιστικά στοιχεία συλλογής ύδατος στη λεκάνη απορροής από διάφορες προελεύσεις (χείμαρροι, χιονοπτώσεις, κλπ.)⁴⁸.

Το αρχικό κόστος ενός υδροηλεκτρικού σταθμού είναι μεγάλο και οι τεχνικές δυσκολίες πάρα πολλές. Οι βασικές δαπάνες είναι οι εξής:

- 1) Οι απαλλοτριώσεις που συνήθως δεν είναι μεγάλο ποσό.
- 2) Τα κτίρια, οι λίμνες, τα φράγματα και οι υδαταγωγοί με κόστος πάνω από το 50% του συνολικού.

- 3) Οι υδροστρόβιλοι και οι γεννήτριες αποτελούν σημαντική δαπάνη.
- 4) Οι δρόμοι, γέφυρες, σιδηροτροχιές μεγάλου κόστους λόγω συνήθως δύσβατων περιοχών.
- 5) Μεταφορά μηχανών και υλικών.

Τα φράγματα μπορεί να είναι χωμάτινα, λίθινα και με οπλισμένο σκυρόδεμα. Στα σημεία υδροληψίας υπάρχουν φίλτρα για να παίρνεται καθαρό νερό. Ο πύργος ισορροπίας δίνει σταθερότητα στη λειτουργία του σταθμού εκτονώνοντας τις πιέσεις σε περιπτώσεις απότομων μεταβολών.

Μετά την συμπλήρωση του έργου το κόστος λειτουργίας είναι ασήμαντο και συνήθως η λειτουργία του σταθμού συνδυάζεται και με άρδευση αγροτικών εκτάσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις το νερό αντλείται για να ξαναχρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις κάλυψης μεγάλων αιχμών φορτίου. Για την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε ηλεκτρική χρησιμοποιούνται οι υδροστρόβιλοι που διακρίνονται σε δύο κατηγορίες τους υδροστρόβιλους δράσης (ή Pelton) και αντίδρασης (Francis ή Kaplan).

Στους υδροστρόβιλους δράσης το νερό οδηγείται σε σταθερά πτερύγια ή ακροφύσια όπου μετατρέπεται όλη η ενέργειά του σε κινητική. Στη συνέχεια το νερό χτυπά πάνω στα κινητά πτερύγια που είναι τοποθετημένα στην περιφέρεια ενός τροχού ο οποίος έτσι περιστρέφεται. Οι υδροστρόβιλοι τύπου Pelton χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει μεγάλο ύψος πτώσης (πάνω από 100 μέτρα) και μικρή παροχή νερού. Ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 80 ως 90% για μικρές και μεγάλες ισχύς αντίστοιχα.

Στους υδροστρόβιλους αντίδρασης μόνο ένα μέρος της δυναμικής ενέργειας του νερού μετατρέπεται σε κινητική ενώ το υπόλοιπο παραμένει με μορφή δυναμικής ενέργειας ή πίεσης. Για τον λόγο αυτό οι υδροστρόβιλοι αντίδρασης μπορούν να εργάζονται ακόμα και όταν το νερό ρέει ελεύθερα αλλά και όταν κατευθύνεται σε δεξαμενή που βρίσκεται σε μεγαλύτερο ύψος από τον υδροστρόβιλο⁴⁹.

Πρέπει να τονισθεί ότι στη σημερινή εποχή, υπάρχει η τάση για εντατική χρησιμοποίηση της ενέργειας των υδατικών ρευμάτων, ακόμα και σε χώρες με μεγάλα αποθέματα καυσίμων όπως οι Η.Π.Α. και η Μ. Βρετανία. Είναι φανερό ότι ενώ θεωρητικά είναι δυνατό να παραχθεί ενέργεια από οποιαδήποτε υδατική ροή, στην πράξη το κόστος μιας τέτοιας εκμετάλλευσης είναι πολλές φορές απαγορευτικό. Πάντως, γίνονται συνέχεια προσπάθειες για τεχνολογικές τελειοποιήσεις που θα

μειώσουν τις σχετικές δαπάνες και θα επιτρέψουν την χρησιμοποίηση όλο και περισσότερων υδατικών ρευμάτων. Εξάλλου, η συνεχής μείωση των αποθεμάτων των καυσίμων, είναι αναπόφευκτο να δημιουργήσει τέτοιες συνθήκες στο μέλλον, ώστε ο οικονομικός παράγοντας να έχει πολύ μικρή σημασία⁵⁰.

4.1.1.5. Θερμικοί σταθμοί με εναλλακτικές μορφές ενέργειας

Οι μονάδες παραγωγής ενέργειας βασικού ηλεκτρικού φορτίου μπορούν να λειτουργήσουν και με εναλλακτικές μορφές ενέργειας όπως με χρήση βιοενέργειας, μεγάλης κλίμακας αιολική, ηλιακή ενέργεια με θερμική αποθήκευση, γεωθερμική ενέργεια και φυσικό αέριο. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να προσφέρουν καθαρότερο και ασφαλέστερο βασικό φορτίο αντικαθιστώντας τον άνθρακα με:

- 1) Ηλιακή ενέργεια και αποθηκεύοντας ποσότητά της με κατάλληλες μεθόδους όπως θα περιγραφούν στη συνέχεια.
- 2) Μεγάλης κλίμακας κατανεμημένη αιολική ενέργεια σε εγκαταστάσεις φορτίου αιχμής.
- 3) Βιοενέργεια, βάσει της καύσης των καλλιεργειών και των υπολειμμάτων τους
- 4) Χρήση φυσικού αερίου.

Είναι προφανές ότι οι τρεις πρώτοι από αυτούς τους τύπους σταθμών παραγωγής ενέργειας είναι βασικού φορτίου. Η αποδοτική χρήση της ενέργειας αυτών των μορφών μπορούν να υποκαταστήσουν άμεσα τον άνθρακα προσφέροντας σημαντικά οφέλη όπως περιορισμό των βλαπτικών παραγόντων του περιβάλλοντος, προστασία των φυσικών πόρων κλπ.

Η αντικατάσταση των θερμικών σταθμών άνθρακα με τη χρήση εναλλακτικών μορφών απαιτεί τη δημιουργία αιολικών πάρκων με χρήση ανεμογεννητριών, ηλιακά πάρκα με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και εγκατάστασή τους σε κατάλληλα σημεία όπου υπάρχουν διαθέσιμοι φυσικοί πόροι. Η συγκεκριμένη επιλογή θα καθορίσει και το βαθμό σημαντικότητας αντικατάστασης των θερμικών σταθμών άνθρακα με εκείνους που παράγουν ενέργεια αξιοποιώντας φυσικούς πόρους που όχι μόνο δεν βλάπτουν αλλά δύναται να ανανεωθούν σε μικρό χρονικό διάστημα.

Τα βασικά φορτία αιχμής που χρησιμοποιούν τον άνθρακα παρέχουν μια σταθερή ροή της ενέργειας, ανεξαρτήτως της συνολικής ζήτησης ενέργειας από το δίκτυο. Αυτή η μονάδα λειτουργεί όλες τις εποχές, εκτός κατά την επισκευή ή την προγραμματισμένη συντήρηση. Η αντικατάσταση με μονάδες που αξιοποιούν ανανεώσιμους φυσικούς πόρους μπορούν να παρέχουν επίσης μια σταθερή ροή ενέργειας αρκεί να ληφθούν υπόψη συγκεκριμένοι οικονομικοί, περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί παράγοντες. Η επιλογή ωστόσο της αντικατάστασης μιας μονάδας παραγωγής άνθρακα με εναλλακτικές μορφές θα επιφέρει τέτοια οφέλη που την καθιστούν πρωτεύουσα επιλογή για την αναβάθμιση τόσο του δικτύου παραγωγής ενέργειας όσο και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Η χρήση των εναλλακτικών σταθμών παραγωγής ενέργειας αν και παρουσιάζουν κάποιες ιδιαιτερότητες που αφορούν κυρίως στον τόπο εγκατάστασης, στον τρόπο αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας και στο κόστος λειτουργίας, εντούτοις τα οφέλη που προσφέρουν είναι τέτοια που τους καθιστούν ανταγωνιστικότερους από σταθμούς που χρησιμοποιούν τον άνθρακα ως πρώτη ύλη⁵¹.

4.2. Μονάδες παραγωγής ενέργειας ηλεκτρικού φορτίου αιχμής

4.2.1. Η λειτουργία των αεριοστροβιλικών σταθμών και βασικά πλεονεκτήματα

Οι αεριοστροβιλικές μονάδες (σήμα 11) αποτελούνται από ένα στρόβιλο, που στρέφει τη γεννήτρια, ένα θάλαμο καύσης και ένα συμπιεστή, που κινείται επίσης από το στρόβιλο. Ο συμπιεσμένος αέρας τροφοδοτείται στο θάλαμο καύσης, όπου εξασφαλίζεται η συνεχής καύση του τροφοδοτούμενου καυσίμου (πετρέλαιο ή φυσικό αέριο). Τα θερμά αέρια (850° C) της καύσης χρησιμοποιούνται για να κινήσουν τον αεριοστρόβιλο, αλλά και μετά τη χρήση τους διατηρούν σημαντική θερμική ενέργεια (600° C). Η απώλεια αυτής της ενέργειας μαζί με την ενέργεια που χρησιμοποιείται στο συμπιεστή, μειώνουν το συντελεστή απόδοσης της μονάδας στο 25-30%.

Σε κανονική λειτουργία οι αεριοτροβιλικοί σταθμοί είναι αντιοικονομικοί συγκρινόμενοι με τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς. Η χρησιμότητα τους όμως οφείλεται στην ικανότητα που έχουν για γρήγορη εκκίνηση και ανάληψη φορτίου, που είναι περίπου 4 λεπτά. Έτσι μπορούν να τροφοδοτούν τις αιχμές φορτίου, ενώ πολλές φορές για την ικανοποίηση ξαφνικών αιχμών είναι οικονομικότερη η εκκίνηση από στασιμότητα των αεριοτροβιλικών σταθμών, από τη θερμή εφεδρεία των ατμοηλεκτρικών σταθμών⁵².

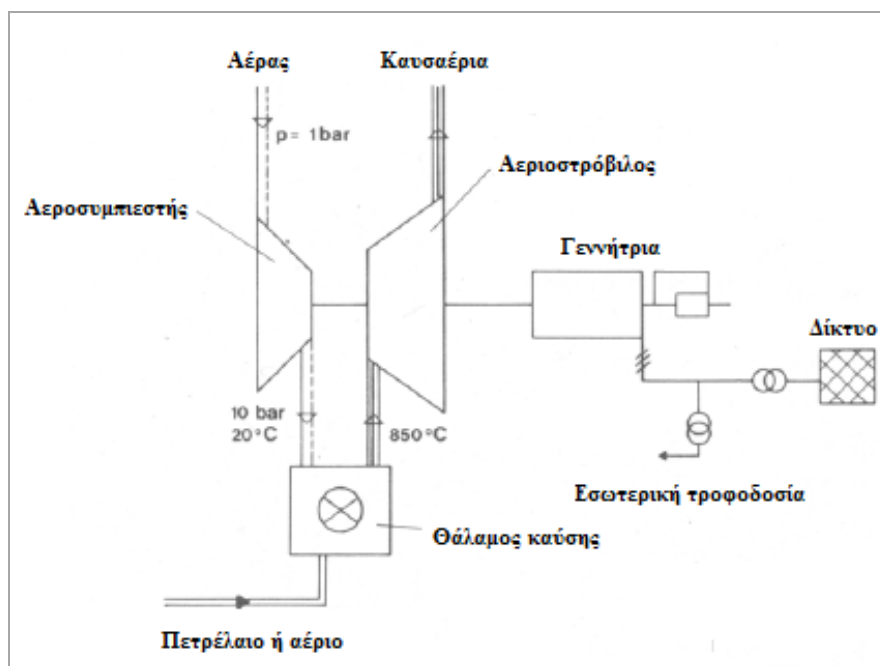
Οι αεριοτροβιλικοί σταθμοί αποτελούν μονάδες παραγωγής ενέργειας που λειτουργούν στη λογική των αεριοστρόβιλων. Οι αεριοστρόβιλοι είναι περιστροφικές μηχανές όπως οι ατμοστρόβιλοι και χρησιμοποιούν ως καύσιμο ελαφρύ πετρέλαιο με απόσταξη ή φυσικό αέριο. Οι κατηγορίες των αεριοστρόβιλων (ανοικτού, κλειστού, μικτού κυκλώματος) προσδιορίζουν εν γένει και τη μορφή του σταθμού. Η λειτουργία του αεριοστρόβιλου βασίζεται στα αέρια καπνού που παράγονται από την καύση του καυσίμου που χρησιμοποιείται. Τα βασικά πλεονεκτήματα των αεριοτροβιλικών σταθμών σε σχέση με άλλες μορφές μονάδων παραγωγής ενέργειας εστιάζει στα ακόλουθα⁵³:

- 1) Οι αεριοτροβιλικοί σταθμοί απαιτούν λιγότερο και λιγότερο ειδικευμένο προσωπικό και απλούστερη συντήρηση.
- 2) Δεν χρειάζονται νερό τροφοδοσίας.
- 3) Έχουν εύκολη εκκίνηση με αποτέλεσμα να επιτυγχάνουν εύκολα πλήρη φόρτιση με αποτέλεσμα να μπορούν να εξυπηρετήσουν αιχμές φορτίου. Γι' αυτό το λόγο οι αεριοτροβιλικές μονάδες δεν χρησιμοποιούνται ως μονάδες βάσης αλλά τροφοδοτούν τις αιχμές ζήτησης ή χρησιμοποιούνται προκειμένου να ανταποκριθεί το σύστημα σε μεγάλες διακυμάνσεις του φορτίου.
- 4) Λειτουργούν σε χαμηλές πιέσεις.
- 5) Οι αεριοτροβιλικοί σταθμοί αξιοποιούνται για την υλοποίηση συνδυασμένου κύκλου, ο οποίος παρουσιάζει την μεγαλύτερη απόδοση σε σχέση με τις υπόλοιπες θερμικές μονάδες.

- 6) Απαιτούν μικρότερο χώρο, έχουν μικρότερο κόστος κατασκευής, μικρή εσωτερική κατανάλωση (μικρότερη του 1%) και δεν απαιτούν μεγάλα συστήματα ψύξης σε αντίθεση άλλα συστήματα παραγωγής ενέργειας.

Η λειτουργία των αεριοστροβιλικών σταθμών βασίζεται σε τέσσερα στοιχεία που τους συνθέτουν: τον συμπιεστή του αέρα καύσης, τον θάλαμο καύσης, τον αεριοστρόβιλο και την γεννήτρια. Στο σχήμα 4.2.1.1 που ακολουθεί, παρουσιάζεται μια βασική δομή ενός αεριοστροβιλικού σταθμού.

Σχήμα 4.2.1.1: Αεριοστροβιλικός σταθμός



Πηγή: Βοβός, 2004

Σύμφωνα με τα στοιχεία του σχήματος 11, παρατηρεί κανείς ότι ο συμπιεστής του αέρα καύσης, ο αεριοστρόβιλος και την γεννήτρια βρίσκονται στον ίδιο οριζόντιο άξονα. Το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας απορροφάται από το συμπιεστή ενώ δεν υπάρχει απώλεια ενέργειας εξωτερικά καθώς προσδίδεται στον αέρα που συμπιέζει ο συμπιεστής. Ο αέρας του εξωτερικού περιβάλλοντος οδηγείται στον θάλαμο καύσης όπου πραγματοποιείται ο ψεκασμός με το καύσιμο που χρησιμοποιείται (είτε πετρέλαιο είτε αέριο). Η θερμοκρασία των προϊόντων της καύσης αγγίζει τους 850°C ενώ

κατευθύνονται στο στρόβιλο όπου και πραγματοποιείται εκτόνωση μετατρέποντας μέρος της ενέργειας σε μηχανική⁵⁴.

4.2.2. Θερμικοί σταθμοί με υγρά καύσιμα και πετρέλαιο

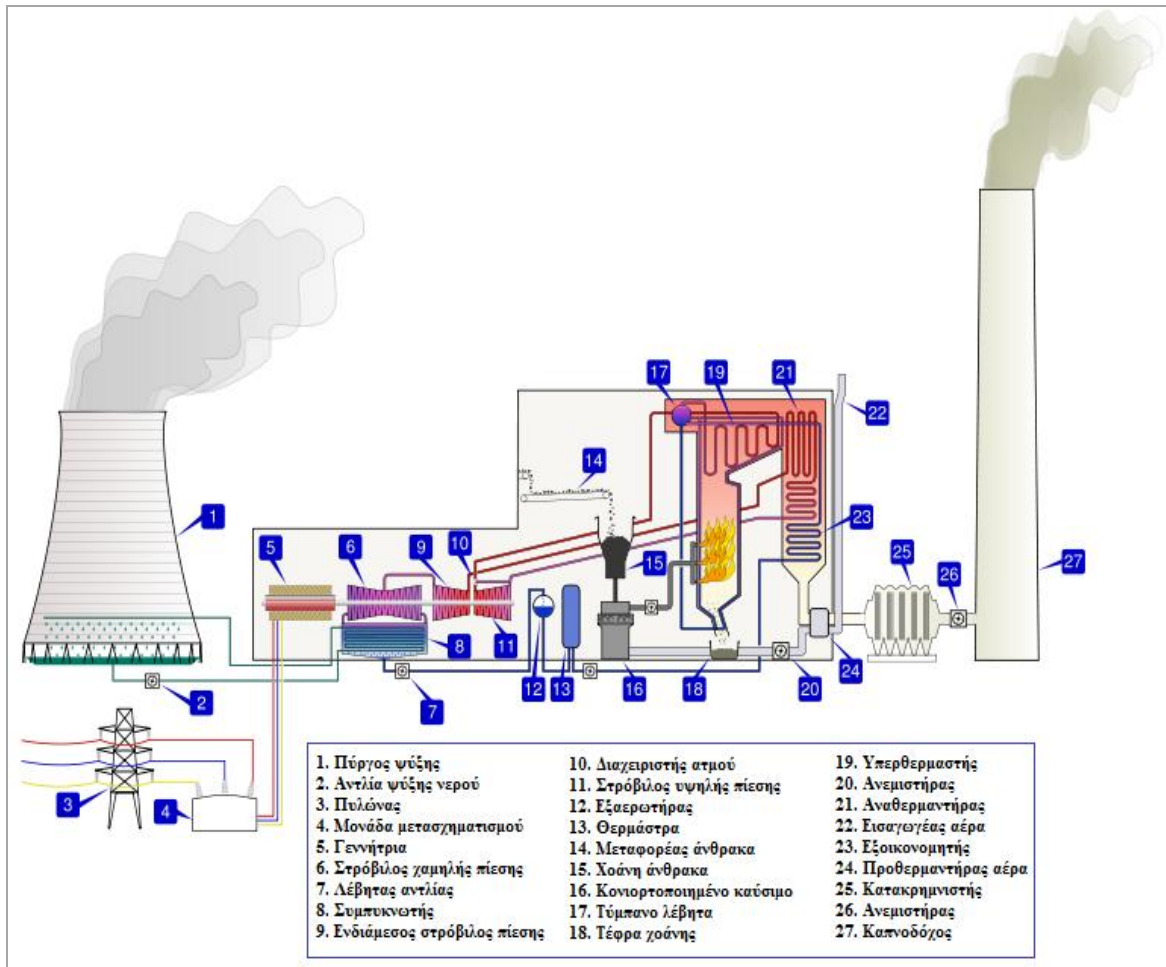
Η λειτουργία των θερμικών σταθμών με καύσιμα (σχήμα 12) βασίζεται στην αρχή ότι η μηχανική δύναμη που παράγεται από μια μηχανή θερμότητας, το οποίο μετασχηματίζει θερμική ενέργεια, συχνά από καύση καυσίμων σε περιστροφική ενέργεια.

Οι θερμικοί σταθμοί παραγωγής καλούνται μερικές φορές ως σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος ατμού. Περίπου 80% όλης της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται μέσω των στροβίλων ατμού ενώ ένα τμήμα της θερμικής ενέργειας μπορεί να μετασχηματιστεί σε μηχανική δύναμη, σύμφωνα με το νόμο της θερμοδυναμικής. Επομένως, υπάρχει πάντα θερμότητα που χάνεται στο περιβάλλον. Οι θερμικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας ταξινομούνται ανάλογα με τύπο καυσίμων. Έτσι διακρίνονται στους ακόλουθους τύπους⁵⁵:

- 1) Πυρηνικής ενέργειας που χρησιμοποιείται η θερμότητα του πυρηνικού αντιδραστήρα για να λειτουργήσει ο στρόβιλος ατμού.
- 2) Τροφοδοτούμενες με φυσικό αέριο.
- 3) Χρησιμοποιώντας γεωθερμία.
- 4) Ανανεώσιμης ενέργειας.

Όλες οι εγκαταστάσεις θερμικής παραγωγής ενέργειας παράγουν τη θερμότητα των αποβλήτων ως υποπροϊόν της χρήσιμης παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αρκετούς θερμικούς σταθμούς, τμήμα θερμότητας αποβάλλεται στην περιβαλλοντική ατμόσφαιρα από την εξάτμιση του ύδατος.

Σχήμα 4.2.2.1: Θερμικός σταθμός καυσίμων ή πετρελαίου



Πηγή: The Full Wiki, 2011

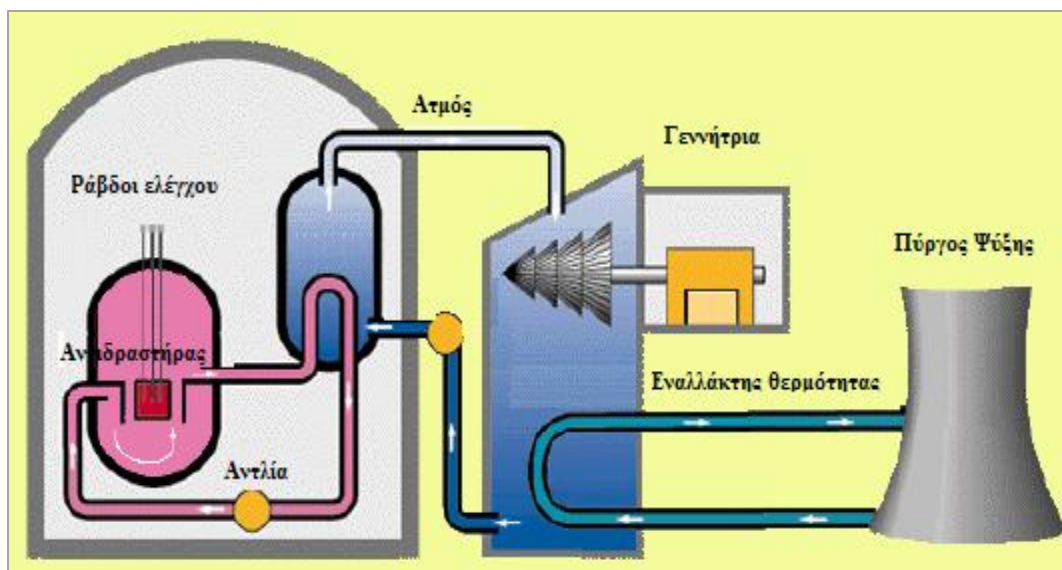
4.2.3. Οι ντιζελοηλεκτρικοί σταθμοί

Στους ντιζελοηλεκτρικούς σταθμούς για την περιστροφή των γεννητριών χρησιμοποιούνται εμβολοφόροι ντιζελοκινητήρες, που χρησιμοποιούν για καύσιμο ποικίλους τύπους πετρελαίου, ανάλογα με το μέγεθος τους. Η απόδοσή τους φτάνει το 50% και στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται μόνο στα αυτόνομα δίκτυα κάποιων νησιών (Κρήτη, Ρόδος)⁵⁶.

4.2.4. Οι πυρηνικοί σταθμοί

Οι πυρηνικοί σταθμοί ενέργειας (σχήμα 4.2.4.1) διαδραματίζουν ένα βασικό ρόλο στο σύνολο της παγκόσμιας παραγωγής. Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν οι συγκεκριμένοι σταθμοί βασίζεται στην αρχή της σχάσης των πυρήνων ουρανίου. Αν ληφθεί υπ' όψιν ότι σε μερικές δεκάδες χρόνια αναμένεται η εξάντληση του πετρελαίου και λίγο αργότερα των γαιανθράκων, η μόνη διαθέσιμη πρακτική πηγή ενέργειας, για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρισμού, είναι η πυρηνική. Μέχρι σήμερα η πυρηνική ενέργεια παράγεται από την πυρηνική σχάση, αλλά το πρόβλημα θα λυθεί οριστικά, όταν γίνει κατορθωτή η παραγωγή της από την πυρηνική σύντηξη.

Σχήμα 4.2.4.1: Πυρηνικός σταθμός ενέργειας



Πηγή: Pratte, 2004

Το μέταλλευμα του φυσικού ουρανίου αποτελείται κυρίως από δύο ισότοπα, δηλαδή το ^{238}U (99.3% σε βάρος) και ^{235}U (0.7%). Σχάσιμο υλικό είναι μόνο το ^{235}U . Όταν στον αντιδραστήρα χρησιμοποιείται σαν καύσιμο φυσικό ουράνιο σε μεταλλική μορφή, επειδή η ποσότητα του ^{235}U είναι πολύ μικρή, απαιτείται ένας καλός επιβραδυντής, ώστε να αξιοποιούνται κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα ελάχιστα διαθέσιμα νετρόνια (το μεγάλο ποσοστό των νετρονίων ενσωματώνεται στο ^{238}U). Όταν ως

καύσιμο χρησιμοποιείται εμπλουτισμένο ουράνιο, δηλαδή ουράνιο με αυξημένη ποσότητα ^{235}U , τότε οι απαιτήσεις από τον επιβραδυντή είναι περιορισμένες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνηθισμένο νερό, που μπορεί να είναι και το ψυκτικό υλικό. Όταν οι απαιτήσεις για τη μεταφορά της θερμότητας από τον αντιδραστήρα είναι αυξημένες, χρησιμοποιούνται υγρά μέταλλα (δηλαδή κράμα νατρίου και καλίου, που είναι υγρό σε συνήθη θερμοκρασία ή νάτριο, που τήκεται μόλις αυξηθεί λίγο η θερμοκρασία του). Έτσι έχουν αναπτυχθεί διαφορετικοί αντιδραστήρες ανάλογα με το καύσιμο και το ψυκτικό υλικό που χρησιμοποιούν.

Ο βρετανικός αντιδραστήρας Magnox χρησιμοποιεί φυσικό ουράνιο σε μορφή ράβδων εντός δοχείων από κράμα μαγνησίου και ο επιβραδυντής ή πυρήνας είναι κατασκευασμένος από τούβλα καθαρού γραφίτη. Η θερμότητα μεταφέρεται με CO_2 , που διοχετεύεται σε αγωγούς κατακόρυφα τοποθετημένους στον πυρήνα. Σε ένα πιο σύγχρονο αντιδραστήρα (Advanced Gas - Cooled Reactor - AGR) χρησιμοποιείται για καύσιμο εμπλουτισμένο διοξείδιο του ουρανίου σε μορφή δισκίων, κλεισμένων σε ανοξείδωτα δοχεία, ενώ για ψυκτικό υλικό χρησιμοποιείται CO_2 σε υψηλότερη πίεση από το Magnox⁵⁷.

