

Α.Π.Θ. – ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Σημειώσεις παραδόσεως στο μάθημα

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Άγις Μ. Παπαδόπουλος
Επίκουρος Καθηγητής

Θεσσαλονίκη, 2002

Περιεχόμενα

	<u>Κεφάλαιο</u>	<u>Σελ.</u>
1.	Εισαγωγή	1.1
2.	Βασικές αρχές ενεργειακών συστημάτων	2.1
2.1.	Ενεργειακά συστήματα	2.1
2.2.	Βασικοί υπολογισμοί τεχνικών ισοζυγίων	2.2
2.2.1.	Ορισμοί και Αναλογίες	2.3
2.2.2.	Ολοκληρωμένα ενεργειακά ισοζύγια	2.5
2.2.3.	Διαφορικά ενεργειακά ισοζύγια	2.6
2.2.4.	Νόμοι εξειδικευμένων ισοζυγίων	2.6
2.2.5.	Ενεργειακή ανάλυση τεχνικών συστημάτων	2.8
2.2.5.1.	Ισοζύγιο τεχνικών συστημάτων	2.8
2.2.5.2.	Βασικά μεγέθη ενεργειακών συστημάτων	2.16
2.3.	Βασικές έννοιες και μεγέθη της ανάλυσης ενεργειακών συστημάτων	2.18
2.3.1.	Βασικές έννοιες	2.18
2.3.2	Βασικά ενεργειακά μεγέθη	2.19
2.4.	Επενδυτική διάσταση των ενεργειακών συστημάτων	2.20
2.4.1.	Κεντρικά συστήματα παραγωγής ενέργειας	2.20
2.4.2.	Συστήματα χρήσης ενέργειας	2.23
2.4.3.	Σχεδιασμός, χρηματοδότηση και υλοποίηση επενδύσεων	2.25
2.4.4.	Χρηματοδοτικές δυνατότητες επενδύσεων σε ενεργειακά συστήματα	2.26
2.4.5.	Το πλαίσιο συσχετισμού των δύο κατηγοριών επενδύσεων στα ενεργειακά συστήματα	2.27
3.	Ενέργεια, οικονομία και περιβάλλον	3.1
3.1.	Γενικά	3.1
3.2.	Οικονομική ανάπτυξη και χρήση ενέργειας	3.2
3.3.	Ενεργειακή πολιτική και ορθολογική χρήση ενέργειας	3.7
3.4.	Ενεργειακή επάρκεια και ενεργειακό κόστος	3.8
3.5.	Ενεργειακή και οικονομική κρίση	3.12
3.6.	Ενέργεια και περιβάλλον	3.14
3.8.	Ενέργεια και πολιτική ιστορία – σκέψεις αντί επιλόγου	3.18

4.	Οικονομική αξιολόγηση ενεργειακών συστημάτων και επιχειρηματική δραστηριότητα	4.1
4.1.	Εισαγωγή	4.1
4.2.	Μεθοδολογία οικονομικής αξιολόγησης	4.1
4.2.1.	Ορισμοί βασικών οικονομικών παραμέτρων	4.1
4.2.2.	Οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης	4.5
4.2.3.	Αξιολόγηση ενεργειακών συστημάτων σε επίπεδο ιδιώτη επενδυτή	4.8
4.3.	Ανάπτυξη επιχειρηματικής δραστηριότητας υπό το ισχύον θεσμικό καθεστώς	4.12
4.3.1.	Βασικοί άξονες του θεσμικού πλαισίου	4.12
4.3.2.	Αξιολόγηση του θεσμικού πλαισίου	4.16
4.3.3.	Σκοπιμότητα επενδύσεων από την άποψη του παραγωγού	4.18
4.3.4.	Σκοπιμότητα επενδύσεων από την άποψη της εθνικής οικονομίας	4.20
4.3.5.	Συμπεράσματα	4.23
5.	Το ευρωπαϊκό ενεργειακό σύστημα	5.1
5.1.	Πετρέλαιο	5.1
5.1.1.	Αποθέματα	5.1
5.1.2.	Παραγωγή	5.2
5.1.3.	Ζήτηση	5.4
5.1.4.	Εισαγωγές	5.5
5.2.	Φυσικό αέριο	5.6
5.2.1.	Αποθέματα	5.6
5.2.2.	Παραγωγή	5.7
5.2.3.	Ζήτηση	5.8
5.2.4.	Εισαγωγές	5.8
5.3.	Στερεά καύσιμα	5.10
5.3.1.	Αποθέματα	5.11
5.3.2.	Παραγωγή	5.11
5.3.3.	Ζήτηση	5.13
5.3.4.	Εισαγωγές	5.14
5.4.	Πυρηνική ενέργεια	5.15
5.4.1.	Αποθέματα	5.16
5.4.2.	Παραγωγή	5.16

6.	Το ελληνικό ενεργειακό σύστημα	6.1
6.1.	Δεδομένα του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας	6.1
6.2.	Λιγνίτης	6.6
6.2.1.	Λιγνιτικό κοίτασμα Πτολεμαΐδας	6.9
6.2.2.	Λιγνιτικό κοίτασμα Μεγαλόπολης	6.9
6.2.3.	Εξόρυξη του λιγνίτη	6.10
6.2.4.	Μελλοντική Ανάπτυξη της Βιομηχανίας Λιγνίτη	6.11
6.3.	Λιγνιτικοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί	6.12
6.4.	Σύστημα μεταφοράς και διανομής	6.17
6.5.	Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μετά το 1990 και οι ελληνικές προοπτικές	6.20
6.6.	Οικονομικό και φορολογικό πλαίσιο	6.26
6.7.	Απελευθέρωση, Εσωτερική Αγορά και Παγκοσμιοποίηση	6.28
6.8.	Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα	6.30
6.8.1.	Γενικά	6.30
6.8.2.	Δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	6.31
6.8.3.	Δυνατότητα προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας	6.33
6.8.4.	Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας	6.33
6.8.5.	Διαχείριση και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας	6.34
6.8.6.	Το χρηματιστήριο ενέργειας	6.36
6.8.7.	Οι προοπτικές της ΔΕΗ μετά την κατάργηση του μονοπωλίου	6.37
6.8.8.	Επιχειρήσεις που σχεδιάζουν να δραστηριοποιηθούν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας	6.39
6.9.	Η απελευθέρωση των αγορών στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ	6.41
7.	Συμπαγωγή θερμότητας - ηλεκτρισμού	7.1
7.1.	Εισαγωγή	7.1
7.2.	Σύγχρονες τεχνικές συμπαγωγής	7.6
7.3.	Συστήματα Ατμοστροβίλου	7.9
7.3.1.	Συστήματα συμπαγωγής με ατμοστρόβιλο αντιθλίψεως	7.9
7.3.2.	Συστήματα συμπαγωγής με ατμοστρόβιλο απομαστεύσεως	7.11
7.3.3.	Συστήματα συμπαγωγής με ατμοστρόβιλο σε κύκλο βάσεως	7.12
7.4.	Συστήματα Αεριοστροβίλου	7.12
7.4.1.	Συστήματα αεριοστροβίλου ανοικτού κύκλου	7.12
7.4.2.	Συστήματα αεριοστροβίλου κλειστού κύκλου	7.15
7.5.	Συστήματα με Μηχανή Εσωτερικής Καύσεως	7.16

7.6.	Συστήματα Συνδυασμένου Κύκλου	7.19
7.7.	Τυποποιημένες Μικρές Μονάδες Συμπαραγωγής	7.20
7.8.	Άλλα συστήματα συμπαραγωγής	7.22
7.8.1.	Κύκλοι Βάσεως με Οργανικά Ρευστά	7.23
7.8.2.	Κυψέλες Καυσίμου (fuel cells)	7.23
7.8.3.	Μηχανές Stirling	7.24
7.9.	Θεσμικά και τιμολογιακά ζητήματα	7.25
7.9.1.	Θεσμικά ζητήματα	7.26
7.9.2.	Συνοπτική Παρουσίαση του Νομικού και Τιμολογιακού Πλαισίου για τη Συμπαραγωγή στην Ελλάδα	7.29
7.9.3.	Επενδυτικά Κίνητρα και Χρηματοδοτικές Δυνατότητες	7.32
7.10.	Σύνοψη	7.34
8.	Συστήματα αξιοποίησης αιολικής ενέργειας	8.1
8.1.	Η αιολική ενέργεια και το τεχνικά αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό	8.1
8.2.	Βασικά χαρακτηριστικά Α/Γ	8.6
8.3.	Το Πραγματικό Αξιοποιήσιμο Αιολικό Δυναμικό	8.7
8.4.	Τεχνικά αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό	8.9
8.5.	Οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης και χρήσης Α/Γ	8.10
8.6.	Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των Α/Γ	8.13
8.7.	Αναφορά σε εναλλακτικά σενάρια διεξόδου της αιολικής ενέργειας σε μικρά απομονωμένα συστήματα	8.15
9.	Το ενεργειακό σύστημα «Κτίριο»	9.1
9.1.	Εισαγωγικά	9.1
9.2.	Τα αίτια του προβλήματος	9.1
9.3.	Δυνατότητες παρέμβασης	9.5
9.3.1.	Βελτίωση της θερμικής προστασίας του κελύφους του κτιρίου	9.5
9.3.2.	Αναβάθμιση συστημάτων θέρμανσης	9.7
9.3.3.	Οικονομικές ηλεκτρικές συσκευές και εγκαταστάσεις	9.10
9.3.4.	Κλιματισμός	9.11
9.4.	Συνολική θεώρηση του προβλήματος	9.11
9.5.	Ο ενεργειακός έλεγχος ως εργαλείο παρέμβασης	9.13
9.6.	Στόχοι, είδη και στρατηγική διεξαγωγής ενεργειακών ελέγχων	9.14
9.6.1.	Σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση	9.15
9.6.2.	Συνοπτικός ενεργειακός έλεγχος	9.16

9.6.3.	Αναλυτικός ενεργειακός έλεγχος	9.17
9.7.	Βασικά μεθοδολογικά βήματα διεξαγωγής ενός ενεργειακού ελέγχου	9.17
9.8.	Σύνθεση της ελεγκτικής ομάδας	9.18
9.9.	Προετοιμασία των μετρήσεων	9.19
9.10.	Τεκμηρίωση του ελέγχου	9.19
9.11.	Συμπερασματικά	9.20

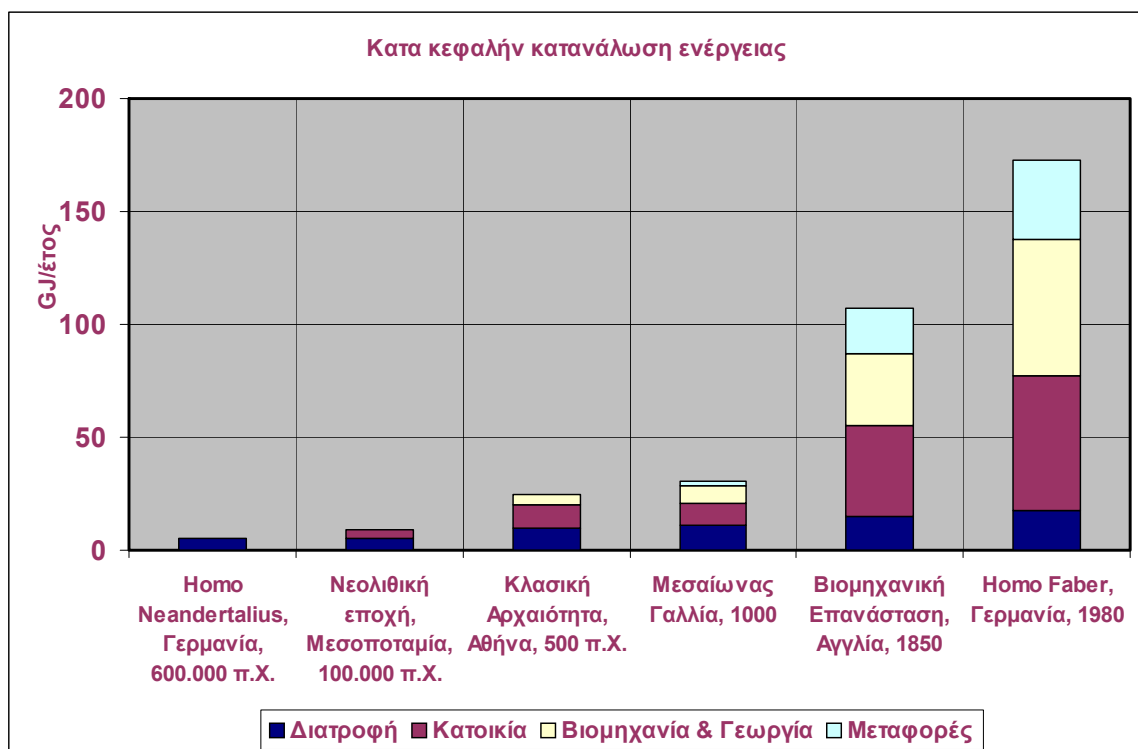
Παράρτημα: Αναλυτική έκθεση ενεργειακού ελέγχου κτιρίου
Βιβλιογραφία

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το «ενεργειακό πρόβλημα»

«Ως Βιομηχανική Επανάσταση μπορεί να οριστεί η διαδικασία εκείνη, μέσω της οποίας η κοινωνία απέκτησε τον έλεγχο τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας, ασύλληπτων για τον προηγούμενο βουκολικό κόσμο, που βρίσκονταν ενσωματωμένες σε, ως τότε, νεκρή ύλη».

Ο ορισμός αυτός, παρ' ότι αναφέρεται σε μία συνιστώσα μόνο της Βιομηχανικής Επανάστασης, δίνει το στίγμα της σημασίας της έννοιας "ενέργεια" η οποία προσδιορίζει καθοριστικά την ποιότητα αν όχι την ίδια τη ζωή της ανθρώπινης κοινωνίας του 20ου αιώνα. Σχηματικά, και καθόλου υπερβολικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η ύπαρξη και χρήση τεραστίων ποσοτήτων ενέργειας, με τον τρόπο που αυτό συμβαίνει στις χώρες του αναπτυσσόμενου δυτικού κόσμου, σηματοδοτεί τη διαφορά ανάμεσα σ' αυτόν και τον αναπτυσσόμενο τρίτο κόσμο όσο και την ασύγκριτη εξέλιξη αυτού του ίδιου από την εποχή του Μεσαίωνα ως σήμερα. Αυτό αποτυπώνεται άλλωστε και στην ιστορική εξέλιξη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας, που φαίνεται στο σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1. Εξέλιξη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας

Η Βιομηχανική Επανάσταση σηματοδοτεί την απαρχή της δημιουργίας του κράτους, της πόλης και της ζωής με τη σημερινή τους έννοια. Η μετάβαση από τη φεουδαρχία, τη ζωή στην ύπαιθρο και τις μικρές πόλεις-συναλλακτικά κέντρα στη βιομηχανική και τη μεταβιομηχανική κοινωνία, τις πόλεις-παραγωγούς και τον αστικό τρόπο ζωής, είναι μία από τις δραματικότερες και συντομότερα συντελεσθείσες αλλαγές στην ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού. Οι μεταβολές από την κλασική αρχαιότητα ως το Μεσαίωνα είναι

πολύ λιγότερες απ' ότι αυτές ανάμεσα στον 18ο και τον 20ο αιώνα. Η περίοδος της Αναγέννησης και των ανακαλύψεων απέφερε πλούσιες γνώσεις, αλλά ελάχιστες πρακτικές διαφοροποιήσεις στην καθημερινή ζωή του ανθρώπινου γένους στο σύνολό του. Αντίθετα, η δημιουργία της βιομηχανίας και η εμφάνιση του καπιταλισμού και του κομμουνισμού, ως κυρίαρχα και αντιμαχόμενα οικονομικά και πολιτικοκοινωνικά συστήματα, σηματοδοτεί τη μετάβαση σε μία τελείως διαφορετική μορφή κοινωνικού βίου, αυτήν της βιομηχανικής κοινωνίας. Εξίσου ραγδαία, όμως, είναι και η αρνητική πλευρά αυτής της πορείας, όπως έχει αρχίσει να αποτυπώνεται με τη μορφή περιβαλλοντικών προβλημάτων, κυρίως την τελευταία εικοσαετία.

Ο 20ος αιώνας αποτέλεσε την περίοδο των εντονότερων μεταβολών που έχει καταγράψει ως τώρα η ιστορία ή, ακόμη, αποτέλεσε τον «αιώνα του εμφράγματος» εξαιτίας του ραγδαίου ρυθμού των γεγονότων. Το θέμα της ενέργειας παραμένει στο επίκεντρο του αιώνα αυτού, θα καθορίσει αναμφίβολα τις εξελίξεις του επόμενου και μπορεί να προσεγγιστεί από τρεις διαφορετικές απόψεις:

- i. Της εξασφάλισης της αναγκαίας ποσότητας ενέργειας, στην κατάλληλη για την κάθε χρήση μορφή, δηλαδή της ενεργειακής επάρκειας.
- ii. Του κόστους αυτής της ενέργειας.
- iii. Των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της.

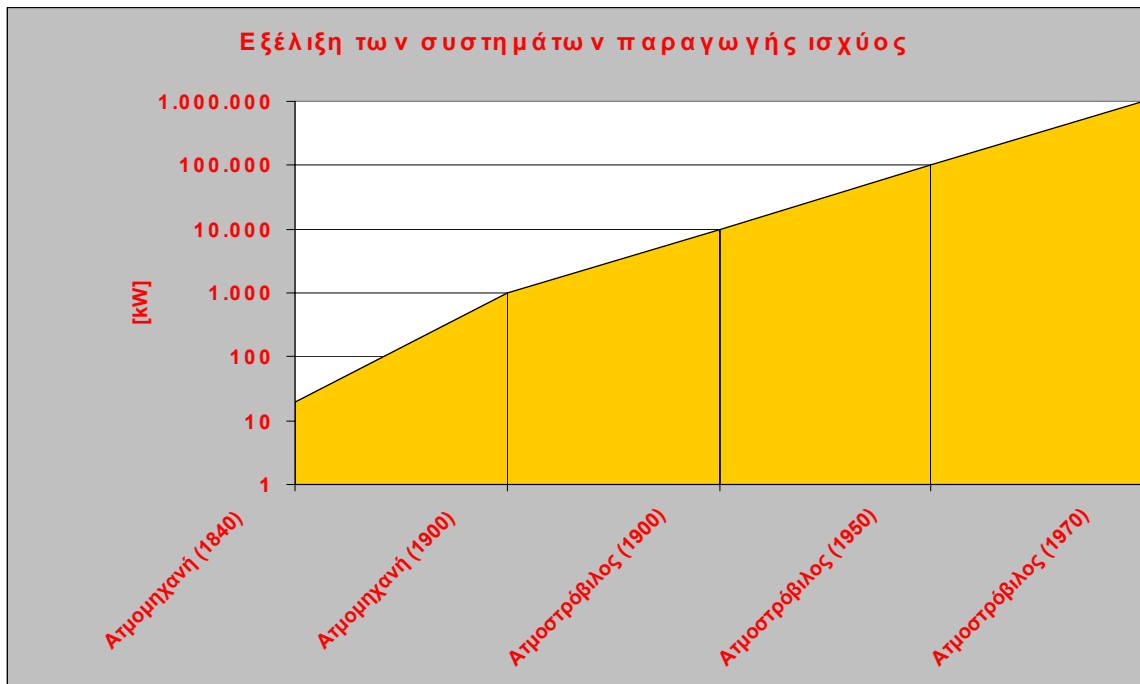
Αυτές οι τρεις απόψεις συνθέτουν ό,τι έχει γίνει ευρύτερα γνωστό με τον όρο «ενεργειακό πρόβλημα». Αποτελούν, επομένως, το απαραίτητο υπόβαθρο που πρέπει να αναλυθεί προτού κανείς μπορέσει να ασχοληθεί με το πρόβλημα της χρήσης και διαχείρισης ενεργειακών πόρων και της αξιολόγησης ενεργειακών συστημάτων.

Ωστόσο, η «ενέργεια», με την έννοια της διαθεσιμότητας ενεργειακών πόρων δεν επαρκεί από μόνη της. Προϋπόθεση για την ενεργειακή επάρκεια είναι η ύπαρξη του κατάλληλου συστήματος που θα μπορέσει να μετατρέψει **τη διαθέσιμη ενέργεια σε ωφέλιμη ισχύ** – κι αυτό έναντι ενός **αποδεκτού κόστους**.

Αυτό το τρίγωνο αποτελεί τον πυρήνα του μαθήματος της Οικονομικής Ανάλυσης Ενεργειακών Συστημάτων. Μπορούμε επομένως να ορίσουμε ως ενεργειακό σύστημα τη διάταξη εκείνη που **μετατρέπει την οργανική ή ανόργανη ύλη σε μορφές ενέργειας μεταφέρισιμες, αποθηκεύσιμες και τελικά αξιοποιήσιμες υπό μορφή ισχύος από τον καταναλωτή, για την παραγωγή ωφέλιμου έργου**.

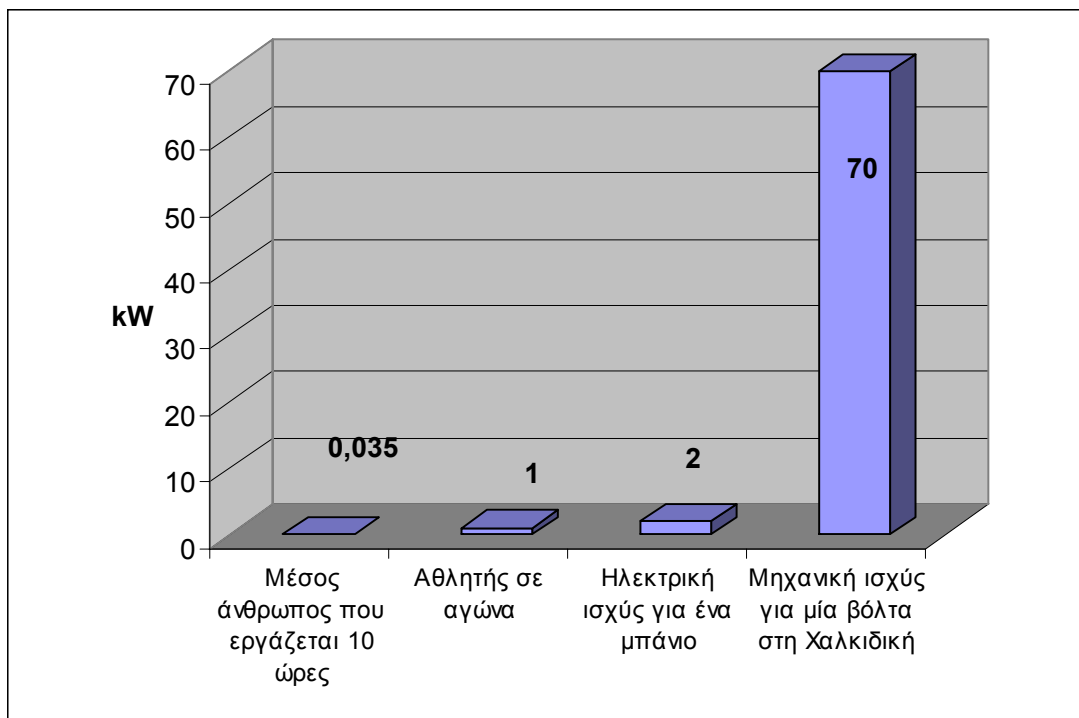
Προτού προχωρήσουμε αναλυτικά στον εξέταση όλων αυτών των εννοιών στις επόμενες ενότητες θα ήταν ίσως σκόπιμο να εξετάσουμε μερικά μεγέθη που καταδεικνύουν τη σημασία και το μέγεθος αυτών των εννοιών.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας επέτρεψε την ανάπτυξη διαθέσιμης ισχύος με εκθετικό ρυθμό τους τελευταίους δύο αιώνες. Από το σχήμα 1.2 που ακολουθεί, και στο οποίο η κλίμακα της ισχύος στον άξονα των y είναι λογαριθμική, προκύπτει ότι από το 1840 ως σήμερα η τυπική «μηχανή», το τυπικό ενεργειακό σύστημα παραγωγής ισχύος της εποχής του, αύξησε με σχεδόν γραμμικό τρόπο την ισχύ του από 1 σε 1.000.000 kW.



Σχήμα 1.2. Εξέλιξη των συστημάτων παραγωγής ισχύος

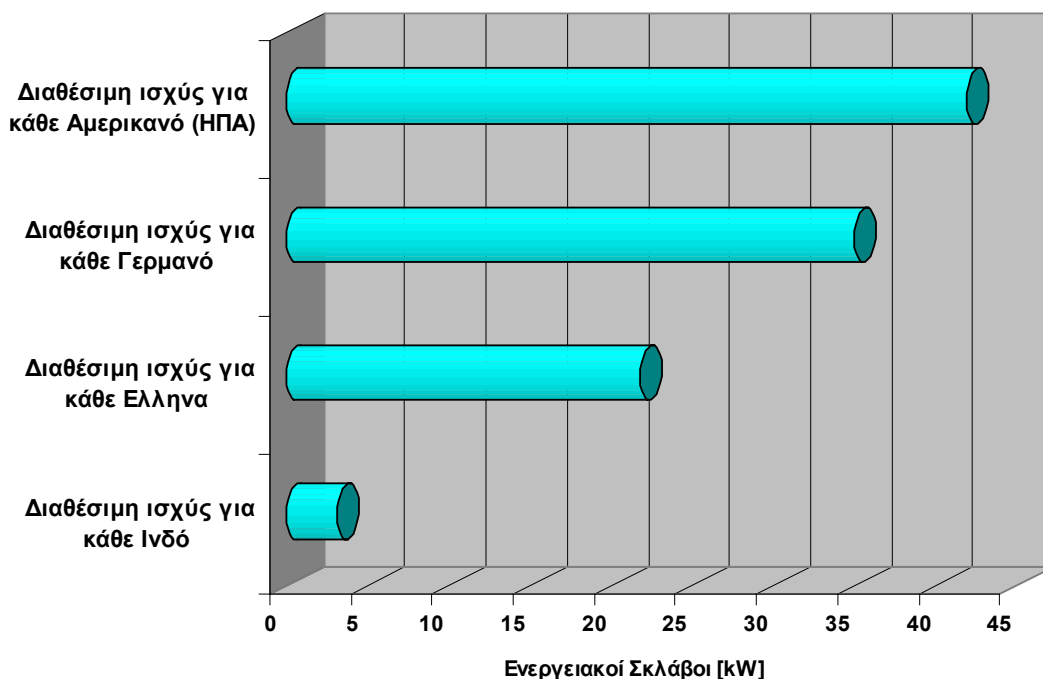
Κι αν η ισχύς του 1 kW φαίνεται, κατά τρόπο εύλογο, αμελητέα στον άνθρωπο του 2000 θα μπορούσαμε να την σεβαστούμε λίγο περισσότερο εξετάζοντας τη ισχύ του ανθρώπου σε σχέση με τις θεωρούμενες αυτόνομες απαιτήσεις της σύγχρονης ζωής μας, από τα στοιχεία που παρατίθενται στο σχήμα 1.3.



Σχήμα 1.3. Ανθρώπινη ισχύς και απαιτήσεις του ανθρώπου σε ισχύ

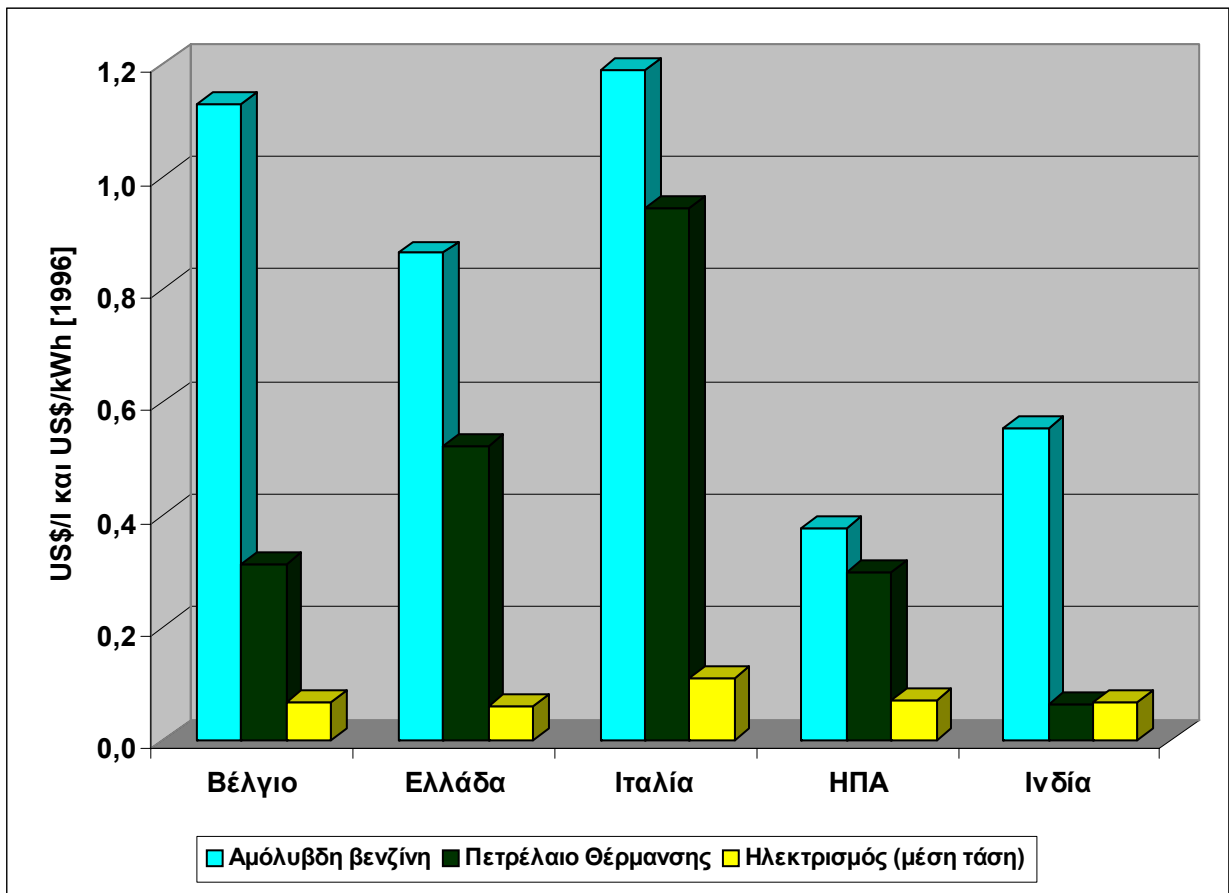
Μπορεί κανείς να προσέξει ότι ο φυσιολογικός άνθρωπος αναπτύσσει στη διάρκεια της καθημερινής του εργασίας μία μέση ισχύ μόλις 0,035 kW. Ένας καλογυμνασμένος αθλητής αναπτύσσει στη διάρκεια της, σχετικά σύντομης, προσπάθειάς του την τριακονταπλάσια ισχύ του 1 kW. Η αύξηση της ισχύος είναι τεράστια, ωστόσο 1 kW απέδιδε η ατμομηχανή του 1840. Ταυτόχρονα, μία απλή διαδικασία όπως το καθημερινό μας μπάνιο απαιτεί ανάπτυξη ισχύος 2 kW, ή αλλιώς την ισχύ δύο αθλητών. Τέλος, η γρήγορη βόλτα ως τη Χαλκιδική απαιτεί ισχύ περίπου 70 kW.

Αν επομένως περιγράψει κανείς τη διαθέσιμη ισχύ του 1 kW ως έναν ενεργειακό σκλάβο, τότε μπορούμε να κάνουμε τον εξής συλλογισμό: Η συνολική διαθέσιμη ισχύς που παρέχεται στους πολίτες μίας χώρας αποτελείται, εν πολλοίς, από το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και το σύνολο της ισχύος των οχημάτων μεταφοράς. Διαιρώντας αυτό το άθροισμα με τον πληθυσμό της χώρας προκύπτει η μέση κατά κεφαλήν διαθέσιμη ισχύς. Κι αν αυτήν την εκφράσουμε σε μονάδες kW μπορούμε να προσδιορίσουμε τον αριθμό των διαθέσιμων ενεργειακών σκλάβων. Έχει ενδιαφέρον να παρατηρήσεις κανείς, από τα στοιχεία του σχήματος 1.4, πόσους ενεργειακούς σκλάβους έχει στη διάθεσή το ο μέσος Έλληνας, σε σχέση με τον μέσο πολίτη των ΗΠΑ ή τις Ινδίας.



Σχήμα 1.4. Μέση διαθέσιμη κατά κεφαλήν ισχύς

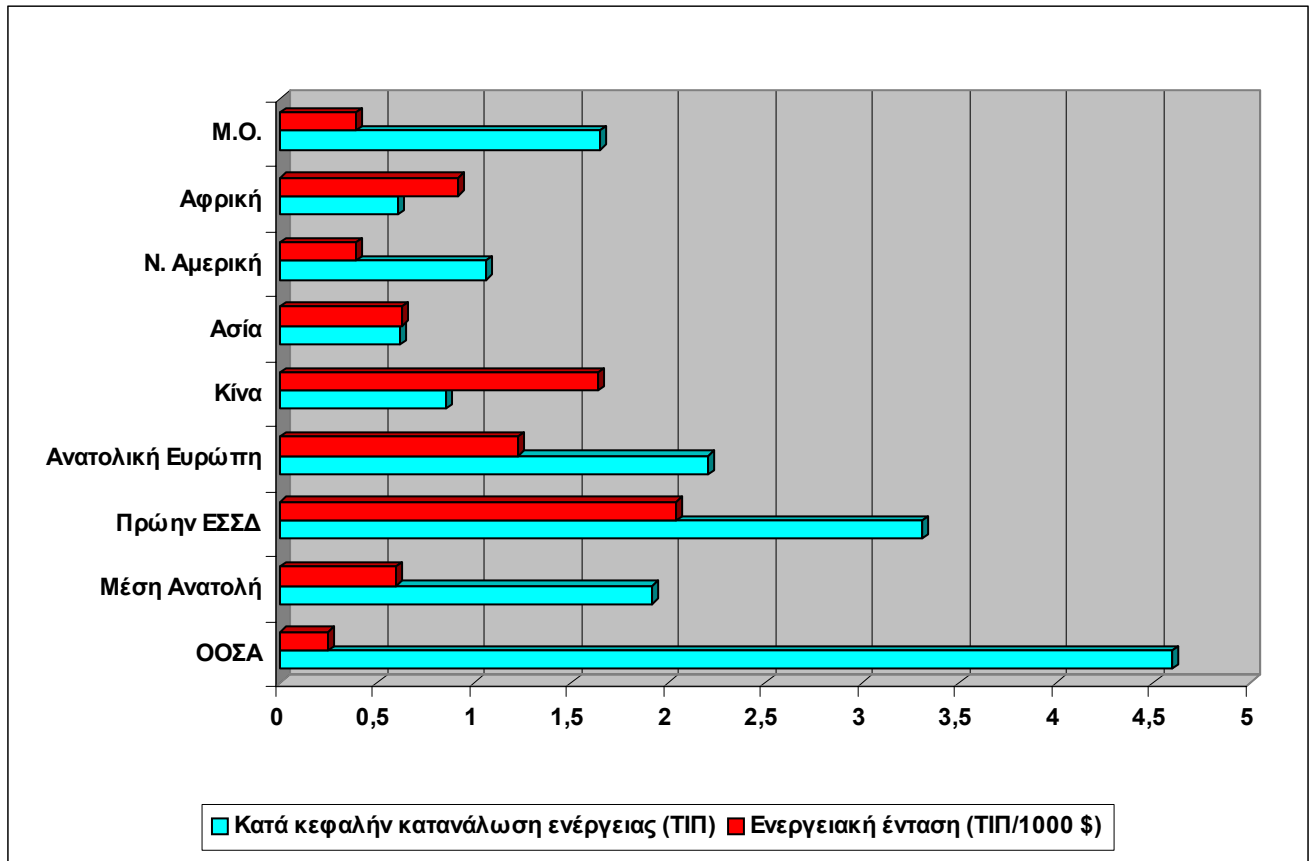
Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, το ενεργειακό σύστημα από μόνο του δεν επαρκεί. Απαιτείται η ύπαρξη του κατάλληλου ενεργειακού πόρου – και βέβαια σε «λογικό» κόστος.



Σχήμα 1.5. Τιμές διάθεσης ενέργειας

Παρατηρώντας τις τιμές διάθεσης αμόλυβδης βενζίνης, πετρελαίου θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας στη μέση τάση σε πέντε χώρες του κόσμου, και σε συνδυασμό με τα στοιχεία του προηγούμενου διαγράμματος μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι οι ΗΠΑ παρέχουν στους πολίτες τους όχι μόνο τους περισσότερους ενεργειακούς σκλάβους, αλλά και τη φθηνότερη ενέργεια. Αν μάλιστα αναλογιστεί κανείς ότι πρέπει να αναγάγει τις τιμές και βάσει του κατά κεφαλήν εισοδήματος, που στις ΗΠΑ είναι περίπου δύομισι φορές υψηλότερο από την Ελλάδα, το οποίο με τη σειρά του είναι τρεις φορές υψηλότερο απ' ό,τι στην Ινδία, καταλήγει κανείς εύκολα στο συμπέρασμα ότι για τον μέσο Ινδό η ενέργεια είναι ουσιώδες αγαθό εν ανεπαρκεία, ελλείπει ισχύος και χρημάτων, ενώ για τον μέσο Αμερικανό είναι το πλέον αυτονόητο και προσιτό δεδομένο. Οι ευρωπαϊκές χώρες βρίσκονται, κατά τα ειωθότα, σε μία υψηλή - μέση κατάσταση.

Με αυτό το υπόβαθρο μπορούμε να κατανοήσουμε γιατί η μέση κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζει τόσο έντονες διακυμάνσεις από χώρα σε χώρα, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.6.



Σχήμα 1.6. Κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας και ενεργειακή ένταση

Η υψηλή κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας δεν αποτελεί, ωστόσο, από μόνη της τεκμήριο τεχνολογικής, κοινωνικής ή οικονομικής προόδου. Αντίθετα, μπορεί να αποτελεί ένδειξη ανεπάρκειας και σπατάλης, αφού σημασία δεν έχει να καταναλώνει κανείς ενέργεια, αλλά να παράγει με αυτήν ωφέλιμη έργο. Έτσι μπορούμε να δούμε το δείκτη ενεργειακής έντασης, που εκφράζει το λόγο της κατανάλωσης ενέργειας προς το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν μίας χώρας, ή αλλιώς το σύνολο των παραγομένων αγαθών και υπηρεσιών. Είναι χαρακτηριστικό ότι στις χώρες της πρώην ΕΣΣΔ, με τα πολλά τεχνολογικά και οικονομικά προβλήματα, απαιτείται περίπου η δεκαπλάσια ποσότητα ενέργειας για την παραγωγή μίας μονάδας ΑΕΠ απ' ότι στις χώρες του ΟΟΣΑ. Το ζητούμενο επομένως είναι ο προσδιορισμός, καταρχήν, και η βελτίωση, στη συνέχεια, της ενεργειακής απόδοσης.

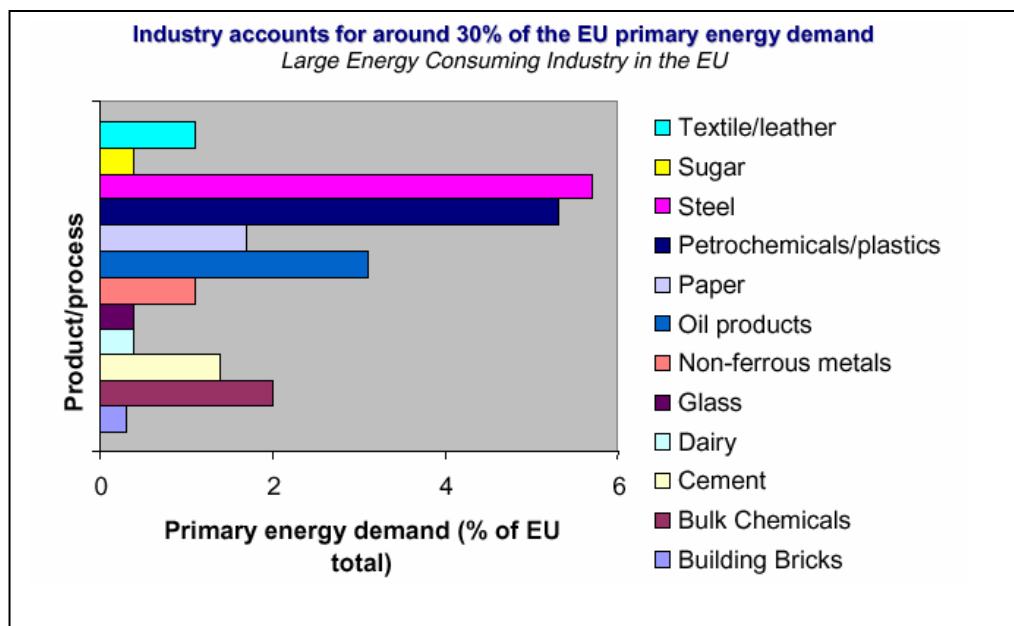
Ενεργειακή απόδοση

Το Μάρτιο του 2000 η Επιτροπή της ΕΕ παρουσίασε το σχέδιο δράσης για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην ΕΕ (COM(2000)247). Σε αυτό το σχέδιο δράσης σημειώνεται πως το εκτιμώμενο δυναμικό για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην ΕΕ εξακολουθεί να υφίσταται και είναι σημαντικό, αφού υπερβαίνει το 18% της σημερινής ενεργειακής κατανάλωσης. Αυτό οφείλεται στα εμπόδια της αγοράς που αποτρέπουν την ικανοποιητική διάδοση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών και, κατά

συνέπεια, την πιο ορθολογική χρήση της ενέργειας. Το δυναμικό αυτό είναι ισοδύναμο με παραπάνω από 160 Mtoe ή 1990 TWh και ισοδυναμεί με τη συνολική ζήτηση στην Αυστρία, το Βέλγιο, την Φιλανδία, την Ελλάδα και την Ολλανδία. Το σχέδιο δράσης περιλαμβάνει πολιτικές και μέτρα για την άρση αυτών των εμποδίων και τη συνειδητοποίηση αυτού του δυναμικού, εστιάζόμενο στους τρεις βασικούς τομείς της οικονομίας: τη βιομηχανία, τις μεταφορές και τα κτίρια.

Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στη βιομηχανία

Η ενέργεια που καταναλώθηκε στον βιομηχανικό τομέα το έτος 1998 ανήλθε σε 262 Mtoe που αναλογεί περίπου στο 28% της ετήσιας τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ. Η πρόβλεψη είναι ότι η κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί και θα ανέλθει σε 290 Mtoe το έτος 2020. Ο ηλεκτρισμός και η παραγωγή θερμότητας αναλογούν στο 8% και 18,6% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στη βιομηχανία αντίστοιχα και οι ανανεώσιμες πηγές στο 1,6%. Οι δύο μεγαλύτεροι καταναλωτές είναι οι βιομηχανίες χάλυβα και σιδήρου και οι χημικές βιομηχανίες που καταναλώνουν αντίστοιχα το 20 και 16,3 % της ενέργειας που χρησιμοποιείται στον βιομηχανικό τομέα. Περίπου το 25% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται παράγεται από την ίδια τη βιομηχανία.



Σχήμα 1.7. Η κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία [Πηγή: Πράσινη βίβλος για την ενέργεια, ΕΕ, 2001]

Τα τελευταία 20 χρόνια πολλοί τομείς της βιομηχανίας έχουν βελτιώσει την ενεργειακή τους απόδοση. Αν και δεν υπάρχει ευρωπαϊκή νομοθεσία για την ενεργειακή απόδοση, μερικά κράτη μέλη διαθέτουν σχετικούς νόμους. Τα βήματα προόδου της βιομηχανίας σε αυτό το θέμα πραγματοποιήθηκαν κυρίως αυτοβούλως από τις ίδιες τις βιομηχανίες.

Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στις μεταφορές

Το έτος 1998 η κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές ανήλθε σε 299 Mtoe που αναλογεί στο 32% της συνολικής ετήσιας τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ. Η πρόβλεψη καταγράφει μια αύξηση σε 379 Mtoe το έτος 2020. Τα τελευταία 20 χρόνια το μερίδιο της κατανάλωσης των οδικών μεταφορών αυξήθηκε από 30% σε 50% ενώ την ίδια στιγμή σημειώθηκε μείωση στις σιδηροδρομικές μεταφορές από 21% σε 8%. Οι σημερινές εκτιμήσεις προβλέπουν ότι η ζήτηση ενέργειας θα συνεχίσει να αυξάνεται, πιθανόν κατά τον ίδιο ρυθμό με το ακαθάριστο εθνικό προϊόν, με ιδιαίτερη έμφαση στις οδικές μεταφορές και τις αερομεταφορές. Σε αντίθεση με τους άλλους τομείς, οι μεταφορές εξαρτώνται ολοκληρωτικά μόνο από ένα καύσιμο, το πετρέλαιο. Η ενεργειακή ένταση στις μεταφορές αυξήθηκε περίπου 10% στο χρονικό διάστημα 1985 - 1998.

Πίνακας 1.1. Η κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές

Ο τομέας των μεταφορών καταναλώνει το 30% της πρωτογενούς ζήτησης ενέργειας στην ΕΕ με αυξητική τάση.		
Κατανάλωση του τομέα μεταφορών στις χώρες του ΟΟΣΑ		
	Mtoe 1993-1994	Αύξηση από το 1984 (%)
Ευρωπαϊκή Ένωση	283	36
Καναδάς	47	21
Ιαπωνία	84	47
ΗΠΑ	535	19
ΟΟΣΑ (σύνολο)	1036	27

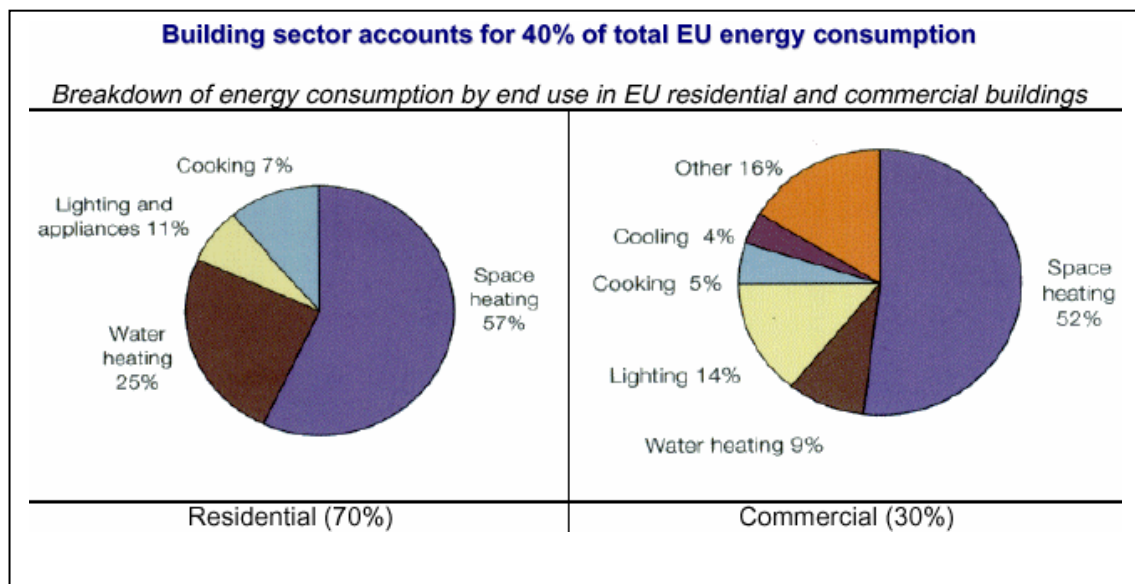
Η ενεργειακή απόδοση στις μεταφορές έχει αυξηθεί σημαντικά από το 1970. Ωστόσο, κατά το ίδιο χρονικό διάστημα τα χιλιόμετρα που διανύουν τα επιβατικά αυτοκίνητα έχουν υπερδιπλασιαστεί και τα χιλιόμετρα μεταφοράς εμπορευμάτων έχουν σχεδόν τριπλασιαστεί. Προβλέπεται μάλιστα τα τελευταία να αυξηθούν περισσότερο από 50% ως το 2020. Στις αερομεταφορές, οι οποίες εξαιρέθηκαν από το πρωτόκολλο του Κγιοτο και από συγκεκριμένους ενεργειακούς φόρους και νόμους, η κίνηση διπλασιάζεται κάθε 8 χρόνια από το 1960. Η μεταφορά των επιβατών προβλέπεται να αυξηθεί κατά 147% από τη σημερινή το 2020. Ο τομέας των μεταφορών καταναλώνει περισσότερη ενέργεια από ότι πριν από 30 χρόνια. Ως εκ τούτου η ενεργειακή απόδοση, αν και σημαντική, δεν είναι δυνατό από μόνη της να αντισταθμίσει την αυξημένη ζήτηση. Η μεγάλη πρόκληση στις μεταφορές είναι η εύρεση τρόπων μείωσης της ζήτησης ενέργειας χωρίς να προκληθεί οικονομική καταστροφή.

Η αύξηση της χρήσης ενέργειας στις μεταφορές αναδεικνύει προβλήματα, όχι μόνο σε ότι αφορά την ασφάλεια τροφοδοσίας και την εξάντληση των πεπερασμένων ορυκτών καυσίμων, αλλά και στις κλιματικές αλλαγές που συντελούνται παγκόσμια, την υγεία και την ποιότητα της ζωής στα αστικά κέντρα και στην ύπαιθρο. Η αυξημένη ζήτηση έχει καταστήσει τον τομέα των μεταφορών "κλειδί" στην τεχνολογική ανάπτυξη που εστιάζει

κυρίως στις οδικές μεταφορές. Είναι δεδομένο, ότι εξακολουθεί να υπάρχει αξιόλογο δυναμικό για τεχνολογικές βελτιώσεις, όπως μικρά και ελαφριά αυτοκίνητα, οχήματα εκπομπής χαμηλών ή και μηδενικών ρύπων και υβριδικά αυτοκίνητα. Ωστόσο, η ελαστικότητα της τιμής της ενέργειας και του ΑΕΠ είναι περιορισμένη σε αυτόν τον τομέα και η τάση οδηγεί σε μεγαλύτερα αυτοκίνητα για χρήση μικρότερων αποστάσεων. Βραχυπρόθεσμα δεν αναμένεται σημαντική διείσδυση άλλων καυσίμων πέρα του πετρελαίου. Παρόλα αυτά μακροπρόθεσμα η διαθεσιμότητα φθηνότερων υβριδικών αυτοκινήτων ή αυτοκινήτων με τεχνολογία κυψελών καυσίμου μπορεί να ανατρέψει την ισχύουσα σημερινή κατάσταση στην αγορά οχημάτων.

Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια

Η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα ανήλθε το 1998 σε 384 Mtoe που αντιστοιχεί στο 40% περίπου της συνολικής ετήσιας τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ. Ως το έτος 2020 προβλέπεται να αυξηθεί στα 457 Mtoe. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας ανέρχεται σε 10,5% και 27,5% αντίστοιχα. Το υπόλοιπο 2,5% αναφέρεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, που κυρίως χρησιμοποιούνται στις κατοικίες και είναι ένα ποσοστό που μπορεί να αυξηθεί δραματικά με τα κατάλληλα κίνητρα. Η οικιακή χρήση αποτελεί το 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού τομέα. Στα νοικοκυριά η κατανάλωση ανέρχεται σε 252 Mtoe και στα εμπορικά και δημόσια κτίρια σε 108 Mtoe ενώ ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα είναι 0,25 και 0,68 αντίστοιχα. Η μέση κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο αυξάνεται κατά 1,3% ετησίως στον τομέα των υπηρεσιών.



Σχήμα 1.8. Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια [Πηγή: Πράσινη βίβλος για την ενέργεια, ΕΕ, 2001]

Στον κτιριακό τομέα η νομοθεσία αποδείχτηκε ιδιαίτερα αποτελεσματική στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια και ιδιαίτερα στη μείωση της ενεργειακής έντασης στις νέες κατασκευές, με κλασικό παράδειγμα τους αυστηρότερους κανονισμούς θερμομόνωσης. Επιπρόσθετα, προγράμματα επίδειξης και διάχυσης της τεχνολογίας,

όπως προγράμματα προώθησης ηλιακών συλλεκτών, έχουν αυξήσει τη χρήση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας στα κτίρια. Μονάδες μικρής κλίμακας με τεχνολογίες συμπαραγωγής έχουν επιτυχώς εφαρμοστεί σε αρκετά κράτη μέλη. Σημαντικό δυναμικό εξακολουθεί να υπάρχει στην ενεργειακή ανακαίνιση του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος, με παρεμβάσεις στο κέλυφος και τα Η-Μ συστήματα, επενδύσεις σε συσκευές μεγαλύτερης ενεργειακής απόδοσης και, τέλος, με την εκπαίδευση για την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας. Είναι γενικά παραδεκτό ότι το 20% της σήμερα χρησιμοποιούμενης ενέργειας θα μπορούσε να εξοικονομηθεί με άμεσα μέτρα, οδηγώντας στην μη εκπομπή 430 εκ. τόνων CO₂ ετησίως. Εφαρμόζοντας μεγαλύτερης έκτασης μέτρα, το σημερινό επίπεδο τεχνολογίας είναι ικανό να μειώσει την κατανάλωση στα νοικοκυριά και τα γραφεία έως και 60%.

Συνοψίζοντας

Η ενέργεια είναι πολύτιμη, ακόμη και σε εποχές που είναι φθηνή, επειδή είναι πεπερασμένη και η χρήση της επιβαρύνει το περιβάλλον.

Η τρομακτική εξέλιξη των ενεργειακών συστημάτων επέτρεψε τη χρήση ασύλληπτων ποσοτήτων ενέργειας από όλους μας, διασφαλίζοντας μία πρωτόγνωρη ποιότητα ζωής.

Αποστολή του μηχανικού που έρχεται σε επαφή με ενεργειακά συστήματα, είναι να μεριμνά ώστε αυτά να αξιοποιούν την καταναλισκόμενη ενέργεια με τον πλέον ορθολογικό και οικονομικό τρόπο, προκειμένου να διατηρηθεί, στο βαθμό του δυνατού, αδιατάρακτη αυτή η εξελικτική πορεία, προς όφελος του μεμονωμένου ανθρώπου και του κοινωνικού συνόλου.

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

2.1. Ενεργειακά συστήματα

Στην καθημερινή μας ζωή, αλλά και στο ευρύτερο κοινωνικό-οικονομικό σύστημα, πρωταρχικής σημασίας είναι η διαθεσιμότητα των απαιτούμενων μορφών ενέργειας. Για το μαγείρεμα του φαγητού π.χ. χρειαζόμαστε ενέργεια με μορφή θερμότητας. Για να διαβάσουμε ένα βιβλίο χρειαζόμαστε ενέργεια με μορφή ακτινοβολίας συγκεκριμένου μήκους κύματος, δηλαδή φως. Αν είχαμε την ίδια ενέργεια διαθέσιμη πάλι σε μορφή ακτινοβολίας, διαφορετικού όμως μήκους κύματος, π.χ. υπέρυθρου, θα μας ήταν τελείως άχρηστη για τη συγκεκριμένη χρήση.

Είναι λοιπόν απαραίτητο να έχουμε διαθέσιμη την κατάλληλη μορφή ενέργειας για το συγκεκριμένο πάντα σκοπό. Η διαθεσιμότητα της κατάλληλης μορφής ενέργειας στον κατάλληλο τόπο και στον κατάλληλο χρόνο επιτυγχάνεται με τα τεχνικά συστήματα, τα οποία εξασφαλίζουν τόσο την μετατροπή της πρωτογενώς διαθέσιμης ενέργειας στη συγκεκριμένη, χρήσιμη, μορφή της, όσο και τη μεταφορά και ενδεχομένως την αποθήκευσή της.

Βέβαια κατά την μετατροπή μιας διαθέσιμης μορφής ενέργειας σε μίαν άλλη, δεν προκύπτουν μόνο οι επιθυμητές μορφές ενέργειας αλλά πιθανά και άλλες μορφές ενέργειας. Αυτές οι ανεπιθύμητες μορφές ονομάζονται απώλειες ενέργειας.

Οι απώλειες ενέργειας υπολογίζονται κατά κύριο λόγο βάσει των νόμων της φυσικής, αφού ληφθεί υπόψη το γεγονός, ότι ιδανικές μηχανές και ιδανικά συστήματα μετατροπής ενέργειας δεν υπάρχουν στην πραγματικότητα, αλλά πάντα συνδέονται με απώλειες.

Η ενέργεια είναι για την ανθρώπινη κλίμακα ένας περιορισμένος πόρος, επειδή τα αποθέματα πρωτογενών αρχικών πόρων είναι συγκεκριμένα και περιορισμένα. Ακόμη και οι λεγόμενες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας προέρχονται από άλλες, περιορισμένες και εξαντλήσιμες, πηγές. Για παράδειγμα, η ηλιακή ενέργεια που δέχεται η γη για ένα συγκεκριμένο διάστημα είναι μια πεπερασμένη ποσότητα, επειδή προέρχεται από την ακτινοβολία του αστέρα ήλιου. Απλώς, στην περίπτωση αυτή, η διάρκεια ζωής του ήλιου είναι τόσες τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη από αυτήν του ανθρώπου, ώστε να θεωρείται για μας ανεξάντλητη. Στα πλαίσια της δουλειάς του μηχανικού προκύπτει, επομένως, η ανάγκη να υπολογιστεί η «ποιότητα» των ενεργειακών συστημάτων, με την έννοια του προσδιορισμού της ποσότητας και της μορφής της πρωτογενούς μορφής ενέργειας που πρέπει να χρησιμοποιηθεί, ώστε να αποδοθεί στον χρήστη η επιθυμητή, άμεσα εκμεταλλεύσιμη, τελική μορφή ενέργειας κατά τον πλέον αποδοτικό τρόπο.

Για την ολοκληρωμένη μελέτη των ενεργειακών συστημάτων δεν αρκεί, ωστόσο, να υπολογιστούν η ποιότητα της μετατροπής και της μεταφοράς ενέργειας. Απαιτείται ακόμη η γνώση των επιδράσεων στο περιβάλλον καθώς και η ύπαρξη εκτενών αναλύσεων και πληροφοριών για ευρύτερα τεχνολογικά, κοινωνικά και οικονομικά θέματα. Επίσης πρέπει να αναλυθούν τα ποσοτικά μεγέθη των συστημάτων, τα οποία υπολογίζονται μέσω ενός ισοζυγίου του συνολικού συστήματος ή των μερικών κλειστών υποσυστημάτων, με τρόπο που εμπίπτει στα πλαίσια του γνωστικού αντικειμένου της θερμοδυναμικής. Με την επιλογή των ορίων του ισοζυγίου μπορούν να προσδιορισθούν οι εσωτερικές σχέσεις και αλληλεξαρτήσεις των επιμέρους συστημάτων που υπεισέρχονται σ' αυτό, συνθέτοντας αυτό που αποτελεί το ενεργειακό σύστημα που χρησιμοποιούμε.

2.2. Βασικοί υπολογισμοί τεχνικών ισοζυγίων

Στη φυσική υπάρχουν, εκτός από την ενέργεια, ένας μεγάλος αριθμός μεγεθών όπως η μάζα, η ορμή, η εντροπία, η ποσότητα σωματιδίων ή ακόμα και μεμονωμένες μορφές ενέργειας. Όλα αυτά τα μεγέθη έχουν το κοινό ότι, παρ' όλο που το ισοζυγίό τους υπολογίζεται με διαφορετικές σχέσεις, μπορούν να αναχθούν σε μια βασική δομή, η οποία αναφέρεται για όλα τα ισοζύγια στις εξής τρεις βασικές διεργασίες:

- αποθήκευση
- μεταβίβαση ή μεταφορά πέρα από τα όρια του συστήματος, και
- μετατροπή

Από τα παραπάνω προκύπτει η γενική μορφή ενός ισοζυγίου:

$$\text{Αποθήκευση} = \text{Μετατροπή} + \text{Μεταφορά}$$

Στα γνωστότερα παραδείγματα εξισώσεων ισοζυγίου στη φυσική ανήκουν το ισοζύγιο ενέργειας, που ακολουθεί το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα, το ισοζύγιο εντροπίας, το οποίο ακολουθεί το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα, οι εξισώσεις Navier-Stokes από τη μηχανική ρευστών που ακολουθούν το θεώρημα διατήρησης της ορμής. Ακόμη, ο δεύτερος νόμος του Fourier για τη μετάδοση θερμότητας είναι ένα ισοζύγιο θερμότητας και ο δεύτερος νόμος του Fick για τη διάχυση είναι ένα ισοζύγιο σωματιδίων.

Τα ισοζύγια των φυσικών μεγεθών, μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το είδος του ισοζυγίου: στα ολοκληρωμένα ισοζύγια, τα οποία χρησιμοποιούνται για

ολόκληρες εγκαταστάσεις ή τμήματα αυτών και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και στα διαφορικά ισοζύγια, τα οποία επιτρέπουν τη θεωρητική εξέταση και μοντελοποίηση της χρονικής και τοπικής έννοιας στα συστήματα.

2.2.1. Ορισμοί και αναλογίες

Μεγέθη ισοζυγίων

Το μέγεθος ισοζυγίου είναι γενικά ένα τυχαίο μέγεθος X , το οποίο είναι ανάλογο της μάζας της ύλης, μπορεί λοιπόν να αναχθεί στη μονάδα μάζας. Βάσει αυτής της ιδιότητας μπορεί να προστεθεί και να υπεισέλθει σε ένα ισοζύγιο.

Στη μελέτη ενεργειακών συστημάτων τα σπουδαιότερα φυσικά μεγέθη που μπορούν να μπουν στο ισοζύγιο είναι η μάζα m , τα σωματίδια n , η ενέργεια E , η εντροπία S , η ορμή J , η στροφορμή L , και η εξέργεια E_x . Τα μεγέθη αυτά μπορούν να είναι γραμμικά (π.χ. m , n , E , S , ή E_x) ή διανυσματικά (π.χ. J , ή L).

Υπάρχουν και άλλες ποσότητες που μπορούν να μπουν σε ένα ισοζύγιο, οι οποίες με την πρώτη ματιά δεν δείχνουν φυσικά μεγέθη. Τέτοιες ποσότητες είναι π.χ. το χρήμα, οι άνθρωποι ή τα αυτοκίνητα. Αν μελετήσει, όμως, κανείς επί της ουσίας αυτές τις ποσότητες, διαπιστώνει ότι κατά βάσει δεν είναι τίποτα άλλο από εξειδικευμένες ποσότητες σωματιδίων, οι οποίες εκφράζουν φυσικά μεγέθη.

Πεδίο Ισοζυγίου

Για τη μελέτη ισοζυγίων, εκτός από τα μεγέθη του ισοζυγίου, επιβάλλεται να καθοριστεί και το πεδίο ισοζυγίου μέσω συγκεκριμένων ορίων / συνόρων, τα οποία περικλείουν το σύστημα. Τα όρια αυτά δεν είναι απαραίτητα υπαρκτές διαχωριστικές γραμμές (π.χ. ένας τοίχος), αλλά μπορούν να είναι τυχαίες νοητές γραμμές ή επιφάνειες. Είναι, όμως, απαραίτητο να περικλείουν εξ ολοκλήρου το πεδίο εφαρμογής του ισοζυγίου. Για την επιλογή των κατάλληλων κριτηρίων δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες, αλλά η επιλογή τους εξαρτάται από τις πληροφορίες και τα συμπεράσματα που θέλουμε να εξάγουμε.

Ο χώρος που καθορίζεται από τα όρια αυτά ονομάζεται 'σύστημα', επειδή πρόκειται για το σύστημα που μελετούμε. Σε τεχνικά ισοζύγια ο χώρος αυτός είναι συχνά ένας κλειστός όγκος ή ένα απειροελάχιστα μικρό στοιχείο όγκου. Μπορεί, όμως, να είναι και μία μηχανική εγκατάσταση, ένα τμήμα της εγκατάστασης ή συγκεκριμένες διατάξεις της εγκατάστασης. Το πεδίο ισοζυγίου δεν χρειάζεται να είναι χωροταξικά σταθερό, μπορεί να είναι και μια ροή ενός εν κινήσει στοιχείου, με όγκο dV . Καθορίζοντας το πεδίο του ισοζυγίου, παρατηρεί κανείς ότι υπάρχουν κατά βάση τρία διαφορετικά είδη συστημάτων:

- τα **αποκλεισμένα συστήματα**, στα οποία δεν υπάρχει καμία ανταλλαγή με το περιβάλλον
- τα **κλειστά συστήματα**, στα οποία μπορεί να ανταλλαγεί ενέργεια με το περιβάλλον και
- τα **ανοιχτά συστήματα**, στα οποία μπορεί να γίνει ανταλλαγή ύλης και ενέργειας με το περιβάλλον.

Υπάρχουν επίσης και τα **αδιαβατικά συστήματα**, στα οποία δεν είναι εφικτή η μεταφορά ενέργειας από και προς το περιβάλλον.

Βασικές Διεργασίες

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, τα ισοζύγια αποτελούνται από τρεις βασικές διεργασίες, την αποθήκευση, τη μεταφορά και τη μετατροπή, οι οποίες θα μελετηθούν στη συνέχεια αναλυτικότερα.

Καταρχήν πρέπει να παρατηρήσουμε ότι όλα τα ενεργειακά ισοζύγια ορίζονται για ένα πεπερασμένο χρονικό διάστημα $\Delta t_{12} = t_2 - t_1$ ή για ένα απειροελάχιστα μικρό χρονικό διάστημα dt . Κατά συνέπεια αντίστοιχα πεπερασμένες (ΔX) ή απειροελάχιστα μικρές (dX) είναι και οι μεταβολές των μεγεθών του ισοζυγίου.

Η *διεργασία αποθήκευσης*, στην οποία μια ποσότητα X , σε χρόνο Δt_{12} αποθηκεύεται ή εξάγεται από το σύστημα, μπορεί να περιγραφεί και μέσω της ποσότητας ΔX , που είναι η μεταβολή του μεγέθους X από την κατάσταση X_1 στην κατάσταση X_2 . Αν μάλιστα αναφερθεί κανείς στο απειροελάχιστα μικρό διάστημα dt , τότε μπορεί να περιγραφεί από την χρονική μεταβολή dX/dt του μεγέθους X που έχει αποθηκευτεί στο σύστημα. Μεταβολές κατά τις οποίες η ποσότητα του μεγέθους αυξάνεται, υπεισέρχονται στο ισοζύγιο με θετικό σύμβολο, ενώ αυτές που μειώνουν την ποσότητα του μεγέθους με αρνητικό.

Η *διεργασία μεταφοράς* ενέργειας περιγράφεται από την ποσότητα ΔX_{12} , η οποία είναι η ποσότητα του μεγέθους X του ισοζυγίου, που μεταφέρεται από ή προς το σύστημα στη διάρκεια του χρόνου Δt_{12} . Αν αναγάγουμε τη διεργασία μεταφοράς σε ένα απειροελάχιστα μικρό χρονικό διάστημα dt , τότε η ποσότητα dX που μεταφέρεται στο χρόνο dt , μπορεί να περιγραφεί ως ροή $X = dX / dt$ του μεγέθους X . Για τα πρόσημα, η σύμβαση είναι η ίδια, δηλαδή ποσότητες που προστίθενται στο σύστημα υπεισέρχονται στο ισοζύγιο με θετικό πρόσημο, ενώ ποσότητες που αφαιρούνται από το σύστημα με αρνητικό πρόσημο.

Στην τρίτη βασική διεργασία, στη *διεργασία μεταφοράς*, η ποσότητα X εξαφανίζεται ή στην αντίθετη περίπτωση εμφανίζεται, δηλαδή σε ένα χρονικό διάστημα Δt εξαφανίζεται ή εμφανίζεται η ποσότητα $\Delta \Gamma_{12,x}$ του μεγέθους X μέσω μεταφοράς. Αν αυτή η διαδικασία αναχθεί σε ένα απειροελάχιστο χρονικό διάστημα dt , προκύπτει πάλι μια ροή $\Gamma_x = dX / dt$, η οποία αντιστοιχεί στη μεταβολή της ποσότητας X του ισοζυγίου μέσω μεταφοράς. Για να υπάρχει διαφοροποίηση από τις άλλες διεργασίες, συμβολίζουμε τις αλλαγές της τρίτης διεργασίας με το γράμμα Γ . Η εμφάνιση της ποσότητας X στο ισοζύγιο εισάγεται με θετικό πρόσημο, ενώ η απομάκρυνσή της με αρνητικό.