Στις Η.Π.Α. χρησιμοποιούνται οι αντιδραστήρες πεπιεσμένου νερού και βράζοντος νερού. Στον τύπο πεπιεσμένου νερού το νερό τροφοδοτείται στον αντιδραστήρα βράζοντας νερού αναπτύχθηκε αργότερα και χρησιμοποιείται πολύ. Μέσα στον αντιδραστήρα η θερμότητα μεταφέρεται στο βράζον νερό υπό πίεση 69 bar (70 at). Η απόδοση του σε απορρόφηση θερμότητας βελτιώνεται αξιοποιώντας τη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης. Ο παραγόμενος ατμός τροφοδοτείται απευθείας στο στρόβιλο και υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης ραδιενέργειας στο στρόβιλο.

Εκτός από την κατοχή συντονιστή νετρονίων και κάποιας μεθόδου για τον έλεγχο του αριθμού των νετρονίων στον αντιδραστήρα, ένα εργοστάσιο πυρηνικής ενέργειας θα πρέπει επίσης να έχει επίσης συγκεκριμένο τρόπο να μεταφέρει τη θερμική ενέργεια των πυρηνικών υλικών στο νερό για τη δημιουργία ατμού για να τροφοδοτήσει το στρόβιλο. Αυτό μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, ανάλογα με το πόσο ασφαλής θα είναι ο αντιδραστήρας που θα δημιουργηθεί. Ένα βασικό σχέδιο πυρηνικού αντιδραστήρα είναι αυτό ελαφρού ύδατος (BWR) που τοποθετεί το πυρηνικό υλικό απευθείας στο νερό δημιουργώντας ατμό. Ο ατμός χρησιμοποιείται από έναν στρόβιλο συνδεδεμένο με μια γεννήτρια που δημιουργεί ενέργεια. Αφού ο ατμός περάσει από τον

στρόβιλο, ψύχεται από έναν εναλλάκτη θερμότητας μέχρι να συμπυκνωθεί στο νερό και στη συνέχεια διοχετεύεται και πάλι στον αντιδραστήρα. Ένας αντιδραστήρας πεπιεσμένου ύδατος (PWR) μοιάζει με έναν BWR, εκτός από το ότι ο θερμοαντοδραστήρας επικάθεται στο νερό που λαμβάνει υψηλή θερμότητα⁵⁸.

Οι πυρηνικοί σταθμοί παραγωγής σχεδιάζονται για να λειτουργούν για μεγάλο χρονικό διάστημα σε σταθερό επίπεδο ισχύος ισχύ, απαιτώντας μια σταθερή κατάσταση ισορροπίας ανάμεσα στο καύσιμο του αντιδραστήρα και την ηλεκτρική απόδοση. Αυτό πρέπει να επιτυγχάνεται παρά τις εγγενείς διακυμάνσεις της καύσης του καυσίμου στον αντιδραστήρα, τις διαταραχές στον τομέα της ενέργειας, τις διαδικασίες μετατροπής και τις απαιτήσεις του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Ως ελάχιστο, το σύστημα ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας πρέπει να είναι σε θέση να προσαρμόζει τον αντιδραστήρα για την παραγωγή του επιθυμητού ποσού της ενέργειας. Δεδομένου ότι υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας της γεννήτρια είναι συγχρονισμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την γεννήτρια καθορίζεται από την ενέργεια του ατμού γίνεται δεκτή στο στρόβιλο. Μια λανθασμένη αντιστοιχία μεταξύ της ενέργειας που παράγεται από τον αντιδραστήρα και την ενέργεια ατμού που απαιτείται για να παραχθεί η επιθυμητή ισχύς θα οδηγήσει σε μεταβολή της θερμοκρασίας και της πίεσης ατμού⁵⁹.

Για την αξιολόγηση των δυνατοτήτων των διαφόρων αντιδραστήρων σχάσης, αναφέρεται ότι η τυπική πυκνότητα ισχύος ανά μονάδα όγκου του πυρήνα τους σε MW/m³ είναι: 0,53 για ψυκτικό υλικό αέριο, 7,75 για υψηλής θερμοκρασίας ψυκτικό υλικό αέριο, 18 για βαρύ ύδωρ, 29 για βράζον νερό, 54,75 για νερό υπό υψηλή πίεση και 760 για FBR. Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των πυρηνικών σταθμών σε σχέση με τους θερμικούς σταθμούς είναι:

- 1) Οι πυρηνικοί σταθμοί δεν μολύνουν τον ατμοσφαιρικό αέρα όπως οι θερμικοί σταθμοί.

- 2) Το βάρος και ο όγκος του καύσιμου υλικού τους είναι ασυγκρίτως μικρότερα από αυτά των θερμικών σταθμών και γι' αυτό η κατασκευή τους δεν είναι απαραίτητο να γίνεται κοντά στα ορυχεία εξαγωγής του καυσίμου τους.

Μειονεκτήματα:

- 1) Οι πυρηνικοί σταθμοί παράγουν ραδιενεργά απόβλητα, που η διάθεση τους προκαλεί σοβαρούς περιβαλλοντικούς κινδύνους.
- 2) Ο ρυθμός της πυρηνικής αντίδρασης ελέγχεται σε στενά όρια, γι' αυτό και η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ μεταβάλλεται πολύ λίγο σε σχέση με το πλήρες φορτίο. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει η σύνδεση τους με το δίκτυο να είναι πάντα εξασφαλισμένη, γιατί ξαφνική αποσύνδεση μιας γραμμής τους μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα, μέχρι διακοπή της λειτουργίας τους με όλες τις συνέπειες.
- 3) Λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής τους και του χαμηλού κόστους λειτουργίας τους, πρέπει πάντα να λειτουργούν σαν σταθμοί βάσης. Η συνεργασία τους, όπου είναι δυνατόν, με υδροηλεκτρικούς σταθμούς βοηθάει στην καλύτερη εκμετάλλευσή τους.
- 4) Σοβαρές αμφιβολίες έχουν εκφραστεί για την ασφάλεια των πυρηνικών σταθμών, παρά τα πολλαπλά μέτρα ασφάλειας που έχουν θεσπιστεί. Έχουν καταγραφεί περί τα 150 πολύ σοβαρά ατυχήματα, από τα οποία τα πιο γνωστά είναι το ατύχημα στο νησί των τριών μιλίων στις Η.Π.Α. και του Chernobyl στην πρώην Ε.Σ.Σ.Δ.

4.3. Μη συμβατικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας

Λόγω αυξανόμενης πίεσης των περιβαλλοντικών οργανώσεων για προστασία του περιβάλλοντος, υπάρχει μια αξιόλογη διεθνής προσπάθεια στην ανάπτυξη μη συμβατικών (ή ανανεώσιμων ή νέων ή εναλλακτικών ή καθαρών) πηγών ενέργειας. Οι περισσότερες από τις νέες μορφές ενέργειας (μερικές από αυτές ήταν γνωστές και χρησιμοποιούνταν εδώ και πολλούς αιώνες) είναι αποτέλεσμα της δράσης της ηλιακής ενέργειας, όπως ο αέρας, τα κύματα των θαλασσών, η θερμοκρασιακή διαφορά των θαλασσών κ.λ.π. Η μέση ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης, είναι 600 W/m^2 , αλλά φυσικά η πραγματική τιμή διαφέρει πολύ, ανάλογα με τη γεωγραφική θέση αλλά και άλλους παράγοντες.

Σκοπός είναι η επίτευξη μιας ισορροπημένης χρήσης των καυσίμων, όπου όλες οι πηγές ενέργειας να διαδραματίζουν τον κατάλληλο ρόλο, ώστε να συμβάλουν στην αιεφόρο οικονομική ανάπτυξη. Θεωρείται ότι η μη συμβατικές μορφές ενέργειας είναι ανομοιόμορφα και ανεπαρκώς αξιοποιημένες και απαιτείται σημαντική αύξηση της χρήσης τους⁶⁰.

4.3.1. Εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής με χρήση βιομάζας

Γενικά, ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική προέλευση ενώ πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Η βιομάζα αποτελεί μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών ενώ από τη στιγμή σχηματισμού της μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας.

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμε να αποθέματα ορυκτών καυσίμων.

Με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας, μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον ενώ με τη συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή που εξασφαλίζει το υβριδικό σύστημα βιομάζας, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς. Έτσι επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια ενώ ταυτόχρονα μειώνονται αντίστοιχα και οι εκπομπές ρύπων. Επίσης, ελαττώνονται οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ενέργειας, καθώς τα συστήματα συμπαραγωγής είναι συνήθως αποκεντρωμένα. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα⁶¹:

- 1) Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθώς χρησιμοποιούνται ανακυκλώσιμες πρώτες ύλες.

- 2) Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα.
- 3) Εναλλακτικός οικολογικός τρόπος παραγωγής ενέργειας.
- 4) Δυνατότητα αποθήκευσης της ενέργειας με κατάλληλες μετατροπές.

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας αφορούν ως στις δυσκολίες εκμετάλλευσης. Ειδικότερα:

- 1) Δυσκολία συλλογής, μεταποίησης, μεταφοράς και αποθήκευσης της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
- 2) Δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- 3) Μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.
- 4) Υψηλό κόστος συγκριτικά προς το πετρέλαιο.

Η βιομάζα σε υβριδικά συστήματα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής ενέργειας σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. Παρ' όλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας σε υβριδικά συστήματα είναι εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Από πολλές απόψεις ο ηλεκτρισμός από βιομάζα είναι διαφορετικός από τις άλλες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στο ότι η αρχική ενεργειακή πηγή περιλαμβάνει ένα πλήθος πρώτων υλών με ποικίλες ιδιότητες. Για την παραγωγή ισχύος από βιομάζα πρέπει να συνεργάζονται δύο εντελώς διαφορετικού χαρακτήρα συστήματα, δηλαδή ένα σύστημα τροφοδοσίας που παράγει, συλλέγει και παραδίδει το καύσιμο, και ένας σταθμός που παράγει (και διαθέτει) τον ηλεκτρισμό. Στα επόμενα περιγράφονται οι υφιστάμενες και μελλοντικές τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σ' αυτά τα συστήματα και ο τρόπος με τον οποίο το ένα επιδρά στο άλλο.

Η χρήση της βιομάζας για ηλεκτροπαραγωγή έχει αυξηθεί την τελευταία δεκαετία. Η ενέργεια από βιομάζα στην Ευρώπη σήμερα αντιστοιχεί στο 2% περίπου της συνολικής κατανάλωσης, και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προβλέπει ότι αυτή η τιμή θα φθάσει το 15% μέχρι το 2015.

Αντίθετα με τα άλλα συστήματα Α.Π.Ε. που απαιτούν ακριβές εξελιγμένες τεχνολογίες (όπως είναι τα φωτοβολταϊκά ηλιακά), η βιομάζα μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό με εξοπλισμό και σταθμούς ίδιου τύπου με αυτούς που τώρα λειτουργούν με συμβατικά καύσιμα. Πολλές καινοτομίες στην ηλεκτροπαραγωγή με ορυκτά καύσιμα μπορούν επίσης να εφαρμοστούν στη χρήση των καυσίμων από βιομάζα.

Οι περισσότεροι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με βιομάζα που λειτουργούν σήμερα χαρακτηρίζονται από χαμηλές αποδοτικότητες του λέβητα και του θερμικού σταθμού, λόγω των ιδιοτήτων των καυσίμων αλλά και του μικρού μεγέθους των περισσότερων εγκαταστάσεων, ενώ είναι δαπανηρή και η κατασκευή τους. Για την κατασκευή των καλύτερων από τις μονάδες αυτές σήμερα απαιτούνται περίπου 2.000 \$ ανά εγκατεστημένο kW, με θερμική αποδοτικότητα περίπου 40%, ενώ οι μεγάλοι σταθμοί άνθρακα κοστίζουν περίπου 1.500 \$ ανά kW, με θερμική αποδοτικότητα 45%. Έτσι, η κύρια πρόκληση στη χρήση της βιομάζας για ηλεκτροπαραγωγή είναι η ανάπτυξη πιο αποδοτικών και φθηνότερων συστημάτων.

Τα εξελιγμένα συστήματα ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα απαιτούν αναβάθμιση καυσίμου, βελτίωση της καύσης και του κύκλου, και καλύτερη επεξεργασία των καυσαερίων. Οι μελλοντικές τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής με βάση τη βιομάζα πρέπει να παρέχουν ανώτερη περιβαλλοντική προστασία με χαμηλότερο κόστος, συνδυάζοντας τις εξελιγμένες διαδικασίες προετοιμασίας, μετατροπής και καύσης της βιομάζας με τον καθαρισμό των καυσαερίων. Στα συστήματα αυτού του είδους περιλαμβάνονται η καύση ρευστοποιημένης κλίνης, η ενσωματωμένη αεριοποίηση της βιομάζας και οι αεριοστροβίλοι με εξωτερική καύση βιομάζας⁶².

4.3.2. Εργοστάσια γεωθερμικής ενέργειας

Η τεχνολογία των γεωτρήσεων για τα γεωθερμικά ρευστά είναι παρόμοια με αυτή του πετρελαίου. Εντούτοις, καθώς το ενεργειακό περιεχόμενο ενός βαρελιού πετρελαίου είναι πολύ μεγαλύτερο από μία ισοδύναμη ποσότητα θερμού νερού, οι οικονομικές απαιτήσεις για διαπερατότητα των διατάξεων και παραγωγικότητα των γεωθερμικών γεωτρήσεων είναι πολύ υψηλότερες απ' ό,τι για τις πετρελαιοπηγές. Τα γεωθερμικά φρέατα παραγωγής προς το παρόν έχουν βάθη συνήθως 2 km, και σπάνια πάνω από 3km. Εκμεταλλεύσιμα γεωθερμικά συστήματα υφίστανται σε διάφορα γεωλογικά περιβάλλοντα.

Τα υψηλής θερμοκρασίας πεδία που χρησιμοποιούνται για συμβατική παραγωγή ισχύος (με θερμοκρασία πάνω από 150° C) κατά ένα μεγάλο μέρος περιορίζονται σε

περιοχές με νέα ηφαιστειακή, σεισμική και μαγματική δραστηριότητα. Από την άλλη, χαμηλής θερμοκρασίας πηγές βρίσκονται στις περισσότερες χώρες, διαμορφούμενες από τη βαθιά κυκλοφορία του επιφανειακού νερού κατά μήκος των ρηγμάτων και των ρωγμών, και από νερό που βρίσκεται σε πετρώματα υψηλού πορώδους, όπως είναι ο ψαμμίτης και ο ασβεστόλιθος, σε ικανοποιητικά βάθη ώστε να θερμαίνεται από τη γήινη γεωθερμική βαθμίδα. Πηγές θερμότητας σε θερμούς αλλά ξηρούς (χαμηλού πορώδους) σχηματισμούς πετρωμάτων βρίσκονται στις περισσότερες χώρες, αλλά δεν είναι ακόμα οικονομικά εκμεταλλεύσιμες. Αν και η γεωθερμική ενέργεια βρίσκεται παντού κάτω από την επιφάνεια της γης, η χρήση της είναι δυνατή μόνο όταν ικανοποιούνται συγκεκριμένες συνθήκες⁶³:

- 1) Η ενέργεια πρέπει να είναι προσπελάσιμη μέσω γεωτρήσεων, συνήθως σε βάθη μικρότερα των 3 km αλλά ενδεχομένως και σε βάθη 6 - 7 km, σε ιδιαίτερα ευνοϊκά περιβάλλοντα.
- 2) Εν αναμονή επίδειξης της τεχνολογίας και των οικονομικών για τη διάρρηξη και την παραγωγή ενέργειας από πετρώματα χαμηλής περατότητας, το πορώδες των ταμιευτήρων και η διαπερατότητα πρέπει να είναι αρκετά υψηλά ώστε να επιτρέπουν την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων θερμού νερού.
- 3) Δεδομένου ότι σημαντικό μέρος του κόστους μιας γεωθερμικής εγκατάστασης αφορά τη γεώτρηση και καθώς το κόστος ανά μέτρο αυξάνεται με το βάθος, όσο πιο ρηχά βρίσκεται συσσωρευμένη η γεωθερμική ενέργεια τόσο το καλύτερο.
- 4) Τα γεωθερμικά ρευστά μπορούν να μεταφερθούν οικονομικά με σωληνώσεις στην επιφάνεια της γης μόνο για μερικές δεκάδες χιλιόμετρα, οπότε οιαδήποτε εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής ή άμεσης χρήσης πρέπει να βρίσκεται στη (ή κοντά στη) γεωθερμική ανωμαλία.

Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού έχει διαδοθεί λόγω διάφορων παραγόντων. Οι χώρες όπου επικρατούν οι γεωθερμικές πηγές επιθυμούν να αναπτύξουν τους ίδιους πόρους τους αντί του να εισάγουν καύσιμα για παραγωγή ηλεκτρισμού. Σε χώρες όπου διατίθενται πολλές εναλλακτικές πηγές για παραγωγή ηλεκτρισμού, περιλαμβανομένης της γεωθερμίας, αυτή προτιμάται καθώς δεν μπορεί να μεταφερθεί προς πώληση, ενώ μέσω αυτής επιτρέπεται η χρήση των συμβατικών καυσίμων για ανώτερους και καλύτερους σκοπούς από την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Επίσης, ο γεωθερμικός ατμός αποτελεί μια ελκυστική εναλλακτική λύση παραγωγής ηλεκτρισμού λόγω των περιβαλλοντικών οφελών και επειδή τα μεγέθη των μονάδων είναι μικρά (συνήθως κάτω των 100 MW). Επιπλέον, οι γεωθερμικοί σταθμοί μπορούν να ανεγερθούν ταχύτερα από αυτούς που χρησιμοποιούν συμβατικά και πυρηνικά καύσιμα, οι οποίοι, για οικονομικούς λόγους, πρέπει να έχουν πολύ μεγάλο μέγεθος. Εξάλλου, τα ηλεκτρικά συστήματα είναι πιο αξιόπιστα εάν οι πηγές τροφοδοσίας τους δεν συγκεντρώνονται σε ένα μικρό αριθμό από μεγάλες μονάδες.

Η διεργασία που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή ποικίλλει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της γεωθερμικής πηγής. Σχεδόν όλες οι πηγές που έχουν ήδη εξερευνηθεί είναι του υδροθερμικού τύπου (ζεστό νερό υπό πίεση), η εκμετάλλευση των οποίων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Εάν η θερμοκρασία της πηγής είναι κάτω από 204°C, το γεωθερμικό φρέαρ εξοπλίζεται με αντλία που δημιουργεί ικανή πίεση στη γεωθερμική άλμη ώστε να διατηρείται ως ζεστό νερό υπό πίεση. Για τις άνω των 204°C πηγές η καταλληλότερη μέθοδος παραγωγής είναι η φυσική ροή από το φρέαρ, η οποία αποφέρει ένα ακαριαία ατμοποιούμενο μίγμα άλμης και ατμού.

Εξίσου σημαντική παγκοσμίως είναι και η άμεση χρήση της γεωθερμικής ενέργειας, συχνά σε θερμοκρασίες ταμειυτήρων μικρότερες των 100°C. Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται άμεσα για θέρμανση κτιρίων (ανεξάρτητες κατοικίες, συγκροτήματα διαμερισμάτων, μέχρι ολόκληρες κοινότητες), δροσισμό κτιρίων (με χρήση μονάδων απορρόφησης βρωμιούχου λιθίου), θέρμανση θερμοκηπίων και εδάφους, και για την παροχή ζεστού ή χλιαρού νερού για οικιακή χρήση, επεξεργασία προϊόντων, καλλιέργεια οστρακοειδών και ψαριών, θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών, και για θεραπευτικούς σκοπούς⁶⁴.

Οι γεωθερμικές πηγές παρέχουν σήμερα άμεσα αξιοποιήσιμη θερμική ισχύ πάνω από 12.000 MW σε περισσότερες από 30 χώρες παγκοσμίως. Οι κύριες θέσεις όπου γίνεται άμεση χρήση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ευρώπη είναι η Ισλανδία (30% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, κυρίως για θέρμανση χώρων), η λεκάνη του Παρισίου και η λεκάνη Pannonian στην Ουγγαρία.

Τρεις είναι οι κύριοι τύποι των γεωθερμικών σταθμών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Ο τύπος του σταθμού καθορίζεται κυρίως από τη φύση της γεωθερμικής πηγής της εν λόγω θέσης. Η διαδικασία ηλεκτροπαραγωγής από μία

γεωθερμική πηγή (ή από ατμό σε μία συμβατική εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής) περιλαμβάνει μια διεργασία γνωστή ως κύκλο Rankine.

Οι σταθμοί άμεσου ατμού λειτουργούν με εντυπωσιακές ενεργειακές αποδοτικότητες, συνήθως 50 - 70%, ενώ οι σταθμοί δυαδικού κύκλου παρουσιάζουν μεγαλύτερο εύρος αποδόσεων (15 - 50%). Όλα αυτά αναφέρονται στη «μικτή» απόδοση μιας μονάδας, αλλά σε κάθε μονάδα υφίστανται ηλεκτρικά φορτία απαραίτητα για τη λειτουργία της, τα «παρασιτικά φορτία». Η «καθαρή» απόδοση του σταθμού περιλαμβάνει την κατανάλωση και αυτών των συσκευών για την εκτίμηση της απόδοσης του σταθμού από την άποψη της καθαρής παραγωγής ισχύος που διατίθεται στον ιδιοκτήτη προς χρήση ή πώληση.

Μικροί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής έως 100 kW, και συνήθως 1-5 MW, μπορούν να παρέχουν κατανεμημένη παραγωγή σε μεγάλα δίκτυα ή να αποτελούν μια σημαντική πηγή παραγωγής για μικρότερα δίκτυα ισχύος. Αν και επικρατεί η αντίληψη ότι οι γεωθερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής είναι σταθμοί βάσης που λειτουργούν 24 ώρες την ημέρα για 365 ημέρες το έτος, αυτό δεν ισχύει πάντα. Πράγματι, οι σταθμοί αυτοί μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να ακολουθούν τη ζήτηση του φορτίου, όπως μπορεί να απαιτείται σε εφαρμογές μίνι δικτύων.

Οι μικρές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής κατασκευάζονται συνήθως με τη χρήση μιας πολυσυναρτησιακής προσέγγισης που μειώνει τις δαπάνες κατασκευής της μονάδας, και μπορούν να εγκατασταθούν δίπλα στις γεωτρήσεις, οπότε συνολικά το έργο έχει ελάχιστη περιβαλλοντική επίπτωση. Οι μονάδες αυτές έχουν διαδραματίσει ιδιαίτερο ρόλο στην ανάπτυξη και αποδοχή της γεωθερμίας. Ευκαιρίες για μικρά γεωθερμικά έργα υπάρχουν σε πολλές περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου. Οι αγροτικές περιοχές έχουν πιεστικές ενεργειακές ανάγκες και ο ηλεκτρισμός που παράγεται από μικρούς, τοπικούς γεωθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (με δυναμικό κάτω από 5MW) θα μπορούσε να καλύψει πολλές από αυτές.

Αυτού του είδους οι σταθμοί θα μπορούσαν να καλύψουν τις αγορές αυτές σχεδόν εξ ολοκλήρου σε χώρες όπου ισχυρές εθνικές ή περιφερειακές πολιτικές προωθούν την εφαρμογή τους. Πάντως, για τα έργα αυτά συχνά απαιτείται κάποια κυβερνητική παρέμβαση, καθώς αντιμετωπίζουν ειδικές οικονομικές και λειτουργικές προκλήσεις που σχετίζονται με το μικρό τους μέγεθος. Το κλειδί για την επιτυχία ενός μικρής κλίμακας γεωθερμικού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής είναι το να μην κατασκευάζεται μία υπερμεγέθης σε σχέση με τη ζήτηση μονάδα, και να διερευνάται πάντοτε η

δυνατότητα ενσωμάτωσης ενός συστήματος άμεσης χρήσης του ζεστού νερού για τη βελτίωση των οικονομικών της μονάδας.

Τέλος, γεωθερμικοί ταμιευτήρες υψηλής θερμοκρασίας μπορούν να παράσχουν ατμό για την άμεση οδήγηση ατμοστροβίλων σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Οι πρόσφατα αναπτυγμένες τεχνολογίες δυαδικού κύκλου παρέχουν τη δυνατότητα χρήσης του μεγαλύτερου μέρους της θερμότητας της πηγής για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ κερδίζει έδαφος και ο συνδυασμός της συμβατικής ακαριαίας ατμοποίησης με την τεχνολογία δυαδικού κύκλου (συνδυασμένος κύκλος). Οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής μεγέθους έως 100 MW συνδέονται στα εθνικά δίκτυα και χρησιμοποιούνται συνήθως ως μονάδες βάσης, λειτουργώντας υπό πλήρη ισχύ 365 ημέρες το χρόνο. Αυτός ο τύπος παραγωγής είναι διαδεδομένος στην Ινδονησία και τις Φιλιππίνες⁶⁵.

4.4. Υβριδικό σύστημα από Α.Π.Ε. και συμβατικές μονάδες παραγωγής

Η δημιουργία υβριδικού συστήματος από Α.Π.Ε. και συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον αν αναλογιστεί κανείς το επιθυμητό τελικό αποτέλεσμα που δεν είναι άλλο από την παραγωγή ενέργειας με το χαμηλότερο δυνατό λειτουργικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος. Τα υβριδικά συστήματα αποκλειστικά από Α.Π.Ε. χαρακτηρίζονται από την χρήση αποκλειστικά ανανεώσιμων πηγών όπως ο συνδυασμός φωτοβολταϊκών και ανεμογεννητριών. Ο στόχος στην προκειμένη περίπτωση είναι η μέγιστη οικονομική διείσδυση των Α.Π.Ε. στα δίκτυα παραγωγής ενέργειας με τα οποία συνδέονται.

Ο συνδυασμός υβριδικών συστημάτων Α.Π.Ε. και συμβατικών μονάδων ενέργειας αποσκοπεί στον περιορισμό των επιπτώσεων από τη χρήση μονάδων που εφαρμόζουν επιβαρυντική τεχνολογία για το περιβάλλον ενώ προτεραιότητα δίνεται στην ενέργεια που προέρχεται από το πλεόνασμα της ενέργειας που παράγεται από τις ανανεώσιμες μονάδες⁶⁶.

4.5. Συμβατικά υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας

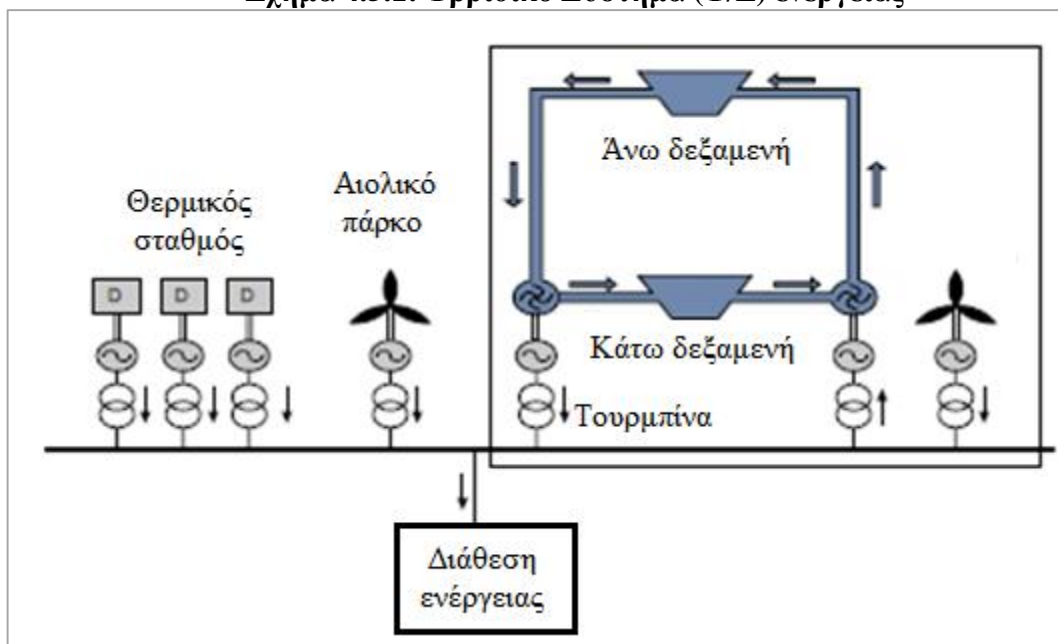
Το πεδίο των υβριδικών συστημάτων προέκυψε περισσότερο από μια δεκαετία πριν. Το πεδίο των υβριδικών συστημάτων έγινε δημοφιλές στις αρχές του 1990, αλλά μεμονωμένα τα υβριδικά συστήματα έχουν εμφανιστεί και παλαιότερα. Υπάρχει μια κατηγορία ελέγχου η οποία συνδέεται στενά με την κατηγορία των υβριδικών συστημάτων και ιδιαίτερα εκείνων που αποκαλούνται συμβατικά⁶⁷.

Η έννοια του υβριδικού συστήματος (σχήμα 4.5.1) περιλαμβάνει ένα ευρύτερο σύστημα που αξιοποιεί περισσότερες από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας για να καλύπτει την απαιτούμενη ενέργεια. Σε γενικό επίπεδο, ένα υβριδικό σύστημα συνδυάζει δύο ή περισσότερες μορφές ενέργειας με σκοπό να τροφοδοτεί ένα δίκτυο με ενέργεια εκμηδενίζοντας την πιθανότητα ελάττωσης της ισχύος.

Ο χαρακτήρας τους είναι δυναμικός καθώς σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε η εναλλαγή μεταξύ των διαθέσιμων πηγών ενέργειας ή ο συνδυασμός να είναι εύκολος με αποτέλεσμα να εξαρτώνται κατά το ελάχιστο από τις μεταβολές των εξωγενών παραγόντων, όπως το τοπικό δίκτυο, η ηλιοφάνεια, η ένταση του ανέμου, η ροή του νερού κ.τ.λ.⁶⁸

Η συνηθέστερη χρήση των υβριδικών συστημάτων περιλαμβάνει την αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών. Εκτός όμως από τα φωτοβολταϊκά, χρησιμοποιούν ανεμογεννήτριες, μικροδρροηλεκτρική και υδροηλεκτρική ισχύ, βιομάζα κλπ. Η συνηθέστερη ωστόσο μορφή ενός υβριδικού συστήματος περιλαμβάνει το συνδυασμό συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εξασφαλίζοντας μ' αυτόν τον τρόπο την αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος όλο το χρόνο⁶⁹.

Σχήμα 4.5.1: Υβριδικό Σύστημα (Υ/Σ) ενέργειας



Πηγή: Papaefthimiou et al, 2009

4.5.1. Λόγοι και φιλοσοφία ανάπτυξης υβριδικών συστημάτων Α.Π.Ε.

Ο χαρακτήρας και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των υβριδικών συστημάτων τα καθιστούν ανταγωνιστικά και «επιβάλλουν» την αναγκαιότητα ανάπτυξής τους. Η αξιοποίηση της αιολική, ηλιακή και άλλων μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προσφέρονται πολύ ευνοϊκά για παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας από την άποψη του υψηλού δυναμικού όσο και του χαμηλού κόστους παραγωγής⁷⁰.

Τα οφέλη της ανάπτυξης των υβριδικών συστημάτων εκτός από τη μεγάλη διείσδυση, είναι αρκετά όπως η ενίσχυση του δικτύου με ισχύ και ενέργεια, η αποφόρτιση των δικτύων μεταφοράς, οι επικουρικές υπηρεσίες στο δίκτυο, η αξιοπιστία και ποιότητα κ.ά. Τα υβριδικά συστήματα είναι μια καλή επιλογή δεδομένου ότι προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στο δίκτυο διανομής ενέργειας. Κατά την επιλογή των πηγών που θα αξιοποιηθούν, υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές που καθορίζονται όπως οι επιδόσεις, η ακρίβεια και η διαθεσιμότητα. Επίσης, η επιτυχής υλοποίηση ενός υβριδικού συστήματος απαιτεί μια σπονδυλωτή αρχιτεκτονική του συστήματος. Αυτό εξασφαλίζει ότι υπάρχει η δυνατότητα να συνδυαστούν διαφορετικές πηγές σε ένα ομοιογενές σύστημα (National Instruments, 2010). Συγκεντρωτικά, οι βασικοί λόγοι ανάπτυξης των υβριδικών συστημάτων εστιάζει στα ακόλουθα⁷¹:

- 1) Υψηλή απόδοση των συστημάτων που μπορούν να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας σε σύγκριση με τις μεμονωμένες τεχνολογίες.
- 2) Επίτευξη υψηλότερου βαθμού αξιοπιστίας και αποθήκευσης ενέργειας. Τα υβριδικά συστήματα συνδυάζοντας συμβατικές και ανανεώσιμες πηγές εξασφαλίζουν τη διαθεσιμότητα και την αποθήκευση της ενέργειας αδιάλειπτα.
- 3) Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν για τη μεγιστοποίηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με αποτέλεσμα τη δημιουργία συστημάτων με χαμηλότερες εκπομπές ρυπογόνων ουσιών από τις συμβατικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα
- 4) Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν για να επιτευχθεί το επιθυμητά χαμηλότερο αποδεκτό κόστος, το οποίο είναι το κλειδί για την αποδοχή τους από την αγορά ενέργειας.

Οι λόγοι που επιβάλλουν την ανάπτυξη των υβριδικών συστημάτων Α.Π.Ε., όπως προαναφέρθηκαν, έχουν διαμορφώσει τη γενικότερη φιλοσοφία ανάπτυξης των συγκεκριμένων συστημάτων.

Η βασική φιλοσοφία ανάπτυξης των υβριδικών συστημάτων με Α.Π.Ε. εστιάζει στο να παρέχεται αδιάκοπα ενέργεια στα δίκτυα σε περιπτώσεις που οι συμβατικές μονάδες αδυνατούν λόγω βλάβης ή για λόγους εξοικονόμησης καυσίμων. Ο σκοπός ανάπτυξης

τους δηλαδή είναι να παρέχουν υποστηρικτική βοήθεια σε συμβατικές μορφές και αν οι απαιτήσεις ενέργειας το επιτρέπουν να αποτελούν τη βασική πηγή ενέργειας⁷².

Επιπλέον, η χρήση υβριδικών συστημάτων Α.Π.Ε. αποσκοπεί στην εξασφάλιση ευστάθειας στα δίκτυα ενέργειας συμβάλλοντας καθοριστικά επιλύοντας τα προβλήματα στην πηγή δημιουργίας τους, δηλαδή στην έλλειψη ενέργειας. Η λογική της αξιοποίησης των υβριδικών συστημάτων στοχεύει επίσης στον περιορισμό απόρριψης φορτίου με ταυτόχρονη εξάπλωση της αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας⁷³.

4.5.1 1.Πλεονεκτήματα υβριδικών συστημάτων ενέργειας

Η χρήση των υβριδικών συστημάτων ενέργειας αποφέρει ωφέλειες και διαθέτει τέτοια πλεονεκτήματα που τα καθιστούν ιδιαίτερα ανταγωνιστικά. Τα συγκεκριμένα πλεονεκτήματα εστιάζουν σε τεχνολογικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο. Στη συνέχεια της παρούσας ενότητας θα παρουσιαστούν τα βασικότερα εξ' αυτών για κάθε επίπεδο χωριστά καθώς και τα οφέλη που μπορούν να αποκομιστούν.

Αρχικά, σε τεχνολογικό επίπεδο, τα υβριδικά συστήματα ενέργειας αξιοποιούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε τεχνολογίας και παρέχουν επαρκής ποσότητες ενέργεια έχοντας τη δυνατότητα να αναπτυχθούν από μικρά αυτόνομα συστήματα ή να συνδυαστούν με υπάρχουσες μονάδες ενέργειας που χρησιμοποιούν συμβατικές πηγές ενέργειας όπως ορυκτά καύσιμα, γαιάνθρακες κλπ.

Επίσης, τα υβριδικά συστήματα ενέργειας μπορούν να αξιοποιηθούν σε περιοχές με δυσκολίες προσβασιμότητας στην ενέργεια λόγω υψηλού κόστους μεταφοράς απαιτούμενων καυσίμων, κόστους συντήρησης ή γεωγραφικών δυσκολιών. Παρέχουν επίσης τη δυνατότητα μελλοντικής σύνδεσης με δίκτυο συμβατικών μορφών στις περιοχές που γίνεται η εγκατάσταση τους. Η αποδοτικότητά τους είναι τέτοια που τους

επιτρέπει να λειτουργούν αυτόνομα και να καλύπτουν ακόμη και υψηλές ενεργειακές ανάγκες περιοχών⁷⁴.

Όπως ορίστηκε και προηγούμενα, το υβριδικό σύστημα συνδυάζει δύο ή και περισσότερες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας όπως φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες και συμβατικές τεχνολογίες. Αυτό το στοιχείο πρακτικά σημαίνει πως παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας υβριδικού συστήματος συνδυάζοντας όλες τις δυνατές παρεχόμενες πηγές ενέργειας χωρίς περιορισμούς. Για παράδειγμα, σε περιοχές με δυσκολία μεταφοράς καυσίμων υπάρχει δυνατότητα συνδυασμού ανεμογεννητριών με φωτοβολταϊκά για την παραγωγή ενέργειας⁷⁵.

Τα συμβατικά συστήματα παραγωγής ενέργειας διαθέτουν ένα στοιχείο που τα καθιστούν μειονεκτικότερα έναντι των υβριδικών: η παρουσία ποσοτήτων καυσίμου. Τα υβριδικά συστήματα που λειτουργούν συνδυάζοντας την παρουσία καυσίμου με ανανεώσιμες πηγές, απαιτούν μικρότερες ποσότητες καυσίμου συμβάλλοντας μ' αυτόν τον τρόπο στη μικρότερη εκπομπή ρύπων αλλά και μειώνοντας ταυτόχρονα το κόστος λειτουργίας. Έτσι, η παροχή ενέργειας από υβριδικά συστήματα βασιζόμενα σε Α.Π.Ε. είναι πιο οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον⁷⁶.

4.5.2. Υβριδικά συστήματα φωτοβολταϊκών

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούν μια προσέγγιση υψηλής τεχνολογίας για την άμεση μετατροπή του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια. Εννοιολογικά, στην απλούστερη της μορφή μια φωτοβολταϊκή διάταξη είναι μια ηλιακά τροφοδοτούμενη μπαταρία, όπου το μόνο αναλώσιμο είναι το φως που την τροφοδοτεί. Δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη, η λειτουργία είναι φιλική προς το περιβάλλον και, εάν η διάταξη προστατεύεται σωστά από την επίδραση του περιβάλλοντος, κανένα τμήμα δεν υφίσταται φθορά.

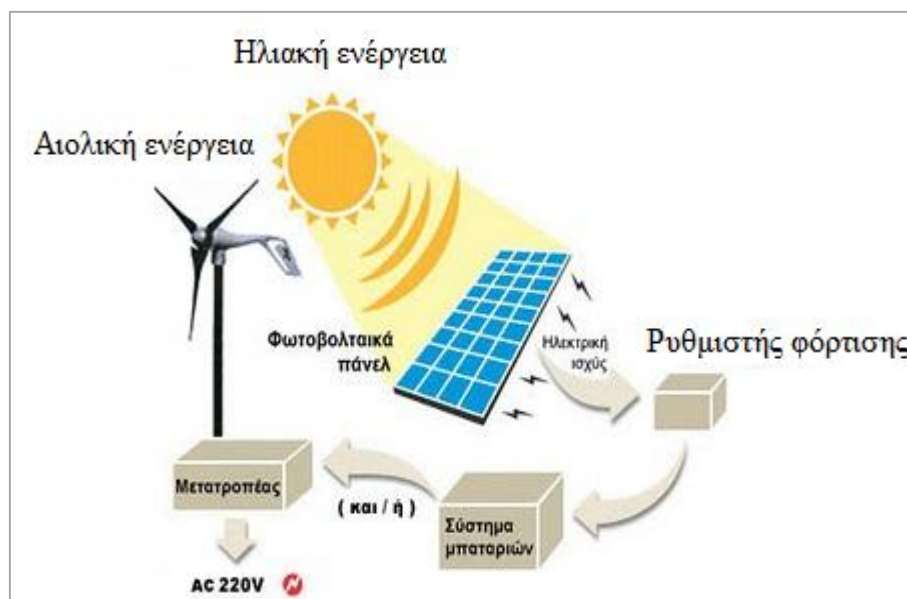
Ωστόσο η ενέργεια που παράγεται από ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι περιορισμένη με αποτέλεσμα να απαιτείται η ηλεκτρονική σύνδεση πολλών φωτοβολταϊκών στοιχείων προκειμένου να παραχθεί ικανοποιητική ποσότητα ενέργειας. Η τελική συνολική ηλεκτρική ισχύς μιας φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι

ίση με το άθροισμα της ισχύος των φωτοβολταϊκών στοιχείων που την συνθέτουν. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται επάνω σε περιστρεφόμενα στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου επιτυγχάνοντας μ' αυτόν τον τρόπο μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια ακτινοβολίας και συνακόλουθα, η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ενέργειας⁷⁷.

Όταν πρόκειται για εγκαταστάσεις στις οποίες γίνεται παραγωγή μέσης ή μεγάλης ποσότητας ενέργειας, απαιτείται η ύπαρξη πολλών φωτοβολταϊκών συστοιχιών, οι οποίες σχηματίζουν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο. Η διάταξή τους είναι τέτοια στο χώρο ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα σκίασης εξαλείφοντας τον κίνδυνο πτώσης της απόδοσης τους συστήματος. Έτσι, οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες πρέπει να τοποθετούνται σε παράλληλες σειρές.

Τα υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα (σχήμα 4.5.2.1) παράγουν ενέργεια συνεχούς τάσης η οποία ανάλογα με την εφαρμογή χρησιμοποιείται απευθείας ή μετατρέπεται σε κάποια άλλη μορφή ώστε να αποθηκευτεί για μελλοντική χρήση. Ανεξάρτητα, όμως, από την εφαρμογή, τα υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα συνδυάζονται με ανεμογεννήτρια ή ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου. Παράλληλα η ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου, συνήθως ενεργοποιείται αυτόματα σε έκτακτες περιπτώσεις για να υποβοηθήσει το φωτοβολταϊκό σύστημα⁷⁸.

Σχήμα 4.5.2.1: Λειτουργία υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος



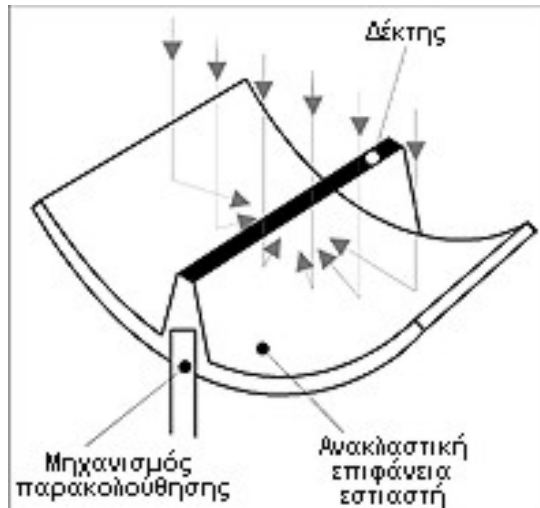
4.5.2.1. Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής παραβολικών κοίλων

Η ανακλαστική επιφάνεια ενός παραβολικού κοίλου (σχήμα 4.5.2.2) συγκεντρώνει το ηλιακό φως σε ένα σωληνωτό δέκτη που είναι τοποθετημένος κατά μήκος της εστιακής γραμμής του κοίλου και ζεσταίνει το ρευστό που ρέει στο σωλήνα, το οποίο κατόπιν μέσω σωληνώσεων μεταφέρεται σε έναν ατμοστρόβιλο.

Εν γένει τα κοίλα σχεδιάζονται ώστε να παρακολουθούν τον ήλιο κατά μήκος ενός άξονα, συνήθως κατά τον άξονα βορά - νότου. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παράσχει θερμότητα διεργασιών ή για να ενεργοποιήσει χημικές αντιδράσεις, αλλά είναι πιο γνωστή για τις εφαρμογές της που παρέχουν ηλεκτρική ισχύ. Ο λόγος συγκέντρωσης των παραβολικών κοίλων κυμαίνεται από 10 μέχρι 100, ενώ η θερμοκρασία ανέρχεται στους 400°C.

Η απόδοση των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής παραβολικών κοίλων συνέχισε να βελτιώνεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Η ετήσια διαθεσιμότητα του ηλιακού πεδίου, που ορίζεται ως η δυνατότητα του να λειτουργεί, ξεκίνησε από ένα ικανοποιητικό επίπεδο της τάξης του 96 - 97% και σταδιακά ανήλθε στο 99,5%, με την εξέλιξη των τεχνικών συντήρησης και την επίλυση των όποιων προβλημάτων με τα ανταλλακτικά⁷⁹.

Σχήμα 4.5.2.2: Παραβολικό κοίλο



Πηγή: Κ.Α.Π.Ε., 2001

4.5.2.2. Πλεονεκτήματα αξιοποίησης υβριδικών φωτοβολταϊκών συστημάτων

Η χρήση υβριδικών φωτοβολταϊκών συστημάτων παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα τόσο ως προς την παραγωγή ενέργειας όσο και ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ειδικότερα⁸⁰:

- 1) Μηδενικό κόστος λειτουργίας, διότι δεν καταναλώνουν πρώτη ύλη όπως ορυκτά καύσιμα.
- 2) Μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία απ' ευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια
- 3) Δεν μολύνουν το περιβάλλον το περιβάλλον.
- 4) Η παρουσία ηχορύπανσης είναι ελάχιστη και προέρχεται αποκλειστικά από τις ανεμογεννήτριες.
- 5) Παρουσιάζουν υψηλό βαθμό χρηστικότητας.
- 6) Παρέχουν τη δυνατότητα συνδυασμού ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- 7) Έχουν δυνατότητα επέκτασης σύμφωνα με τις απαιτήσεις σε ενέργεια.

- 8) Η διάρκεια ζωής τους είναι τέτοια που παρέχει αξιοπιστία στην παραγόμενη ενέργεια.
- 9) Οι απαιτήσεις σε συντήρηση του τεχνολογικού εξοπλισμού βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα.

4.5.3. Υβριδικά συστήματα ισχύος (ανεμογεννήτριες)

Τα υβριδικά συστήματα ισχύος περιλαμβάνουν εκείνα τα στοιχεία που εκμεταλλεύονται πλήρως τη αιολική ενέργεια και αφορούν σχεδόν αποκλειστικά μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες⁸¹:

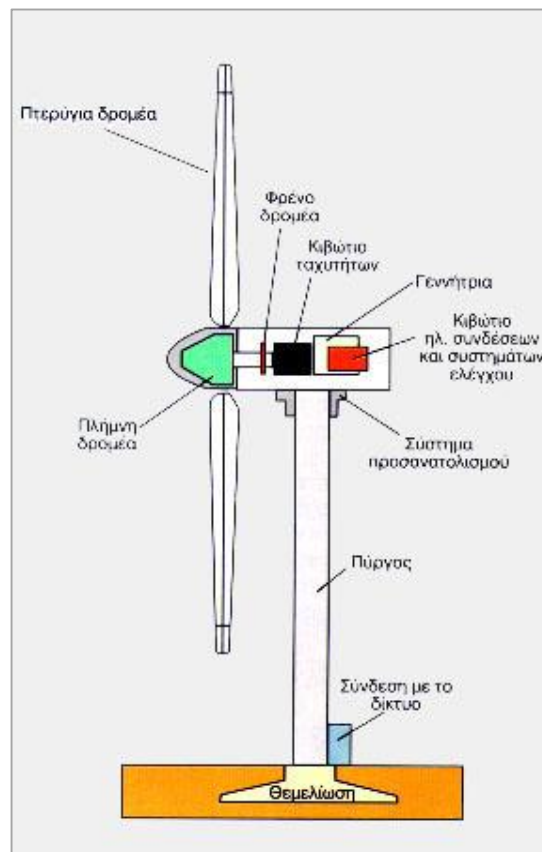
- 1) Ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικας και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο (σχήμα 4.5.3.1).
- 2) Ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα, ο οποίος και παραμένει σταθερός (σχήμα 4.5.3.2).

Σήμερα, έχει επικρατήσει η χρήση ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα που αποτελούνται από:

- 1) Δρομέα, με δύο ή τρία πτερύγια τα οποία κατασκευάζονται από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη, είτε σταθερά είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από τον διαμήκη άξονα τους, μεταβάλλοντος το βήμα της πτερύγωσης.
- 2) Σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας.
- 3) Ηλεκτρογεννήτρια τεσσάρων ή έξι πόλων η οποία συνδέεται με την έξοδο του κιβωτίου πολλαπλασιασμού στροφών μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου.

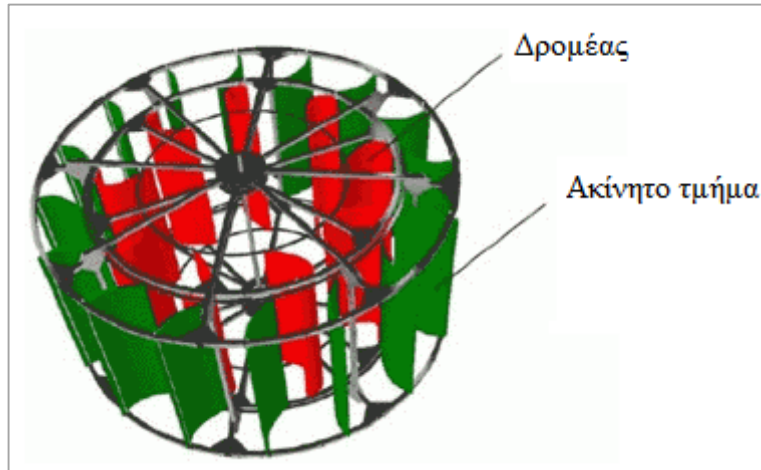
- 4) Σύστημα πέδης, το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.
- 5) Σύστημα προσανατολισμού, το οποίο «αναγκάζει» συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.
- 6) Πύργο έδρασης της ηλεκτρομηχανολογικής εγκατάστασης. Ο πύργος είναι συνήθως μεταλλικός, σωληνωτός ή δικτυωτός ενώ το ύψος του είναι τέτοιο, ώστε ο δρομέας να δέχεται την αδιατάρακτη από το έδαφος ροή του ανέμου.
- 7) Ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου είναι και εκείνο που ρυθμίζει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.

Σχήμα 4.5.3.1: Ανεμογεννήτρια με οριζόντιο άξονα



Πηγή: Μαρινάκης, 2004

Σχήμα 4.5.3.2: Ανεμογεννήτρια με κατακόρυφο άξονα



Πηγή: Aenaο, 2006

Τέλος, η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το αιολικό δυναμικό της περιοχής όπου αυτή εγκαθίσταται ενώ το μέγεθος της είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει σε ένα συγκεκριμένο σύστημα. Ένα άλλο στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη είναι η διαθεσιμότητα των ανεμογεννητριών, δηλαδή το ποσοστό του χρόνου που αυτές είναι διαθέσιμες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή εγκατάστασης (Anagnostopoulos et al, 2007: 3013).

4.5.3.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανεμογεννητριών

Τα συστήματα ανεμογεννητριών, όπως και κάθε σύστημα παραγωγής ενέργειας, συγκεντρώνει τόσο θετικά όσο και αρνητικά στοιχεία. Αρχικά, θα παρουσιαστούν τα πλεονεκτήματα των συγκεκριμένων συστημάτων και στη συνέχεια τα στοιχεία που τις καθιστούν ασύμφωρες.

Αρχικά, θα πρέπει να τονιστεί ότι η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι μια πηγή ενέργειας που δεν επιβαρύνει το περιβάλλον όπως συμβαίνει με συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, όπως άνθρακα ή φυσικό αέριο. Οι ανεμογεννήτριες δεν εκλύουν χημικές ουσίες στο περιβάλλον οι οποίες προκαλούν όξινη βροχή ή αέρια του θερμοκηπίου.

Επίσης, η τεχνολογία που αναπτύσσεται αναφορικά με την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι μια από τις πιο οικονομικές που υπάρχουν σήμερα στον χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η κατασκευή και η συντήρηση των ανεμογεννητριών,

όπως έχει υπολογιστεί αποτελεί μια πολύ οικονομική λύση παραγωγή ενέργειας ενώ δεν έχει καμία επιβάρυνση για το περιβάλλον⁸².

Θετικό στοιχείο των ανεμογεννητριών είναι και οι απαιτούμενοι χώροι εγκατάστασης. Η τοποθέτηση των ανεμογεννητριών μπορεί να πραγματοποιηθεί σε εκτάσεις που βρίσκονται εκτεθειμένες στον άνεμο ή ακόμα και σε ορεινές περιοχές χωρίς να εμποδίζεται η δραστηριότητα περιμετρικά των εγκαταστάσεων ή να αλλοιώνεται αισθητά το φυσικό περιβάλλον⁸³.

Το βασικότερο μειονέκτημα των ανεμογεννητριών είναι η δυσκολία ανταγωνισμού με τις συμβατικές πηγές ενέργειας σε επίπεδο κόστους – ωφέλειας. Παρότι το κόστος χρήσης των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία απαιτεί μια αρχική επένδυση υψηλότερη από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με καύση ορυκτών .