2.2.2. Ολοκληρωμένα ενεργειακά ισοζύγια

Το ολοκληρωμένο ενεργειακό ισοζύγιο εξυπηρετεί τον έλεγχο ολόκληρων συστημάτων ή ολόκληρων τμημάτων εγκαταστάσεων, σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της μάζας και της ενέργειας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θεωρητικές αναλύσεις σε σταθερά και δυναμικά συστήματα. Χρησιμοποιείται για την επίλυση διεργασιών σε τεχνικά συστήματα ή τμήματα αυτών, στα οποία είναι γνωστές οι εισερχόμενες ροές μεγεθών ή μερικά σταθερά μεγέθη του συστήματος. Το ολοκληρωμένα ενεργειακά ισοζύγια μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, στα «ολοκληρωμένα ισοζύγια ενέργειας» και στα «ολοκληρωμένα ισοζύγια ροών».

Στα «ολοκληρωμένα ισοζύγια ενέργειας» παρατηρεί κανείς πεπερασμένες ποσότητες, οι οποίες μεταφέρονται, αποθηκεύονται ή μετατρέπονται στο σύστημα. Η γενική εξίσωση ισοζυγίου για το μέγεθος X δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta X = \Delta X_{12} + \Delta \Gamma_{12,x}$$

Στα «ολοκληρωμένα ισοζύγια ροών» παρατηρεί κανείς μία ή περισσότερες ροές, οι οποίες εισρέουν, αποθηκεύονται ή μετατρέπονται μέσα στο σύστημα. Η γενική εξίσωση του ισοζυγίου δίνεται από τη σχέση:

$$dX / dt = X + \Gamma^x$$

Σε πραγματικά συστήματα μία διεργασία σπάνια αποτελείται από μία μόνο ροή. Γι' αυτό και η εξίσωση του ισοζυγίου δίνεται γενικά από τη εξής σχέση αθροισμάτων:

$$\sum \Delta X = \sum \Delta X_{12} + \sum \Delta \Gamma_{12,x} \quad \text{ή} \quad \sum (dX / dt) = \sum X + \sum \Gamma^x$$

2.2.3. Διαφορικά ενεργειακά ισοζύγια

Τα διαφορικά ενεργειακά ισοζύγια αναφέρονται σε απειροελάχιστα μικρά στοιχεία όγκου dV και περιγράφουν διεργασίες του μεγέθους X στο χώρο και στο χρόνο, δηλαδή εξυπηρετούν τον υπολογισμό της χωρικής και χρονικής μεταβολής πεδίων. Με τις σχέσεις που περιγράφουν αυτό το πεδίο, προκύπτει ένα μοντέλο με τη βοήθεια του οποίου μπορούν να υπολογιστούν ειδικές ροές μεγεθών σε τεχνικές εγκαταστάσεις ή τμήματα τεχνικών εγκαταστάσεων.

Με τα διαφορικά ενεργειακά ισοζύγια γίνεται προσπάθεια να περιγραφούν διεργασίες στο εσωτερικό ενός συστήματος, όπως π.χ. η μεταβολή της θερμοκρασίας σε έναν τοίχο, η μεταβολή της πυκνότητας σωματιδίων ενός αερίου πίσω από μία καπνοδόχο ή οι ταχύτητες ροής σε ένα σωλήνα ως συνάρτηση του χώρου και του χρόνου.

2.2.4. Νόμοι εξειδικευμένων ισοζυγίων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχουν τρεις βασικές διεργασίες στα ισοζύγια, οι διεργασίες αποθήκευσης, μεταφοράς και μετατροπής. Στην πράξη, όμως, κι επειδή μερικές διεργασίες δεν συμβαίνουν πάντα, κάποια μεγέθη μπορούν να απλοποιηθούν και, κατά συνέπεια, απλοποιείται και το ίδιο το ισοζύγιο.

Ισοζύγια αρχής διατήρησης (της Ενέργειας, της Μάζας ή της Ορμής)

Αν μελετήσουμε την ενέργεια τότε, όπως είναι γνωστό από τη θερμοδυναμική, ισχύει το πρώτο αξίωμα της θερμοδυναμικής, σύμφωνα με το οποίο δεν μπορεί να εξαφανιστεί ούτε να δημιουργηθεί ενέργεια, δηλαδή ο όρος της μετατροπής πρέπει να είναι μηδέν ($\Delta E_{12,E} = 0$). Η γενική μορφή του ισοζυγίου δίνεται από την εξίσωση:

$$\Delta E = \Delta E_{12} \quad \text{ή} \quad dE / Dt = E$$

Η ίδια εξίσωση ισχύει και για άλλα μεγέθη για τα οποία ισχύει η αρχή διατήρησης, π.χ. για την ορμή, τη στροφορμή και τη μάζα, για την οποία η παραπάνω σχέση δίνεται:

$$\Delta m = \Delta m_{12} \quad \text{ή} \quad dm / dt = m$$

Γιατί, όμως, μιλάμε για μετατροπή ενέργειας όταν ο όρος της μετατροπής στο ισοζύγιο πρέπει να είναι μηδενικός; Επειδή, παρ' όλο που σύμφωνα με το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα η μετατροπή ενέργειας πρέπει να είναι συνολικά μηδέν, μορφές ενέργειας μπορούν να μετατραπούν σε άλλες μορφές και αυτό ακριβώς αποτελεί τη μετατροπή του ισοζυγίου. Αν, όμως, το ισοζύγιο υπολογιστεί για μία συγκεκριμένη μορφή ενέργειας, τότε δεν ισχύει η αρχή διατήρησης και επομένως ο όρος της μετατροπής στο ισοζύγιο δεν

μπορεί να είναι μηδενικός. Πρέπει λοιπόν να δίνεται μεγάλη προσοχή, για ποια ακριβώς μεγέθη ισχύει το ισοζύγιο.

Ενεργειακά ισοζύγια εντροπίας

Σύμφωνα με το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα, η αρχή διατήρησης δεν ισχύει για την εντροπία. Στα ενεργειακά ισοζύγια εντροπίας ο όρος μετατροπής πρέπει να αυξάνει συνεχώς ή να είναι μηδενικός ($\Delta\Gamma_{12,s} \geq 0$ ή $\Gamma_s \geq 0$). Η εντροπία μπορεί να μειωθεί μόνο μέσω μεταφοράς ενέργειας έξω από τα σύνορα του συστήματος. Η γενική εξίσωση του ισοζυγίου εντροπίας παίρνει την μορφή:

$$\Delta S = \Delta S_{12} + \Delta\Gamma_{12,s} \quad \text{ή} \quad dS / dt = S + \Gamma$$

Ενεργειακό ισοζύγιο εξέργειας

Για την εξέργεια δεν ισχύει η αρχή διατήρησης, αλλά, αντίθετα από την εντροπία και σύμφωνα με το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα, ο όρος μετατροπής στο ισοζύγιο εξέργειας πρέπει να μειώνεται συνεχώς ή να είναι μηδενικός ($\Delta E_{12,Ex} \leq 0$ ή $\Gamma_{Ex} \leq 0$). Η εξέργεια μπορεί να αυξηθεί μόνο μέσω μεταφοράς ενέργειας μέσα στο σύστημα. Η γενική εξίσωση του ισοζυγίου εξέργειας παίρνει την μορφή:

$$\Delta E_x = \Delta E_{12,x} + \Delta\Gamma_{12,Ex} \quad \text{ή} \quad dE_x / dt = E_x + \Gamma_{Ex}$$

Ισοζύγια σταθερών συστημάτων

Σε σταθερά συστήματα, δηλαδή συστήματα που δεν μεταβάλουν την κατάστασή τους με το χρόνο, ο όρος της αποθήκευσης ενέργειας στο ισοζύγιο πρέπει να είναι μηδενικός. Το ισοζύγιο τότε δίνεται από την εξίσωση:

$$0 = \Delta X_{12} + \Delta\Gamma_{12,x} \quad \text{ή} \quad 0 = X + \Gamma_x$$

Ισοζύγια κλειστών συστημάτων

Στην εξειδικευμένη περίπτωση, στην οποία το σύστημα είναι κλειστό, δηλαδή δεν είναι δυνατή καμία ανταλλαγή με το περιβάλλον, ο όρος της μεταφοράς ενέργειας πρέπει να είναι μηδενικός ($\Delta X_{12} = 0$ ή $X = 0$):

$$\Delta X = 0 + \Delta\Gamma_{12,x} \quad \text{ή} \quad dX / dt = 0 + \Gamma_x$$

Για μεγέθη για τα οποία ισχύει η αρχή διατήρησης ($\Delta\Gamma_{12,x} = 0$ ή $\Gamma_x = 0$), προκύπτει η εξής εξίσωση για κλειστό σύστημα:

$$\Delta X = 0 \quad \text{ή} \quad dX / dt = 0$$

2.2.5. Ενεργειακή ανάλυση τεχνικών συστημάτων

Ένα από τα σημαντικότερα ερωτήματα στη μελέτη συστημάτων μετατροπής ενέργειας είναι το πόση ενέργεια πρέπει να προσδοθεί στο σύστημα για να αποκτήσουμε μία συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας στην επιθυμητή μορφή. Αυτή η επιθυμητή μορφή ενέργειας μπορεί να ονομασθεί *τελική επιθυμητή ενέργεια*, ενώ η ενέργεια η οποία παίρνει ανεπιθύμητη μορφή χαρακτηρίζεται ως *απώλεια ενέργειας*.

Οι μορφές ενέργειας που προσδίδονται στο σύστημα, μπορούν να διαχωριστούν σε αυτές που εισάγονται στο σύστημα μέσω ενός φορέα ενέργειας και σε αυτές που προστίθενται ως θερμότητα στο σύστημα από το περιβάλλον. Η πρώτη κατηγορία αποτελεί ένα 'έξοδο' ή μία 'δαπάνη', ενώ η δεύτερη είναι 'δωρεάν'. Στην αποτίμηση των ενεργειακών συστημάτων ενδιαφέρουν κυρίως οι μορφές ενέργειας που εισάγονται μέσω κάποιου φορέα, για λόγους που είναι προφανείς και θα ποσοτικοποιηθούν στη συνέχεια.

2.2.5.1 Ισοζύγιο τεχνικών συστημάτων

Τα ενεργειακά ισοζύγια των τεχνικών συστημάτων μπορούν να παρασταθούν με διαγράμματα ροής που ονομάζονται και διαγράμματα Sankey. Τα διαγράμματα αυτά επιτρέπουν την ποσοτική περιγραφή διεργασιών του συστήματος για μετατροπή και χρήση ενέργειας και δίνουν μια καλή σύνοψη της τελικής επιθυμητής ενέργειας, με τη γραφική παρουσίαση των εμφανιζόμενων ροών ενέργειας καθώς και των ροών απώλειας ενέργειας που παρατηρούνται στο σύστημα. Είναι, επομένως, κατάλληλα για σύγκριση διαφορετικών ενεργειακών συστημάτων που εξασφαλίζουν την ίδια τελική επιθυμητή ενέργεια αλλά την αποκτούν με διαφορετικούς τρόπους. Σκοπός των διαγραμμάτων αυτών, όπως άλλωστε και των ενεργειακών ισοζυγίων γενικότερα, είναι να διευκολύνουν τη βελτιστοποίηση της σχέσης τελικής επιθυμητής και χρησιμοποιούμενης ενέργειας με τις ροές ενέργειας, τις απώλειες και τις δυνατότητες εξοικονόμησης, ώστε να μπορέσουμε να βελτιστοποιήσουμε ένα τεχνικό σύστημα.

Για να μπορεί να γίνει εύκολα μια σύγκριση διαφορετικών συστημάτων, τα αριθμητικά δεδομένα ανάγονται όλα σε διάθεση 100 μονάδων επιθυμητής ή τελικής ενέργειας. Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται τα διαγράμματα Sankey ενός απλού

ενεργειακού ισοζυγίου σε μια εγκατάσταση θέρμανσης ενός κτιρίου. Μπορεί εύκολα να αναγνωρισθεί σε ποια υποσυστήματα εμφανίζονται ροές απωλειών και πόσο υψηλές είναι η αρχική χρησιμοποιούμενη ενέργεια και η τελική ενέργεια που καταναλώνεται, όταν πρέπει να διατεθούν 100 μονάδες χρήσιμης ενέργειας, στο παράδειγμά μας θερμότητας για τη θέρμανση του κτιρίου. Στα σχήματα φαίνονται οι διαφορετικές ροές ενέργειας ανάλογα με το σύστημα και τον πρωτογενή πόρο που χρησιμοποιείται. Τα μεγέθη δίνονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2.1. Σύγκριση συστημάτων θέρμανσης για παραγωγή θερμαντικού φορτίου 100 μονάδων ενέργειας

Σύστημα	Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας	Ενεργειακός Πόρος
Ηλεκτρική Θέρμανση	294	Λιγνίτης
Θέρμανση Πετρελαίου	125	Πετρέλαιο
Θέρμανση Φυσικού Αερίου	119	Φυσικό αέριο
Θέρμανση με Αντλία Θερμότητας	101	Λιγνίτης
Θέρμανση Συνδυασμένου Κύκλου	71	Φυσικό αέριο

Από τα σχήματα αυτά μπορεί εύκολα να αναγνωρισθεί πόση αρχική ενέργεια πρέπει να δοθεί από κάθε διαφορετικό σύστημα για να παραχθεί η ίδια ποσότητα τελικής χρήσιμης ενέργειας και ποιες απώλειες εμφανίζονται σε ποια υποσυστήματα. Επίσης, δίνονται οι αντίστοιχοι συντελεστές και βαθμοί απόδοσης των υποσυστημάτων, ώστε να μπορούν να συνταχθούν με ευκολία τα αντίστοιχα ισοζύγια ενέργειας.

Για παράδειγμα στο σύστημα της 'ηλεκτρικής θέρμανσης', εμφανίζονται μηδενικές απώλειες στο σύστημα προετοιμασίας / παραγωγής χρήσιμης ενέργειας για το χρήστη, αντίθετα όμως παρατηρούνται υψηλές απώλειες στο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και. Στο σύστημα μεταφοράς. Έτσι, τελικά, απαιτούνται 294 μονάδες αρχικής ενέργειας για να παραχθούν 100 μονάδες χρήσιμης ενέργειας στην τελική της μορφή.

Αντιθέτως, σε περίπτωση χρησιμοποίησης μιας ηλεκτροκίνητης αντλίας θερμότητας, απαιτούνται μόνο 101 μονάδες αρχικής ενέργειας, ενώ σε μια αντλία θερμότητας, που

λειτουργεί με φυσικό αέριο μόνο 71 μονάδες. Η καλή απόδοση αυτών των συστημάτων οφείλεται στο ότι και στα δύο συστήματα η θερμότητα του περιβάλλοντος, η οποία δεν αποτελεί έξοδο, μπορεί εν μέρει να αξιοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών θερμότητας. Το σύστημα θέρμανσης με αντλία θερμότητας που χρησιμοποιεί φυσικό αέριο απαιτεί λοιπόν τη μικρότερη κατανάλωση αρχικής ενέργειας, εξαιτίας του γεγονότος ότι ακόμη και οι θερμότητα που εκπέμπεται από τη διάταξη καύσης του φυσικού αερίου μπορεί να προστεθεί στην τελική χρήσιμη ενέργεια.

2.2.5.2 Βασικά μεγέθη ενεργειακών συστημάτων

Για να μπορεί να είναι εφικτή η σύγκριση μεταξύ ενεργειακών συστημάτων, εισάγονται κάποια βασικά μεγέθη τα οποία ανάγουν το άθροισμα των τελικών μορφών ενέργειας (επιθυμητό αποτέλεσμα) στο άθροισμα των εισαγόμενων αρχικών μορφών ενέργειας (κόστος).

Μια κατηγορία βασικών μεγεθών είναι οι «βαθμοί απόδοσης» του ισοζυγίου. Παίρνουν τιμές ανάμεσα στο μηδέν και τη μονάδα, την οποία προφανώς δεν μπορούν να ξεπεράσουν ποτέ, μια και, σύμφωνα με το πρώτο αξίωμα της θερμοδυναμικής, η ωφέλιμη τελική ενέργεια δεν μπορεί να είναι ποτέ μεγαλύτερη από την ενέργεια που προσδίδεται στο σύστημα. Μια άλλη κατηγορία βασικών μεγεθών είναι οι «αριθμοί απόδοσης» ή «συντελεστές απόδοσης», οι οποίοι σε συνάρτηση με την προσδιδόμενη θερμότητα του περιβάλλοντος ή τη θερμότητα που αποδίδεται από τα ίδια τα συστήματα, μπορούν να πάρουν τιμές μεγαλύτερες από τη μονάδα. Οι δύο αυτές κατηγορίες μεγεθών ορίζονται ως εξής (Rudolph und Schaefer, 1994):

$$\text{Βαθμος αποδοσης} = \frac{\sum \text{τελικες μορφες ενεργειας}}{\sum \text{προσδιδομενες μορφες ενεργειας}}$$

$$\text{Αριθμος αποδοσης} = \frac{\sum \text{τελικες μορφες ενεργειας}}{\sum \text{μορφες ενεργειας με φορεα}}$$

Στους βαθμούς απόδοσης μπορεί να γίνει ο διαχωρισμός μεταξύ του **βαθμού απόδοσης** που συμβολίζεται με το γράμμα η και του **βαθμού ωφέλειας** που συμβολίζεται με το γράμμα ζ .

Οι βαθμοί απόδοσης αναφέρονται σε συγκεκριμένα τμήματα του συστήματος. Θέτουν σε σχέση την προσδιδόμενη στο σημείο αυτό ροή ενέργειας $E_{\pi,i}$ με την εμφανιζόμενη χρήσιμη ροή ενέργειας $E_{\chi,i}$. Επιβάλλεται δε, να γίνεται συγκεκριμένη αναφορά στους βαθμούς απόδοσης για το υπό εξέταση σύστημα.

$$\eta = \sum E_{\pi,i} / \sum E_{\chi,i}$$

Οι βαθμοί ωφέλειας, αντίθετα, αναφέρονται σε συγκεκριμένους χρόνους, συσχετίζοντας τις ποσότητες ενέργειας που προσφέρονται ή απάγονται από το σύστημα μέσα σε καθορισμένο χρονικό διάστημα $\Delta t_{12}=t_2-t_1$. Με τον τρόπο αυτό περιγράφουν τον ολοκληρωμένο κύκλο διεργασιών (σταθερών και μεταβατικών καταστάσεων) για το διάστημα Δt_{12} . Με το βαθμό ωφελείας πρέπει πάντα να δίνεται και ο αντίστοιχος χρόνος αναφοράς.

$$\zeta = \sum \Delta E_{\zeta,i,12} / \sum \Delta E_{\pi,i,12}$$

Ανάλογα με τους βαθμούς απόδοσης και ωφέλειας διαφοροποιούνται οι αριθμοί σε **αριθμούς απόδοσης** και **αριθμούς εργασίας**.

Οι αριθμοί απόδοσης συνδέουν τις ροές τελικής ενέργειας $E_{ζ,i}$ με τις ροές ενέργειας που προσδίδονται στους φορείς ενέργειας $E_{t,πρ,i}$ και συσχετίζουν με αυτόν τον τρόπο καταστάσεις λειτουργίας ή διεργασίας του συστήματος ανάλογα με το βαθμό απόδοσης:

$$\varepsilon = \sum E_{ζ,i} / \sum E_{t,πρ,i}$$

Οι αριθμοί εργασίας συνδέουν τις ποσότητες τελικής ενέργειας $\Delta E_{ζ,i,12}$ που παίρνουμε στο χρόνο Δt_{12} με τις προσδιδόμενες ποσότητες $\Delta E_{t,πρ,i,12}$ και συσχετίζουν με τον τρόπο αυτό συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα ανάλογα με το βαθμό ωφέλειας.

$$\beta = \sum E_{ζ,i,12} / \sum E_{t,πρ,i,12}$$

Στον επόμενο πίνακα δίνονται παραδείγματα από βαθμούς και αριθμούς ενεργειακών συστημάτων.

Πίνακας 2.2. Βαθμοί και αριθμοί ενεργειακών συστημάτων.

Χαρακτηρισμός	Σύμβολο	Σχέση
Βαθμός απόδοσης μιας μηχανής εσωτερικής καύσης	η	$W_{απο} / Q_{προς}$
Βαθμός ισχύος μιας αντλίας θερμότητας	ε	$Q_{απο} / W_{προς}$
Βαθμός απόδοσης ενός λέβητα	η	$Q_{απο} / H_{λεβ,προς}$
Ετήσιος βαθμός ωφέλειας ενός σταθμού παραγωγής ενέργειας	ζ	$\Delta W_{ηλ,χρς} / H_{λεβ,προς,χρ}$
Βαθμός απόδοσης συλλέκτη ηλιακής ενέργειας	η	$H_{απο} / E_{ηλιακή}$
Ημερήσιος βαθμός ωφέλειας ενός συσσωρευτή	ζ	$E_{απο,μέρα} / E_{προς,μέρα}$

2.3. Βασικές έννοιες και μεγέθη της ανάλυσης ενεργειακών συστημάτων

2.3.1. Βασικές έννοιες

Φορείς Ενέργειας

Είναι η ύλη (σωματίδια, ποσότητες ύλης) ή άλλες φυσικές μορφές ύπαρξης (ακτινοβολία) από τις οποίες μπορεί να αποδοθεί μέσω μετατροπών και συγκεκριμένα μέσω μετάδοσης ενέργειας, η επιθυμητή μορφή τελικής ενέργειας (π.χ. καύσιμα υλικά, ζεστό νερό, ηλεκτρική ενέργεια κ.λ.π.).

Πρωτογενής ενέργεια

Είναι το ενεργειακό περιεχόμενο των φορέων ενέργειας, η οποία δεν έχει υποστεί ακόμα καμία μετατροπή ή μεταποίηση (π.χ. το ενεργειακό περιεχόμενο του πετρελαίου, του φυσικού αερίου, του άνθρακα κ.λ.π.).

Δευτερογενής ενέργεια

Είναι το ενεργειακό περιεχόμενο των φορέων ενέργειας, το οποίο προκύπτει από τη μετατροπή μορφών πρωτογενούς ή δευτερογενούς ενέργειας (π.χ. το ενεργειακό περιεχόμενο του καύσιμου πετρελαίου μετά την μετατροπή του από αργό πετρέλαιο σε ένα διυλιστήριο, ή η ηλεκτρική ενέργεια της γεννήτριας σε ένα σταθμό παραγωγής ενέργειας).

Τελική μορφή ενέργειας

Είναι το ενεργειακό περιεχόμενο, το οποίο αναφέρεται στην ενέργεια που χρησιμοποιείται από τον τελικό χρήστη, μειωμένο κατά τις απώλειες από τις διάφορες χρήσεις και μετατροπές ενέργειας.

Τελική μορφή ενέργειας είναι για παράδειγμα το ενεργειακό περιεχόμενο του θερμαντικού πετρελαίου, το οποίο βρίσκεται ήδη στη δεξαμενή στο σπίτι του καταναλωτή ή η κατανάλωση σε ηλεκτρική ενέργεια ενός πελάτη της ΔΕΗ.

Αντίθετα, δεν αποτελεί τελική μορφή ενέργειας το ενεργειακό περιεχόμενο του άνθρακα, το οποίο πηγαίνει για κατανάλωση σε ένα σταθμό παραγωγής ενέργειας ή το ενεργειακό περιεχόμενο του βαρέως πετρελαίου (μαζούτ) που χρησιμοποιείται σε μία χημική βιομηχανία ως πρώτη ύλη για την παραγωγή συνθετικών προϊόντων.

Ωφέλιμη ενέργεια

Είναι η ενέργεια η οποία είναι διαθέσιμη για χρήση μετά τις τελευταίες μετατροπές στα μηχανήματα και στις διεργασίες τελικής χρήσης, π.χ. η τεχνική μορφή ενέργειας η οποία θα χρησιμοποιηθεί τελικά από τον καταναλωτή (θερμότητα, μηχανική ενέργεια, φως).

Προέρχεται από την τελική μορφή ενέργειας μειωμένη κατά τις απώλειες των τελευταίων μετατροπών.

Ενεργειακές Υπηρεσίες

Είναι οι υπηρεσίες που προκύπτουν κατά την ικανοποίηση αναγκών με την παραγωγή ωφέλιμης ενέργειας (π.χ. οι ικανοποιητικά θερμαινόμενοι και φωτιζόμενοι χώροι, η παροχή ατμού σε παραγωγικές διαδικασίες, η διατήρηση του εργαζόμενου μέσου υπό πίεση σε ένα υδραυλικό σύστημα κ.λ.π.)

2.3.2. Βασικά ενεργειακά μεγέθη

Στους επόμενους πίνακες παρατίθενται συνοπτικά οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μονάδες ενέργειας καθώς και η θερμογόνος ισχύς των βασικότερων ενεργειακών πόρων.

Πίνακας 2.3. Μονάδες ενέργειας και θερμογόνος ισχύς

Μονάδα	Σύμβολο	Αντιστοίχιση
Κιλοβατώρα	kWh	1 kWh = 3.600 kJ
Θερμίδα	cal	1 cal = 4.1868 J
Τόνος Ισοδυνάμου Πετρελαίου	ΤΙΠ (ΤΟΕ)	1 ΤΙΠ = 41,868 GJ
Κανονικό κυβικό μέτρο Φυσικού αερίου	Nm ³	1 Nm ³ = 35,169 MJ
Βαρέλι πετρελαίου	bbl	1 bbl = 159 l ≈ 1/7 t 1 bbl ≈ 5,981 MJ

Το ενεργειακό περιεχόμενο ενός πόρου προσδιορίζεται με το όρο της θερμογόνου ισχύος, που, όπως είναι γνωστό από τη θερμοδυναμική, διακρίνεται σε ανώτερη και κατώτερη. Η τελευταία χρησιμοποιείται στη μελέτη των ενεργειακών συστημάτων. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται ενδεικτικά οι τιμές των πιο διαδεδομένων ενεργειακών πόρων.

Πίνακας 2.4. Οι πιο διαδεδομένοι ενεργειακοί πόροι

Ενεργειακός πόρος	Κατώτερη θερμογόνος ισχύς h_u MJ /kg
Ξυλεία (ξερή)	15,3
Λιγνίτης	8
Λιθάνθρακας	30
Πετρέλαιο S (βαρύ)	40
Πετρέλαιο EL (ελαφρύ)	42,7
Πετρέλαιο κίνησης	42,7
Βενζίνη	43,1
Φυσικό αέριο θέρμανσης	47,6

2.4. Η επενδυτική διάσταση των ενεργειακών συστημάτων

Τα ενεργειακά συστήματα αποτελούν επενδύσεις, αφού δεσμεύουν χώρο και οικονομικούς και ανθρώπινους πόρους. Η υλοποίηση αυτών των επενδύσεων απαιτεί την γνώση βασικών αρχών του σχεδιασμού, της εξεύρεσης των οικονομικών πόρων και της διαδικασίας υλοποίησής τους. Στις επόμενες παραγράφους δίνονται συνοπτικά αυτά τα χαρακτηριστικά, διαιρούμενα για μεθοδολογικούς σκοπούς σε δύο κατηγορίες, των μεγάλων κεντρικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας και των μικρότερων συστημάτων που αξιοποιούν την ενέργεια που παράγεται στα πρώτα.

2.4.1. Κεντρικά συστήματα παραγωγής ενέργειας

Τέτοια συστήματα είναι αυτά της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τα συστήματα εξόρυξης/άντλησης, μεταφοράς και διάθεσης υδρογονανθράκων. Έχουν τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

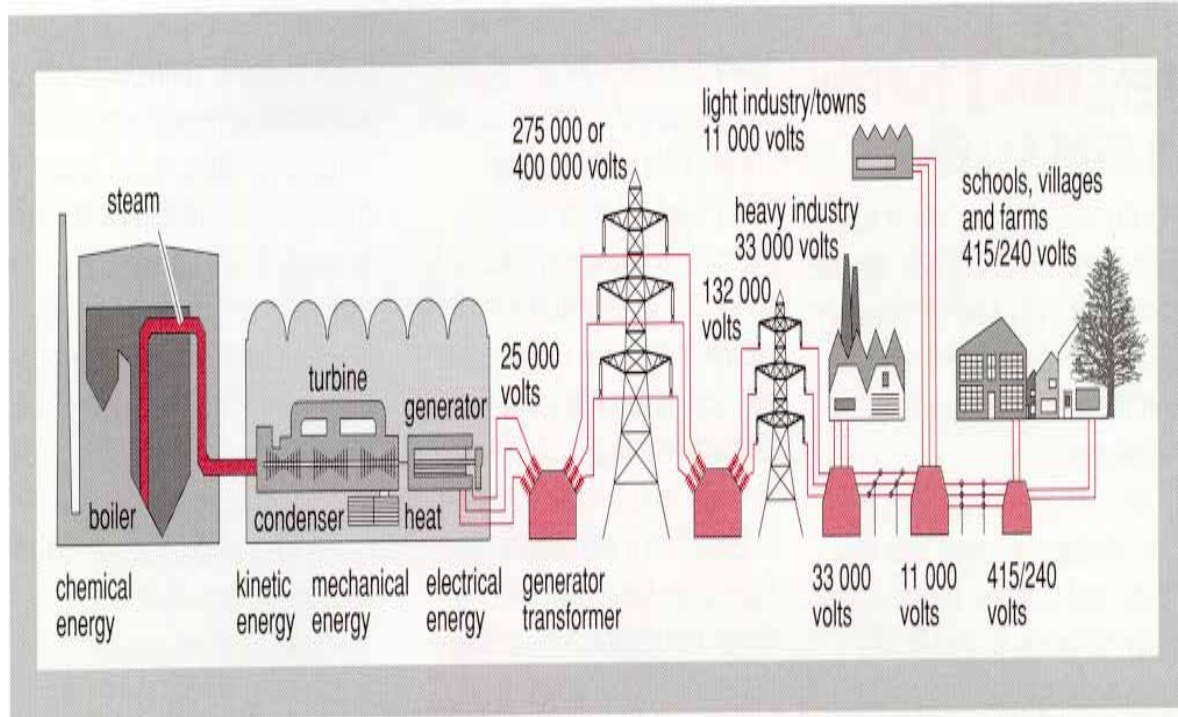
- Τα ενεργειακά συστήματα αποτελούν επενδύσεις έντασης κεφαλαίου.
- Τα συστήματα παραγωγής ενέργειας έχουν σημαντικό αρχικό κόστος, που επιδρά σε επίπεδο εθνικής οικονομίας.
- Η αρχική επιλογή ενεργειακού πόρου δεσμεύει το χρήστη για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Απαιτείται σημαντική υποδομή σε δίκτυα μεταφορών.
- Ο χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού είναι μεγάλος.
- Ο χρόνος υλοποίησης είναι μεγάλος.

- Η οικονομία κλίμακας είναι σημαντικός παράγοντας.
- Η επιλογή της θέσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από γεωμορφολογικά δεδομένα.
- Η περιβαλλοντική παράμετρος καθίσταται ολοένα σημαντικότερη.
- Τέλος, οι επιλογές εξαρτώνται από κοινωνικούς, τοπικούς και εν γένει πολιτικούς παράγοντες.

Ως παράδειγμα που καθιστά ορατή την έκταση και την πολυπλοκότητα του ενεργειακού συστήματος μπορεί κανείς να αναφέρει το σύστημα τροφοδοσίας υγρών καυσίμων, που περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Άντληση (παγκόσμια παραγωγή 68 mn bbl/d αργού πετρελαίου, 1995)
2. Μεταφορά με πετρελαιοφόρα και αγωγούς ανά τον κόσμο
3. Αποθήκευση σε λιμάνια
4. Μεταφορά σε διυλιστήρια
5. Επεξεργασία στα διυλιστήρια (παγκόσμια παραγωγή 3.723 mn t, 1995)
6. Αποθήκευση
7. Μεταφορά σε χονδρεμπόρους
8. Αποθήκευση
9. Μεταφορά στο πρατήριο
10. Αποθήκευση
11. Μεταφορά στο κτίριο και αποθήκευση στη δεξαμενή για καύση στο σύστημα θέρμανσης ή διάθεση από το πρατήριο στον αυτοκινητιστή/μοτοσικλετιστή για καύση στη ΜΕΚ.

Αντίστοιχα, μπορεί κανείς να παρατηρήσει σχηματικά το σύστημα παραγωγής, μεταφοράς και διάθεσης του ηλεκτρισμού.



Σχήμα 2.1. Σύστημα παραγωγής, μεταφοράς και διάθεσης του ηλεκτρισμού

Από τις δύο αυτές αναφορές συνάγεται εύκολα το συμπέρασμα ότι τα μεγέθη είναι μεγάλα και τα συστήματα περίπλοκα. Αυτό γίνεται ακόμη πιο κατανοητό από τη σύγκριση των βασικών χαρακτηριστικών ενός πυρηνικού και ενός ανθρακικού θερμοηλεκτρικού σταθμού στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2.5. Σύγκριση των βασικών χαρακτηριστικών ενός πυρηνικού και ενός ανθρακικού θερμοηλεκτρικού σταθμού

Σύμβολο	Μέγεθος	Μονάδα	ΘΗΣ - Άνθρακας	ΘΗΣ - Πυρηνικός
P_{el}	Ωφέλιμη ισχύς	MW_{el}	2 * 630	1.258
C_i	Αρχικό κόστος	$€/kW_{el}$	1.000	1.670
M	Συντήρηση, βοηθητικές ύλες	$€/kW a$	20,1	25,16
A	Ασφάλιστρα	$€/kW a$	12,84	23,11
C_{op}	Δαπάνη εργασίας	$€/kW a$	6,68	11,30
C_d	Απόρριψη	$€/kW a$	0,00	154,07

Cf	Κόστος καυσίμου	€/kWh καυσίμου	0,01-0,02	0,005
η	Βαθμός απόδοσης	%	0,38	0,34
A	Διαθεσιμότητα *	h / a	6.500	6.500
N	Διάρκεια ζωής	a	35	35

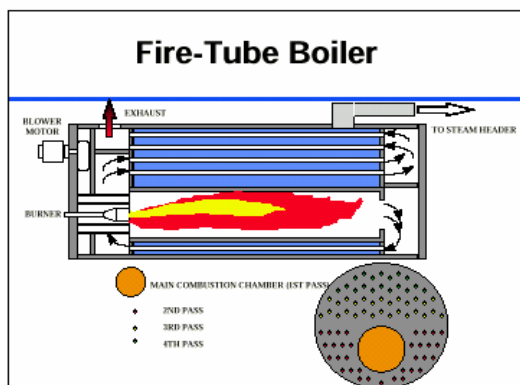
(*) : Οριζόμενη ως λόγος των ωρών λειτουργίας σε πλήρη ισχύ το έτος.

2.4.2. Συστήματα χρήσης ενέργειας

Πρόκειται για μικρότερα συστήματα παραγωγής θερμικής ισχύος, συστήματα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, συστήματα παραγωγής μηχανικής ισχύος κλπ. Έχουν τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

- Τα ενεργειακά συστήματα αποτελούν επενδύσεις έντασης κεφαλαίου.
- Η μεγάλη πλειοψηφία των συστημάτων που χρησιμοποιούν συμβατικές μορφές ενέργειας έχουν μικρό αρχικό κόστους σε σχέση με τις λειτουργικές δαπάνες.
- Η οικονομία κλίμακας είναι λιγότερο σημαντικός παράγοντας.
- Η αρχική επιλογή ενεργειακού πόρου δεσμεύει το χρήστη για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Η απαιτούμενη υποδομή εμπίπτει στην πρώτη κατηγορία.
- Η εξάρτηση του καταναλωτή από τον προμηθευτή είναι καθοριστική.
- Ο χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού είναι σχετικά μεγάλος.
- Ο χρόνος υλοποίησης είναι αμελητέος.

Πρόκειται επομένως για συστήματα που είναι πιο μικρά και λιγότερο πολύπλοκα, από αυτά της πρώτης κατηγορίας, όπως φαίνεται από τα παραδείγματα ενός λέβητα πετρελαίου και μίας ανεμογεννήτριας, ή ακόμη και από τα χαρακτηριστικά που προκύπτουν κατά τη σύγκριση ενός ηλεκτρικού και ενός ηλιακού θερμοσίφωνα.



Σχήμα 2.2. Λέβητας



Σχήμα 2.3. Ανεμογεννήτριες

Πίνακας 2.6. Σύγκριση ενός ηλεκτρικού και ενός ηλιακού θερμοσίφωνα

Σύμβολο	Μέγεθος	Μονάδα	Ηλεκτρικός Θερμοσίφωνα	Ηλιακός θερμοσίφωνα (μόνο ηλιακό μέρος)
PeI	Ωφέλιμη ισχύς	kW _{el}	6	-
Fc	Συλλεκτική επιφάνεια	m ²	-	2,0
Vdhw	Χωρητικότητα δοχείου	l	100	200
Ci	Αρχικό κόστος	€	132,06	704,33
M	Συντήρηση	€/ a	0,00	7,34
Cf	Κόστος καυσίμου	€/kWh καυσίμου	0,07	0,00
H	Βαθμός απόδοσης	%	0,95	0,50 – 0,60 **
A	Διαθεσιμότητα *	h / a	8.760	7.450
N	Διάρκεια ζωής	a	20	15

(*) : Ωρες δυνητικής λειτουργίας του συστήματος

(**) : Μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης

2.4.3. Σχεδιασμός, χρηματοδότηση και υλοποίηση επενδύσεων.

Ο σχεδιασμός των επενδύσεων σε μεγάλα ενεργειακά συστήματα γίνεται στη βάση μίας τουλάχιστον πενταετούς ή κατά κανόνα δεκαετούς πρόβλεψης εξέλιξης της ζήτησης. Τα σημαντικότερα στοιχεία που υπεισέρχονται στο σχεδιασμό είναι τα ακόλουθα:

- Η πρόβλεψη της μεταβολής της ζήτησης, σε συνδυασμό με το μεγάλο χρονικό ορίζοντα της επένδυσης και την αρχή της οικονομίας κλίμακας, είναι καθοριστικής σημασίας για τη σκοπιμότητα της επένδυσης.
- Η χρηματοδότηση των επενδύσεων ξεφεύγει από τις δυνατότητες μίας συνηθισμένης επιχείρησης.
- Για το λόγο αυτό καθίσταται απαραίτητη η σύμπραξη τραπεζών, κατασκευαστών και επιχειρήσεων παραγωγής προκειμένου να καταστεί δυνατή η πραγματοποίησή τους.
- Ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσης, σε συνδυασμό με το αρχικό κόστος, καθιστούν απίθανη τη βραχυπρόθεσμη επίτευξη υψηλών οικονομικών αποδόσεων, χωρίς την προσφυγή σε υπερβολικά υψηλές τιμές πώλησης του παραγόμενου προϊόντος.
- Για το λόγο αυτό, η παραγωγή ενέργειας ήταν “παραδοσιακά” μία κρατική ή κρατικά ελεγχόμενη υπόθεση.
- Για τον ίδιο λόγο, αποτελεί μία κλειστή, ολιγοπωλιακή αγορά που δεν επιτρέπει την είσοδο νέων “παικτών”.
- Ο τομέας της παραγωγής ενέργειας δεν μπορεί να θεωρηθεί ως απόλυτα ανεξάρτητος από κρατικές παρεμβάσεις. Ακόμη και σε συνθήκες απελευθερωμένης αγοράς υπάρχει ένα “ελεγκτικό” ή “ρυθμιστικό” σώμα.
- Η επιλογή της θέσης εξαρτάται από:
 - τη διαθεσιμότητα των πρωτογενών ενεργειακών πόρων
 - την υποδομή μεταφοράς των πρωτογενών ενεργειακών πόρων στους σταθμούς παραγωγής
 - τη χωρική κατανομή της ζήτησης
 - την πολιτική σταθερότητα των περιοχών διέλευσης των δικτύων μεταφοράς
 - την τεχνική συμβατότητα των δικτύων μεταφοράς
 - την κοινωνική αποδοχή σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο
 - τις διεθνείς πολιτικές συνθήκες.
- Η επιλογή του πρωτογενούς ενεργειακού πόρου εξαρτάται από:
 - την ύπαρξη κοιτασμάτων
 - το κόστος εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων
 - την ύπαρξη, και τις επιλογές, εθνικού ενεργειακού σχεδιασμού για το ενεργειακό μίγμα
 - την επιβαλλόμενη οικονομική, ενεργειακή και περιβαλλοντική πολιτική σε επίπεδο Ε.Ε.
 - την αντίστοιχη εθνική πολιτική
 - τις κοινωνικές απαιτήσεις και αντιδράσεις.

- Η επιλογή του επιχειρηματικού - χρηματοδοτικού σχήματος εξαρτάται από:
 - τις οικονομικές & τεχνολογικές δυνατότητες της επιχείρησης παραγωγής ενέργειας
 - τις μακροοικονομικές συνθήκες
 - τις πολιτικές συνθήκες

2.4.4. Χρηματοδοτικές δυνατότητες επενδύσεων σε ενεργειακά συστήματα

Ως φορέας της επένδυσης νοείται ο ενεργειακός-επιχειρηματικός φορέας και όχι ένας μεμονωμένος ιδιώτης.

- Χρηματοδότηση από ίδια κεφάλαια

Η ευκολότερη λύση, όχι όμως πάντα εφικτή εξαιτίας του ύψους των απαιτούμενων επενδύσεων. Μερικές φορές η χρήση ιδίων κεφαλαίων παρουσιάζει και υψηλότερο κόστος απ' ό,τι π.χ. η προσφυγή σε ομολογιακό δανεισμό.

- Χρηματοδότηση με δανεισμό φορέα από τραπεζικό όμιλο

Συνεπάγεται υψηλό κόστος. Συνήθως γίνεται με ομίλους του εξωτερικού, οπότε τίθενται θέματα συναλλαγματικών μεταβολών, ενώ σε περιπτώσεις ενεργειακού φορέα μικρού μεγέθους (ή μικρής αξιοπιστίας) απαιτείται τριτεγγύηση του δημοσίου ή άλλου τραπεζικού ομίλου.

- Χρηματοδότηση με σύναψη ομολογιακού δανείου

Είναι σαφώς οικονομικότερη λύση από τον τραπεζικό δανεισμό. Είναι πιο περίπλοκη διαδικασία, απαιτεί μεγάλου ύψους επενδύσεις, αξιοπιστία του φορέα, σταθερότητα της πολιτικής κατάστασης και σοβαρή προετοιμασία.

- Αυτοχρηματοδότηση του έργου εκ μέρους του αναδόχου κατασκευαστή

(BO: Build & Operate, BOOT: Build, Operate Overhaul & Transfer)

Προϋποθέτει επακριβή διατύπωση των όρων του συμβολαίου ως προς το χρόνο, την τιμή πώλησης του παραγόμενου προϊόντος και τον τρόπο και την κατάσταση μεταβίβασης. Αποτελεί την πιο διαδεδομένη λύση, όταν απαιτείται η υλοποίηση επενδύσεων χωρίς να υπάρχουν τα απαιτούμενα κεφάλαια.

- (Συγ-) χρηματοδότηση με τον προμηθευτή του πρωτογενούς ενεργειακού πόρου

Μία λύση που βρίσκεται ανάμεσα στην προηγούμενη και στην πρώτη, με το χαρακτηριστικό ότι ενισχύεται η σχέση εξάρτησης από τον προμηθευτή.

Για τη δεύτερη κατηγορία ενεργειακών συστημάτων, αυτών της χρήσης, η προσέγγιση είναι σχετικά απλούστερη:

- Ο σχεδιασμός επενδύσεων ενεργειακών συστημάτων γίνεται στατικά ή με μία απλουστευμένη εκτίμηση της μελλοντικής ζήτησης.
- Ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσης είναι, για τα δεδομένα του επενδυτή, μεγάλος και δυσδιάκριτος.

- Η αρχή της οικονομίας κλίμακας δεν έχει τόσο μεγάλη σημασία.
- Για τους λόγους αυτούς η επιλογή συστήματος και αντίστοιχου ενεργειακού πόρου γίνεται συχνά με βραχυπρόθεσμη προοπτική.
- Η χρηματοδότηση των επενδύσεων είναι στα πλαίσια των δυνατοτήτων ενός ιδιώτη ή μίας συνηθισμένης επιχείρησης.
- Σημαντικό ρόλο στην επιλογή παίζουν οι τελικές τιμές διάθεσης ενέργειας (που προκύπτουν από την πρώτη κατηγορία συστημάτων) τις οποίες, όμως, δεν μπορούν να επηρεάσουν οι επενδυτές.
- Σε πολλές περιπτώσεις ο χρήστης δεν συμμετέχει στη διαδικασία επιλογής, παρότι καλείται να πληρώσει για τις ετήσιες δαπάνες επί πολλά έτη.
- Οι περιβαλλοντικές παράμετροι, στο βαθμό που δεν είναι νομικά θεσμοθετημένες, επαφίνονται στην ευαισθησία του χρήστη – επενδυτή.

2.4.5. Το πλαίσιο συσχετισμού των δύο κατηγοριών επενδύσεων στα ενεργειακά συστήματα

Στην πραγματικότητα η σχέση μεταξύ πρώτης δεύτερης κατηγορίας είναι άρρηκτη και αμφίδρομη. Η επιλογή συστημάτων χρήσης βασίζεται στη διαθεσιμότητα της παραγωγής των συστημάτων υποδομής. Αντίστροφα, η ύπαρξη των πρώτων είναι απαραίτητη για την απορρόφηση της παραγωγής των δευτέρων.

Το αρχικό κόστος επενδύσεων της δεύτερης κατηγορίας είναι χαμηλό, επειδή έχει καταβληθεί στα συστήματα της πρώτης κατηγορίας, με τη βέλτιστη εκμετάλλευση των αρχών της θερμοδυναμικής, της αρχής της οικονομίας κλίμακας και των μεγαλύτερων χρηματοδοτικών σχημάτων. Εκ των πραγμάτων καταλήγει κανείς επομένως στη σύναψη μακρόχρονων σχέσεων, δεσμών ή εξαρτήσεων. Από κάθε σχέση εξάρτησης απορρέουν οφέλη αλλά και κίνδυνοι. Οι κίνδυνοι αυτοί υπάρχουν τόσο σε συγκεντρωτικά συστήματα, όπως στην κρατικά ελεγχόμενη ΔΕΗ στην Ελλάδα ή την EDF στη Γαλλία, όσο και σε μία πλήρως απελευθερωμένη αγορά, όπως απέδειξε η ηλεκτρική κρίση στην Καλιφόρνια το χειμώνα του 2000/2001.

Στην περίπτωση κεντρικά ελεγχόμενων συστημάτων οι κίνδυνοι επικεντρώνονται:

- Στο σχηματισμό μεγάλων, καθετοποιημένων φορέων, όπου δεν υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της λειτουργίας και της οικονομικότητας.
- Στην έλλειψη διαφάνειας στις σχέσεις προμηθευτή πρωτογενούς ενεργειακού πόρου, παραγωγού τελικής μορφής ενέργειας και καταναλωτή.
- Στη δημιουργία λευκών ελεφάντων που δεν μπορούν (ή δεν ενδιαφέρονται) να ανταποκριθούν στις ανάγκες της αγοράς και στις συνθήκες του ανταγωνισμού.

Στην περίπτωση μίας πλήρως απελευθερωμένης ή καλύτερα απορρυθμισμένης αγοράς (Liberalised vs. Deregulated) οι κίνδυνοι επικεντρώνονται:

- Στον, από τη φύση της, ολιγοπωλιακό χαρακτήρα της αγοράς, που επιτρέπει τη δημιουργία άτυπων καρτέλ.

- Στις άνισες συνθήκες ανταγωνισμού ανάμεσα σε επιχειρήσεις που λειτουργούν υπό διαφορετικά καθεστώτα και δραστηριοποιούνται στην ίδια αγορά.

Η λειτουργία θεσμικών ρυθμιστικών οργάνων σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο αποτελεί τη μοναδική δυνατότητα διασφάλισης της τήρησης των κανόνων του παιχνιδιού.

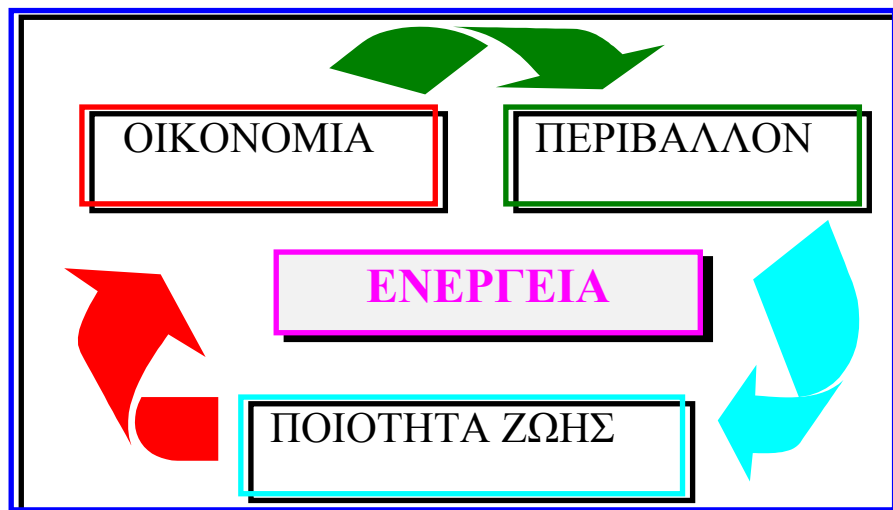
Η ανάλυση και η παρέμβαση σε αυτήν τη σχέση αποτελούν την ουσία του γνωστικού αντικείμενου της διαχείρισης ενέργειας. Αποτελούν επίσης το κύριο αντικείμενο της ενεργειακής πολιτικής και των (θεσμοθετημένων ή μη) οργάνων που ασχολούνται με τη χάραξή της.

3. Ενέργεια, οικονομία και περιβάλλον

3.1. Γενικά

Η σύγχρονη βιομηχανική και μεταβιομηχανική οικονομία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ύπαρξη ενέργειας σε μορφή κατάλληλη για την εκάστοτε εφαρμογή και κόστους τέτοιου που να μην καθίσταται απαγορευτική η χρήση της. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στη σχέση μεταξύ ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης, στην επίδραση του ενεργειακού κόστους στην οικονομία και σε μερικά βασικά ενεργειακά μεγέθη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελλάδας. Ακόμη, γίνεται αναφορά στα φαινόμενα της έλλειψης ενέργειας, όπως αυτό παρατηρήθηκε στην δεκαετία του 1970, ενώ μέσω ιστορικών παραδειγμάτων τεκμηριώνεται ότι το φαινόμενο αυτό είναι πολύ παλαιότερο απ' ό,τι συνήθως πιστεύεται. Εκτός, όμως, του προβλήματος της διαθεσιμότητας ενέργειας υπάρχει και το θέμα των αποτελεσμάτων της χρήσης της. Οι τεράστιες ποσότητες ενέργειας που καταναλώνονται επιβαρύνουν το περιβάλλον σε βαθμό που δεν μπορεί πάντα να προβλεφθεί και με συνέπειες που εκτείνονται χρονικά αρκετά μακριά στο μέλλον.

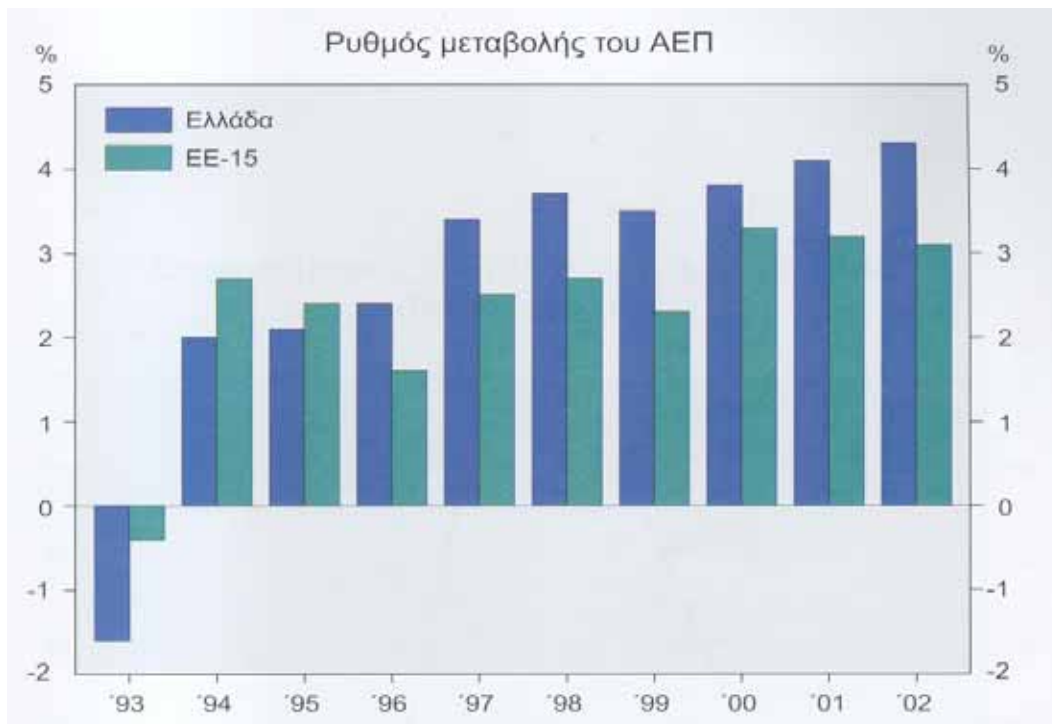
Ως σημαντικότερο πρόβλημα από την καύση ορυκτών καυσίμων θεωρείται πλέον το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η θεώρηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως μία δυνατότητα επίλυσης του προβλήματος της ενεργειακής επάρκειας αλλά και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης ταυτόχρονα είναι αρκετά διαδεδομένη. Υπάρχουν, ωστόσο, και περιορισμοί, που δεν μπορούν να παραβλέπονται όταν κανείς εξετάζει αυτήν τη λύση.



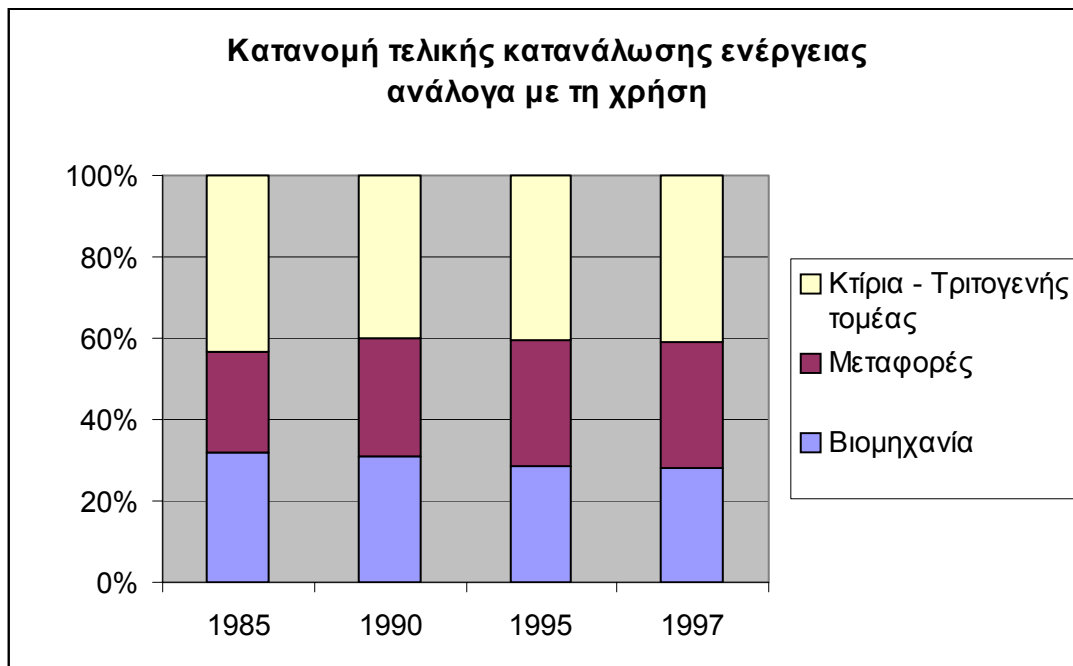
Το πρόβλημα της ενεργειακής διαχείρισης, και επομένως της επιλογής των καταλληλότερων ενεργειακών συστημάτων, εντοπίζεται στην βελτιστοποίηση των παραμέτρων οικονομίας, περιβάλλοντος και ποιότητας ζωής, διατηρώντας σταθερά και μία πολιτική διάσταση.

3.2. Οικονομική ανάπτυξη και χρήση ενέργειας

Στο κεφάλαιο της εισαγωγής παρουσιάστηκε διαγραμματικά η εξέλιξη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας στην διάρκεια της ιστορικής εξέλιξης του ανθρώπου. Το μέγεθος της κατανάλωσης αποτελεί έκφραση της ποιότητας ζωής. Κατά τον ίδιο, όμως, τρόπο αποτελεί και δείκτη της οικονομικής προόδου. Ταυτόχρονα, όμως, η πρόοδος αυτή επηρεάζεται ισχυρά από την ύπαρξη ή μη διαθέσιμη ενέργειας σε «προσιτό» κόστος, με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας να αποτελεί την πιο χαρακτηριστική ένδειξη της ανόδου του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών, αλλά και κοινωνικών, εξελίξεων. Κι αυτό, επειδή η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί τις υψηλότερες επενδύσεις από κάθε άλλη ενεργειακή μορφή. Από την άλλη, ενώ για την ικανοποίηση των αναγκών σε υγρά καύσιμα δεν υπάρχει, προς το παρόν, εναλλακτική λύση, για την παραγωγή ηλεκτρισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρκετές διαφορετικές πρωτογενείς πηγές ενέργειας, επιτρέποντας την διαμόρφωση εναλλακτικών στρατηγικών. Η εξάρτηση της οικονομικής ανάπτυξης από τη διαθεσιμότητα ενέργειας δικαιολογείται, αν παρατηρήσουμε τη συμβολή των τριών βασικών οικονομικών δραστηριοτήτων στην εξέλιξη και στη σύνθεση του Α.Ε.Π. για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στα σχήματα 3.1 και 3.2 αντίστοιχα. Οι κλάδοι των μεταφορών και του τριτογενούς τομέα, που απορροφούν όλο και περισσότερη ενέργεια, είναι οι κλάδοι της εκσυγχρονιζόμενης Ευρώπης, της «νέας οικονομίας» και της παροχής υπηρεσιών. Η μείωση της σημασίας, της παραδοσιακής βιομηχανίας, που χρησιμοποιούσε τον άνθρακα και το πετρέλαιο, και η μετάβαση σε μία οικονομία του φυσικού αερίου και της ηλεκτρικής ενέργειας συνδυάζονται με την απελευθέρωση της παραγωγής, διανομής και πώλησης αυτών των ενεργειακών πόρων, και δημιουργούν ένα καινούριο περιβάλλον.



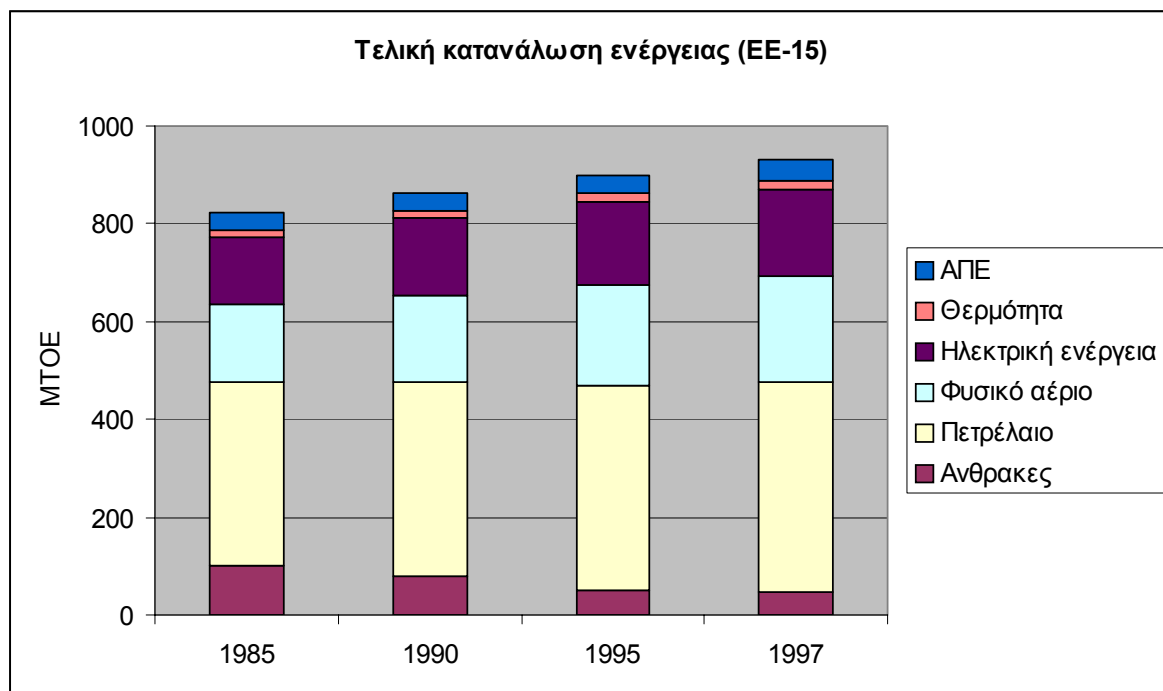
Σχήμα 3.1. Ρυθμός μεταβολής του ΑΕΠ στην ΕΕ των 15 και στην Ελλάδα



Σχήμα 3.2. Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα στην Ευρώπη των 15

Οι εξελίξεις αυτές γίνονται πιο κατανοητές αν παρατηρήσει κανείς την εξέλιξη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανάλογα με τη μορφή της, στο σχήμα 3.3. Στο σχήμα αυτό παρουσιάζεται η συμμετοχή των ενεργειακών πόρων σε επίπεδο τελικής κατανάλωσης:

- Ο άνθρακας για καύση πχ στη χαλυβουργία.
- Το πετρέλαιο για μεταφορές και θέρμανση
- Το φυσικό αέριο για καύση στη βιομηχανία
- Η θερμότητα για τηλεθέρμανση κτιρίων και γεωργικές εφαρμογές ως προϊόν άλλων διεργασιών
- Ο ηλεκτρισμός που προέρχεται από άνθρακα, πυρηνική ενέργεια και αιολικά και υδροηλεκτρικά «μεγάλα» συστήματα ΑΠΕ
- Η γεωθερμία για θέρμανση κτιρίων και γεωργικές εφαρμογές
- Οι «μικρότερες» ΑΠΕ όπως οι ηλιακοί συλλέκτες και τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά στοιχεία.

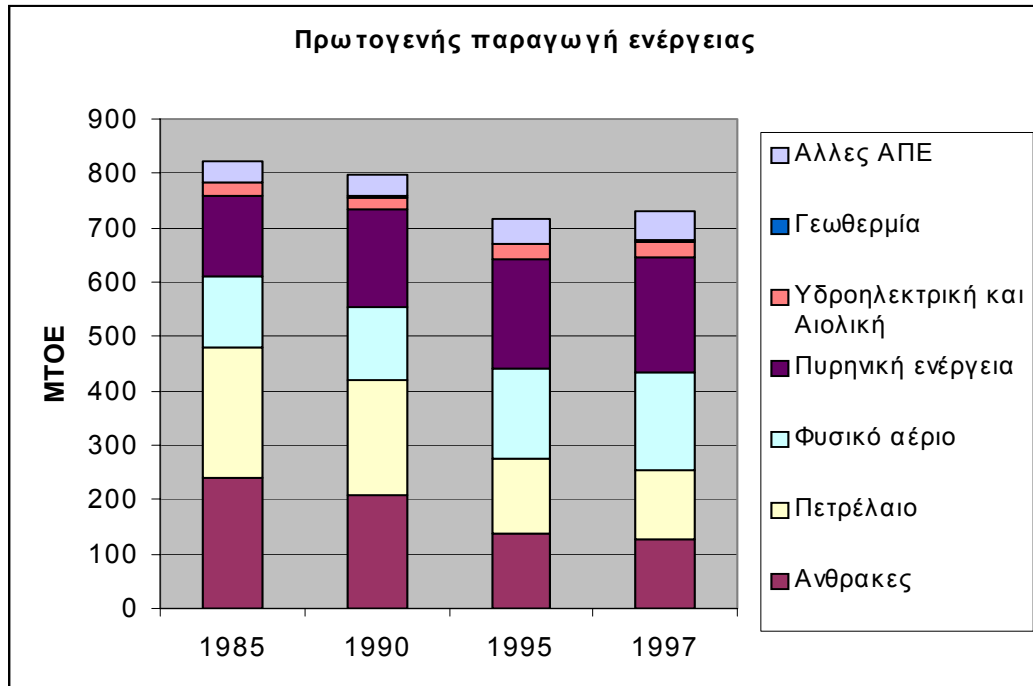


Σχήμα 3.3. Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά πόρο στην Ευρώπη των 15

Η ραγδαία μείωση της συμβολής του άνθρακα, που υποκαθίσταται κυρίως από το φυσικό αέριο, αποτελεί χαρακτηριστική ένδειξη των όσων συμβαίνουν την τελευταία εικοσαετία. Η κατακόρυφη άνοδος του επιπέδου ζωής στην Ευρώπη μετά το 1945 βασίστηκε στην βιομηχανική ανάπτυξη χάρη στην διάδοση της χρήσης "ενεργοβόρων" καταναλωτικών, βιομηχανικών αγαθών από το σύνολο των κοινωνικών τάξεων του δυτικού κόσμου, αλλά και την υιοθέτηση ενός τρόπου ζωής πολύ πιο "εξυπηρετικού για τον χρήστη" απ' ό,τι στις αρχές του αιώνα. Η βελτίωση του επιπέδου της ποιότητας ζωής, πέρα από τη φιλοσοφική έννοια που μπορεί να έχει ο όρος, οφείλεται στην δυνατότητα απόκτησης και χρήσης καταναλωτικών συσκευών. Οφείλεται στην δυνατότητα μεταφοράς, συντήρησης και διάθεσης αγαθών. Οφείλεται, τέλος, στην ευκολία μετακίνησης και στο υψηλότερο επίπεδο διαβίωσης, τόσο στην κατοικία όσο και στο χώρο εργασίας. Το σύνολο αυτών των αλλαγών βασίστηκε, μεταξύ άλλων, στην παρουσία ενέργειας σε ποσότητες μεγαλύτερες από ποτέ, και μάλιστα συγκεκριμένης μορφής. Η διατήρηση αυτού του τρόπου ζωής εξακολουθεί να βασίζεται στην ενεργειακή επάρκεια, συνδυαζόμενη με την ανάγκη επίτευξης του χαμηλού κόστους της ενέργειας, αλλά και της μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της.