Επίσης, η εφαρμογή των ανεμογεννητριών απαιτεί την ύπαρξη του ανέμου ως πηγή ενέργειας κάτι που δεν μπορεί εκ των προτέρων να εξασφαλιστεί. Η αποθήκευση της αιολικής ενέργειας παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες ενώ δεν είναι εφικτό να υπάρχει πάντοτε ταυτόχρονη αξιοποίηση ανέμων και απαιτήσεων σε ενέργεια καθώς οι περιοχές που ενδείκνυται στην εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι απομακρυσμένες

Τέλος, αν και η κατασκευή αιολικών πάρκων έχει σχετικά μικρή επίπτωση στο περιβάλλον σε σύγκριση με άλλες συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, υπάρχει ένας προβληματισμός για τον θόρυβο που παράγεται από τις λεπίδες του ηλεκτρικού κινητήρα (ρότορα).

Αναφορικά με τα περισσότερα εκ των μειονεκτημάτων που προαναφέρθηκαν καταβάλλονται προσπάθειες διαμέσου της τεχνολογικής ανάπτυξης να επιλυθούν ή να περιοριστούν ενώ σημαντική λύση για την εξάλειψη των περισσότερων αποτελεί η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης, με την οποία η αιολική ενέργεια αποθηκεύεται με τη μορφή δυναμικής ενέργειας στη ποσότητα του νερού το οποίο βρίσκεται σε συγκεκριμένο υψόμετρο. Δύνεται έτσι η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί μεταγενέστερα και μάλιστα σαν μια ποιοτική ηλεκτρική πηγή ενέργειας η οποία δεν προκαλεί κανένα πρόβλημα στο σύστημα⁸⁴.

4.5.4. Συστήματα αντλησιοαποταμίευσης

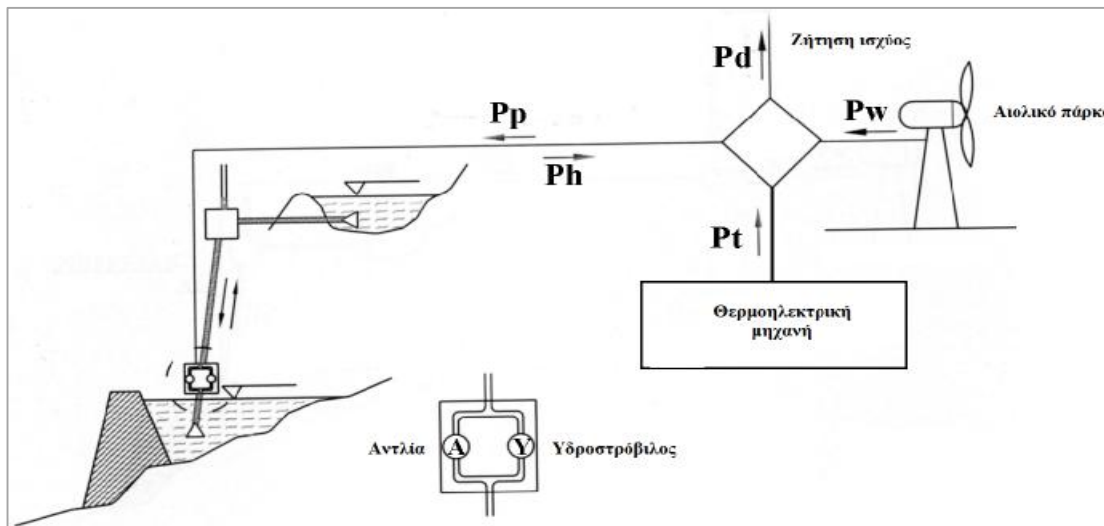
4.5.4.1. Βασικά στοιχεία της αντλησιοαποταμίευσης

Η δημιουργία συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας ακολουθεί συγκεκριμένες διαδικασίες που εξασφαλίζουν συνθήκες ευστάθειας και ασφάλειας. Οι συγκεκριμένες διαδικασίες περιπλέκονται ακόμη περισσότερο στην περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου της αντλησιοαποταμίευσης διότι απαιτεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις, όπως προαναφέρθηκαν σε προηγούμενη ενότητα. Η μέθοδος της αντλησιοαποταμίευσης εφαρμόζεται στις περισσότερες των περιπτώσεων σε περιοχές απομονωμένες από τα ενεργειακά συστήματα ή σε περιοχές με δυσκολία στην πρόσβαση στην ενέργεια. Αυτό προκύπτει διότι τα απομονωμένα ενεργειακά συστήματα χαρακτηρίζονται από ιδιαιτερότητες όπως έντονες διακυμάνσεις στις απαιτήσεις ενεργειακής ισχύος, αδυναμία υποστήριξης από άλλα συστήματα ενέργειας κλπ.⁸⁵.

Η εφαρμογή Α.Π.Ε. και ιδιαίτερα εκείνη της αντλησιοαποταμίευσης μπορεί να παρέχει ικανές ποσότητες ενέργειας επιλύοντας σημαντικά το πρόβλημα. Πέραν αυτού, μπορεί σε συνδυασμό με άλλες μορφές Α.Π.Ε. να προσφέρει την απαιτούμενη ενεργειακή ασφάλεια και επάρκεια σε απομακρυσμένες περιοχές. Ωστόσο, η διείδυση εφαρμογής της μεθόδου της αντλησιοαποταμίευσης στα απομονωμένα ενεργειακά συστήματα, επιβάλλεται για εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων ενέργειας μη βλάπτοντας το περιβάλλον, απεξάρτηση από τη χρήση ρυπογόνων μορφών ενέργειας και μείωση του κόστους παραγωγής⁸⁶.

Η λειτουργία των αντλησιοαποταμιευτικών συστημάτων βασίζεται σε ορισμένες βασικές αρχές και διαδικασίες. Για την κατανόηση των συγκεκριμένων αρχών, το σχήμα 4.5.4.1 παρουσιάζει τη βασική αρχή λειτουργίας της μεθόδου σε συνδυασμό με την παραγόμενη ενέργεια από ένα αιολικό πάρκο⁸⁷.

Σχήμα 4.5.4.1: Αρχή λειτουργίας μεθόδου αντλησιοταμίευσης



Πηγή: Katsaprakakis et al, 2008

Όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 19, σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή παράγεται ηλεκτρική ισχύς P_w από το αιολικό πάρκο. Ο έλεγχος της παραγωγής ενέργειας είναι και εκείνος που θα τελικά θα καθορίσει την εφαρμογή ή μη της αντλησιοταμίευσης. Στην περίπτωση που η παραγόμενη ενέργεια P_w είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια που ζητείται (P_d), οι απαιτήσεις καλύπτονται εξ' ολοκλήρου από το αιολικό πάρκο ενώ η περίσσεια ενέργειας μέσω των αντλιών του συστήματος αντλησιοταμίευσης αποθηκεύεται με τη μορφή δυναμικής ενέργειας στην άνω δεξαμενή του αντλησιοταμιευτήρα για μελλοντική αξιοποίηση. Στην αντίθετη περίπτωση, η παραγόμενη ενέργεια του αιολικού πάρκου καλύπτει εν μέρει τις απαιτήσεις σε ενέργεια ενώ την ίδια στιγμή παράγεται μέσω υδροτροβίλων η υπόλοιπη ποσότητα ενέργειας .

Η συγκεκριμένη διαδικασία επαναλαμβάνεται κάθε φορά που υπάρχει ζήτηση ενέργειας και κατά περίπτωση ακολουθείται η αποθήκευση ή η παραγωγή επιπλέον ποσοτήτων ενέργειας μέσω της αντλησιοταμίευσης. Από τα συγκεκριμένα στοιχεία καθίσταται σαφές ότι η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης, βασιζόμενη στην αρχή της επάρκειας ή όχι ενέργειας, μπορεί να προσφέρει σημαντική ενέργεια τόσο στην παραγωγή όσο και στην αποθήκευση ενέργειας⁸⁸.

4.5.4.2. Τα πλεονεκτήματα της αντλησιοταμίευσης

Η χρήση της μεθόδου της αντλησιοταμίευσης, προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, αν αναλογιστεί κανείς ιδιαίτερα τη χρήση της σε συνδυασμό με την παραγωγή ενέργειας μέσω άλλων μορφών όπως η αιολική. Ωστόσο, για την πλήρη αξιοποίησή της απαιτείται και η εξασφάλιση των απαιτούμενων μονάδων αποθήκευσης. Συχνά, το κόστος αποθήκευσης της ενέργειας σε συμβατικές μονάδες είναι υψηλό με αποτέλεσμα η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου να είναι πλεονεκτική. Το συγκεκριμένο στοιχείο βρίσκει εφαρμογή σε εκείνες τις μονάδες που η παραγωγή ενέργειας ξεπερνά κάποια όρια, με αποτέλεσμα η αποθήκευση για παράδειγμα σε μπαταρίες να είναι ασύμφορη οικονομικά⁸⁹.

Επίσης, ο εφαρμογή της μεθόδου της αντλησιοταμίευσης μπορεί να αποτελέσει την ιδανική λύση για περιοχές με προβλήματα ενεργειακής φύσεως. Η παραγωγή ενέργειας ιδιαίτερα σε απομονωμένες περιοχές μπορεί να βασίζεται σε μορφές ενέργειας όπως η ηλιακή και αιολική, με τις δυσκολίες που τις χαρακτηρίζουν όπως η έλλειψη επαρκούς ηλιοφάνειας ή ανέμων. Το συγκεκριμένο στοιχείο έχει ως αποτέλεσμα πολλές φορές η παραγωγή ενέργειας των συγκεκριμένων μορφών να μην επαρκούν για τη ζήτηση ενέργειας με αποτέλεσμα να προκύπτουν προβλήματα και κατ' επέκταση στην αποθήκευση ενέργειας. Η χρήση της αντλησιοταμίευσης ως μεθόδου στην προκειμένη περίπτωση διαφαίνεται να αποτελεί την ιδανικότερη λύση για την αντιμετώπιση

προβλημάτων ζήτησης ενέργειας, αποθήκευσης αλλά και πλήρους αξιοποίησης της αιολικής ή ηλιακής ενέργειας⁹⁰.

Βασικό ακόμα πλεονέκτημα της μεθόδου της αντλησιοταμίευσης, είναι η δυνατότητα που παρέχει στην αξιοποίηση του ύδατος και σε άλλες δραστηριότητες όπως η ύδρευση, σε ελεγχόμενα βέβαια πλαίσια. Η παροχή ευστάθειας και επάρκειας ύδατος σε ένα ήδη υφιστάμενο σύστημα ύδρευσης είναι αδιαμφισβήτητη. Μάλιστα, οι συγκριμένες δυνατότητες ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης αναφορικά με την παροχή ύδατος, καθίσταται σημαντική σε χρονικές περιόδους που οι απαιτήσεις σε νερό είναι αυξημένες όπως λόγω άρδευσης καλλιέργειών⁹¹.

Η αξιοποίηση της μεθόδου της αντλησιοταμίευσης μπορεί να αποφέρει ωφέλειες στην εξοικονόμηση ποσοτήτων άνθρακα που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας. Το συγκεκριμένο δεδομένο βασίζεται στην υπόθεση ότι δύο συστήματα χρησιμοποιούν διαφορετικές μονάδες παραγωγής. Το μεν πρώτο χρησιμοποιεί μονάδα αντλησιοταμίευσης και το δεύτερο που χρησιμοποιεί αποκλειστικά θερμικές μονάδες παραγωγής. Οι διαφορές των δύο συγκεκριμένων συστημάτων είναι τα οφέλη που προκύπτουν όσον αφορά την εξοικονόμηση άνθρακα από την αντλησιοταμίευση.

Το σύστημα της αντλησιοταμίευσης μπορεί να προσφέρει στην προκειμένη περίπτωση ίδιες ποσότητες ενέργειας με μια μονάδα άνθρακα, εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία ολόκληρου του συστήματος παραγωγής ενέργειας, ρυθμίζοντας τις μεταβολές των ποσοτήτων ύδατος στις δύο δεξαμενές ενώ μπορεί να παρέχει συστηματική χρήση και αξιοπιστία με το σύστημα του άνθρακα.

Η εφαρμογή της μεθόδου της αντλησιοταμίευσης μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην εξοικονόμηση καυσίμων αν αξιοποιηθεί πρακτικά σε χρόνους αιχμής της ζήτησης μειώνοντας αισθητά και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μ' αυτό τον τρόπο μπορεί να αποσυμφορηθεί το δίκτυο διάθεσης ενέργειας «ανακουφίζοντας» το βάρος των θερμικών μονάδων παραγωγής λειτουργώντας υπό βέλτιστες συνθήκες, βελτιώνοντας ταυτόχρονα το βαθμό χρήση και την απόδοση λειτουργίας των θερμικών μονάδων⁹².

Κεφάλαιο 5 – Περιβαλλοντικές επιδράσεις Εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

5.1. Οι διαστάσεις του περιβαλλοντικού προβλήματος

Η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας προκαλεί αυξημένη έκλυση «αερίων θερμοκηπίου» εγκλωβίζοντας το ηλιακό φως στη γήινη ατμόσφαιρα και κατά συνέπεια αυξάνοντας τη θερμοκρασία της γης. Τα αέρια του θερμοκηπίου (στη συντριπτική πλειοψηφία διοξείδιο του άνθρακα CO₂ αλλά και νιτρικά οξείδια, μεθάνιο κ.ά.) αποτελούν τα ίδια παράγοντα μόλυνσης και είναι γενικά παραδεκτό πως προκαλούν σημαντικές αλλαγές στο κλίμα του πλανήτη αλλάζοντας τις παγιωμένες για αιώνες καιρικές συμπεριφορές (έντονες καταιγίδες, παρατεταμένες περιόδους ξηρασία κ.ά.), λιώνοντας τους πάγους στους πόλους, υψώνοντας τη στάθμη της θάλασσας. Ειδικότερα με το λιώσιμο των πάγων στους πόλους η επιφάνεια που καλύπτεται από πάγο μειώνεται και έτσι μειώνεται και η αντανάκλαση της ηλιακής θερμότητας που προκαλεί το παγωμένο επίστρωμα με συνέπεια ακόμα περισσότερη ηλιακή θερμότητα να εγκλωβίζεται δρώντας έτσι πολλαπλασιαστικά στο όλο φαινόμενο.

Όπως όλα τα προβλήματα, έτσι και το πρόβλημα του «φαινομένου του θερμοκηπίου» μπορεί να λυθεί αν αντιμετωπιστεί στη ρίζα του, που είναι η έκλυση αερίων του θερμοκηπίου. Η πραγματικότητα είναι πως οι μεγάλες βιομηχανίες, οι μεταφορές και το αστικό περιβάλλον ευθύνονται συντριπτικά για τις εκλύσεις αυτές. Η απαγόρευση, λοιπόν, των εκλύσεων αερίων του θερμοκηπίου θα ήταν ένας τρόπος για την ουσιαστική αντιμετώπιση του προβλήματος.

Όμως, ακόμα και αν αύριο σταματούσε η έκλυση αερίων του θερμοκηπίου, οι κλιματικές αλλαγές δεν θα ακυρώνονταν άμεσα. Το περιβάλλον είναι επιβαρυνόμενο για πολλές δεκαετίες (αιώνες αν συνυπολογιστεί η εποχή της βιομηχανικής επανάστασης) ενώ η αποψίλωση των δασών περιορίζει σημαντικά τους όποιους ρυθμούς επανάκαμψης στην προηγούμενη κατάσταση.

Βεβαίως, η σημερινή κατάσταση είναι μακράν της ανησυχίας για τους οποιουδήποτε ρυθμούς επανάκαμψης καθότι δεν έχει υπάρξει καν κάποια ουσιαστική ενέργεια τουλάχιστον επιβράδυνσης της επιδείνωσης του περιβάλλοντος. Ο λόγος είναι πως τα αέρια του θερμοκηπίου είναι άμεσα συνδεδεμένα με τον βασικό πυρήνα της σύγχρονης ζωής που είναι η οικονομική ανάπτυξη και συνδέονται όχι μόνο με την ευημερία των αναπτυγμένων χωρών αλλά και με το όνειρο των αναπτυσσόμενων και υπανάπτυκτων για ένα καλύτερο επίπεδο ζωής.

Ειδικότερα, τα αέρια του θερμοκηπίου είναι άμεσα συνδεδεμένα με την κατανάλωση ενέργειας (πετρέλαιο, άνθρακας) και κατά συνέπεια την οικονομική ανάπτυξη. Οι ανεπτυγμένες χώρες καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας για να συντηρήσουν μια συγκεκριμένη παραγωγή ενώ οι αναπτυσσόμενες χώρες καταναλώνουν ακόμα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας προκειμένου να οικοδομήσουν τη βιομηχανία τους και φυσικά να παράγουν.

Κατά τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα σοβαρό πολιτικό πρόβλημα στο διεθνές στερέωμα με αποτέλεσμα πολλές πρωτοβουλίες να ακυρώνονται στην πράξη καθώς οι αναπτυσσόμενες χώρες διεκδικούν και εκείνες μια θέση ανάμεσα στις ανεπτυγμένες. Καθώς η κατανάλωση υπερβολικών ποσών ενέργειας είναι για αυτές μονόδρομος προκειμένου να επιτευχθεί η επιζητούμενη οικονομική ανάπτυξη, σύμμαχο επιχείρημά τους στέκεται το γεγονός πως η σημερινή μόλυνση της ατμόσφαιρας με αέρια του θερμοκηπίου οφείλεται κατά κύριο λόγο στις σημερινές ανεπτυγμένες χώρες όταν κατά τις παρελθούσες δεκαετίες καταναλώναν αφειδώς ενέργεια δίχως κανέναν υπολογισμό των επιπτώσεων προκειμένου να επιτύχουν την επιζητούμενη οικονομική ευμάρεια.

Η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης, που παρασέρνει όλο και περισσότερους πολίτες, διαφαίνεται μέσα από διάφορες απλές «πράσινες» συνήθειες που εφαρμόζονται στην καθημερινότητα. Ο όρος «πράσινος» δεν αναφέρεται κατά ανάγκη στην απαγόρευση της έκλυσης αερίων του θερμοκηπίου αλλά σε όλες εκείνες τις ενέργειες που μπορούν να συντελεστούν προκειμένου να περιοριστούν οι άμεσες ή έμμεσες εκλύσεις τους⁹³.

5.1.1. Οι άμεσες επιπτώσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Η ίδια η παραγωγή ενός υλικού προκαλεί κάποιες επιπτώσεις στο περιβάλλον με κύρια την κατανάλωση ενέργειας από τη βιομηχανία που το παρήγαγε. Ειδικότερα για παραγωγή ενέργειας που απαιτείται χρήση υλικών και τεχνικών υψηλής τεχνολογίας, δεν είναι μόνο η κατανάλωση ενέργειας αλλά και οι ίδιες οι βιομηχανικές διεργασίες (χημική μηχανική) που συντελέστηκαν και οι οποίες προκαλούν μόλυνση της ατμόσφαιρας.

Η παραγωγή ενέργειας απαιτεί κάποιες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η κατασκευή τους αντιστοιχεί σε ένα μη ευκαταφρόνητο ποσό καταναλούμενης ενέργειας και επιβάρυνσης του περιβάλλοντος . Με τη σχεδίαση και την παραγωγή ενέργειας, η επόμενη φάση είναι η διάθεσή της. Κατά τη διάρκεια κατανάλωσης της ενέργειας, παράγονται σημαντικά ποσά ρυπογόνων ουσιών που εναπόκεινται στο περιβάλλον⁹⁴.

5.1.2. Οι έμμεσες επιπτώσεις

Οι έμμεσες επιπτώσεις αφορούν την επίδραση στην κοινωνία και οικονομία εξαιτίας της χρήσης - εφαρμογής της ηλεκτρικής ενέργειας. Σε τελική ανάλυση, αφορά την κατανάλωση ενέργειας λόγω της οποιασδήποτε χρήσης της (είτε εμπορική, είτε προσωπική, είτε επιστημονική χρήση κ.ά.). Αυτή η κατανάλωση ενέργειας τελικά μεταφράζεται, όπως προαναφέρθηκε, σε συγκεκριμένο αποτύπωμα CO₂ συμβάλλοντας ακόμα περισσότερο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αξίζει να σημειωθεί πως στις περισσότερες περιπτώσεις η κατανάλωση ενός συγκεκριμένου ποσού ενέργειας επιβάλει την κατανάλωση σχεδόν του ίδιου ποσού ενέργειας για την ψύξη⁹⁵.

5.1.3. Οι συνδυασμένες επιπτώσεις

Η κατηγορία αυτή συνδυάζει τις επιπτώσεις που προκαλούνται από την αλλαγή στη δομή των οικονομιών και κοινωνιών από τη διαθεσιμότητα, την εφαρμογή και την προσβασιμότητα σε ενέργεια. Με άλλα λόγια, επηρεάζεται η καταναλωτική συμπεριφορά και οι απαιτήσεις των πολιτών, η προσφορά και η ζήτηση αγαθών, η δομή των οργανισμών, οι διαδικασίες παραγωγής, διάθεσης και εξυπηρέτησης αλλά και η ίδια η διαχείριση σε ιδιωτικό και δημόσιο τομέα.

Μία χαρακτηριστική περίπτωση που αξίζει να επισημανθεί είναι το λεγόμενο Khazzoom - Brookes Postulate ή Jevons Παράδοξο. Σύμφωνα με αυτό, σε εκείνη την περίπτωση που επιτευχθεί κάποιος περιορισμός κατανάλωσης ενέργειας που προκαλείται, αυτό από μόνο του δεν οδηγεί υποχρεωτικά και σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Μάλιστα, ελλοχεύει πάντα το παράδοξο να προκληθεί αύξηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει να γίνεται συνολική ανάλυση του συστήματος που αφορά τις κοινωνικές και οικονομικές σχέσεις ώστε να είναι σαφές σε ποιες περιπτώσεις και αν προκαλείται συνολικά μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας.

Οι συνδυασμένες επιπτώσεις είναι γενικά δύσκολο να αναλυθούν καθώς έχουν να κάνουν με τις ρίζες της οικονομικής και κοινωνικής συμπεριφοράς, σε σχέση πάντα με τις άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις που σε γενικές γραμμές μπορούν να αναλυθούν ευκολότερα⁹⁶.

5.2. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση της ενέργειας

Όσον αφορά στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος κατά τις μετατροπές, τη μεταφορά και χρήση της ενέργειας, αυτή εξαρτάται τόσο από τις μορφές και πηγές της ενέργειας, όσο και από τις χρησιμοποιούμενες μεθόδους και μηχανισμούς. Το ζητούμενο βέβαια είναι η χρήση των πλέον «καθαρών» περιβαλλοντικά μηχανισμών και μορφών - πηγών ενέργειας.

Ξεκινώντας από την πυρηνική ενέργεια, αυτή βέβαια που είναι σήμερα εκμεταλλεύσιμη, την πυρηνική ενέργεια δηλαδή από την σχάση πυρήνων, θα μπορούσε να λεχθεί ότι δεν επιβαρύνει απλώς το περιβάλλον αλλά είναι μια επικίνδυνη πηγή ενέργειας. Κατά τη σχάση των πυρήνων εκλύεται κατ' αρχήν μια επικίνδυνη για τους ζωικούς οργανισμούς ακτινοβολία, που συνίσταται από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μεγάλης ενέργειας και από ταχύτατα, διεισδυτικά σωμάτια, γνωστή ως ραδιενέργεια. Συγχρόνως δημιουργούνται υλικά, κατάλοιπα της σχάσης, επίσης ραδιενεργά, ενώ και όλα τα υλικά που δέχονται τη ραδιενεργό ακτινοβολία καθίστανται και αυτά επικίνδυνα. Τα ραδιενεργά κατάλοιπα δημιουργούν προβλήματα αποθήκευσης και,

παρόλη την ανάπτυξη της σχετικής τεχνολογίας, υπάρχει πάντοτε ο κίνδυνος να διαρρεύσει ραδιενέργεια προς το περιβάλλον.

Επιπρόσθετα, αν και οι διαδικασίες ελεγχόμενης σχάσης πυρήνων γίνονται σε ειδικά προστατευόμενους χώρους (αντιδραστήρες και πυρηνικά εργοστάσια), ενδεχόμενη διαφυγή των ραδιενεργών υλικών στην ατμόσφαιρα (μετά από σεισμό ή ατύχημα, με χειρότερη κατάληξη την έκρηξη) έχει καταστρεπτικά αποτελέσματα στο τοπικό αλλά και στο ευρύτερο περιβάλλον. Η καταστροφή γίνεται σοβαρότερη από το γεγονός ότι εκτείνεται όχι μόνο σε έκταση χώρου αλλά και σε έκταση χρόνου που εξαρτάται από το χρόνο ζωής των ραδιενεργών υλικών.

Η πυρηνική ενέργεια που προέρχεται από τη σύντηξη πυρήνων, αντίθετα, δε δημιουργεί τέτοια προβλήματα. Η σύντηξη πυρήνων δε συνοδεύεται πρακτικά από ακτινοβολία. Ενδεχομένη επίτευξη ελεγχόμενης σύντηξης πυρήνων που επιχειρείται τα τελευταία χρόνια, θα έλυνε ίσως τόσο το ενεργειακό πρόβλημα όσο και, κατά μεγάλο μέρος, το περιβαλλοντικό πρόβλημα αφού η πυρηνική αυτή ενέργεια είναι μια «καθαρή» ενέργεια, χωρίς να αποφεύγεται βέβαια η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τις όποιες μετατροπές της.

Η μετατροπή της χημικής ενέργειας των γαιανθράκων και του πετρελαίου αλλά και των παραγώγων του σε θερμική ενέργεια με καύση είναι ιδιαίτερα επιβαρυντική για το περιβάλλον και, βέβαια, και για την υγεία με πολλούς μάλιστα τρόπους. Κατά την καύση, εκτός από θερμική ενέργεια παράγεται επίσης αιθάλη και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ενώ ειδικά από το πετρέλαιο και τα παράγωγα του παράγονται επί πλέον οξείδια του αζώτου και του θείου και ελευθερώνεται μόλυβδος⁹⁷.

Η αιθάλη και τα αέρια αυτά σχηματίζουν τη γνωστή αιθαλομίχλη, που συχνά εγκλωβίζεται στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας λόγω των θερμοκρασιακών αναστροφών, με όλα τα γνωστά αποτελέσματα. Όσον αφορά στην αιθάλη, αυτή εισπνέεται αλλά και επικάθεται παντού. Όσον αφορά στο διοξείδιο του άνθρακα, το αέριο αυτό μεταβάλλει σταδιακά, με τη διαρκώς αύξουσα ποσότητα του, τη συνήθη σύσταση της ατμόσφαιρας, με αποτέλεσμα τη μεταβολή του ισοζυγίου θερμότητας του πλανήτη.