Η διάδοση του αερίου, που είναι υπό αυτήν την έννοια ένα «σύγχρονο» καύσιμο, αποτελεί το λογικό αποτέλεσμα. Ταυτόχρονα, όμως, παρατηρείται και μία αύξηση της συμμετοχής της ηλεκτρικής ενέργειας ως τελική μορφή ενέργειας, που με δεδομένη την ξεχωριστή αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) εξηγείται με την αύξηση της συμμετοχής των αιολικών και υδροηλεκτρικών συστημάτων, αλλά και της χρήσης των πυρηνικών σταθμών. Οι εξελίξεις αυτές καθίστανται πιο ευκρινείς αν

κανείς παρατηρήσει την εξέλιξη της πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας στο σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4. Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας ανά πόρο στην Ευρώπη των 15

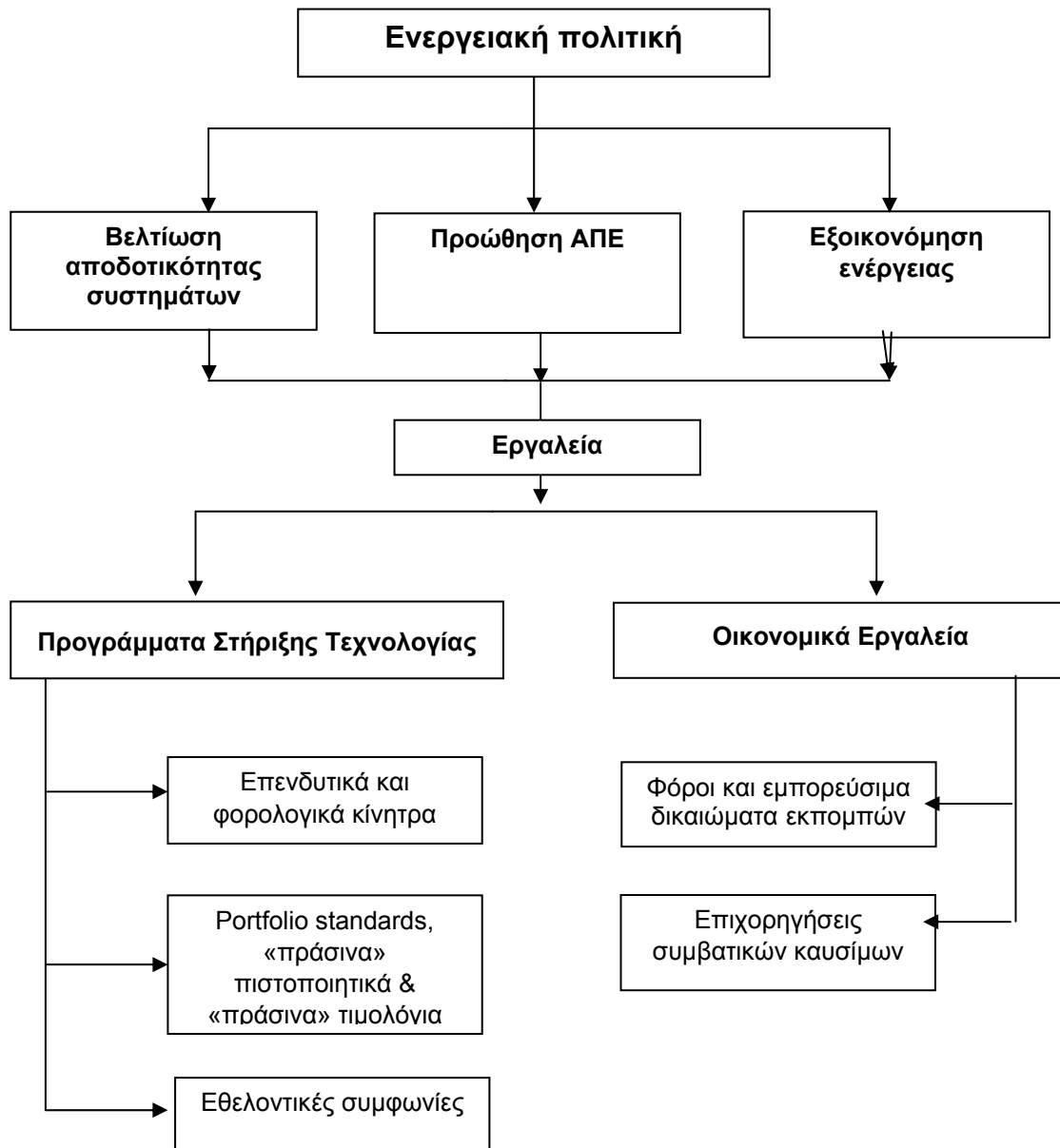
Η ταχύτερη επέκταση των διευρωπαϊκών δικτύων φυσικού αερίου αποτελούν την καλύτερη ίσως τεκμηρίωση αυτής της εξέλιξης, όπως φαίνονται στο σχήμα 3.5



Σχήμα 3.5. Υφιστάμενα, κατασκευαζόμενα και σχεδιαζόμενα δίκτυα αερίου στην Ευρώπη

Η συνολική προσέγγιση, σε επίπεδο σχεδιασμού, της ενεργειακής πολιτικής, μαζί με τα αντίστοιχα «εργαλεία» υλοποίησής, φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 3.6.

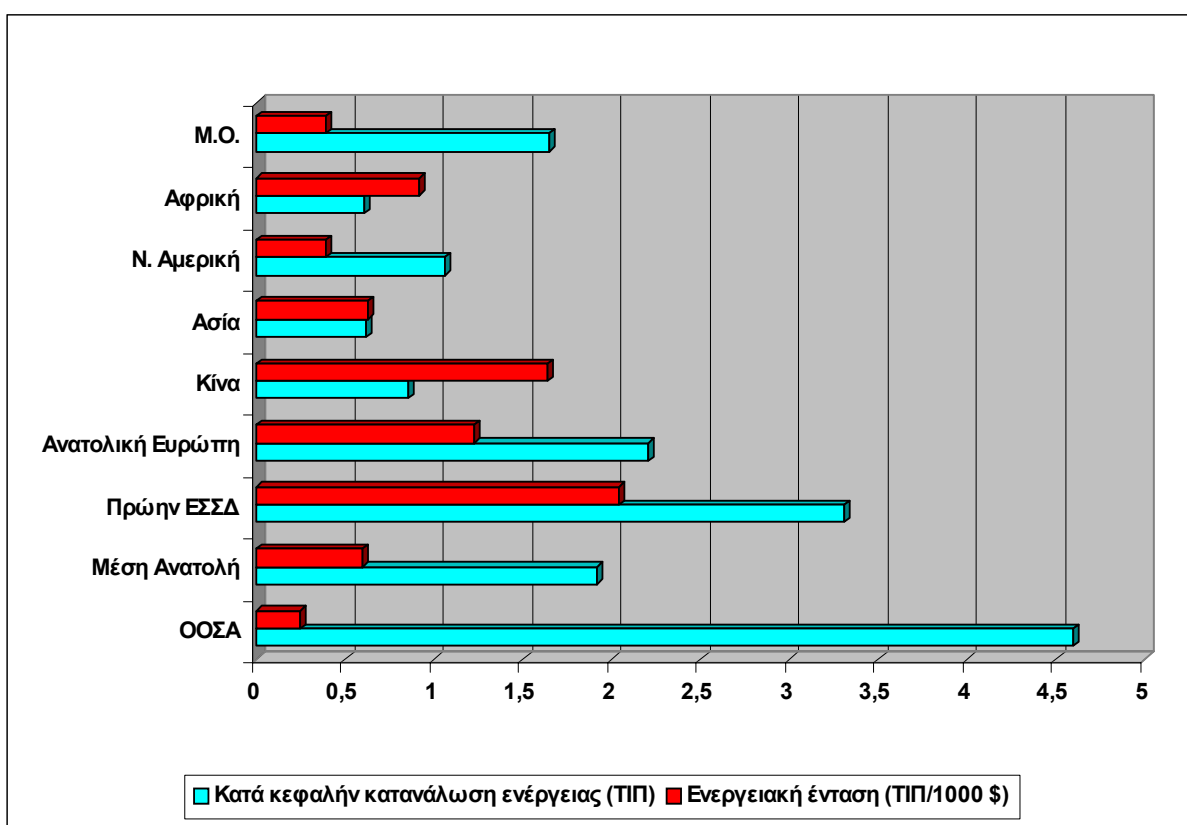
Ενεργειακή πολιτική



Σχήμα 3.6. Δομή ενεργειακής πολιτικής και δυνατότητες υλοποίησής της.

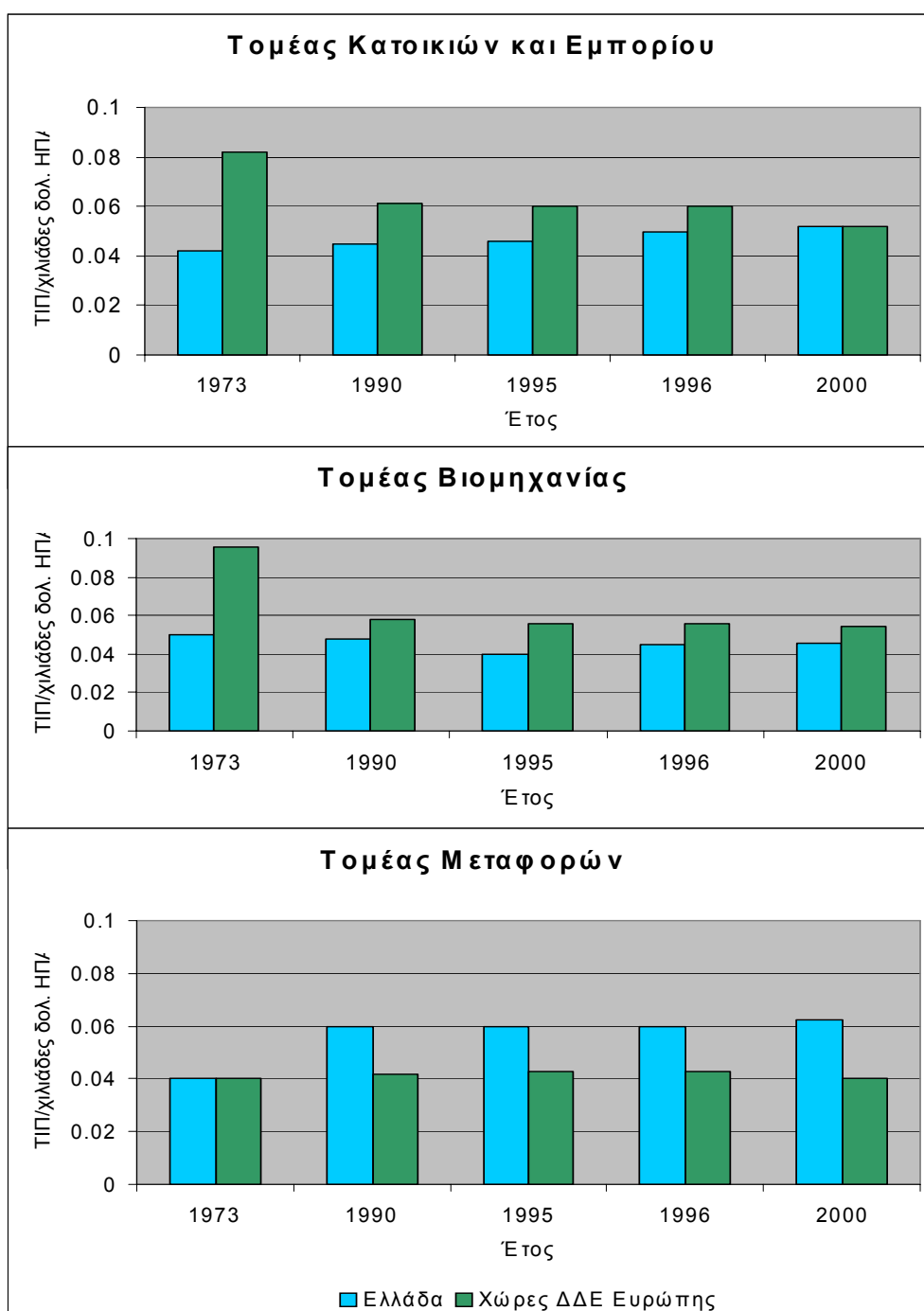
3.3. Ενεργειακή πολιτική και ορθολογική χρήση ενέργειας

Στόχος μίας λογικής ενεργειακής πολιτικής δεν μπορεί να είναι παρά η ορθολογική χρήση της ενέργειας. Υπό αυτήν την έννοια, η ένδειξη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας δεν αποτελεί κριτήριο μίας αναπτυγμένης οικονομίας, αλλά ενδεχομένως μίας «σπάταλης» ή τεχνολογικά υποανάπτυκτης. Το ζητούμενο είναι η ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή μίας «μονάδας» εθνικού πλούτου, κατ' αντιστοιχία του βαθμού απόδοσης ενός κινητήρα. Εξετάζεται επομένως ο δείκτης της ενεργειακής έντασης, που αποτελεί την έκφραση του λόγου κατανάλωσης ενέργειας προς Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν. Είναι χαρακτηριστικό ότι, όπως φαίνεται στα στοιχεία του σχήματος 3.7, οι χώρες του ΟΟΣΑ (κατά τεκμήριο οι πιο προηγμένες) έχουν δείκτη ενεργειακής έντασης 4 έως 6 φορές μικρότερο από την Κίνα ή τις χώρες της πρώην ΕΣΣΔ, ενώ έχουν σαφώς υψηλότερη κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση.



Σχήμα 3.7. Κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας και δείκτης ενεργειακής έντασης.

Ακόμη, όμως, και μέσα στα πλαίσια των ευρωπαϊκών χωρών-μελών της ΔΕΕ υπάρχουν σημαντικές διαφορές, αν δει κανείς τους δείκτες ενεργειακής έντασης της Ελλάδας ανά τομέα δραστηριότητας, σε σχέση με τον μέσο όρο. Επισημαίνεται ότι από αυτήν την άποψη η Ελλάδα βρίσκεται (1998-99) στην τελευταία θέση κι ενώ οι δείκτες της ΣΕΕ μειώνονται της Ελλάδας παρουσιάζουν αυξητικές (ή στην καλύτερη περίπτωση σταθεροποιητικές) τάσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.8.

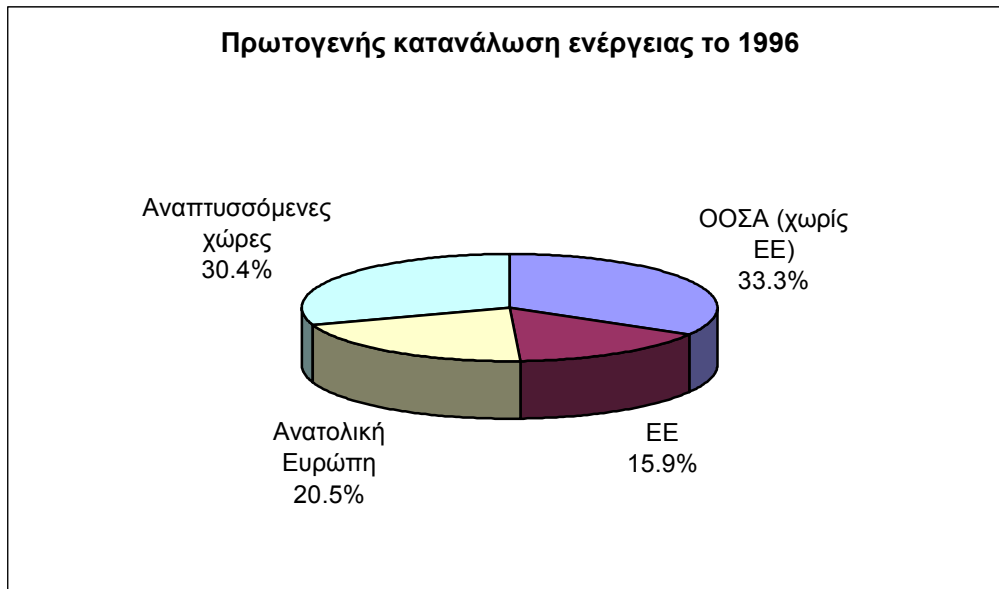


Σχήμα 3.8. Δείκτες ενεργειακής έντασης ανά τομέα στην Ελλάδα και στις ευρωπαϊκές χώρες της Διεθνούς Ενωσης Ενέργειας (IEA)

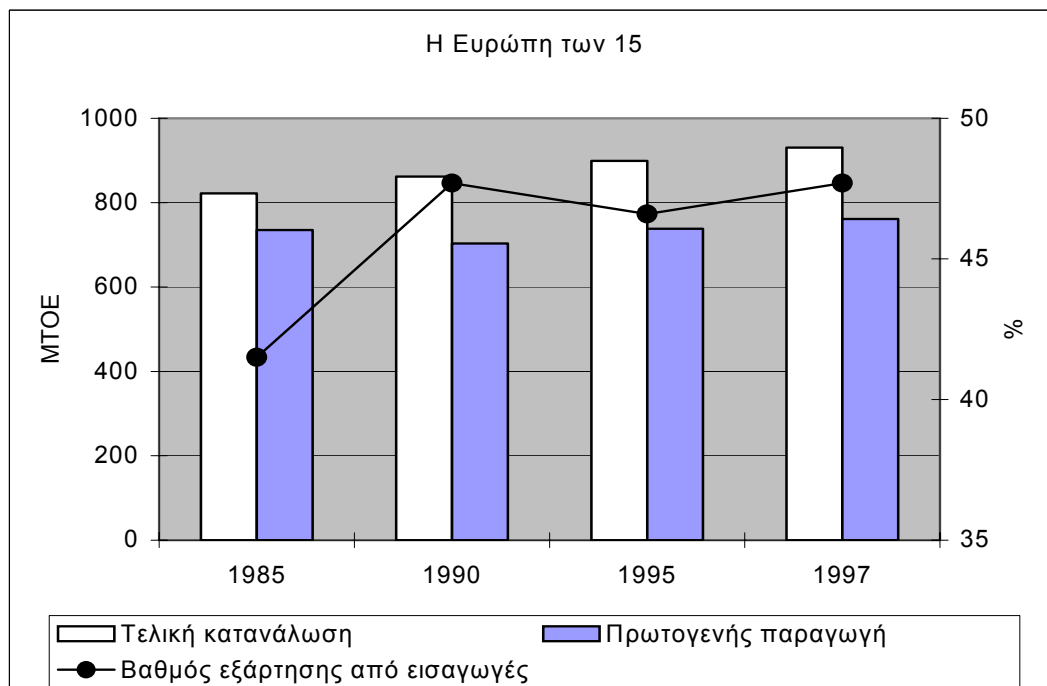
3.4. Ενεργειακή επάρκεια και ενεργειακό κόστος

Η διαμόρφωση συνθηκών ισορροπίας και επάρκειας στην ενεργειακή αγορά εξαρτώνται, όπως είναι λογικό, από τη σχέση ζήτησης και προσφοράς. Η παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση ανερχόταν το 1996 σε 8,9 δισεκατομμύρια ΤΠΠ, ενώ το 2000 εκτιμάται ότι ανήρθε σε 9,3. Η κατανομή της κατανάλωσης είναι σαφώς αναντίστοιχη της κατανομής του πληθυσμού.

Αν θεωρήσουμε συνολικά τις χώρες-μέλη του Ο.Ο.Σ.Α. και τις χώρες του πρώην ανατολικού μπλοκ ως τις κατά τεκμήριο οικονομικά αναπτυγμένες χώρες, τότε παρατηρούμε ότι οι δύο αυτοί καταναλωτές απορροφούν το 70% της συνολικής ενέργειας, ενώ όλος ο υπόλοιπος κόσμος καταναλώνει μόλις 30,4%. Η Δυτική Ευρώπη μόνο, έχοντας περίπου το 6.5% του παγκόσμιου πληθυσμού καταναλώνει το 16% της συνολικής ενέργειας (σχήμα 3.9). Η κατανομή αυτή αποτελεί σαφή ένδειξη των διαφορών στο βαθμό ανάπτυξης και στο επίπεδο ζωής που υπάρχουν στον κόσμο συνολικά.



Σχήμα 3.9. Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας στον κόσμο



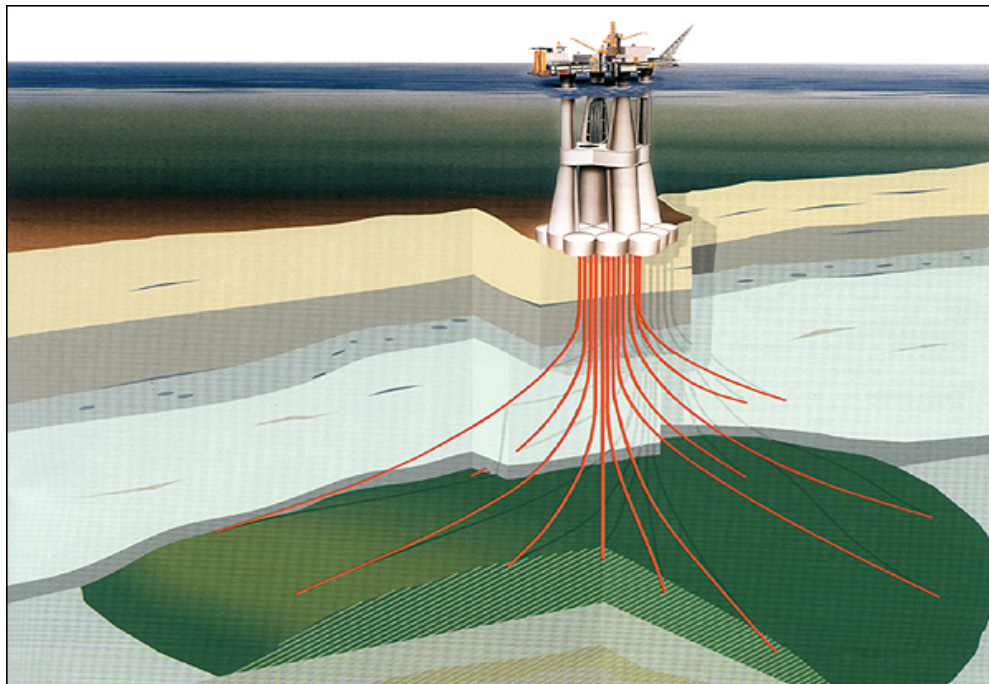
Σχήμα 3.10. Βαθμός εξάρτησης της ΕΕ των 15 από εισαγωγές.

Οι εισαγωγές ενέργειας, που καλύπτουν τις ανάγκες των κρατών που προαναφέρθηκαν, αφενός μεν δημιουργούν τη σχέση εξάρτησης, που για την ΕΕ φαίνεται στο σχήμα 3.10, αφετέρου προϋποθέτουν την ύπαρξη διαθέσιμων κοιτασμάτων σε άλλες περιοχές της γης. Στο σημείο αυτό, επομένως μπορούμε επομένως να εξετάσουμε τα παγκόσμια κοιτάσματα και τη γεωγραφική κατανομή τους. Στον πίνακα 3.1, δίνονται τα βεβαιωμένα παγκόσμια κοιτάσματα υδρογονανθράκων, ως απόλυτες ποσότητες σε MJ * 10¹².

Πίνακας 3.1. Βεβαιωμένα αποθέματα ενέργειας [σε MJ* 10¹²]

Περιοχή	Πετρέλαιο	Ανθρακας	Φυσικό αέριο	Σύνολο
Βόρειος Αμερική	236	7,788	311	8,335
Νότιος Αμερική	731	201	250	1,182
Ε.Ε.	132	2,747	238	3,117
Αραβικές Χώρες	3,473	0	1,179	4,652
Αφρική	336	1,898	269	2,503
Αυστραλία	114	2,720	242	3,076
Ασία	139	5,446	35	5,620
πρ. ΕΣΣΔ	363	7,047	1,578	8,988
Λοιποί	10	2,254	31	2,295
Σύνολο	5,534	30,101	4,133	39,768

Για να σχηματίσουμε μία καλύτερη εικόνα της σημασίας αυτών των μεγεθών μπορούμε να εξετάσουμε τη χρονική διάρκεια εξαντλήσεως των αποθεμάτων ως συνάρτηση του ρυθμού κατανάλωσής τους. Αν υιοθετηθεί ο ρυθμός αύξησης κατανάλωσης του διαστήματος 1990-1995, που ήταν 2.6% ετησίως, τότε ο χρονικός ορίζοντας εξάντλησης προσδιορίζεται στο 2050. Πρόκειται για έναν αρκετά υψηλό ρυθμό, που μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιπροσωπεύει ένα απαισιόδοξο σενάριο ενεργειακής επάρκειας. Σύμφωνα με αυτό το σενάριο, τα κοιτάσματα πετρελαίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στις Η.Π.Α. προβλέπεται να έχει εξαντληθεί ως το 2000, ενώ αυτά των Αραβικών χωρών θα έχουν εξαντληθεί ως το τέλος του 21ου αιώνα, εφόσον ο ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης παρέμενε σταθερός. Στην περίπτωση αυτή, όμως, θα πρέπει να αυξηθεί ο ρυθμός εκμετάλλευσης των πλουσιότερων κοιτασμάτων, της Νοτίου Αμερικής, των Αραβικών χωρών και της Δυτικής Αφρικής, μετά το 2000 προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες των υπολοίπων περιοχών του κόσμου, που είναι και οι μεγαλύτεροι καταναλωτές. Αυτή η εξέλιξη, όμως, θα έχει ως συνέπεια την ταχύτερη εξάντληση των κοιτασμάτων αυτών, με τελικό αποτέλεσμα το πετρέλαιο παγκοσμίως να έχει εξαντληθεί ως το 2020.

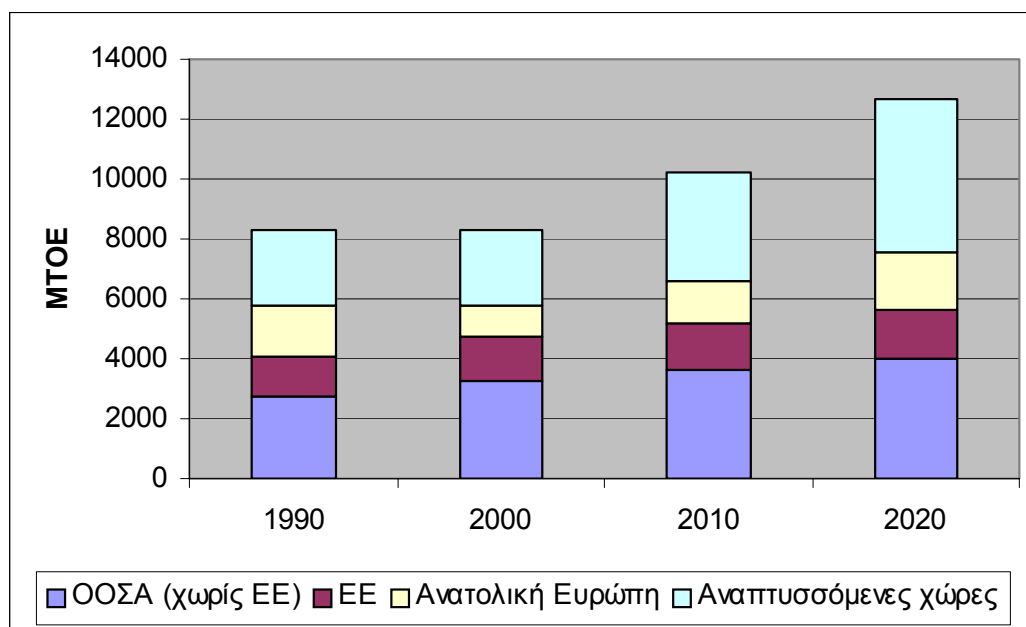


Σχήμα 3.11. Τεχνική οριζόντιας εκμετάλλευσης κοιτάσματος πετρελαίου

Αν αντίθετα υιοθετηθεί ένα πιο αισιόδοξο σενάριο, σταθεροποίησης του ρυθμού κατανάλωσης τότε παρατηρείται μία παράταση του χρονικού ορίζοντα εξάντλησης των κοιτασμάτων ως τις αρχές του 22ου αιώνα. Η σημαντική αυτή παράταση οφείλεται στον περιορισμό της ζήτησης από πλευράς των μεγάλων καταναλωτών, που θα επιβραδύνει την εξάντληση των κοιτασμάτων της Νοτίου Αμερικής, των Αραβικών χωρών και της Δυτικής Αφρικής, και που εκτιμάται ότι θα συμβεί στα τέλη του 21ου αιώνα. Ανάλογα παρατείνεται και η διάρκεια ζωής των αποθεμάτων άνθρακα και φυσικού αερίου. Όπως προκύπτει από αυτά τα στοιχεία, τα βεβαιωμένα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου, άνθρακα και φυσικού αερίου επαρκούν τουλάχιστον για μερικές δεκαετίες, ενώ με μία ορθολογική διαχείριση το όριο εξάντλησής τους παρατείνεται σημαντικά.

Τέλος, δεν πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι οι διαρκείς βελτιώσεις των τεχνολογιών εντοπισμού και άντλησης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου καθιστούν κοιτάσματα εκμεταλλεύσιμα, τα οποία μέχρι σήμερα θεωρούνταν αντισυμβατικά. Τέτοιες τεχνολογίες αφορούν, μεταξύ άλλων, το δορυφορικό εντοπισμό κοιτασμάτων ακρίβεια ή την οριζόντια διάτρηση της υφαλοκρηπίδας (Σχήμα 3.11), που καθιστά περιττή την ανάγκη μίας νέας, δαπανηρής γεώτρησης.

Ωστόσο, οι προβλέψεις τείνουν μάλλον προς την απαισιόδοξη εκδοχή. Στο σχήμα 3.9 είδαμε ότι ο οικονομικά «μη αναπτυγμένος» κόσμος απορροφούσε το 30% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Η κατανομή αυτή αναμένεται να ανατραπεί μέσα στην επόμενη εικοσαετία, με τον τρόπο που φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα 3.12.



Σχήμα 3.12. Προοπτικές εξέλιξης της κατανάλωσης ενέργειας ανά περιοχή του κόσμου

Το ενεργειακό πρόβλημα από την άποψη της παραγωγής, επομένως, είναι η διαφοροποίηση της γεωγραφικής κατανομής παραγωγών και καταναλωτών ενέργειας. Αντίστοιχα, το ενεργειακό πρόβλημα από την άποψη της ζήτησης έγκειται στο ότι η ανθρώπινη κοινωνία του τέλους του 20ου αιώνα έχει συνδέσει τον τρόπο ζωής της με μία συγκεκριμένη πηγή, τα υγρά καύσιμα, σε βαθμό που ποτέ στο παρελθόν δεν είχε συμβεί κάτι τέτοιο, και δεν έχει ανακαλύψει ακόμη μία εναλλακτική ενεργειακή λύση που να μην απαιτεί ριζικές αλλαγές στις συνθήκες διαβίωσης. Τα υγρά καύσιμα αποτελούν την κινητήρια δύναμη, όχι μόνο της πλειοψηφίας των μεταφορικών μέσων, αλλά κυρίως της οικονομίας. Μία απότομη αύξηση του κόστους τους αρκεί για την εμφάνιση αποσταθεροποιητικών τάσεων σε μία πληθώρα τομέων, όπως φάνηκε, έστω και για ένα μόλις εξάμηνο, μέσα στο 2000. Η ελληνική αγορά, που παραμένει ιδιαίτερα εξαρτημένη από το πετρέλαιο, αποτελεί το αρνητικό παράδειγμα με τις έντονες επιπτώσεις που είχε η απότομη αύξηση της τιμής στη λειτουργία της οικονομίας.

3.5. Ενεργειακή ή οικονομική κρίση

Αναφερθήκαμε ήδη μερικές φορές στις "ενεργειακές κρίσεις" του 1973 και του 1979, θεωρώντας τον όρο ως γνωστό και δόκιμο. Ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στα χρόνια του Β' παγκοσμίου πολέμου. Σχεδόν όλες οι χώρες που συμμετείχαν σ' αυτόν αναγκάστηκαν να επιβάλλουν κατά τη διάρκειά του αυστηρούς περιορισμούς στην κατανάλωση πετρελαίου, άνθρακα και ηλεκτρικής ενέργειας. Ήταν μία κατάσταση που είχε σημαντικές επιπτώσεις στον τρόπο ζωής των ανθρώπων, ήταν όμως αναπόφευκτη και θεωρήθηκε φυσιολογική και αυτονόητη στα

πλαίσια των πολεμικών προσπαθειών. Για την περιγραφή της χρησιμοποιήθηκε ο όρος "ενεργειακή κρίση" ("energy crisis"), ανταποκρινόμενος εύστοχα στην έλλειψη καυσίμων. Από τότε έχει συνηθιστεί να αποκαλείται ενεργειακή κρίση η αιφνίδια μείωση της διαθέσιμης ή παρεχόμενης ενέργειας και ο όρος έγινε ευρύτατα γνωστός στην δεκαετία του 1970 με τις κρίσεις του 1973 και του 1979. Στις πρόσφατες αυτές περιπτώσεις, ωστόσο, δεν έπαψε να ρέει η ενέργεια. Επρόκειτο περισσότερο για έναν προσωρινό περιορισμό της διάθεσής της εξαιτίας της αλματώδους αύξησης του κόστους της, που θα μπορούσε να αποδοθεί πιο εύστοχα με τον όρο "ενεργειακή ανεπάρκεια" ("energy shortage"). Ανεξάρτητα, όμως, από την ονοματολογία το φαινόμενο είναι πολύ παλαιότερο και υπήρξε σε κάποιες ιστορικές περιόδους τουλάχιστον τόσο έντονο όσο και στην εποχή μας.

Όταν, στις αρχές του 20ου αιώνα το πετρέλαιο άρχισε να διεκδικεί από τον άνθρακα τα πρωτεία στο χώρο των ενεργειακών πηγών, η μετάβαση από την ατμομηχανή στη μηχανή εσωτερικής καύσης υπήρξε μία ομαλή διαδικασία που ολοκληρώθηκε στο διάστημα μιας περίπου εικοσαετίας. Δεν ανέκυψε ποτέ πρόβλημα εξάντλησης του άνθρακα, παρά μόνο η προοπτική της εκμετάλλευσης μίας πιο αποδοτικής τεχνολογικής δυνατότητας και της χρήσης μίας πιο περιεκτικής πηγής ισχύος. Το μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο του πετρελαίου και η ευκολία και ευελιξία της χρήσης του το καθιέρωσαν σύντομα ως την κυριότερη ενεργειακή πηγή. Η εξάρτηση από αυτό, υπό "φυσιολογικές" συνθήκες έγινε κοινή συνείδηση μερικές δεκαετίες αργότερα. Το χειμώνα του 1973 και το φθινόπωρο του 1979 δεν εξαντλήθηκε το πετρέλαιο, ούτε σταμάτησε η άντληση και η μεταφορά του στις χώρες της Ευρώπης, ενώ τα ελεύθερα διαθέσιμα αποθέματα φυσικού αερίου και άνθρακα υπερέβαιναν κατά πολύ τις ανάγκες αυτών των χωρών. Υπό αυτήν την έννοια οι "ενεργειακές κρίσεις" του 1973 και του 1979 δεν υπήρξαν ποτέ κρίσεις έλλειψης πρωτογενούς ενέργειας, παρά μόνο συνέπεια των απότομων αυξητικών μεταβολών στην τιμή των υγρών, και μόνο, καυσίμων στην παγκόσμια αγορά, λόγω οικονομικών και πολιτικών συγκυριών, όπως ήταν ο αραβο-ισραηλινός πόλεμος και η πτώση του καθεστώτος του Σάχη στο Ιράν. Ο αντίκτυπος των αυξήσεων αυτών στην οικονομία υπήρξε ιδιαίτερα σημαντικός, όπως μεγάλος ήταν κι ο πανικός που προκλήθηκε στην κοινή γνώμη ολόκληρου του δυτικού κόσμου μπροστά στην πιθανότητα και μόνο διακοπής της ροής του πετρελαίου, κι όχι αδικαιολόγητα.

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα η οικονομική ανάπτυξη της μεταπολεμικής περιόδου βασίστηκε στην δεδομένη επάρκεια ενέργειας μίας συγκεκριμένης μορφής και τη συνεχή αύξηση της κατανάλωσής της από ολοένα και περισσότερα βιομηχανικά προϊόντα, κι όλα αυτά έναντι ενός ελάχιστου αντιτίμου: το βαρέλι του πετρελαίου στοίχιζε 2.60 \$ Η.Π.Α. το 1948 και 3.39 \$ το 1972. Σε σταθερές δε τιμές, με βάση το δείκτη των Η.Π.Α., το κόστος το 1972 ήταν μόλις 1.85 \$, είχε μειωθεί δηλαδή κατά σχεδόν 30% σε 25 χρόνια. Παρ' ότι το ενεργειακό κόστος στην Ευρώπη ήταν συγκριτικά υψηλότερο απ' ότι στις Η.Π.Α., δεν έπαυε σε απόλυτες τιμές να είναι σχετικά χαμηλό. Το χαμηλό αυτό κόστος συνέβαλε σημαντικά στην βιομηχανική και οικονομική ανάπτυξη στο διάστημα 1950-1970. Η αλματώδης αύξηση το 1973-74 και οι έντονες μεταβολές της στο διάστημα 1979-1985 καταδεικνύουν το μέγεθος του προβλήματος. Η κατάσταση εξομαλύνθηκε στο δεύτερο μισό της δεκαετίας του 1980-90 και το πετρέλαιο στοίχιζε περίπου 15-17 \$ το βαρέλι, σε σταθερές τιμές επομένως

ήταν λίγο ακριβότερο από τα επίπεδα του 1972. Η πολύπλοκη δομή του προβλήματος, τουλάχιστον από την οικονομική άποψη, φάνηκε και με την κρίση του Περσικού κόλπου το 1990/91. Η τιμή του πετρελαίου σημείωσε αρχικά μία αύξηση από τα 16\$ στα 27\$, για να πέσει όμως, ξανά, σύντομα στα 17\$. Η ανακούφιση διαδέχτηκε τους φόβους για δραστικά περιοριστικά μέτρα. Στη συνέχεια, και μετά την πλήρη αποδυνάμωση του ΟΠΕΚ, η τιμή συνέχισε να μειώνεται, φτάνοντας στα τέλη του 1998 τα 11\$, τιμή που σε παρούσα αξία είναι περίπου 2,5\$, δηλαδή ελάχιστα υψηλότερη αυτής του 1972. Στη διετία 1999-2000 η τιμή του πετρελαίου παρουσίασε μία απότομη αύξηση ξεπερνώντας ξανά τα 34\$. Αποδείχτηκε, με κάθε επιφύλαξη λόγω του μικρού χρόνου που έχει παρέλθει, μικρής έντασης, κυρίως επειδή η διαφοροποίηση της αγοράς ενέργειας (εξαιτίας του φυσικού αερίου και της πυρηνικής ενέργειας) έχουν καταστήσει το αγαθό «πετρέλαιο» πολύ πιο ελαστικό ως προς τη ζήτησή του, σε σχέση με τη δεκαετία του 1970.

Οι πιθανές μελλοντικές εξελίξεις της τιμής του πετρελαίου αποτελούν έναν από τους δυσκολότερους τομείς των προβλέψεων, με αποτέλεσμα να συναντώνται πάρα πολλά, και συχνά εξαιρετικά διαφορετικά μεταξύ τους, σενάρια. Η ζωή του μέσου ανθρώπου το 2000 εξαρτάται άμεσα, σε καθημερινό επίπεδο και σε πολύ μεγάλο βαθμό από το πετρέλαιο, όχι όμως τόσο, όσο πριν από 20 χρόνια.

3.6. Ενέργεια και περιβάλλον

Ως τώρα έγινε αναφορά στην επάρκεια της ενέργειας και στον συσχετισμό της με την οικονομία, επισημαίνοντας τις υφιστάμενες, βαθιές, αμοιβαίες επιδράσεις των δύο αυτών εννοιών. Αυτό αποτελεί ωστόσο τη μία μόνο όψη του προβλήματος. Η άλλη αναφέρεται στο συσχετισμό μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλεί η κατανάλωση αυτή. Όπως η έλλειψη ενέργειας έτσι και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της δεν αποτελούν φαινόμενα αποκλειστικά του 20ου αιώνα.

Ο χρονικός ορίζοντας που πρέπει να συνοδεύει τις δύο θεωρήσεις, ενέργεια - οικονομία και ενέργεια - περιβάλλον, είναι διαφορετικός. Για τη χάραξη μίας ενεργειακής-οικονομικής πολιτικής μπορούμε, με αρκετή ασφάλεια, να θεωρήσουμε ένα περιθώριο 20 έως 30 ετών επάρκειας των υδρογονανθράκων αρκετό, και την πολιτική αυτή, κατά συνέπεια, μακροπρόθεσμη. Όταν όμως προσπαθήσουμε να εξετάσουμε την περιβαλλοντική άποψη της χρήσης τους εξετάζουμε φαινόμενα με μακραίωνες συνέπειες, που υπερβαίνουν κατά πολύ τον χρονικό ορίζοντα που συνήθως αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος και που προσεγγίζουν την ιστορική έννοια του χρόνου.

Σχεδόν η κάθε ανθρώπινη, εκμηχανισμένη, δραστηριότητα συνεπάγεται και μία μορφή ρύπανσης, όπως είναι η χημική, η θερμική, η ραδιενεργός και η παραγωγή στερεών και υγρών αποβλήτων. Η καύση των στερεών και υγρών καυσίμων οδηγεί αναπόφευκτα στην παραγωγή όλων αυτών των κατηγοριών ρύπων, πλην των ραδιενεργών. Οι επιπτώσεις της "αλόγιστης" ενεργειακής, αλλά και οικονομικής, ευμάρειας των δεκαετιών του 1950 και 1960, και η ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος, άρχισαν να γίνονται κοινή συνείδηση με αφορμή συμβάντα όπως η εμφάνιση της αιθαλομίχλης στο Λονδίνο της δεκαετίας του 1950 και του φωτοχημικού

νέφους στο Λος Αντζελες στη δεκαετία του 1970. Η ευρύτερη συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων συνέπεσε με τις δύο ενεργειακές κρίσεις στην δεκαετία του '70.

Ως συνέπεια των πρώτων έντονων φαινομένων περιβαλλοντικής ρύπανσης θεσπίστηκαν τα πρώτα νομοθετικά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών ρύπων, κυρίως του μονοξειδίου του άνθρακα και της αιθάλης, το "London's smog act" και το "State of California environmental protection law". Τα μέτρα αυτά αποτέλεσαν τα πρώτα συγκεκριμένα, θετικά βήματα προς την κατεύθυνση της προστασίας του περιβάλλοντος και υποχρέωσαν και τις υπόλοιπες χώρες να ακολουθήσουν.

Στις δεκαετίες που είχαν προηγηθεί τα πρόβλημα της καύσης υδρογονανθράκων αντιμετωπίστηκε ως θέμα βελτιστοποίησής της. Στο βαθμό που αντιμετωπιζόταν το θέμα του περιορισμού των εκπομπών ρύπων, στόχος ήταν η ελαχιστοποίηση της παραγωγής του μονοξειδίου του άνθρακα με την περαιτέρω οξειδωσή του σε διοξείδιο, ο περιορισμός της εκπομπής αιθάλης και οξειδίων του αζώτου και βέβαια η αύξηση του βαθμού απόδοσης της εκάστοτε συντελούμενης διεργασίας. Στη δεκαετία του 1980, ωστόσο, επήλθε μία σημαντική ποιοτική διαφοροποίηση του προβλήματος, με τη συνειδητοποίηση της καταστροφής των δασών και των μνημείων από την "όξινη βροχή", του "φαινομένου του θερμοκηπίου" και της "τρύπας του όζοντος". Η Ακαδημία των Επιστημών των Η.Π.Α. (US National Academy of Science) διαπίστωσε, ήδη από το 1977, ότι "ο βασικός περιοριστικός παράγοντας της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων (φυσικού αερίου, πετρελαίου και άνθρακα) στους επόμενους αιώνες θα είναι η επιρροή της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα στις κλιματικές συνθήκες".

Η δεκαετία 1980-90 χαρακτηρίζεται αναμφίβολα από την ευρεία εξάπλωση των περιβαλλοντολογικών ανησυχιών, κινήσεων και συζητήσεων στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης και στις Η.Π.Α.. Η έννοια της προστασίας του περιβάλλοντος έπαψε να αποτελεί πεδίο δραστηριότητας μεμονωμένων ατόμων και μικρών, συχνά περιθωριακών, ομάδων και εξελίχθηκε σε έναν σημαντικό παράγοντα στη λήψη αποφάσεων στο χώρο της βιομηχανίας, της οικονομίας και της πολιτικής. Ταυτόχρονα, το άνοιγμα των συνόρων προς τις χώρες-μέλη της πρώην ΚΟΜΕΚΟΝ αποκάλυψε ιδιαίτερα μεγάλου μεγέθους περιβαλλοντικά προβλήματα, που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Στο τέλος του 20ου αιώνα έχει γίνει αντιληπτό, ότι η επιβάρυνση του περιβάλλοντος εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων γίνεται σε μεγάλη κλίμακα, κατά πολλούς και περίπλοκους τρόπους και με μακρόχρονες, βαθιές και δύσκολα προβλέψιμες συνέπειες. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα αντιμετωπιστεί μόνο στο επίπεδο εκείνο, που σχετίζεται με τη χρήση των υδρογονανθράκων για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

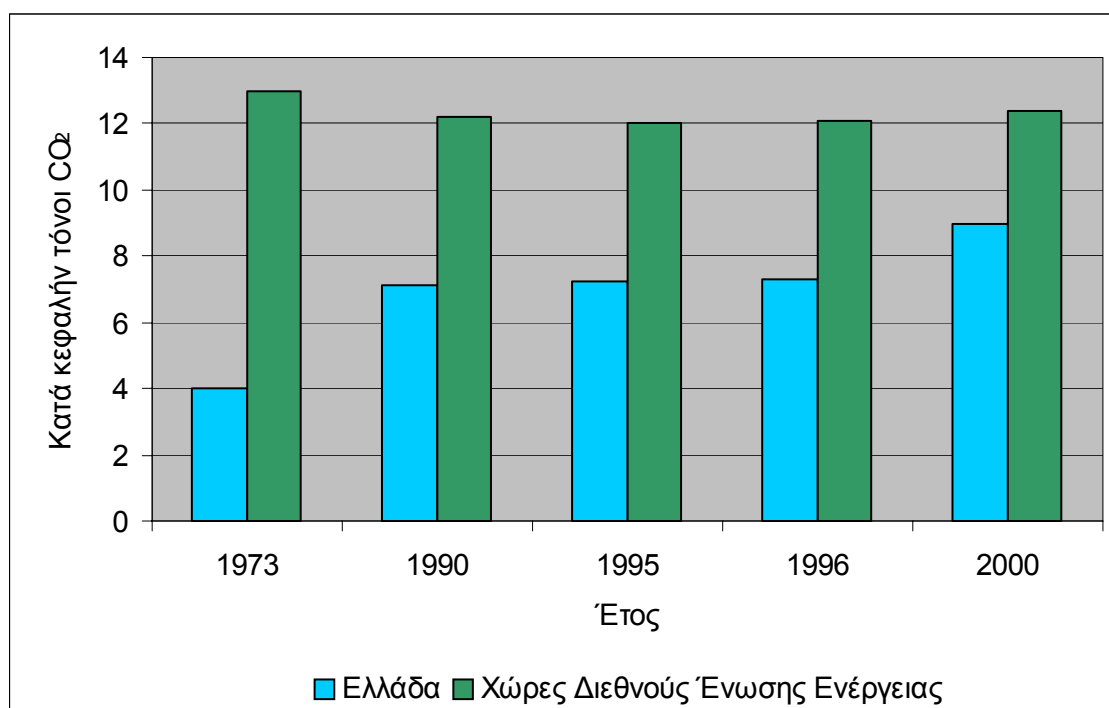
Η μετάβαση από το πετρέλαιο στην πυρηνική ενέργεια και η επιστροφή στον άνθρακα μπορεί να μειώνουν την εξάρτηση από τη μία αυτή πηγή, προκαλούν όμως σοβαρές περιβαλλοντολογικές ανησυχίες: Έχει γίνει πλέον αντιληπτό ότι το, καταρχήν, ακίνδυνο διοξείδιο του άνθρακα (ως το βέλτιστο προϊόν της καύσης των υδρογονανθράκων) αλλά και τα συμπαραγόμενα οξειδία του αζώτου συντελούν αποφασιστικά στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, με συνέπειες ενδεχομένως δραματικές, στις οποίες θα αναφερθούμε στη συνέχεια. Τα οξειδία του

θείου κρίθηκαν υπαίτια του θανάτου των δασών στη δυτική και κεντρική Ευρώπη και της καταστροφής των μνημείων στη νότιο Ευρώπη. Το ατύχημα του Τσερνόμπιλ στην Ε.Σ.Σ.Δ., και μία σειρά από μικρότερα ατυχήματα όπως του Three Mile Island στις Η.Π.Α. και του Sellafield στη Μ.Βρετανία, κατέστησαν απτούς τους κινδύνους της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας, υπογραμμίζοντας τον κίνδυνο αυτής της εναλλακτικής λύσης. Η παρατήρηση αυτών των φαινομένων οδήγησε σε μία σειρά από διαπιστώσεις και ανάλογους φόβους, σχετικά με τις πιθανές μελλοντικές κλιματικές και περιβαλλοντικές εξελίξεις. Το πρόβλημα δεν τίθεται πλέον μόνο στη βελτιστοποίηση των διεργασιών καύσης, αλλά και στον περιορισμό τους. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας κρίθηκε σκόπιμο να μην γίνει εκτενής αναφορά στο ευρύ αυτό φάσμα των προβλημάτων, επειδή κάτι τέτοιο απομακρύνεται από τους άμεσους στόχους της. Θα παρουσιαστεί, όμως, πιο εκτενώς το θέμα του διοξειδίου του άνθρακα, που παράγεται από τη χρήση των υδρογονανθράκων ως πηγής ενέργειας, και των συνεπειών του.

Η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα από την καύση στερεών και υγρών υδρογονανθράκων (πετρελαιοειδή, άνθρακας, φυσικό αέριο) θεωρείτο επί δεκαετίες ως το "μικρότερο κακό", καθώς αποτελεί, ως προϊόν τέλει καύσης, τη λιγότερο τοξική επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Η ανακοίνωση της Ακαδημίας Επιστημών των Η.Π.Α., που αναφέρθηκε και προηγουμένως, σηματοδότησε την αρχή σοβαρών προβληματισμών, συζητήσεων και επιστημονικών δραστηριοτήτων που εστιάζονται στην επιρροή του συσσωρευόμενου διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, και κατά συνέπεια στις κλιματικές συνθήκες.

Πρέπει να σημειωθεί εξ αρχής ότι συναντώνται πολλά, διαφορετικά και συχνά αντιφατικά σενάρια για τις πιθανές αυτές επιπτώσεις, γεγονός αναμενόμενο στην πραγματεία ενός πολύπλοκου και μεγάλης κλίμακας φαινομένου. Οι συσχετίσεις του διοξειδίου του άνθρακα και του κλίματος, της ικανότητας των ωκεανών και της βιομάζας να το απορροφούν και της εικόνας μίας θερμότερης Γης εμπεριέχουν έναν μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας και πιθανολογίας. Για το λόγο αυτό και τα σενάρια καλό είναι να αντιμετωπίζονται με επιφύλαξη.

Αναμφισβήτητη, όμως, διαπίστωση όλων των ερευνητών είναι ότι το φαινόμενο αποτελεί μία ανησυχητική και δυσάρεστη εξέλιξη, που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη χάραξη των ενεργειακών πολιτικών πέρα από το 2000. Ως χαρακτηριστική απόδειξη της θέσης αυτής, και της σοβαρότητας του προβλήματος, μπορεί να θεωρηθεί και η δέσμευση των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 30% ως το 2010 σε σχέση με τα επίπεδα του 1988. Η εξέλιξη αυτή, σε επίπεδο ΕΕ και στην Ελλάδα, φαίνεται στο σχήμα 3.13. Αναμφισβήτητο γεγονός αποτελεί, επίσης, η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα, καταρχήν και περισσότερο του Βορείου ημισφαιρίου, εν συνεχεία όμως και συνολικά. Αναμφισβήτητο γεγονός, επίσης, αποτελεί η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η αυξητική αυτή τάση είναι βέβαια σημαντική, ειδικά επειδή συμπίπτει με το ρυθμό της παγκόσμιας αύξησης των βιομηχανικών δραστηριοτήτων, που συγκεντρώνονται κυρίως στο Βόρειο ημισφαίριο. Ο συσχετισμός των δύο αυτών μεγεθών αμφισβητήθηκε στη δεκαετία 1970-1980, σήμερα όμως είναι καθολικά αποδεκτός.



Σχήμα 3.13. Κατά κεφαλήν εκπομπές CO₂ στις χώρες της ΔΕΕ και στην Ελλάδα

Τα αποτελέσματα αυτής της ανόδου της θερμοκρασίας έχουν αρχίσει ήδη να γίνονται ορατά. Οι υδάτινες μάζες έχουν αρχίσει να διαστέλλονται και οι παγετώνες να λιώνουν, με αποτέλεσμα η μέση στάθμη των θαλασσών να έχει ανέβει κατά 0.15m στο διάστημα 1850-1995. Είναι βέβαια δύσκολο να αποτιμηθεί η συμβολή του κάθε μεμονωμένου παράγοντα στην εξέλιξη αυτή, καθώς συμμετέχουν το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, τα οξείδια του αζώτου και οι χλωροφθοράνθρακες (CFC's). Χωρίς να εμπλακούμε σε λεπτομερέστερη ανάλυση του προβλήματος, το οποίο αποτελεί αντικείμενο άλλων γνωστικών πεδίων, μπορούμε να συνοψίσουμε τα συμπεράσματα στα οποία συγκλίνει το σύνολο σχεδόν της επιστημονικής κοινότητας:

- η συνέχιση της σημερινής πορείας στον τομέα της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων, πέρα από την σύντομη εξάντλησή τους, θα επιφέρει σοβαρότατες κλιματικές μεταβολές με ανεπιθύμητες συνέπειες.
- η θέρμανση της ατμόσφαιρας και η άνοδος της στάθμης των θαλασσών φαίνονται βραχυπρόθεσμα αναπόφευκτες, ακόμη κι αν σταματούσε αμέσως η καύση των τροπικών δασών και μηδενιζόταν η αύξηση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων.
- οι συνέπειες αυτής της ανόδου, παρ' ότι δύσκολα μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια, θα είναι σημαντικές για όλον τον πλανήτη και αρνητικές.

Η αποτυχία της πρόσφατης παγκόσμιας συνόδου κορυφής στη Χάγη (2000) και οι αμφιβολίες για την επίτευξη των στόχων που συμφωνήθηκαν με το πρωτόκολλο του Κυότο δεν αποτελούν αισιόδοξα σημεία.

3.7. Ενέργεια και πολιτική ιστορία – σκέψεις αντί επιλόγου

Η Μεγάλη Βρετανία εδραίωσε την παγκόσμια κυριαρχία της στην τεχνολογική και ενεργειακή της αυτάρκεια, που της επέτρεψε να αναπτυχθεί βιομηχανικά, οικονομικά και να κινεί τον στόλο της επιβάλλοντας την "Pax Britannica" της Βικτοριανής εποχής. Υπό αυτές τις συνθήκες μπόρεσε να διεξαγάγει τις εμπορικές της συναλλαγές που εκτεινόταν στο σύνολο σχεδόν του κόσμου, όπου τουλάχιστον υπήρχε οικονομικό ενδιαφέρον. Από την ανακάλυψη της ατμομηχανής, και ως το τέλος του 19ου αιώνα, η ύπαρξη κοιτασμάτων άνθρακα θα είναι σχεδόν ικανή και αναγκαία συνθήκη για την ανάδειξη μίας χώρας σε κυρίαρχη δύναμη, οικονομικά κυρίως αλλά και πολιτικά. Η Βρετανία, η Γερμανία και οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής θα εδραιώσουν τη βιομηχανική τους ισχύ στην εξασφαλισμένη αφθονία των δικών τους κοιτασμάτων άνθρακα. Τα κοιτάσματα αυτά, παρά την εντατική εκμετάλλευσή τους, αποτελούν ακόμη και σήμερα το 38% περίπου του παγκόσμιου συνόλου, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.15.

Με την τεχνολογική εξέλιξη και την ανάδειξη του πετρελαίου σε πρωταρχικής σημασίας ενεργειακή πηγή άρχισε η αναζήτηση πετρελαϊκών κοιτασμάτων προκειμένου να μπορέσει να καλυφθεί αυτή η καινούρια ανάγκη. Στο διάστημα 1910-1930 είχε προχωρήσει η εκμετάλλευση των αποθεμάτων των Η.Π.Α., του Ιράν και του Ιράκ που ελέγχονταν άμεσα από τη Μεγάλη Βρετανία, αλλά και κάποιων μικρότερων στην Ευρώπη, όπως στο Πλοέστι της Ρουμανίας και την Κάτω Σαξονία της Γερμανίας. Τα μεγάλα κοιτάσματα της τότε Ε.Σ.Σ.Δ., κυρίως στο Μπακού στην περιοχή του Καυκάσου, κάλυπταν τις ανάγκες αυτής της απομονωμένης, μετά το 1917, χώρας.

Η μετάβαση αυτή από τον άνθρακα στο πετρέλαιο θα συμπέσει και με τη διαδοχή της Μεγάλης Βρετανίας από τις Η.Π.Α. στη θέση της οικονομικά κυρίαρχης δύναμης, καθώς τα κοιτάσματα στην Πενσυλβανία και το Τέξας υπερκάλυπταν τις ανάγκες των Η.Π.Α. σε πετρέλαιο ως το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, ενώ η κυριαρχική θέση της Μεγάλης Βρετανίας στην Μέση Ανατολή συνεχώς εξασθενούσε. Το τέλος του πολέμου θα συνοδευτεί από τον τερματισμό της βρετανικής κυριαρχίας στην Εγγύς και Μέση Ανατολή και τη δημιουργία των κρατών που υπάρχουν σήμερα. Με τον τρόπο αυτό άλλαξε το γεωπολιτικό σκηνικό αλλά και ο παγκόσμιος ενεργειακός χάρτης αφού, σε αντίθεση με τον άνθρακα στη Μεγάλη Βρετανία, τη Γερμανία και τις Η.Π.Α., βρέθηκαν για πρώτη φορά μεγάλα κοιτάσματα πολύτιμης ενέργειας σε χώρες με πρακτικά ανύπαρκτη βιομηχανική υποδομή, οι οποίες δεν ήταν σε θέση να τα χρησιμοποιήσουν άμεσα. Η ανακάλυψη των τεράστιων, και φαινομενικά ανεξάντλητων, κοιτασμάτων της αραβικής χερσονήσου μετά το τέλος του Β' παγκόσμιου πολέμου, η εκμετάλλευση των κοιτασμάτων της Κεντρικής Αμερικής, στο Μεξικό και τη Βενεζουέλα, σε συνδυασμό με τα ήδη πριν τον πόλεμο γνωστά, δημιούργησαν στο δυτικό κόσμο το κλίμα μίας απέραντης ενεργειακής ευμάρειας. Ο χώρος της Ανατολικής Ευρώπης κάλυπτε τις ανάγκες του από τα αποθέματα της Ε.Σ.Σ.Δ., της Ρουμανίας και μερικών πολιτικά σε αυτόν προσκείμενων χωρών της Εγγύς Ανατολής, εξασφαλίζοντας κατά τον τρόπο αυτό ενεργειακή αυτάρκεια στα πλαίσια του κλειστού οικονομικού συστήματος της ΚΟΜΕΚΟΝ. Υπήρχε επομένως μία κατάσταση ισορροπίας χωρίς ορατά προβλήματα.

Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αποτέλεσαν, και αποτελούν ακόμη, το κυριότερο, αν όχι το μοναδικό, εξαγωγικό προϊόν των χωρών της αραβικής χερσονήσου, που διαθέτουν το 54% των παγκοσμίων κοιτασμάτων, κι επιπλέον αυτά είναι καλής ποιότητας και εύκολα αντλήσιμα. Η πολιτική επιρροή των χωρών του δυτικού κόσμου στις χώρες αυτές φαινόταν επί πολλά χρόνια αρκετή για να διασφαλίσει την αδιατάρακτη ροή του πετρελαίου προς τα δυτικά. Ωστόσο η πραγματικότητα εξελίχθηκε, όπως είναι γνωστό, διαφορετικά.

Η διαφορετική θρησκευτική και πολιτισμική παράδοση των δύο κόσμων, που δεν μπόρεσε να καλυφθεί από την αλματώδη άνοδο του βιοτικού επιπέδου, οι αντιδράσεις στις δεκαετίες της αποικιοκρατίας που είχαν προηγηθεί, οι μακραίωνες ενδοαραβικές διαμάχες για την κυριαρχία της περιοχής και οι, λιγότερο ή περισσότερο συγκεκαλυμμένες, προσπάθειες αύξησης της επιρροής των διαφόρων βιομηχανικών χωρών στα, συχνά ιστορικά αυθαίρετα, νεοσυσταθέντα αραβικά κράτη οδήγησαν σύντομα σε εντάσεις. Τα κράτη αυτά, μαζί με μερικά κράτη της Κεντρικής Αμερικής και Δυτικής Αφρικής, όπως η Βενεζουέλα και η Νιγηρία συνέστησαν τον Ο.Π.Ε.Κ. (Οργανισμός Πετρελαιοπαραγωγών Εξαγωγικών Κρατών). Ο οργανισμός αυτός απέκτησε μία ισχύ διαμόρφωσης συνθηκών που δεν είχαν φανταστεί ούτε οι πιο αισιόδοξοι Αραβες και το όνομα του, επί πολλά χρόνια, Σαουδάραβα προέδρου του σείχη Γιαμανί έγινε παγκόσμια γνωστό. Η χρήση του πετρελαίου από τους φυσικούς του κατόχους ως πολιτικό όπλο και μέσο άσκησης πίεσης ήταν ιστορικά αναπόφευκτη, όπως αποδείχτηκε στην δεκαετία του 1970. Αυτό, βέβαια, δεν σημαίνει ότι πρόκειται για ένα συμπαγές ενιαίο σύνολο: Η μείωση της κατανάλωσης στο δυτικό κόσμο, οι εσωτερικές προστριβές στον Ο.Π.Ε.Κ. και ο ιρανο-ιρακινός πόλεμος δεν επέτρεψαν στα μέσα της δεκαετίας 1985-86 τον περιορισμό της παραγωγής, αφού χώρες με οικονομικά προβλήματα όπως η Βενεζουέλα και το Ιράκ δεν δεχόταν τις μειώσεις της παραγωγής τους στα καθορισμένα ποσοστά, θέλοντας να αυξήσουν τα κέρδη τους. Με την "κρίση του Κόλπου" το καλοκαίρι του 1990 ο Ο.Π.Ε.Κ. φαίνεται να χάνει ακόμη περισσότερο τη δύναμή του καθώς διασπάστηκε το "αραβικό μέτωπο". Ωστόσο, η κατάσταση δεν απλοποιήθηκε μετά τον κατευνασμό των εντάσεων στην Μέση Ανατολή.

Με τις πρόσφατες πολιτικές αλλαγές στον Ευρωπαϊκό χώρο "ανακαλύφθηκε" μία καινούρια περιοχή παραγωγής αλλά και ζήτησης. Η πρώην Ε.Σ.Σ.Δ. διαθέτει σημαντικά κοιτάσματα άνθρακα και πετρελαίου που ανακαλύφθηκαν στις αρχές του 20ου αιώνα, η πολιτική της, όμως, εξέλιξη δεν την άφησε να επηρεάσει, τουλάχιστον ως την παρούσα περίοδο, τις ενεργειακές εξελίξεις και ισορροπίες του υπόλοιπου κόσμου, παρά μόνο περιορισμένα και κυρίως στα στενά περιθώρια της ΚΟΜΕΚΟΝ. Επιπρόσθετα, στην περιοχή της ΕΣΣΔ εντοπίζεται το 46% των παγκοσμίων κοιτασμάτων φυσικού αερίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.17. Με την αυξανόμενη σημασία που αποκτά αυτή η ενεργειακή πηγή ενισχύεται και η σημασία που αποκτούν τα κράτη που δημιουργήθηκαν από τη διάλυση του ανατολικού μπλόκ.

Οι πολιτικές μεταβολές στις χώρες αυτές αναμένεται να δώσουν στο άμεσο μέλλον μία καινούρια διάσταση στο ενεργειακό θέμα. Ένα κλειστό, αυτόνομο οικονομικό σύστημα έπαψε να υπάρχει. Τα μεγάλα αποθέματα της πρώην Ε.Σ.Σ.Δ. θα μπορέσουν, πιθανότατα, να προστεθούν στα ήδη γνωστά και εκμεταλλεύόμενα, αφού δεν θα προορίζονται μόνο για την αγορά της πρώην ΚΟΜΕΚΟΝ. Πολύ

περισσότερο αναμένεται να αποτελέσουν μία σημαντική πηγή εσόδων για την αναδιοργανωνόμενη οικονομία της Ρωσίας, υπό την προϋπόθεση ότι θα βρεθούν οι πόροι για τον εκσυγχρονισμό των αντλητικών και διυλιστικών εγκαταστάσεων, που σήμερα θεωρούνται αντιοικονομικές και ξεπερασμένες. Ταυτόχρονα όμως προστίθενται στην πλευρά της ζήτησης, οι χώρες που ανήκαν στην κλειστή αυτή αγορά, και που μέχρι τις πολιτικές αλλαγές του 1989/90 προμηθεύονταν τις απαραίτητες ποσότητες καυσίμων με τη μέθοδο του clearing ή στα πλαίσια κάποιων πολιτικών συναλλαγών. Σήμερα πλέον είναι υποχρεωμένες να καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες πληρώνοντας σε "σκληρό" συνάλλαγμα, παρά τις μεγάλες οικονομικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν. Τέλος, δεν πρέπει να παραβλέπεται και ο παράγοντας της πολιτικής σταθερότητας αυτών των κρατών, που δεν μπορεί να θεωρείται ως δεδομένος. Η ρευστότητα που χαρακτηρίζει την κατάσταση αυτή είναι ακόμη έντονη, κάποιες πρώτες όμως εκτιμήσεις που γίνονται θεωρούν πιθανή μία αύξηση του κόστους του πετρελαίου μεσοπρόθεσμα εξαιτίας αυτών των μεταβολών. Η γενική εικόνα πάντως είναι μάλλον συγκεχυμένη και ασαφής, ο ρυθμός των εξελίξεων ταχύς και μία πρόβλεψη θα ήταν παρακινδυνευμένη.

4. Οικονομική αξιολόγηση ενεργειακών συστημάτων και επιχειρηματική δραστηριότητα

4.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογική εξέλιξη στο χώρο των ενεργειακών συστημάτων, σε συνδυασμό με τις θεσμικές αλλαγές σε ευρωπαϊκό και προσφάτως σε εθνικό επίπεδο, καθώς και με τη δεδομένη διάρθρωση του ενεργειακού συστήματος της Ελλάδας, δημιουργεί το περιβάλλον δραστηριοποίησης επιχειρηματικών πρωτοβουλιών στον τομέα της παραγωγής ενέργειας. Η αξιολόγηση των δυνατοτήτων αυτών πρέπει να γίνεται τόσο από την άποψη του υποψήφιου ιδιώτη επενδυτή, όσο και από την άποψη της εθνικής οικονομίας, αφού αυτή καθορίζει και το συνολικό περιβάλλον. Η καλή ενεργειακή απόδοση, που μπορεί να έχει ένα σύστημα παραγωγής ή εξοικονόμησης ενέργειας, είναι μία μόνο παράμετρος στην ανάλυση σκοπιμότητας της επένδυσης. Απαιτείται η γνώση και η εφαρμογή μεθόδων της ανάλυσης και αξιολόγησης επενδύσεων, που παρουσιάζονται περιληπτικά σ' αυτό το κεφάλαιο. Απαιτείται, επίσης, η γνώση του θερμικού πλαισίου και η αντίληψη των παραμέτρων που συνθέτουν αυτό που ονομάζεται «επιχειρηματικό περιβάλλον».

4.2 Μεθοδολογία οικονομικής αξιολόγησης

Η οικονομική σκοπιμότητα των επενδύσεων σε ενεργειακά συστήματα εξετάζεται με σύγκριση των βαθμών μακροπρόθεσμης οικονομικής απόδοσης των διαφόρων εναλλακτικών λύσεων (επενδύσεων) για την παραγωγή ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων για ίδια κατανάλωση και για εμπορική διάθεση. Οι επενδύσεις σε ενεργειακά συστήματα είναι επομένως οικονομικά σκόπιμες, εάν η μείωση των λειτουργικών δαπανών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μπορεί να αποσβέσει το αρχικό κεφάλαιο σε εύλογο χρονικό διάστημα ή αν τα έσοδα από τη διάθεση της παραγόμενης ενέργειας οδηγούν σε κέρδη ικανά να ικανοποιήσουν τους επιχειρηματικούς στόχους του επενδυτή.

4.2.1. Ορισμοί βασικών οικονομικών παραμέτρων.

Η οικονομική αξιολόγηση στηρίζεται σε ορισμένους δείκτες ή κριτήρια. Εναλλακτικά συστήματα κάλυψης των ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών του χρήστη μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους από πλευράς οικονομικής αξίας, εάν προσδιορισθούν οι κατάλληλοι δείκτες. Για να αποφευχθούν παραπλανητικά αποτελέσματα και λανθασμένα συμπεράσματα, ο κάθε δείκτης πρέπει να υπολογίζεται με αναγωγή μελλοντικών αξιών και όρων σε παρούσες αξίες, ώστε οι σχετικές συγκρίσεις να έχουν κοινή βάση. Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται αυτή η αναγωγή αναφέρεται στη συνέχεια.

Τόκος και επιτόκιο (d)

Επιτόκιο είναι ο τόκος ανά μονάδα χρόνου και κεφαλαίου. Συνήθως εκφράζεται επί τοις εκατό ανά έτος. Υπάρχουν δύο όψεις του επιτοκίου: το επιτόκιο δανεισμού, που ο δανειζόμενος καταβάλλει για χρήματα που δανείσθηκε και επομένως αποτελεί δαπάνη,

και το επιτόκιο αγοράς (market interest rate) που κερδίζει κάποιος όταν δανείζει ή επενδύει χρήματα. Το επιτόκιο αγοράς μπορεί να είναι επίσης ο επιθυμητός ή αναμενόμενος βαθμός απόδοσης μιας επένδυσης.

Οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης (N)

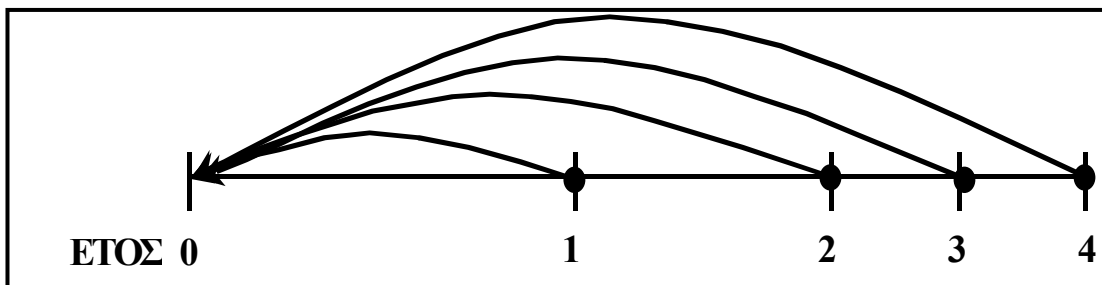
Ως οικονομικός κύκλος ζωής μιας επένδυσης θεωρείται η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας ανακτάται το αρχικό επενδυτικό κεφάλαιο καθώς και η επιθυμητή απόδοση αυτού. Ο οικονομικός κύκλος ζωής πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος της πραγματικής ζωής του βασικού εξοπλισμού της επένδυσης.

Πληθωρισμός (i)

Πληθωρισμός είναι η αύξηση του κόστους των αγαθών και υπηρεσιών ανά μονάδα χρόνου. Ο πληθωρισμός των επιμέρους συνιστωσών κόστους μιας επένδυσης μπορεί να διαφέρει από συνιστώσα σε συνιστώσα και από έτος σε έτος. Για λόγους ευκολίας, συνηθίζεται ο πληθωρισμός να αναφέρεται σε ένα έτος και σε συγκεκριμένη ομάδα δαπανών, π.χ., μισθοδοσία, καύσιμα, ανταλλακτικά κ.λ.π.

Παρούσα αξία (P)

Η μέθοδος της παρούσας αξίας μετατρέπει το σύνολο των χρηματοροών που αναμένεται να εμφανιστούν σε ένα χρονικό ορίζοντα σε μια μοναδική παρούσα αξία σε σταθερό χρόνο μηδέν. Αυτό το ποσό αναφέρεται ως παρούσα αξία, παρούσα τιμή, ή καθαρή παρούσα αξία. Φυσικά, αυτό μπορεί να γίνει μόνο βάσει κάποιας υπόθεσης εργασίας για το προεξοφλητικό επιτόκιο. Δηλαδή, ο αναλυτής της επένδυσης πρέπει να χρησιμοποιήσει ως προεξοφλητικό επιτόκιο αυτό που είναι θεωρείται ευρύτερα αποδεκτό για τη δεδομένη οικονομική κατάσταση και τη συγκεκριμένη κατηγορία επένδυσης. Το επιτόκιο αυτό αποτελεί, υπό αυτήν την έννοια, μια γενική εκτίμηση της κόστους του κεφαλαίου και συχνά αναφέρεται ως ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο απόδοσης, (EAEA) ή MARR (minimum attractive rate of return).



Με αυτήν την προσέγγιση εάν σήμερα επενδυθεί ποσό P , το άθροισμα κεφαλαίου και τόκων (γενικότερα, απόδοσης κεφαλαίου) μετά από N περιόδους θα είναι

$$F = P \cdot \prod_{t=1}^N (1 + d_t) \quad (4.1)$$

Όπου d_t είναι το επιτόκιο αγοράς κατά το έτος t . Αντίστροφα, για να αποκτηθεί ποσό F μετά από N περιόδους, πρέπει σήμερα να επενδυθεί ποσό

$$P = \frac{F}{\prod_{t=1}^N (1 + d_t)} \quad (4.2)$$

Το P λέγεται παρούσα αξία του μελλοντικού ποσού F . Εάν το επιτόκιο θεωρηθεί σταθερό, τότε

$$P = \frac{F}{(1 + d)^N} \quad (4.3)$$

Το επιτόκιο d λέγεται και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία.

Συντελεστής παρούσας αξίας (present worth factor, PWF)

Εάν μια πληρωμή επαναλαμβάνεται κάθε χρονική περίοδο επί N περιόδους και δεν μεταβάλλεται παρά μόνον εξαιτίας πληθωρισμού, τότε η παρούσα αξία των N ποσών υπολογίζεται με τη σχέση

$$P = \sum_{t=1}^N P_t = A \cdot PWF(N, i, d) \quad (4.4)$$

Όπου

A το ποσό της πρώτης πληρωμής

PWF ο συντελεστής παρούσας αξίας,

i Δείκτης πληθωρισμού μιας χρονικής περιόδου (ετήσιος),

d επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία.

Εάν μπορεί να θεωρηθεί ότι η πληρωμή επαναλαμβάνεται στο τέλος της κάθε περιόδου, τότε ο συντελεστής παρούσας αξίας υπολογίζεται με τη σχέση

$$PWF(N, i, d) = \sum_{t=1}^N \frac{(1+i)^{t-1}}{(1+d)^t} = \begin{cases} \frac{1}{d-i} \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^N \right], & i \neq d \\ \frac{N}{1+i}, & i = d \end{cases} \quad (4.5)$$

Συντελεστής τοκοχρεολυτικής απόσβεσης (capital recovery factor, CRF)

Λέγεται επίσης και συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου. Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ετήσιου κόστους (ή ετήσιας αξίας) κεφαλαίου μιας επένδυσης.

Ισχύει η σχέση

$$A = P \cdot CRF(N, d) \quad (4.6)$$

Όπου

A ετήσιο κόστος κεφαλαίου

P ποσό της επένδυσης

CRF συντελεστής τοκοχρεολυτικής απόσβεσης:

$$CRF(N, d) = \frac{d(1+d)^N}{(1+d)^N - 1} \quad (4.7)$$

Οι ίδιες σχέσεις χρησιμοποιούνται επίσης για τον προσδιορισμό των ισόποσων δόσεων A, που πρέπει να καταβάλλονται στο τέλος κάθε περιόδου α ώστε σε N περιόδους, να εξοφληθεί δάνειο ύψους P με επιτόκιο δανεισμού d.

Σταθερές και τρέχουσες τιμές

Σε μια οικονομική ανάλυση, οι χρηματορροές μπορούν να εκφραστούν είτε σε τρέχουσες τιμές είτε σε σταθερές τιμές.

Έκφραση σε *τρέχουσες τιμές* είναι το πραγματικό ποσό χρημάτων που καταβάλλεται ή εισπράττεται σε κάποια χρονική στιγμή.

Έκφραση σε *σταθερές τιμές* είναι το ποσό των χρημάτων σε δεδομένη χρονική στιγμή, που είναι ισοδύναμο (από πλευράς αγοραστικής αξίας) με το πραγματικό. Η στιγμή αυτή (χρόνος αναφοράς) μπορεί να επιλεγεί αυθαίρετα. Συχνά ως χρόνος αναφοράς ορίζεται η αρχή του πρώτου έτους του οικονομικού κύκλου ζωής.

Η αναγωγή πραγματικών τιμών σε σταθερές τιμές με βάση τα N έτη πριν γίνεται με χρήση του δείκτη πληθωρισμού. Ισχύει η σχέση

$$F' = \frac{F}{\prod_{t=1}^N (1 + i_t)} = \frac{F}{(1 + \bar{i})^N} \quad (4.8)$$

Όπου

F πραγματικό ποσό,

F' ανηγμένο σε σταθερές τιμές ποσό,

i_t δείκτης πληθωρισμού κατά το έτος t,

\bar{i} ο μέσος ετήσιος δείκτης πληθωρισμού των N ετών.

Οι επενδύσεις σε συστήματα συμπαραγωγής είναι εντάσεως κεφαλαίου, και επομένως μακροχρόνιας απόσβεσης. Είναι λοιπόν σκόπιμο, οι συνιστώσες κόστους και οφέλους να εκφράζονται σε σταθερές τιμές.

Η εκπόνηση της οικονομικής ανάλυσης σε τρέχουσες τιμές απαιτεί τη γνώση (ή την πρόβλεψη, εάν πρόκειται για μελλοντικά ποσά) του ετήσιου δείκτη πληθωρισμού των επιμέρους συνιστωσών κόστους και οφέλους, που σχετίζονται με την επένδυση. Προκειμένου να αποφευχθεί η πρόβλεψη της τιμής μιας αρκετά αόριστης παραμέτρου, όπως ο πληθωρισμός, αλλά και για απλούστευση των υπολογισμών, κατά τις οικονομικές αναλύσεις συχνά θεωρείται ότι ο γενικός δείκτης πληθωρισμού είναι ίσος με το μηδέν, ενώ για συγκεκριμένες δαπάνες (π.χ. καύσιμα, ανταλλακτικά, μισθοδοσία, κ.λ.π.) χρησιμοποιείται ο διαφορικός δείκτης πληθωρισμού, δηλ. η διαφορά του πραγματικού από το γενικό δείκτη. Επίσης στις περιπτώσεις αυτές, αντί του πραγματικού επιτοκίου της αγοράς χρησιμοποιείται το *αποπληθωρισμένο επιτόκιο αγοράς*.

4.2.2. Οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης.

Διάφοροι οικονομικοί δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση επενδύσεων συμπαραγωγής: καθαρή παρούσα αξία, απόδοση κεφαλαίου, λόγος οφέλους κόστους, έντοκη περίοδος αποπληρωμής κ.λ.π. Ορίζονται στη συνέχεια οι δείκτες αυτοί. Στην περίπτωση κάποιων δεικτών περιπτώσεις, απαιτείται η ύπαρξη ενός συστήματος αναφοράς με το οποίο να συγκρίνεται το εξεταζόμενο ενεργειακό σύστημα. Ως σύστημα αναφοράς κατά κανόνα θεωρείται ο συμβατικός τρόπος κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, όπως είναι η αγορά ή παραγωγή ηλεκτρισμού από τη Δ.Ε.Η., η παραγωγή θερμότητας με λέβητα πετρελαίου κ.ο.κ.

Καθαρή παρούσα αξία επένδυσης (Net present value, NPV)

Καθαρή παρούσα αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης, που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανηγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του συστήματος. Η καθαρή παρούσα αξία προσδιορίζεται από τη σχέση

$$NPV = -C_{in} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N} \quad (4.9)$$

Όπου

C_{in} αρχική επένδυση,

F_t ετήσιο καθαρό όφελος,

N οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης,

d επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου),

SV_N αξία εκποίησης (απομένουσα αξία) της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής N .

Διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- $NPV > 0$: Η επένδυση είναι βιώσιμη κάτω από τις δεδομένες συνθήκες (οικονομικό κύκλο ζωής, N , και επιθυμητό βαθμό απόδοσης της επένδυσης, d).
- $NPV = 0$: Η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d .
- $NPV < 0$: Η επένδυση είναι αντισυμβαλλόμενη.

Απόδοση κεφαλαίου (internal rate of return, IRR)

Απόδοση κεφαλαίου είναι η τιμή του επιτοκίου αγοράς, IRR, που κάνει την παρούσα αξία μιας σειράς πληρωμών και εισπράξεων ίση με το μηδέν. Προσδιορίζεται ως λύση της εξίσωσης

$$NPV_{(d=IRR)} = 0 \quad (4.10)$$

Όπου NPV η παρούσα αξία, όπως ορίζεται από την εξίσωση (4.9), ενώ η ένδειξη $d=IRR$ υπονοεί ότι η εξίσωση λύνεται ως προς d .

Λόγος οφέλους/ κόστους (benefit to cost ratio, BCR)

Το πηλίκο του συνολικού οφέλους προς το συνολικό κόστος μιας επένδυσης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της, N , με όλα τα ποσά ανηγμένα σε παρούσα αξία, αποτελεί επίσης ένα κριτήριο οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης. Ο λόγος αυτός ορίζεται από τη σχέση

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{B_t}{(1+d)^t}}{\sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+d)^t}} \quad (4.11)$$

Όπου

B_t το όφελος κατά το έτος t ,

C_t κόστος κατά το έτος t (η τιμή C_0 αντιστοιχεί στην αρχική επένδυση).

Εάν οι αρχικές δαπάνες αφαιρεθούν από τα κέρδη, τότε ο αριθμητής της εξίσωσης αποτελεί καθαρό όφελος και γη σχέση απλουστεύεται στη μορφή:

$$BCR = \frac{NPV + Cin}{Cin} = 1 + \frac{NPV}{Cin} \quad (4.12)$$

Όπου NPV και Cin όπως εμφανίζονται στη εξίσωση (4.9). Μια επένδυση είναι οικονομικά βιώσιμη, εάν ο λόγος οφέλους/ κόστους είναι μεγαλύτερος από ή ίσος με τη μονάδα ($BCR \geq 1$). Ειδικότερα για επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας, όπως αυτές των συστημάτων συμπαραγωγής θερμότητας ηλεκτρισμού ή των ηλιακών συστημάτων, «όφελος» είναι η παρούσα αξία του συνόλου της εξοικονόμησης λειτουργικών δαπανών, ενώ «κόστος» είναι η παρούσα αξία της αρχική επένδυσης και του συνόλου των λειτουργικών δαπανών του συστήματος.

Έντοκη περίοδος αποπληρωμής (discounted pay back period, DBP)

Έντοκη περίοδος αποπληρωμής είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης, καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου. Προσδιορίζεται ως λύση της εξίσωσης

$$NPV_{(N=DPB)} = 0 \quad (4.13)$$

Όπου NPV η παρούσα αξία, όπως ορίζεται από τη εξίσωση (4.9), ενώ η ένδειξη $N=DPB$ υπονοεί ότι η εξίσωση λύνεται ως προς N .

Εάν η αξία εκποίησης είναι ίση με μηδέν ($SV_N=0$) και επιπλέον θεωρηθεί ότι το ετήσιο λειτουργικό όφελος F_t παραμένει σταθερό σε σταθερές τιμές, τότε η λύση της εξίσωσης (3.13) παίρνει την αναλυτική μορφή

$$DPB = \frac{-\ln\left(1 - \frac{d \cdot K_\sigma}{F}\right)}{\ln(1+d)} \quad (4.14)$$

Μια επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη, εάν η τιμή του DPB ικανοποιεί τις προσδοκίες του επενδυτή ως προς το χρόνο αποπληρωμής.

4.2.3. Αξιολόγηση ενεργειακών συστημάτων σε επίπεδο ιδιώτη επενδυτή.

Η οικονομική βιωσιμότητα επενδύσεων σε ενεργειακά συστήματα εξαρτάται από: α) τα ετήσια λειτουργικά οφέλη που προκύπτουν από την υποκατάσταση αγοράς ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας από την επιχείρηση ηλεκτρισμού καθώς και από την εξοικονόμηση καυσίμου για παραγωγή θερμικής ενέργειας με συμβατικό τρόπο, β) το κόστος κατασκευής και λειτουργίας του συστήματος που θα επιτύχει αυτήν την υποκατάσταση. Τα μεγέθη αυτά χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των δεικτών οικονομικής σκοπιμότητας, που παρουσιάστηκαν προηγούμενα. Ο τρόπος προσδιορισμού των ετήσιων δαπανών και του ετήσιου λειτουργικού οφέλους παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Ετήσιο καθαρό όφελος (f_t)

Προκειμένου να αξιολογηθεί μια επένδυση σε επίπεδο ιδιώτη επενδυτή, είναι αναγκαίο να προσδιορισθούν οι χρηματοροές της (ή η ταμιακή εξυπηρέτησή της) και κατόπιν να υπολογισθεί η καθαρή απόδοση των ιδίων κεφαλαίων.

Τα ίδια κεφάλαια μιας ιδιωτικής επένδυσης εξαρτώνται από τη δυνατότητα του ίδιου του επενδυτή να δεσμεύει κεφάλαια, από την δυνατότητα εξεύρεσης πόρων μέσω των επιχορηγήσεων και άλλων κινήτρων που προσφέρουν οι αναπτυξιακοί νόμοι, τα διεθνή ή ευρωπαϊκά προγράμματα συγχρηματοδότησης, και από τη δυνατότητα πρόσβασης του επενδυτή στην εγχώρια ή διεθνή χρηματαγορά.

Το ύψος των ιδίων κεφαλαίων, K , μιας επένδυσης προσδιορίζεται από τη σχέση

$$K = C - C_\varepsilon - L = (1 - \pi_\varepsilon - l) \cdot C \quad (4.15)$$

Όπου

C κόστος του συστήματος συμπαράγωγής

C_ε ποσό επιδότησης

L ποσό προερχόμενο από δανεισμό

π_ε ποσοστό επιδότησης: $\pi_\varepsilon = C_\varepsilon / C$

l ποσοστό δανεικού κεφαλαίου: $l = L / C$

Η ετήσια δόση αποπληρωμής του δανείου προκύπτει από τη σχέση

$$A_L = L \cdot CRF \cdot (N_L, r) \quad (4.16)$$

Όπου

N_L περίοδος αποπληρωμής του δανείου

r επιτόκιο δανεισμού.

Η δόση αυτή αποτελείται από ένα μέρος του δανεικού κεφαλαίου και από τους τόκους. Οι τόκοι μειώνονται σταδιακά κατά τη διάρκεια της περιόδου αποπληρωμής του δανείου, διότι εξαρτώνται από το ποσό δανεισμού που έχει απομείνει στην αρχή του κάθε έτους. Είναι χρήσιμα τα εξής μεγέθη:

L_t υπολειπόμενο ποσό δανείου στην αρχή του έτους t

Για $t=1$, είναι $L_1=L$.

I_{L_t} τόκοι του δανείου κατά τη διάρκεια του έτους t :

$$I_{L_t} = r L_t \quad (4.17)$$

ΔL_t μείωση του ποσού του δανείου στο τέλος του έτους t :

$$\Delta L_t = A_L - I_{L_t} \quad (4.18)$$

L_{t+1} υπολειπόμενο ποσό δανείου στην αρχή του έτους $t+1$:

$$L_{t+1} = L_t - \Delta L_t \quad (4.19)$$

Το ετήσιο καθαρό όφελος το οποίο προκύπτει από την ένταξη ενός συστήματος εξοικονόμησης ενέργειας, π.χ. ενός συστήματος συμπαραγωγής στο ενεργειακό σύστημα μιας επιχείρησης, προσδιορίζεται από τη σχέση

$$F_t = f_t - A_L - \varphi f_{\varphi t} \quad (4.20)$$

Όπου

F_t καθαρό όφελος κατά το έτος t

f_t λειτουργικό όφελος κατά το έτος t

φ φορολογική κλίμακα του επενδυτή

f_{φ} φορολογητέα κέρδη κατά το έτος t

$$f_{\varphi t} = f_t - A_L - I_{L_t} \quad (4.21)$$

$$A = \text{ετήσια λογιστική απόσβεση} \quad A = C/v \quad (4.22)$$

v χρονική διάρκεια λογιστικής απόσβεσης

Ετήσιο λειτουργικό όφελος (f_t)

Το ετήσιο λειτουργικό όφελος για τον τελικό χρήστη του συστήματος είναι η διαφορά μεταξύ της ετήσιας αξίας της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και του κόστους λειτουργίας της συντήρησης του συστήματος:

$$f_t = (K_{\eta} + \Pi + K_{\theta} - K_f - \Delta)_t \quad (4.23)$$

Όπου

K_{η} αξία ηλεκτρικής ενέργειας που έχει παραχθεί από το σύστημα συμπαραγωγής

Π πρόσδοδος από την πώληση της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας

K_{θ} αξία θερμικής ενέργειας αν αυτή παραγόταν από συμβατικό λέβητα

K_f κόστος καυσίμου του συστήματος συμπαραγωγής

Δ δαπάνες συντήρησης και λειτουργίας (πλην καυσίμου) του συστήματος συμπαραγωγής

Ο δείκτης t σημαίνει ότι τα μεγέθη μέσα στην παρένθεση αναφέρονται στο έτος t .

Εάν κάποια δαπάνη αυξάνει διαχρονικά με ρυθμό διάφορο του γενικού πληθωρισμού, ο οποίος είναι ίσος με το μηδέν κατά την ανάλυση με σταθερές τιμές, τότε το ύψος της δαπάνης αυτής κατά το έτος t υπολογίζεται με τη σχέση

$$k_t = k (1+i)^t \quad (4.24)$$

Όπου

k αρχική τιμή της δαπάνης

i ετήσιος διαφορικός (ως προς το γενικό) δείκτης πληθωρισμού

Κόστος συμβατικού τρόπου κάλυψης ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών.

Από την πλευρά του τελικού χρήστη, το σύστημα συμπαραγωγής θεωρείται ότι υποκαθιστά την προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας από την επιχείρηση ηλεκτρισμού και την παραγωγή θερμότητας με λέβητα συμβατικού καυσίμου (συμβατικός τρόπος). Τα κόστος για την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρισμό και θερμότητα με τον τρόπο αυτόν συμβολίζονται με K_{η} και K_{θ} αντίστοιχα. Όταν υπάρχει περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα συμπαραγωγής, τότε αυτή πωλείται στο δίκτυο και αποφέρει κάποια πρόσοδο Π .

Η τιμή του K_{η} είναι συνάρτηση της ηλεκτρικής ισχύος και της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Προσδιορίζεται με βάση τα τιμολόγια καταναλωτών της επιχείρησης ηλεκτρισμού (ΔΕΗ). Η τιμή του Π εξαρτάται από την πωλούμενη ηλεκτρική ενέργεια και προσδιορίζεται με βάση τα τιμολόγια αυτοπαραγωγών της ΔΕΗ. Το κόστος θερμότητας K_{θ} , θεωρείται εδώ ότι αποτελείται από το κόστος καυσίμου, δηλαδή δεν περιλαμβάνει το κόστος κεφαλαίου του λέβητα, διότι ο λέβητας μπορεί να υπάρχει ως εφεδρική πηγή ενέργειας ακόμη και όταν εγκατασταθεί σύστημα συμπαραγωγής. Δίνονται στη συνέχεια οι εκφράσεις προσδιορισμού των K_{η} και K_{θ} και Π στο επίπεδο του τελικού χρήστη καθώς και ορισμένων ενεργειακών μεγεθών που απαιτούνται για το σκοπό αυτό.

Το κόστος ηλεκτρισμού που αποφεύγεται χάρη στο σύστημα συμπαραγωγής, υπολογίζεται με τη σχέση

$$K_{\eta} = \sum_{\mu=1}^{12} [\varepsilon_{\eta} \cdot T_{\Delta\text{ΕΗ}} \cdot I + \kappa_P \cdot P]_{\mu} \quad (4.25)$$

Όπου

ε_{η} μηνιαία παραγωγή ηλεκτρισμού του συστήματος συμπαραγωγής

$T_{\Delta\text{ΕΗ}}$ τιμολόγιο κατανάλωσης της ΔΕΗ

I ποσοστό της παραγόμενης από το σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο ιδιοκαταναλώνεται (εκφρασμένο σε δεκαδικό αριθμό)

P η συμβατική ισχύς (αποτελεί συμφωνία μεταξύ επιχείρησης και ΔΕΗ)

K_p τιμή μονάδας συμβατικής ισχύος

μ δείκτης μήνα.

Η ετήσια πρόσδοδος από την πώληση της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας προσδιορίζεται με τη σχέση

$$\Pi = \sum_{\mu=1}^{12} \left[\varepsilon_{\eta} \cdot T_{\text{αυτ}} \cdot (1 - I) \right]_{\mu} \quad (4.26)$$

όπου $T_{\text{αυτ}}$ είναι το τιμολόγιο αυτοπαραγωγών της ΔΕΗ.

Το κόστος θερμότητας, που αποφεύγεται χάρη στο σύστημα συμπαραγωγής, υπολογίζεται με τη σχέση

$$K_{\theta} = \frac{c_{f\Lambda} \cdot E_{\theta}}{H_{u\Lambda} \cdot \eta_{\Lambda}} \quad (4.27)$$

Όπου

$c_{f\Lambda}$ κόστος μονάδας καυσίμου του λέβητα

E_{θ} ετήσιο ποσό θερμότητας που προήλθε από το σύστημα συμπαραγωγής

$H_{u\Lambda}$ κατώτερη θερμογόνος ισχύς καυσίμου του λέβητα

η_{Λ} ενεργειακός βαθμός απόδοσης συμβατικού λέβητα

Κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης των συστήματος συμπαραγωγής αποτελείται από τις δαπάνες καυσίμου και τις υπόλοιπες δαπάνες (προσωπικού, συντήρησης, αναλώσιμων, ανταλλακτικών, κ.λ.π). Το ετήσιο κόστος καυσίμου προσδιορίζεται από τη σχέση

$$K_{f\Sigma} = \frac{c_{f\Sigma} \cdot E_{\eta}}{H_{u\Sigma} \cdot \eta_e} \quad (4.28)$$

Όπου

$c_{f\Sigma}$ κόστος μονάδας καυσίμου του συστήματος συμπαραγωγής,

E_{η} ετήσια παραγωγή ηλεκτρισμού του συστήματος συμπαραγωγής,

$H_{u\Sigma}$ κατώτερη θερμογόνος ικανότητα καυσίμου του συστήματος συμπαραγωγής,

η_e ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης του συστήματος συμπαραγωγής,

Οι υπόλοιπες δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

$$\Delta = \Delta_{\sigma} + \Delta_{\mu} \quad (4.29)$$

Όπου

Δ_{σ} σταθερές δαπάνες

Δ_{μ} μεταβλητές δαπάνες.

4.3. Ανάπτυξη επιχειρηματικής δραστηριότητας υπό το ισχύον θεσμικό καθεστώς

Οι εξελίξεις, που σημειώνονται διεθνώς στον τομέα της παραγωγής ενέργειας κατά την τελευταία δεκαπενταετία, στρέφονται γύρω από τρεις βασικούς άξονες: την αποδοτικότερη χρήση πιο φιλικών προς το περιβάλλον συμβατικών μορφών ενέργειας, όπως είναι το φυσικό αέριο, τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της ζήτησης (Demand Side Management) και την ενισχυμένη προώθηση των αποκεντρωμένων ενεργειακών συστημάτων (Α.Ε.Σ.) είτε αξιοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε συμβατικές.

Ο τομέας της παραγωγής ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο επηρεάζεται από τις τεχνολογικές αλλά και τις πολιτικοοικονομικές εξελίξεις, που αφορούν αφενός μεν στη δημιουργία των ευρωπαϊκών ενεργειακών δικτύων, αφετέρου δε στη σταδιακή κατάργηση των υφιστάμενων κρατικών, μονοπωλιακών φορέων, οι οποίοι ελέγχουν την παραγωγή ενέργειας. Στόχος της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι να μπορούν κρατικοί και ιδιωτικοί παραγωγοί ενέργειας να πωλούν το προϊόν τους σε οποιαδήποτε περιοχή της Ευρώπης, σε ευθέως ανταγωνιστική βάση και χωρίς περιοριστικούς φραγμούς, προς όφελος τελικά του καταναλωτή. Ο στόχος αυτός οριοθετείται από τη σχετική απόφαση της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την κατάργηση των κρατικών μονοπωλίων στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το έτος 2001. Παράλληλα, ενθαρρύνεται η ιδιωτική επιχειρηματική πρωτοβουλία στο πεδίο της παραγωγής ενέργειας, ειδικά με τρόπους που θα πληρούν τις κατευθυντήριες οδηγίες της Ε.Ε. για τη μείωση των επιπέδων εκπομπής ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα, που προέκυψαν από τη διάσκεψη της «Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή» το 1995 στη Ρώμη.

Στην Ελλάδα οι αλλαγές αυτές εκφράστηκαν με την ψήφιση του Ν.2244/94 και τις συμπληρωματικές υπουργικές αποφάσεις 8295/95 και 8907/96, ο οποίος επιτρέπει, για πρώτη φορά, την παραγωγή και διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας από ιδιώτες. Η αλλαγή του θεσμικού πλαισίου ολοκληρώθηκε με τον Ν.2086/00 που όρισε τις συνθήκες απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Παρουσιάζει, επομένως, ενδιαφέρον να διερευνηθεί κατά πόσο το ισχύον ελληνικό θεσμικό πλαίσιο παρέχει στον ιδιώτη-παραγωγό τις δυνατότητες ανάπτυξης οικονομικά σκόπιμων ενεργειακών επιχειρηματικών δραστηριοτήτων που ταυτόχρονα θα είναι επωφελείς και για την εθνική οικονομία.

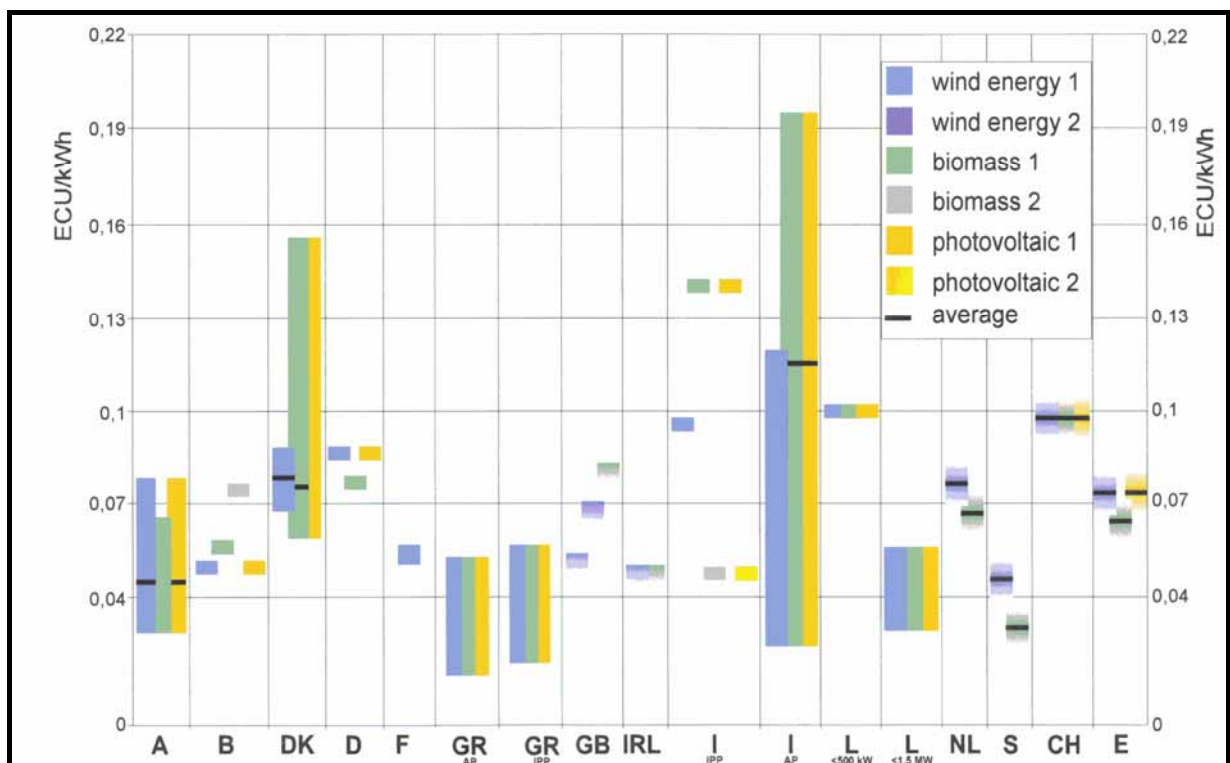
4.3.1. Βασικοί άξονες του θεσμικού πλαισίου

Οι δύο κύριοι άξονες του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου είναι οι εξής:

- Η διάκριση ανάμεσα στον αυτοπαραγωγό και τον ανεξάρτητο παραγωγό.
- Η διάκριση ανάλογα με την αξιοποιούμενη πηγή ενέργειας.

Σύμφωνα με το άρθρο 1, παρ. 2, του Ν.2244/94 ως αυτοπαραγωγός ενέργειας ορίζεται το φυσικό ή νομικό πρόσωπο που παράγει ηλεκτρική ενέργεια για ίδια χρήση και διαθέτει τυχόν πλεόνασμα στη Δ.Ε.Η., ενώ ως ανεξάρτητος παραγωγός το πρόσωπο που διαθέτει εξ ολοκλήρου την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στη Δ.Ε.Η. Η διάκριση αυτή αποκτά ουσιαστικότερη έννοια, αν συσχετιστεί με τους ενεργειακούς πόρους που χρησιμοποιούνται και την ισχύ των σταθμών παραγωγής.

Πράγματι, εξετάζοντας τις παρ. 3 και 4 του ίδιου άρθρου διαπιστώνεται ότι η αυτοπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπεται χωρίς περιορισμούς ισχύος σε αυτόνομους σταθμούς με εκμετάλλευση αιολικής ενέργειας, ηλιακής ενέργειας, βιομάζας, γεωθερμικής ενέργειας και παλιρροϊκής ενέργειας. Για τους μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς τίθεται ως άνω όριο ισχύος η τιμή των 2MW, ενώ υπάρχει η δυνατότητα αύξησης της τιμής αυτής ως τα 5 MW, εφόσον πρόκειται για σταθμό που δεν έχει ήδη εντάξει η Δ.Ε.Η. στο δεκαετή προγραμματισμό της. Σε ό,τι αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, γίνεται ο διαχωρισμός ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη πρωτογενή πηγή ενέργειας: Συγκεκριμένα, εφόσον χρησιμοποιούνται συμβατικές πηγές ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο), η ισχύς του συστήματος δεν μπορεί να υπερβαίνει την ηλεκτρική και θερμική ισχύ των εγκαταστάσεων του αυτοπαραγωγού που καταναλίσκουν ενέργεια. Αν, όμως, χρησιμοποιούνται υποπαράγωγα της παραγωγικής διαδικασίας του αυτοπαραγωγού ή συστήματα επανάκτησης της απορριπτόμενης θερμότητας, τότε δεν τίθεται όριο ισχύος. Επισημαίνεται ότι στην ίδια κατεύθυνση κινείται η τιμολογιακή πολιτική στο σύνολο σχεδόν των ευρωπαϊκών χωρών, όπως φαίνεται και από τα στοιχεία του σχήματος 4.1.



Σχήμα 4.1. Τιμολογιακή πολιτική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από αυτοπαραγωγούς και ανεξάρτητους παραγωγούς στην Ευρώπη.

Για την περίπτωση του ανεξάρτητου παραγωγού γίνεται καταρχήν διαχωρισμός ανάλογα με τη μορφή ενέργειας που χρησιμοποιείται και τη μορφή ενέργειας που παράγεται. Τα συστήματα που παρουσιάζουν επιχειρηματικό ενδιαφέρον είναι αυτά που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια είτε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε από φυσικό αέριο με συμπαραγωγή. Στην πρώτη περίπτωση οι περιορισμοί, που τίθενται από το νόμο ως προς την ισχύ του συστήματος, δεν είναι αυστηρά προκαθορισμένοι. Στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει το άνω όριο ισχύος των 50 MW.

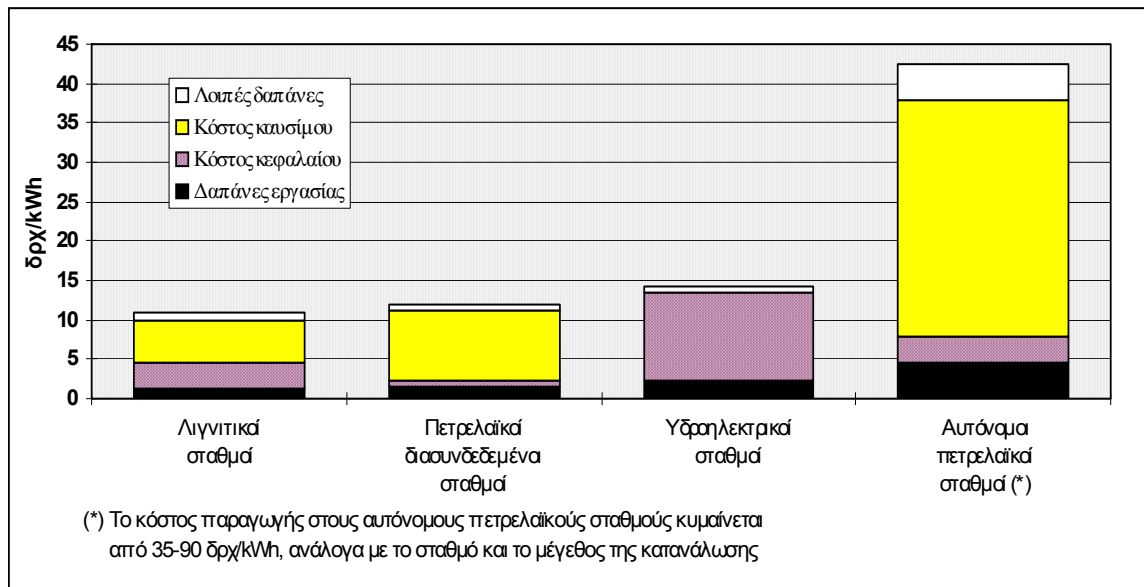
Ο δεύτερος κύριος άξονας του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου είναι η διαφοροποίηση που επέρχεται ανάλογα με την αξιοποιούμενη πηγή ενέργειας. Η διαφοροποίηση αφορά καταρχήν την παροχή άδειας λειτουργίας και εν συνεχεία την τιμολόγηση της παραγόμενης ενέργειας.

Σε ό,τι αφορά την παροχή άδειας λειτουργίας στο νησιωτικό απομονωμένο σύστημα, όπου τα φορτία είναι εν γένει μικρά, δεν επιτρέπεται η λειτουργία μονάδων φυσικού αερίου από ανεξάρτητους παραγωγούς, ενώ επιτρέπεται από αυτοπαραγωγούς. Στην ηπειρωτική Ελλάδα επιτρέπεται η λειτουργία μονάδων φυσικού αερίου τόσο από αυτοπαραγωγούς όσο και από ανεξάρτητους παραγωγούς. Στην περίπτωση των ανεξάρτητων παραγωγών ισχύει το άνω όριο των 50 MW, ενώ εξετάζεται από τη Δ.Ε.Η. καταρχήν αν υπάρχει ενδιαφέρον σύμπραξης της (Άρθρο 1, παρ. 7, 8, 9, 10). Μόνο στην περίπτωση που η Δ.Ε.Η. δεν εκδηλώσει μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ενδιαφέρον, επιτρέπεται στον ιδιώτη-παραγωγό να προχωρήσει μόνος του στην επένδυση. Σε ό,τι αφορά την τιμολόγηση της παραγόμενης ενέργειας, η τιμή πώλησής της για τους ιδιώτες-παραγωγούς προσδιορίζεται ως ποσοστό του αντίστοιχου τιμολογίου πώλησης της Δ.Ε.Η. Όπως προκύπτει από τα στοιχεία που σημειώνονται στον πίνακα 4.1, η τιμή πώλησης μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση εγκατάστασης του συστήματος παραγωγής (στο αυτόνομο-νησιωτικό σύστημα ή στο διασυνδεδεμένο), τη διάκριση αυτοπαραγωγής-ανεξάρτητης παραγωγής, την τάση παραγωγής (χαμηλή, μέση ή υψηλή), τη ζώνη φορτίου στην οποία παράγεται η ενέργεια (για την υψηλή τάση), το είδος της χρησιμοποιούμενης πηγής ενέργειας και, τέλος, την ισχύ λειτουργίας του συστήματος. Τα παραπάνω στοιχεία οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το θεσμικό πλαίσιο, με τις υψηλότερες τιμές πώλησης που προβλέπει για την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο νησιωτικό απομονωμένο σύστημα, ενισχύει επενδύσεις προς αυτήν την κατεύθυνση. Αν λάβει κανείς υπόψη του τα πιο πρόσφατα στοιχεία κόστους παραγωγής της Δ.Ε.Η., που παρατίθενται στο σχήμα 4.2 και που προκύπτουν από τον απολογισμό δραστηριοτήτων της επιχείρησης για το 1995, προκύπτει ότι το κόστος παραγωγής της Δ.Ε.Η. σε αυτόνομους σταθμούς είναι υπερδιπλάσιο του αντίστοιχου στους διασυνδεδεμένους σταθμούς. Με βάση αυτά τα στοιχεία και λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμολογιακή πολιτική της Δ.Ε.Η. είναι ίδια για όλη την επικράτεια, προκύπτει ότι ορθώς ενθαρρύνονται οι επενδύσεις στο νησιωτικό χώρο. Αντίθετα, στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όπου το κόστος παραγωγής της Δ.Ε.Η. είναι χαμηλό, το θεσμικό πλαίσιο παρέχει στην τελευταία ένα σαφές πλεονέκτημα. Μπορεί κανείς επομένως να διαπιστώσει ότι το κύριο σκεπτικό που επικράτησε κατά την κατάρτιση του Ν.2244/94 ήταν η διασφάλιση συνθηκών ανάπτυξης επιχειρηματικών πρωτοβουλιών στο χώρο της παραγωγής ενέργειας, σε τομείς όπου η Δ.Ε.Η. δεν έχει άμεσο ενδιαφέρον ή άμεση οικονομική σκοπιμότητα δραστηριοποίησης, όχι, όμως, και σε τομείς όπου θα μπορούσε να αναπτυχθεί ανταγωνιστική δραστηριότητα σε μεγάλης κλίμακας παραγωγή ενέργειας.

Πίνακας 4.1. Τιμολογιακή πολιτική για συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και φυσικού αερίου. Οι γραμμοσκιασμένες τιμές αφορούν Α.Π.Ε., οι λευκές φυσικό αέριο.

Νησιωτικό απομονωμένο σύστημα		Διασυνδεδεμένο σύστημα					
Αυτο παραγωγή	Ανεξάρτητη παραγωγή	Χαμηλή τάση 220 / 380 V	Μέση τάση 6.6 - 22 kV		Υψηλή τάση 150 kV		
		Χρέωση ενέργειας	Χρέωση ενέργειας		Χρέωση ενέργειας		
		ΑΠ	ΑΠ	ΑΝΠ	Ζώνη φορτίου	ΑΠ	ΑΝΠ
70% Γ22	90% Γ22	70% Γ22	70% B2	90% B2			70% A
60% Γ22		60% Γ22	60% B2	70% B2		60% A	70% A
					Αιχμής Ενδιάμεση Χαμηλή		
			Χρεώση μέγιστης ισχύος Ολες οι ζώνες φορτίου		Χρεώση μέγιστης ισχύος Ζώνη αιχμής		
				50% B2			50% A
				50% B2			50% A
				466*σ			1058,5*σ

Πρόκειται για μέσες τιμές συναρτήσει των αντίστοιχων τιμολογίων της ΔΕΗ



Σχήμα 4.2. Κόστος παραγωγής της Δ.Ε.Η. (1998)

Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την ιδιαίτερη σχέση που έχει η Δ.Ε.Η. με τη Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (Δ.Ε.Π.Α.) σε ό,τι αφορά την προμήθεια φυσικού αερίου για τους

σταθμούς της, καθιστά απίθανη την ανάπτυξη επιχειρηματικής δραστηριότητας ανεξάρτητων παραγωγών στον τομέα της συμπαραγωγής.

Πρωταρχική συνθήκη για την εξέταση του θεσμικού πλαισίου αποτελεί η ανάλυση της συμβολής, υφιστάμενης και δυνητικής, των Α.Ε.Σ., προκειμένου να αποσαφηνισθούν τόσο η κλίμακα του αποτελέσματος που επιδιώκεται να επιτευχθεί με τη χρήση των επιμέρους συστημάτων όσο και οι τεχνολογικοί περιορισμοί που επηρεάζουν την προώθηση των συστημάτων σε μακροοικονομικό επίπεδο. Από την καταγραφή των Α.Ε.Σ. που λειτουργούν σήμερα προκύπτει μία αξιόλογη διάδοση των συστημάτων αξιοποίησης ήπιων μορφών ενέργειας και μία περιορισμένη ανάπτυξη στα υπόλοιπα συστήματα, τα οποία έχουν περισσότερο πιλοτικό χαρακτήρα. Ειδικότερα, στην κατηγορία των συστημάτων αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας καταγράφηκε μία εγκατεστημένη επιφάνεια της τάξης του 1.800.000 m², των ανεμογεννητριών, με μία εγκατεστημένη ισχύ της τάξης των 200 MW στα τέλη του 2000 από 45 MW που ήταν το 1997, και των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών με μία εγκατεστημένη ισχύ της τάξης των 42 MW. Η βιομάζα διαδραματίζει έναν μειούμενο ρόλο στην οικιακή και γεωργική χρήση της υπαίθρου, ενώ οι γεωθερμικές εφαρμογές για αγροτική χρήση και τα συστήματα παραγωγής ενέργειας με την αξιοποίηση απορριμμάτων και αποβλήτων δεν έχουν αναπτυχθεί ανάλογα με το διαθέσιμο δυναμικό. Ως βασικά κριτήρια κατά την αξιολόγηση των συστημάτων χρησιμοποιήθηκαν το εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό των αντίστοιχων πόρων, η καταλληλότητά τους στις ελληνικές κλιματικές και μορφολογικές συνθήκες, η διαθέσιμη τεχνολογία, το επίπεδο εμπειρίας από τις εφαρμογές τους σε ερευνητικό και παραγωγικό επίπεδο και τα αποτελέσματα χρήσης από την εφαρμογή τους στο παρελθόν. Ως θετικές επιλογές αξιολογήθηκαν οι ανεμογεννήτριες, τα ηλιακά συστήματα, θερμικά και φωτοβολταϊκά, και οι μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Η επιλογή αυτή επιβεβαιώνεται και από τις μέχρι τώρα εξελίξεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας, που παρουσιάζονται σε ξεχωριστό κεφάλαιο.

4.3.2. Αξιολόγηση του θεσμικού πλαισίου

Η μεθοδολογική προσέγγιση αξιολόγησης του θεσμικού πλαισίου βασίζεται στην παράλληλη διερεύνηση της οικονομικής σκοπιμότητας μίας επένδυσης σε Α.Ε.Σ. από την άποψη του ιδιώτη-παραγωγού και της εθνικής οικονομίας, για εκείνες τις κατηγορίες Α.Ε.Σ. που, όπως παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, αποτελούν ελκυστικές ευκαιρίες ανάληψης επιχειρηματικής δραστηριότητας από πλευράς ιδιώτη-παραγωγού.

Συγκεκριμένα, για κάθε μία κατηγορία Α.Ε.Σ. καθορίζονται «τυπικές μονάδες», προδιαγράφοντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, εκτιμώντας το αναγκαίο επενδεδυμένο κεφάλαιο και υπολογίζοντας το κόστος παραγωγής τους. Ειδικότερα, για την προδιαγραφή των τεχνικών χαρακτηριστικών και την εκτίμηση του αναγκαίου επενδεδυμένου κεφαλαίου αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της καταγραφής της υφιστάμενης κατάστασης. Για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής διαμορφώθηκαν κατάλληλες συναρτήσεις κόστους.

Για κάθε κατηγορία τυπικών μονάδων διερευνήθηκε η οικονομική σκοπιμότητα που αναμένεται να προκύψει τόσο για τον ιδιώτη-παραγωγό όσο και για την εθνική οικονομία. Για τη διερεύνηση της σκοπιμότητας των επενδύσεων σε αυτά τα συστήματα

χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι της Καθαρής Παρούσας Αξίας και του Εσωτερικού Επιτοκίου Απόδοσης για τον προσδιορισμό της χρηματοοικονομικής απόδοσης του επενδυθέντος κεφαλαίου, η μέθοδος υπολογισμού του Κόστους της Παραγόμενης Μονάδας Ενέργειας (Κ.Π.Μ.Ε.) για την απευθείας σύγκρισή του με το αντίστοιχο κόστος παραγωγής της Δ.Ε.Η. και η μέθοδος της Ανάλυσης Κόστους-Ωφέλειας (C.B.A.) για την αξιολόγηση της συμβολής της επένδυσης στην εθνική οικονομία.

Συγκεκριμένα, οι μέθοδοι της Κ.Π.Α. και του Ε.Ε.Α. χρησιμοποιήθηκαν τόσο για τη χρηματοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης από την άποψη του ιδιώτη-παραγωγού όσο και της εθνικής οικονομίας, με τα αναγκαία δεδομένα ανάλογα με την περίπτωση, που θα αναλυθούν στις παραγράφους 5 και 6 αντίστοιχα. Η μέθοδος του Κ.Π.Μ.Ε. δίνει το ίδιο αποτέλεσμα και για τις δύο περιπτώσεις αξιολόγησης και χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση της σκοπιμότητας της επένδυσης από την άποψη της εθνικής οικονομίας, συγκρίνοντας το κόστος παραγωγής που προκύπτει από τη χρήση της μεθόδου με το αντίστοιχο της Δ.Ε.Η. Τέλος, η μέθοδος C.B.A. επιλέχθηκε για την αξιολόγηση της επένδυσης από την άποψη της εθνικής οικονομίας, τόσο επειδή είναι η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος αναλύσεων σε μακροοικονομικό επίπεδο στο διεθνή χώρο, όσο και επειδή ο δείκτης C.B.A., ως αδιάστατο μέγεθος, διευκολύνει τη συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών επενδύσεων για την πρόκριση της πλέον σκόπιμης, ενώ παράλληλα κατά την εφαρμογή της μεθόδου μπορούν να ληφθούν υπόψη και ποιοτικοί παράγοντες, όπως μείωση του φορτίου ενός συμβατικού ηλεκτροπαραγωγικού σταθμού κατά τις περιόδους αιχμής, μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων κ.ά.

Η οικονομική ωφέλεια για την εθνική οικονομία από την πραγματοποίηση επενδύσεων στον τομέα των Α.Ε.Σ. προκύπτει από δύο βασικές συνιστώσες: Από την *υποκατάσταση της χρήσης των συμβατικών πηγών ενέργειας* που θα χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των ενεργειακών φορτίων, εφόσον δεν πραγματοποιηθούν οι επενδύσεις σε Α.Ε.Σ., και από τον *περιορισμό της συναλλαγματικής εκροής* για την εισαγωγή ενέργειας, κυρίως πετρελαίου. Οι βασικές επιρροές των παραπάνω συνιστωσών στην εθνική οικονομία είναι οι εξής:

α) Οικονομική ωφέλεια λόγω χαμηλότερου κόστους παραγωγής της παραγόμενης ενέργειας από Α.Ε.Σ. σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το κόστος παραγωγής της ενέργειας με συμβατικό τρόπο, που διαφοροποιείται έντονα ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη πηγή και τη θέση εγκατάστασης.

β) Το εμπορικό ισοζύγιο πληρωμών επηρεάζεται αρνητικά από τη συναλλαγματική αξία του απαιτούμενου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του Α.Ε.Σ., εφόσον αυτός είναι εισαγόμενος, και θετικά από τον περιορισμό της συναλλαγματικής εκροής για την εισαγωγή συμβατικών ενεργειακών πόρων (π.χ. ολική ή μερική υποκατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε έναν αυτόνομο πετρελαϊκό σταθμό από μία ανεμογεννήτρια).

γ) Τα δημοσιονομικά έσοδα επηρεάζονται αρνητικά από τη μείωση εισπραξης δασμών εξαιτίας της μη χρήσης συμβατικών καυσίμων. Ο παράγοντας αυτός είναι ιδιαίτερα σημαντικός κατά την υποκατάσταση πετρελαίου (π.χ. η υποκατάσταση του πετρελαίου, για χρήση θέρμανσης χώρων, από ηλιακά θερμικά συστήματα).

δ) Οι δημόσιες επενδύσεις επηρεάζονται αρνητικά από τις επιδοτήσεις των επενδύσεων

στον τομέα των Α.Ε.Σ., εφόσον εμπίπτουν στα κριτήρια του αναπτυξιακού νόμου Ν.2234/94 ή από την εθνική συμμετοχή στα ευρωπαϊκά προγράμματα στήριξης των Α.Ε.Σ., και έμμεσα θετικά από τον περιορισμό των αναγκών ύπαρξης συμβατικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Άλλες παράμετροι, όπως οι επιπτώσεις στην κλαδική βιομηχανική ανάπτυξη, στην αγορά εργασίας και στο περιβάλλον, δεν ποσοτικοποιήθηκαν, παρ' όλο που η μέθοδος C.B.A. δίνει τη δυνατότητα, επειδή η εκτίμησή τους μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τις αρχικές συνθήκες και το χρονικό ορίζοντα διερεύνησης του προβλήματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μελέτη της σκοπιμότητας των ηλιακών συστημάτων παραγωγής ζεστού νερού, συσχετιζόμενη με την ενίσχυση του κλάδου κατασκευής ηλιακών συλλεκτών στη δεκαετία του 1980, όταν ο κλάδος γνώριζε σημαντική ανάπτυξη, και σήμερα, που έχει σταθεροποιηθεί. Υπό αυτήν την έννοια, τα αποτελέσματα της ανάλυσης που παρουσιάζονται στην εργασία αποτελούν τη συντηρητική χρηματοοικονομική εκτίμηση σκοπιμότητας των Α.Ε.Σ. για την εθνική οικονομία.

4.3.3. Σκοπιμότητα επενδύσεων από την άποψη του παραγωγού

Για την οικονομική αξιολόγηση των Α.Ε.Σ. από την άποψη του ιδιώτη παραγωγού προσδιορίστηκαν το αρχικό επενδυτικό κόστος, το σχήμα χρηματοδότησης, οι λειτουργικές δαπάνες και τα αναμενόμενα έσοδα από την παραγωγή ενέργειας για κάθε μία κατηγορία τυπικών Α.Ε.Σ. ξεχωριστά. Ειδικότερα, τα στοιχεία αρχικού επενδυτικού κόστους και λειτουργικών δαπανών που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από τα αρχεία των φορέων μελέτης, κατασκευής και χρήσης Α.Ε.Σ. (Δ.Ε.Η., Ο.Τ.Ε., Ε.Τ.Β.Α., Κ.Α.Π.Ε., Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης, κατασκευάστριες εταιρείες).

Σε ό,τι αφορά το σχήμα χρηματοδότησης της επένδυσης εξετάστηκαν οι δυνατότητες: α) της χρηματοδότησης εξ ιδίων κεφαλαίων, β) της ένταξης της επένδυσης στις διατάξεις του Ν.2234/94 «περί παροχής κινήτρων για την οικονομική ανάπτυξη», δηλαδή επιχορήγηση της αρχικής επένδυσης, επιδότηση επιτοκίου δανεισμού και αυξημένων αποσβέσεων και γ) της ένταξής της στα προγράμματα χρηματοδότησης επενδύσεων σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Περιφερειακά Επιχειρησιακά Προγράμματα, Thermie, Leader).

Τα αναμενόμενα έσοδα προσδιορίστηκαν βάσει της ωφέλιμης παραγόμενης ενέργειας κάθε τυπικής μονάδας και των τιμολογίων πώλησης της παραγόμενης ενέργειας, όπως ορίζονται από τον Ν.2244/94. Για τη διερεύνηση της οικονομικής σκοπιμότητας, και εξαιτίας του ιδιαίτερα μεγάλου χρονικού ορίζοντα αξιολόγησης αυτών των συστημάτων, που κυμαίνεται από 15 ως 30 χρόνια, χρησιμοποιήθηκαν αποπληθωρισμένα οικονομικά μεγέθη. Έτσι, το αποπληθωρισμένο κόστος κεφαλαίου εκτιμήθηκε σε 4.5%. Το μέγεθος αυτό προκύπτει από το μέσο επιτόκιο χορηγήσεων αφαιρώντας τη μέση τιμή του δείκτη τιμών καταναλωτή. Με προοπτική την επίτευξη των στόχων του προγράμματος σύγκλισης τα δύο μεγέθη θα πρέπει να διαμορφωθούν στα επίπεδα του 7% και 2,5% αντίστοιχα, στα επόμενα χρόνια. Οι σημερινές τιμές τους είναι 12% και 6% αντιστοίχως. Για το κόστος των συμβατικών καυσίμων και το ύψος των τιμολογίων της Δ.Ε.Η. διεξήχθη ανάλυση ευαισθησίας με την αποδοχή τριών σεναρίων. Στο «αισιόδοξο» σενάριο το κόστος των καυσίμων αυξάνεται κατά 2% ετησίως, στο «συμβατικό» παραμένει σταθερό και στο «απαισιόδοξο» μειώνεται κατά 2% ετησίως, με την αντίστοιχη συνεπαγόμενη μεταβολή

της τιμής αγοράς της παραγόμενης ενέργειας. Τα τρία αυτά σενάρια αποτελούν τη μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη στην οποία καταλήγει η 17η Γενική Διεύθυνση Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην ετήσια έκθεσή της.

Η οικονομική σκοπιμότητα κάθε τυπικής μονάδας Α.Ε.Σ. διερευνήθηκε με την εφαρμογή των μεθόδων της Κ.Π.Α., του Ε.Ε.Α. και του Κ.Π.Μ.Ε. Από την ανάλυση προέκυψε μία σειρά αποτελεσμάτων για κάθε Α.Ε.Σ. Ενδεικτικά αναφέρονται τα στοιχεία της επένδυσης από ανεξάρτητο παραγωγό μίας ανεμογεννήτριας (Α/Γ) και τα αποτελέσματα της αξιολόγησής της, που εξετάστηκε στο πλαίσιο αυτής της εργασίας.

Πρόκειται για μία τυπική Α/Γ ισχύος 280 kW, με συνολικό αρχικό κόστος επένδυσης 55.500.000 δρχ και αναμενόμενη ωφέλιμη ετήσια παραγωγή ενέργειας 628.000 kWh, για μία τυπική θέση εγκατάστασης σε νησί του βορειοανατολικού Αιγαίου. Οι ετήσιες λειτουργικές δαπάνες ανέρχονται σε 950.000 δρχ. και η ελάχιστη διάρκεια ζωής της σε δεκαπέντε χρόνια. Εξαιτίας της θέσης της Α/Γ σε νησί η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας ανέρχεται σε 22,95 δρχ/kWh. Η επένδυση θεωρείται ότι υλοποιείται αποκλειστικά με ίδια επενδεδυμένα κεφάλαια. Με βάση αυτά τα δεδομένα, και χρησιμοποιώντας το λογισμικό που αναπτύχθηκε, υπολογίζεται ότι:

- Η Κ.Π.Α. ανέρχεται σε 78.208.500 δρχ.
- Το Ε.Ε.Α. είναι 21,77% και
- Το Κ.Π.Μ.Ε. είναι 10,78 δρχ/kWh

Υπογραμμίζεται ότι λόγω των κλιματικών στοιχείων της περιοχής και των τιμολογίων που προβλέπει ο νόμος 2244/94 πρόκειται για μία ιδιαίτερη ευνοϊκή περίπτωση, οπότε τα αποτελέσματα είναι αντίστοιχα θετικά. Αν η επένδυση πραγματοποιούνταν με τα ίδια ακριβώς τεχνικά χαρακτηριστικά στην ηπειρωτική χώρα, τα αποτελέσματα θα διαμορφώνονταν διαφορετικά, καθώς η τιμή αγοράς της παραγόμενης ενέργειας είναι 17,03 δρχ/kWh. Συγκεκριμένα:

- Η Κ.Π.Α. ανέρχεται σε 35.402.000 δρχ.
- Το Ε.Ε.Α. είναι 14,99% και
- Το Κ.Π.Μ.Ε. παραμένει 10,78 δρχ/kWh, επειδή δεν μεταβάλλονται τα στοιχεία που το προσδιορίζουν.

Παρ' ότι και σ' αυτή την περίπτωση η επένδυση είναι σκόπιμη, γίνεται αντιληπτό πόσο σημαντικά ενισχύει ο Ν.2244/94 τις επενδύσεις στο αυτόνομο νησιωτικό σύστημα, καθιστώντας τις ιδιαίτερα ελκυστικές. Τέλος, οι υψηλές τιμές της Κ.Π.Α. και του Ε.Ε.Α., στο μεγάλο χρονικό διάστημα μίας δεκαπενταετίας, τεκμηριώνουν και τη βιωσιμότητα της επένδυσης.

Κατά τον ίδιο τρόπο, υπό την προϋπόθεση ότι οι επενδύσεις χρηματοδοτούνται με ίδια κεφάλαια, προσδιορίστηκε η οικονομική σκοπιμότητα και των υπόλοιπων τυπικών Α.Ε.Σ. Από τα στοιχεία αυτά και τον υπολογισμό της Κ.Π.Α. και του Ε.Ε.Α. για όλα τα τυπικά συστήματα, συναρτήσεως της θέσης λειτουργίας της μονάδας, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα για τις κατηγορίες τυπικών Α.Ε.Σ. που εξετάστηκαν:

- Η παραγωγή ενέργειας από αιολικά και μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα είναι οικονομικά ιδιαίτερα σκόπιμη στα νησιά και οριακά σκόπιμη στο διασυνδεδεμένο δίκτυο.

Σε ό,τι αφορά τα μικρά υδροηλεκτρικά επισημαίνεται ότι είναι ιδιαίτερα σκόπιμη, όταν πρόκειται για micro συστήματα, ισχύος έως 2 MW.

- Η χρήση ηλιακών συστημάτων παραγωγής θερμότητας είναι σκόπιμη μόνο για την κάλυψη ίδιων αναγκών μικρής κλίμακας, όχι όμως και για την παραγωγή ενέργειας σε επιχειρηματικό επίπεδο.
- Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι απαγορευτικό, πλην ειδικών περιπτώσεων, όπου άλλωστε χρησιμοποιούνται από καιρό. Ως τέτοιες αναφέρονται ενδεικτικά η κάλυψη αναγκών απομακρυσμένων αναμεταδοτών, φάρων και φανών κ.τ.λ.
- Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα σε μονάδες συμπαραγωγής είναι υπό συνθήκες σκόπιμη στα νησιά, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα και επάρκεια της πρώτης ύλης.
- Η παραγωγή και συμπαραγωγή ενέργειας από φυσικό αέριο από ανεξάρτητους παραγωγούς είναι σκόπιμη στη μέση τάση, όχι όμως στην υψηλή. Τα αναμενόμενα θετικά οικονομικά αποτελέσματα οφείλονται κυρίως στη χαμηλή τιμή με την οποία η Δ.ΕΠ.Α. προβλέπεται να διαθέσει το φυσικό αέριο την προσεχή πενταετία.

4.3.4. Σκοπιμότητα επενδύσεων από την άποψη της εθνικής οικονομίας

Η μεθοδολογία διερεύνησης της σκοπιμότητας υλοποίησης επενδύσεων σε Α.Ε.Σ. από την άποψη της εθνικής οικονομίας παρουσιάστηκε προηγούμενα. Σημειώνεται ότι η αξιολόγηση από πλευράς εθνικής οικονομίας παρουσιάζει, σε σχέση με την αξιολόγηση από πλευράς ιδιώτη, τις εξής ιδιαιτερότητες:

Θεωρώντας ότι η επένδυση διεξάγεται από ιδιωτικό φορέα, το αρχικό κόστος του Α.Ε.Σ. αποτελεί για τον φορέα αυτόν δαπάνη. Από την άποψη της εθνικής οικονομίας η επένδυση αποτελεί δαπάνη μόνο στην περίπτωση που επιχορηγείται, εντασσόμενη για παράδειγμα, στις διατάξεις του αναπτυξιακού νόμου Ν.2234/94. Αντιθέτως, επιχορηγήσεις που δίνονται από κοινοτικούς πόρους δεν αποτελούν δαπάνη για την εθνική οικονομία, καθώς δεν θεωρούνται ταμειακή εκροή στον προϋπολογισμό του Δημοσίου.

Προκαλείται συναλλαγματική εκροή από την εισαγωγή του απαιτούμενου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Η αξία του εισαγόμενου εξοπλισμού προσδιορίζεται ως ποσοστό επί της συνολικής δαπάνης της επένδυσης, που πολλαπλασιαζόμενη επί τον συντελεστή συναλλαγματικής εκροής μας δίνει τη συναλλαγματική εκροή για την εθνική οικονομία. Η αξία των συμβατικών πηγών ενέργειας που υποκαθίστανται μεταβάλλεται ανάλογα με τη μορφή της ενέργειας που υποκαθίσταται και τον τρόπο παραγωγής της. Η τιμή πώλησης του πετρελαίου προ φόρων ανέρχεται σε 9 δρχ/kWh, για τιμή 25 δολαρίων/βαρέλι και ισοδυναμία 350 δρχ/δολάριο, ενώ τα στοιχεία του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας από τους σταθμούς της Δ.Ε.Η. είναι αυτά που παρουσιάστηκαν στο σχήμα 4.1. Ειδικότερα, για το παράδειγμα της Α/Γ που παρουσιάστηκε προηγούμενως, τα μεγέθη που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς είναι τα ακόλουθα:

- Το δημόσιο δεν συμμετέχει στην αρχική επένδυση, επειδή αυτή δεν επιδοτείται, άρα δεν υπάρχει δαπάνη.
- Η αξία του εισαγόμενου εξοπλισμού ανέρχεται στο 90% του συνολικού αρχικού

κόστους της επένδυσης, που αντιστοιχεί στην αξία του συνόλου του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού της Α/Γ, και ο συντελεστής συναλλαγματικής εκροής ανέρχεται σε 4,8%, όπως προκύπτει από τα στοιχεία της Τράπεζας της Ελλάδας [16].

- Η αξία της ηλεκτρικής ενέργειας που υποκαθίσταται ανέρχεται σε 45 δρχ/kWh, που είναι το κόστος παραγωγής σε μεσαίους αυτόνομους πετρελαϊκούς σταθμούς.

Από τη διερεύνηση της σκοπιμότητας των επενδύσεων, με τη χρήση του λογισμικού, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

- Η Κ.Π.Α. ανέρχεται σε 9.952.000 δρχ.
- Το Ε.Ε.Α. είναι 24,19% και
- Ο δείκτης C.B.A. είναι 0,46.

Τα ιδιαίτερα ευνοϊκά αυτά αποτελέσματα γίνονται κρίσιμα, αν η ίδια ανεμογεννήτρια τοποθετηθεί στην ηπειρωτική χώρα, οπότε υποκαθιστά λιγνιτικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια με ένα κόστος 14,5 δρχ/kWh. Οι δείκτες σ' αυτή την περίπτωση έχουν ως εξής:

- Η Κ.Π.Α. ανέρχεται σε 217.000 δρχ.
- Το Ε.Ε.Α. είναι 4,8% και
- Ο δείκτης C.B.A. είναι 1,08.

Η εγκατάσταση και λειτουργία ανεμογεννητριών γίνεται οριακά σκόπιμη από πλευράς εθνικής οικονομίας (Κ.Π.Α.=0, Ε.Ε.Α.=4,5%, C.B.A.=1) για ένα κόστος συμβατικής παραγωγής ενέργειας 15,1 δρχ/kWh.

Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν επομένως μία συμφέρουσα επένδυση, κυρίως στην περίπτωση που εγκαθίστανται σε νησιωτικές, μη διασυνδεδεμένες περιοχές της χώρας. Ο λόγος της διαφοροποίησης ανάγεται στο γεγονός ότι εισάγονται από το εξωτερικό, προκαλώντας έτσι σημαντική συναλλαγματική εκροή, η οποία αντισταθμίζεται κυρίως στην περίπτωση υποκατάστασης πετρελαϊκά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και όχι υποκατάστασης της λιγνιτικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην ηπειρωτική χώρα.

Εφαρμόζοντας κατά τον ίδιο τρόπο την παραπάνω μεθοδολογική προσέγγιση για κάθε μία περίπτωση τυπικού Α.Ε.Σ. ξεχωριστά, αναλύθηκε η σκοπιμότητά τους για την εθνική οικονομία. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης συνοψίζονται ως εξής:

- Τα μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα αποτελούν κατά κανόνα σκόπιμη επένδυση, παρά το γεγονός ότι και σ' αυτή την περίπτωση ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός είναι κατά κύριο λόγο εισαγόμενος. Η συναλλαγματική εκροή αντισταθμίζεται στην περίπτωση αυτή από την προστιθέμενη αξία των έργων πολιτικού μηχανικού αλλά και την αξία της συμβατικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που υποκαθίσταται. Τα μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα είναι οριακά σκόπιμα, όταν υποκαθιστούν ενέργεια που παράγεται, με συμβατικό τρόπο, με κόστος παραγωγής ίσο με 12,5 δρχ/kWh.
- Η χρήση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, για παραγωγή θερμότητας, κυρίως ζεστού νερού, είναι σκόπιμη για την εθνική οικονομία, υπό την προϋπόθεση ότι πρόκειται για κατασκευαζόμενα στην Ελλάδα συστήματα. Το κόστος παραγωγής της θερμικής kWh, κυμαίνεται από 8-10 δρχ., που είναι χαμηλότερο από την τελική τιμή πώλησης του πετρελαίου και σαφώς χαμηλότερο από το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας με οποιονδήποτε συμβατικό τρόπο.

- Η χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων για παραγωγή θερμότητας, κυρίως για θέρμανση κτιρίων, είναι πάντα σκόπιμη για την εθνική οικονομία. Το κόστος παραγωγής της θερμικής kWh μεταβάλλεται ανάλογα με το σύστημα από 6 έως 10 δρχ., είναι χαμηλότερο από την τελική τιμή πώλησης του πετρελαίου και σαφώς χαμηλότερο από το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας με οποιοδήποτε συμβατικό τρόπο.
- Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν είναι σκόπιμη για την εθνική οικονομία, καθώς το αρχικό κόστος επένδυσης των εισαγόμενων συστημάτων είναι ιδιαίτερα υψηλό. Υπολογίστηκε ότι η χρήση τους είναι σκόπιμη, μόνο εφόσον υποκαθιστούν ηλεκτρική ενέργεια με κόστος παραγωγής υψηλότερο των 90 δρχ/kWh.
- Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα σε μονάδες συμπαραγωγής στα νησιά αποτελεί κατά κανόνα μία σκόπιμη επένδυση για τους λόγους που ισχύουν και για τις ανεμογεννήτριες. Η αντίστοιχη οριακή τιμή κόστους για συστήματα αξιοποίησης βιομάζας διαφοροποιείται ανάλογα με το σύστημα και την αξιοποιούμενη βιομάζα και κυμαίνεται από 15 έως 25 δρχ/kWh.
- Η παραγωγή και συμπαραγωγή ενέργειας από φυσικό αέριο είναι σκόπιμη για την εθνική οικονομία στην περίπτωση της μέσης και της υψηλής τάσης. Αυτό ισχύει ιδίως στην περίπτωση μεγάλων παραγόμενων φορτίων, τα οποία το οριακά επιβαρυνόμενο δίκτυο της Δ.Ε.Η. δεν μπορεί να καλύψει με οικονομικά σκόπιμο τρόπο. Το κόστος παραγωγής της υποκαθιστάμενης ενέργειας που καθιστά την επένδυση οριακά σκόπιμη ανέρχεται σε 13 περίπου δρχ/kWh.

Η αξιολόγηση του θεσμικού πλαισίου, όπως προσδιορίζεται από το Ν.2244/94 τόσο από την άποψη του ιδιώτη επενδυτή, όσο και από την άποψη της εθνικής οικονομίας, κατέδειξε ότι παρέχονται δυνατότητες ανάπτυξης σκόπιμων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων στον τομέα των Α.Ε.Σ. στην Ελλάδα.

Διαμορφώνεται ένα επιχειρηματικό καθεστώς που, τουλάχιστον σε μερικές κατηγορίες συστημάτων, είναι πραγματικά ευνοϊκό για την πραγματοποίηση επενδύσεων. Αυτό ισχύει πρωτίστως στην περίπτωση που αξιοποιούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας από συστήματα τεχνολογικά ώριμα και εμπορικά δοκιμασμένα, όπως είναι οι ανεμογεννήτριες. Το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα είναι, πέραν της εξοικονόμησης συμβατικών πηγών ενέργειας, η ανακούφιση της Δ.Ε.Η. από την ανάγκη παραγωγής ενέργειας σε περιοχές, όπου αυτό γίνεται με οικονομικά ασύμφορο τρόπο. Υπό αυτή την έννοια οι ρυθμίσεις του Ν.2244/94 κρίνονται επιτυχημένες, καθώς εξασφαλίζουν τη βιωσιμότητα και την κερδοφορία ιδιωτικών επενδύσεων, περιορίζοντας ταυτόχρονα τη ζημιόγono δραστηριότητα του δημόσιου φορέα.

Αντίθετα, με το τιμολογιακό καθεστώς που ισχύει αποθαρρύνονται οι επενδύσεις ανεξαρτήτων παραγωγών με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ηπειρωτική χώρα, όπου είναι πολύ δύσκολο να συναγωνιστούν το χαμηλό κόστος παραγωγής της Δ.Ε.Η. Η διαπίστωση αυτή δεν έχει κατ' ανάγκη αρνητική χροιά, καθώς η Δ.Ε.Η. έχει τη δυνατότητα να καλύψει κατά τον οικονομικότερο τρόπο την αυξανόμενη ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια.

Το κύριο σημείο, όμως, που επιδέχεται κριτικής είναι το όριο ισχύος των 50 MW, που τίθεται για σταθμούς συμπαραγωγής με χρήση φυσικού αερίου, σε συνδυασμό με την υποχρεωτική σύμπραξη με τη Δ.Ε.Η., εφόσον η τελευταία το κρίνει σκόπιμο. Ο

περιορισμός ισχύος ουσιαστικά αποτρέπει τη δραστηριοποίηση ανεξάρτητων παραγωγών, ικανών να καταστούν ανταγωνιστικοί προς τη Δ.Ε.Η., σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο. Η δραστηριοποίηση αυτή θα ήταν οικονομικά σκόπιμη για τον ιδιώτη-παραγωγό σε μονάδες μεγαλύτερης ισχύος, αλλά ταυτόχρονα θα ήταν σκόπιμη και για την εθνική οικονομία, καθώς θα μετέφερε ένα σημαντικό κόστος επενδύσεων από το δημόσιο στον ιδιωτικό τομέα, επιτρέποντας τον ουσιαστικό ανταγωνισμό στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής.

4.3.5. Συμπεράσματα

Ο Ν.2244/94 παρέχει σε ιδιώτες τη δυνατότητα ανάπτυξης επιχειρηματικής δραστηριότητας στον τομέα της παραγωγής ενέργειας. Δημιουργεί ένα ευνοϊκό καθεστώς για την προώθηση Α.Ε.Σ., ειδικά σε περιοχές που δεν εντάσσονται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο της Δ.Ε.Η. Τα οικονομικά αποτελέσματα από την πραγματοποίηση τέτοιου είδους επενδύσεων αναμένεται να είναι θετικά, τόσο για τους ιδιώτες-παραγωγούς όσο και για την εθνική οικονομία. Παράλληλα, η υλοποίηση τέτοιων επενδύσεων αναμένεται να συμβάλλει στην αναβάθμιση του ενεργειακού χάρτη της χώρας.

Θεωρώντας, επομένως, το ισχύον θεσμικό πλαίσιο ως πρώτο βήμα σε ένα έως τώρα κλειστό πεδίο και κατά συνέπεια αναπόφευκτα προϊόν συμβιβασμού απαιτήσεων, διαφορετικών φορέων και αναγκών, μένει να διαπιστωθεί ο τρόπος εφαρμογής του στην πράξη, προτού εξαχθούν τα ανάλογα συμπεράσματα. Κύρια σημεία στα οποία θα κριθεί η αποτελεσματικότητα του νόμου, πέραν των τιμολογιακών ρυθμίσεων και των ορίων ισχύος, είναι η αξιοπιστία και η ταχύτητα εξέτασης και έγκρισης των υποβαλλομένων προτάσεων από υποψήφιους επενδυτές.

Η καινούργια θεώρηση των παραγωγών ενέργειας ως επιχειρηματιών, που παράγουν ένα βιομηχανικό προϊόν, έστω και με τις δεδομένες ιδιαιτερότητες, απαιτεί τη διαμόρφωση ανάλογης νοοτροπίας τόσο από τους υποψήφιους επενδυτές όσο και από την πλευρά της πολιτείας.

5. Το ευρωπαϊκό ενεργειακό σύστημα

Η πιο εποπτική δυνατότητα παρουσίασης του ευρωπαϊκού ενεργειακού συστήματος είναι υιοθετώντας την κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τον ενεργειακό πόρο, εξετάζοντας τα αποθέματα, τη ζήτηση και την παραγωγή του.

5.1. Πετρέλαιο

Το πετρέλαιο έχει το σημαντικότερο μερίδιο στην αγορά ενέργειας από κάθε άλλο καύσιμο, μολονότι η αναλογία αυτή μειώνεται. Έτσι, ενώ το 1970 το πετρέλαιο αποτελούσε το 60% της βασικής παροχής ενέργειας, το αυτό ποσοστό σήμερα στο 44%. Η ζήτηση πετρελαίου αυξάνεται κυρίως στον τομέα των μεταφορών, καθώς οι μεταφορές εξαρτώνται αποκλειστικά από το πετρέλαιο και αποτελούν τον κυριότερο καταναλωτή του. Γι' αυτό το λόγο μία κρίση στη παροχή πετρελαίου σ' αυτό τον τομέα είναι δυσκολότερο να χαλιναγωγηθεί από οποιαδήποτε άλλη διακοπή παροχής οποιουδήποτε άλλου καυσίμου.

Η Ευρώπη έχει ωφεληθεί από την εκμετάλλευση των εγχώριων αποθεμάτων, που ωστόσο είναι λιγότερο ελκυστικά οικονομικά και περιορισμένα (συμπεριλαμβανομένου των αποθεμάτων της Νορβηγίας που αποτελούν λιγότερο από το 2% παγκοσμίως). Η εξάρτηση από εισαγωγές πετρελαίου εξακολουθεί να κυμαίνεται από 60% ως 70% και αναμένεται στο μέλλον αυτή να αυξηθεί εξαιτίας της αύξησης της ζήτησης και της μείωσης των εγχώριων αποθεμάτων. Η διεύρυνση δεν είναι πιθανό να επηρεάσει αυτή την εξέλιξη.

5.1.1. Αποθέματα

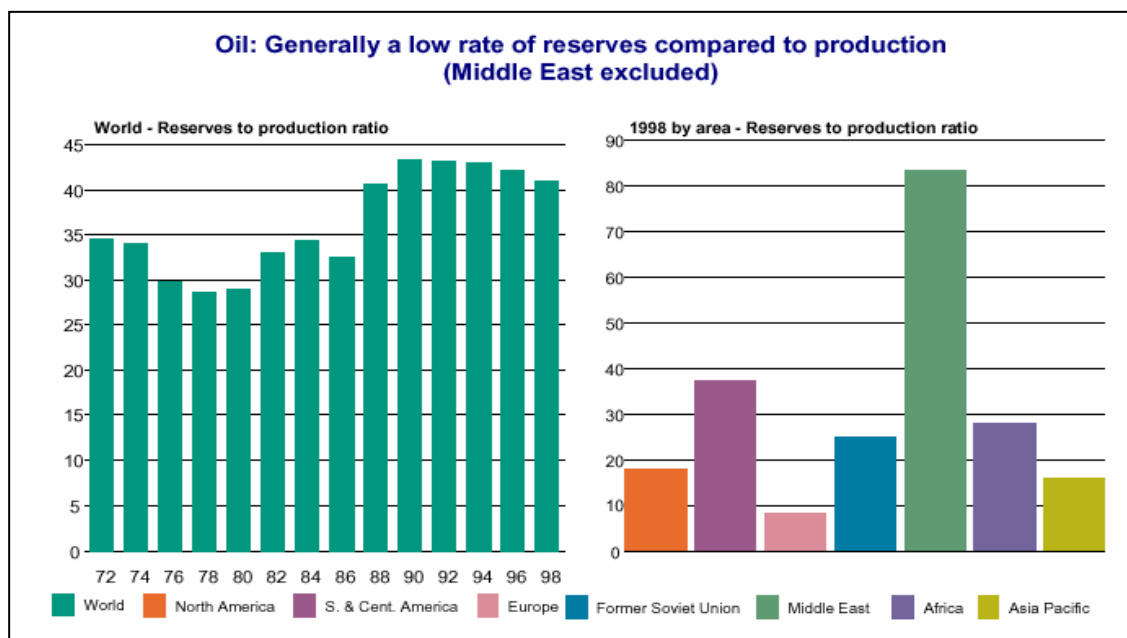
Τα περισσότερα παγκόσμια αποδεδειγμένα αποθέματα πετρελαίου εξακολουθούν να βρίσκονται στην περιοχή της Μέσης Ανατολής και αντιστοιχούν στο 64% του συνόλου. Άλλες σημαντικές ποσότητες αποθεμάτων πετρελαίου εντοπίζονται στην Αμερική και την πρώην Σοβιετική Ένωση, οι οποίες όμως καταναλώνονται από τις εγγύτερες περιοχές. Ως εκ τούτου στο κοντινό μέλλον η Μέση Ανατολή είναι το πιθανότερο να παραμείνει η πιο σημαντική πηγή πετρελαίου για την Ευρώπη.

Οι εκτιμήσεις για τα αποθέματα είναι παραδοσιακά συντηρητικές, ιδιαίτερα για τη Βόρεια Θάλασσα. Από την άλλη πλευρά νέα αποθέματα προστίθενται στα υπάρχοντα. Επιπλέον νέες τεχνολογίες, όπως η οριζόντια διάτρηση, επεκτείνουν τις δυνατότητες εξαγωγής πετρελαίου είτε από παλιότερες ή μικρές πηγές είτε από δυσκολότερες περιοχές, όπως η θαλάσσια άντληση σε μεγάλα βάθη. Επιπρόσθετα τα μη συμβατικά πετρέλαια ως αποτέλεσμα της τεχνολογικής προόδου προσφέρουν μία ακόμη πηγή. Για τους παραπάνω λόγους είναι βέβαιο πως τα εκτιμώμενα αποθέματα πετρελαίου θα αυξηθούν.

Ωστόσο ο ρυθμός εκμετάλλευσης του πετρελαίου είναι υψηλός και μάλιστα στις χώρες που δεν ανήκουν στον ΟΠΕΚ η παροχή έχει φτάσει το μέγιστο. Η παροχή πετρελαίου των χωρών που δεν ανήκουν στον ΟΠΕΚ έχει φτάσει στο μέγιστο σημείο της. Αξίζει να σημειωθεί πως κάποιες προβλέψεις (IEA "business as usual")

scenarios) κάνουν λόγο για διπλασιασμό της παραγωγής πετρελαίου της Μέσης Ανατολής από περίπου 20 Mb/day σήμερα σε 40 Mb/day ως το 2010. Αυτό το σενάριο ίσως είναι αισιόδοξο. Επιπρόσθετα, είναι πιθανό άλλες περιοχές της γης που σήμερα διαθέτουν επαρκή παροχή στη “γειτονιά” τους να αυξήσουν τη ζήτησή τους για το πετρέλαιο της Μέσης Ανατολής. Αυτό το γεγονός όχι μόνο θα μειώσει τη διαθεσιμότητα των πηγών για την ΕΕ αλλά και θα επιφέρει αύξηση στις τιμές του πετρελαίου.

Τελικά, η παγκόσμια παροχή πετρελαίου θα εξαρτηθεί από το ρυθμό διαθεσιμότητας και το σύνολο των παγκόσμιων αποθεμάτων. Απρόβλεπτους παράγοντες αποτελούν τα επίπεδα επενδύσεων σε τεχνολογία και σε υποδομές, η διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων και οι γεωπολιτικές συνθήκες. Γεγονός είναι πάντως πως οι ρυθμοί παραγωγής θα μειωθούν πριν τα αποθέματα αξιοποιηθούν πλήρως. Τέλος ένας ακόμη παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι επίδραση της καύσης του πετρελαίου στην ατμόσφαιρα και στην αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος.



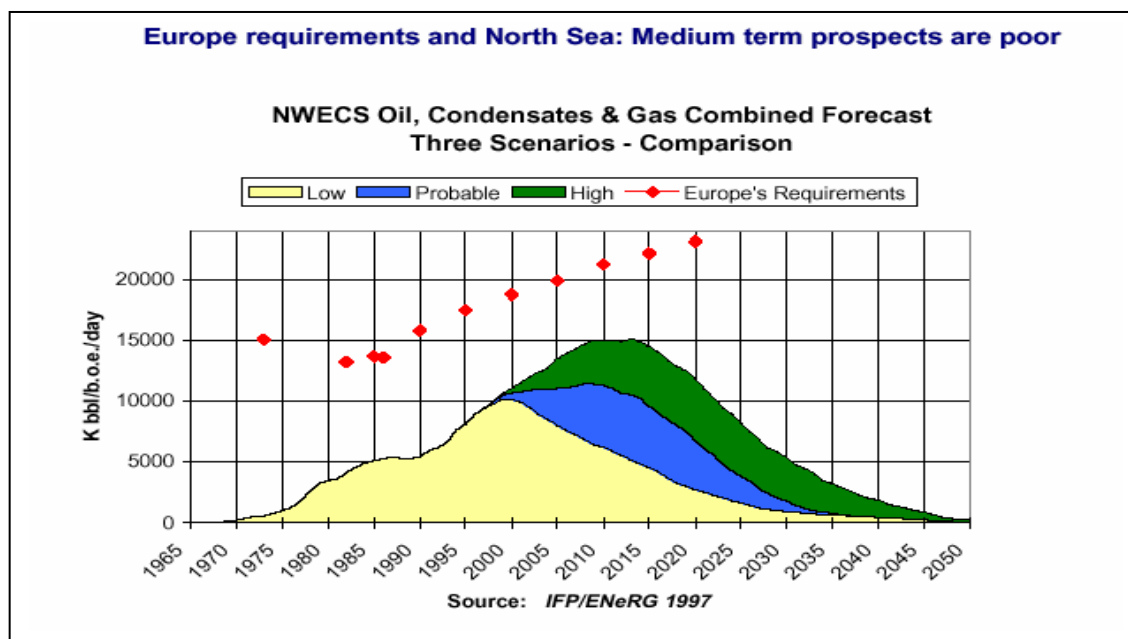
Σχήμα 5.1. Ο λόγος αποθεμάτων πετρελαίου προς παραγωγή

5.1.2. Παραγωγή

Η παγκόσμια παραγωγή αργού πετρελαίου συνεχίζει να αυξάνεται και η Μέση Ανατολή αποτελεί τον κυριότερο παραγωγό, κατάσταση που φαίνεται να επιβεβαιώνεται στο μέλλον από τις πολιτικές εξελίξεις, όπως οι πιθανώς στενότεροι δεσμοί με το Ιράν.

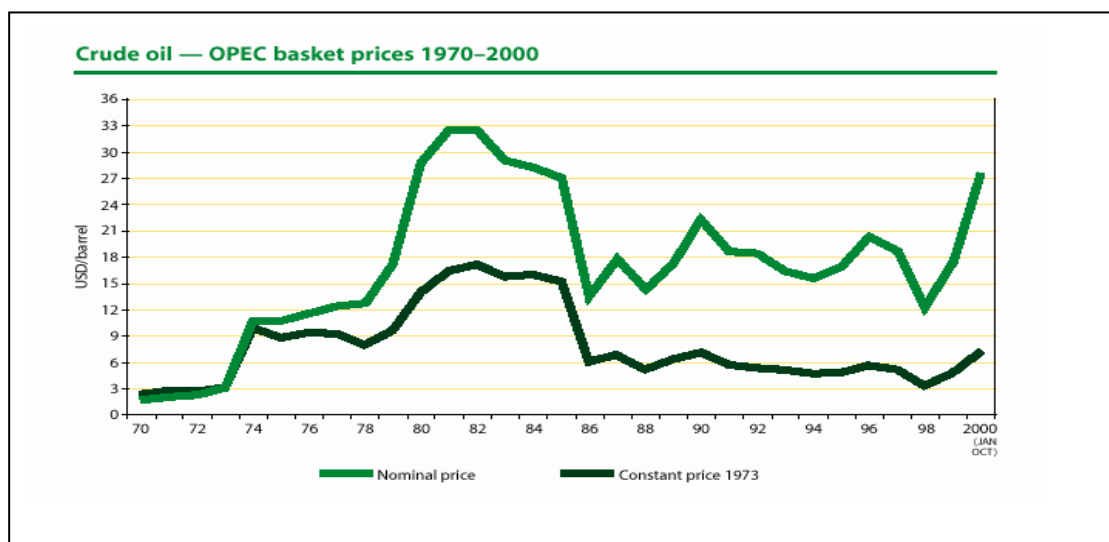
Η παραγωγή πετρελαίου από τη Βόρεια Θάλασσα δεν είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες της Ευρώπης. Ωστόσο τα αποθέματα αυτά μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο “εργαλείο” στη διαχείριση της εξάρτησης από εισαγωγές πετρελαίου. Αν η παραγωγή πετρελαίου από τη Βόρεια Θάλασσα εξακολουθήσει να ανέρχεται σε 6000-7000 kbbl/day, η δυνατότητα εκμετάλλευσής της θα μπορούσε να φτάσει ως το

2025, όταν η ζήτηση της Ευρώπης θα είναι 25000 kbbl/day. Αν η παραγωγή αυξανόταν σε 8000-9000 kbbl/day δεν θα μπορούσαν να διασφαλιστούν παραπάνω από 10 χρόνια παραγωγής, σε αντίθεση με την αύξηση της ζήτησης μεγαλύτερης από 20000 kbbl/day. Και στα δύο σενάρια η ζήτηση θα συνεχίσει να αυξάνεται και η παραγωγή από τη Βόρεια Θάλασσα θα μειωθεί δραματικά. Επομένως και στα δύο σενάρια νέες πηγές θα πρέπει να συμπληρώσουν το κενό. Στην πραγματικότητα η παραγωγή πετρελαίου στη Βόρεια Θάλασσα πλησιάζει σχεδόν στο σημείο να παρουσιάσει κάμψη.



Σχήμα 5.2. Σενάρια για τη ζήτηση πετρελαίου στην ΕΕ και την παραγωγή στη Βόρεια Θάλασσα

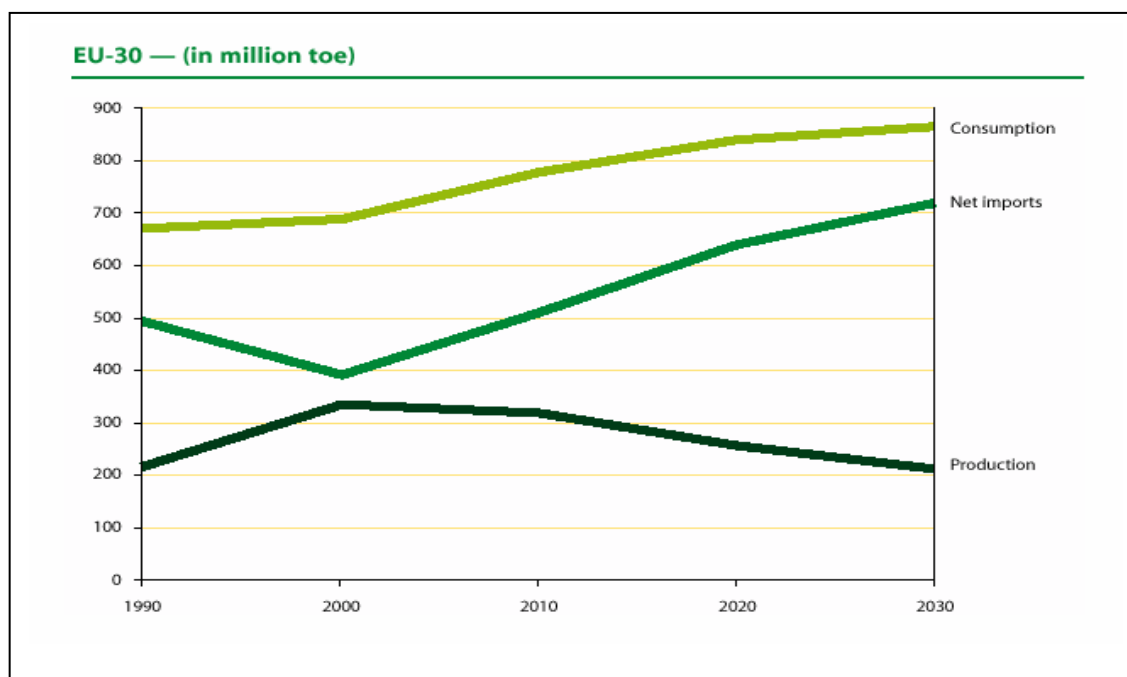
Η Βόρεια Θάλασσα αποτελεί μία από τις πιο ακριβές περιοχές για παραγωγή πετρελαίου λόγω του υψηλού κόστους εξερεύνησης και άντλησης σε μεγάλα θαλάσσια βάθη. Νέες τεχνολογίες ίσως μειώσουν αυτό το κόστος (\$8-10+bbl) αλλά παράλα αυτά θα συνεχίσει να είναι ως και τρεις φορές υψηλότερο από το κόστος στη Μέση Ανατολή (\$3-5). Εξαρτώμενος από τις τιμές της αγοράς πετρελαίου, αυτός ο παράγοντας θα μπορούσε να συνεχίσει να καθιστά τη Μέση Ανατολή τη προτιμότερη πηγή πετρελαίου της Ευρώπης.



Σχήμα 5.3. Η τιμή του αργού πετρελαίου στις χώρες του ΟΠΕΚ

5.1.3. Ζήτηση

Η ζήτηση πετρελαίου έχει αυξηθεί και η τάση αυτή θα συνεχιστεί και στο μέλλον. Το πετρέλαιο παραμένει να είναι το βασικό καύσιμο στον τομέα των μεταφορών και οι δυνατότητες να αντικατασταθεί σήμερα είναι εξαιρετικά περιορισμένες.



Σχήμα 5.4. Παραγωγή, εισαγωγές και κατανάλωση πετρελαίου στην Ευρώπη το 2030.

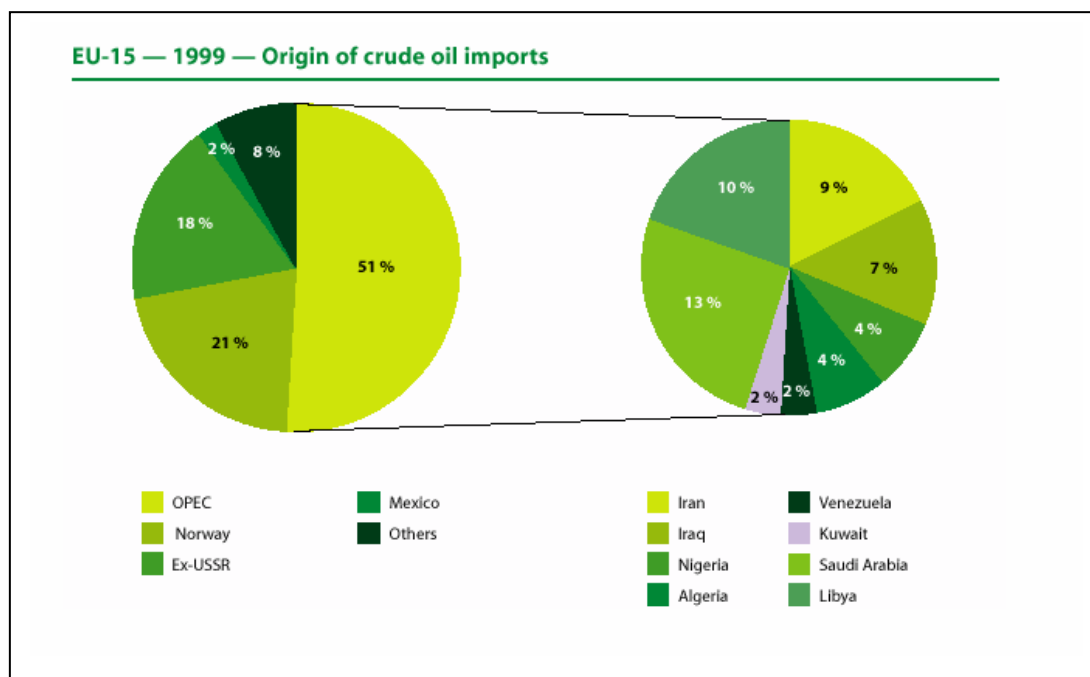
Η τιμή του πετρελαίου, με εξαίρεση τη δεκαετία του 1970, έχει μικρή επίδραση στην τάση αύξηση της ζήτησής του. Η ζήτηση εξακολουθεί να αυξάνεται παρά το γεγονός ότι η τιμή του πετρελαίου τα τελευταία 30 χρόνια είναι περισσότερο ευμετάβολη από

ότι τα 100 προηγούμενα έτη. Οι χρήστες δεν επηρεάζονται από την αύξηση της τιμής του πετρελαίου βραχυπρόθεσμα, καθώς για παράδειγμα δεν θα αλλάξουν το αυτοκίνητο τους ή το σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Ωστόσο μακροπρόθεσμα, η ενεργειακή ένταση των εφαρμογών του πετρελαίου έχει μειωθεί κατά 50% από το 1973. Στην ίδια περίοδο με εξαίρεση τις μεταφορές το πετρέλαιο έχει αντικατασταθεί από εναλλακτικά καύσιμα στη βιομηχανία.

Η ζήτηση θα αυξάνεται και είναι πιθανό ο τομέας των μεταφορών να καλύψει το 65% της ζήτησης πετρελαίου το 2020. Παρά τα αποδοτικότερα ενεργειακά συστήματα και τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις που έχουν μειώσει την ενεργειακή ένταση στα περισσότερα μέσα μεταφορών, η ζήτηση αυξάνεται λόγω της αύξησης της χρήσης. Αν δεν αναπτυχθούν νέες εναλλακτικές τεχνολογίες, όπως οι κυψέλες καυσίμου στα αυτοκίνητα, η προβλεπόμενη αύξηση θα συνεχιστεί.

5.1.4. Εισαγωγές

Η Ευρώπη εισάγει περίπου το 80% του πετρελαίου που καταναλώνει. Η Νορβηγία αποτελεί τη μεγαλύτερη παραγωγό χώρα στην ΕΕ (17%). Η ΕΕ ως σύνολο διαθέτει πολλούς εισαγωγείς και επομένως μία τοπική αναστάτωση στην προμήθεια πετρελαίου θα έχει μικρή επίδραση στη συνολική οικονομία. Ωστόσο η κατάσταση αυτή αλλάζει όσον αφορά στα μέλη της ΕΕ μεμονωμένα, όπου συχνά ένας μικρός αριθμός προμηθευτών παρέχει σχεδόν το σύνολο της ζήτησης. Οι υπό ένταξη χώρες εξαρτώνται σημαντικά από την προμήθεια πετρελαίου από τις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Παρόλο που οι εισαγωγές πετρελαίου στην ΕΕ μειώθηκαν τα τελευταία χρόνια, αναμένεται ότι θα αυξηθούν στο 90% ως το 2020.



Σχήμα 5.5. Εισαγωγές αργού πετρελαίου στην ΕΕ

Τα ζητήματα που καθορίζουν τις εισαγωγές πετρελαίου ποικίλουν. Πρώτα έρχεται η στρατηγική διαχείριση των εγχώριων αποθεμάτων και κυρίως αυτών της Βόρειας Θάλασσας. Δεύτερον οι υποδομές σύνδεσης πρέπει να είναι επαρκείς ιδιαίτερα με την Μέση Ανατολή που αναμένεται να αποτελέσει τον κυριότερο προμηθευτή μακροπρόθεσμα. Οι συνδέσεις με αγωγούς είναι ελκυστικότερες από ότι η μεταφορά του πετρελαίου με πετρελαιοφόρα πλοία. Τέλος η ικανότητα παροχής και η πολιτική βούληση των εξαγωγικών χωρών θα πρέπει να ικανοποιεί την αυξανόμενη ζήτηση παγκοσμίως. Αυτή ίσως είναι πιο αβέβαιη πλευρά του θέματος και η σημαντικότερη όσον αφορά στη διαμόρφωση των τιμών του πετρελαίου.

5.2. Φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο είναι ένα ιδιαίτερης σημασίας καύσιμο για την ασφάλεια παροχής ενέργειας για τρεις λόγους. Πρώτον αυξάνεται σημαντικά η χρήση του και αποκτάει ιδιαίτερη προτίμηση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένου της συμπαραγωγής) αντικαθιστώντας σταδιακά το πετρέλαιο και τον άνθρακα. Τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με φυσικό αέριο απαιτούν χαμηλότερο κόστος επένδυσης που σημαίνει σύντομη περίοδο αποπληρωμής και μεγαλύτερη απόδοση. Δεύτερον λόγω της χημικής του σύστασης το φυσικό αέριο εκπέμπει μικρότερες ποσότητες των αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με το πετρέλαιο και τον άνθρακα σε πολλά είδη ενεργειακών εφαρμογών. Τέλος, πλεονεκτεί με το να είναι εύκολα διαθέσιμο από τα αποθέματα εντός της ΕΕ και κοντά στα σύνορά της (Αλγερία, Ρωσία και Νορβηγία).

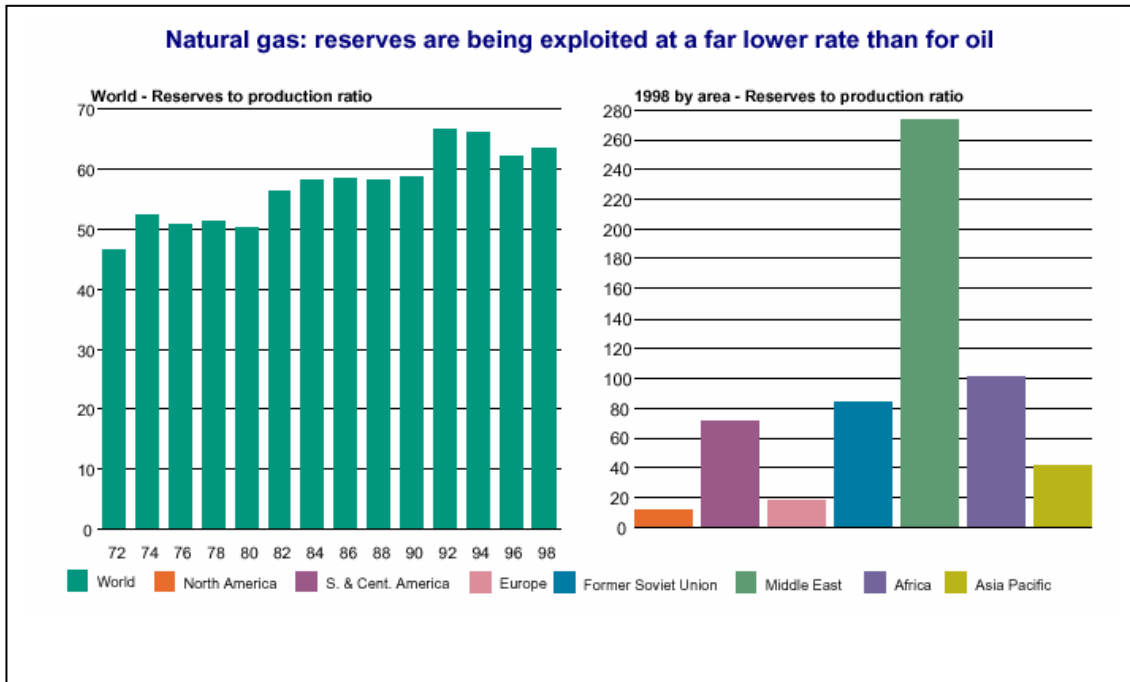
5.2.1. Αποθέματα

Τα αποθέματα φυσικού αερίου συγκρινόμενα με αυτά του πετρελαίου είναι παγκοσμίως σχετικά καλά κατανομημένα. Η πρώην Σοβιετική Ένωση διαθέτει τα περισσότερα αποθέματα φυσικού αερίου και η Μέση Ανατολή καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση. Σημαντικές ποσότητες φυσικού αερίου υπάρχουν επίσης στην Αμερική, την Αφρική και την Ευρώπη.

Τα εκτιμώμενα αποθέματα φυσικού αερίου όπως και του πετρελαίου αυξάνονται περίπου κατά 1% ετησίως.

Όσον αφορά στην Ευρώπη, το 80% των παγκόσμιων αποθεμάτων βρίσκονται σε απόσταση ευνοϊκή για την αξιοποίησή τους. Τα πιο ενδιαφέροντα αποθέματα για την ΕΕ βρίσκονται στην Βόρεια Θάλασσα, στην Νότια Αφρική, στην πρώην Σοβιετική Ένωση και στη Μέση Ανατολή. Η εκμετάλλευσή τους είναι ευνοϊκότερη οικονομικά και παρέχουν επαρκή ασφάλεια. Ωστόσο ο ανταγωνισμός μεταξύ των προμηθευτών θα αυξηθεί καθώς η ζήτηση στη Μέση Ανατολή αυξάνεται.

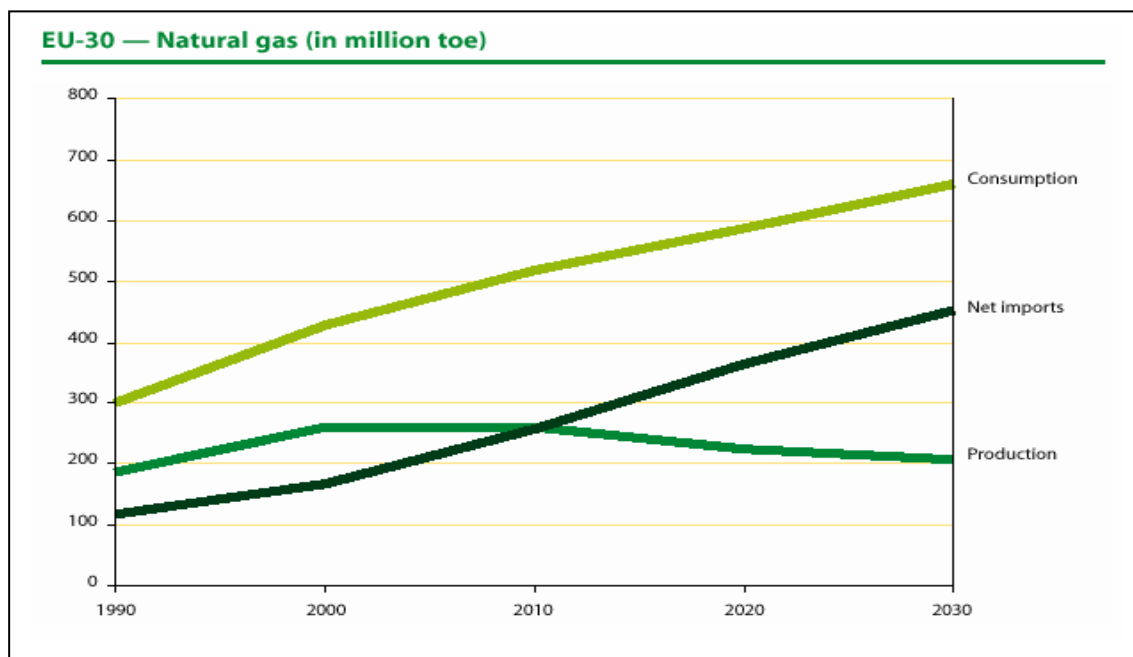
Οι προοπτικές παγκόσμια για την παροχή φυσικού αερίου είναι σχετικά καλές βραχυπρόθεσμα, με λόγο αποθεμάτων προς παραγωγή μεγαλύτερο από 60 χρόνια και με χρονικό σημείο κάμψης ίσως σε 20 έτη. Η πρώην Σοβιετική Ένωση έχει προοπτικές για 80 χρόνια και η Ευρώπη για 20 , δεδομένης της σημερινής παραγωγής.



Σχήμα 5.6. Ο λόγος αποθεμάτων προς παραγωγή φυσικού αερίου

5.2.2. Παραγωγή

Η παραγωγή φυσικού αερίου έχει αυξηθεί τα τελευταία 10 χρόνια, ώστε να ανταπεξέλθει στην αυξημένη ζήτηση. Εντός της ΕΕ, σε τρέχουσες τιμές, η παραγωγή εκτιμάται ότι θα παρουσιάσει κάμψη σε 5 με 10 έτη, οδηγώντας με αυτόν τον τρόπο σε μεγαλύτερη εξάρτηση από εισαγωγές.



Σχήμα 5.7. Παραγωγή, εισαγωγή και κατανάλωση φυσικού αερίου στην ΕΕ-30

Το κόστος παροχής φυσικού αερίου, το οποίο συνήθως διαμορφώνεται από το κόστος παραγωγής και μεταφοράς, ίσως αυξηθεί ως αποτέλεσμα του γεγονότος ότι οι αποστάσεις μελλοντικά θα αυξηθούν, παρόλο που το χαμηλό κόστος της α΄ ύλης ίσως εξισορροπήσει αυτές τις αυξήσεις. Η έκταση της επιρροής του παραπάνω λόγου στη θέση του φυσικού αερίου στην αγορά θα καθοριστεί δυναμικά από τη ζήτηση και την παροχή σε μία ανταγωνιστική αγορά ενέργειας. Προς το παρόν οι τιμές του φυσικού αερίου καθορίζονται από αυτές του πετρελαίου και δεν αντικατοπτρίζουν το περιεχόμενο κόστος τροφοδοσίας.

Η παραγωγή υγροποιημένου φυσικού αερίου LNG αυξάνεται και θα αποτελέσει ένα ελκυστικό εναλλακτικό καύσιμο σε σχέση με τα συμβατικά λόγω της τεχνολογικής προόδου που πιέζει προς τα κάτω το κόστος παροχής του. Το LNG επίσης αποτελεί έναν τρόπο για τη μεταφορά του φυσικού αερίου από πηγές που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από την ΕΕ. Η αύξηση της χωρητικότητας των λιμανιών στην ΕΕ αποτελεί ένα ακόμη μέτρο για τη βελτίωση της ασφάλειας τροφοδοσίας φυσικού αερίου.

5.2.3. Ζήτηση

Η ζήτηση φυσικού αερίου στην ΕΕ αυξήθηκε τα τελευταία 10 χρόνια μεγαλώνοντας το μερίδιο του στην αγορά ενέργειας από 16% σε 21%, έστω κι αν αυτό συνέβη με ανομοιόμορφο ρυθμό αύξησης. Η αύξηση της ζήτησης εκτιμάται να συνεχιστεί και μάλιστα ραγδαία για δύο λόγους: α) το φυσικό αέριο έχει χαμηλότερες εκπομπές όσον αφορά στα αέρια του θερμοκηπίου σε σύγκριση με το πετρέλαιο και τον άνθρακα και β) έχει αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης των συνδυασμένων κύκλων στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Κατά μέσο όρο το μερίδιο του φυσικού αερίου εκτιμάται ότι θα αυξηθεί από 21% το 1998 σε 27% το έτος 2020. Τα 2/3 αυτής της αύξησης υπολογίζεται ότι θα αφορούν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβάνοντας τη συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

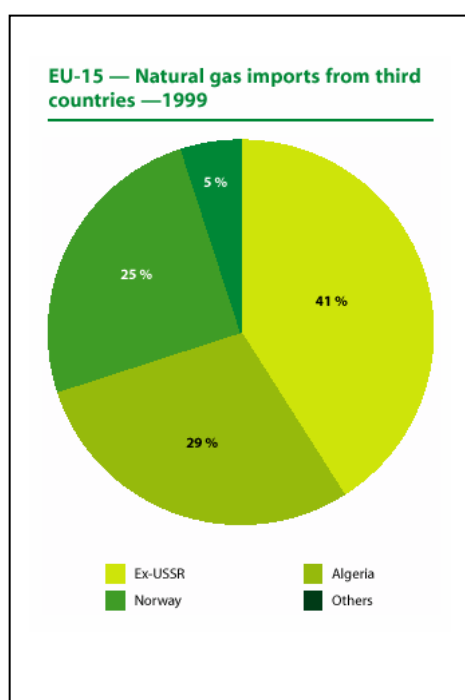
Η αναμενόμενη αύξηση της ζήτησης στην ΕΕ θα καταστήσει αναγκαία την εξεύρεση νέων προμηθευτών. Αυτό είναι πιθανό να σημαίνει την προμήθεια φυσικού αερίου από πιο απομακρυσμένες περιοχές όπως το Ιράν, το Ιράκ, το Κατάρ και το Τουρκμενιστάν, με αυξημένο κόστος ως και 2 φορές μεγαλύτερο από το κόστος του φυσικού αερίου από την Αλγερία ή την Λιβύη, εξαιτίας του αυξημένου κόστους μεταφοράς.

5.2.4. Εισαγωγές

Το κρίσιμο ζήτημα όσον αφορά στις εισαγωγές φυσικού αερίου είναι η προσαγωγή του στην αγορά σε ανταγωνιστικές τιμές.

Σήμερα, οι βασικοί προμηθευτές φυσικού αερίου της ΕΕ είναι η Ρωσία (17% της συνολικής ζήτησης), η Νορβηγία (11%) και η Αλγερία (12%). Με βάση τα σημερινά συμβόλαια το μερίδιο των παραπάνω χωρών θα αυξηθεί σε 38%, 34% και 23% αντιστοίχως ως το έτος 2020, με την επιφύλαξη νέων συμβολαίων παροχής φυσικού αερίου. Όσον αφορά στην ασφάλεια τροφοδοσίας, η Νορβηγία ως μέλος της ΕΕΑ δεν

αποτελεί κάποιον κίνδυνο. Η εξάρτηση από τη Ρωσία εκτιμάται ότι θα αυξηθεί δεδομένου και της διεύρυνσης της Ένωσης. Οικονομικός κίνδυνος προκύπτει από το καρτέλ των Ρώσων προμηθευτών. Άλλοι κίνδυνοι προκύπτουν από το γεγονός ότι οι εξαγωγές της Ρωσίας σχετίζονται με προβλήματα που προέρχονται από τις χώρες διέλευσης όπως η Ουκρανία, αν και ως σήμερα δεν είχαν σημαντικές συνέπειες στους ευρωπαϊούς καταναλωτές. Η εξάρτηση της διέλευσης του ρωσικού φυσικού αερίου από την Ουκρανία αναμένεται να μειωθεί σημαντικά εξαιτίας των έργων που έχουν σχεδιαστεί ή εκτελούνται. Όσον αφορά στην Αλγερία ίσως προκύπτει κίνδυνος από την τρομοκρατία. Γενικά, έχει δημιουργηθεί μια αμοιβαία εξάρτηση ανάμεσα στην Ευρώπη και τους εξωτερικούς προμηθευτές και η οποία δημιουργεί ένα σταθερό πλαίσιο για μελλοντικούς αξιόπιστους προμηθευτές φυσικού αερίου για την ευρωπαϊκή αγορά.



Σχήμα 5.8. Οι χώρες εισαγωγής φυσικού αερίου στην ΕΕ

Μολονότι οι μεγαλύτερες ποσότητες φυσικού αερίου από την Αλγερία και τη Ρωσία μεταφέρονται με αγωγούς, η Ευρώπη προβλέπεται στο μέλλον να χρειαστεί μεγαλύτερη χωρητικότητα μεταφοράς για να ανταπεξέλθει στην αυξανόμενη ζήτηση εισαγόμενου φυσικού αερίου.

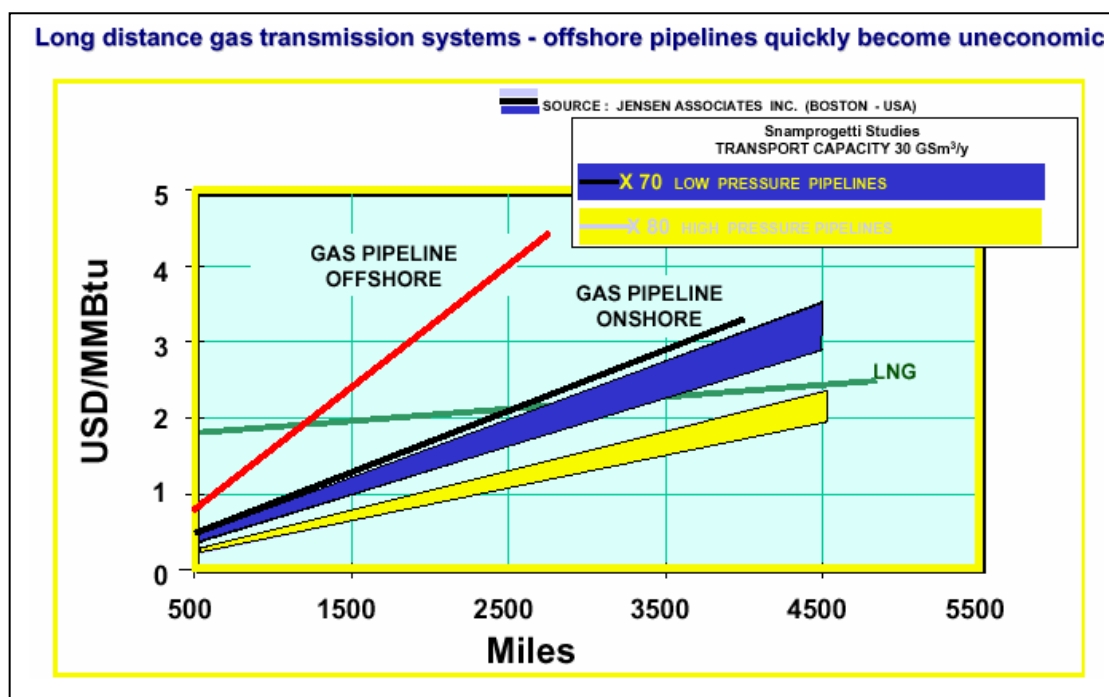
Το επίπεδο εξάρτησης από τις εισαγωγές προβλέπεται να αυξηθεί σημαντικά στο κοντινό μέλλον: από 40% σήμερα σε 66% το έτος 2020. Μερικά μέλη της Ένωσης ήδη εξαρτώνται πλήρως από τις εισαγωγές. Άλλα θα δουν την εξάρτησή τους να πλησιάζει το 100%. Η πρόοδος των διαδικασιών διεύρυνσης της ΕΕ αναμένεται να αυξήσει το μέσο ποσοστό ακόμα περισσότερο.

Το σημερινό κόστος του φυσικού αερίου συγκρατείται λόγω της γεωγραφικής εγγύτητας της Ευρώπης με τους βασικούς προμηθευτές της. Ωστόσο το κόστος μεταφοράς του φυσικού αερίου αυξάνεται ανάλογα με την απόσταση

που πρέπει να καλυφθεί και στην περίπτωση των υποθαλάσσιων αγωγών το κόστος αυξάνεται σημαντικά μετά τα 800-1000 χιλιόμετρα. Αν και δεν υπάρχουν ακριβείς εκτιμήσεις, το κόστος εισαγόμενου αερίου στην Ευρώπη, για παράδειγμα από την Σιβηρία (4000 km), θα μπορούσε να έχει σοβαρό αντίκτυπο στις τιμές αγοράς γενικά, ίσως και τον διπλασιασμό τους. Το κόστος επίσης είναι πιθανό να αυξηθεί λόγω της παραγωγής του κάτω από δυσκολότερες τεχνικά αποστάσεις (υποθαλάσσιοι αγωγοί σε μεγάλο βάθος, περιοχές με μόνιμο στρώμα πάγου). Αυτό το κόστος θα μπορούσε να ελεγχθεί με τεχνολογίες πιο αξιόπιστης άντλησης, με υψηλότερους ρυθμούς εκμετάλλευσης των υπαρχόντων αποθεμάτων και με υψηλότερη πίεση λειτουργίας στους αγωγούς. Σε κοντινές αποστάσεις η μεταφορά του υδροποιημένου φυσικού αερίου είναι σχετικά ακριβή, αλλά αρχίζει να γίνεται οικονομικά ελκυστικότερη από τη μεταφορά με αγωγούς για αποστάσεις μεγαλύτερες από 4000-6000 χλμ. Το LNG θα

αποκτήσει νέα δυναμική και θα γίνει ανταγωνιστικότερο εξαιτίας των νέων τεχνολογιών που θα μειώσουν το κόστος σε όλη την αλυσίδα παραγωγής-μεταφοράς του.

Νέοι προμηθευτές από την Βόρεια Αφρική, τον Ατλαντικό, τη Μέση Ανατολή και την Κεντρική Ασία είναι πιθανό να διεισδύσουν στην ευρωπαϊκή αγορά περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο την εξάρτησή της από μία μόνο περιοχή. Ωστόσο μακροχρόνια, υπάρχει μία αβεβαιότητα που οφείλεται στη ραγδαία ανάπτυξη των αγορών της ανατολικής Ασίας. Με δεδομένο ότι η Ρωσία και οι δημοκρατίες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης θα τροφοδοτήσουν την αγορά της Ασίας ενδέχεται οι χώρες της ΕΕ να αντιμετωπίσουν ισχυρό ανταγωνισμό και αυξημένες τιμές. Το επίπεδο των αποθεμάτων της Μέσης Ανατολής και η σχετικά κοντινή της απόσταση από την Ευρώπη προϊδεάζουν ότι η εξάρτηση της ΕΕ από το φυσικό αέριο της Μέσης Ανατολής θα συνεχίζει να μεγαλώνει. Η σύνδεση με αγωγούς με την περιοχή αυτή (που ίσως εξυπηρετήσει την μεταφορά και του φυσικού αερίου και του πετρελαίου) θα μπορούσε να σταθεροποιήσει την τροφοδοσία μακροχρόνια. Σε τελική ανάλυση η αγορά είναι εκείνη που θα αποφασίσει. Το σημείο "κλειδί" είναι πάντως ένα σταθερό πολιτικό περιβάλλον στη Μέση Ανατολή που θα διασφαλίζει τις επενδύσεις στην περιοχή.



Σχήμα 5.9. Το κόστος μεταφοράς του φυσικού αερίου σε συνάρτηση με την απόσταση

5.3. Στερεά καύσιμα

Στα στερεά καύσιμα περιλαμβάνονται ο λιθάνθρακας, ο ασφαλούχος άνθρακας και ο λιγνίτης. Είναι ελκυστικά διότι παρέχουν ασφάλεια τροφοδοσίας στην ΕΕ λόγω των μεγάλων εγχώριων αποθεμάτων, ιδιαίτερα του λιθάνθρακα. Ωστόσο, η εγχώρια παραγωγή άνθρακα μειώνεται για πολλούς λόγους και συνεπώς αυξάνεται η

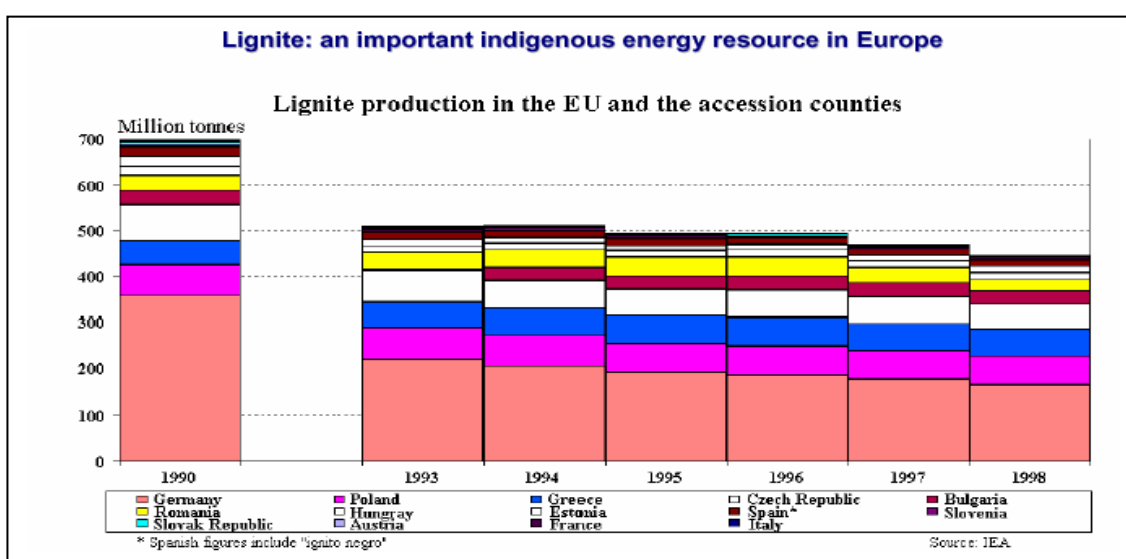
εξάρτηση της ΕΕ από εισαγωγές, ενώ η προτίμηση στα στερεά καύσιμα σε πολλές περιπτώσεις έχει περιοριστεί λόγω των εκπομπών που παράγονται από τη χρήση τους. Η τεχνολογική πρόοδος θα μπορούσε να κινήσει το ενδιαφέρον ξανά προς τον άνθρακα, με τη μορφή των “καθαρών τεχνολογιών άνθρακα”. Η διεύρυνση της ΕΕ θα επιτείνει αυτή τη τάση. Σε μερικές υποψήφιες χώρες ο άνθρακας αποσύρεται από κάποιους τομείς για περιβαλλοντικούς λόγους. Την ίδια στιγμή η Πολωνία που αποτελεί τον κυριότερο παραγωγό στερεών καυσίμων ανάμεσα στις υποψήφιες χώρες μειώνει την παραγωγή άνθρακα σε τέτοιο βαθμό που σύντομα δεν θα είναι αυτάρκης.

5.3.1. Αποθέματα

Σχεδόν το 80% των παγκόσμιων αποθεμάτων άνθρακα συγκεντρώνονται στην Βόρεια Αμερική, στις ασιατικές χώρες του Ειρηνικού και στην πρώην Σοβιετική Ένωση. Τα αποθέματα στην Ευρώπη με βάση τη θερμογόνο δύναμη εκτιμώνται σε 72 δισεκατομμύρια τόνους μονάδων άνθρακα (εκ των οποίων το 70% είναι λιθάνθρακας). Γενικά, ο άνθρακας αποτελεί το 80% των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων της ΕΕ (96% στην ανατολική Ευρώπη). Τα αποθέματα άνθρακα χρησιμοποιούνται με μικρότερο ρυθμό από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, ιδιαίτερα στην ΕΕ και τις υποψήφιες χώρες.

5.3.2. Παραγωγή

Η παραγωγή λιθάνθρακα αυξήθηκε τα τελευταία 25 έτη σε παγκόσμιο επίπεδο και είναι πιθανό αυτή η τάση να συνεχιστεί εξαιτίας της αυξημένης ζήτησης που παρουσιάζεται στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το 1999 η παραγωγή άνθρακα στην ΕΕ ανήλθε σε 100 εκ. τόνους ενώ η κατανάλωση σε 247 εκ. τόνους σχεδόν όλη επιδοτούμενη. Η παραγωγή στην Ευρώπη μειώνεται και η πτωτική αυτή τάση θα συνεχιστεί καθώς οι μεγάλοι παραγωγοί εξακολουθούν να ελαττώνουν την παραγωγή τους, όπως παρατηρήθηκε στην Μ. Βρετανία τη δεκαετία του 1990.



Σχήμα 5.10. Παραγωγή λιγνίτη στην ΕΕ και στις υποψήφιες χώρες

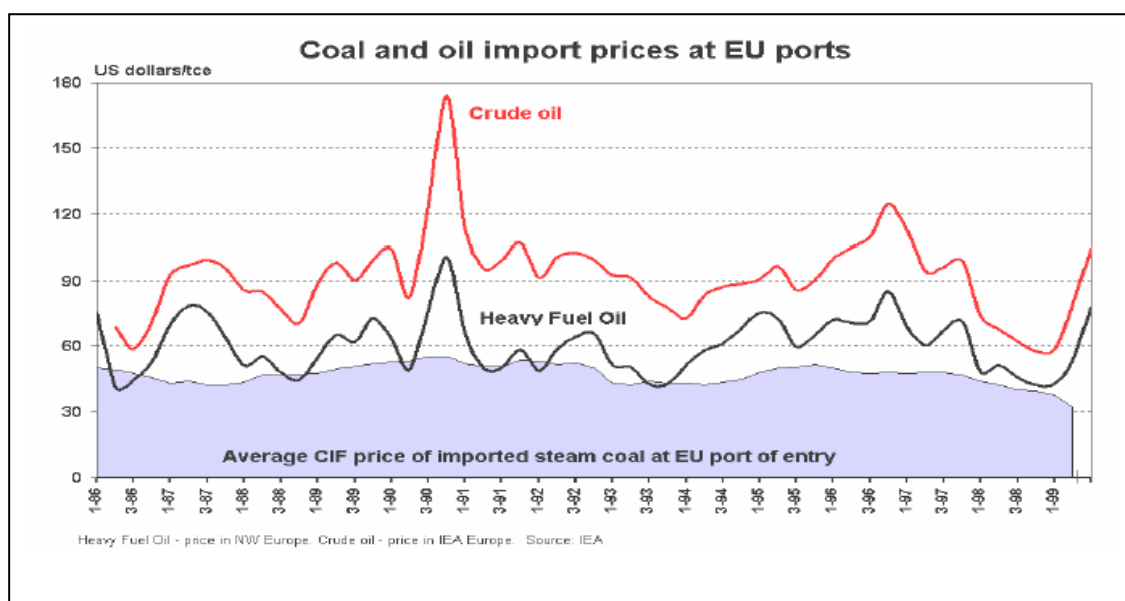
Μια παρόμοια τάση παρατηρείται και στις υποψήφιες χώρες, για παράδειγμα στην Πολωνία, που σημαίνει πως η διεύρυνση είναι πιθανό να επιταχύνει τη κάμψη της βιομηχανίας άνθρακα (κυρίως λιγνίτη). Σημαντικός παράγοντας στην παραγωγή άνθρακα είναι το κόστος. Παρότι η ΕΕ κατέχει ηγετική θέση στην “καθαρή” τεχνολογία του άνθρακα, μειονεκτεί στην παραγωγή του για γεωλογικούς λόγους. Τα ορυχεία άνθρακα βρίσκονται σε μεγάλα βάθη, γεγονός που καθιστά την εκμετάλλευσή τους δαπανηρή. Προγράμματα μείωσης του κόστους παραγωγής εφαρμόστηκαν στην Γερμανία και την Μ. Βρετανία με αποτέλεσμα όχι μόνο χαμηλότερο κόστος αλλά και αυξημένη παραγωγικότητα (η Μ. Βρετανία σημειώνει σήμερα την υψηλότερη παραγωγικότητα στην ΕΕ), αλλά τα επίπεδα παραγωγής έχουν συρρικνωθεί. Ανάλογες εξελίξεις πραγματοποιήθηκαν και στην Ισπανία και Γαλλία. Σε σύγκριση με τις ΗΠΑ, τον Καναδά, την Αυστραλία και την Β. Αφρική η παραγωγικότητα της ΕΕ είναι σχετικά χαμηλή. Η παραγωγικότητα της Πολωνίας είναι επίσης μερικές φορές μικρότερη από αυτή των παραπάνω χωρών.

Παρά τις τεράστιες ποσότητες αποθεμάτων λιθάνθρακα στην ΕΕ και στις υποψήφιες χώρες, το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής άνθρακα δεν έχει μέλλον χωρίς επιδοτήσεις. Το Βέλγιο έχει ήδη διακόψει την εγχώρια παραγωγή. Η Γαλλία έχει σχεδιάσει αυτό να συμβεί ως το έτος 2005. Στη Μ. Βρετανία η τιμή του άνθρακα που παραδίδεται στις εταιρίες παραγωγής βρίσκεται υψηλότερα από τα επίπεδα παγκοσμίως. Η βιομηχανία άνθρακα στην Μ. Βρετανία είναι η μοναδική στην ΕΕ που δεν έχει κρατική επιδότηση, αλλά ο αριθμός των ορυχείων σε λειτουργία και των εργαζομένων σήμερα αποτελεί ένα πολύ μικρό ποσοστό αυτού πριν από 10 χρόνια. Σήμερα προτείνεται να επανέλθει η κρατική βοήθεια στην βιομηχανία άνθρακα.

Οι εξελίξεις στην ανατολική Ευρώπη καθορίζονται κυρίως από τις τάσεις στην Πολωνία. Γενικά η κατανάλωση μειώθηκε από 166 εκ. τόνους το 1990 σε 118 εκ. τόνους το 1998. Στο ίδιο χρονικό διάστημα μειώθηκε η παραγωγή, κυρίως λιγνίτη, από 178 εκ. τόνους σε 135 εκ. τόνους.

Ο άνθρακας έχει στο παρελθόν κατηγορηθεί ότι σχετίζεται με την μόλυνση και εξακολουθεί να αποτελεί σημαντική πηγή εκπομπών CO₂. Η βιομηχανία άνθρακα εισήγαγε μέτρα για τη μείωση της μόλυνσης και νέες τεχνολογίες αναπτύσσονται για την περαιτέρω ελάττωση των επιζήμιων εκπομπών από την παραγωγή άνθρακα, συμπεριλαμβανομένου και του CO₂. Αυτές οι εξελίξεις μπορούν να ξανακάνουν τον άνθρακα ελκυστικό και να ωφελήσουν την ασφάλεια τροφοδοσίας.

Από οικονομική σκοπιά, ο άνθρακας προσφέρει το πλεονέκτημα έναντι του πετρελαίου και του φυσικού αερίου της σχετικά σταθερής τιμής, που εν μέρει οφείλεται στο γεγονός ότι η παροχή υπερβαίνει την κατανάλωση. Τα τελευταία 15 χρόνια η μέση τιμή του εισαγόμενου άνθρακα έχει διακυμανθεί λιγότερο από 20 \$/tce, συγκρινόμενο με τη διακύμανση που παρουσίασε το αργό πετρέλαιο (μεγαλύτερη από 120\$/tce).



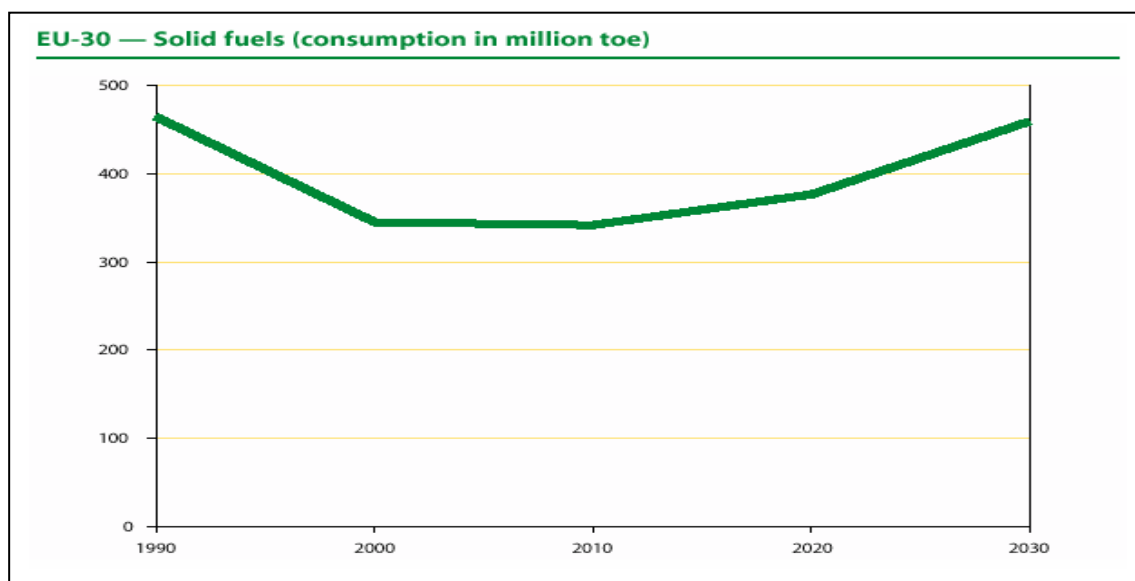
Σχήμα 5.11. Οι τιμές εισαγωγής του άνθρακα και του πετρελαίου στην ΕΕ

5.3.3. Ζήτηση

Η ζήτηση άνθρακα στην ΕΕ ακολουθεί μία πτωτική τάση που οφείλεται στην ευρεία απομάκρυνση του άνθρακα από τον οικιακό τομέα, την αντικατάστασή του από το φυσικό αέριο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στην αλλαγή της δομής της βιομηχανίας χάλυβα. Η εγχώρια παραγωγή μειώνεται με γρηγορότερο ρυθμό από τη ζήτηση, γεγονός που οδηγεί σε μία μικρή αύξηση των εισαγωγών άνθρακα. Οι εισαγωγές, λοιπόν, δεν αυξάνονται τόσο γρήγορα όσο θα αυξάνονταν αν η ζήτηση άνθρακα στην ΕΕ παρέμενε σταθερή.

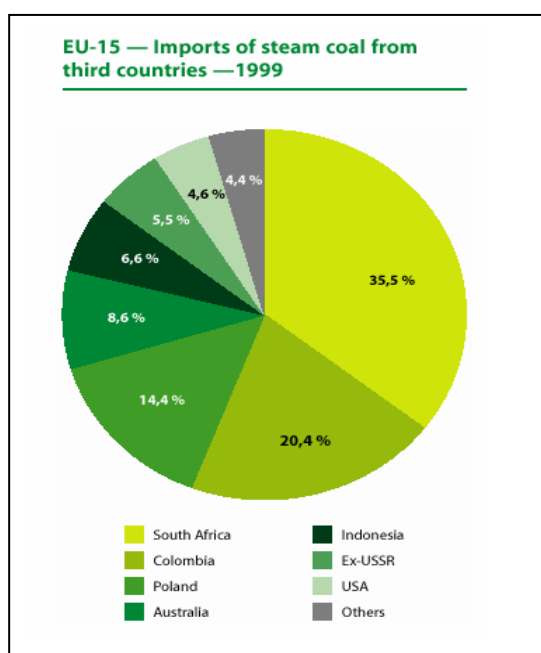
Η διεύρυνση θα μπορούσε να ωφελήσει το ισοζύγιο άνθρακα της ΕΕ, αν η ανατολική Ευρώπη ικανοποιούσε κάποια από τη ζήτηση που παρουσιάζεται σήμερα εντός της Ένωσης. Ωστόσο ένα πιθανότερο σενάριο είναι η αλλαγή της δομής της ΕΕ με την ένταξη των υποψήφιων χωρών να οδηγήσει σε νέα πτώση της παραγωγής χωρίς μείωση της ζήτησης. Ως εκ τούτου παρουσιάζεται πιθανό το ενδεχόμενο η εξάρτηση από εισαγωγές άνθρακα να μεγαλώσει.