Πιο συγκεκριμένα, όσο η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξάνεται, τόσο μεγαλώνει η διαφορά μεταξύ της εισερχόμενης στην ατμόσφαιρα ηλιακής ακτινοβολίας και της εξερχόμενης από αυτή μετά την ανάκλαση της στη γη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, με προφανείς επιπτώσεις στους ζώντες οργανισμούς αλλά και στον ίδιο τον πλανήτη, που θα αντιμετωπίσει κοσμογονικές μεταβολές από την επερχόμενη τήξη των πάγων. Το φαινόμενο, γνωστό και ως φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει ήδη ανησυχήσει τους ειδικούς αλλά και την παγκόσμια κοινότητα.

Όσον αφορά στην έκλυση, κατά την καύση, και άλλων οξειδίων όπως και μολύβδου, είναι γνωστή η επικινδυνότητα τους για τους ζωικούς οργανισμούς. Τα διάφορα οξείδια, επιπροσθέτως, σχηματίζουν στην ατμόσφαιρα με τους υδρατμούς της οξέα, τα οποία με το νερό της βροχής επιστρέφουν στη γη ως όξινη, όπως είναι γνωστή, βροχή, προκαλώντας μεγάλες ζημιές στα δάση του πλανήτη.

Τόσο η πυρηνική ενέργεια από τη σχάση πυρήνων, όσο και η θερμική ενέργεια από την καύση κυρίως γαιανθράκων και πετρελαίου, που καλύπτουν σήμερα σε μεγάλο βαθμό τις ενεργειακές ανάγκες, αποδεικνύονται καταστροφικές για το περιβάλλον, ή ηπιότερα «μη καθαρές», αφού το επιβαρύνουν. Η θερμική ενέργεια από τις συγκεκριμένες πηγές μετατρέπεται συνήθως σε ηλεκτρική (ηλεκτρικό ρεύμα) ή σε κινητική (κίνηση οχημάτων). Και βέβαια, υπάρχει και η ηχητική αλλά και η αισθητική, γενικότερα, επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την παραγωγή της ενέργειας και τους μηχανισμούς και τα συστήματα μεταφοράς της (εργοστάσια, ορυχεία, συστήματα άντλησης, διυλιστήρια, ηλεκτρικοί πυλώνες).

Αντίθετα, η θερμική ενέργεια που λαμβάνεται κατ' ευθείαν από την ακτινοβολία του ήλιου ή από το εσωτερικό της γης και η κινητική ενέργεια που προέρχεται από υδατοπτώσεις ή από την κίνηση του αέρα, δεν επιβαρύνουν ιδιαίτερα το περιβάλλον, με όποιο τρόπο και αν χρησιμοποιούνται. Πράγματι, κατά την παραγωγή τους δεν εκλύονται οποιεσδήποτε επικίνδυνες ακτινοβολίες ή επικίνδυνα παράγωγα, ενώ το μόνο δυσάρεστο επακόλουθο είναι, μερικές φορές, κάποια, ανεκτή συνήθως, αισθητική ή και ηχητική επιβάρυνση. Είναι περισσότερο «καθαρές» περιβαλλοντικά – μορφές ενέργειας⁹⁸.

5.3. Η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος

Απ' τα αμέσως προηγούμενα γίνεται φανερό ότι κάθε ποσό ενεργείας που προέρχεται από κάθε είδους καύσιμα, των ατομικών συμπεριλαμβανομένων (αλλά και της ηλιακής ενέργειας και των υδατοπτώσεων) και που για τη χρησιμοποίηση του μετατρέπεται απ' τον άνθρωπο σε διάφορα είδη ενέργειας, καταλήγει τελικά σε θερμότητα, που διαχέεται στο περιβάλλον προκαλώντας την «άυλη» θερμική ρύπανση του. Το σύνολο της ρυπαντικής αυτής ενέργειας ονομάζεται πρωτογενής ενέργεια.

Είναι δηλαδή, με άλλη διατύπωση, πρωτογενής ενέργεια το σύνολο και όχι μόνο το ωφέλιμο και εμπορεύσιμο μέρος της ενεργείας των ορυκτών και άλλων καυσίμων (βιομάζα - ξύλο) αλλά και της ενέργειας που απελευθερώνεται από τα πυρηνικά καύσιμα και της δυναμικής ενέργειας του νερού των υδατοπτώσεων και της ηλιακής. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η πρωτογενής που προέρχεται από την αξιοποίηση των υδατοπτώσεων και της ηλιακής ενέργειας (της αιολικής συμπεριλαμβανομένης) δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, γιατί θα έμπαινε στο σύστημα γη - ατμόσφαιρα.

Η πρωτογενής ενέργεια είναι η ραχοκοκαλιά και η κινητήρια δύναμη του τεχνικού πολιτισμού, και το μέγεθος της, σε κάθε εποχή, χαρακτηρίζει τη στάθμη ανάπτυξης του. Γεννιέται όμως το ερώτημα αν η εκλυόμενη στο περιβάλλον πρωτογενής (θερμική) ενέργεια, η θερμική δηλαδή ρύπανση, μπορεί με τον καιρό να παρέμβει στη θερμική οικονομία του πλανήτη διαταράζοντας και ανατινάζοντας τη σημερινή ισορροπία των ακτινοβολιών του συστήματος γη – ατμόσφαιρα. Αν αυτό ήταν δυνατό θα προκαλούσε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης σε έκταση που θα καθοριζόταν, βέβαια, από το μέγεθος της πρωτογενούς ενέργειας με καταστροφικά αποτελέσματα για την ανθρωπότητα και τη ζωή γενικά⁹⁹.

5.4. Οι επιδράσεις στη χλωρίδα και πανίδα

Υπάρχει σαφής διαχωρισμό μεταξύ ζημιάς και πλήγματος από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Ως πλήγμα θα θεωρείται κάθε αλλαγή στον φυτικό οργανισμό, η οποία μπορεί να παρατηρηθεί όταν αυτός εκτεθεί στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Η ζημία ορίζεται ως μια οικονομική, με οποιονδήποτε τρόπο, απώλεια που οφείλεται στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Αυτός ο διαχωρισμός καταδεικνύει ότι το πλήγμα από την ατμοσφαιρική ρύπανση πάνω σε ένα φυτικό οργανισμό, δεν οδηγεί κατ' ανάγκη και σε ζημία. Αυτό συμβαίνει διότι κάθε πλήγμα που τυχόν δέχεται ένα φυτό από την ατμοσφαιρική ρύπανση δεν οδηγεί κατ' ανάγκη στην παρεμπόδιση της χρησιμοποίησής του.

Η βλάστηση αλληλεπιδρά με την ατμοσφαιρική ρύπανση σε μια ευρεία κλίμακα συγκεντρώσεων ρυπογόνων ουσιών και κλιματολογικών συνθηκών. Πολλοί είναι οι παράγοντες που καθορίζουν το τελικό αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης αυτής, ανάμεσα τους το είδος του φυτού, η ηλικία του, η θρεπτική του ισορροπία, η κατάσταση του εδάφους, η θερμοκρασία και η υγρασία καθώς και το ποσοστό ηλιοφάνειας. Κάθε παρατηρούμενη επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην χλωρίδα μπορεί να καταταγεί ως πλήγμα.

Σε χαμηλά επίπεδα έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση, δεν παρατηρούνται γενικώς επιδράσεις. Όμως, καθώς αυξάνεται το επίπεδο έκθεσης μπορεί να εμφανισθεί μια σειρά από σοβαρά πλήγματα, συμπεριλαμβανομένων βιοχημικών αλλαγών, αλλαγών στην φυσιολογία, ορατών αλλαγών και τελικά να επέλθει ο θάνατος του φυτικού οργανισμού¹⁰⁰.

Η αέριες ρυπογόνες ουσίες είναι δυνατόν να διεισδύσουν στα φυτικά συστήματα τόσο με άμεσο, όσο και με έμμεσο τρόπο. Ο άμεσος τρόπος είναι κάτι ανάλογο, της ανθρώπινης αναπνοής. Και οι δυο εξωτερικές επιφάνειες του φύλλου καλύπτονται από ένα στρώμα επιδερμικών κυττάρων τα οποία βοηθούν στην κατακράτηση της υγρασίας. Ανάμεσα στα επιδερμικά στρώματα βρίσκονται τα μεσοφυλλικά κύτταρα, το σπογγώδες και το πασσαλοειδές παρέγχυμα.

Το φύλλο διαθέτει ένα αγγειακό σύστημα μέσω του οποίου μεταφέρονται νερό, μεταλλικά στοιχεία και υδατάνθρακες από τον κορμό του φυτού. Με την δομή αυτή τα

φύλλα επιτελούν πολλές σημαντικές λειτουργίες, ανάμεσα στις οποίες οι τρεις σημαντικότερες είναι η φωτοσύνθεση, η διαπνοή και η αναπνοή. Η φωτοσύνθεση επιτελείται στο εσωτερικό του φύλλου από τους χλωροπλάστες, οι οποίοι συνδυάζουν CO₂ και H₂O υπό την παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας για την παραγωγή σακχάρων, ελευθερώνοντας ταυτόχρονα οξυγόνο. Αυτή η διαδικασία μεταφέρει θρεπτικά συστατικά σε ολόκληρο το φυτό και ταυτόχρονα το ψύχει.

Με την διάχυση αερίων από και προς το εσωτερικό του φύλλου, τα ρυπογόνα αέρια διαθέτουν ένα, τρόπο τινά, απευθείας μονοπάτι προς το δομικό κυτταρικό σύστημα των φύλλων. Άμεση εναπόθεση ρυπογόνων ουσιών ιδιαίτερης σημασίας για την λειτουργία του φύλλου, συμβαίνει και στις εξωτερικές επιφάνειες αυτού.

Από την άλλη πλευρά, η έμμεση διαδρομή, με την οποία οι αέριες ρυπογόνες ουσίες επιδρούν στους φυτικούς οργανισμούς, γίνεται μέσω των ριζών του φυτού. Συγκεκριμένα, η εναπόθεση ρυπογόνων ουσιών στην επιφάνεια των εδαφών καθώς και στις υδάτινες μάζες του πλανήτη, μπορεί να προκαλέσει μεταβολή στο θρεπτικό περιεχόμενο του εδάφους στην ευρύτερη περιοχή γύρω από το φυτό. Αυτή η μεταβολή στην κατάσταση του εδάφους μπορεί να οδηγήσει σε έμμεσες επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην βλάστηση και γενικότερα σε όλους τους φυτικούς οργανισμούς.

Έχει διαπιστωθεί ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει πολύ μεγαλύτερο αντίκτυπο σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές και σε συγκεκριμένα είδη καλλιεργειών. Η καταστροφή της γεωργικής παραγωγής μπορεί να προκληθεί τόσο από την τοξική επίδραση κάποιας τοπικής πηγής αέριων ρύπων σε υψηλή συγκέντρωση, όσο και από μια ευρύτερα διασκορπισμένη αλλά ποιο μόνιμη έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Πλήγματα στο φυτικό βασίλειο μπορούν να προξενήσουν πολλοί παράγοντες, και η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένας μόνο από αυτούς. Η ξηρασία, οι υπερβολικές βροχοπτώσεις, οι υψηλές αλλά και οι χαμηλές θερμοκρασίες, το χαλάζι, διάφορα έντομα και ζώα, οι ασθένειες και τέλος η κακή ποιότητα του εδάφους είναι μερικοί ακόμη παράγοντες καταστροφής για την χλωρίδα του πλανήτη¹⁰¹.

Βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, υδράργυρος, αρσενικό, μολυβδαίνιο, κτλ) που εναποτίθενται ή απορροφούνται από την βλάστηση υπήρξαν και εξακολουθούν να είναι τοξικά για την πανίδα του πλανήτη, διαμέσου της τροφικής της αλυσίδας. Η δηλητηρίαση του υδάτινου κόσμου από τον υδράργυρο είναι φαινόμενο που

εντοπίστηκε πρόσφατα, ενώ τα τοξικά αποτελέσματα των άλλων μετάλλων έχουν περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό με τον κατάλληλο έλεγχο των εκπομπών από τη βιομηχανία.

Τα ζώα γίνονται αποδέκτες των ατμοσφαιρικών ρύπων κυρίως διαμέσου της τροφικής τους αλυσίδας παρά με την εισπνοή, αν και ο δεύτερος δρόμος δεν εξαιρείται του ζητήματος. Ο υδράργυρος στα ψάρια έχει ανιχνευθεί ευρέως ανά τον κόσμο. Στο νερό μετατρέπεται σε μεθυλουδράργυρο από τους θαλάσσιους φυτικούς οργανισμούς. Τα μικρά ψάρια τρέφονται με αυτούς τους οργανισμούς, τα οποία με την σειρά τους γίνονται τροφή των μεγαλύτερων ψαριών και τελικά καταλήγουν στον άνθρωπο που αποτελεί το άκρο αυτής της τροφικής αλυσίδας. Η ανεκτικότητα των ζώων διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος, με ιδιαίτερα ευαίσθητα τα βοοειδή και λιγότερο τα πουλερικά.

Οι έμμεσες και όχι με απολύτως εμφανή τρόπο επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι και οι πλέον σημαντικές για την χλωρίδα και την πανίδα. Πράγματι, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να προκαλέσει κλιματολογικές επιδράσεις τόσο περιορισμένης όσο και εκτεταμένης κλίμακας¹⁰².

5.5. Οι επιδράσεις στα δάση

Μπορεί να διακριθεί ένα μεγάλο εύρος δασικών οικοσυστημάτων, με βάση την τοποθεσία και τα είδη που το απαρτίζουν. Μεγαλύτερα σε έκταση είναι τα τροπικά δάση, ακολουθούμενα από τα δάση της εύκρατης ζώνης και τις τούνδρες. Η επίδραση της μόλυνσης του ατμοσφαιρικού αέρα στα δασικά οικοσυστήματα μπορεί να είναι από ευεργετική ως επιβλαβής. Ταξινομούνται οι επιδράσεις σε τρεις κατηγορίες: χαμηλής, μέτριας, και υψηλής δόσης ατμοσφαιρική ρύπανση. Με αυτή την ταξινόμηση κατανοούνται ακόμα και κάποιες φαινομενικά αντιφατικές διαπιστώσεις σχετικά με τα αποτελέσματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε αυτά.

Κάτω από συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τα δασικά οικοσυστήματα μπορούν να δρουν ως καταβόθρες για τους αέριους ρύπους και σε κάποιες στιγμές ως πηγές. Η ατμόσφαιρα, η λιθόσφαιρα και οι ωκεανοί εμπλέκονται στους κύκλους του

άνθρακα, του αζώτου, του οξυγόνου, του θείου και άλλων στοιχείων, όπου το κάθε ένα από αυτά τα υποσυστήματα χαρακτηρίζεται με διαφορετικούς χρονικούς κύκλους. Για χιλιάδες χρόνια πριν, και κάτω από συνθήκες χαμηλής δόσης σε ατμοσφαιρική ρύπανση, οι δασικές εκτάσεις καθώς και τα διάφορα άλλα συστήματα βιομάζας, χρησιμοποιούσαν χημικά στοιχεία που ήταν παρόντα στην ατμόσφαιρα του πλανήτη ενώ παράλληλα απελευθέρωναν διάφορες άλλες χημικές ενώσεις που παραγόταν από τις λειτουργίες τους. Η έντονη βιομηχανοποίηση της ενέργειας έχει δημιουργήσει αυξημένες συγκεντρώσεις των NO₂, SO₂ και του CO₂ στην ατμόσφαιρα δημιουργώντας μια νέα τάξη πραγμάτων σχετικά με την αλληλεπίδραση της ατμόσφαιρας με τα δασικά οικοσυστήματα¹⁰³.

Τα δάση λειτουργούν ως πηγές (παράγουν) κάποιων αερίων και σωματιδιακής ύλης που βρίσκονται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα, όπως τερπενίων και διαφόρων άλλων υδρογονανθράκων, αλλά και υδρόθειου, οξειδίων του αζώτου και αμμωνίας από τις διάφορες αποσυνθέσεις των κατεστραμμένων δένδρων. Τα δασικά οικοσυστήματα λειτουργούν και ως πηγές CO₂ κατά την διάρκεια ελεγχόμενης, ή μη, καύσης και αποσύνθεσης. Επιπρόσθετα έχει καταγραφεί εκπομπή αιθυλενίου κατά την ανθοφορία διαφόρων ειδών, καθώς και η απελευθέρωση κόκκων γύρης.

Οι επιδράσεις αερίων ρύπων στα δάση από παραγωγή ενέργειας σε περιοχές με σχετικά χαμηλές δόσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης οδηγούν σε ανεπαίσθητα αποτελέσματα πάνω στον φυσιολογικό βιολογικό κύκλο των διαφόρων ειδών. Σε ορισμένες δε περιπτώσεις, αυτές οι επιδράσεις μπορούν να αποδειχθούν και ευεργετικές για τα δασικά οικοσυστήματα. Τα δάση, όπως και άλλα φυσικά οικοσυστήματα, δρουν εν γένει ως «καταβόθρες» για την απομάκρυνση αερίων που βρίσκονται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα.

Μέτριες δόσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης, επιφέρουν ορατά (δυνατά να καταγραφούν) αποτελέσματα στα δασικά οικοσυστήματα. Τα αποτελέσματα αυτά συνίστανται σε μείωση της ανάπτυξης των δασών, αλλαγή στα φυτικά είδη των δασικών οικοσυστημάτων και ευπάθεια στα παράσιτα του δάσους. Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μέτριες δόσεις, μπορούν να επιφέρουν διαταραχές στον κύκλο της αναπαραγωγής των ειδών, την εξάντληση των θρεπτικών πηγών, την μείωση παραγωγής βιομάζας, την ευπάθεια των δασών σε ασθένειες και την εξαφάνιση ορισμένων ευπαθών ειδών.

Οι υψηλές επιδράσεις από τέτοια επίπεδα μόλυνσης είναι ορατά και από ένα ανειδίκευτο παρατηρητή. Συχνά μεταφράζονται ως πλήρη καταστροφή του δασικού συστήματος. Οι συνθήκες υψηλών ποσοστών ατμοσφαιρικής μόλυνσης είναι συνδεδεμένες με την ύπαρξη πηγών ρύπων τοπικής κλίμακας. Οι πλέον συνηθισμένοι από αυτούς τους ρύπους είναι το διοξείδιο του θείου και το υδροφθόριο. Οι πιο επιβλαβείς πηγές μόλυνσης για τα δασικά οικοσυστήματα ήταν και είναι οι μεταλλουργικές βιομηχανίες, οι βιομηχανίες παραγωγής του αλουμινίου και τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας. Οι βιομηχανίες παραγωγής ενέργειας έχουν ευτυχώς σήμερα υιοθετήσει μια ολοκληρωμένη μέθοδο υψηλής απόδοσης για τον έλεγχο των εκπομπών τους¹⁰⁴.

5.6. Επιπτώσεις σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με λιγνίτη και λιθάνθρακα

Τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν με την καύση λιγνίτη ή λιθάνθρακα προκαλούν αλόγιστη ρύπανση, στον αέρα, το έδαφος, το υπέδαφος, τον υδροφόρο ορίζοντα, αλλά και στην υγεία των πολιτών. Η τεχνολογία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) θα μπορούσε να αντικαταστήσει μεγάλο μέρος των συμβατικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Για να γίνουν ευκολότερα αντιληπτές οι επιπτώσεις των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με λιθάνθρακα, αρκεί να ρίξουμε μια ματιά στη λειτουργία των υπαρχόντων λιγνιτικών σταθμών της Δ.Ε.Η.. Η Δ.Ε.Η., είναι η 5^η μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής λιγνίτη στον κόσμο, ενώ οι πιο ρυπογόνοι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί στην Ευρώπη είναι αυτοί του Αγίου Δημητρίου και της Καρδιάς στην Κοζάνη (σύμφωνα με έκθεση της WWF). Οι συνέπειες στο περιβάλλον είναι ανυπολόγιστες¹⁰⁵:

- 1) Οι λιγνιτικοί σταθμοί της εκλύουν τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα, το οποίο ως γνωστόν είναι η βασική αιτία για την υπερθέρμανση του πλανήτη και το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

- 2) Οι λιγνιτικοί σταθμοί εκπέμπουν υψηλές ποσότητες μικροσωματιδίων, τα οποία σύμφωνα με έρευνες σχετίζονται με ασθένειες, όπως αναπνευστικά προβλήματα, αλλεργίες ακόμη και καρκινογενέσεις. Ακόμη εκπέμπουν μονοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, διοξείδιο του θείου, αρσενικό, κάδμιο, νικέλιο, όλα πολύ επικίνδυνοι ρύποι .
- 3) Η εξόρυξη λιγνίτη έχει ως αποτέλεσμα την απαξίωση ολόκληρων καλλιεργήσιμων εκτάσεων αφού στις εκτάσεις αυτές υπάρχουν μεγάλες ποσότητες κάρβουνου, τέφρας και άλλων αδρανών υλικών.
- 4) Δραματικές είναι και οι επιπτώσεις στον υδροφόρο ορίζοντα. Καταρχάς γιατί τα ορυχεία μολύνουν τα επιφανειακά νερά, κι επιπλέον γιατί τα εργοστάσια προχωρούν σε υπεράντληση νερού.
- 5) Τα επικίνδυνα μικροσωματίδια ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια σχεδόν κάθε στιγμή της ημέρας, ενώ η μέση ετήσια τιμή είναι σχεδόν διπλάσια της επιτρεπόμενης.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία, αποτελούν τρανταχτή απόδειξη ότι η δημιουργία νέων συμβατικών εργοστασίων ηλεκτροπαραγωγής σε οποιαδήποτε περιοχή θα έχει εξαιρετικά βλαβερές συνέπειες, οι οποίες μάλιστα μεγιστοποιούνται από την έλλειψη συντήρησης και ανανέωσης των φίλτρων τους.

5.7. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια θεαματική άνοδος της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος από ανεμογεννήτριες. Ο μεγάλος ρυθμός ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας συνοδεύτηκε, όπως ήταν επόμενο, από την ανησυχία των τοπικών κοινωνιών σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι φόβοι που εκφράστηκαν ακούγονται μάλλον υπερβολικοί και, κάποιες φορές, εξωπραγματικοί. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις, οι ενστάσεις που υπάρχουν στην εγκατάσταση ανεμογεννητριών ή αιολικών πάρκων έχουν κάποια βάση και χρειάζονται επιπλέον διερεύνηση. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, η αποδοχή ή μη της αιολικής ενέργειας από τις τοπικές κοινωνίες προϋποθέτει την αντικειμενική τους πληροφόρηση για τα οφέλη και τις επιπτώσεις που αυτή θα μπορούσε να έχει ως μία ακόμη επέμβαση

του ανθρώπου στη φύση. Συγκεκριμένα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων εστιάζουν στα ακόλουθα¹⁰⁶:

- 1) Προκαλούν προβλήματα θορύβου. Πρόκειται για το μόνο ουσιαστικό πρόβλημα, αλλά συγχρόνως και το ευκολότερο να ελεγχθεί και να προληφθεί. Στις ανεμογεννήτριες ο εκπεμπόμενος θόρυβος μπορεί να υπαχθεί σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευση του: δηλαδή μηχανικός και αεροδυναμικός. Ο πρώτος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα (κιβώτιο ταχυτήτων, ηλεκτρογεννήτρια, έδρανα κλπ.) και ο δεύτερος προέρχεται από την περιστροφή των πτερυγίων. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι μηχανές πολύ ήσυχες συγκριτικά με την ισχύ τους και με συνεχείς βελτιώσεις από τους κατασκευαστές γίνονται όλο και πιο αθόρυβες.
- 2) Δημιουργούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Η ανησυχία αυτή συνήθως αναφέρεται αφενός σε προβλήματα που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες λόγω της θέσης τους σε σχέση με ήδη υπάρχοντες σταθμούς τηλεόρασης ή ραδιοφώνου και αφετέρου σε πιθανές ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές από τις ίδιες. Είναι γεγονός ότι, η διάδοση των εκπομπών στις συχνότητες της τηλεόρασης ή και του ραδιοφώνου (κυρίως στις συχνότητες εκπομπών FM) επηρεάζεται από εμπόδια που παρεμβάλλονται μεταξύ πομπού και δέκτη. Το κυριότερο πρόβλημα από τις ανεμογεννήτριες προέρχεται από τα κινούμενα πτερύγια που μπορούν να προκαλέσουν αυξομείωση σήματος λόγω αντανάκλασεων. Αυτό ήταν πολύ εντονότερο στην πρώτη γενιά ανεμογεννητριών που έφερε μεταλλικά πτερύγια. Οποιαδήποτε πιθανά προβλήματα παρεμβολών μπορούν να προληφθούν με σωστό σχεδιασμό και χωροθέτηση ή να διορθωθούν με μικρό σχετικά κόστος από τον κατασκευαστή του πάρκου με μια σειρά απλών τεχνικών μέτρων, όπως η εγκατάσταση επιπλέον αναμεταδοτών. Όσον αφορά τις εκπεμπόμενες ακτινοβολίες, τα μόνα υποσυστήματα που θα μπορούσε να λεχθεί ότι «εκπέμπει» ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλού επιπέδου, είναι η ηλεκτρογεννήτρια και ο μετασχηματιστής μέσης τάσης. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της ηλεκτρογεννήτριας είναι εξαιρετικά ασθενές και περιορίζεται σε μια πολύ μικρή απόσταση γύρω από το κέλυφος της που είναι τοποθετημένο τουλάχιστον 40 - 50 μέτρα πάνω από το έδαφος. Για το λόγο αυτό δεν υφίσταται πραγματικό

θέμα έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ούτε καν στη βάση της ανεμογεννήτριας.

- 3) Δημιουργούν αισθητικά προβλήματα και προσβολή του φυσικού τοπίου. Η οπτική όχληση είναι κάτι υποκειμενικό και δύσκολα μπορούν να τεθούν κοινά αποδεκτοί κανόνες. Από έρευνες σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης προκύπτει ότι κάποιος που είναι ευνοϊκά διατεθειμένος απέναντι στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αποδέχεται τις ανεμογεννήτριες και οπτικά πολύ πιο εύκολα από κάποιον που είναι αρνητικός εξαρχής. Από τις ίδιες μελέτες, προκύπτει ότι τα αιολικά πάρκα είναι πιο αποδεκτά από αισθητικής άποψης σε ανθρώπους που είναι ενημερωμένοι για τα οφέλη που προέρχονται από την χρήση τους. Αν γίνει μια απλή σύγκριση μεταξύ ενός θερμικού σταθμού παραγωγής (λιγνιτικού), και ενός αιολικού πάρκου είναι φανερό ότι η οπτική όχληση που προκύπτει από το πρώτο είναι εμφανώς και αντικειμενικά πολύ μεγαλύτερη. Δεδομένου βεβαίως ότι οι ανεμογεννήτριες είναι κατ' ανάγκη ορατές από απόσταση, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες κάθε τόπου εγκατάστασης και να γίνεται προσπάθεια ενσωμάτωσης τους στο τοπίο.
- 4) Έχουν επιπτώσεις στον πληθυσμό των πουλιών. Τα πουλιά καθώς πετούν μερικές φορές συγκρούονται με κτίρια και άλλες σταθερές κατασκευές. Ασφαλώς βέβαια, το θέμα της προστασίας του πληθυσμού των πουλιών σε ευαίσθητες οικολογικά και προστατευόμενες περιοχές πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη φάση σχεδιασμού και χωροθέτησης του αιολικού πάρκου.