Μεσοπρόθεσμα η πρόβλεψη είναι ότι η ζήτηση άνθρακα θα μπορούσε να αυξηθεί μετά το 2010 ιδιαίτερα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας της επίσης προβλεπόμενης αύξησης της τιμής του φυσικού αερίου και του τερματισμού λειτουργίας λόγω γήρανσης των σταθμών πυρηνικής ενέργειας.



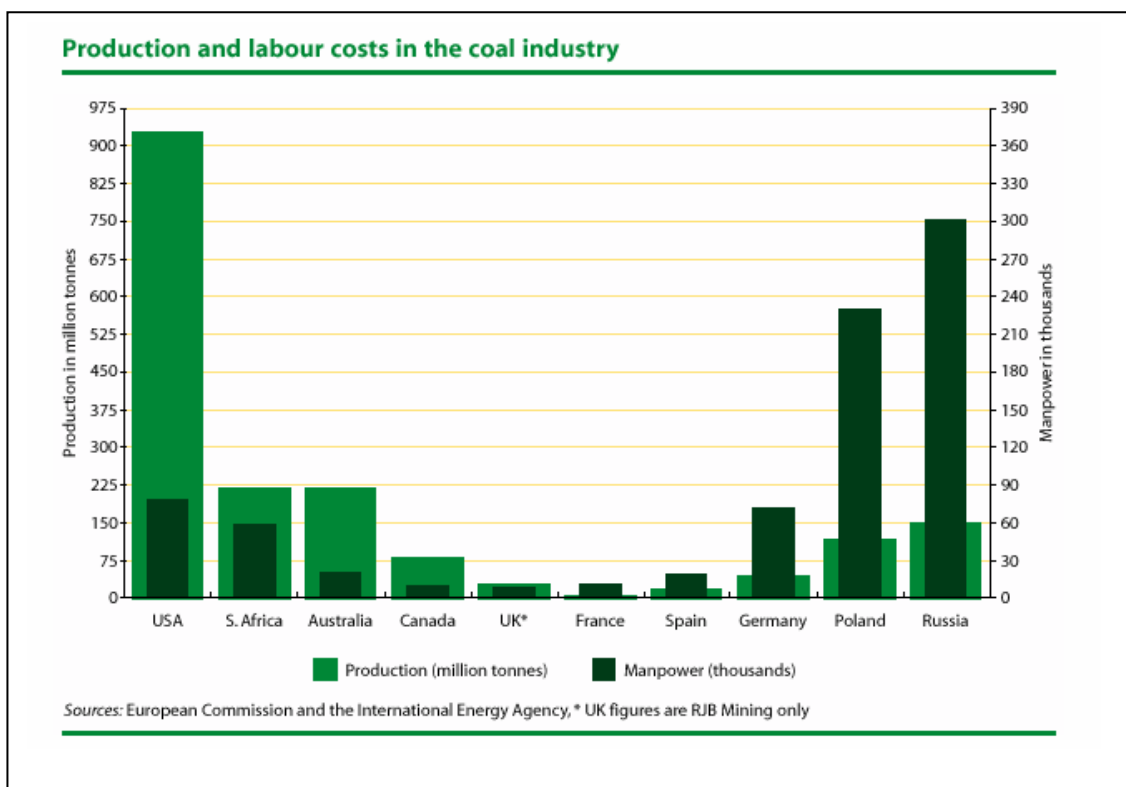
Σχήμα 5.12. Η κατανάλωση στερεών καυσίμων στην ΕΕ των 30

5.3.4. Εισαγωγές



Ο εισαγόμενος άνθρακας είναι αρκετά φθηνότερος από τον άνθρακα που παράγεται εγχώρια. Για μια μέση τιμή 42 €/tce το κόστος του εισαγόμενου άνθρακα είναι μικρό σε σχέση με το κόστος του γερμανικού, για παράδειγμα, άνθρακα που ανέρχεται σε 143 €/tce. Η μεγαλύτερη κατά 3-4 φορές τιμή του παραγόμενου ευρωπαϊκού άνθρακα σε σχέση με τις διεθνείς τιμές οφείλεται σε γεωλογικούς λόγους και στους κανόνες κοινωνικής ασφάλειας που ισχύουν στην ΕΕ. Με αυτόν τον τρόπο ο ευρωπαϊκός άνθρακας δεν μπορεί να ανταγωνιστεί αυτόν που εισάγεται, κυρίως από την Αυστραλία, τον Καναδά και τις ΗΠΑ.

Σχήμα 5.13. Εισαγωγές άνθρακα στην ΕΕ από τρίτες χώρες



Σχήμα 5.14. Κόστος παραγωγής στη βιομηχανία άνθρακα

5.4. Πυρηνική ενέργεια

Από ένα μικρό ποσοστό το 1970 η Ευρωπαϊκή Ένωση σήμερα παράγει το 35% του ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια. Η συμβατική πυρηνική ενέργεια βασίζεται στο ουράνιο, οπότε οποιαδήποτε ανάλυση των προοπτικών της πυρηνικής ενέργειας εστιάζεται στη διαθεσιμότητα του ουρανίου. Κάθε ανάλυση στην πυρηνική ενέργεια ανεγείρει διάφορους σχετικούς παράγοντες, κυρίως θέματα που αφορούν στην ασφάλεια των μονάδων, στην επανεπεξεργασία των καυσίμων, στην αποθήκευση και διάθεση των υψηλής επικινδυνότητας αποβλήτων και στη μη εξάπλωσή τους.

Αν και αρκετά κράτη-μέλη έχουν λάβει πολιτικές αποφάσεις αποκλεισμού της πυρηνικής ενέργειας, η αντικατάστασή της δεν είναι μια εύκολη και φθηνή διαδικασία όταν αφορά μεγάλες ποσότητες. Μια πρόσθετη δυσκολία σχετίζεται με τις σημαντικά μεγαλύτερες εκπομπές ρυπογόνων αερίων των εναλλακτικών συμβατικών καυσίμων.

Η διεύρυνση δεν πρόκειται να επηρεάσει την παρούσα κατάσταση. Κάποιες υποψήφιες χώρες είναι επίσης σε μεγάλο βαθμό εξαρτώμενες από την πυρηνική ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρισμού, π.χ. η Βουλγαρία για το 40%, η Ουγγαρία για το 40%, η Σλοβακία για το 44%, η Σλοβενία για το 38%, η Λιθουανία για το 77% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Έχει εκτιμηθεί ότι το μερίδιο της πυρηνικής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρισμού στις υπό ένταξη χώρες συν την Ελβετία και τη Νορβηγία μπορεί να πέσει από περίπου 15% σήμερα στο 8,5% το 2020 (πηγή: E3MLAB ICCS/NTUA, Αθήνα).

5.4.1. Αποθέματα

Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα συμβατικά αποθέματα ουρανίου μπορούν να καλύψουν ένα χρονικό διάστημα μεταξύ 60 και 260 χρόνων, το οποίο εξαρτάται από το κόστος και την πιθανότητα εμφάνισης νέων κοιτασμάτων, χρησιμοποιώντας την τρέχουσα τεχνολογία αντιδραστήρων. Η χρησιμοποίηση εξελιγμένων αντιδραστήρων μελλοντικής τεχνολογίας καθιστά τα ίδια αποθέματα επαρκή για να καλύψουν την παραγωγή ηλεκτρισμού για τα επόμενα 3000 χρόνια στα σημερινά επίπεδα παραγωγής. Επιπρόσθετα, σημαντικά μη συμβατικά αποθέματα ουρανίου βρίσκονται σε φωσφορικά άλατα (360 χρόνια) και στο θαλασσινό νερό (66000 χρόνια). Για συγκεκριμένους τύπους αντιδραστήρων το θόριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή πυρηνικού καυσίμου. Τα αποθέματα ουρανίου είναι διασκορπισμένα στον κόσμο σε περιοχές όπως η Αυστραλία, ο Καναδάς, οι ΗΠΑ, το Καζακστάν, το Ουζμπεκιστάν, η Αφρική, η Βραζιλία και η Ρωσία. Εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα φυσικά αποθέματα είναι περιορισμένα αλλά η προμήθεια των υπολοίπων του κύκλου των πυρηνικών καυσίμων δεν απειλείται.

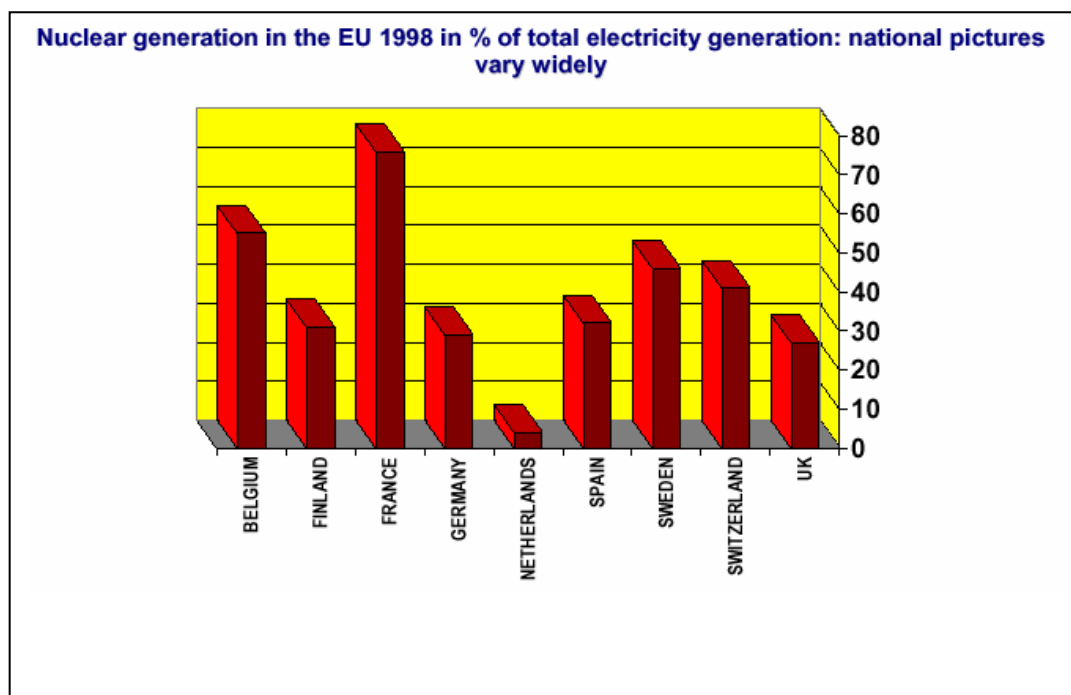
Υπάρχουν αξιοσημείωτες δευτερογενείς πηγές ουρανίου – καταγεγραμμένες ποσότητες φυσικού ή εμπλουτισμένου ουρανίου, που αποτελεί αποτέλεσμα της ανάμιξης υψηλά εμπλουτισμένου ουρανίου που δε χρειάζεται πλέον για στρατιωτικούς σκοπούς, ακτινοβολούντος ουρανίου διαχωρισμένου με επανεπεξεργασία ή περιεχόμενου σε χρησιμοποιημένο και απεμπλουτισμένο ουράνιο, που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Ωστόσο, η διαθεσιμότητα αυτών των πηγών κυμαίνεται σε συνάρτηση με τη μορφή στην οποία βρίσκονται.

5.4.2. Παραγωγή

Από το 1984 περίπου, σημαντικές ποσότητες ουρανίου προερχόμενες από καταγεγραμμένα αποθέματα, χώρες από την USSR ή τη CIS, ή από ουράνιο που δε χρειαζόταν πλέον για στρατιωτικούς σκοπούς, έχουν εμφανιστεί στην αγορά διαμορφώνοντας μια κατάσταση υπερπροσφοράς και μια σημαντική και εκτεταμένη μείωση της τιμής. Αυτή η κρίση των τιμών προκάλεσε το κλείσιμο πολλών ορυχείων ουρανίου στον κόσμο. Αυτή η κατάσταση μπορεί να διαρκέσει ακόμη αρκετά χρόνια, αλλά η διαθεσιμότητα αυτών των δευτερογενών πηγών ουρανίου δεν είναι κατ' οποιονδήποτε τρόπο εγγυημένη.

Η παραγωγή ουρανίου υπήρξε μικρότερη από την απαιτούμενη από το 1990 γεγονός που οφείλεται στο κλείσιμο ορυχείων ή στην επιβράδυνση της παραγωγής, στην ανεπάρκεια των δευτερογενών πηγών και στην εκμετάλλευση των MOX (Mixed Oxide fuel).

Η τρέχουσα ετήσια παγκόσμια παραγωγή ουρανίου ανέρχεται σε 31000 τόνους συγκρινόμενη με ανάγκες 60000 τόνων. Δευτερογενείς προμήθειες (στοκ, στρατιωτικό υλικό, ανακύκλωση) καλύπτουν τη διαφορά. Εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης η παραγωγή ουρανίου που αντιπροσωπεύει το 3% της συνολικής παγκόσμιας τείνει να μηδενιστεί, καθώς η ΕΕ καθίσταται αποκλειστικά εξαρτώμενη από τις εισαγωγές ουρανίου για τις ετήσιες ανάγκες της που ανέρχονται σε 20000 τόνους.



Σχήμα 5.15. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνική ενέργεια ως ποσοστό της συνολικής στην ΕΕ το έτος 1998

Οι τρέχουσες τιμές του ουρανίου είναι πολύ χαμηλές (7-10\$/lb U308 ή 18-26 \$/kg U), λόγω της μεγάλης προσφοράς έναντι της ζήτησης. Η επίδραση των δευτερογενών πηγών και το πιθανό νωρίτερο κλείσιμο κάποιων αντιδραστήρων διαμορφώνει ένα αβέβαιο μέλλον στην αγορά ουρανίου. Το US Department of Energy's Energy Information Agency προβλέπει μια αύξηση σε 13\$/lb κατά το διάστημα 2003-2007, ενώ το International Atomic Energy Agency προτείνει ότι οι δευτερογενείς πηγές θα συγκρατήσουν τις τιμές κάτω από τα 20\$/lb ως το 2020.

Το συνολικό κόστος του κύκλου των καυσίμων συμπεριλαμβανομένου της διάθεσης των αποβλήτων αντιπροσωπεύει μόνο το 20 με 25% του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Από το ποσοστό αυτό το κόστος του ορυκτού ουρανίου αντιπροσωπεύει περίπου το 26-30% ήτοι περίπου 6% του συνολικού κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. (πηγή: Economic Aspects of the Nuclear Fuel Cycle – NEA/OECD-1994). Ως αποτέλεσμα, το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια δεν είναι ως μέγεθος ευαίσθητο στο κόστος καυσίμου σε σύγκριση με την παραγωγή ηλεκτρισμού από άνθρακα, αέριο ή πετρέλαιο.

Η παραγωγή ουρανίου κυριαρχείται από ένα σχετικά μικρό αριθμό παραγωγών: τρεις παραγωγοί ουρανίου καλύπτουν περισσότερη από τη μισή συνολική παγκόσμια παραγωγή. Υπάρχει ένας μεγάλος βαθμός συγκέντρωσης στον βιομηχανία του κύκλου των καυσίμων – 2 μεγάλοι χονδρέμποροι, 5 μεγάλοι μετατροπείς, 4 μεγάλοι εμπλουτιστές, 3 μεγάλοι κατασκευαστές με 2-3 μικρότερους και 2 επανεπεξεργαστές. Παρά την παρουσία μιας ολιγοπωλιακής αγοράς ο ανταγωνισμός είναι έντονος.

Η ανάπτυξη της πυρηνικής βιομηχανίας στις ανεπτυγμένες χώρες υπήρξε δραματική. Η ασφάλεια της τροφοδοσίας καυσίμων ήταν ένα από τα κύρια κίνητρα για την επιλογή της πυρηνικής ενέργειας. Από μια μικρή βάση το 1970, η πυρηνική ενέργεια σήμερα παράγει σε μερικές περιπτώσεις ακόμη και το 75% της παραγωγής ηλεκτρισμού (Γαλλία). Ωστόσο, η κατάσταση διαφέρει μέσα στην ΕΕ. Οι εγκαταστάσεις πυρηνικών μονάδων διανέμονται ακανόνιστα στην ΕΕ με ευρέως διαφορετικές δυναμικότητες. Μερικές χώρες δεν έχουν χρησιμοποιήσει ποτέ πυρηνική ενέργεια, μερικές (Ιταλία) την έχουν καταργήσει, ενώ το μέσο ποσοστό της παραγωγής ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια ανάμεσα στις χώρες της ΕΕ που τη χρησιμοποιούν ανέρχεται σε 42%.

Πίνακας 5.1. Παραγωγή ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια στις χώρες της ΕΕ

Nuclear power: a growing share of electricity generation						
Country	N° of Units in Operation 01.01.00	Generating Capacity (MWe net)	Production in 1998		Production in 1999	
			TWh	% of total	TWh	% of total
Belgium	7	5713	43.9	55.2	46.7	57.7
Finland	4	2656	21.0	31.3	22.1	33.1
France	58	61733	368.4	75.8	375.0	75.0
Germany (1)	20	22341	145.3	28.5	160.8	31.2
Netherlands	1	459	3.6	4.1	3.6	4.3
Spain	9	7470	56.7	31.7	56.5	29.9
Sweden	11	9460	70.0	45.7	70.2	46.7
UK	35	12926	91.1	27.1	87.7	26.0
EU-15	145	122757	800.0	34.1	822.6	34.6

(1) One unit not in operation in 1999

Source: Eurostat

Το ποσοστό της παραγωγής ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια συνεχίζει να μεγαλώνει κύρια ως αποτέλεσμα της εντονότερης εκμετάλλευσης των εγκατεστημένων μονάδων. Η παραγόμενη πυρηνική ενέργεια αυξήθηκε στην ΕΕ κατά 3% μεταξύ 1998 και 1999.

Η πυρηνική ενέργεια είναι επίσης μια σημαντική πηγή ενέργειας και για τις χώρες της κεντρικής και ανατολικής Ευρώπης όπως δείχνει και ο παρακάτω πίνακας (οι τιμές δεν είναι απευθείας συγκρίσιμες με τα στατιστικά στοιχεία για την ΕΕ). Σε μερικές από αυτές τις χώρες, το κλείσιμο των παλιών σοβιετικού τύπου αντιδραστήρων είναι προγραμματισμένο μεταξύ του 2002 και 2009 και εναλλακτικές πηγές ηλεκτρισμού χρειάζεται να βρεθούν.

Μοναδική ανάμεσα στους ενεργειακούς τομείς, η πυρηνική βιομηχανία είναι υποκείμενη σε κανόνες τροφοδοσίας υπό την Euratom Treaty. Αυτή η δυνατότητα παρέχει στο Euratom Supply Agency ένα αποκλειστικό δικαίωμα να κλείνει συμβόλαια ή κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες να αρνείται συμβόλαια (το δικαίωμα επιλογής δεν έχει χρησιμοποιηθεί ποτέ).

Πίνακας 5.2. Δυναμικότητα και παραγωγή ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια στην κεντρική και ανατολική Ευρώπη

Nuclear installations in Central and Eastern Europe					
Country	Number of Units in operation	Generating capacities (MWe)	Production in 1999	Production in 1999	Notes
			(TWh)	(% of total)	
Lithuania	2	2370	9.9	73	Agreement on closure of Unit 1 by 2004 and Unit 2 by 2009 (to be confirmed) No Rechanneling.
Czech Republic	4	1760	13.4	21	Temelin Power Plant to be completed by 2001-2002 : Additional Capacity 2000 MWe
Slovak Republic	5	2020	13.1	47	Agreement to close Bohunice V1 in 2006 (Unit 1) and 2008 (Unit 2) 1 more Units will be commissioned at Mochovce in 2000 : Additional Capacity 440 Mwe. Potential for 2 more units later (880 MWe).
Hungary	4	1840	14.1	38.3	
Slovenia	1	632	4.5	37.2	
Bulgaria	6	3538	14.5	47.1	Agreement on closure of Kozloduy Units 1-2 in 2002 and Units 3-4 in 2004 (to be confirmed) Modernisation of the Kozloduy Unit 5 and 6 – Euratom Loan.
Romania	1	655	4.8	10.7	

5.4.3. Ζήτηση

Η ζήτηση ουρανίου στην ΕΕ έχει σταθεροποιηθεί και ανέρχεται σε περίπου 20.000 τόνους ετησίως και μόνο ένα μέρος της ικανοποιείται από την παραγωγή νέου ουρανίου. Το έλλειμμα μεταξύ παραγωγής και ζήτησης είναι πιθανό να παραμείνει για κάποιο χρονικό διάστημα, καθώς οι δευτερογενείς και μη εμπορικές πηγές εξαντλούνται. Επί του παρόντος το MOX συνεισφέρει περίπου 3000 τόνους ετησίως ισοδύναμου ουρανίου.

Η μελλοντική τάση της ζήτησης ουρανίου δεν είναι ξεκάθαρη καθώς είναι αβέβαιο το μέλλον των πυρηνικών σταθμών σε αρκετές χώρες μέλη. Αν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικούς σταθμούς αυξηθεί τότε θα αυξηθεί και η ζήτηση σε ουράνιο. Αυτό το γεγονός θα οδηγήσει την ΕΕ σε μεγάλη εξάρτηση από εξωτερικές πηγές ουρανίου όπως η Ρωσία, ο Καναδάς και η Αυστραλία συμπεριλαμβανομένου και του ουρανίου που δεν χρειάζεται άλλο για αμυντικούς σκοπούς. Η ανακύκλωση χρησιμοποιημένου καυσίμου και η χρήση ταχέων πυρηνικών αντιδραστήρων μπορεί να περιορίσει αυτή την αύξηση.

Η ζήτηση πυρηνικής ενέργειας θα επηρεαστεί ισχυρά από την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και την ικανότητα παραγωγής ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές και τον άνθρακα.

5.4.4. Εισαγωγές

Η ΕΕ διαθέτει περιορισμένες ποσότητες ουρανίου και μακροπρόθεσμα είναι σχεδόν αναπόφευκτη η εξάρτησή της από εισαγωγές. Όσον αφορά λοιπόν στην ασφάλεια τροφοδοσίας η εξάρτηση από εισαγωγές φυσικού ουρανίου θα αυξάνεται εκτός κι αν εφαρμοστούν μέθοδοι ανακύκλωσης ή αναπαραγωγής. Ωστόσο είναι εφικτό να δημιουργηθούν αποθέματα για μερικά χρόνια για την κάλυψη των αναγκών και τη διαφοροποίηση των πηγών προμήθειας.

Ο κυριότερος προμηθευτής ουρανίου της ΕΕ είναι η Ρωσία και ακολουθούν η Νιγηρία, η Αυστραλία και ο Καναδάς. Μετά την σταθερή αύξηση τη δεκαετία του 1990, το μερίδιο της Ρωσίας και των άλλων δημοκρατιών της πρώην Σοβιετικής Ένωσης τείνει να σταθεροποιηθεί. Η αυξητική τάση ίσως επανέλθει με την διεύρυνση της Ένωσης.

5.5. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Από το σύνολο των στοιχείων που παρατέθηκαν ως τώρα προκύπτει αρκετά καθαρά ότι απαιτείται η χάραξη μίας ενεργειακής πολιτικής που να διασφαλίζει μεσοπρόθεσμα την απαραίτητη επάρκεια, να διαφυλάσσει όσο γίνεται περισσότερο τα συμβατικά καύσιμα και να μειώσει στο μέγιστο δυνατό βαθμό - και μάλιστα σύντομα - την περιβαλλοντική επιβάρυνση. Προκύπτει επομένως η επιτακτικότητα της διερεύνησης, καταρχήν, και χάραξης, στη συνέχεια, μίας διαφορετικής ενεργειακής, και όχι μόνο, πολιτικής που να συμπεριλάβει τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς αυτές εξ ορισμού πληρούν τις προϋποθέσεις μίας τέτοιας πολιτικής.

Η πρώτη ολοκληρωμένη πρόταση μίας τέτοιας ενεργειακής πολιτικής παρουσιάστηκε από τον πρωτοπόρο Amory Lovins τον Οκτώβριο του 1976. Ο Lovins την αποκάλεσε "The soft path" ("Ο ήπιος δρόμος") σε αντίθεση με την "Business as usual approach" ("Συμβατική οδός") που εφαρμόζεται συνήθως. Η πολιτική αυτή, όπως την ανέλυσε ο Lovins, θα βασιζόταν στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην μεσοπρόθεσμη χρήση πυρηνικής ενέργειας και στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας. Για την εξοικονόμηση ενέργειας δεν μπορεί να υπάρξει, και δεν έχει υπάρξει καμία αντίδραση ως τώρα, παρά μόνο απέναντι σε μερικές ακραίες τοποθετήσεις που διατυπώνονται συνήθως κατά την περίοδο αιχμής κάθε ενεργειακής κρίσης. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όμως, αντιμετωπίστηκαν επί πολλά χρόνια με κάποια χροιά συγκατάβασης ως πεδίο εργασίας ελάχιστα ρεαλιστικών επιστημόνων ή ουτοπία περιθωριακών ομάδων οικολόγων. Στα χρόνια που μεσολάβησαν το κόμμα των «Πρασίνων-εναλλακτικών» (που ξεκίνησε ως περιθωριακό κίνημα) αναρριχήθηκε στην κυβέρνηση της Γερμανίας και η «Λευκή Βίβλος για την Ενέργεια»

της Ευρωπαϊκής Ένωσης προσδιόρισε υψηλούς στόχους για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ευρώπη. Υπό αυτήν την έννοια το γενικότερο κλίμα είναι σαφώς θετικό.

Τελείως συνοπτικά ως αναφερθεί στο σημείο αυτό ποιες μορφές ενέργειας ανήκουν στο χώρο των ΑΠΕ, ή ήπιων πηγών ενέργειας. Στις ΑΠΕ συγκαταλέγονται όλες αυτές οι μορφές που θεωρούνται, στα πλαίσια του ανθρώπινου χρονικού ορίζοντα, ανεξάντλητες: η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, οι υδατοπτώσεις, η ενέργεια των θαλασσών, η βιομάζα και η γεωθερμία. Υπάρχουν αρκετές δυνατότητες κατάταξής τους σε κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευσή τους, την πυκνότητά τους, το φορέα της ενέργειας. Χάριν συντομίας θα αρκεστούμε στην παρατήρηση ότι με εξαίρεση την παλιρροιακή ενέργεια των θαλασσών, που οφείλεται στην περιστροφή της Γης και την έλξη της από τους πλανήτες, όλες οι άλλες μορφές, έμμεσα ή άμεσα, αποτελούν παράγωγα της ηλιακής ενέργειας. Θα πρέπει επίσης να παρατηρήσουμε ότι η γεωθερμία δεν είναι πραγματικά ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (αφού είναι πεπερασμένη), αλλά μπορεί να θεωρηθεί ως τέτοια σε σχέση με τον Ιστορικό χρόνο. Η προβιομηχανική ανθρώπινη κοινωνία στηρίχτηκε στην αξιοποίηση των πηγών αυτών, μέσω της εμπειρικής κυρίως γνώσης (της "τέχνης"): η βιομάζα εξασφάλιζε θερμότητα, η αιολική ενέργεια μεταφορική ισχύ στα πλοία και μηχανικό έργο στους μύλους μαζί με το υδάτινο δυναμικό. Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική ήξερε να εκμεταλλεύεται τον ήλιο για τη θέρμανση των οικιών.

Με τη Βιομηχανική Επανάσταση, και τη διαθεσιμότητα της συγκεντρωμένης ισχύος των υδρογονανθράκων, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παραμελήθηκαν, μένοντας πεδίο εργασίας μερικών επιστημόνων μετά το 1945, όπως ο Karl Boer, ο Fred Dubin, ο Felix Trombe, ο E.R.G. Eckert κ.α. Όταν μία ομάδα μηχανικών του MIT κατασκεύασε και παρουσίασε το πρώτο σύγχρονο ηλιακό σπίτι, στα μέσα της δεκαετίας του 1950 κανείς δεν το πρόσεξε. Το φάσμα της έλλειψης πετρελαίου το χειμώνα του 1973 επανέφερε στο φως της δημοσιότητας τις πηγές αυτές της ενέργειας και τους ανθρώπους που ασχολούνταν με αυτές.

5.5.1. Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο διάστημα 1970-1990

Ένα από τα πλέον διαδεδομένα επιχειρήματα που επί χρόνια συναντούσε κανείς στη βιβλιογραφία, αλλά και στις απόψεις της κοινής γνώμης, ήταν ότι η εκμετάλλευση των ΑΠΕ είναι ασύμφορη, εξαιτίας του υψηλού αρχικού επενδυτικού κόστους που απαιτείται, σε σχέση με τις συμβατικές. Χωρίς να θελήσουμε σε αυτό το σημείο να προχωρήσουμε σε λεπτομερή ανάλυση, πρέπει να επισημανθεί ότι αυτό το επιχειρήμα είναι κατά το ήμισυ μόνο αληθές, όπως μπορεί να δείξει μία ιστορική αναδρομή.

Στη δεκαετία 1970-1980, μέσα στην αναστάτωση των δύο "ενεργειακών κρίσεων" οι περισσότερες χώρες του δυτικού κόσμου χάραξαν την ενεργειακή τους πολιτική με έναν διπλό στόχο:

- τη διατήρηση της κατανάλωσης ενέργειας σε υψηλά επίπεδα, στο βαθμό που αυτή εκφράζει την οικονομική ανάπτυξη και την οικονομική ευμάρεια, και
- την ελαχιστοποίηση των εισαγωγών πετρελαίου.

Η λύση συνίστατο κυρίως στο συνδυασμό προτάσεων οι οποίες εφαρμόστηκαν σε κάθε χώρα ανάλογα με τις δυνατότητες που υπήρχαν. Αφορούσαν:

- στην αύξηση της εκμετάλλευσης του άνθρακα, του φυσικού αερίου και πυρηνικήςσχάσης, κυρίως για παραγωγή ηλεκτρισμού
- στον εντοπισμό και την εκμετάλλευση των κοιτασμάτων πετρελαίου στην Αλάσκα (από τις ΗΠΑ) και τη Βόρειο Θάλασσα (από τις ευρωπαϊκές χώρες),
- την αξιοποίηση των ΑΠΕ και στην, στο απώτερο μέλλον, αξιοποίηση της πυρηνικής ενέργειας με τη μέθοδο της σύντηξης.

Οι προσπάθειες που καταβλήθηκαν και οι πόροι που διατέθηκαν δεν ήταν ομοιόμορφα κατανομημένοι στους τρεις αυτούς τομείς, με τους δύο πρώτους να συγκεντρώνουν το ενδιαφέρον κρατών και φορέων. Παράλληλα, η έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας εκφράστηκε αφενός μεν με νομοθετικές ρυθμίσεις (περιορισμός της μέσης κατανάλωσης του στόλου οχημάτων κάθε κατασκευαστή, κανονισμοί θερμομόνωσης κτιρίων κ.α.) αφετέρου δε με την επιβολή μίας αποτρεπτικής πολιτικής τιμών, με τη μορφή φόρων. Λιγότερο σαφής ήταν η χάραξη μίας μακροπρόθεσμης, συνολικής στρατηγικής περιορισμού των ενεργειακών δαπανών. Οι "μη συμβατικές" πηγές ενέργειας, οι ανανεώσιμες δηλαδή, θεωρούνταν ως μία "μελλοντική" προοπτική, κάπου μετά το 2000, ενώ αυτό που απαιτούνταν, όπως συχνά στη λήψη πολιτικών αποφάσεων, ήταν "άμεσα" μέτρα. Οι εξελίξεις, ωστόσο, φανέρωσαν σύντομα τις αδυναμίες αυτής της πολιτικής, και στους τρεις τομείς. Η όξυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, που περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα, έθεσε υπό αμφισβήτηση τη χρήση του άνθρακα και προβληματίζει βέβαια για τη χρήση του πετρελαίου. Το ατύχημα του Τσερνόμπιλ αποτέλεσε την κορύφωση των προβλημάτων στη χρήση της πυρηνικής ενέργειας. Το σημαντικότερο, όμως, πρόβλημα είναι καθαρά οικονομικής φύσεως: τόσο η εκμετάλλευση των απομακρυσμένων πετρελαιοφόρων κοιτασμάτων της Αλάσκας και της Βορείου Θαλάσσης, όσο και οι πυρηνικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είναι επιλογές που απαιτούν εξαιρετικά υψηλές αρχικές επενδύσεις. Καθώς μάλιστα οι πυρηνικοί αντιδραστήρες της πρώτης γενιάς συμπληρώνουν τη διάρκεια ζωής τους τίθεται το ερώτημα της τύχης τους μετά την παύση της λειτουργίας, που είναι τεχνικά ιδιαίτερα κρίσιμο, καθώς αποτελεί και βασικό πρόβλημα ασφαλείας. Η λύση που συζητείται μέχρι στιγμής ως καλύτερη, είναι αυτή του "εγκιβωτισμού" ολόκληρου του αντιδραστήρα σε έναν όγκο σκυροδέματος, λύση όμως εξαιρετικά δαπανηρή. Ως συνέπεια αυτού του προβλήματος, και όχι μόνο, παρουσιάζεται το, αρκετά οξύμωρο, σχήμα του πολύ υψηλού κόστους στην αρχή του βίου της επένδυσης για την κατασκευή της, αλλά και στο τέλος της, για τον ενταφιασμό της.

Από την άλλη τα δυσμενή αποτελέσματα σχεδίων γιγαντιαίας εκμετάλλευσης των ΑΠΕ που εφαρμόστηκαν στο παραγμένο κλίμα της δεκαετίας του 1970 με την πραγματοποίηση ή τον σχεδιασμό υψηλότατων επενδύσεων, επέδρασαν αρνητικά στην προσπάθεια προώθησής τους. Τα εγχειρήματα αυτά αποτελούν σήμερα, στην καλύτερη περίπτωση, ιδιαίτερα δαπανηρά μοντέλα επίδειξης των τεχνικών δυνατοτήτων. Στην χειρότερη περίπτωση παρέμειναν σχέδια. Σε κάθε περίπτωση, όμως, αποτελούν τεκμήρια του γιγαντισμού που διέκρινε συχνά τους εμπνευστές

τους. Αποτελούν επίσης την απόδειξη ότι η μεταφορά του τρόπου σκέψης του χώρου των συμβατικών μορφών ενέργειας (μεγάλες μονάδες παραγωγής μεγάλης ισχύος) στο χώρο των ΑΠΕ είναι, συνήθως, εσφαλμένη.

Δεν είναι ίσως τυχαίο, ότι άλλες χώρες με περιορισμένες, σχετικά, δυνατότητες χρηματοδότησης μεγάλων έργων στράφηκαν από νωρίς και συστηματικά σε λογικής κλίμακας εφαρμογές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με μικρές σχετικά αρχικές επενδύσεις και θετικά, τελικά, αποτελέσματα.

Οι Σκανδιναβικές χώρες, που εκτός από το μικρό τους μέγεθος έχουν και μία μεγάλη περιβαλλοντολογική ευαισθησία, αξιοποίησαν το υδάτινο δυναμικό τους αλλά και το αιολικό. Έτσι η Νορβηγία καλύπτει το 98% των ηλεκτρικών αναγκών της από υδροηλεκτρικά έργα, ενώ η Δανία η οποία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός ανεμογεννητριών στον κόσμο, έχει πάνω από 10,000 μονάδες να λειτουργούν στην ίδια τη χώρα, κι όλα αυτά με γεννήτριες ισχύος 150-500 kW στην πλειοψηφία τους .

Πρωτοπόρος στην επιτυχή εκμετάλλευση των ΑΠΕ, κυρίως της αιολικής ενέργειας σε "αιολικά πάρκα" υπήρξε και η πολιτεία της Καλιφόρνια, που δεν αντιμετώπιζε βέβαια οικονομικά προβλήματα, και που ταυτόχρονα αναπτύσσει και τους πυρηνικούς σταθμούς. Στην περίπτωση αυτή τα κίνητρα πρέπει να αναζητηθούν στην προσπάθεια για την προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και στην πεποίθηση, τόσο των αρχών όσο και του επιχειρηματικού κόσμου, ότι "η (οικονομική) δύναμη δεν προέρχεται από την εξάντληση των γνωστών πηγών (ενέργειας), αλλά από την επικερδή αξιοποίηση νέων και μη εξαντλήσιμων" κατά τον David Brower. Η προσπάθεια αυτή αποτελεί, παράλληλα, και μία επιβεβαίωση της αμερικανικής νοοτροπίας και ικανότητας να αξιοποιούνται κατά τρόπο οικονομικά σκόπιμο όλοι οι διαθέσιμοι πόροι.

Το βασικό συμπέρασμα από την ιστορία της ανάπτυξης των εφαρμογών στο χώρο των ΑΠΕ είναι ότι η εκμετάλλευση των ΑΠΕ, εφόσον γίνεται σταδιακά, με προσεκτικά τεχνικά βήματα, και σε εγκαταστάσεις που δεν θα προσπαθήσουν να ανταγωνιστούν το μέγεθος ενός θερμοηλεκτρικού σταθμού, μπορεί να είναι σκόπιμη.

Η σκοπιμότητα δημιουργίας μονάδων παραγωγής ΑΠΕ και η διαστασιολόγησή τους, αποτελεί ένα πρόβλημα που μπορεί να επιλυθεί σωστά, εφόσον λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως:

- Τα κλιματικά, μικροκλιματικά και γεωμορφολογικά δεδομένα.
- Η κατανομή των φορτίων ενεργειακής κατανάλωσης σε ημερήσια και εποχιακή βάση και η πρόβλεψη της εξέλιξης της ζήτησής τους.
- Ο βαθμός διασφάλισης ενεργειακής επάρκειας κατά τη χρήση ανανεώσιμων σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Η ύπαρξη και η διαθεσιμότητα κατάλληλων εκτάσεων για την εγκατάσταση των συστημάτων παραγωγής ισχύος.

Η κοινωνική, οικονομική και επιχειρηματική δραστηριότητα, που προσδιορίζει το βαθμό αποδοχής των τεχνικά δυνατών λύσεων

Οι κυριότεροι τομείς των ΑΠΕ αφορούν συστήματα αιολικά, φωτοβολταϊκά (Φ/Β), ηλιακά θερμικά (ηλιακοί θερμικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας και συστήματα ηλιακής ενέργειας κτιρίων), υδροηλεκτρικά (μικρής και μεγάλης κλίμακας), βιομάζας

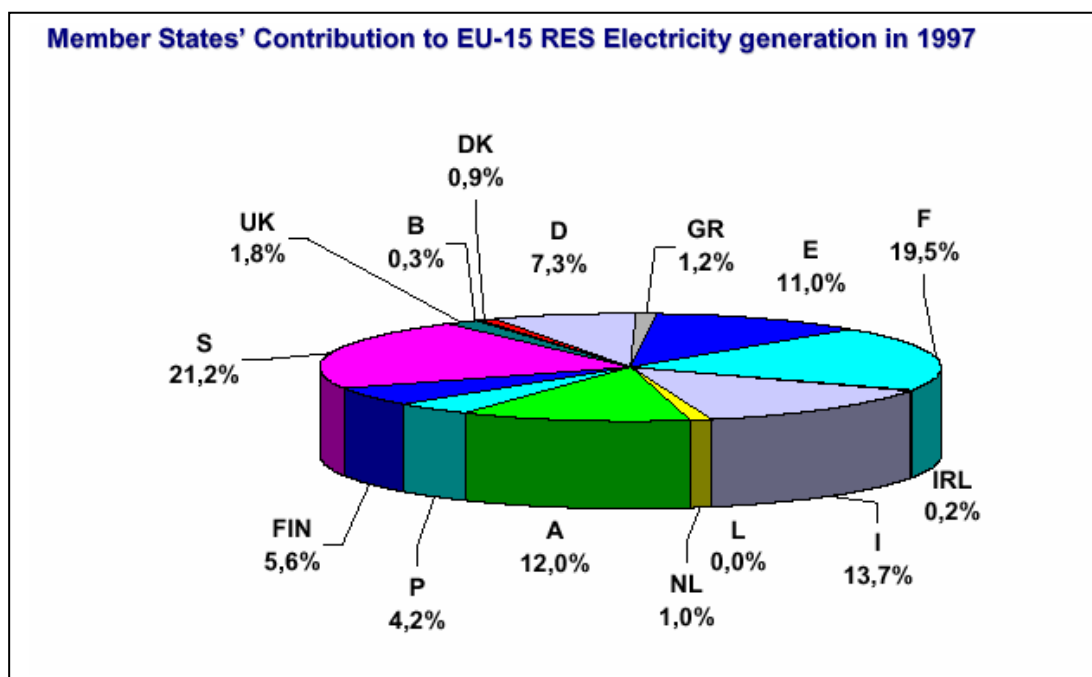
(με ή χωρίς απορρίμματα) και γεωθερμικά. Τα προφανή προτέρημά τους από άποψη ενεργειακού αποθέματος είναι το ότι υπάρχουν στη φύση ή αντικαθίστανται πολύ γρήγορα, δεν χρειάζεται να εισαχθούν και γενικά έχουν λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Μακροπρόθεσμα, με την κατάλληλη ανάπτυξη και υποστήριξη προώθησής τους, μπορούν να βοηθήσουν σημαντικά στο συνδυασμό ασφαλούς ενεργειακού αποθέματος με υγιές περιβάλλον και οικονομική απόδοση.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση οι ΑΠΕ είναι μέχρι στιγμής ανομοιόμορφα κατανεμημένες και ανεπαρκώς αξιοποιημένες. Μερικές χώρες, όπως οι Αυστρία, η Σουηδία, η Γαλλία και η Ιταλία έχουν ανεπτυγμένο τομέα εκμετάλλευσης των ΑΠΕ. Άλλες, όπως η Γερμανία έχουν εντατικά προγράμματα και νομοθεσία σχετικά με τις ΑΠΕ και τέλος, σε κάποιες άλλες η εξάπλωση των ΑΠΕ είναι περιορισμένη. Στον τομέα των μεγάλων υδροηλεκτρικών συστημάτων, το δυναμικό της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι σχεδόν πλήρως ανεπτυγμένο. Αντίθετα, σε κάποιους άλλους τομείς, όπως τα Φ/Β συστήματα και τα ηλιακά θερμικά συστήματα, υπάρχει πολύ μικρή δυναμικότητα. Η βιομηχανία των ΑΠΕ δημιούργησε νέες θέσεις απασχόλησης. Για παράδειγμα, μόνο η αιολική βιομηχανία στη Δανία δημιούργησε 15 000 θέσεις εργασίας.

Παρόλο που το δυναμικό τους είναι αξιοσημείωτο, οι ΑΠΕ καλύπτουν ένα απογοητευτικό ποσοστό, κοντά στο 6%, της ευρωπαϊκής εγχώριας ενεργειακής κατανάλωσης, όπου το μεγαλύτερο μέρος, κοντά στο 4% αφορά μεγάλα υδροηλεκτρικά συστήματα. Ο στόχος του τομέα των ΑΠΕ είναι η αύξηση του μεριδίου τους στην κατανάλωση ενέργειας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο το ποσοστό να φτάσει το 12% ως το 2010, δηλαδή τον τετραπλασιασμό των ΑΠΕ αν εξαιρεθεί ο υδροηλεκτρικός τομέας. Αυτό θα βοηθήσει στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων, γιατί τα συστήματα ΑΠΕ είναι ουδέτερα σε εκπομπές CO₂. Μέχρι στιγμής οι στόχοι αυτοί είναι δύσκολο να επιτευχθούν, λόγω της αύξησης της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Παρά το πλεονέκτημά τους όσον αφορά στην παροχή ενέργειας, η εκμετάλλευση των ΑΠΕ υπερβαίνει την πολιτική της τροφοδοσίας ενέργειας. Υπάρχουν διάφορα τεχνικά, οικονομικά, κοινωνικά και φυσικά εμπόδια, που για να ξεπεραστούν χρειάζονται άλλα μέσα (δημοσιονομικά, γεωργικά, σχεδιασμός χρήσης γης, έρευνα κ.ά.). Το παράδειγμα της πυρηνικής ενέργειας δείχνει τη δυνατότητα των κυβερνήσεων να αλλάζουν την παροχή ενέργειας με ένα καθορισμένο πρόγραμμα μέτρων.

Η δυσκολία αύξησης της χρήσης των ΑΠΕ γίνεται μεγαλύτερη, λόγω της αύξησης της χρήσης συμβατικών πηγών ενέργειας. Παρόλα αυτά η αύξηση αυτή δίνει στις ΑΠΕ μια πολλά υποσχόμενη δυνατότητα: Η ανάγκη αντικατάστασης των παλιών σταθμών, σε συνδυασμό με την απαίτηση χρήσης τεχνολογιών φιλικότερων προς το περιβάλλον στρέφουν το ενδιαφέρον προς τις ΑΠΕ. Παρόλα αυτά, οι παρούσες συνθήκες της αγοράς καθιστούν τις εφαρμογές ΑΠΕ μη ανταγωνιστικές.

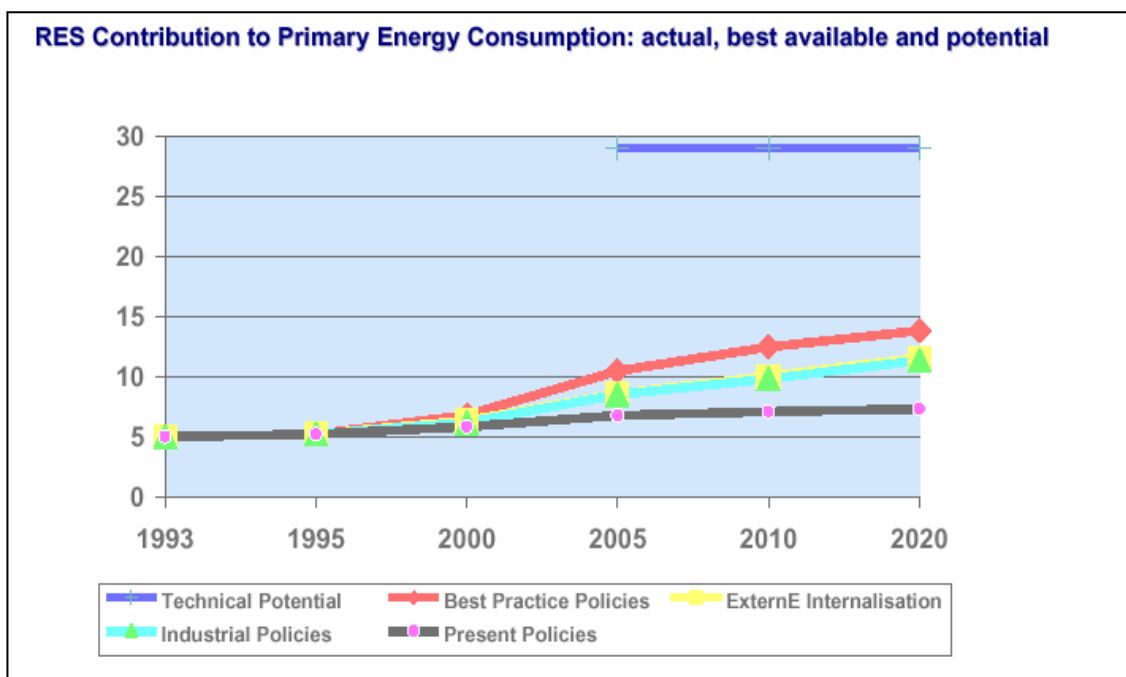


Σχήμα 5.16. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην ΕΕ

5.5.2. Παραγωγή

Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας, στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ15), έχει αυξηθεί ελαφρά από το 1990 – από 5% περίπου σε 6%. Αντιπροσωπεύουν περίπου το 14% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το ποσοστό αυτό έχει παραμείνει σχεδόν αμετάβλητο στη δεκαετία του 1990. Αυτά τα ποσοστά δεν εκφράζουν την αξιοσημείωτη αύξηση της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ (πάνω από 30%), επειδή η ζήτηση της ενέργειας αυξήθηκε επίσης κατά το ίδιο διάστημα. Επίσης, τα ποσοστά αυτά δεν μπορούν να φανερώσουν το συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις ΑΠΕ από τους φορείς παραγωγής ενέργειας με συμβατικούς τρόπους και από τα πιστωτικά ιδρύματα. Παράδειγμα αποτελούν οι συνεχείς και ουσιώδεις επενδύσεις που έγιναν από πολλές από τις μεγαλύτερες εταιρίες παραγωγής ενέργειας παγκοσμίως.

Η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ διαφέρει ανάμεσα στις χώρες μέλη της ΕΕ. Η Σουηδία (υδροηλεκτρικοί σταθμοί), η Αυστρία (σταθμοί βιομάζας και υδροηλεκτρικοί), η Γαλλία, η Ιταλία και η Ισπανία συνθέτουν το 77% της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ στην ΕΕ.



Σχήμα 5.17. Η συνεισφορά των ΑΠΕ στην πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας

Η εκμετάλλευση των ΑΠΕ συναντά τεχνικές και κοινωνικο-οικονομικές προκλήσεις. Επομένως, είναι απαραίτητο να γίνει η διευθέτησή τους άμεσα. Κάτω από τις υπάρχουσες πολιτικές, η συμμετοχή των ΑΠΕ στην πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση είναι απίθανο να αυξηθεί σημαντικά. Αλλάζοντας τους μηχανισμούς κοστολόγησης, έτσι ώστε το εξωτερικό κόστος (περιβαλλοντικό, υγείας, κοινωνικό) να περιλαμβάνεται στις τιμές της ενέργειας, οι ΑΠΕ θα γίνουν περισσότερο ελκυστικές. Το ίδιο θα μπορούσε να επιτευχθεί με χρήση σκληρού μάρκετινγκ για τις πιο εξελιγμένες τεχνολογίες. Τέτοιου είδους μέτρα μπορούν να μειώσουν το σχετικό κόστος των ΑΠΕ και να παράγουν οικονομίες κλίμακας, έτσι ώστε να αναβαθμιστεί ο ρόλος των ΑΠΕ.

Το στάδιο ανάπτυξης της τεχνολογίας των ΑΠΕ δεν έχει ωριμάσει ακόμα, τουλάχιστον σε σχέση με αυτό των συμβατικών πηγών ενέργειας. Επιπλέον, οι καινοτομίες συναντούν δυσκολίες στην είσοδό τους σε παραδοσιακές αγορές και η αγορά της ενέργειας δεν αποτελεί εξαίρεση. Σε αντίθεση με τις υπάρχουσες συνθήκες, χωρίς ισχυρά κίνητρα για τους υποψήφιους πελάτες και «σκληρό» μάρκετινγκ και χωρίς κυβερνητική πίεση και δημοσιότητα, το μέγιστο δυναμικό συμμετοχής των ΑΠΕ στην παροχή ενέργειας είναι πιθανόν να πραγματοποιηθεί μόνο σε μέσο ή μεγάλο βάθος χρόνου.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί μεγάλης κλίμακας είναι οι μεγαλύτεροι παραγωγοί ενέργειας από ΑΠΕ. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη στις ΑΠΕ σημειώνεται στον τομέα της αιολικής ενέργειας, όπου η παραγωγή αυξήθηκε στο χρονικό διάστημα 1987–1997, κατά 1275%, δηλαδή από 46 Ktoe σε 631 Ktoe. Η ενέργεια από βιομάζα αυξήθηκε κατά ένα τρίτο, δηλαδή από 39,796 Ktoe σε 51,676 Ktoe. Η γεωθερμική και η υδροηλεκτρική ενέργεια αυξήθηκαν κατά 27% και 18% αντίστοιχα. Το 1997, η συνολική παραγωγή από ΑΠΕ στην ΕΕ έφτασε τους 80 Mtoe, μια αύξηση κατά 27%, σε σχέση με το 1987. Επίσης, αυτή η αύξηση συνοδεύτηκε από την ανάπτυξη περισσότερο αξιόπιστων και μικρότερων εφαρμογών εκμετάλλευσης ΑΠΕ.

Πίνακας 5.3. Παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στην ΕΕ-15, ανά πηγή

	1989	1996	1997	1998	Αύξηση 89/98
Αιολική	46	417	631	1037	2154%
Ηλιακή	146	294	318	347	138%
Υδροηλεκτρική	21859	24814	25452	26262	20%
Γεωθερμική	2215	2747	2815	2992	35%
Βιομάζα	39979	47777	52552	54175	36%
Συνολική πρωτογενής ενέργεια παραγόμενη από ΑΠΕ (ktoe)	64242	76051	84816	84816	32%
Συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (GWh)	273290	321436	334642	352805	29%

Η έκδοση “Commission’ s Green Paper on Renewables” είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μιας στρατηγικής όσον αφορά στις ΑΠΕ, η οποία έχει ως συνέπεια την πρόβλεψη υψηλών επενδύσεων στο χώρο των ΑΠΕ, που εκτιμάται ότι θα αυξηθούν κατά 30% για την περίοδο 1987 με 2010. Αν αυτό συνδυαστεί με τις χρηματοδοτήσεις για έρευνα, τεχνολογική ανάπτυξη και επίδειξη τεχνολογιών σχετικών με ΑΠΕ, οι προσδοκίες για παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στα επόμενα χρόνια είναι μεγάλες. Κρίνεται απαραίτητο, η θέση της Ευρώπης ως κατασκευαστής, ως φορέας ανάπτυξης και ως χρήστης των τεχνολογιών των ΑΠΕ να συνεχίσει να βελτιώνεται. Αυτό μπορεί να βοηθήσει την ΕΕ, τόσο στο να διατηρήσει τον ηγετικό ρόλο της, όσο και στο να συνεισφέρει σε ταχεία ανάπτυξη των αγορών μέσα σ’ αυτή και οπουδήποτε άλλου.

Παρακάτω συνοψίζονται οι κυριότεροι τομείς των ΑΠΕ. Πρέπει να σημειωθεί πως η τεχνολογική εξέλιξη όλων των τομέων μεταβάλλει διαρκώς την κατάσταση. Επίσης, η εικόνα διαφέρει ανάμεσα στα κράτη μέλη, κυρίως λόγω πολιτικών και νομικών παραμέτρων.

Υδροηλεκτρική ενέργεια

Από όλους τους τομείς των ΑΠΕ, οι υδροηλεκτρικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας είναι οι περισσότερο εκμεταλλεόμενες και ίσως οι ωριμότερες. Η υδροηλεκτρική ενέργεια αντιπροσωπεύει το 90% της συνολικής παραγωγής από ΑΠΕ στην ΕΕ και καλύπτει το 14% της συνολικής ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια. Είναι συνεχώς

αυξανόμενη παγκοσμίως και θα συνεχίσει να αυξάνεται, καθώς οι μη αναπτυγμένες χώρες μπορούν να αξιοποιήσουν το σχεδόν μέχρι σήμερα ανεκμετάλλευτο δυναμικό τους. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι ιδιαίτερα ελκυστική επιλογή για τις ορεινές περιοχές. Ωστόσο, στην Ευρώπη, οι περισσότερες οικονομικά εφικτές περιοχές έχουν ήδη αξιοποιηθεί. Παρόλο που οι μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικές εφαρμογές αντιπροσωπεύουν το 3% της συνολικής υδροηλεκτρικής παραγωγής, η μεγαλύτερη ανάπτυξη αναμένεται να επιτευχθεί στην περιοχή εφαρμογών μικρής ισχύος, όπως είναι οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί ισχύος μικρότερης των 10 MW για τοπική και αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας.

Οι μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικές εφαρμογές έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης και συνάμα μικρό κόστος εγκατάστασης (ανάλογα με το μέγεθος και την περιοχή). Προβλέπεται αύξηση της τάξης των 2500 MW ως το 2010. Η μείωση του ύψους της υδατόπτωσης, οι γεννήτριες μεταβλητής ταχύτητας, η μείωση του κόστους εξοπλισμού και οι φιλικότερες προς το περιβάλλον τεχνολογίες θα τονώσουν το ενδιαφέρον για τις μικρές υδροηλεκτρικές εφαρμογές.

Αιολική ενέργεια

Η εγκατεστημένη αιολική ισχύς τουλάχιστον διπλασιάστηκε κατά τη δεκαετία του 1990 και το αιολικό δυναμικό επαρκεί για περαιτέρω σημαντική αύξηση. Εκτιμάται πως ο τετραπλασιασμός του δυναμικού της αγοράς μέχρι το 2020 είναι εφικτός (παγκοσμίως, το δυναμικό ανάπτυξης είναι ακόμη μεγαλύτερο). Μακροπρόθεσμα, με την προϋπόθεση πως θα ξεπεραστούν κάποια τεχνικά και τοπικού σχεδιασμού εμπόδια, η αιολική ενέργεια θα μπορούσε έχει δυναμικό τέτοιο, ώστε να συνεισφέρει πάνω από το 30% της σημερινής ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια (ή το 15% της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ). Καθώς αναπτύσσονται τεχνολογίες για εγκαταστάσεις στη θάλασσα, για ελαφρύτερες κατασκευές και για γεννήτριες μεταβλητής ταχύτητας, η συμμετοχή της αιολικής ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο είναι πιθανό να αυξηθεί σημαντικά, με χρήση ανεμοστρόβιλων μεγάλης ισχύος και διάσπαρτων μεγάλων αιολικών πάρκων. Αυτό καθιστά την αιολική ενέργεια ένα ισχυρό και μεγάλων δυνατοτήτων "εργαλείο" στην πολιτική παροχής ενέργειας, με την προϋπόθεση της σταθερότητας της παραγωγής και της δυνατότητας αποθήκευσης της ενέργειας.

Φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β)

Η παραγωγή από Φ/Β στην ΕΕ είναι πολύ μικρής κλίμακας. Το κόστος είναι σημαντικός παράγοντας, αφού το κόστος εγκατάστασης φτάνει τα 5000 €/KWh σε σχέση με τα 1000 €/KWh της αιολικής ενέργειας και το κόστος παραγωγής τα 0,32 €/KWh (για τη νότια Ευρώπη – 5 φορές τουλάχιστον μεγαλύτερο από το κόστος για παραγωγή αιολικής ενέργειας). Το κόστος για τη βόρεια Ευρώπη είναι περίπου διπλάσιο. Τα Φ/Β δεν εξαρτώνται ιδιαίτερα από τις τοπικές συνθήκες, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει άμεση ακτινοβολία (όχι απαραίτητα θερμότητα) από τον ήλιο.

Η εγκατεστημένη ισχύς δεν αυξήθηκε σημαντικά στην ΕΕ σε σχέση με τον υπόλοιπο κόσμο. Παρόλα αυτά εκτιμάται πως το δυναμικό της αγοράς είναι μεγάλο - ίσως η ισχύς φτάσει τα 2000 MW το 2010, σε σχέση με τα 52 MW το 1995 και περίπου 200 MW το 1999. Ο σημερινός ρυθμός ανάπτυξης της αγοράς είναι γύρω στο 20% ανά έτος.

Το μέλλον της παραγωγής από Φ/Β στην ΕΕ φαίνεται ότι θα είναι τα αποκεντρωμένα και ολοκληρωμένα συστήματα στα κτίρια και σε εγκαταστάσεις πολλαπλής χρήσης ή θα αναπτυχθούν έτοιμα σεντ Φ/Β. Τα Φ/Β είναι ελκυστικά στις αστικές περιοχές, όπου ο χώρος είναι περιορισμένος. Ακόμα και σήμερα, τα Φ/Β έχουν απαγορευτικό κόστος για τις εκτός δικτύου περιοχές.

Γενικά, εκτός και αν η τιμή τους ελαττωθεί γρήγορα, τα Φ/Β είναι απίθανο να έχουν μεγάλη συμμετοχή στο ενεργειακό ισοζύγιο, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα. Όμως, θα μπορούσαν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ηλεκτρισμού σε ειδικές τοπικές περιπτώσεις. Παρόλα αυτά, το θεωρητικό δυναμικό τους είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον για την ασφάλεια της παροχής σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, γεγονός το οποίο αντανακλάται από το ενδιαφέρον που δείχνουν ενεργειακοί φορείς ακόμη και έξω από το πεδίο των ΑΠΕ.

Ηλιακή ενέργεια

Οι ηλιακοί συλλέκτες, που παράγουν χαμηλή θερμότητα για οικιακές εφαρμογές, συναντούν παρόμοια οικονομικά εμπόδια με τα Φ/Β, αν και έχουν σχετικά μικρότερο κόστος παραγωγής (0,12 €/KWh) και εγκατάστασης (2500 €/KWh). Σε παγκόσμια κλίμακα, η εγκατεστημένη ισχύς εκτοξεύτηκε κατά τη δεκαετία του 1990, αν και ο ρυθμός ανάπτυξης στην ΕΕ ήταν σχετικά μικρός. Ιδιαίτερα ελκυστικά είναι τα ολοκληρωμένα ηλιακά συστήματα στα κτίρια για αντικατάσταση των εγκαταστάσεων θέρμανσης χώρων ή νερού με φυσικό αέριο ή πετρέλαιο. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες εφαρμογές στα κτίρια, όπως για φωτισμό και ψύξη, οι οποίες θα μπορούσαν να μειώσουν σημαντικά τη ζήτηση ενέργειας. Ακόμη και στις βόρειες χώρες της ΕΕ, το δυναμικό της ηλιακής ενέργειας σε εφαρμογές σε νέα και υφιστάμενα κτίρια συμπεριλαμβανομένου και των ιδιωτικών κατοικιών είναι εξαιρετικά μεγάλο.

Βιομάζα

Η βιομάζα ως πηγή ενέργειας, με ή χωρίς πρόσθετα καύσιμα είναι πιο εμπορικά διαθέσιμη για μονάδες μεγέθους 10-30 MW. Οι μικρές αποκεντρωμένες μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας-ηλεκτρισμού (CHP) είναι εγκαταστάσεις διαρκούς αυξανόμενης απόδοσης και σημασίας. Το κόστος παραγωγής είναι συγκρίσιμο με αυτό της αιολικής ενέργειας, αν και το κόστος εγκατάστασης είναι λίγο μεγαλύτερο (1500 €/KWh – ανάλογα με το μέγεθος του σταθμού και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται). Η εγκατεστημένη ισχύς στην ΕΕ δεν άλλαξε σημαντικά κατά τη δεκαετία του 1990. Παρόλα αυτά η τάση της αγοράς είναι θετική και λόγω των επενδύσεων σε προγράμματα ανάπτυξης της τεχνολογίας. Εκτιμάται πως το δυναμικό της αγοράς της ΕΕ μπορεί να αυξηθεί από 3862 MW το 1995 σε 8766 MW

το 2010. Μακροπρόθεσμα, οι εφαρμογές βιομάζας έχουν θεωρητική δυνατή συμμετοχή έως και 20% της τωρινής πρωτογενούς ενέργειας (παίρνοντας 20 εκ. ha καλλιεργήσιμης έκτασης για παραγωγή καύσιμων από σιτηρά, με απόδοση 6 toe βιομάζας ανά ha και διαθεσιμότητα 150 Mtoe υπολειμμάτων βιομάζας)

Οι μελλοντικές τάσεις στρέφονται προς τις μεγάλες μονάδες, ισχύος 50-100 MW και προς αύξηση της απόδοσης μέχρι και 50%. Οι νέες τεχνολογίες, που περιλαμβάνουν σταθμούς συνδυασμένου κύκλου βιομάζας – ολοκληρωτικής αεριοποίησης, αυξάνουν την απόδοση των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, που χρησιμοποιούν βιομάζα. Αποδόσεις μέχρι και 80% είναι εφικτές με χρήση συστημάτων CHP. Οι πολλαπλού καυσίμου εφαρμογές φαίνεται να ενισχύονται ιδιαίτερα, ως αποτέλεσμα της συμμετοχής της βιομάζας σε εγκαταστάσεις CHP. Μια σημαντική συμμετοχή νέων πηγών θα προκύψει από τον αγροτικό τομέα, και συγκεκριμένα η ξυλεία και τα υγρά βιοκαύσιμα.

Υπάρχει μια δυναμικά μεγάλη αγορά για εφαρμογές βιομάζας σε αποκεντρωμένα συστήματα, ειδικά για συμπαραγωγή, και για αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων στην ηλεκτροπαραγωγή. Επίσης, η δυνατότητα και πρόσθετης καύσης βιομάζας σε υφιστάμενες ή καινούργιες μονάδες παραγωγής είναι οικονομικά σκόπιμη και έχει ένα μεγάλο δυναμικό στην ΕΕ και πέρα από αυτήν. Καταληκτικά, εφαρμογές μικρής κλίμακας μπορούν κάλλιστα να διαδοθούν ευρέως βραχυπρόθεσμα.

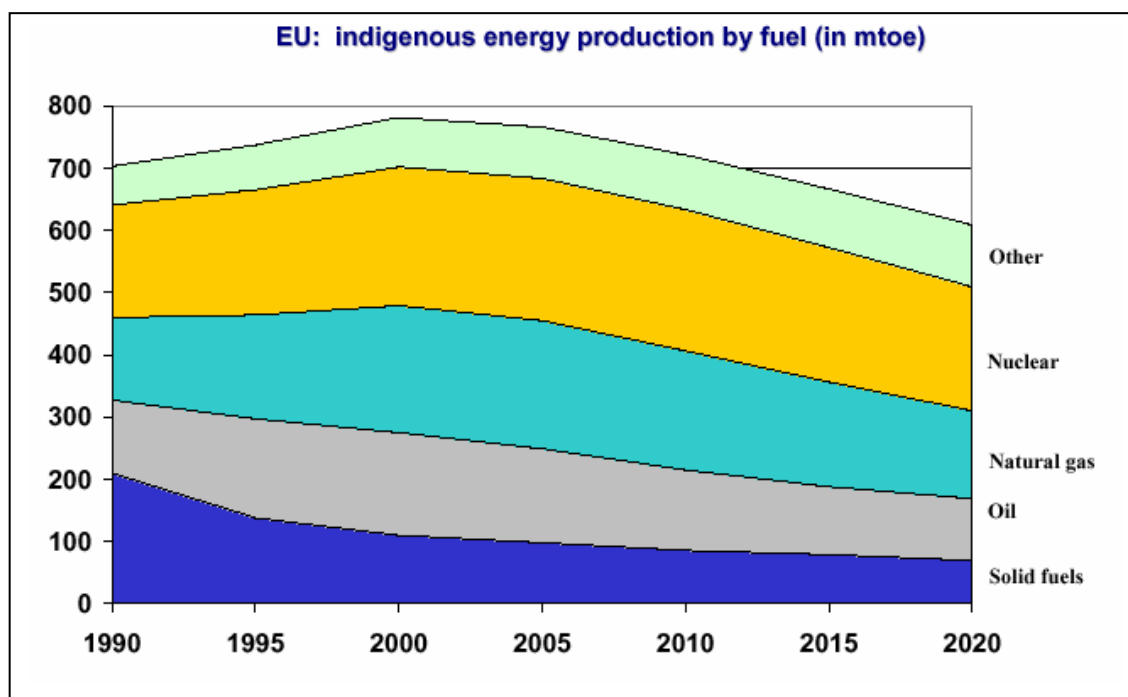
Γεωθερμικές εφαρμογές και Αντλίες Θερμότητας

Η γεωθερμική ενέργεια βασίζεται σε τεχνολογία όμοια με αυτή της βιομηχανίας πετρελαίου. Η τεχνολογία “*Hot dry rock*” έχει ως στόχο την άντληση θερμότητας 200÷250 °C, που είναι διαθέσιμη σε πολλές περιοχές της ΕΕ και σε βάθος 5000 m. Η εγκατεστημένη ισχύς στην ΕΕ αυξήθηκε βαθμιαία κατά τη δεκαετία του 1990 και φαίνεται ότι θα συνεχίσει να αυξάνεται, όμως, το δυναμικό της αγοράς δε φαίνεται να ξεπερνά τα 2700 MW έως το 2010, εκτός και αν ελαττωθούν τα σχετικά στοιχεία κόστους. Για την αύξηση του δυναμικού αυτού, πρέπει να γίνει εκμετάλλευση και των πηγών χαμηλής ενθαλπίας καθώς και εκμετάλλευση των υφιστάμενων πηγών με πιο εντατικό ρυθμό.

Οι αντλίες θερμότητας είναι συσκευές που συγκεντρώνουν ανανεώσιμη ενέργεια από τον αέρα, το έδαφος ή το νερό για θέρμανση χώρων ή νερού. Ο λόγος της παραγόμενης θερμότητας προς την αντλούμενη (συντελεστής απόδοσης) μπορεί να φτάσει το 5. Για τα 20 εκατομμύρια κτίρια κατοικιών της ΕΕ, που θερμαίνονται με ηλεκτρική ενέργεια, υπάρχει ένα δυναμικό για εξοικονόμηση 200 TWh / έτος. Επιπρόσθετα, παρόμοια εξοικονόμηση μπορεί να επιτευχθεί και με τη μετατροπή των συστημάτων που χρησιμοποιούν πετρέλαιο (σε 23 εκατομμύρια κατοικίες) σε αντλίες θερμότητας.

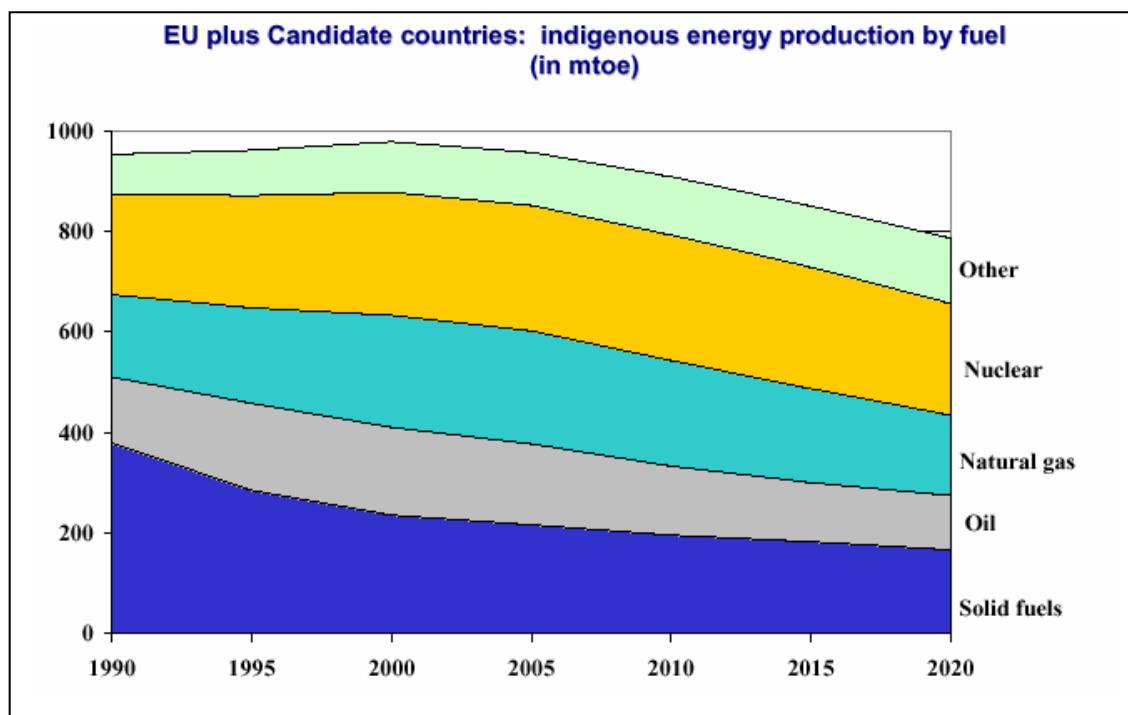
5.6. Η Διεύρυνση της ΕΕ

Η ένταξη ενός αριθμού χωρών της κεντρικής και ανατολικής Ευρώπης στην ΕΕ ενδεχόμενα θα επιβεβαιώσει την υπάρχουσα τάση στη ζήτηση και κατανάλωση ενέργειας. Γενικά, οι υπό ένταξη χώρες έχουν παρόμοιο με την ΕΕ ισοζύγιο ενέργειας. Ωστόσο, υπάρχουν διαφορές στο περιβάλλον λειτουργίας όπως είναι η ηλικία και η απόδοση των υποδομών και των εργοστασίων, συμπεριλαμβάνοντας και τους Σχήμα



5.18. Η εγχώρια παραγωγή ενέργειας ανά καύσιμο στην ΕΕ

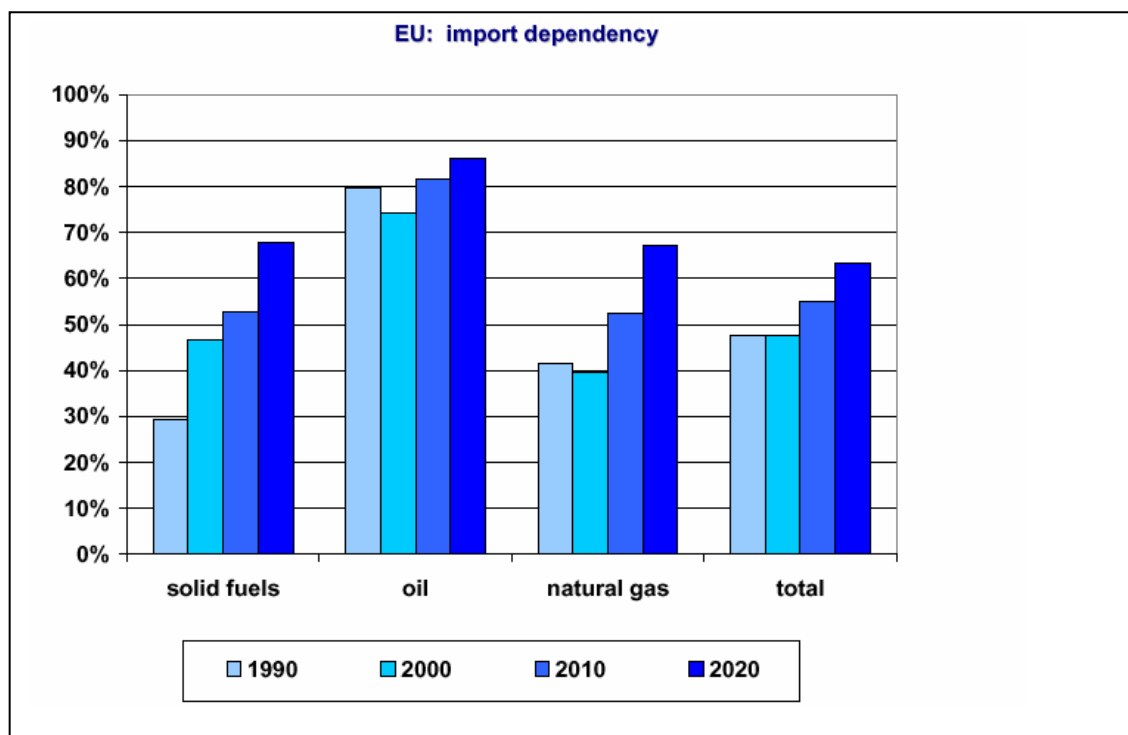
πυρηνικούς σταθμούς. Με την ένταξη των χωρών αυτών θα προστεθούν νέοι παράγοντες όσον αφορά στην παροχή ενέργειας. Τέτοιοι είναι για παράδειγμα, η εξάρτηση από την εισαγωγή κυρίως από μόνο μία πηγή (τη Ρωσία), η επικράτηση των στερεών καυσίμων, τα διαφορετικά νομικά και θεσμικά πλαίσια, τα κατετοπιημένα μονοπώλια, η χαμηλή απόδοση ενέργειας, η υψηλή τεχνολογία και οι παραμένουσες τεχνικές δυσκολίες. Πιο συγκεκριμένα ο κίνδυνος που υφίσταται είναι η ζήτηση να υπερβεί την προσφορά είναι αυξημένος. Αυτές οι θεωρήσεις δεν είναι δυνατό να ποσοτικοποιηθούν στατιστικά, αλλά είναι κρίσιμες όσον αφορά στην ασφάλεια παροχής ενέργειας.



Σχήμα 5.19. Η εγχώρια παραγωγή ενέργειας στην ΕΕ και τις υποψήφιες προς ένταξη χώρες

Πιο συγκεκριμένα είναι πιθανόν η εξάρτηση από το αέριο στις χώρες-νέα μέλη να αυξηθεί γρηγορότερα από τα τωρινά μέλη και η εγχώρια παραγωγή άνθρακα να περικοπεί. Και οι δύο αυτοί παράγοντες θα ενισχύσουν την εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας και κυρίως από την πρώην Σοβιετική Ένωση που αποτελεί τον παραδοσιακό προμηθευτή ενέργειας των χωρών της κεντρικής και ανατολικής Ευρώπης. Με αυτό τον τρόπο το ανατολικό τμήμα της Ένωσης θα είναι ισχυρά εξαρτημένο από ένα μόνο προμηθευτή. Επιπρόσθετα, εκτός ίσως από τη Ρωσία δεν υπάρχουν συστήματα μεταφοράς με δυναμικότητα αυτής των απαιτούμενων ποσοτήτων για να καλυφθεί η αυξημένη ζήτηση. Υπάρχει επομένως έλλειψη συνδέσεων με χώρες-προμηθευτές, εξαιρουμένης της Ρωσίας. Επίσης υπάρχει ανάγκη να δημιουργηθούν συνδέσεις τόσο προς όσο και εντός των υποψήφιων προς ένταξη χωρών.

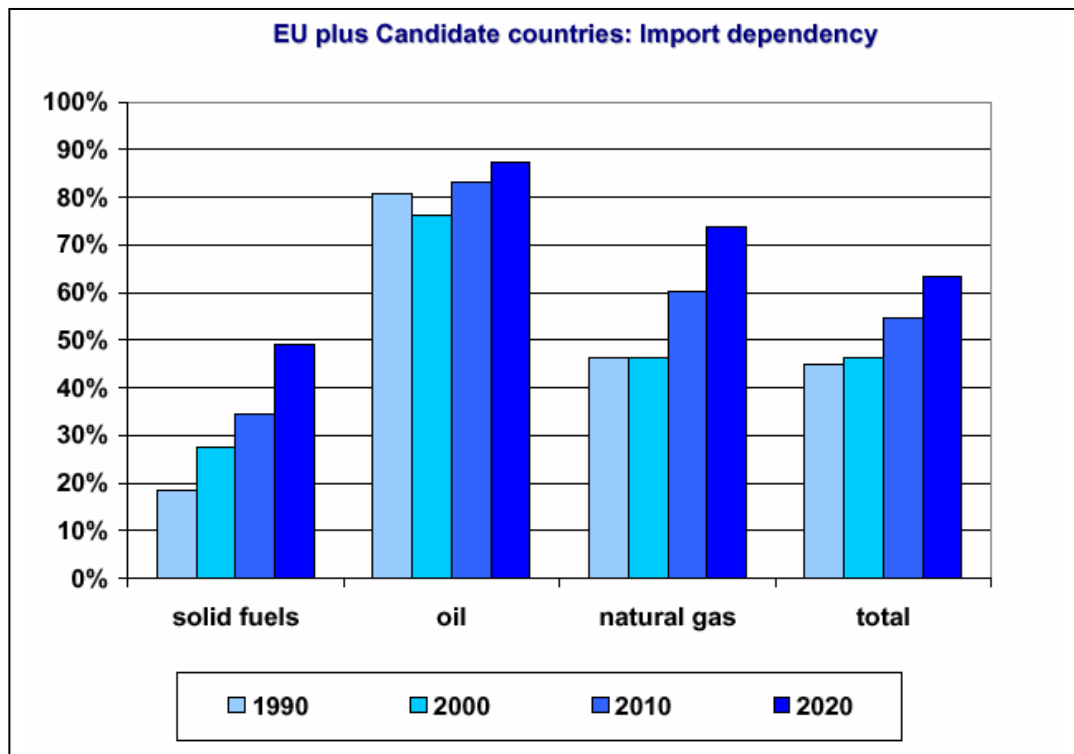
Οι υπό ένταξη χώρες έχουν διαφορετική παράδοση στις τιμές και στην φορολόγηση της ενέργειας, το οποίο είναι αποτέλεσμα της διαφορετικής ιστορίας και πολιτισμού τους. Στο σοσιαλιστικό σύστημα η παροχή ενέργειας μειώθηκε και σχεδόν αποκλειστικά οι αγορές βασίστηκαν μόνο στις προμήθειες ενέργειας από τη Ρωσία. Μερικές από τις νοτιοανατολικές χώρες έχουν σήμερα δυσκολίες να πληρώσουν την προμήθεια ενέργειας. Με σκοπό να ακολουθήσουν την νομοθεσία της ΕΕ οι χώρες πρέπει να κινηθούν προς δύο κατευθύνσεις: το φόρο προστιθέμενης αξίας και το φόρο στο ορυκτέλαιο. Στατιστικές μελέτες του ΙΕΑ δείχνουν πως ενώ η ιδιωτική κατανάλωση φορολογείται όλο και περισσότερο και έχει φτάσει το επίπεδο της ΕΕ, η βιομηχανία φαίνεται ακόμα να εξαιρείται από αυτή την τάση.



Σχήμα 5.20. Η εξάρτηση της ΕΕ από τις εισαγωγές ενέργειας

Η διεύρυνση θα φέρει πλεονεκτήματα στην παροχή ενέργειας δημιουργώντας νέες ευκαιρίες για επενδύσεις σε νέες υψηλής απόδοσης τεχνολογίες, σε πιο κοντινές συνδέσεις με τους βασικούς προμηθευτές και τις χώρες μεταφοράς, σε οικονομίες κλίμακας για νέες τεχνολογίες και σε μία μεγαλύτερη αγορά στις ανανεώσιμες πηγές.

Τελικά, η διεύρυνση θα επιφέρει αλλαγές στην ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας. Ως ένα σημείο η ύπαρξη από το 1994 του ενεργειακού καταστατικού χάρτη (Energy Charter Treaty) διευκόλυνε την αλληλενέργεια ανάμεσα στους φορείς της αγοράς ενέργειας στις ενδιαφερόμενες χώρες. Η ενσωμάτωση των νέων μελών σε μία ευρύτερη ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας θα δημιουργήσει νέες αλληλοσυνδέσεις και συνεργασίες, οι οποίες θα προκαλέσουν συνέπειες στην ασφάλεια παροχής ενέργειας. Η δυσκολία που θα συναντήσουν οι αποφασίζοντες βρίσκεται στο γεγονός ότι θα πρέπει να εξασφαλίσουν εντός της ελεύθερης αγοράς, κατάλληλα πρότυπα συμπεριφοράς των πελατών και συνάμα συνεργασίες σε επίπεδο επενδύσεων και ανάπτυξης των υποδομών, με στόχο να εμποδιστεί η αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας στην ανατολική Ευρώπη, η οποία θα μπορούσε να δημιουργήσει νέες δυσκολίες στην παροχή ενέργειας σε όλη την Ένωση.

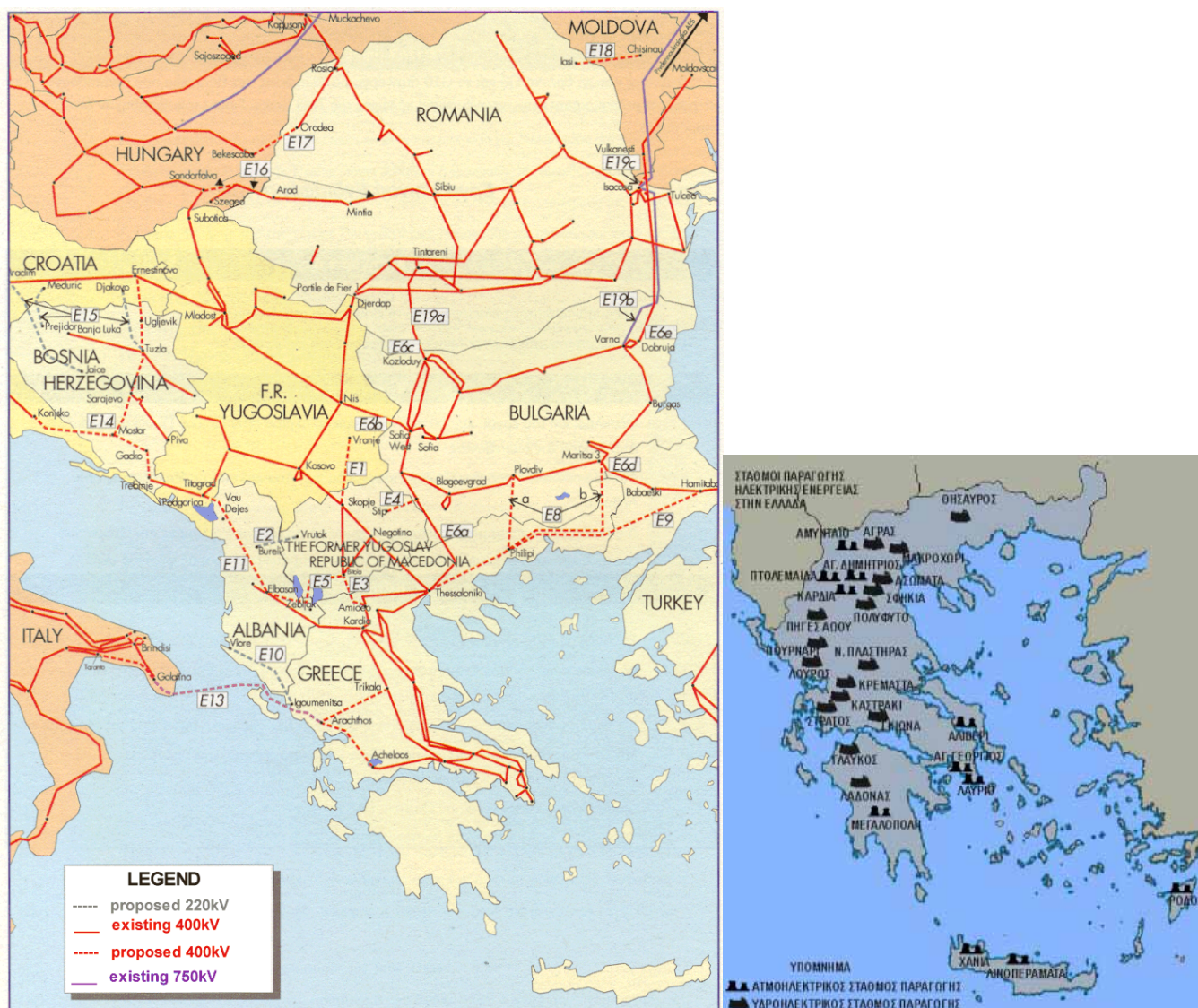


Σχήμα 5.21. Η εξάρτηση της ΕΕ και των υποψήφιων προς ένταξη χωρών από τις εισαγωγές ενέργειας

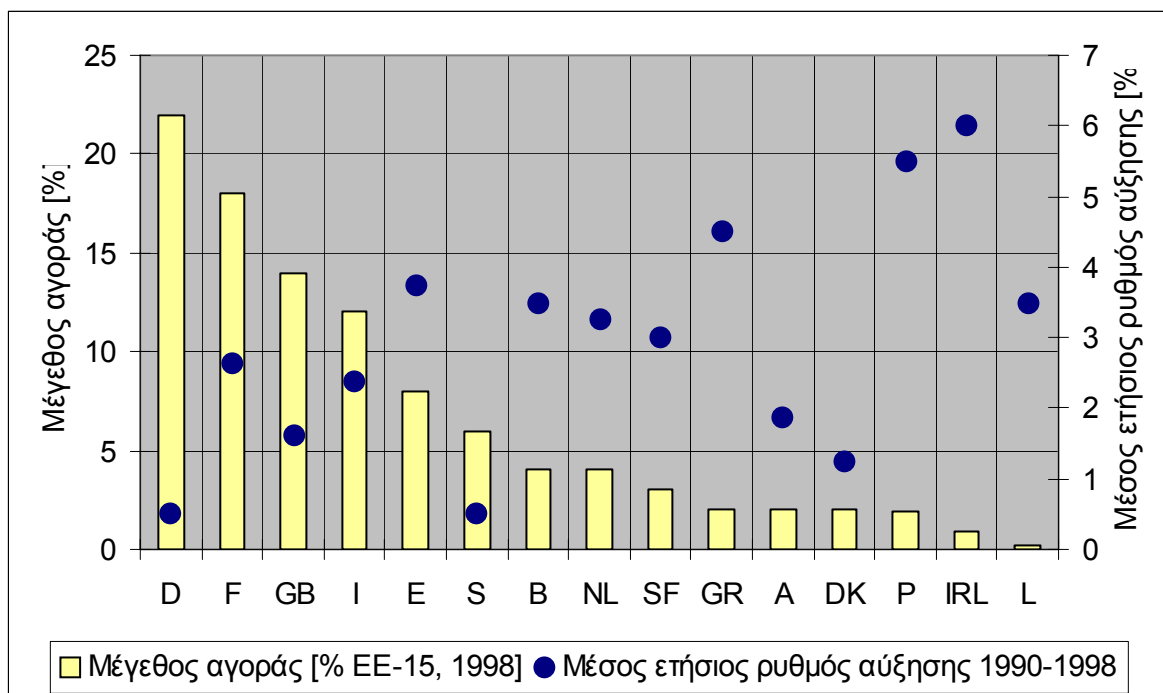
6. Το ελληνικό ενεργειακό σύστημα

6.1. Δεδομένα του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Το ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα χαρακτηρίζεται από τη σχετική απομόνωση της θέσης του από τα άλλα ευρωπαϊκά συστήματα, την οξεία αύξηση της κατανάλωσης την τελευταία δεκαετία, την ύπαρξη μεγάλου αριθμού μικρών καταναλωτών στα νησιά και την καθοριστική εξάρτησή του από το λιγνίτη. Στις επόμενες σελίδες παρατίθενται σε μορφή πινάκων και διαγραμμάτων τα κυριότερα χαρακτηριστικά του.



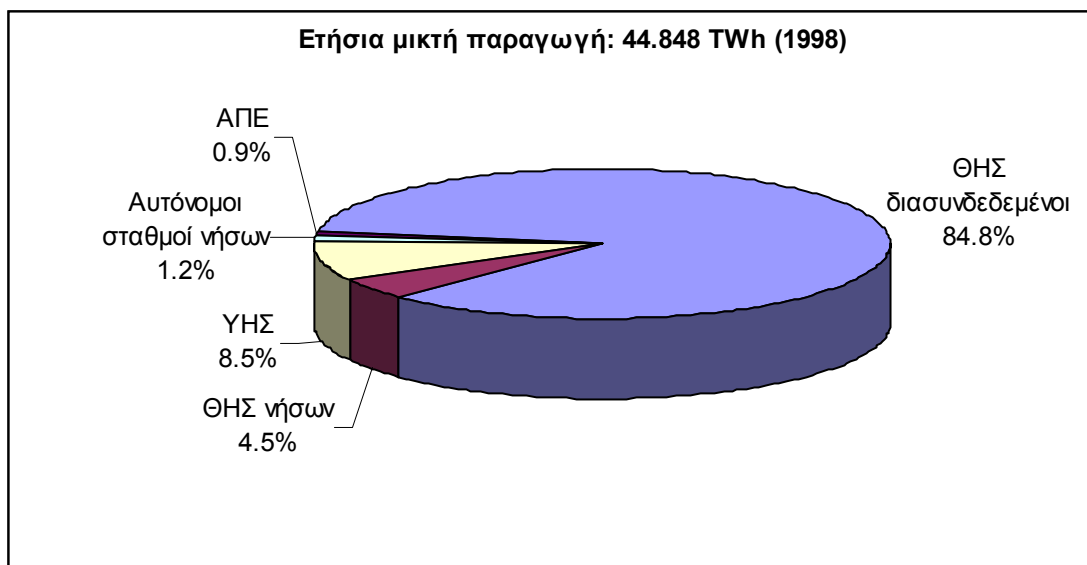
Σχήμα 6.1. Ελληνικό δίκτυο μεταφοράς, διασυνδέσεις του με όμορες χώρες και θέσεις θερμο- και υδροηλεκτρικών σταθμών.



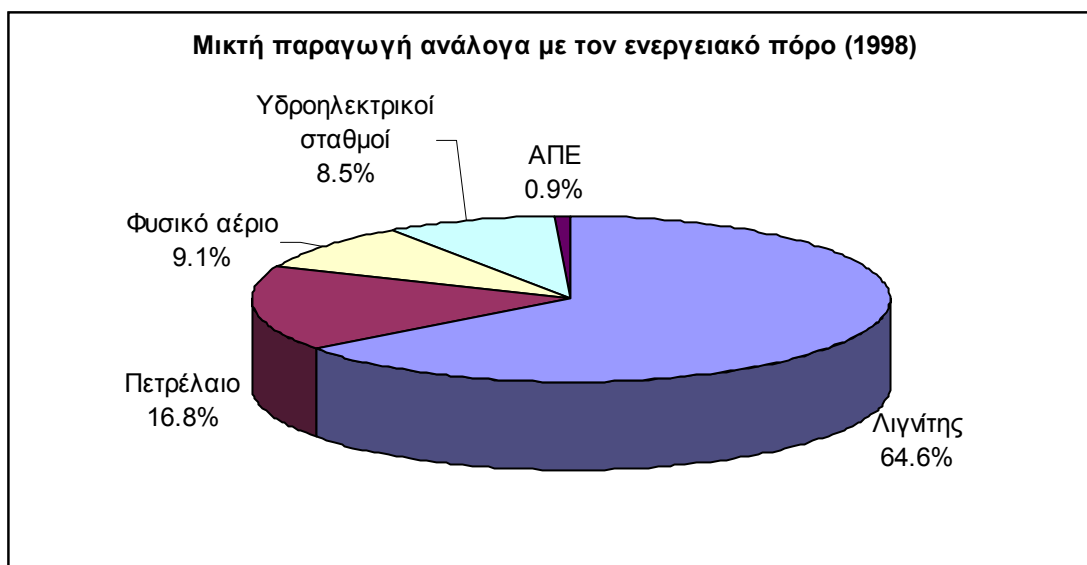
Σχήμα 6.2. Συμμετοχή των 15 κρατών στο σύνολο της κατανάλωσης και μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης



Σχήμα 6.3. Εγκατεστημένη ισχύς της ΔΕΗ



Σχήμα 6.4. Ετήσια παραγωγή της ΔΕΗ ανά είδος σταθμού



Σχήμα 6.5. Ετήσια παραγωγή της ΔΕΗ ανά ενεργειακό πόρο

Σταθμοί παραγωγής

Όπως προέκυψε από τα στοιχεία των προηγούμενων σχημάτων, οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί του διασυνδεδεμένου δικτύου αποτελούν τη σπονδυλική στήλη του συστήματος.

Πίνακας 6.1. Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί του διασυνδεδεμένου δικτύου

ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	Μονάδα	Εγκατεστημένη Ισχύς [MW]	Σύνολο [MW]	Αποδιδόμενη Ισχύς (Καθαρά)	Σύνολο Καθαρής Ισχύος	Έτος κατασκευής
ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου	VIII	1 x 160 = 160	360	153	338	1998
	IX	1 x 200 = 200		185		1998
ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	I	1 x 300 = 300	1586	276	1457	1984
	II	1 x 300 = 300		276		1984
	III	1 x 310 = 310		285		1986
	IV	1 x 310 = 310		285		1986
	V	1 x 366 = 366		335		1997
ΑΗΣ Αλιβερίου	I	1 x 40 = 40	380	38	365	1953
	II	1 x 40 = 40		38		1953
	III	1 x 150 = 150		144		1968
	IV	1 x 150 = 150		145		1968
ΑΗΣ Αμύνταιου Φλώρινας	I	1 x 300 = 300	600	276	552	1987
	II	1 x 300 = 300		276		
ΑΗΣ Καρδιάς	I	1 x 300 = 300	1200	276	1104	1974
	II	1 x 300 = 300		276		1974
	III	1 x 300 = 300		276		1980
	IV	1 x 300 = 300		276		1984
ΑΗΣ Λαυρίου Αεροστρ. Λαυρίου	I	1 x 150 = 150	450	145	430	1972
	II	1 x 300 = 300		285		1973
	V	2 x 57,5 = 115	114	1980		
	VI	1 x 62 = 62	177	59		173
ΑΗΣ Μεγαλόπολης	I	1 x 125 = 125	850	113	766	1970
	II	1 x 125 = 125		113		1970
	III	1 x 300 = 300		270		1975
	IV	1 x 300 = 300		270		1991
ΑΗΣ Πτολεμαΐδας	I	1 x 70 = 70	620	65	575	1959
	II	1 x 125 = 125		117		1962
	III	1 x 125 = 125		117		1965
	V	1 x 300 = 300		276		1973

Μεγάλοι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί υπάρχουν στη Ρόδο και την Κρήτη, ενώ τα υπόλοιπα νησιά τροφοδοτούνται από μικρότερους αυτόνομους σταθμούς.

Πίνακας 6.2. Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί μεγάλων νήσων

ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	Μονάδα	Εγκατεστημένη Ισχύς [MW]	Σύνολο [MW]	Αποδιδόμενη Ισχύς (Καθαρά)	Σύνολο		
Ρόδου ATM μον	I	1 x 15 = 15	145.66	14.2	120.5		
	II	1 x 15 = 15		14.2			
AEP μον	I	1 x 24 = 24		19.9			
	II	1 x 36 = 36		24.8			
	I	1x11,7=11,7		9			
	II	1x11,7=11,7		9			
DIESEL	I	1x12,28=12,28		12.2			
	II	1x12,28=12,28		12.2			
	I	1 x 7,70 = 7,70		5			
Χανίων Κρήτης AEP ATM	I	1x16,2=16,2		209.6		12.3	203.9
	IV	1 x 24 = 24				23.9	
	V	1 x 36 = 36				35.7	
	VI	1x45,5=45,5	45				
	VII	1x45,5=45,5	45				
	I	1x42,4=42,4	42				
Λινοπεραμάτων Κρήτης ATM μον	I	1 x 6,2 = 6,2	192.8	5.9	184.2		
	II	1 x 15 = 15		14.3			
	III	1 x 15 = 15		14.3			
	IV	1 x 25 = 25		23.5			
	V	1 x 25 = 25		23.5			
	VI	1 x 25 = 25		23.5			
DIESEL	I	1x12,3=12,3	11.8				
	II	1x12,3=12,3	11.8				
	III	1x12,3=12,3	11.8				
	IV	1x12,3=12,3	11.8				
AEP μον	I	1x16,2=16,2	16				
	II	1x16,2=16,2	16				

Η εγκατεστημένη ισχύς των υδροηλεκτρικών σταθμών είναι σημαντική, όπως φαίνεται και από τα στοιχεία του ακόλουθου πίνακα. Ωστόσο, οι περιορισμοί της υδραυλικότητας (λόγω μικρών ποταμών και μη σταθερών βροχοπτώσεων) καθιστούν συχνά μη εκμεταλλεύσιμη αυτήν την ισχύ.

Πίνακας 6.3. Υδροηλεκτρικοί σταθμοί του διασυνδεδεμένου δικτύου

ΟΝΟΜΑ	Αρ. μοναδων	Μονάδα	Εγκατεστημένη Ισχύς [MW]	Περιοχή
Άγρα Εδεσαίου	2	I,II III	$2 \times 25 = 50$ 19	Έδεσσα
Ασωμάτων	2	I,II	$2 \times 54 = 108$	Μακεδονία
Γκιώνας	1	I	8.5	Κεντρ. Ελλάδα
Θησαυρού	3	I-III	$2 \times 100 + 80 = 280$	Θράκη
Καστρακίου	4	I - IV	$4 \times 80 = 320$	Αγρίνιο
Κρεμαστών	4	I - IV	$4 \times 109,3 = 437,2$	Αγρίνιο
Λάδωνα	2	I,II	$2 \times 35 = 70$	Τρόπαια Αρκαδίας
Λούρου	3	I,II III	$2 \times 2,5 = 5$ 5.3	Φιλιππιάδα Ήπειρος
Μακροχωρίου	3	I-II-III	$3 \times 3,6 = 10,8$	Μακεδονία
Πολυφύτου	3	I-III	$3 \times 125 = 375$	Κοζάνη
Πουρναρίου	3	I-III	$3 \times 100 = 300$	Άρτα
Πλαστήρα	3	I-II	$3 \times 43,3 = 129,9$	Καρδίτσα
Σφηκιάς	3	I-III	$3 \times 105 = 315$	Βέροια
Βέροιας	2	I-II	$2 \times 0,9 = 1,8$	Βέροια
Πατρών	1	I	1.6	Πάτρα
Πηγών Αώου	2	I,II	$2 \times 122 = 244$	Μέτσοβο,
Σερρών	3	I,II I	$2 \times 0,3 = 0,6$ 0.1	
Στράτου I	2	I(I,II)	$2 \times 75 = 150$	Αγρίνιο
Στράτου II	2	II(I,II)	$2 \times 3 = 6$	

Στις επόμενες παραγράφους γίνεται μία εκτενέστερη αναφορά στο λιγνίτη, τους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς και το δίκτυο μεταφοράς και διανομής. Τα στοιχεία που αφορούν στα κοιτάσματα, όπως και αρκετά από τα σχήματα, προέρχονται από πληροφοριακό υλικό της ΔΕΗ.

5.2. Λιγνίτης

Οι λιγνίτες ανήκουν στις στερεές ορυκτές καύσιμες ύλες με τη γενική ονομασία γαιάνθρακες και προήλθαν από φυτικά υπολείμματα μέσω μιας σειράς διεργασιών ενανθράκωσης. Οι διεργασίες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των φυτικών υπολειμμάτων σε άνθρακα. Η μετατροπή των φυτών σε τύρφη και η μετάβαση από την τύρφη, στο αρχικό στάδιο της ενανθράκωσης, στον ανθρακίτη στο τελικό στάδιο ενανθράκωσης, είναι συνάρτηση της επίδρασης του χρόνου, της

θερμοκρασίας και της πίεσης. Η αύξηση του βαθμού ενανθράκωσης επηρεάζει τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γαιανθράκων.

Οι λιγνίτες σχηματίστηκαν κατά τα πρώτα στάδια της ενανθράκωσης αμέσως μετά την τύρφη. Για το σχηματισμό ενός κυβικού μέτρου λιγνίτη, έχει υπολογισθεί ότι απαιτείται χρονικό διάστημα 1000 έως 4000 ετών. Η θερμογόνος ισχύς των λιγνιτών είναι από 3 έως 7 φορές χαμηλότερη από αυτήν του λιθάνθρακα και 5 έως 10 φορές μικρότερη από αυτήν του πετρελαίου. Οι κυριότερες διαφορές στα χαρακτηριστικά του λιγνίτη και του λιθάνθρακα φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 6.4. Χαρακτηριστικά λιγνίτη

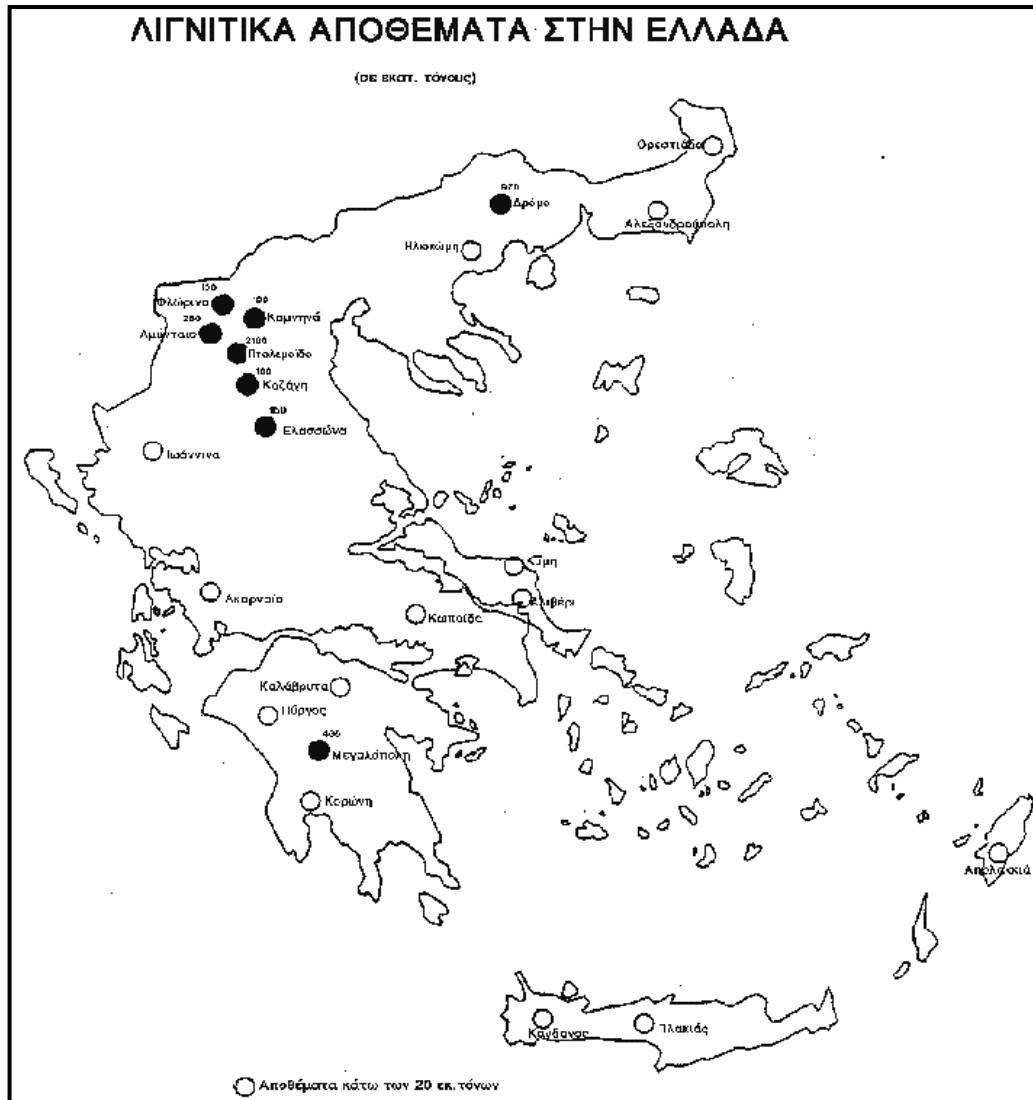
	Λιγνίτης	Λιθάνθρακας
Ηλικία δημιουργίας	40 – 60 εκατομμύρια έτη	270 - 350 εκατομμύρια έτη
Περιεκτικότητα σε νερό	15–65 %	1–4 %
Περιεκτικότητα σε τέφρα	1–15 %	1–30 %
Περιεκτικότητα σε άνθρακα	60–75 %	75–92 %
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	5–9 %	4–6 %
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	15–25 %	2–10 %
Περιεκτικότητα σε θείο	0,2 %	0,5–1,5 %
Περιεκτικότητα σε άζωτο	0,5–2 %	1–2 %
Θερμογόνος ισχύς	5 – 10 MJ/kg	28 –35 MJ/kg

Γενικά η ποιότητα των ελληνικών λιγνιτών είναι χαμηλή. Η θερμογόνος δύναμη κυμαίνεται από 4–4,5 MJ/kg (900-1100 kcal/kg) στις περιοχές Μεγαλόπολης, Αμυνταίου και Δράμας, από 5,2-5,6 MJ/kg (1250 - 1350 kcal/kg) στην περιοχή Πτολεμαΐδας και 7,5-9,5 MJ/kg (1800 -2300 kcal/kg) στις περιοχές Φλώρινας και Ελασσόνας. Σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα των λιγνιτών της χώρας είναι η χαμηλή περιεκτικότητα σε καύσιμο θείο.

Τα κυριότερα εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα λιγνίτη βρίσκονται στη Δυτική Μακεδονία στο τρίγωνο Πτολεμαΐδας - Αμυνταίου -Φλώρινας με υπολογισμένο απόθεμα 2,5 δις τόνους και στην Πελοπόννησο στη Μεγαλόπολη, με απόθεμα 300 εκ. τόνους. Σημαντικά κοιτάσματα, τα οποία δεν αξιοποιούνται προς το παρόν, υπάρχουν ακόμη στην περιοχή της Δράμας (900 εκ. Τόνοι) και στην περιοχή της Ελασσόνας (150 εκ. Τόνοι).

Τα συνολικά βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα λιγνίτη στη χώρα ανέρχονται σε περίπου 5 δις. τόνους. Τα κοιτάσματα αυτά παρουσιάζουν αξιοσημείωτη γεωγραφική

εξάπλωση στον ελληνικό χώρο. Με τα σημερινά τεχνικο-οικονομικά δεδομένα τα κοιτάσματα που είναι κατάλληλα για ενεργειακή εκμετάλλευση, ανέρχονται σε περίπου 4 δις τόνους και ισοδυναμούν με 550 εκ. τόνους πετρελαίου.



Σχήμα 6.6. Θέσεις κοιτασμάτων λιγνίτη στην Ελλάδα.

Με βάση τα συνολικά εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη της χώρας και τον προγραμματιζόμενο ρυθμό κατανάλωσης στο μέλλον, υπολογίζεται ότι τα αποθέματα αυτά επαρκούν για περισσότερο από 50 χρόνια. Μέχρι σήμερα οι εξορυχθείσες ποσότητες λιγνίτη δεν ξεπερνούν το 25% των συνολικών αποθεμάτων. Εκτός από λιγνίτη η Ελλάδα διαθέτει και ένα μεγάλο κοιτάσμα Τύρφης στην περιοχή των Φιλιππων (Ανατολική Μακεδονία). Τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα στο κοιτάσμα εκτιμώνται σε 4 δις κυβικά μέτρα και αντιστοιχούν με 125 εκ. ΤΙΠ.

6.2.1. Λιγνιτικό κοίτασμα Πτολεμαΐδας

Ο λιγνίτης Πτολεμαΐδας σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης χρονικής περιόδου (10 εκατομμύρια χρόνια περίπου) και εκτιμάται ότι οι διεργασίες τελείωσαν πριν 1 εκατομμύριο χρόνια. Η ευρύτερη λεκάνη Μοναστηρίου, Φλώρινας, Αμυνταίου, Πτολεμαΐδας, Κοζάνης και Σερβίων καλύπτονταν την εποχή εκείνη από αβαθείς λίμνες και έλη. Οι κλιματολογικές συνθήκες ευνόησαν τη μεγάλη βλάστηση υδροχαρή φυτών (βρύα, καλάμια, κλπ) σε διάφορες θέσεις της λεκάνης. Με το χρόνο τα φυτά αυτά συγκεντρώθηκαν σε μεγάλες ποσότητες στον πυθμένα των λιμνών. Στη συνέχεια τη βλάστηση, κάλυπταν γαιώδη υλικά. Έτσι οι οργανικές ύλες των φυτών, ευρισκόμενες υπό πίεση και με την επίδραση διαφόρων μικροοργανισμών, μετατράπηκαν με το χρόνο σε στρώματα λιγνίτη. Αυτό επαναλήφθηκε πολλές φορές και τέλος πάνω από τα νεώτερα στρώματα λιγνίτη επικάθισαν άλλα γαιώδη υλικά, τα λεγόμενα «υπερκείμενα». Έτσι προέκυψαν λιγνιτικά κοιτάσματα μορφής Zebra.

Το πάχος των υπερκειμένων υλικών κυμαίνεται από 12 μέχρι 230 μέτρα για τα Ορυχεία που βρίσκονται σε λειτουργία στην περιοχή Πτολεμαΐδας. Τα υλικά αυτά είναι, συνήθως άμμος, αμμοχάλικα, μαλακός ασβεστόλιθος και άργιλος. Αλλά και το κοίτασμα του λιγνίτη δεν είναι ενιαίο διότι μέσα στο κοίτασμα αυτό υπάρχουν λεπτά στρώματα από τα γαιώδη υλικά και τα οποία επειδή βρίσκονται μεταξύ των λιγνιτικών στρωμάτων, ονομάζονται «ενδιάμεσα». Το μέσο πάχος των απολήψιμων στρωμάτων λιγνίτη ανέρχεται σε 2 μέτρα περίπου, ο αριθμός των οποίων κυμαίνεται από 20 έως 30.

6.2.2. Λιγνιτικό κοίτασμα Μεγαλόπολης

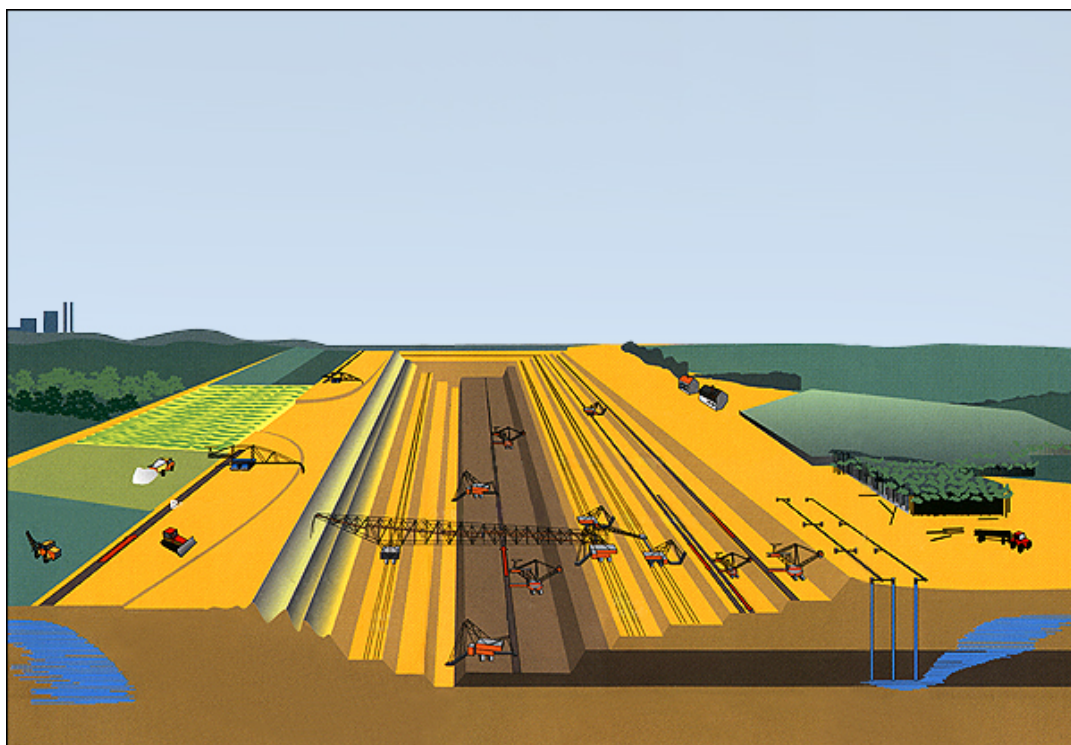
Στη λεκάνη της Μεγαλόπολης η λιγνιτογένεση έγινε με τον ίδιο τρόπο. Η ανάπτυξη πλούσιας βλάστησης έγινε σε τέλματα ή αβαθείς λίμνες στις θερμές περιόδους του πλειστόκαινου, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα τον ασυνεχή σχηματισμό λιγνιτικών στρωμάτων, που καλυπτόταν από φερτά γαιώδη υλικά του ποταμού Αλφειού. Συνολικά δημιουργήθηκαν τρεις λιγνιτικοί ορίζοντες με ιζήματα μεταξύ των.

Στη λεκάνη διακρίνονται τρία λιγνιτικά κοιτάσματα, πιθανόν λόγω της ύπαρξης τριών ανεξάρτητων λιμνών, με διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Τα κοιτάσματα αυτά είναι: Χωρέμι - Μαραθούσα (ολικό βάθος 140μ.), Θωκνία – Κυπαρίσσια (ολικό βάθος 20-100 μ.) και Καρύταινας (ολικό βάθος 45μ.). Το πάχος των λιγνιτικών στρωμάτων κυμαίνεται από λίγα εκατοστά έως 5 μέτρα.

6.2.3. Εξόρυξη του λιγνίτη

Το κύριο χαρακτηριστικό των λιγνιτικών κοιτασμάτων στις περιοχές Πτολεμαΐδας - Αμυνταίου και Μεγαλόπολης είναι η συχνή εναλλαγή ποικίλλοντος πάχους οριζοντίων λιγνιτικών στρωμάτων και ενδιάμεσων στειρών υλικών. Επίσης μεγάλα πάχη αγόνων υλικών, τα υπερκείμενα, βρίσκονται πάνω από τα λιγνιτικά κοιτάσματα. Τα υπερκείμενα συνίστανται κυρίως από μάργες, αμμοχάλικα και αργίλους.

Η εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων γίνεται επιφανειακά με ορθές βαθμίδες. Οι απαιτήσεις, αφενός για εκλεκτική εξόρυξη του λιγνίτη ή των αγόνων υλικών και αφετέρου για υψηλή παραγωγή οδήγησαν στην επιλογή της «γερμανικής μεθόδου» εκσκαφής, μεταφοράς και απόθεσης.



Σχήμα 6.7. Σχηματική παράσταση εξόρυξης λιγνίτη με τη «γερμανική» μέθοδο που ακολουθείται και στην Ελλάδα.

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ως κύριος εξοπλισμός ένα σύστημα συνεχούς λειτουργίας που αποτελείται από ηλεκτροκίνητους καδοφόρους εκσκαφείς, ταινιόδρομους και αποθέτες. Για την εξόρυξη του κοιτάσματος χωρίζονται τα υπερκείμενα άγωνα υλικά και τα λιγνιτικά στρώματα σε βαθμίδες ύψους 10 έως 30 μέτρων ανάλογα με τον τύπο του καδοφόρου εκσκαφέα. Το κοιτάσμα εκσκάπτεται κατά στρώσεις και τα μεν άγωνα υλικά (υπερκείμενα ή ενδιάμεσα) μεταφέρονται με

τους ταινιόδρους στους αποθέτες, ο δε λιγνίτης μεταφέρεται στις αυλές των ατμοηλεκτρικών σταθμών ή σε άλλους καταναλωτές ή σε υπαίθριες αποθήκες των λιγνιτωρυχείων.



Σχήμα 6.8 . Εξόρυξη του λιγνίτη σε βαθμίδα και μεταφορά του με ταινιόδρομο.

Η απόθεση των αγόνων υλικών γίνεται σε ειδικά επιλεγμένες περιοχές, όπου μεταφέρεται και η τέφρα, το υπόλειμμα της καύσης του λιγνίτη στους σταθμούς. Εκτός από τον κύριο εξοπλισμό στην παραγωγική διαδικασία εξόρυξης του λιγνίτη, χρησιμοποιούνται και άλλα μικρότερα χωματουργικά μηχανήματα, κυρίως φορτωτές, μπουλντόζες, εκσκαφείς, φορητά κλπ., τα οποία υποστηρίζουν τη λειτουργία του ορυχείου και ονομάζονται βοηθητικός εξοπλισμός.

6.2.4. Μελλοντική Ανάπτυξη της Βιομηχανίας Λιγνίτη

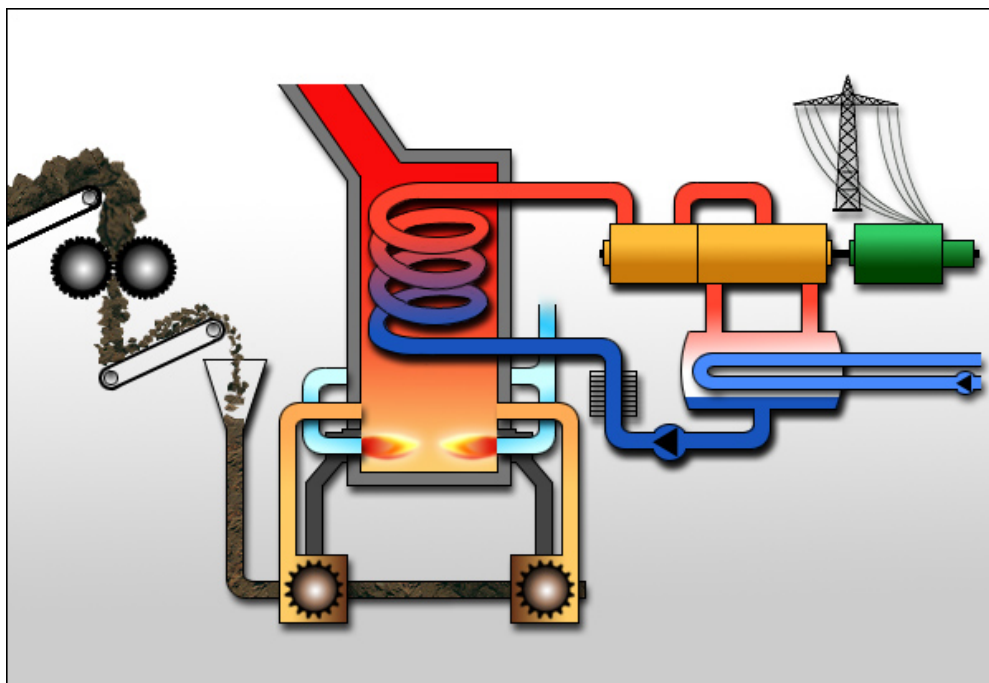
Το 1998 υπογράφηκε η Σύμβαση Κατασκευής Λιγνιτικής Μονάδος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας 330 MW στην Φλώρινα, η οποία αρχικά προβλεπόταν να δοθεί σε λειτουργία το 2002. Η εγκατάσταση μιας ακόμη Μονάδος στη Φλώρινα εκτιμάται ότι θα γίνει μετά το 2005. Και οι δύο, ωστόσο, αναμένεται να καθυστερήσουν.

Για την αξιοποίηση των κοιτασμάτων στις περιοχές Δράμας και Ελασσόνας βρίσκονται σε εξέλιξη τεχνικο-οικονομικές μελέτες. Με βάση τα σημερινά εθνικά και

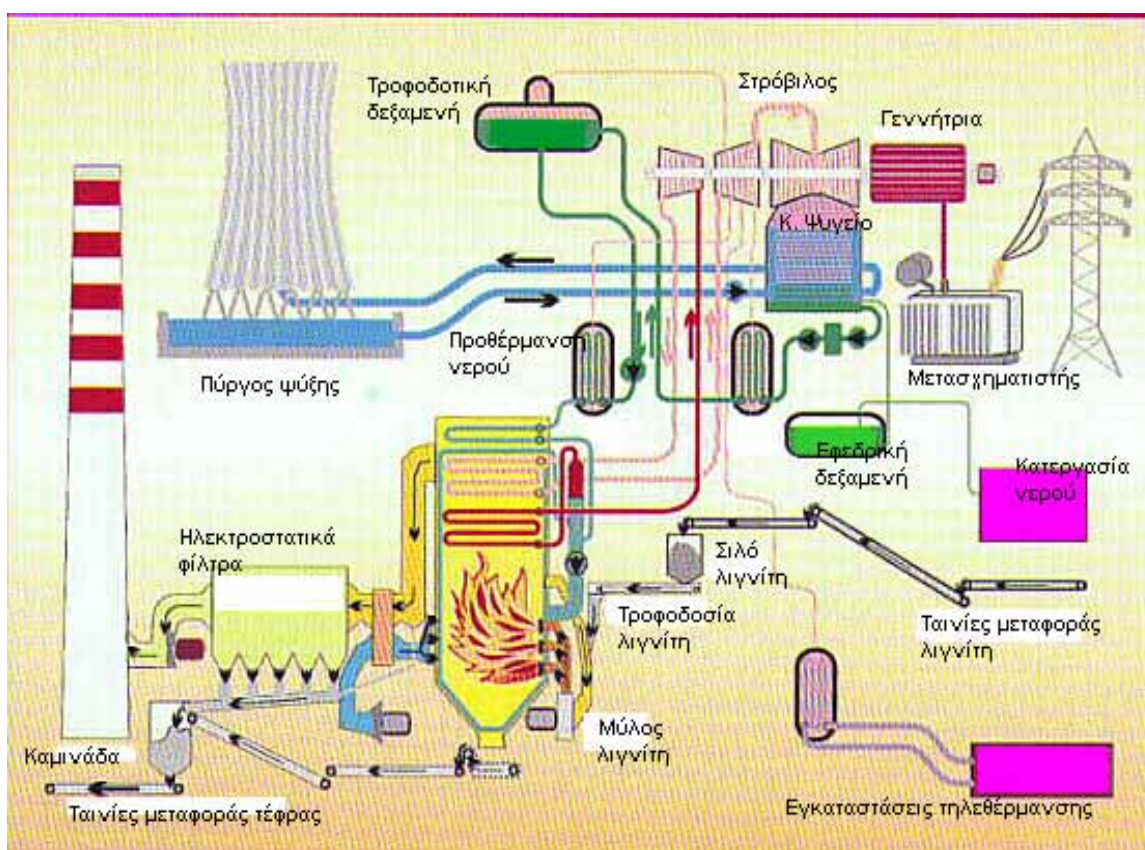
διεθνή ενεργειακά δεδομένα και τα στοιχεία που αφορούν την ποσότητα και την ποιότητα του λιγνίτη των πιο πάνω κοιτασμάτων, προκύπτει ότι η εκμετάλλευσή των πιο πάνω κοιτασμάτων είναι οικονομικά συμφέρουσα. Τα υπάρχοντα αποθέματα επαρκούν για τη λειτουργία μέχρι πέντε μονάδων των 300 MW στη Δράμα και μίας μονάδας 500 MW στην Ελασσόνα. Η ΔΕΗ πιστεύει ότι στα πλαίσια του γενικότερου εθνικού συμφέροντος, θα πρέπει σε συνεργασία με τη Νομαρχιακή και Τοπική Αυτοδιοίκηση να εξεταστούν και να διευκρινιστούν όλα τα προβλήματα που μπορούν να υπάρξουν από την ανάπτυξη της δραστηριότητας αυτής (κοινωνικά, περιβαλλοντικά, οικονομικά, πολιτιστικά) και να βρεθούν οι καταλληλότερες λύσεις. Η δυναμικότητα παραγωγής των λιγνιτωρυχείων στην Ελλάδα, μετά το 2000 προβλέπεται να φθάσει τους 70 εκ. τόνους.

6.3. Λιγνιτικοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, οι λιγνιτικοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί καλύπτουν το φορτίο βάσης του ελληνικού συστήματος. Η λειτουργία τους φαίνεται διαγραμματικά στα σχήματα που ακολουθούν.

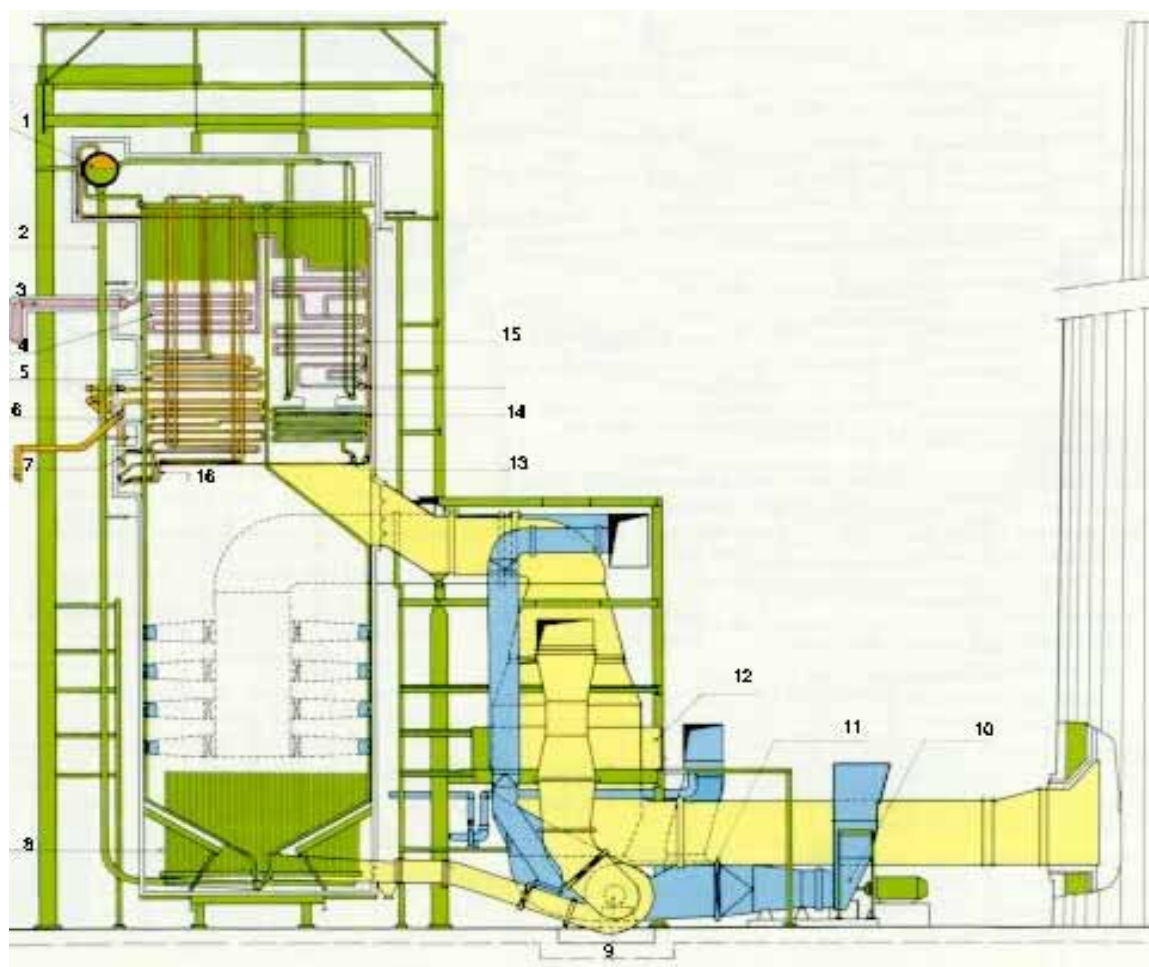


Σχήμα 6.9. Σχηματική λειτουργία λιγνιτικής μονάδας



Σχήμα 6.10. Σχηματική λειτουργία λιγνιτικής μονάδας

Ο λιγνίτης οδηγείται με ταινιόδρομους στο σιλό των μύλων, απ' όπου με 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 πίεση 170 ατμοσφαιρών, παράγοντας υπέρθερμο ατμό. Ο ατμός αυτός οδηγείται με ατμαγωγούς 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, έχει τάση 20kV, ανυψώνεται μέσω του μετασχηματιστή ανύψωσης στα 400 kV, καταλήγει στο Εθνικό Δίκτυο διαμέσου των Κέντρων Υπερυψηλής Τάσης (ΚΥΤ). Μία τυπική μορφή ατμολέβητα και ατμοστρόβιλου παρουσιάζονται στα επόμενα σχήματα.

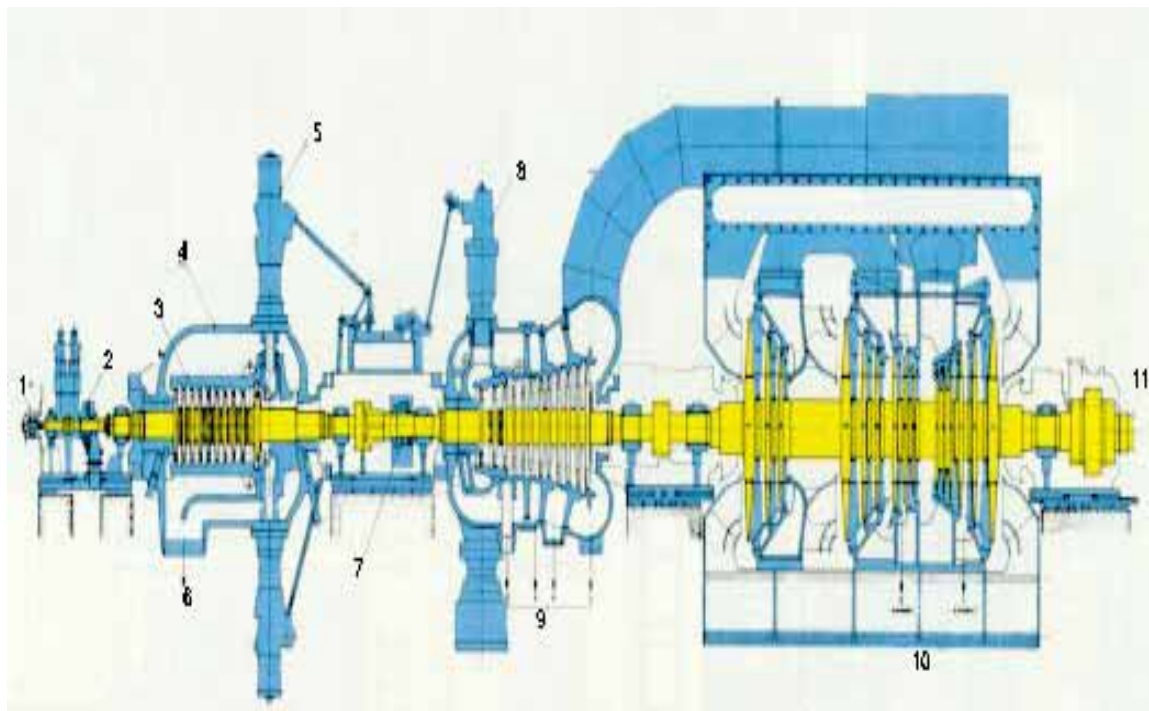


Σχήμα 6.11. Τυπικός ατμολέβητας

Υπόμνημα

1. Τύμπανο
2. Αυλοί καθόδου
3. Έξοδος ανάθερμου
4. Αναθερμαντής υψηλής θερμοκρασίας
5. Υπερθερμαντής υψηλής θερμοκρασίας
6. Υπερθερμαντής υψηλής θερμοκρασίας
7. Έξοδος υπερθερμού ατμού
8. Αυλοί ανόδου
9. Ανεμιστήρας ανακυκλοφορίας καυσαερίων
10. Ανεμιστήρες κατάθλιψης
11. Προθερμαντές αέρος με ατμό
12. Προθερμαντές αέρος με καυσαέρια
13. Συλλέκτης εισόδου οικονομίας
14. Οικονομητήρας
15. Αναθερμαντής χαμηλής θερμοκρασίας
16. Υπερθερμαντής χαμηλής θερμοκρασίας

Τυπικός στρόβιλος



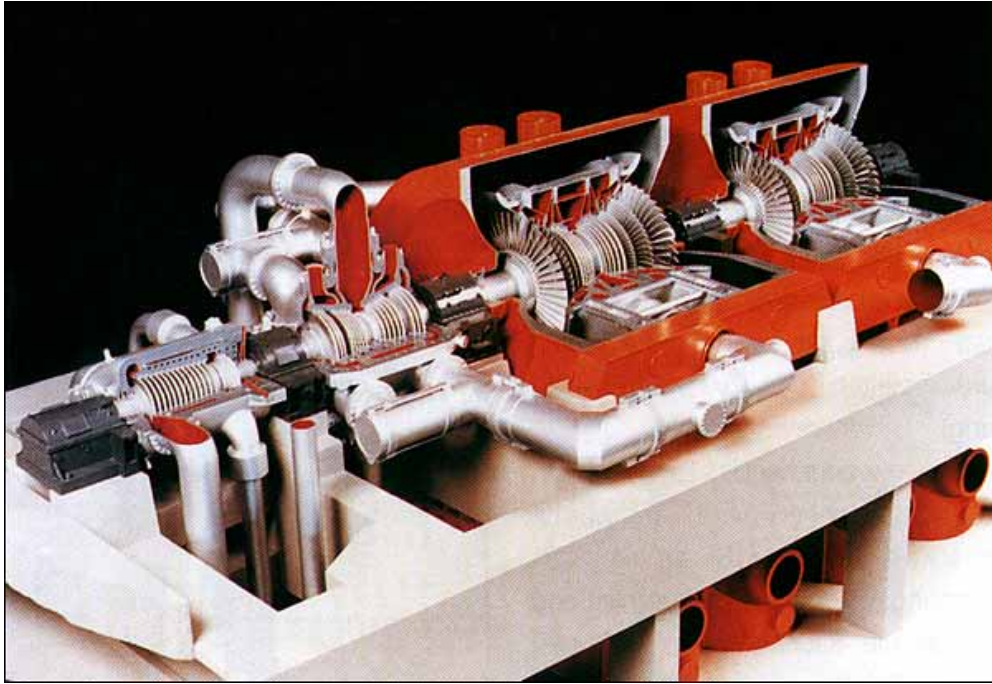
Σχήμα 6.12. Τυπικός ατμοστρόβιλος

Υπόμνημα

1. Ρυθμιστής στροφών
2. Κύρια αντλία λίπανσης
3. Εσωτερικό κέλυφος
4. Εξωτερικό κέλυφος
5. Ρυθμιστικές δικλείδες υψηλής πίεσης
6. Απομάστευση βαθμίδας υψηλής πίεσης. Έξοδος βαθμίδας υψηλής πίεσης
7. Ωστικός τριβέας
8. Ρυθμιστικές δικλείδες μέσης πίεσης
9. Απομάστευση βαθμίδας μέσης πίεσης
10. Συμπυκνωτής στρόβιλου. Βαθμίδα χαμηλής πίεσης
11. Προς γεννήτρια

Ο στρόβιλος που εικονίζεται είναι της Μονάδας Νο 2 του ΑΗΣ Λαυρίου και είναι κατασκευής του Γαλλικού οίκου ALSTHOM. Από τα χαρακτηριστικά της κατασκευής του αναφέρονται η ονομαστική του ισχύς 300 MW, η πίεση ατμού 151 kg/cm² και η θερμοκρασία ατμού 540 βαθμοί Κελσίου. Είναι στρόβιλος δράσης κυρίως, σταθερής πίεσης, περιλαμβάνει τρεις βαθμίδες, δηλαδή της βαθμίδα υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσης σε διάταξη TANDEM. Οι βαθμίδες υψηλής πίεσης και μέσης έχουν διπλά εξωτερικά κελύφη ενώ στη βαθμίδα χαμηλής πίεσης υπάρχουν τρεις έξοδοι για το ψυγείο. Ο ρυθμιστής στροφών χρησιμοποιεί ηλεκτρονικά και υδραυλικά

συστήματα για τη ρύθμιση που δημιουργούν ιδανικές σχεδόν συνθήκες ρύθμισης. Η ονομαστική ισχύς της γεννήτριας είναι 353 MVA με ονομαστική τάση 21kV, συν $\varphi = 0,85$. Ο δρομέας και ο στάτης είναι υδρογονόψυκτοι. Το τύλιγμα του στάτη ψύχεται πρόσθετα με νερό



Σχήμα 6.13. Μοντέλο ατμοστρόβιλου

6.4. Σύστημα μεταφοράς και διανομής

Το ελληνικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τους Σταθμούς Παραγωγής στα μεγάλα αστικά κέντρα, περιλαμβάνει γραμμές 400KV, 150KV και 66KV. Το συνολικό του μήκος ανέρχεται σε 9.500 km περίπου. Ακόμη, το σύστημα μεταφοράς τροφοδοτεί 23 μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές, ενώ είναι διασυνδεδεμένο με τα αντίστοιχα ηλεκτρικά δίκτυα της Αλβανίας, της πρώην Γιουγκοσλαβίας και Βουλγαρίας, με γραμμές 400KV και 150KV, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου.