Συνοψίζοντας, είναι σημαντικό να κατανοηθεί, ότι οι οποιεσδήποτε επιπτώσεις από τις ανεμογεννήτριες, αφενός είναι άμεσα «ορατές» και αφετέρου είναι δυνατόν να ελαχιστοποιηθούν με σωστή αντιμετώπιση και προσχεδιασμό. Αντίθετα, οι επιπτώσεις της θερμικής ή πυρηνικής παραγωγής ενέργειας αργούν να φανούν, είναι μακροπρόθεσμες και όση προσπάθεια και κόστος να δαπανηθούν είναι αδύνατον να ελαχιστοποιηθούν.

5.8. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εργοστασίων βιομάζας

Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη βιομάζα εξαρτάται ιδιαίτερα από τη

χρησιμοποιούμενη πηγή, την περιοχή όπου εγκαθίσταται η αλυσίδα, το σύστημα που αντικαθίσταται για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και για τον ανεφοδιασμό με βιομάζα και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε όλη την αλυσίδα παραγωγής και μετατροπής.

Η χρήση της βιομάζας για ενέργεια έχει επίδραση σε όλους τους περιβαλλοντικούς αποδέκτες: το έδαφος, το νερό και την ατμόσφαιρα. Επιπλέον, σε δεύτερο επίπεδο μπορεί να έχει επιπτώσεις στην υγεία και την ευημερία ανθρώπων και ζώων, την εδαφολογική ποιότητα, τη χρήση νερού, τη βιοποικιλότητα και τη δημόσια αισθητική. Αυτές οι επιδράσεις προκύπτουν από κάθε ένα από τα μεμονωμένα στάδια της αλυσίδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα¹⁰⁷:

- 1) Αέριοι ρύποι. Η χρήση βιομάζας ως καύσιμο μπορεί να συμβάλει στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και να παρουσιάζει μειωμένες εκπομπές κάποιων ρύπων σε σύγκριση με τους αντιστοίχους που εκπέμπονται από συμβατικά καύσιμα, αλλά παράλληλα μπορεί να παρουσιάζει αυξημένες εκπομπές σε μονοξείδιο του άνθρακα, σωματιδίων, σκόνης και οσμών. Για καθένα από αυτούς τους ρύπους πρέπει να εξετάζονται τα αναμενόμενα όρια εκπομπής, καθώς και τα μέτρα που θα ληφθούν, και να συγκρίνονται με την ισχύουσα νομοθεσία.
- 2) Διάθεση στερεών αποβλήτων. Μετά την καύση της βιομάζας προκύπτει τέφρα, η οποία συλλέγεται είτε από τον πυθμένα του θαλάμου καύσης, είτε από τους μηχανισμούς κατακράτησης σωματιδίων στα απαέρια. Η τέφρα αυτή περιέχει όλα τα ανόργανα συστατικά που βρίσκονται στη χρησιμοποιούμενη βιομάζα. Πρέπει να εξετάζεται η σύσταση της τέφρας και να επιλέγεται ο προτεινόμενος τρόπος διάθεσης της. Το ίδιο ισχύει και για τα υπολείμματα που μένουν από τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης.
- 3) Θόρυβος. Μια μονάδα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα επιβαρύνει με θόρυβο το γύρω περιβάλλον εφόσον ουσιαστικά πρόκειται για βιομηχανική εγκατάσταση, όπου λειτουργούν μηχανήματα με κινούμενα μέρη. Επίσης, ο εξοπλισμός παραγωγής ενέργειας παράγει θόρυβο είτε αυτός είναι ΜΕΚ, είτε είναι αεριοστρόβιλος ή ατμοστρόβιλος. Θα πρέπει να εξετάζεται και να γίνεται αναφορά στα επίπεδα θορύβου σε διάφορες αποστάσεις, καθώς και στα μέτρα που θα ληφθούν για να επιτευχθούν αυτά τα όρια.

- 4) Όχληση από διέλευση οχημάτων. Η εγκατάσταση μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας από βιομάζα μπορεί να επιφέρει αύξηση στην κυκλοφορία οχημάτων στη συγκεκριμένη περιοχή, λόγω της χρήσης φορτηγών αυτοκινήτων για τη μεταφορά βιομάζας προς τη μονάδα και τέφρας από τη μονάδα. Αυτός ο κυκλοφοριακός όγκος πρέπει να υπολογιστεί και να εκτιμηθεί η αύξηση στις εκπομπές αέριων ρύπων, λόγω των καυσαερίων, στα επίπεδα θορύβου, λόγω των κινητήρων και στην κυκλοφορία στο τοπικό οδικό δίκτυο. Θα πρέπει να εξετάζεται πως αυτές οι επιπτώσεις θα περιοριστούν, ώστε να είναι αποδεκτές στο περιβάλλον που προτείνεται να εγκατασταθεί η μονάδα και σύννομες με την ισχύουσα νομοθεσία.

5.8.1. Οι επιδράσεις στην ποιότητα του αέρα και των υδάτων

Η ηλεκτροπαραγωγή με χρήση βιομάζας ή ορυκτών καυσίμων παράγει αερολύματα, όπως διοξείδιο του θείου (SO_2), οξείδια του αζώτου (NO_2) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Η χρήση της βιοισχύος παρέχει τις ακόλουθες επιδράσεις στην ποιότητα του αέρα και των υδάτων¹⁰⁸:

- 1) Μειωμένες εκπομπές θείου. Οι περισσότερες μορφές βιομάζας περιέχουν πολύ μικρά ποσά θείου, οπότε ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής βιομάζας εκπέμπει ελάχιστο διοξείδιο του θείου (SO_2), που είναι αίτιο της όξινης βροχής. Ο άνθρακας περιέχει συνήθως μέχρι 5% θείο και η σύγκausη με βιομάζα μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές SO_2 του σταθμού σε σχέση με τη λειτουργία μόνο με άνθρακα.
- 2) Μειωμένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου. Με την προσεκτική ρύθμιση της διεργασίας της καύσης, η μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου είναι διπλάσια του λόγου της εισροής θερμότητας από βιομάζα.
- 3) Μειωμένες εκπομπές άνθρακα.
- 4) Μείωση άλλων εκπομπών. Αέριο μεθάνιο (CH_4) παράγεται στις χωματερές από την αποσύνθεση υλικού βιομάζας, αλλά και από την αποσύνθεση της ζωικής κοπριάς, είτε αυτή επιστρώνεται στο έδαφος είτε αφήνεται ακάλυπτη σε

στέρνες. Το μεθάνιο (το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου) εκτονώνεται συνήθως κατ' ευθείαν στον αέρα, αλλά μπορεί να συλλεχθεί και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

- 5) Μειωμένες οσμές: Η χρήση της ζωικής κοπριάς και του αερίου των χωματερών για την παραγωγή ενέργειας μπορεί να μειώσει τις οσμές που συνδέονται με τις συμβατικές εφαρμογές απόρριψης ή εδάφους.

5.8.2. Οι επιπτώσεις στις χρήσεις των γαιών

Τα ξυλώδη υλικά και τα υπολείμματα των κήπων αποτελούν το 20% περίπου του συνολικού ποσού των μη βλαβερών αποβλήτων που οδηγούνται στις χωματερές. Ένα μέρος των υλικών αυτών είναι μολυσμένο και κατάλληλο μόνο για απόρριψη. Η χρήση των «καθαρών» αποβλήτων ως καύσιμο αποσπά μία ποσότητα από τα υλικά που απορρίπτονται στις χωματερές, επεκτείνοντας έτσι τη ζωή - χωρητικότητά τους. Αυτή η πρακτική επίσης εξαλείφει τις εκπομπές μεθανίου που θα προέρχονταν από την ενταφιασμένη βιομάζα.

Από την άλλη, οι ενεργειακές καλλιέργειες αναπτύσσονται σε υποαξιοποιούμενες γεωργικές εκτάσεις. Γενικά, δεν αντικαθιστούν βοσκότοπους, υδροβιότοπους, φυσικά δάση ή γεωργική γη υψηλής αξίας, ενώ απαιτούν λιγότερα παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα σε σχέση με τις άλλες καλλιέργειες, μειώνοντας έτσι την απορροή χημικών στα επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα. Τα συστήματα των ριζών συγκρατούν το χώμα και μειώνουν τη διάβρωση, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων, φιλτράρουν τα γεωργικά χημικά εμποδίζοντας τα να εισέλθουν στα ρυάκια, και ανακόπτουν τα θρεπτικά στοιχεία από το να εισέλθουν στα υπόγεια ύδατα¹⁰⁹.

5.9. Οι επιπτώσεις των Α.Π.Ε. στο περιβάλλον

Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) όπως η ηλιακή, αιολική, γεωθερμική, ενέργεια βιομάζας και ενέργεια ωκεανών έχουν

μικρότερη επίδραση στο περιβάλλον. Αυτές οι «φιλικές» προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας δίνουν στον καταναλωτή ένα εναλλακτικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αυτόν με τη χρήση άνθρακα, πυρηνικής ενέργειας, φυσικού αερίου, πετρελαίου και μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων. Σήμερα οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με άνθρακα παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο. Όμως αυτή η φτηνή μέθοδος προκαλεί τη μεγαλύτερη καταστροφή στο περιβάλλον με την εκπομπή τοξικών αερίων. Αυτά τα τοξικά αέρια, διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου, σε συνδυασμό με το νερό της βροχής δημιουργούν την όξινη βροχή και συμβάλλουν στη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Ενώ τα αποθέματα των συμβατικών μορφών ενέργειας φαίνεται να αποκτούν με το καιρό ημερομηνία λήξης, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Εξάλλου οι τελευταίες ήταν και οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, οπότε και εντατικοποιήθηκε η χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων, με δυσμενείς για περιβάλλον συνέπειες. γεγονός που αντιμετωπίζεται σήμερα σε μεγαλύτερη πλέον κλίμακα. Η χρήση Α.Π.Ε., όχι μόνο δεν επιφέρει περιβαλλοντικές αλλαγές αλλά η αξιοποίησή τους μπορεί να αποφέρει και οικονομικά οφέλη σε αυτόν που θα δεσμεύσει το ενεργειακό τους δυναμικό. Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η αξιόπιστη σύνδεση μεταξύ της υπάρχουσας τεχνολογίας και των Α.Π.Ε., ώστε να αποφέρουν το μεγαλύτερο δυνατό ενεργειακό κέρδος, όπου αυτό είναι εφικτό.

Μεγάλο πλήθος χωρών έχει ενσωματώσει τις Α.Π.Ε. στη λίστα με τις σημαντικότερες εγχώριες πηγές ενέργειας, ποσά της οποίας είτε δύναται να απορροφηθούν σε τοπικό επίπεδο είτε να διοχετευθούν στο ευρύτερο εθνικό δίκτυο. Η συνεισφορά τους αλλάζει το μέχρι πρότινος ενεργειακό ισοζύγιο αφού με τη χρήση τους μειώνεται αισθητά η εξάρτηση από το πετρέλαιο, καύσιμο προερχόμενο, ως επί το πλείστον, από χώρες της Σαουδικής Αραβίας και παράλληλα ιδιαίτερος ευαίσθητο σε αυξομειώσεις τιμών. Στη χρήση του πετρελαίου και των υπολοίπων συμβατικών καυσίμων αποδίδεται το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθιστώντας έτσι τον ενεργειακό τομέα πρωταρχικό υπεύθυνο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος¹¹⁰.

5.10. Οι επιπτώσεις των μικροηλεκτρικών εργοστασίων στο περιβάλλον

Τα μικρά ηλεκτρικά εργοστάσια είναι στις περισσότερες περιπτώσεις «συνεχούς ροής», δηλαδή το τυχόν φράγμα είναι αρκετά μικρό, συνήθως μόνο ένας υδροφράκτης, και αποθηκεύεται εν γένει ελάχιστο ή καθόλου νερό. Τα έργα πολιτικού μηχανικού εξυπηρετούν μόνο τη λειτουργία ρύθμισης της στάθμης του νερού στο στόμιο εισόδου του υδροηλεκτρικού σταθμού, οπότε οι εγκαταστάσεις συνεχούς ροής δεν έχουν τα ίδια είδη δυσμενών επιπτώσεων στο τοπικό περιβάλλον μετα μεγάλα υδροηλεκτρικά.

Φυσικά υπάρχουν κάποια περιβαλλοντικά προβλήματα, ειδικότερα όπου το νερό αποσπάται σε κάποια απόσταση από το σημείο στο οποίο εκβάλλει πίσω στον ποταμό. Τότε, το τμήμα του παρακαμθέντος ποταμού μπορεί να αποξηραθεί ή να είναι δυσάρεστο στην όψη, εκτός εάν επιτρέπεται μια επαρκής ροή αντιστάθμισης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι νέες εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικών σχεδιάζονται έτσι ώστε να αφήνεται μία ικανοποιητική ποσότητα νερού να παρακάμπτει τους στρόβιλους, το οποίο δεν είναι δύσκολο εκτός από τις περιόδους χαμηλής ροής.

Ένα άλλο θέμα που απαιτεί προσοχή είναι η ανάγκη αποφυγής κάθε επίπτωσης στα ψάρια και την ποτάμια χλωρίδα και πανίδα, αλλά οι σύγχρονες εγκαταστάσεις μικροηλεκτρικών εργοστασίων σχεδιάζονται με το πρόβλημα αυτό κατά νου. Μερικά συστήματα μικρού ύψους πτώσης επιτρέπουν στα ψάρια να περνούν αλώβητα μέσα από το στρόβιλο, αλλά εφαρμόζονται και διάφορα είδη στοιχείων προστασίας (φυσικά προπετάσματα, αλλά και ηλεκτρικά ή υπερήχων). Προκειμένου να διασφαλιστεί η ακίνδυνη παράκαμψη του υδροηλεκτρικού σταθμού από τα αποδημητικά ψάρια, όπως είναι ο σολομός, εγκαθίστανται ιχθυόσκαλες.

Εξάλλου, οι στρόβιλοι πρέπει να προστατεύονται από τις φερτές ύλες που συνήθως βρίσκονται στα ποτάμια, είτε είναι φυσικές (φύλλα, κλαδιά, κορμοί δέντρων) είτε τεχνίτες (καρότσια, πλαστικά σακιά ή άλλα απορρίμματα). Αυτό γίνεται με τη χρήση σιτών, των οποίων ο καθαρισμός συνιστά σημαντικό ποσοστό του λειτουργικού κόστους, ειδικά στις περιπτώσεις μικρού ύψους πτώσης όπου διέρχονται μεγάλες παροχές. Έτσι, η συλλογή και η αποκομιδή των απορριμμάτων σε έναν μικροηλεκτρικό εργοστάσιο μπορούν να συμβάλλουν στο σημαντικό καθαρισμό προς γενικό όφελος του ποταμού, με αρκετή πάντως επιβάρυνση για το χειριστή του σταθμού.

Υπάρχουν και κάποια άλλα ζητήματα περιβαλλοντικής επίπτωσης που σχετίζονται με την οξυγόνωση του νερού (ή την έλλειψη της), τη διατάραξη ή αποσάθρωση της κοίτης του ποταμού αμέσως κατόπιν των σωλήνων υδροληψίας του στροβίλου, το θόρυβο του ηλεκτρικού εξοπλισμού, τα ηλεκτρικά καλώδια, τη γενική εμφάνιση μιας εγκατάστασης, κλπ. Εντούτοις, είναι δυνατό όλα αυτά τα προβλήματα να αμβλυνθούν με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών σχεδιασμού και το τελικό προϊόν αποτελεί μια μακροβιότατη, αξιόπιστη και εν δυνάμει οικονομική πηγή καθαρής ενέργειας¹¹¹.

5.11. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα προκαλούν ελάχιστα περιβαλλοντικά προβλήματα. Ο εξοπλισμός παραγωγής παράγει ηλεκτρισμό αθόρυβα και δεν εκπέμπει κανενός είδους επιβλαβή αέρια κατά τη λειτουργία του. Το βασικό υλικό για τα πιο συνήθη πλαίσια (πυρίτιο) είναι εντελώς αβλαβές και διατίθεται εν αφθονία. Πιθανοί κίνδυνοι πάντως υπάρχουν, σχετιζόμενοι με την παραγωγή ορισμένων από τις λιγότερο συνήθεις τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης. Οι δύο πιο ελπιδοφόρες επιλογές, το τελλουριούχο κάδμιο και ο δισεληνιούχος ινδικός χαλκός, περιέχουν μικρές ποσότητες σουλφιδίου του καδμίου, το οποίο θέτει ενδεχόμενους κινδύνους από το κάδμιο κατά την παραγωγή των πλαισίων. Ευτυχώς, υφίστανται δοκιμασμένες μέθοδοι που διέπουν την διαχείριση τέτοιων σύνθετων ουσιών, οι οποίες υιοθετούνται καθ' όλη τη διαδικασία παραγωγής.

Μια κριτική σχετικά με τα πρώτα φωτοβολταϊκά πλαίσια ήταν ότι κατανάλωναν περισσότερη ενέργεια κατά την παραγωγή τους από όση παρήγαγαν κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Με τις σύγχρονες μεθόδους παραγωγής και τις βελτιωμένες αποδοτικότητες λειτουργίας αυτός ο ισχυρισμός πλέον δεν ευσταθεί. Η ακριβής ενεργειακή απολαβή εξαρτάται προφανώς από τον διαθέσιμο ηλιακό πόρο και τον βαθμό στον οποίο το σύστημα είναι λειτουργικό. Τα υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας και ένας υψηλός συντελεστής αξιοποίησης αποφέρουν πιο γρήγορες ενεργειακές απολαβές απ' ό,τι εάν υπάρχει λιγότερο ηλιακό φως και λιγότερη χρήση, αλλά συνήθως η απόσβεση επιτυγχάνεται εντός δύο ετών¹¹².

5.11.1. Εγκαταστάσεις παραβολικών κοίλων και περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Όσον αφορά τις εγκαταστάσεις παραβολικών κοίλων, περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορεί να προκληθούν λόγω της εκχύλισης ή διαρροής του ρευστού μεταφοράς της θερμότητας. Το ρευστό είναι συνήθως κάποιος αρωματικός υδρογονάνθρακας που μπορεί να έχει χαρακτηριστεί, ανάλογα με τη χώρα ή την πολιτεία, ως επικίνδυνο υλικό. Όταν συμβεί διαρροή, το μολυσμένο έδαφος μεταφέρεται σε μία εγκατάσταση βιολογικής αποκατάστασης εντός του σταθμού όπου με χρήση γηγενών βακτηρίων του χώματος αποσυντίθεται το ρευστό μέχρις ότου η συγκέντρωση του μειωθεί σε αποδεκτά επίπεδα. Εκτός από τις διαρροές ρευστού, κατά την κανονική λειτουργία λαμβάνει χώρα και κάποιο επίπεδο εκπομπών ατμών του ρευστού από το σωμάτων βαλβίδων και τα στεγανωτικά των αντλιών.

Παρότι η οσμή αυτών των εκπομπών ατμών είναι συχνά έκδηλη, οι εκπομπές κείνται εντός των επιτρεπομένων ορίων. Κατά τη λειτουργία των σταθμών ηλιακού πύργου ισχύος δεν απελευθερώνονται επικίνδυνες εκπομπές υγρών ή αερίων. Εάν προκύψει διασπορά άλατος, αυτό θα στερεοποιηθεί προτού συμβεί κάποια σημαντική μόλυνση του εδάφους. Το άλας συλλέγεται με ένα φτυάρι και μπορεί να ανακυκλωθεί, εάν αυτό απαιτείται. Όταν οι δύο αυτές τεχνολογίες υβριδοποιούνται με κάποιο συμβατικό σταθμό ορυκτών καυσίμων, τότε εκπομπές θα απελευθερώνονται από το μη ηλιακό τμήμα του σταθμού.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των συστημάτων δίσκου - μηχανής είναι ελάχιστες. Οι μηχανές Stirling είναι γνωστές για την αθόρυβη λειτουργία τους, σε σχέση με τις μηχανές εσωτερικής καύσης βενζίνης ή ντίζελ, ενώ ακόμα και οι μηχανές Brayton υψηλής ανάκτησης αναφέρεται ότι είναι σχετικά αθόρυβες. Η μεγαλύτερη πηγή θορύβου από ένα σύστημα δίσκου - Stirling είναι ο ανεμιστήρας της ψυκτικής μονάδας. Από την άλλη, τα συστήματα αυτά δεν έχουν διαδοθεί αρκετά ώστε να αποτιμηθούν ρεαλιστικά οι οπτικές επιπτώσεις τους. Τα συστήματα μπορεί να έχουν μεγάλο ύψος κατατομής, εκτεινόμενα έως και 15 μέτρα επάνω από το έδαφος.

Πάντως, όσον αφορά την αισθητική δεν θα πρέπει να θεωρούνται ως επιβλαβή, αφού τα συστήματα δίσκου - μηχανής προσομοιάζουν με τους δορυφορικούς δίσκους, οι οποίοι είναι γενικά αποδεκτοί από το κοινό. Εξάλλου, οι εκπομπές από αυτά τα συστήματα είναι εξαιρετικά χαμηλές. Πέρα από την πιθανότητα διασποράς μικρών

ποσοτήτων ελαίου μηχανής ή ψυκτικού υγρού ή γράσου από το κιβώτιο ταχυτήτων, τα συστήματα αυτά δεν παράγουν υγρά απόβλητα όταν λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια. Ακόμα και όταν λειτουργούν με ορυκτό καύσιμο, τα συστήματα σταθερής ροής καύσης που χρησιμοποιούνται τόσο στις μονάδες Stirling όσο και στις Brayton έχουν ως αποτέλεσμα εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα εκπομπών¹¹³.

5.12. Περιβαλλοντικά προβλήματα γεωθερμικών εργοστασίων

Στα κύρια προβλήματα κατά την παραγωγή γεωθερμικής ισχύος περιλαμβάνονται οι αποθέσεις μετάλλων, οι μεταβολές στις υδρολογικές συνθήκες και η διάβρωση του εξοπλισμού. Προβλήματα ρύπανσης προκύπτουν κατά το χειρισμό των γεωθερμικών αποβλήτων, τόσο του νερού όσο και του ατμού.

5.12.1. Αποθέσεις μετάλλων

Σε μερικά πεδία όπου επικρατεί το νερό μπορεί να υπάρξουν αποθέσεις μετάλλων από το ζέον γεωθερμικό ρευστό. Για παράδειγμα, η απόθεση πυριτίου στα φρέατα προκάλεσε προβλήματα στο πεδίο του Salton Sea (Καλιφόρνια). Συχνότερα, μπορεί να περιοριστεί η ανάπτυξη ενός πεδίου από το σχηματισμό αποθέσεων ανθρακικών αλάτων ασβεστίου στα φρέατα ή στα πετρώματα της περιοχής, όπως για παράδειγμα συνέβη στην Τουρκία και τις Φιλιππίνες¹¹⁴. Τα πεδία με ζεστά νερά και υψηλά ολικά ανθρακικά άλατα τελευταία αντιμετωπίζονται με καχυποψία. Κατά την απόρριψη των θερμών υγρών αποβλήτων στην επιφάνεια, η απόθεση πυριτίου στους αγωγούς και τους διαύλους του νερού μπορεί να προκαλέσει προβλήματα¹¹⁵.

5.12.2. Υδρολογικές αλλαγές

Η εκτεταμένη παραγωγή από τα φρέατα αλλάζει τις τοπικές υδρολογικές συνθήκες. Η ελάττωση της πίεσης του υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να προκαλέσει βρασμό στο νερό των πετρωμάτων που οδηγεί σε μεταβολές των χαρακτηριστικών του ρευστού της γεώτρησης, τη διείσδυση κρύου νερού από τις παρυφές του πεδίου, ή μεταβολές στη χημεία του νερού λόγω των μειωμένων θερμοκρασιών και συγκεντρώσεων των αερίων. Μετά από την παρατεταμένη άντληση ζεστού νερού από πετρώματα μικρής αντοχής μπορεί να συμβεί τοπική γαιόχωση και να μειωθεί σε ένταση η αρχική φυσική θερμική δραστηριότητα. Κάποιες μεταβολές συμβαίνουν σε όλους τους τομείς και απαιτείται η καλή κατανόηση της γεωλογίας και της υδρολογίας ενός συστήματος προκειμένου να μπορέσει να συνταιριαστεί ο ρυθμός άντλησης της γεώτρησης με τη μακροπρόθεσμη δυνατότητα αυτής να παρέχει ρευστό.

5.12.3. Διάβρωση και ρύπανση

Τα γεωθερμικά νερά προκαλούν την ταχεία διάβρωση των περισσότερων κραμάτων μετάλλων, αλλά αυτό δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα κατά τη χρήση τους εκτός από τις περιοχές όπου αντλούνται υψηλής θερμοκρασίας όξινα ύδατα (πολύ σπάνια), για παράδειγμα σε ενεργές ηφαιστειακές ζώνες. Το σύννηθες βαθύ γεωθερμικό νερό έχει σχεδόν ουδέτερο pH. Οι κυριότερες επιπτώσεις διάβρωσης μετάλλων που πρέπει να αποφεύγονται είναι η διάβρωση με στίγματα σουλφιδίου και χλωριδίου ορισμένων ανοξειδωτων και υψηλής αντοχής χαλύβων και η ταχεία διάβρωση των κραμάτων χαλκού. Το υδρόθειο, ή τα προϊόντα οξειδωσης του, προκαλεί επίσης την πιο ταχεία από την κανονική υποβάθμιση των οικοδομικών υλικών, π.χ. του σκυροδέματος, των πλαστικών, και των βαφών.

Από τις μη ηχομονωμένες γεωτρήσεις εκροής μπορεί να προκύψει υψηλό επίπεδο θορύβου (μέχρι 120 dB), ενώ οι εκτονώσεις των φρεάτων μπορεί να ψεκάσουν αλατούχα και πυριτιούχα ρευστά στα φυτά και τα κτίρια. Με την εφαρμογή ορθών πρακτικών μπορούν να μειωθούν οι επιδράσεις αυτές σε αποδεκτά επίπεδα. Οι γεωθερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, λόγω της χαμηλότερης αποδοτικότητάς τους, εκπέμπουν περισσότερους υδρατμούς ανά μονάδα ισχύος από τους σταθμούς με ορυκτά

καύσιμα. Ο ατμός από τους σιγαστήρες των κεφαλών των φρεάτων και τους πύργους ψύξης των σταθμών μπορεί να προκαλέσει τοπικά μια αυξημένη τάση για σχηματισμό ομίχλης και χειμερινού πάγου.

Τα απόβλητα γεωθερμικά νερά που ελευθερώνονται σε υδάτινους διαύλους μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα θερμικής ρύπανσης, εκτός εάν αραιώνονται κατά 100:1 τουλάχιστο. Οι γεωθερμικοί ατμοί ποικίλουν ευρέως ως προς τα περιεχόμενα αέρια (συνήθως 0,1 - 5%), τα οποία είναι κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, μεθάνιο και αμμωνία. Η απαγωγή του υδρόθειου μπορεί να προκαλέσει αντιδράσεις εάν δεν διασκορπίζεται επαρκώς, και σ' ένα μεγάλο γεωθερμικό σταθμό κοντά σε κοινότητες με χαμηλή ανοχή στις οσμές χρειάζεται μία μονάδα παγίδευσης του θείου (διεργασίας Stretford).

Η σύσταση των γεωθερμικών νερών ποικίλλει ευρέως. Στις πρόσφατες ηφαιστειακές περιοχές αυτά είναι συνήθως αραιά (< 0,5%) αλατούχα διαλύματα, αλλά τα νερά στις ιζηματογενείς λεκάνες ή τις ενεργές ηφαιστειακές περιοχές έχουν ιδιαίτερα μεγάλη συγκέντρωση σε άλμες. Σε σύγκριση με τα επιφανειακά, τα περισσότερα γεωθερμικά νερά περιέχουν υπερβολικές συγκεντρώσεις βορίου, φθοριδίων, αμμωνίας, πυριτίου, υδρόθειου και αρσενικού.

Λόγω των υψηλών τους θερμοκρασιών τα θερμά ρευστά έχουν διαλυμένα (από τα υπόγεια πετρώματα) πλήθος συστατικών και είναι ιδιαίτερα διαβρωτικά. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού επιχειρείται κατάλληλος σχεδιασμός του σχήματος αξιοποίησης, χρησιμοποιούνται αναστολείς διαβρώσεων, εφαρμόζεται κατάλληλη επιλογή υλικών και προσ αυξάνεται κατά το δέον το πάχος τους¹¹⁶.

5.12.4. Σύγκριση εκπομπών γεωθερμίας στο περιβάλλον με διαφορετικές μορφές ενέργειας

Η σύγκριση εκπομπών γεωθερμίας στο περιβάλλον με διαφορετικές μορφές ενέργειας, έχει τα εξής αποτελέσματα¹¹⁷:

- 1) Έχει σημαντική θετική επίδραση στο περιβάλλον με την αντικατάσταση της καύσης των ορυκτών καυσίμων.
- 2) Είναι αποδοτική και ανταγωνιστική με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- 3) Οι γεωθερμικοί σταθμοί μπορούν να λειτουργούν συνεχώς, χωρίς εμπόδια που επιβάλλονται από τις καιρικές συνθήκες, αντίθετα από άλλες Α.Π.Ε.
- 4) Διαθέτει εγγενή ικανότητα αποθήκευσης και είναι καταλληλότερη για την κάλυψη της ζήτησης του φορτίου βάσης.
- 5) Είναι μία αξιόπιστη και ασφαλής ενεργειακή πηγή που δεν απαιτεί αποθήκευση ή μεταφορά των καυσίμων.

Επιπλέον, η νεώτερη γενιά των γεωθερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής εκπέμπει μόνο 136 gr διοξειδίου του άνθρακα ανά kWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας κατά μέσο όρο, έναντι των 453 gr/kWh CO₂ μιας μονάδας με καύσιμο φυσικό αέριο ή των 1042 gr/kWh CO₂ από ένα θερμικό σταθμό άνθρακα.

Αυτή τη στιγμή, οι Α.Π.Ε. με το μέγιστο δυναμικό και τις χαμηλότερες εκπομπές στην Ευρώπη, βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα, είναι η υδραυλική και η γεωθερμική ενέργεια. Σημειώνεται επίσης ότι οι συντελεστές δυναμικού των υδροηλεκτρικών και των γεωθερμικών σταθμών στην Ευρώπη είναι τη στιγμή αυτή πάνω από 70%, ενώ οι τυπικές τιμές για τα ηλιακά και τα αιολικά συστήματα είναι 20 - 35%.

Η εμπειρία δείχνει ότι η διαθεσιμότητα των γεωθερμοηλεκτρικών μονάδων συχνά είναι άνω του 90%. Υπό αυτές τις περιστάσεις, ο συντελεστής της εγκατάστασης, που ορίζεται ως το ποσοστό του χρόνου που η μονάδα πραγματικά παράγει ενέργεια, είναι σχεδόν ίσος με το συντελεστή διαθεσιμότητας.

Τόσο οι υψηλές όσο και οι χαμηλές ενθαλπίες γεωθερμικοί σταθμοί ισχύος μπορούν να κατασκευαστούν ως πολυσυναρτησιακές μονάδες. Αυτή η προσέγγιση μειώνει την δαπάνη αρχικού κεφαλαίου και κατανέμει την επένδυση, ενώ καθιστά εφικτή την αξιολόγηση της διαθεσιμότητας της πηγής πριν αρχίσει η πλήρης λειτουργία και επιτρέπει την απολαβή εσόδων στην πρώτη δυνατή ευκαιρία, βελτιώνοντας με τον τρόπο αυτό την οικονομική απόδοση ολόκληρου του σχήματος και μειώνοντας την έκθεση σε γεωλογικούς κινδύνους ή ρίσκα εξόρυξης.

Τα κόστη, συνεπώς και η οικονομική βιωσιμότητα των έργων γεωθερμικής ενέργειας, εξαρτώνται αυστηρά από τις ειδικές συνθήκες της θέσης και τον τύπο της εφαρμογής. Σημειώνεται ότι, το κόστος παραγωγής του ηλεκτρισμού είναι πιο ευαίσθητο στο ειδικό κόστος διάνοιξης των φρεάτων και στην παραγωγικότητα κάθε φρέατος, που κυμαίνεται σημαντικά μεταξύ διαφορετικών χωρών. Η διακύμανση των

τεχνικών και οικονομικών παραμέτρων που ενέχονται στην υλοποίηση των γεωθερμικών έργων σημαίνει ότι κάθε ένα από αυτά έχει ένα μοναδικό κόστος παραγωγής και δεν είναι δυνατή μια ευρεία γενίκευση.

Η συνολική ανταγωνιστικότητα της γεωθερμικής ενέργειας καθορίζεται επίσης με τη σύγκριση της τόσο με τις συμβατικές όσο και με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Συνήθως το κόστος της ενέργειας στηρίζεται σε τυποποιημένες χρηματοοικονομικές αναλύσεις. Η χρηματοδότηση των γεωθερμικών έργων από τις υπηρεσίες διεθνούς χρηματοδότησης τελευταία βασίζεται στη διεξαγωγή μιας ανάλυσης ελαχίστου κόστους, ως μέρος της διαδικασίας τους για δανειοδότηση των ενεργειακών έργων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, αυτή τη στιγμή στην Ευρώπη το χαμηλότερο κόστος των συμβατικών καυσίμων, ειδικά του φυσικού αερίου, με αυστηρά οικονομικά κριτήρια καθιστά ανταγωνιστικές μόνο τις καλύτερες από τις γεωθερμικές πηγές. Εντούτοις, η γεωθερμική ενέργεια θα μπορούσε να γίνει πιο ανταγωνιστική προς τις συμβατικές πηγές ενέργειας εάν η σύγκριση δεν περιοριζόταν αυστηρά στα οικονομικά κριτήρια αλλά λαμβάνονταν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως τα σκιώδη κόστη και οι οικονομικές συνέπειες τους.

Τα σχετικά εξωτερικά κόστη της συμβατικής παραγωγής γίνονται εξωτερικά οφέλη στην περίπτωση της γεωθερμίας όπως και για τις άλλες Α.Π.Ε., και αποτελούν μία παράμετρο που αλλάζει ουσιαστικά το επίπεδο ανταγωνιστικότητας προς όφελος της γεωθερμικής ενέργειας¹¹⁸.

**Κεφάλαιο 6 - Αντιμετώπιση
περιβαλλοντικών επιπτώσεων
εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής
ενέργειας**

6.1. Παγκόσμια και κοινοτική στρατηγική μείωσης των αέριων εκπομπών ρύπων

Η προβλεπόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στον επόμενο αιώνα από 1,5 βαθμό Κελσίου έως 7 βαθμούς Κελσίου, θα μπορούσε να είναι μικρότερη εάν λαμβάνονταν αυστηρά περιβαλλοντολογικά μέτρα ή αν εμφανιζόταν ένας πραγματικός ανταγωνιστής των πηγών ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Για να περιορισθεί η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας στα επίπεδα των 2,0 – 2,4° C απαιτείται η εφαρμογή αυστηρών περιβαλλοντικών μέτρων και η αξιοποίηση μη ορυκτών ενεργειακών πόρων.

Απέναντι σε αυτό το πρόβλημα προβάλλονται τρεις συμπληρωματικές προσεγγίσεις: ο αγώνας για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η αποθήκευση του άνθρακα και η προσαρμογή. Η διεθνής κοινότητα έθεσε ως στόχο να σταθεροποιήσει τη συγκέντρωση αερίων για το φαινόμενο το θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε «επίπεδο που να εμποδίζει κάθε επικίνδυνη ανθρωπογενή διαταραχή του κλίματος» στη Σύμβαση πλαίσιο του Ο.Η.Ε. για την κλιματική αλλαγή και στο Πρωτόκολλο του Κιότο που τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005. Οι βιομηχανικές χώρες (με εξαίρεση τις Η.Π.Α.), δεσμεύτηκαν να μειώσουν τις εκπομπές των 6 αερίων για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (CO, CH, NO, SF₆, HFC, PFC) κατά 5,2% μεταξύ του 2008 και 2012 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Στο ποσοστό αυτό προσμετρώνται και οι Η.Π.Α. δεδομένου ότι υπέγραψαν το πρωτόκολλο αλλά κατόπιν δεν το κύρωσαν¹¹⁹.

Αυτός ο στόχος, αντιστοιχεί στην πραγματικότητα σε μια πτώση της τάξης του 20% περίπου, σε σχέση με το αναμενόμενο επίπεδο εκπομπών για το 2010 που θα προέκυπτε αν κανένα μέτρο ελέγχου δεν είχε υιοθετηθεί. Οι στόχοι μείωσης ανά χώρα ξεκινούν από μείωση κατά 8% για την Ευρωπαϊκή Ένωση και φθάνουν σε μια πιθανή αύξηση κατά 10% για την Ισλανδία.

Το Σύμφωνο της Κοπεγχάγης έθεσε το στόχο περιορισμού της υπερθέρμανσης του πλανήτη σε 2 βαθμούς το ανώτερο σε σχέση με τα επίπεδα της προ βιομηχανικής εποχής. Κατά τη γνώμη της Διακυβερνητικής Διάσκεψης για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) αυτό θα προϋπέθετε μείωση των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑΘ) κατά 50 - 85% το λιγότερο από σήμερα έως το 2050 σε σχέση με τα επίπεδα του 2000.

Για να το πετύχουν αυτό, οι ανεπτυγμένες χώρες θα πρέπει να μειώσουν δραματικά τις εκπομπές του φαινομένου του θερμοκηπίου από 25 έως 40% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 από τώρα έως το 2020 έχοντας ως κύριο στόχο να επιτευχθεί μείωση από 80% έως 95% από τώρα έως το 2050.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ήδη δεσμευτεί κατά ανεξάρτητο τρόπο, να μειώσει τις εκπομπές αυτές το λιγότερο κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, το 2020. Η ΕΕ είναι μάλιστα, έτοιμη να μειώσει τις εκπομπές αυτές κατά 30% αν τελικά επιτευχθεί μια διεθνής συμφωνία για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου¹²⁰.

6.2. Η αναγκαιότητα ελέγχου ρύπανσης στις θερμοηλεκτρικές μονάδες

Οι θερμοηλεκτρικές μονάδες είναι οι ογκωδέστερες σύγχρονες απλές πηγές δημιουργίας ατμοσφαιρικής ρύπανσης από καύση ανθρακούχων καυσίμων. Δημιουργούν το 15 -2 0% σε ατμοσφαιρική ρύπανση σε εθνική κλίμακα και μέχρι το 50% σε πυκνοπληθυσμιακές περιοχές. Παράλληλα έχουν δημιουργηθεί και δημιουργούνται θερμοηλεκτρικές μονάδες σε περιοχές πυκνής ανθρώπινης δραστηριότητας κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα, που είναι χώροι υψηλής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ή κοντά σε αποθέματα καυσίμων, που βρίσκονται συνήθως σε πεδινά γόνιμα εδάφη με παραγωγική ζωή. Έτσι ο κοινωνικός παράγοντας συνεχώς και περισσότερο αντιτίθεται σε δημιουργία θερμοηλεκτρικών μονάδων με διεκδίκηση ανώτατου δυνατού επιπέδου ποιότητας ζωής. Αυτό σε παγκόσμια κλίμακα έχει δημιουργήσει μια κοινωνική ευθύνη, που έχει προκαλέσει κρατικές παρεμβάσεις με την προώθηση ελέγχου ρύπανσης για καθαρότερο περιβάλλον, που σήμερα ορίζεται σαν ποιότητα περιεχόμενου θείου στα καύσιμα.

Έτσι για παράδειγμα στις Η.Π.Α. από το 1975, στις ανατολικές πολιτείες δεν επιτρέπεται η χρήση καυσίμων με πάνω από 1% θείο ανά 6.000 kcal/χλγρ. περιεχόμενη θερμική ενέργεια. Όμως αυτό οδηγεί σε επιλογές καυσίμου που αποτελεί μόνο το 30% περίπου σε συνολικά παγκόσμια αποθέματα. Ο αποκλεισμός όμως του 70% των παγκόσμιων αποθεμάτων ορυκτού άνθρακα δεν αποτελεί σήμερα λύση με την κρίση της ενέργειας και την ανάγκη για αντικατάσταση του πετρελαίου με κάρβουνο στην

παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρησιμοποίηση επομένως άνθρακα με περιεχόμενο θείο κάτω από 1% οδηγεί σε πραγματική ανατροπή.

Η εγχώρια κατανάλωση καυσίμων σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σήμερα εξαρτάται από πετρέλαιο κατά 39,5%, από λιγνίτη κατά 44,9% και από υδατοπτώσεις 15,5%. Το πρόγραμμα της ΔΕΗ είναι η συνεχής μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο με χρησιμοποίηση του τοπικού λιγνίτη.

Με αυτή τη σύγχυση από ανάγκη για εξασφάλιση πηγών ενέργειας και από συναλλαγματικές πιέσεις για ανεξαρτητοποίηση από το πετρέλαιο, ο κόσμος οδηγείται τυφλά σε περιπέτεια από τις συνέπειες με τη σημαντική αύξηση σε ατμοσφαιρική ρύπανση που θα προκύψει. Η επιστήμη άρχισε να ανησυχεί έντονα και με εντατικό ρυθμό μελετάει στο μεταξύ τρόπους για αντιμετώπιση αυτής της απειλής. Ακολουθούνται τρεις ερευνητικές τεχνολογικές κατευθύνσεις: της αποθείωσης των καυσίμων πριν την καύση τους, της ανάπτυξης έμμεσων μεθόδων αξιοποίησης των ορυκτών ανθράκων χωρίς ρύπανση και της ανάπτυξης μεθόδων για καθαρισμό των καυσαερίων. Η αποθείωση των καυσίμων είναι μια εξελισσόμενη τεχνική. Επεξεργάζονται λύσεις για αποθείωση πετρελαίου και ορυκτού κάρβουνου υψηλής θερμικής αξίας.

Η δεύτερη δυνατότητα είναι περισσότερο υποσχόμενη για αξιοποίηση ανθρακούχων καυσίμων φτωχού θερμικού περιεχομένου. Στηρίζεται σε διαδικασίες πυρόλυσης, όπου τα αέρια παράγονται με υψηλή πίεση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν διπλά, σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με αεριοτουρμπίνα και ακολούθως, μετά από καθαρισμό και καύση, σε παραγωγή ενέργειας σε ατμοτουρμπίνα.

Ο καθαρισμός των καυσαερίων αντιμετωπίζεται σήμερα με πολλές μεθόδους, αλλά μεθόδους που συνιστούν κόστος. Το κόστος για καθαρισμό των καυσαερίων είναι προφανώς ανάλογο προς το περιεχόμενο θείο και αντιστρόφως ανάλογο προς το θερμικό περιεχόμενο των καυσίμων. Η αναδρομή αυτή στις θερμοηλεκτρικές μονάδες και στο πρόβλημα που συνιστούν σε ρύπανση και σε σύγχρονη ανθρώπινη ανάγκη, έχει δύο στόχους¹²¹:

- 1) Να καταδείξει το πρόβλημα.
- 2) να αναλύσει τις δυνατότητες για παραγωγή ενέργειας από ανθρακούχα καύσιμα με ελεγχόμενη ρύπανση και με ελεγχόμενο κόστος. Ο δεύτερος αυτός τεχνολογικός στόχος θα αναπτυχθεί στα επόμενα.

6.3. Η δέσμευση αιωρημάτων εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Τα βιομηχανικά αιωρήματα αποτελούν ένα είδος ρύπανσης του περιβάλλοντος με ειδικές συνέπειες υγείας και αισθητικής. Αποτελούν έτσι ένα βασικό πρόβλημα, που είναι κάτω από ισχυρή κοινωνική πίεση και υπάρχουν σήμερα αυστηρά περιοριστικά όρια στην έκλυση τους. Εμφανίζουν και συνεργατική δράση με τοξικά αέρια, τα οποία προσροφούν σε μεγαλύτερα ή μικρότερα ποσά και δημιουργούν έτσι πολλαπλό πρόβλημα αναπνοής. Έχει βρεθεί πως από αυτή την ποσότητα των εισπνεόμενων αιωρημάτων το 75% κατακρατείται από το εξωτερικό τμήμα του κυκλώματος της αναπνοής (τραχεία κτλ), ποσοστό 12,5% παραλαμβάνεται από το αίμα και ποσοστό 12,5% συσσωρεύεται στους πνεύμονες.

Τα αιωρήματα σχηματίζονται σε διάφορα μεγέθη από 0,5 μ. διάμετρο μέχρι ευμεγέθεις κόκκους του 1 εκ. και μπορεί να είναι διάφορης σύστασης, όπως σκόνη ανόργανων υλικών και αιθάλη από την καύση των ανθρακούχων καυσίμων. Σε αντιμετώπιση τους, έτσι, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι με τις οποίες μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά. Πρόκειται για εφαρμογή διάφορων φυσικών μεθόδων καθαρισμού σε αντιμετώπιση όλων των μεγεθών αιωρημάτων, όπως: μέθοδοι βαρύτητας για τα αιωρήματα μεγαλύτερης διαμέτρου με μηχανικούς συλλέκτες, μέθοδοι δέσμευσης με ειδικά φίλτρα (σακόφιλτρα) για τα μέσης διαμέτρου αιωρήματα από 100 μ. μέχρι 0,5 μ. και μέθοδοι έκπλυσης με νερό και δέσμευσης με ηλεκτροστατικά φίλτρα, για τα αιωρήματα μικρότερης διαμέτρου μέχρι 0,3 μ.¹²²

6.3.1. Μηχανικοί συλλέκτες

Με βάση την καθίζηση των αιωρημάτων με βαρύτητα, κυκλοφορούν σε πολλούς τύπους και διαστάσεις. Τα βασικά όμως σύγχρονα μηχανήματα για τη δέσμευση των στερεών αιωρημάτων είναι οι κυκλώνες. Πρόκειται για συστήματα τα οποία με αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας των αερίων ή των καυσαερίων, δημιουργούν συνθήκες ώστε τα στερεά αιωρήματα αποχωρίζονται προς το τοίχωμα του κυκλώνα και καταλήγουν στον ειδικό συλλέκτη.

Η επιτυχία ενός κυκλώνα εξαρτάται από την ικανότητα του να αξιοποιήσει την κινητική ενέργεια των αερίων για φυγοκέντριση τους ή απλούστερα από τη δημιουργούμενη ταχύτητα περιστροφής. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν το κλειδί ποιότητας και έχουν εξελιχθεί σε μορφή και διάταξη σήμερα κατά αεροδυναμικές αρχές.

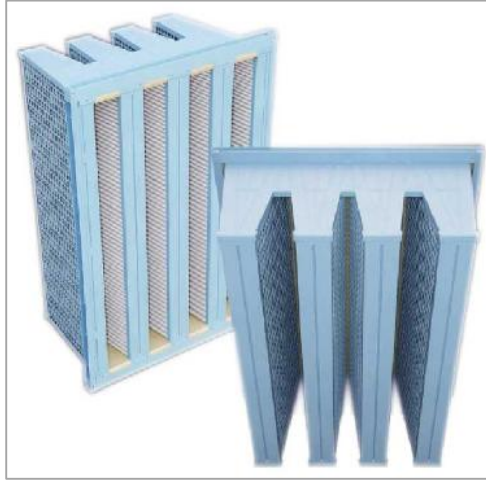
Στην πράξη, εκτός από τους απλούς τύπους κυκλώνων χρησιμοποιούνται και συστοιχίες από περισσότερους κυκλώνες, με τις οποίες για μεγαλύτερες αποδόσεις απαιτούνται μικρότεροι χώροι εγκατάστασης. Γενικά με τους κυκλώνες, όσο η διάμετρος τους μεγαλώνει τόσο η απόδοση τους μικραίνει, έτσι που στην πράξη προωθούνται λύσεις συστοιχιών με μικρούς κυκλώνες. Με τις βελτιώσεις αυτές και άλλες τεχνικές κατασκευαστικές βελτιώσεις, επιτυγχάνονται υψηλού βαθμού καθαρισμοί¹²³.

6.3.2. Σακόφιλτρα

Η βιομηχανία διαθέτει πλέον με τα σακόφιλτρα (σχήμα 6.3.2.1) και μια άλλη αποτελεσματική λύση για δέσμευση των αιωρημάτων. Στο μεταξύ μετά τις εμπειρίες των τελευταίων χρόνων, κυκλοφορούν στην αγορά τύποι σακόφιλτρων, που μπορούν να ικανοποιήσουν ένα πλατύ φάσμα αναγκών. Μολονότι τα σακόφιλτρα έχουν οπές μέχρι 100 μ., με αυτά συλλέγονται και αιωρήματα μέχρι διάμετρο 0,5 μ. Τούτο προκύπτει από τη λειτουργία τους, που δεσμεύουν όχι σαν ύφασμα αλλά σαν φίλτρο, που στο μεταξύ έχει δημιουργήσει ένα επίστρωμα (cake), το οποίο και αποτελεί το μέσο διήθησης. Το επίστρωμα σχηματίζεται γρήγορα και για πολλούς λόγους, ο κύριος από τους οποίους είναι η συσσωμάτωση των αιωρημάτων στο ύφασμα μετά από ένα είδος εξουδετέρωσης του φορτίου τους. Τα σακόφιλτρα είναι συστήματα συλλογής αιωρημάτων με κύκλο λειτουργίας, γιατί μετά τη δέσμευση χρειάζεται αδειασμα των φίλτρων με αναγέννηση τους. Κατά τη διαδικασία αδειάσματος και αναγέννησης τα σακόφιλτρα διακρίνονται σε τύπους που χρησιμοποιούν μηχανική ανατάραξη, σε τύπους που χρησιμοποιούν αντίστροφη διαβίβαση συμπιεσμένου αέρα και σε τύπους που χρησιμοποιούν καθαρισμό με αντίστροφα κινούμενο δακτύλιο.

Έχουν στο μεταξύ κυκλοφορήσει και σακόφιλτρα αντίστροφης λειτουργίας από τα προηγούμενα, με το σάκο εργαζόμενο σαν φίλτρο από την εξωτερική του επιφάνεια.

Σχήμα 6.3.2.1. Σταθερά σακόφιλτρα ενεργού άνθρακα



Πηγή: Filtrosystem, 2012

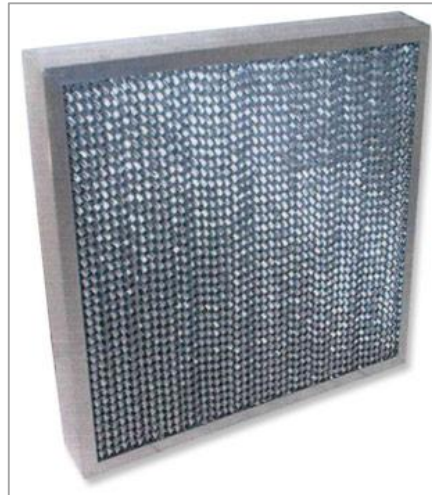
Σακόφιλτρα σε δέσμευση αιωρημάτων χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρές βιομηχανίες, αν και υπάρχει στο μεταξύ λύση με σακόφιλτρα για δέσμευση των φοριούχων αιωρημάτων σε πολύ μεγάλες μονάδες παραγωγής αλουμινίου. Η συμπεριφορά των σακόφιλτρων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και κυρίως από την ποιότητα των αιωρημάτων. Γι' αυτό στην επιλογή τους βαρύνει σημαντικά η εμπειρία χρήσης¹²⁴.

6.3.3. Φίλτρα ηλεκτροστατικής καθίζησης

Τα βιομηχανικά αιωρήματα μπορεί να μειωθούν σημαντικά με φυγοκεντρικούς κατακρημιστήρες (κυκλώνες). Όμως και μετά την κατεργασία αυτή, περιέχουν μεγάλες ποσότητες αιωρημάτων, ειδικά αιωρημάτων κολλοειδούς φύσης και μικρής διαμέτρου. Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα καθίζησης (σχήμα 6.3.3.1) είναι η απάντηση σ' αυτές τις αδυναμίες. Παράλληλα είναι η απάντηση για τον καθαρισμό μεγάλων όγκων αερίων και για μικρή αναλογικά κατανάλωση ενέργειας. Ανακαλύφθηκαν το 1910 από τον Frederic Cottrell, στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια και από τότε έχουν αναπτυχθεί

τρομακτικά και υπηρετούν βασικές βιομηχανικές ανάγκες σε αντιμετώπιση προβλημάτων ρύπανσης¹²⁵.

Σχήμα 6.3.3.1 Φίλτρο ηλεκτροστατικής καθίζησης



Πηγή: All Biz, 2012

6.4. Αποθείωση των χρησιμοποιούμενων καυσίμων

Κατά μία μέθοδο γνωστή σαν μέθοδο Meyers, η κατεργασία τρισθενούς σιδήρου (FeCl_3 ή $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) οδηγεί σε σημαντική μείωση του περιεχόμενου θείου. Κατά τη μέθοδο η αποθείωση θα γίνεται στους χώρους εξαγωγής του άνθρακα και ακολούθως το αποθειωμένο προϊόν με σημαντικά μειωμένο περιεχόμενο θείο και μειωμένη τέφρα, θα μεταφέρεται οικονομικά με μία από τις γνωστές μεθόδους στις θερμοηλεκτρικές μονάδες.

Κατά την διεργασία ο περιεχόμενος πυρίτης (σιδηροπυρίτης) διαλυτοποιείται και οξειδώνεται προς στοιχειακό θείο. Άλλες ποσότητες θείου ελευθερώνονται από το οργανικό θείο που περιέχεται στον ορυκτό άνθρακα.. Από το περιεχόμενο θείο οξειδώσιμο κατά την καύση είναι το πυριτικό και το οργανικό τα οποία δεσμεύονται. Η μέθοδος παραλαμβάνει ειδικά αυτές τις ποιότητες θείου σε ποσοστά μέχρι 70% για το πυριτικό θείο και μέχρι 40% για το οργανικό θείο.

Στην αποθείωση βασικό ρόλο έχει και η κοκκομετρική κατάσταση, που σε αριστοποίηση αποτελεσμάτων μπορεί να διαφέρει ακανόνιστα από τύπο σε τύπο ορυκτού άνθρακα. Τα άλατα του σιδήρου συμπεριφέρονται ανάλογα, παρά ταύτα περισσότερη επιτυχία έχει η χρησιμοποίηση θεικού σιδήρου που εμφανίζει και ομοιογένεια ανιόντων στο ανακυκλούμενο διάλυμα, όπου παραλαμβάνονται και τα θειικά άλατα, που περιέχονται στον ορυκτό άνθρακα. Με επαναληπτικές εκχυλίσσεις είναι δυνατή η πλήρης απομάκρυνση του πυριτικού και του οργανικού θείου. Έξι διαδοχικές κατεργασίες με νέο ή αναγεννημένο κάθε φορά διάλυμα θεικού σιδήρου οδηγούν πρακτικά σε 100% απομάκρυνση του οργανικού, του ελεύθερου και του πυριτικού θείου.

Τα βαριά κλάσματα πετρελαίου, που αποτελούν τη βάση στην παραγωγή ενέργειας στις θερμοηλεκτρικές μονάδες και στη βιομηχανία, συνήθως περιέχουν θείο σε μεγάλα ποσοστά. Και όπως αποτελούν το 40 - 45% των προϊόντων των σύγχρονων διωλιστηρίων, συνιστούν ένα σοβαρό πρόβλημα για βελτίωση ποιότητας, που αν επιτευχθεί σε μεγάλη κλίμακα, θα οδηγήσει σε σημαντική ανακούφιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Η αποθείωση των βαριών αυτών κλασμάτων προς προϊόντα με λιγότερο του 1% S, προωθείται σήμερα με μεγάλη ταχύτητα. Οι χρησιμοποιούμενες συνθήκες είναι: 450 - 500°, υδρογόνο σε πίεση 80 - 120 atm, κατανάλωση καταλύτη 0,01 - 0,5 χλγ./1000 βαρέλια. Σαν καταλύτες χρησιμοποιούνται συνδυασμοί των μετάλλων κοβαλτίου και μολυβδαίνιου ή νικέλιο και μολυβδαίνιου που φέρονται σε σταθερή κλίνη πάνω σε αλουμίνα ή σε ρευστοποιημένη κλίνη όπου αποτελούν αιώρημα.

Με την αποθείωση των βαρύτερων κλασμάτων πετρελαίου περισσότερο έχουν ασχοληθεί οι Ιάπωνες, οι οποίοι στο μεταξύ έχουν εφαρμόσει τη λύση κατά 60% σε εθνική βάση και προσφέρουν πλήρεις βιομηχανικές εγκαταστάσεις με σημαντικό know - how. Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις των Ιαπώνων μολονότι έχουν επιβαρύνσεις δικαιωμάτων ευρεσιτεχνίας, εμφανίζουν παρά ταύτα διεθνή ανταγωνιστικότητα και έχουν προωθήσει και τις δύο τεχνικές αποθείωσης: την τεχνική σε σταθερή κλίνη και την τεχνική σε ρευστοστερεή κλίνη¹²⁶.

6.5. Έλεγχος ραδιενέργειας σε ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες

Με την εξάπλωση της αξιοποίησης της ατομικής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και την αντίδραση του κοινωνικού παράγοντα, έχει δημιουργηθεί πιεστική ανάγκη για λειτουργία των μονάδων αυτών χωρίς ραδιενεργή ρύπανση με μηδενική απόρριψη ραδιενέργειας και με μηδενική πιθανότητα ατυχήματος στον ατομικό αντιδραστήρα. Αυτά θεωρητικά παίρνουν θετική απάντηση, στην πράξη όμως απαιτείται τεχνική αντιμετώπιση, που μπορεί να μειώσει την απόρριψη ραδιενέργειας κατά 1/100 ή κατά 1/1000 αλλά δεν μπορεί να την μηδενίσει. Η απάντηση επομένως στο ερώτημα για μηδενική απόρριψη και πλήρη ασφάλεια λειτουργίας σε ατομικές ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες είναι σαφώς όχι. Σε τεκμηρίωση αυτών των θέσεων δείχνει πάντως ωφέλιμη μία αναδρομή σε αυτό που θεωρείται εφικτό για απόρριψη και σε αυτό που θεωρείται δυνατό σαν όριο επιστημονικής προσπάθειας.

Στο μεταξύ το όριο για ατμοσφαιρική ραδιενέργεια έχει οριστεί σε 230 mrem/χρόνο κατά το 1972 και έχει τεθεί σαν προοπτική στα 170 mrem/χρόνο για τα τελευταία χρόνια. Ειδικά για οικισμούς κοντά σε ατομικές μονάδες, το όριο είναι 500 mrem/χρόνο και για τους απασχολούμενους στο εργοτάξιο της μονάδας, το όριο είναι δεκαπλάσιο ή 5.000 mrem/χρόνο. Για ηλεκτροπαραγωγό μονάδα ατομικού καυσίμου η παραγωγικά εκλυόμενη ραδιενέργεια ανά 1.100 MW ηλεκτρισμού σε υγρά και αέρια ραδιενεργά απόβλητα (μέχρι το 1972) δίνεται στον πίνακα 20.

Τα προηγούμενα σαν αποτέλεσμα λειτουργίας μονάδων, δεν ισχύουν πλέον. Στις Η.Π.Α. και αλλού έχει εισαχθεί η υποχρέωση για μείωση ορίων κατά 1/100, πράγμα που έχει επιτευχθεί στις περισσότερες περιπτώσεις. Οι σύγχρονες πάντως ατομικές ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες κατασκευάζονται με το 1/100 όριο για ραδιενέργεια¹²⁷.

6.6. Χρήση τεχνολογίας καθαρισμού του ρυπασμένου νερού

Ο επιστημονικός συναγερμός για απαλλαγή της σημερινής ζωής από τις επιπτώσεις της τεχνολογικής ανάπτυξης έδωσε στο μεταξύ καρπούς. Ειδικότερα για τη σοβαρότερη μορφή ρύπανσης, τη ρύπανση του νερού, βρίσκονται πλέον στη διάθεση του ανθρώπου λύσεις, που συνεχώς βελτιώνονται, και τείνουν να επιλύσουν ωφέλιμα την αδυναμία

αυτή της τεχνολογικής προόδου. Η σύγχρονη επιστημονική εποχή, που χαρακτηρίζεται σαν βιολογική επανάσταση, αισιοδοξεί πως τελικά θα θέσει υπό έλεγχο την κίνηση των υλικών με ωφέλιμη ανακύκλωση τους.

Για αντιμετώπιση της ρύπανσης του νερού χρησιμοποιείται σήμερα ένα πλήθος βιομηχανικών λύσεων που διακρίνονται σε μεθόδους διαύγασης, μεθόδους χημικού καθαρισμού και μεθόδους βιολογικού καθαρισμού.

Στην κατεργασία διαύγασης, όταν τα απόβλητα περιέχουν ογκώδη αιωρήματα, θα ήταν ωφέλιμη η απομάκρυνση τους πριν το χημικό και το βιολογικό καθαρισμό. Αυτό είναι επιτευκτό με απλή μηχανική κατεργασία, επειδή τα ογκώδη αιωρήματα από βάρος καθιζάνουν. Η ταχύτητα καθίζησης είναι ειδικής σημασίας για τον καθορισμό του μεγέθους των βιομηχανικών εγκαταστάσεων για διαύγαση, που εξαρτάται από τον όγκο των αιωρημάτων, το ειδικό βάρος τους, και από το ιξώδες του διαλύματος. Το ιξώδες επειδή προκαλεί σοβαρή μείωση ταχύτητας καθίζησης, μπορεί να ελαττωθεί με αύξηση της θερμοκρασίας των απόβλητων.

Για την κατεργασία διαύγασης χρησιμοποιούνται απλές, μεγάλες δεξαμενές, έτσι που να επιτυγχάνεται χρόνος παραμονής 4 - 10 ώρες. Στις δεξαμενές αυτές τα απόβλητα προστίθενται σε σημείο στο 1/3 του ύψους της δεξαμενής. Τα αιωρήματα όπως καθιζάνουν παραλαμβάνονται από τη βάση της δεξαμενής και συνήθως μεταφέρονται για δεύτερη κατεργασία καθίζησης μικρότερου χρόνου παραμονής, ώστε να παραληφθούν τελικά σε περισσότερο συμπυκνωμένη κατάσταση. Παράλληλα, από την κορυφή της δεξαμενής εκρέει το διαυγασμένο νερό για να υποβληθεί ακόλουθα σε βασική κατεργασία καθαρισμού χημική ή βιολογική. Στην αντιμετώπιση μεγάλων παροχών, χρησιμοποιείται συνήθως καταμερισμός σε αριθμό δεξαμενών, έτσι που η παροχή προς κάθε μία να ανταποκρίνεται στον απαιτούμενο χρόνο παραμονής για ικανοποιητική καθίζηση.

Κατά μία ειδική εφαρμογή, οι δεξαμενές διαύγασης είναι σχήματος αναστραμμένης πυραμίδας και τα απόβλητα διαβιβάζονται με ροή προς τα πάνω, έτσι ώστε με τη διάχυση τους στη δεξαμενή να επιτυγχάνεται ο σχηματισμός υδρο - gel με δέσμευση πρόσθετων υλών με προσρόφηση. Κατά τη μέθοδο αυτή τα απόβλητα πριν την εισαγωγή τους πολτοποιούνται και τα αιωρήματα ανάγονται σε μέγεθος και παίρνουν κολλοειδή μορφή. Σήμερα γενικά, η κατεργασία διαύγασης αποφεύγεται και τα απόβλητα με αντλίες - πολτοποιητές διαβιβάζονται χωρίς καθίζηση για χημικό ή για βιολογικό καθαρισμό. Αυτό τελικά οδηγεί σε μείωση των εξόδων εγκατάστασης αλλά

και σε αύξηση των εξόδων βασικού καθαρισμού και περισσότερο όταν χρησιμοποιείται βιολογικός καθαρισμός¹²⁸.

Επίλογος

Στην παρούσα εργασία δόθηκε έμφαση στην ανάλυση των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και των επιδράσεων τους στο φυσικό περιβάλλον. Η αξία της μείωσης των εκπομπών ρύπων από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και τα οφέλη μιας οργανωμένης προσέγγισης της παραγωγής ενέργειας είναι αδιαμφισβήτητη.

Η αφύπνιση των επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο θέμα των εκπομπών ρύπων είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα. Ωστόσο, από μόνες τους δεν μπορούν να καταφέρουν αυτή την αλλαγή. Η βοήθεια διεθνών οργανισμών θα συμβάλλει στη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Μια άμεση και αποφασιστική υιοθέτηση περιβαλλοντικών μέτρων, από την πλευρά των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μακροπρόθεσμα θα οδηγήσει σε μειωμένα κόστη. Το κόστος εκτέλεσης των αλλαγών που επιβάλει η νομοθεσία, ξεπερνά κατά πολύ το κόστος λήψης άμεσων μέτρων.

Η υποχρέωση που αντιμετωπίζουν όλα τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι να ελαχιστοποιούν το πεδίο για λανθασμένες ανθρώπινες αποφάσεις οι οποίες συμβάλλουν άμεσα ή έμμεσα σε ρύπανσης. Ένας στόχος πρέπει να είναι η εξασφάλιση ότι το επιτελείο είναι σωστά ενημερωμένο και εξοπλισμένο για να αντεπεξέλθει ασφαλώς στις επιχειρησιακές του ευθύνες. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται εξασφαλίζουν ότι η κάθε παραγωγή ενέργειας επηρεάζει την ασφάλεια ή την πρόληψη της ρύπανσης που λαμβάνεται σε οποιοδήποτε επίπεδο.

Είναι σαφές λοιπόν, ότι η ανθρωπότητα αποδέχεται την αναγκαιότητα της περιβαλλοντικής προστασίας ως επιστημονική, νομική και ηθική πρόκληση. Έτσι οι δραστηριότητες της βιομηχανίας ενέργειας εμπίπτουν πλέον σε ένα σύγχρονο και διαρκώς διαμορφούμενο θεσμικό πλαίσιο που απαρτίζεται από νέους νομοθετικούς κανονισμούς, που στοχεύουν στην ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος.

Χρέος όλων είναι να συμβάλουν στο να αναπτυχθούν διοικητικές και οργανωτικές δομές στους επιμέρους τομείς της ενέργειας για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή των περιβαλλοντικών προτεραιοτήτων, που τόσο καίρια θέτει ο πλανήτης. Οι απαιτήσεις του διεθνούς εμπορίου και οι αναπτυξιακοί στόχοι των επιχειρήσεων ενέργειας σε συνδυασμό με τις σύγχρονες περιβαλλοντικές επιταγές, διαμορφώνουν ένα πολύπλοκο

και αντιφατικό, αρκετές φορές, τοπίο, που απαιτεί προσαρμογές τόσο σε στρατηγικό, όσο και σε οργανωτικό και διαχειριστικό επίπεδο.

Βιβλιογραφία

- 1) Βαλκανάς, Γ., 1992. Ρύπανση περιβάλλοντος: Επιστήμη και τεχνική αντιμετώπισης. Αθήνα: Παπαζήσης, σ. 40-154
- 2) Βοβός, Ν., 2004. Ανάλυση, έλεγχος και ευστάθεια συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας Θεσσαλονίκη: Ζήτη, σ. 4-469.
- 3) Βοβός, Ν., Γιαννακόπουλος, Γ., 2008. Εισαγωγή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Αθήνα: Ζήτη, σ. 68
- 4) Γελεγένης, Ι., Αξιοόπουλος, Π., 2005. Πηγές ενέργειας: συμβατικές και ανανεώσιμες. Αθήνα: Σύγχρονη Εκδοτική, σ. 249-250.
- 5) Γεντεκάκης, Ι., 2010. Ατμοσφαιρική ρύπανση: επιπτώσεις, έλεγχος και εναλλακτικές τεχνολογίες. Αθήνα: Κλειδάριθμος, σ. 141-150.
- 6) Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ. ΣΤΑΤ.), 2009. Ηλεκτρική ενέργεια (κατανάλωση). Επεξεργασία στατιστικών στοιχείων, Πάτρα.
- 7) Καλκάνης, Γ., 2009. Η ενέργεια και οι πηγές της :Τι, Πώς, Γιατί. Αθήνα: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), Υπουργείο Ανάπτυξης, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας «Ανοιχτές Ουρές», σ. 17-24.
- 8) Καλοπίσης, Γ., 1991. Η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος και τα όρια της οικονομικής ανάπτυξης. Αθήνα: Παπαζήσης, σ. 51-99.
- 9) Κάλφας, Ε., 1983. Συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Αθήνα: ΟΕΔΒ, Σχολή Εκπαιδευτικών Λειτουργών Επαγγελματικής και Τεχνικής Εκπαίδευσης, Ανωτέρα Σχολή Εκπαιδευτικών Τεχνολόγων Μηχανικών, σ. 25-41.
- 10) Κάλφας, Μ., 1985. Παραγωγή - μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας. Αθήνα: Ίων, σ. 15-61.
- 11) Καμπουρλάζος, Β., 2004. Εισαγωγή στα βιομηχανικά ηλεκτρικά συστήματα. Καβάλα: Σημειώσεις Βιομηχανικών Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Βιομηχανικής Πληροφορικής ΤΕΙ Καβάλας, σ. 3-55.
- 12) Καραμπούζης, Α., 2009. Το ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο (1973-2007). Αθήνα: Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ), Πάτρα, σ. 20.
- 13) Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε), 2001. Οδηγός τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ. Αθήνα: Κ.Α.Π.Ε, Ecole de Mines de Paris, σ. 36-164.

- 14) Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε), 2005. Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Αθήνα: Κ.Α.Π.Ε., σ. 5-7.
- 15) Μπινόπουλος, Ε., Χαβιαρόπουλος, Χ., 2006. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων: Μύθος και πραγματικότητα. Αθήνα: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), σ. 1-3.
- 16) Παπαδιάς, Β., 1999. Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας: Μόνιμη κατάσταση λειτουργίας. Αθήνα: Συμμετρία, σ. 27-89.
- 17) Παπαδιάς, Β., Βουρνάς, Κ., 1991. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και έλεγχος συχνότητας και τάσεως. Αθήνα: Συμμετρία, σ. 57.
- 18) Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.), 2007. Ενεργειακό Ισοζύγιο έτους 2007. Πάτρα, σ. 20-23.
- 19) Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠ.ΑΝ), 2009. Το ελληνικό ενεργειακό σύστημα. Πλαίσιο του έργου «Ολοκληρωμένο Σύστημα Άσκησης Ενεργειακής Πολιτικής» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Κοινωνία της Πληροφορίας» του 3ου ΚΠΣ, Αθήνα, σ. 9-33.
- 20) Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠ.ΑΝ), 2009. Το ελληνικό ενεργειακό σύστημα. Πλαίσιο του έργου «Ολοκληρωμένο Σύστημα Άσκησης Ενεργειακής Πολιτικής» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Κοινωνία της Πληροφορίας» του 3ου ΚΠΣ, Αθήνα, σ. 17-18.
- 21) Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠ.ΑΝ.), 2008. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις βιομάζας. Αθήνα: ΥΠ.ΑΝ., σ. 8.
- 22) Χαραλαμπίδης, Δ., 2004. Αιολική ενέργεια. Σημειώσεις Πανεπιστημίου Αιγαίου, σελ. 25-28.
- 23) Angelis, A., Biberacher, M., Dominguez, J., Fiorese, G., Gadocha, S., Gnansounou, E., Guariso, G., Kartalidis, A., Panichelli, L., 2011. Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. Elsevier: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15:1182–1200.
- 24) Aries, M., Newsham, G., 2008. Effect of daylight saving time on lighting energy use: A literature review. Elsevier: Energy Policy, 36: 1858–1866.
- 25) Beccali, M., Cellura, M., Mistretta, M., 2007. Environmental effects of energy policy in sicily: The role of renewable energy. Elsevier: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11: 282–298.
- 26) Bereznaï, G., 2005. Nuclear power plant systems and operation. Chapter 1: Overall Unit, p. 7

- 27) Bueno, C., Carta, J., 2005. Technical - economic analysis of wind-powered pumped hydrostorage systems. Part II: model application to the island of El Hierro. Elsevier: Elsevier: Solar Energy, 78: 396–405.
- 28) Burch, G., 2011. Hybrid renewable energy systems. USA: Office of Power Technologies, Department of Energy, p. 4.
- 29) Denton, D., 1997. Deregulation risks and opportunities. IEEE Power Engineering Review, November 1997, p. 10-15.
- 30) Elliott, T., Chen, K., Swanekamp, R., 1997. Τυποποιημένο εγχειρίδιο της εφαρμοσμένης μηχανικής σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Mc Graw Hill, 2nd Edition, p. 55.
- 31) Emetris, 2009. Αξιολόγηση ενεργειακών πηγών. Διαθέσιμο στο: http://www.emetris.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=496%3Aevaluating-energy-powers&catid=70%3Aenvironmental-topics&Itemid=176&lang=el, ημερ. ανάκτησης 08/03/2012, Πάτρα.
- 32) Goyal , M., Jha, R., 2009. Introduction of renewable energy certificate in the Indian scenario. Elsevier: Renewable and Sustainable Energy Reviews 13: 1395–1405.
- 33) Hiratsuka, A., Arai, T., Yoshimura, T., 1993. Seawater pumped storage power plant in Okinawa island. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, Engineering Geology, 35:) 237-246.
- 34) hosh, T., Prelas, M., 2009. Energy Resources and Systems: Fundamentals and non -renewable resources. Springer, p. 159-279.
- 35) Hunt, S., Shuttleworth, G., 1996. Unlocking the grid. IEEE Spectrum, July 1996, p.20-25.
- 36) International Energy Outlook, 2011. Energy Information Administration Office of Integrated Analysis and Forecasting. U.S.A., Department of Energy Washington, DC., p. 6.
- 37) International Energy Outlook, 2011. Energy Information Administration Office of Integrated Analysis and Forecasting. U.S.A., Department of Energy Washington, DC., p. 9.
- 38) Katsaprakakis, D., Christakis, D., Zervos, A., Papantonis, D., Voutsinas, S., 2008. Pumped storage systems introduction in isolated power production systems. Elsevier: Renewable Energy 33:467–490.

- 39) Laurie, R., 2001. Distributed generation: Reaching the market just in time. Elsevier Science Inc.14:2, p. 91.
- 40) Liao, C., Oub, H., Lo, S., Chiueh, P., Yu, Y., 2011. A challenging approach for renewable energy market development. Elsevier: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15: 792.
- 41) Mann, M., Spath, P., 1997. Life cycle assessment of a biomass gasification combined - cycle system. USA: Midwest Research Institute, p.1-3.
- 42) Markvart, T., Bogus, K., 2000. Solar electricity. New York: John Wiley & Sons, 2nd Edition, p. 26.
- 43) Miller, R., 2009. Pumped hydroelectric storage. USA: Electric Power Research Institute, Utility Energy Storage, p, 50.
- 44) Moraes, O., Toledo, Filho, D., Alves, A., Diniz, C., 2010. Distributed photovoltaic generation and energy storage systems: A review. Elsevier: Renewable and Sustainable Energy Reviews ,14:506–511.
- 45) Nagrath, I., Kothari, D., 1989. Modern power system analysis. New Delhi: Mc Graw Hill, , 2nd Edition, p. 39.
- 46) Panwara, N., Kaushik, S., SurendraK., 2011. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, p. 1514-1522.
- 47) Papaefthimiou, S., Karamanou, E., Papathanassiou, S., Papadopoulos, M., 2009. Operating policies for wind pumped storage hybrid power stations in island grids. IET: Renewable Power Generation, Vol. 3, 3:293-307.
- 48) Peidong , Z., Yanli, Y., Yonghong a, Z., Lisheng, W., Xinrong, L., 2009. Opportunities and challenges for renewable energy policy in China. Elsevier: Renewable and Sustainable Energy Reviews 13: 439–449.
- 49) Petreczky, M., 2006. Realization theory of hybrid systems. Ukraine: Centrum Voor Wiskunde en Informatica., p. 7.
- 50) Polatidis, H., Haralambopoulos, D., 2007. Renewable energy systems: A societal and technological platform. Elsevier: Renewable Energy 32: 329–341.
- 51) Pratte, J., 2004. Nuclear energy: Environmental Science Activities for the 21th century. World Nuclear University Press, Elsevier, p. 3-4.
- 52) Ryan, .H, Wiser ,J.,1998. - Financing investments in renewable energy the impacts of policy design. Elsevier: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2:361-386.

- 53) Sutton, O., 1969. The theoretical distribution of airborne pollution from factory chimneys. Roy. Met. Soc, p. 426.
- 54) Taylor, R, 2005, Hybrid power systems, p. 13.
- 55) Weedy, B., 1979. Electric power system. New York: J. Wiley and Sons, 3rd Edition, p. 26.
- 56) Yen, M., Zhang, S., 1997. An efficient method pumped - storage planning and evaluation. Elsevier: Electric Power Systems Research 42: 63-70.
- 57) Zhang, S., Li, Y., 1999. Pumped storage capacity discount and its effect on capacity planning. Elsevier: Electric Power Systems Research, 52:43-49
- 58) All Biz, 2012. Ηλεκτροστατικά φίλτρα αέρα. Διαθέσιμο στο: <http://www.au.all.biz/el/g38078/>, ημερ. ανάκτησης 09/03/2012, Πάτρα.
- 59) Filtrosystem, 2012. Φίλτρα χημικού καθαρισμού. Διαθέσιμο στο: http://www.filtrosystem.gr/product_detail.jsp?jsessionid=C2D1010AAF78B08A69B08CCCAB5FBB6B?prdId=FCBF-V&extLang=, ημερ. ανάκτησης 07/03/2012, Πάτρα.
- 60) Green Attack, 2008. Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με λιγνίτη και λιθάνθρακα. Διαθέσιμο στο: http://green-attack.blogspot.com/2008/02/blog-post_7135.html, ημερ. ανάκτησης 06/03/2012, Πάτρα.
- 61) Greenict, 2008. Άμεσες επιπτώσεις Διαθέσιμο στο: http://www.greenict.gr/site/index.php?option=com_content&view=article&catid=36%3A-ict&id=50%3A2008-11-12-13-22-20&Itemid=56, ημερ. ανάκτησης 19/02/2012, Πάτρα.
- 62) Greenict, 2008. Διαστάσεις του περιβαλλοντικού προβλήματος σήμερα. Διαθέσιμο στο: http://www.greenict.gr/site/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=56, ημερ. ανάκτησης 19/02/2012, Πάτρα.
- 63) Greenict, 2008. Έμμεσες επιπτώσεις Διαθέσιμο στο: http://www.greenict.gr/site/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=59, ημερ. ανάκτησης 19/02/2012, Πάτρα.
- 64) Greenict, 2008. Συνδυασμένες επιπτώσεις Διαθέσιμο στο: http://www.greenict.gr/site/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=60,
- 65) Oncor, 2012. Generating electricity: steam turbines. Available at: http://www.oncor.com/community/knowledgecollege/energy_library/generating/generating01.aspx, day access 19/02/2012, Patra.

- 66) The Full Wiki, 2010. Power generation-steam power reference. Διαθέσιμο στο: [http://www.thefullwiki.org/Power Generation-Steam Power](http://www.thefullwiki.org/Power_Generation-Steam_Power), ημερ. ανάκτησης 10/03/2011, Πάτρα.
- 67) Aenaon, 2006. Ανεμογεννήτρια καθέτου άξονα. Διαθέσιμο στο: [http://www.aenaon.net/gr/content/view/51/29/.](http://www.aenaon.net/gr/content/view/51/29/), ημερ. ανάκτησης 14/03/2012, Πάτρα.
- 68) Γράψας, Κ., 2008. παραγωγή δομημένου περιβάλλοντος, ενέργεια και πολιτισμός. Διαθέσιμο στο: http://grapsas.blogspot.com/2008_01_01_archive.html, ημερ. ανάκτησης 11/03/2012, Πάτρα.
- 69) Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Εφαρμογών Στερεών Καυσίμων (Ι.Τ.Ε.Σ.Κ.), 2011. Συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή. Διαθέσιμο στο: http://www.allaboutenergy.gr/Paragogi_327.html, ημερ. ανάκτησης 21/02/2011, Πάτρα.
- 70) Μαρινάκης, Ι., 2004. Υδραυλική ενέργεια. Διαθέσιμο στο: http://imarinakis.webs.com/hydraulic_energy.htm, ημερ. ανάκτησης 11/03/2012, Πάτρα.
- 71) Ρυθμιστική Αρχή ενέργειας, 2008. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Διαθέσιμο στο: http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/production.csp#, ημερ. ανάκτησης 25/02/2012, Πάτρα.