Το σύστημα διανομής που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στους τελικούς καταναλωτές έχει γραμμές μήκους 160.000 km και τροφοδοτεί περίπου 6 εκατομμύρια καταναλωτές μέσης (22KV, 20KV, 15KV, 6,6KV) και χαμηλής τάσης (380/220V). Η ύπαρξη δικτύων σε διάφορες τάσεις εξηγείται από την ανάγκη οικονομικής μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από τα σημεία παραγωγής στην τελική κατανάλωση.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στους θερμοηλεκτρικούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς βρίσκεται, κατά κανόνα, σε μία τάση μεταξύ 6 und 21 KV. Αυτή η τάση είναι, όμως, πολύ χαμηλή για την μεταφορά της ενέργειας με τις μικρότερες δυνατές απώλειες, καθώς το σύστημα μεταφοράς έχει τις δικές του απώλειες ηλεκτρικής αντίστασης. Σύμφωνα με το βασικό νόμο του Ohm, αυτές προσδιορίζονται από τη σχέση

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

όπου

ρ η ειδική ηλεκτρική αντίσταση

l το μήκος του αγωγού και

A η διατομή του

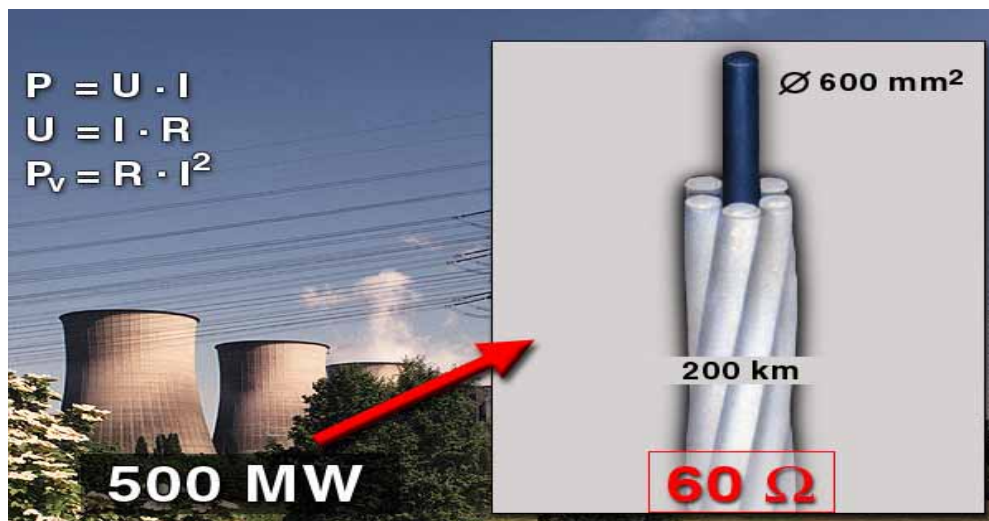
Επομένως, ένα χαλύβδινο καλώδιο με ειδική αντίσταση $\rho = 0,18 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$, μήκος 200

km και διατομή 600 mm² θα έχει μία αντίσταση 60 Ohm. Αν δεχτούμε ότι από το λιγνιτικό κέντρο Αγ. Δημητρίου μέσω του αγωγού θα μεταφερθεί ισχύς 500 MW, τότε εξαιτίας της ηλεκτρικής αντίστασης του αγωγού ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας θα μετατραπεί σε θερμική, σύμφωνα με τις βασικές σχέσεις

$$P = U \cdot I \text{ και } P_V = R \cdot I^2.$$

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα αυτό σημαίνει ότι η απώλεια ισχύος θα ισοδυναμεί με 34 MW ή αλλιώς 7% της αρχικής ισχύος, ποσοστό που είναι σαφώς ανεπίτρεπτα μεγάλο, αν αναλογιστεί κανείς ότι η απόσταση Αγ. Δημητρίου – Αθήνας είναι περίπου 400 km, οπότε οι απώλειες θα ήταν πρακτικά διπλάσιες, δηλαδή 14%. Η κατάσταση

μάλιστα γίνεται ακόμη πιο δυσάρεστη, καθώς η ομική αντίσταση, κι επομένως οι απώλειες, αυξάνεται συναρτήσει της θερμοκρασίας του αγωγού. Σε θερμές καλοκαιρινές μέρες η αντίσταση των αγωγών μπορεί να αυξάνεται ως και κατά 20%.



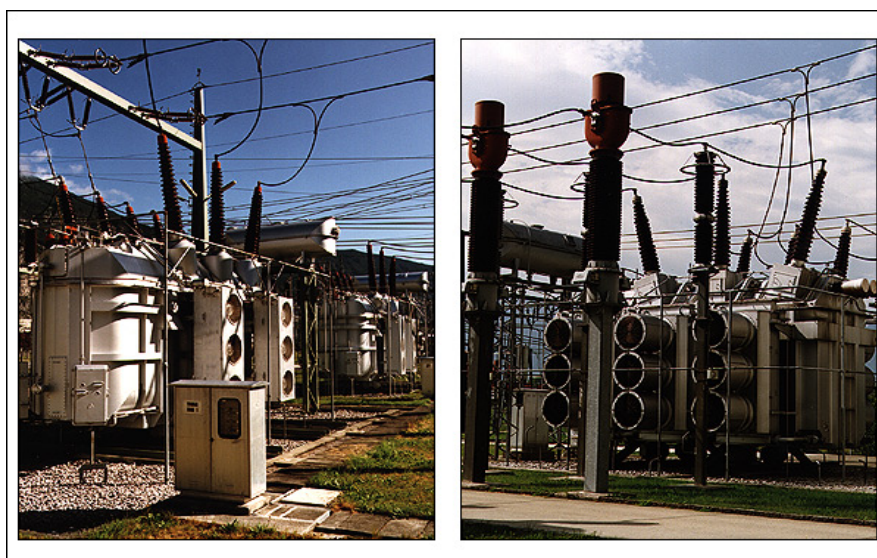
Σχήμα 6.14. Ωμική αντίσταση καλωδίου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Ωστόσο, από την ίδια σχέση $P_v = R \cdot I^2$ μπορεί κανείς να διακρίνει τις δυνατότητες να μειωθούν αυτές οι απώλειες, είτε μειώνοντας την αντίσταση είτε την ένταση της μεταφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρώτη λύση προϋποθέτει τη χρήση υλικών με χαμηλότερη ειδική αντίσταση είτε αυξάνοντας τη διατομή του αγωγού. Και οι δύο αυτές δυνατότητες οδηγούν σε αύξηση του κόστους και δεν θεωρούνται εφαρμόσιμες, παρ' ό,τι δοκιμάζονται πειραματικά με τη μορφή υπεραγωγών ή αγωγών που ψύχονται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Η δόκιμη λύση είναι μείωση της έντασης της ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω της αύξησης της τάσης, ώστε να μεταφέρεται η ίδια ισχύς. Σύμφωνα με τις σχέσεις της ηλεκτρολογίας, ο δεκαπλασιασμός της τάσης μειώνει την ένταση του ρεύματος στο ένα δέκατο της αρχικής και τις απώλειες ισχύος στο ένα εκατοστό, στο παράδειγμά μας δηλαδή στα 0.34 MW στα 200 km ή 0,7 MW στα 400 km. Στην πράξη ισχύει ο βασικός κανόνας ότι η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να γίνει με αποδεκτές απώλειες σε απόσταση τόσων χιλιομέτρων όση είναι και η τάση της σε kV. Αυτός ο κανόνας εξηγεί την ύπαρξη των τεσσάρων βασικών επιπέδων τάσης στο σύστημα μεταφοράς και διανομής, ξεκινώντας από την αναγωγή της παραγόμενης ενέργειας σε υπερυψηλή τάση στους σταθμούς παραγωγής.



Σχήμα 6.15. Κέντρο υπερυψηλής τάσης

Η υπερυψηλή τάση (400 kV) χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τη Δυτική Μακεδονία στην Αττική, σε εξαιρετικά μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές καθώς και στη σύνδεση με τις όμορες χώρες. Η υψηλή τάση (150, 66 kV) χρησιμοποιείται για τη μεταφορά από τους σταθμούς σε αστικά κέντρα και σημεία εστίασης της κατανάλωσης. Η μέση τάση (22KV, 20KV, 15KV, 6,6KV) χρησιμοποιείται για τη μεταφορά σε οικισμούς (όπου θα μειωθεί στη χαμηλή τάση) και για βιομηχανικούς και άλλους μεγάλους καταναλωτές (πχ η Πανεπιστημιούπολη του Α.Π.Θ.) Η χαμηλή τάση, τέλος, αποτελεί το τέλος της αλυσίδας για του μικρούς καταναλωτές.



Σχήμα 6.16. Μετασχηματιστές μέσης και υψηλής τάσης.

6.5. Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μετά το 1990 και οι ελληνικές προοπτικές

Η ελληνικά «αγορά» ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δείχνει πλέον σημεία σχετικής ωριμότητας. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα (ηλιακοί συλλέκτες) αποτελούν δόκιμες, ευρύτατα διαδεδομένες λύσεις που συνεχίζουν να βελτιώνονται τεχνικά και να αυξάνουν τη συμμετοχή τους, έστω και με λιγότερο θεαματικά αποτελέσματα, από τους εκρηκτικούς ρυθμούς αύξησης στη δεκαετία του 1980-1990.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παραμένουν σχετικά δαπανηρά, κυρίως λόγω του υψηλού αρχικού κόστους αγοράς και εγκατάστασης, δεν θεωρούνται, όμως, πλέον ως «εξωτική» ή «εξεζητημένη» τεχνολογία.

Η αξιοποίηση της βιομάζας αποκτά, κυρίως σε ό,τι αφορά τη δυνατότητα παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, αυξανόμενη σημασία.

Τέλος, η αιολική ενέργεια είναι μία δόκιμη, αξιόπιστη και οικονομικά ελκυστική πρόταση, που προσελκύει επενδυτές ακόμη και στο καθεστώς απελευθερωμένων αγορών. Το κόστος των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί, ενώ χρησιμοποιούνται όλο και μεγαλύτερες Α/Γ, μειώνοντας το μοναδιαίο κόστος και τις απαιτήσεις σε χώρο εγκατάστασης.

Στις επόμενες παραγράφους γίνεται μία πολύ σύντομη αναφορά σε αυτές τις τεχνολογίες, αφού το γνωστικό αντικείμενο καλύπτεται αναλυτικά στα πλαίσια άλλων μαθημάτων.

Αιολική ενέργεια

Το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο συνολικό δυναμικό στην Ελλάδα, όπως προκύπτει με βάση τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες και τους βασικούς περιορισμούς χωροθέτησης αιολικών πάρκων εκτιμάται σε 11.000 MW για ταχύτητες ανέμου πάνω από 6 m/sec (για σύγκριση αναφέρεται ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς όλων των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων της ΔΕΗ είναι περίπου 9.500 MW). Όλες οι περιφέρειες της χώρας εμφανίζουν αξιόλογο αιολικό δυναμικό, το μεγαλύτερο όμως ποσοστό συγκεντρώνεται στις νησιωτικές περιοχές, την ανατολική Στερεά Ελλάδα και την ανατολική Πελοπόννησο. Μέχρι σήμερα (2000) έχουν εγκατασταθεί στην Ελλάδα περίπου 200 MW από τη ΔΕΗ και από ιδιωτικούς φορείς, ενώ οι εκκρεμούσες αιτήσεις αδειοδότησης υπερβαίνουν τα 800 MW, γεγονός που καταγράφει την πρόθεση των επενδυτών και τη δυναμική που αναδεικνύεται.

- Η εμπειρία στον χώρο της αιολικής τεχνολογίας είναι ήδη σημαντική. Έτσι, κάποια προβλήματα τεχνικής φύσεως που παρουσιάστηκαν στις πρώτες απόπειρες εγκατάστασης Α/Γ, έχουν πλέον ξεπεραστεί. Σαν συνέπεια της εμπειρίας αυτής, η διάρκεια ζωής των αιολικών σταθμών παρουσιάζει συνεχώς αυξητικές τάσεις, όπως και ο αριθμός των εγκατεστημένων αιολικών σταθμών σε όλο τον κόσμο και στην Ελλάδα. Τα παραπάνω πιστοποιούν την αξιοπιστία των αιολικών συστημάτων.
- Τα νησιά του Αιγαίου, μαζί με την Εύβοια και την Κρήτη διαθέτουν το υψηλότερο αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα και θεωρούνται από τις πλέον ευνοούμενες περιοχές της Ευρώπης από πλευράς αιολικής ενέργειας. Το υψηλό αυτό δυναμικό αντανακλάται στον υψηλό συντελεστή εκμετάλλευσης των Α/Γ, που

δείχνει το ποσοστό της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ενέργεια που θα παραγόταν, εάν οι Α/Γ λειτουργούσαν συνεχώς (8760 ώρες το χρόνο) στην ονομαστική τους ισχύ. Πρέπει να τονιστεί ότι, τα υψηλά αιολικά δυναμικά δεν συνοδεύονται πάντα από εξίσου υψηλές οικονομικές αποδόσεις των επενδύσεων διότι υπεισέρχεται ο παράγοντας του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας των αιολικών σταθμών. Παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της Αστυπάλαιας η οποία αν και παρουσιάζει πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό έχει σχετικά χαμηλή οικονομική απόδοση.

- Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τους πετρελαϊκούς σταθμούς της ΔΕΗ στα νησιά του Αιγαίου είναι υψηλό.
- Πέρα από τα οικονομικά οφέλη, υπάρχει πάντα άμεση η ανάγκη της προστασίας του περιβάλλοντος και της σημαντική απεξάρτησης από τα εισαγόμενα καύσιμα. Η αιολική ενέργεια είναι καθαρή ενέργεια, απεριόριστη, άμεσα εκμεταλλεύσιμη και φιλική προς το περιβάλλον.
- Γενικά, η στάση της κοινής γνώμης απέναντι στην εγκατάσταση Αιολικών Σταθμών είναι θετική. Αν και μπορεί να υπάρξουν κάποια προβλήματα οπτικής εναρμόνισης με το περιβάλλον, ιδιαίτερα σε μικρά νησιά με παραδοσιακή αρχιτεκτονική, σε γενικές γραμμές οι Αιολικοί Σταθμοί εγκαθίστανται μακριά από κατοικημένες περιοχές. Συνεπώς, προβλήματα θορύβου και οπτικής ενόχλησης είναι σχεδόν ανύπαρκτα.

Σε ό,τι αφορά στις δυνατότητες αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού, διακρίνονται τρεις κατηγορίες ανεμογεννητριών.

- Ανεμογεννήτριες 300 kW, που αποτελούν το αντιπροσωπευτικότερο εμπορικό μέγεθος της παρερχόμενης τεχνολογικής γενιάς και είναι κατ' ουσίαν μία μέση τιμή της αντίστοιχης περιοχής ισχύος (150 έως 450 kW)
- Ανεμογεννήτριες 600 kW, που αποτελούν το αντιπροσωπευτικότερο εμπορικό μέγεθος της σημερινής αιολικής τεχνολογίας και μέση τιμή της σημερινής περιοχής ισχύων (450 έως 750kW) και
- Ανεμογεννήτριες 1500 kW, που φαίνονται να αποτελούν το αντιπροσωπευτικότερο εμπορικό μέγεθος μιας μελλοντικής γενιάς ανεμογεννητριών για μεγάλα αιολικά πάρκα.

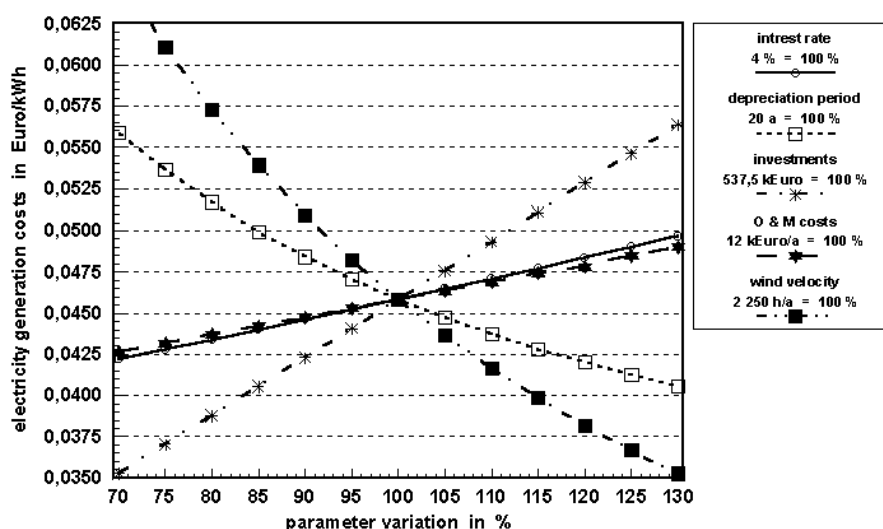
Από τη σύγκριση των τριών κατηγοριών ανεμογεννητριών παρατηρούνται τα εξής:

- Οι μικρότερες Α/Γ πετυχαίνουν μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση ανά εγκατεστημένο kW, συγκριτικά με εκείνες των 600 και 1500 kW. Αυτό οφείλεται στις ανεμολογικές συνθήκες που τις ευνοούν. Για το λόγο αυτό έχουν συγκεκριμένες Α/Γ έχουν αυξημένο συντελεστή εκμετάλλευσης.
- Παρά τη σχετικά χαμηλή ενεργειακή τους απόδοση οι Α/Γ 1500 kW, παρουσιάζουν αισθητά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης ανά kW από εκείνες τις

A/Γ των 600 και κυρίως 300 kW. Έτσι, αποτελούν πολύ ελκυστικότερες επενδύσεις, παρουσιάζοντας πιο σύντομη περίοδο αποπληρωμής. Τέλος, επισημαίνεται ότι, τα αποτελέσματα της μελέτης βασίζονται στην ακρίβεια και στην αξιοπιστία των διαθέσιμων ανεμολογικών στοιχείων. Η ευαισθησία των αιολικών μηχανών σε πιθανές αποκλίσεις των παραμέτρων του αιολικού δυναμικού από τις προσδοκώμενες τιμές, μπορεί να είναι μεγάλη.

Επιπλέον σημειώνεται ότι, εξαιτίας της εξάρτησης των ανεμολογικών συνθηκών από το ανάγλυφο του εδάφους, απαιτούνται ξεχωριστές μετεωρολογικές μετρήσεις για κάθε τοποθεσία που κρίνεται κατάλληλη για την εγκατάσταση αιολικού σταθμού.

Variation of Parameters Influencing the Electricity Generation Costs



Σχήμα 6.17. Παραμετρική θεώρηση του κόστους παραγωγής ενέργειας σε A/Γ

Στο σχήμα 6.17 παρατίθεται η παραμετρική επίπτωση του κόστους κεφαλαίου, της περιόδου αποσβέσεως, του αρχικού κόστους, των δαπανών συντήρησης και της ταχύτητας του ανέμου στο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από A/Γ.

Φωτοβολταϊκά στοιχεία

Υπάρχει η ουσιαστική τεχνική διάκριση ανάμεσα σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα Φ/Β στοιχεία, που επηρεάζει καθοριστικά και την οικονομική τους σκοπιμότητα.

Σε ό,τι αφορά τους αυτόνομους Φ/Β σταθμούς μπορούν να γίνουν οι εξής παρατηρήσεις που συνοψίζουν τα κυριότερα σημεία και διευκολύνουν την εξαγωγή συμπερασμάτων.

- Τα Φ/Β συστήματα έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν πλήρη ανεξαρτησία σε απομακρυσμένους οικισμούς. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια διατάξεων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή ηλεκτρικών συσσωρευτών. Το ρεύμα που παράγεται σε μια Φ/Β γεννήτρια είναι συνεχές και μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο μέσω ενός αντιστροφέα. Άλλες διατάξεις που χρησιμοποιούνται είναι ρυθμιστές φόρτισης, ρυθμιστές ισχύος, μηχανισμοί διανομής ηλεκτρικού ρεύματος, κλπ. Το όλο σύστημα πρέπει να υποβοηθάται από μία συμπληρωματική πηγή ενέργειας. Συνήθως αυτή είναι μια γεννήτρια diesel.
- Σε πολλές περιπτώσεις η εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων είναι ενδεδειγμένη. Οι περιπτώσεις αυτές αφορούν μικρούς απομονωμένους οικισμούς όπου το κόστος παραγωγής ενέργειας από γεννήτριες diesel είναι ιδιαίτερα υψηλό (εκτιμάται ότι μπορεί να φτάσει μέχρι και 1000 δρχ. ανά kWh) και η τροφοδοσία καυσίμων δύσκολη. Πέρα όμως από την οικονομική θεώρηση, η καταλληλότητα των Φ/Β συστημάτων ενισχύεται από παράγοντες όπως η μεγάλη αξιοπιστία τους, η απλότητα στη λειτουργία τους και η δυνατότητα επέκτασης του σταθμού, ανάλογα με τις ανάγκες του οικισμού.
- Κάθε οικισμός, ανάλογα με το μέγεθος του, τη θέση του, τη δραστηριότητα των κατοίκων του, τους πόρους που διαθέτει, κλπ, διαμορφώνει τις δικές του απαιτήσεις σε ενέργεια. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, δεν ήταν δυνατός ο προσδιορισμός των αναγκών κάθε οικισμού που πληροί τις προϋποθέσεις για την εγκατάσταση Φ/Β σταθμού. Για το λόγο αυτό εκτιμήθηκαν οι ανάγκες ενός υποθετικού οικισμού και μελετήθηκε η εξάρτηση του μεγέθους ενός Φ/Β σταθμού από το μέγεθος του οικισμού.
- Είναι πολύ σημαντικό να παρακολουθείται η ετήσια μείωση της απόδοσης του σταθμού, αλλά και η μεταβολή των ενεργειακών αναγκών του αντίστοιχου οικισμού, ώστε να γίνονται οι κατάλληλες προσθήκες στο σταθμό, όταν κρίνεται απαραίτητο.

Στους Φ/Β σταθμούς που είναι διασυνδεδεμένοι με ένα κεντρικό δίκτυο, το σύνολο της ηλεκτρικής παραγωγής διοχετεύεται στο δίκτυο μέσω ενός αντιστροφέα. Σε αυτούς παρατηρείται ότι:

- Κατά κανόνα δεν είναι οικονομικά βιώσιμα. Πράγματι, κρίνοντας από την οικονομική ανάλυση, παρατηρείται ότι, δεν αποτελούν ελκυστικές επενδύσεις για ιδιώτες επιχειρηματίες ακόμα και κάτω από καθεστώς υψηλής επιδότησης.
- Η εμπειρία στην εγκατάσταση και λειτουργία διασυνδεδεμένων Φ/Β συστημάτων είναι ακόμα πολύ μικρή στον ελλαδικό χώρο. Τα οικονομικά στοιχεία έχουν συλλεχθεί κυρίως από μια μελέτη εγκατάστασης Φ/Β σταθμού ισχύος 63,5 kWp. Ενδέχεται επομένως, να υπάρχουν αποκλίσεις από το κόστος που θα παρουσίαζε η υλοποίηση μιας εγκατάστασης διαφορετικού μεγέθους και διαφορετικής τεχνολογίας. Προκειμένου να μειωθούν αυτές οι αποκλίσεις, έχει γίνει η παραδοχή ότι, το μέγεθος των διερευνούμενων Φ/Β σταθμών δεν θα ξεπερνά τα 100 kWp. Σίγουρα πάντως τα οικονομικά στοιχεία, αν και δεν προσφέρονται για ακριβείς οικονομικές αναλύσεις, αντανακλούν το επίπεδο της σημερινής Φ/Β τεχνολογίας.

- Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που παρουσιάσθηκε είναι υπολογισμένη για τον πρώτο χρόνο λειτουργίας του συστήματος. Δεν έχει εκτιμηθεί δηλαδή η βαθμιαία υποβάθμιση της απόδοσης του συστήματος λόγω παλαίωσης. Αν ληφθεί υπόψη η μείωση της ενεργειακής παραγωγής γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης θα παρουσιάζουν ακόμη δυσμενέστερη μορφή.
- Η μελέτη στα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα έχει γίνει με παράμετρο την κλίση των πλαισίων. Μεταβάλλοντας την κλίση των πλαισίων μπορεί να συγχρονιστεί το μέγιστο της ενεργειακής παραγωγής με το μέγιστο της ζήτησης ενέργειας σε κάθε νησί ή συγκρότημα νησιών.
- Με την παρούσα τεχνολογία ο πλέον ενδεικνυόμενος τρόπος ανάπτυξης τέτοιων Φ/Β συστημάτων, είναι η δημιουργία τους από την πολιτεία, μέσω πιλοτικών προγραμμάτων, με ενδεχόμενη συγχρηματοδότηση από κοινοτικούς φορείς.

Σε γενικές γραμμές πρέπει να τονιστεί ότι, αν και το κόστος παραμένει ένας ισχυρός ανασταλτικός παράγοντας για την προώθηση της Φ/Β τεχνολογίας, υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι τα Φ/Β συστήματα μπορούν να διαδραματίσουν, στο μέλλον, ένα σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι:

- Υπάρχει ένα τεράστιο δυναμικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα Φ/Β συστήματα, ειδικά στη χώρα μας. Αυτό οφείλεται α) στη μεγάλη ηλιοφάνεια, β) στην ύπαρξη πολλών περιοχών, κυρίως νησιωτικών που είναι αποκομμένες από το κεντρικό ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο. Σε αυτές τις περιοχές το κόστος παραγωγής ενέργειας είναι υψηλό και γ) στη μεγάλη ευελιξία των Φ/Β συστημάτων που τα καθιστούν κατάλληλα για ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών.
- Τα Φ/Β συστήματα διαθέτουν κάποια εγγενή πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας. Είναι εύχρηστα, έχουν σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης, μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία. Επίσης, λειτουργούν τελείως αθόρυβα, δεν εκπέμπουν καθόλου ρύπους και, κυρίως, μπορούν εύκολα να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις ενέργειας των καταναλωτών.
- Καθώς η αγορά των Φ/Β συνεχώς επεκτείνεται και η έρευνα, στο εν λόγω τεχνολογικό πεδίο, εντείνεται, είναι λογικό να αναμένεται στο μέλλον μείωση του κόστους, τόσο των Φ/Β στοιχείων, όσο και των λοιπών διατάξεων που σχηματίζουν ένα Φ/Β σταθμό. Εξάλλου, σημαντικό ρόλο στην ανταγωνιστικότητα της Φ/Β τεχνολογίας θα παίξουν και άλλοι παράγοντες όπως η τιμή του πετρελαίου και η προσφορά τους στην προστασία της ισορροπίας του περιβάλλοντος.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι, για την σωστή εκτίμηση της απόδοσης των Φ/Β συστημάτων, είναι σημαντικό να υπάρχουν αξιόπιστα μετεωρολογικά δεδομένα των οποίων η μέση τιμή και τυπική απόκλιση να έχει μελετηθεί διεξοδικά, με μακροχρόνιες παρατηρήσεις.

Βιομάζα

Η βιομάζα αποτελεί την πιο αρχαία πηγή πρωτογενούς ενέργειας και η παραγωγή της από φυτείες δασοπονικών ειδών αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας ιδιαίτερα μετά την ενεργειακή κρίση του 1973. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας είναι η μείωση των εκπομπών CO₂ και SO₂ σε σύγκριση με συμβατικές μονάδες ορυκτών καυσίμων, η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης που συνεπάγεται την εισαγωγή καυσίμων από τρίτες χώρες με συνέπεια την εξοικονόμηση συναλλάγματος και η εξασφάλιση εργασίας και συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις περιθωριακές και τις άλλες γεωργικές περιοχές. Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας είναι ο μεγάλος όγκος και μεγάλη περιεκτικότητα υγρασίας ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας, η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευση έναντι των ορυκτών καυσίμων, οι δαπανηρές εγκαταστάσεις αξιοποίησης της βιομάζας και η μεγάλη διασποράς και η εποχιακή παραγωγή της.

Οι μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας είναι διάφορες. Διακρίνονται σε θερμοχημικές (ξηρές) και σε βιοχημικές (υγρές). Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής προσδιορίζεται από τα βασικά στοιχεία, που είναι η σχέση C/N και η περιεχόμενη υγρασία των υπολειμμάτων την ώρα της συλλογής. Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν αντιδράσεις, οι οποίες εξαρτώνται από τη θερμοκρασία για διάφορες συνθήκες οξειδωσης, Οι διεργασίες αυτές χρησιμοποιούνται για τα είδη της βιομάζας με σχέση C/N > 30 και υγρασία < 50%. Στις διεργασίες αυτές περιλαμβάνονται: α) η πυρόλυση (θέρμανση χωρίς παρουσία αέρα), β) η απ' ευθείας καύση, γ) η αεριοποίηση και δ) η υδρογονοδιάσπαση.

Οι βιοχημικές διεργασίες, που ονομάζονται έτσι επειδή είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης, χρησιμοποιούνται για προϊόντα και υπολείμματα όπως λαχανικών, κοπριάς, όπου η σχέση C/N < 30 και υγρασία > 50%. Οι βιοχημικές διεργασίες διακρίνονται σε: α) αερόβια ζύμωση, β) αναερόβια ζύμωση και γ) αλκοολική ζύμωση. Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για: α) θέρμανση θερμοκηπίων και κτηνοτροφικών μονάδων, β) ξήρανση γεωργικών προϊόντων, γ) κάλυψη αναγκών θερμότητας και ηλεκτρισμού σε γεωργικές ή άλλες βιομηχανίες, που βρίσκονται κοντά σε πηγές παραγωγής βιομάζας, δ) παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στους τόπους παραγωγής της βιομάζας για κάλυψη τοπικών αναγκών, ε) κάλυψη αναγκών τηλεθέρμανσης χωριών και πόλεων, που βρίσκονται κοντά σε τόπους παραγωγής βιομάζας. Οι δύο τελευταίες χρήσεις φαίνεται ότι μελλοντικά θα αποτελέσουν τους κύριους τομείς αξιοποίησης των τεράστιων ποσοτήτων βιομάζας από γεωργικά και δασικά υπολείμματα, καθώς και ενός σημαντικού μέρους της βιομάζας των ενεργειακών καλλιεργειών.

Ο υπολογισμός του δυναμικού παραγωγής ενέργειας από τη βιομάζα είναι αρκετά δύσκολος. Οι πηγές βιομάζας για ενεργειακή μετατροπή στην Ελλάδα ανέρχονται σε 10,5*10⁶ τόνους ξηρής ύλης (εκτός από τα αστικά λύματα και τα κτηνοτροφικά απορρίμματα). Έτσι η αξιοποίηση της βιομάζας ως ενεργειακής πηγής στην Ελλάδα

εντοπίζεται κυρίως στην εκμετάλλευση του καυσόξυλου και των γεωργικών υποπροϊόντων (υπολείμματα βάμβακος, άχυρα κλπ). Η παραγωγή καυσόξυλων είναι περίπου $0,6 \cdot 10^6$ τόνοι/έτος ενώ η βιομηχανική ξυλεία είναι 0,8 τόνοι. Αν ληφθεί υπόψη ότι η θερμική τους αξία είναι 3740 kcal/kg ξηρής ύλης ή 935 kcal/kg ξηρής ύλης για παραγωγή ηλεκτρισμού προκύπτει ότι η συνολική δυνατή παραγωγή ενέργειας από δάση ανέρχεται σε $9 \cdot 10^{12}$ kcal/έτος θερμικής ενέργειας ή $2,2 \cdot 10^{12}$ kcal/έτος ηλεκτρικής ενέργειας. Από τα φυτικά υπολείμματα μπορεί να παραχθεί βιοαέριο με αναερόβια ζύμωση και με απόδοση 730 kcal/έτος. Έτσι προκύπτει ότι η ολική ενέργεια σε βιοαέριο είναι $4 \cdot 10^{12}$ kcal/έτος. Ταυτόχρονα θεωρώντας ότι είναι δυνατή η καλλιέργεια 1000 km² ζαχαρότευτλων για ενεργειακούς σκοπούς, προκύπτει ότι είναι δυνατή η παραγωγή 500 εκατομμυρίων λίτρων αιθανόλης το χρόνο. Επίσης υπολογίζεται ότι ενεργειακή χρήση των αποβλήτων ελαιουργείων μπορεί να αποδώσει $1,82 \cdot 10^{12}$ kcal/έτος, υπό μορφή βιοαερίου. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι για το άχυρο, που αποτελεί το σημαντικότερο ίσως υπόλειμμα των καλλιεργειών στις χώρες που παράγουν δημητριακά, και για απόδοση καρπού 6,6 τόνων ανά εκτάριο, υπολογίζεται μία παραγωγή αχύρου 5,3 τόνων ή 2,4 ΤΙΠ. Για την ίδια καλλιέργεια καταναλώνονται για σπορά, λίπανση, μηχανές και καύσιμα 0,67 ΤΙΠ, για συλλογή 0,04 ΤΙΠ και για μεταφορά σε απόσταση 100 km, 0,10 ΤΙΠ. Αρκεί λοιπόν να χρησιμοποιηθούν 1.9 τόνοι αχύρου, δηλαδή το 1/3 της συνολικής παραγωγής, για να καλυφθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις της καλλιέργειας. Το δυναμικό της βιομάζας στην Ελλάδα από αγροτικά και δασικά υπολείμματα εκτιμάται περίπου στους 500,000 TJ.

6.6. Οικονομικό και φορολογικό πλαίσιο

Οι τιμές των ενεργειακών προϊόντων έχουν άμεσες και έμμεσες συνέπειες στην απόδοση της οικονομίας και με βάση προηγούμενες τάσεις, η απόδοση της οικονομίας και η κατανάλωση ενέργειας συχνά σχετίζονται. Οποιαδήποτε σημαντική μεταβολή των τιμών έχει ευρύτερες οικονομικές προεκτάσεις από τη στιγμή που ενέργεια αποτελεί τη βασική συνιστώσα του κόστους βιομηχανικής παραγωγής σε όλους τους τομείς καθώς και των τρεχόντων οικιακών εξόδων.

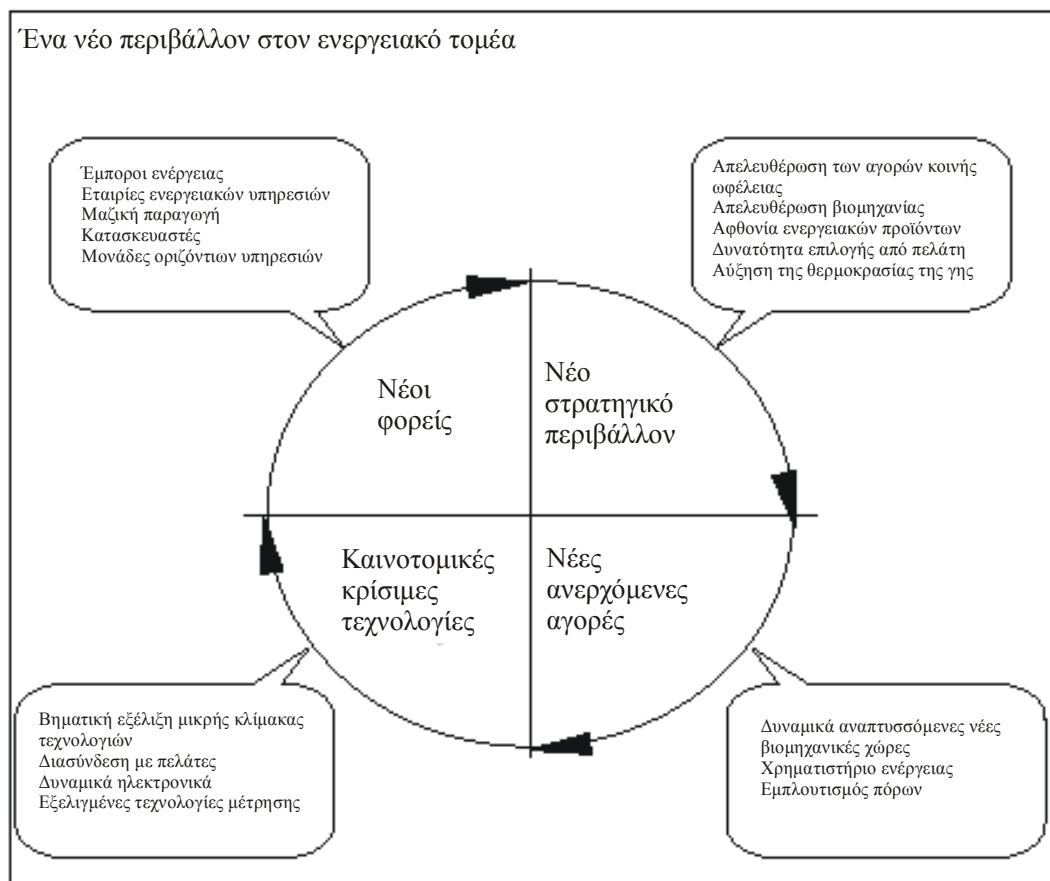
Η τιμή του πετρελαίου θεωρείται ο πιο καθοριστικός παράγοντας για την οικονομική απόδοση. Παρά τη μείωση της ενεργειακής έντασης και της ποικιλίας μορφών ενέργειας που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία και στη θέρμανση, η τιμή του πετρελαίου παραμένει άμεσα και έμμεσα μία σημαντική συνιστώσα του οικονομικού κόστους. Αυτή η κατάσταση έχει χειροτερέψει σε σχέση με 40 χρόνια πριν, λόγω της αλματώδους ανάπτυξης του τομέα των μεταφορών που εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από το πετρέλαιο. Τις δεκαετίες του 1970 και του 1980 οι χειρότερες οικονομικές υφέσεις μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο προκλήθηκαν από πετρελαϊκές κρίσεις και μόνο μετά το δεύτερο μισό της δεκαετίας του 1980 οι μακροοικονομικές συνέπειες (πληθωρισμός, χρέος του Τρίτου κόσμου, ανεργία) μπόρεσαν να ελεγχθούν. Η αύξηση της τιμής του πετρελαίου τα έτη 1999 και 2000, αύξησε αμέσως το ποσοστό ανεργίας και τα επιτόκια στην Ευρώπη, έστω κι αν σήμερα είναι υπό έλεγχο. Οι αναπόφευκτες συνέπειες για την εργασία, τις επενδύσεις και τις επιχειρήσεις είναι ενδεχομένως σταδιακές.

Μελέτες στις ΗΠΑ έχουν επιβεβαιώσει τον ρόλο της τιμής του πετρελαίου στον χρηματικό κύκλο. Πιο συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί μία στενή σχέση μεταξύ της τιμής του πετρελαίου και της ανεργίας. Αν και η ανεργία είναι ένας δείκτης με χρονική υστέρηση, γενικά αυξάνει ως αποτέλεσμα υψηλότερου πληθωρισμού. Η σύνδεση μεταξύ της τιμής του πετρελαίου και της ανεργίας γίνεται φανερή όταν ο υψηλός πληθωρισμός συνοδεύεται από υψηλότερες τιμές πετρελαίου, όπως στην περίπτωση της δεκαετίας του 1970 αλλά και σήμερα. Η χαμηλή τιμή του πετρελαίου ευνοεί τους οικονομικούς κύκλους αλλά η πρόσφατη άνοδος των τιμών θα επιφέρει με την πάροδο του χρόνου επιβράδυνση στην παγκόσμια οικονομία.

Η αυξημένη εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας αυξάνει τον κίνδυνο από τις διακυμάνσεις των τιμών, οι περισσότερες από τις οποίες δεν είναι ελεγχόμενες από την Ευρώπη. Αυτό το γεγονός έχει συνέπειες στην ευρωπαϊκή οικονομία και την αγορά εργασίας και είναι το κρίσιμο σημείο για την πολιτική παροχής ενέργειας. Μια μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές πετρελαίου θα ήταν ελκυστική για οικονομικούς λόγους και για λόγους ασφάλειας παροχής ενέργειας εξαιτίας και των δεδομένων μικρών εγχώριων αποθεμάτων. Είναι λοιπόν σημαντικό να διευρυνθεί η διαφοροποίηση των μορφών ενέργειας που εισάγει η ΕΕ και ταυτόχρονα να μειωθεί η ζήτηση πετρελαίου.

Το πρωτόκολλο του Κιότο και περιβαλλοντικά ζητήματα αποτελούν νέους παράγοντες που επηρεάζουν τις οικονομικές και βιομηχανικές αποφάσεις που σχετίζονται με την ενέργεια. Είναι φανερό πως αν το εξωτερικό περιβαλλοντικό και κοινωνικό κόστος σταδιακά σχετιστεί με τις τιμές ενέργειας, θα υπάρξει μια άμεση επίδραση στην οικονομική ελκυστικότητα των διαφορετικών πηγών ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα ανταγωνιστούν ευκολότερα τα συμβατικά καύσιμα.

Οι αποφάσεις που σχετίζονται με την ενέργεια τείνουν να μη λαμβάνουν υπόψη το ευρύτερο κόστος της χρήσης ενός καυσίμου. Για πολλούς λόγους οι παραγωγοί και οι χρήστες συχνά αγνοούν τα οικονομικά κίνητρα ή τις τεχνικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες για να λαμβάνουν υπόψη το ολικό κόστος της υποβάθμισης του περιβάλλοντος. Η δημιουργία θέσεων εργασίας και το εμπορικό ισοζύγιο λαμβάνονται επίσης ως σημαντικά ξεχωριστά ζητήματα. Η προσαρμογή των οικονομικών και πολιτικών πλαισίων με στόχο την ένταξη του εξωτερικού κόστους στις τιμές δύναται να αλλάξει το ισοζύγιο ανάμεσα στους τομείς της ενέργειας, στη βάση αποφάσεων που σχετίζονται με την ενέργεια και τελικά στη δημιουργία ενός πιο αποδοτικού τρόπου τιμολόγησης της ενέργειας.



Σχήμα 6.18. Το νέο περιβάλλον στην αγορά ενέργειας

6.7. Απελευθέρωση, Εσωτερική Αγορά και Παγκοσμιοποίηση

Η απελευθέρωση (που είναι η τάση προς την κατεύθυνση της ιδιωτικοποίησης και της απελευθέρωσης των επιχειρήσεων δημόσιας ωφέλειας), η επαναρύθμιση μέσω των ρυθμιστικών αρχών, η Ευρωπαϊκή Εσωτερική Αγορά Ενέργειας (European Internal Energy Market) και η παγκοσμιοποίηση δημιουργούν ένα νέο περιβάλλον στην αγορά ενέργειας. Η απελευθέρωση και η εσωτερική αγορά δημιουργούν νέες τάσεις προς την κατεύθυνση της άρσης διαχωριστικών γραμμών από τη μια πλευρά και της συγχώνευσης από την άλλη. Οι βιομηχανίες και τα τμήματα των βιομηχανιών στο τομέα της ενέργειας χωρίζονται σε εταιρίες που εξειδικεύονται σε συγκεκριμένες δραστηριότητες από την παραγωγή ενέργειας έως την εξυπηρέτηση του καταναλωτή. Οι ιδιωτικές βιομηχανίες ενέργειας δημιουργούν συνεργασίες, συγχωνεύονται και σχηματίζουν κοινοπραξίες με σκοπό να αντιμετωπίσουν με μεγαλύτερη επιτυχία τον ανταγωνισμό στην ευρωπαϊκή και παγκόσμια αγορά.

Η εσωτερικές αγορές ηλεκτρισμού και αερίου δεν έχουν ακόμα πλήρως σταθεροποιηθεί, αλλά η συμπεριφορά τους έχει ήδη επηρεαστεί. Για παράδειγμα δεν είναι πλέον δυνατό οι κυβερνήσεις να διευθύνουν τις ιδιωτικές πλέον εταιρίες. Πρόσθετα, ένας ακόμα παράγοντας έχει εισαχθεί στους κανονισμούς ανταγωνιστικότητας. Ρυθμιστικές αρχές έχουν ιδρυθεί και μια νέα σχέση έχει

δημιουργηθεί μεταξύ αυτών και των εταιριών ενέργειας. Η ευθύνη αφορά στις εταιρίες να σεβαστούν τους κανόνες του ανταγωνισμού, την προστασία του περιβάλλοντος και τα δικαιώματα των καταναλωτών. Από την άλλη μεριά η ευθύνη των κυβερνήσεων έγκειται στο να ελέγξουν τις εξελίξεις όσον αφορά στην παροχή ενέργειας και να προλάβουν και να διαχειριστούν κατάλληλα κινδύνους που αφορούν στην ασφάλεια τροφοδοσίας ενέργειας και στην κοινωνία.

Στην εσωτερική αγορά τα "εργαλεία" που έχουν οι κυβερνήσεις για να προασπίσουν την πολιτική τους έγκεινται στους κανονισμούς όσον αφορά στον ανταγωνισμό, price signals, στα φορολογικά κίνητρα στους παραγωγούς ή στους καταναλωτές και στα κίνητρα για επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες. Σε γενικές γραμμές η αγορά και οι ελεύθερα σχηματιζόμενες τιμές διασφαλίζουν ότι όταν η δυναμικότητα πλησιάσει το μέγιστο τότε νέα δυναμικότητα θα εγκατασταθεί. Σε μία μελλοντική κρίση στην παροχή ενέργειας θα είναι αποφασιστικές η συμπεριφορά των εταιριών, η συνεργασία μεταξύ των αποφασιζόντων και της βιομηχανίας, οι κατάλληλοι κανονισμοί και το φορολογικό πλαίσιο.

Η εσωτερική αγορά ηλεκτρισμού έχει επιφέρει οφέλη στους καταναλωτές με χαμηλότερες τιμές και μεγαλύτερη ποικιλία στην επιλογή των εταιριών παροχής υπηρεσιών. Ωστόσο, έχει δύο αντίθετες συνέπειες σε σχέση με την ασφάλεια τροφοδοσίας. Από τη μια πλευρά, έχει βελτιωθεί η συνολική απόδοση των ενεργειακών συστημάτων και έχει δημιουργηθεί μια αγορά στο πεδίο της τεχνολογίας εξοικονόμησης ενέργειας. Ο αντικειμενικός στόχος είναι η μεγαλύτερη τελική απόδοση ενέργειας για μικρότερες αρχικές ποσότητες καυσίμου. Από την άλλη, οι επενδύσεις έγιναν λιγότερο ελκυστικές εξαιτίας των μεγαλύτερων αρχικών κεφαλαίων που απαιτούνται ή των μεγαλύτερων περιόδων αποπληρωμής. Επενδύσεις που αφορούν στην έρευνα και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στην ενέργεια ίσως τεθούν σε κίνδυνο. Ένα πρόσθετο ζήτημα αποτελούν οι συνέπειες του ανταγωνισμού. Αν ο ανταγωνισμός σημαίνει χαμηλότερες τιμές, όπως ισχύει σήμερα, τότε ως αποτέλεσμα θα έχει την αύξηση της ζήτησης ενέργειας. Ένας ακόμα άγνωστος παράγοντας είναι το αποτέλεσμα του ηλεκτρονικού εμπορίου στις τιμές και τη συμπεριφορά των καταναλωτών. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε πρόσθετη μείωση των τιμών και έμμεσα σε αύξηση της ζήτησης. Ο συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων μπορεί να λειτουργήσει αρνητικά όσον αφορά στην ασφάλεια παροχής ενέργειας και συνεπώς να οδηγήσει σε αύξηση των τιμών ή ακόμα και σε διακοπή της παροχής, όπως έχει συμβεί σε τμήματα της αγοράς των ΗΠΑ.

Η εσωτερική αγορά αερίου μπορεί να ωφελήσει την ασφάλεια παροχής με το να διαφοροποιήσει τη βασική πηγή ενέργειας και να δημιουργήσει συνθήκες ανταγωνισμού ανάμεσα σε διαφορετικούς προμηθευτές. Εναλλακτικά θα μπορούσε να αυξήσει τη ζήτηση για φθηνότερες πηγές ενέργειας.

Μια πλήρως αναπτυγμένη και ασφαλής εσωτερική αγορά ενέργειας εξαρτάται από το ευρωπαϊκό δίκτυο μεταφοράς που συνδέει τα κράτη μέλη όχι μόνο εσωτερικά αλλά και με εξωτερικούς προμηθευτές. Το γεγονός αυτό θα επιτρέψει τις εταιρίες να ανταγωνιστούν σε μία πραγματικά ανοιχτή αγορά και θα προσφέρει περισσότερες επιλογές στους καταναλωτές. Η ολοκλήρωση ενός τέτοιου δικτύου αποτελεί σήμερα βασική προτεραιότητα της ΕΕ. Ένα τέτοιο δίκτυο επίσης θα εξυπηρετήσει

ρεαλιστικές λύσεις όσον αφορά στην παροχή ενέργειας από απομακρυσμένες περιοχές.

Η παγκοσμιοποίηση αποτελεί έναν ακόμα παράγοντα αλλαγής της δομής των αγορών ενέργειας. Πολλά από τα αποτελέσματα είναι συγχωνεύσεις παρεμφερών εταιριών και αναδιρθρώσεις (όπως το πρόσφατο κύμα συγχωνεύσεων στη βιομηχανία πετρελαίου), πιο ανταγωνιστικό περιβάλλον για τους καταναλωτές και πίεση προς τα κάτω των τιμών. Τέτοιες κινήσεις είναι απαραίτητες να γίνουν από τις εταιρίες, ώστε να ανταπεξέλθουν σε μία παγκόσμια αγορά ενέργειας και συμβάλουν στη μείωση των τιμών ωφελώντας τους καταναλωτές. Ωστόσο, μπορεί οι επενδύσεις στην έρευνα και την ανάπτυξη να γίνουν λιγότερο ελκυστικές οικονομικά, καθώς μεγαλώνει η περίοδος αποπληρωμής τους. Κάτι τέτοιο θα ζημιώσει την ασφάλεια παροχής ενέργειας, η οποία μακροπρόθεσμα θα εξαρτηθεί από τη διαθεσιμότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης.

Αυτό σημαίνει πως η ασφάλεια παροχής ενέργειας θα μπορούσε να ενισχυθεί με δημόσια υποστήριξη για νέες τεχνολογίες και ενεργειακή απόδοση, όπως για παράδειγμα είναι τα προγράμματα προώθησης των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνολογιών, ενίσχυσης των επενδύσεων καθαρότερες και πιο αποδοτικές τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενίσχυσης της συμπεριφοράς για ενεργειακή απόδοση και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καθαρότερο τρόπο ή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Τελικά, στο παγκόσμιο περιβάλλον οι αγορές ενέργειας λειτουργούν αναγκαστικά σε συνεργασία με τρίτες χώρες. Γενικά, ενέργειες της ΕΕ οι οποίες υποστηρίζουν τη μείωση της ζήτησης ενέργειας σε άλλες περιοχές της γης, όπως η μεταφορά τεχνολογίας στις αναπτυσσόμενες χώρες, έχουν θετικό αντίκτυπο στην παροχή ενέργειας μακροπρόθεσμα. Επιπρόσθετα οφέλη συμπεριλαμβάνουν χαμηλότερες εκπομπές σε παγκόσμιο επίπεδο και θετικά εμπορικά ισοζύγια.

6.8. Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

6.8.1. Γενικά

Η ελληνική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας απελευθερώθηκε από τις 19/02/01, οπότε, και με εξαίρεση τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, υφίσταται πλέον το δικαίωμα ελεύθερης διαπραγμάτευσης και σύναψης σύμβασης προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας από ιδιώτες παραγωγούς ή προμηθευτές οι ακόλουθοι καταναλωτές:

1. Όσοι καταναλώνουν κατά σημείο κατανάλωσης, περισσότερες από 100 GWh ετησίως, συμπεριλαμβανομένης της αυτοπαραγωγής και
2. Συγκεκριμένοι καταναλωτές, οι οποίοι αναγνωρίζονται ως Επιλέγοντες Πελάτες.

Ο διαχειριστής του συστήματος και η διαχειρίστρια του δικτύου (ΔΕΗ) έχουν υποχρέωση να εξασφαλίζουν στους Επιλέγοντες Πελάτες, ύστερα από αίτησή τους,

πρόσβαση μέσω ηλεκτρικών γραμμών ή εγκαταστάσεων ή και των δύο στο σύστημα και το δίκτυο.

Οι οικιακοί και οι άλλοι μικροί καταναλωτές (τριτογενής τομέας, αγρότες κλπ), που αποτελούν τους Μη Επιλέγοντες Πελάτες, θα έχουν το δικαίωμα να επιλέξουν τον προμηθευτή τους από το 2005 και μετά. Ως τότε, η ΔΕΗ, υποχρεούται μετά από αίτηση του Μη Επιλέγοντα Πελάτη, να του προμηθεύει ηλεκτρική ενέργεια και να προβαίνει ως Διαχειρίστρια του Δικτύου, σε σύνδεση με το Δίκτυο, εφόσον είναι αναγκαίο για την προμήθεια υπό τον όρο καταβολής του σχετικού τιμήματος.

6.8.2. Δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Η κατασκευή εγκαταστάσεων παραγωγής και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπεται σε όσους έχουν αποκτήσει τη σχετική άδεια παραγωγής ή έχουν νομίμως εξαιρεθεί από τη διαδικασία αδειοδότησης.

Η άδεια παραγωγής χορηγείται από τον υπουργό Ανάπτυξης, ύστερα από γνώμη της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις που προβλέπονται από το σχετικό νόμο (2773/99) και τον κανονισμό αδειών.

Η άδεια πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον τα εξής στοιχεία:

1. Το πρόσωπο στο οποίο χορηγείται το δικαίωμα.
2. Το σταθμό ηλεκτροπαραγωγής για τον οποίο χορηγείται η άδεια, τον τόπο εγκατάστασής του, το δυναμικό παραγωγής και τη χρησιμοποιούμενη καύσιμη ύλη.

Η άδεια επιτρέπεται να επεκτείνεται, αν αυξηθεί το δυναμικό της παραγωγής ή να τροποποιείται, αν αλλάζουν τα υπόλοιπα στοιχεία της.

Η χορήγηση άδειας παραγωγής δεν απαλλάσσει τον κάτοχό της από την υποχρέωση να λαμβάνει άλλες άδειες ή εγκρίσεις που προβλέπονται από την ισχύουσα νομοθεσία, όπως οι άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας.

Από τη λήψη άδειας παραγωγής εξαιρούνται:

1. Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής ισχύος μέχρι 20 kW.
2. Εφεδρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής ισχύος μέχρι 150 kW και εφεδρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής ισχύος μέχρι 400 kW, εφόσον οι τελευταίοι εγκαθίστανται σε βιομηχανίες και βιοτεχνίες. Οι εφεδρικοί αυτοί σταθμοί λειτουργούν μόνο σε περίπτωση διακοπής της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω βλάβης ή αδυναμίας του συστήματος.
3. Σταθμοί ισχύος μέχρι 2 MW που εγκαθίστανται από εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς φορείς με σκοπούς αποκλειστικά εκπαιδευτικούς πειραματικούς.

4. Σταθμοί που εγκαθίστανται από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για λόγους πιστοποίησης ή μετρήσεων και για όσο χρονικό διάστημα διεξάγονται μετρήσεις ή διενεργείται πιστοποίηση.

Άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Προϋπόθεση για τη χορήγηση άδειας παραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά είναι ο παραγωγός να έχει πετύχει σε διαγωνισμό που διενεργείται. Σε περίπτωση που ο διαγωνισμός κηρυχθεί άγονος ο υπουργός Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της ΡΑΕ μπορεί να χορηγήσει άδεια παραγωγής στη ΔΕΗ, ώστε να διασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση ο απρόσκοπτος εφοδιασμός σε ηλεκτρική ενέργεια.

Εξάλλου άδεια χωρίς να έχει προηγηθεί διαδικασία διαγωνισμού χορηγείται:

- Στους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στους αυτοπαραγωγούς.
- Στη ΔΕΗ, στην περίπτωση που προκύπτουν έκτακτες ανάγκες, ώστε να διασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση ο απρόσκοπτος εφοδιασμός σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η χορήγηση άδειας με διαγωνισμό (μετά από πρόσκληση υποβολής προσφορών) γίνεται με την εξής διαδικασία:

1. Η ΡΑΕ κάθε δύο χρόνια καταρτίζει για όλα τα μη διασυνδεδεμένα νησιά κατάλογο με τις εκτιμώμενες ανάγκες για νέες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για την επόμενη πενταετία. Στις ανάγκες αυτές συνυπολογίζονται και οι ανάγκες για αντικατάσταση του παραγωγικού δυναμικού που υπάρχει. Ο κατάλογος καταρτίζεται με βάση τις τακτικές προβλέψεις του Διαχειριστή του Δικτύου και κατά τη σύνταξή του λαμβάνονται υπόψη οι δυνατότητες διασύνδεσης των δικτύων.
2. Ο υπουργός Ανάπτυξης ύστερα από εισήγηση της ΡΑΕ δημοσιεύει πρόσκληση στην οποία περιγράφονται η διαδικασία του διαγωνισμού, οι όροι και οι προϋποθέσεις συμμετοχής, καθώς και τα κριτήρια που θα ισχύουν για την επιλογή των υποψηφίων. Στο διαγωνισμό μπορεί να συμμετέχει και η ΔΕΗ.
3. Έξι τουλάχιστον μήνες πριν από την οριζόμενη στην πρόσκληση ημερομηνία λήξης της προθεσμίας για εκδήλωση ενδιαφέροντος, η πρόσκληση δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης, σε μια ημερήσια εφημερίδα της Πρωτεύουσας με πανελλήνια κυκλοφορία, σε δύο ημερήσιες ή εβδομαδιαίες εφημερίδες του νησιού όπου θα γίνει η εγκατάσταση, εφόσον υπάρχουν και στην επίσημη εφημερίδα των ευρωπαϊκών κοινοτήτων.
4. Η συγγραφή υποχρεώσεων περιέχει λεπτομερή περιγραφή των όρων της σύμβασης που θα παράγεται από τις νέες μονάδες παραγωγής.

5. Η ΡΑΕ αξιολογεί τις προτάσεις που θα υποβληθούν και γνωμοδοτεί στον υπουργό Ανάπτυξης, ο οποίος και εκδίδει τη σχετική άδεια παραγωγής.
6. Ο παραγωγός που έχει λάβει άδεια με διαδικασία διαγωνισμού έχει δικαίωμα και υποχρέωση να πωλεί την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις νέες μονάδες παραγωγής μόνο στη ΔΕΗ. Η ΔΕΗ είναι υποχρεωμένη μέσα σε προθεσμία που ορίζεται στην πρόσκληση για εκδήλωση ενδιαφέροντος ή στη συγγραφή υποχρεώσεων, να υπογράψει τη σύμβαση αγοράς με τον κάτοχο της άδειας.

6.8.3. Δυνατότητα προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας

Η προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας σε Επιλέγοντες Πελάτες και σε Μη Επιλέγοντες Πελάτες, επιτρέπεται σε όσους έχει χορηγηθεί άδεια προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας ή έχουν νομίμως εξαιρεθεί από αυτή. Η άδεια προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας χορηγείται από τον υπουργό Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της ΡΑΕ, σύμφωνα με τους ειδικότερους όρους και προϋποθέσεις που προβλέπονται στον Κανονισμό Αδειών και εφόσον:

- Ο υποψήφιος προμηθευτής έχει στην κυριότητά του επαρκές δυναμικό παραγωγής, που είναι εγκατεστημένο σε χώρα - μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης και
- Ο υποψήφιος προμηθευτής θα προσκομίζει ικανοποιητικές μακροχρόνιες εγγυήσεις αφενός για την εξασφάλιση αναγκαίας εφεδρείας εντός της ΕΕ και αφετέρου για τη διαθεσιμότητα της αναγκαίας δυναμικότητας των συστημάτων μεταφοράς και των διασυνδέσεων για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας που θα προμηθεύει.

Με αποφάσεις του υπουργού Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της ΡΑΕ μπορούν να εξαιρούνται από την υποχρέωση κατοχής άδειας προμήθειας, όσοι προμηθεύουν ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται αποκλειστικά από εγκαταστάσεις παραγωγής.

6.8.4. Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) συστήθηκε με το νόμο 2773/99, είναι ανεξάρτητη διοικητική αρχή και έχει κυρίως γνωμοδοτικό και εισηγητικό χαρακτήρα στον τομέα της ενέργειας. Δημιουργήθηκε στα πλαίσια της εναρμόνισης με την Κοινοτική Οδηγία 96/92 και συνδυάζεται με την πολιτική του εκσυγχρονισμού των ενεργειακών αγορών στην Ελλάδα.

Ο ρόλος της ΡΑΕ δεν είναι ελεγκτικός ή δικαστικός. Σκοπός της ΡΑΕ είναι να διευκολύνει τον ελεύθερο και υγιή ανταγωνισμό στην ενεργειακή αγορά με σκοπό να εξυπηρετηθεί καλύτερα και οικονομικότερα ο καταναλωτής (ιδιώτης και επιχείρηση)

αλλά και να επιζήσει βρίσκοντας νέες ευκαιρίες η μικρή και μεσαία επιχείρηση. Θα παρακολουθεί και θα εισηγείται για τις τιμές, τη λειτουργία της αγοράς και τις αδειοδοτήσεις.

Σκοπός της ΡΑΕ είναι επίσης να εξασφαλίσει, με τρόπο συμβατό με τους μηχανισμούς μίας απελευθερωμένης αγοράς, τους μακροχρόνιους στρατηγικούς στόχους της ενεργειακής πολιτικής και την εξυπηρέτηση του δημόσιου συμφέροντος. Τέτοιο στόχοι είναι η επαρκής, αξιόπιστη και ισότιμη τροφοδοσία των καταναλωτών, η ασφάλεια τροφοδοσίας της χώρας, το περιβάλλον, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι νέες τεχνολογίες, η αποτελεσματική χρήση και προμήθειας ενέργειας και η εξασφάλιση επαρκούς υποδομής για την ενέργεια. Η ενσωμάτωση στην αγορά αυτών των μεγάλων ζητημάτων της ενεργειακής πολιτικής είναι ίσως το δυσκολότερο έργο της ΡΑΕ. Απαιτείται η επίτευξη λεπτής ισορροπίας, χρησιμοποιώντας όλα τα εργαλεία που είναι συμβατά με τους μηχανισμούς της αγοράς, όπως οι χρεώσεις στη μεταφορά ενέργειας για λόγου δημοσίου συμφέροντος, το εμπόριο αδειών ρύπανσης, το εμπόριο προθεσμιακών παραγώγων και συμβολαίων, οι όροι στην αδειοδότηση κλπ.

6.8.5. Διαχείριση και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας

Το συντονισμό του συστήματος διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, που θα παράγεται πλέον από πολλούς παραγωγούς, στους πελάτες του καθενός, αναλαμβάνει ο Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ).

Ο ΔΕΣΜΗΕ είναι ανώνυμη εταιρία. Το 51% του μετοχικού κεφαλαίου του ανήκει στο Ελληνικό Δημόσιο και το υπόλοιπο ποσοστό του μπορεί να καλύπτεται από κατόχους άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των οποίων οι μονάδες παραγωγής συνδέονται στο σύστημα. Σε αυτούς περιλαμβάνεται και η ΔΕΗ η οποία και σε πρώτη φάση κατέχει το 49% του μετοχικού κεφαλαίου του ΔΕΣΜΗΕ.

Η ΔΕΗ παραμένει αποκλειστικός ιδιοκτήτης του Συστήματος Μεταφοράς και θα εισπράττει από την ανώνυμη εταιρία ΔΕΣΜΗΕ οικονομικό αντάλλαγμα για την εκμετάλλευση του συστήματος μεταφοράς.

Ο Διαχειριστής του Συστήματος λειτουργεί, εκμεταλλεύεται, διασφαλίζει τη συντήρηση και μεριμνά για την ανάπτυξη του Συστήματος σε ολόκληρη τη χώρα καθώς και των διασυνδέσεων του με άλλα δίκτυα για να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια, με τρόπο επαρκή, ασφαλή, οικονομικά αποδοτικό και αξιόπιστο.

Έτσι ο Διαχειριστής Συστήματος έχει τις εξής υποχρεώσεις:

1. Να παρέχει πρόσβαση στο Σύστημα στους κατόχους άδειας παραγωγής ή προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και σε όσους νομίμως έχουν

εξαιρεθεί από την υποχρέωση κατοχής τέτοιων αδειών και, βέβαια, στους Επιλέγοντες Πελάτες.

2. Να επιτρέπει τη σύνδεση με το Δίκτυο σύμφωνα με όσα καθορίζονται στον Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος.
3. Να προγραμματίζει και να κατανέμει το φορτίο ηλεκτρικής ενέργειας στις διαθέσιμες εγκαταστάσεις παραγωγής. Να προσδιορίζει τη χρήση των διασυνδέσεων με άλλα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και να διευθετεί τις αποκλίσεις παραγωγής - ζήτησης μεταξύ των κατόχων άδειας παραγωγής ή προμήθειας, σύμφωνα με τα οριζόμενα στον κώδικα συναλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας.
4. Να λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλίζονται επαρκή περιθώρια εφεδρείας ηλεκτρικής ενέργειας από τους παραγωγούς, τους προμηθευτές, τον κύριο του συστήματος και τον διαχειριστή του δικτύου.
5. Να διαχειρίζεται τη ροή ενέργειας στο Σύστημα συνεκτιμώντας ανταλλαγές με άλλα συνδεδεμένα συστήματα.
6. Να εξασφαλίζει την ασφάλεια, την αξιοπιστία και την αποδοτικότητα του συστήματος και μεριμνά να είναι διαθέσιμες οι αναγκαίες επικουρικές υπηρεσίες.
7. Να προγραμματίζει την ανάπτυξη του συστήματος και να μεριμνά για τη διατήρηση ενός τεχνικά άρτιου, οικονομικά αποδοτικού και ολοκληρωμένου συστήματος, εφαρμόζοντας κατά την παροχή των υπηρεσιών του, διαφανή, αντικειμενικά και αμερόληπτα κριτήρια, ώστε να αποφεύγονται οι διακρίσεις μεταξύ των χρηστών και των κατηγοριών των χρηστών του συστήματος.
8. Να καταρτίζει ανά δύο χρόνια τακτικές προβλέψεις, για το δυναμικό παραγωγής και μεταφοράς που ενδέχεται να συνδεθεί με το σύστημα, για τις ανάγκες διασύνδεσης με άλλα συστήματα ή δίκτυα, για τις δυνατότητες μεταφοράς και για τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι προβλέψεις αυτές πρέπει καλύπτουν πενταετή ορίζοντα.

Η διαχείριση του συστήματος διενεργείται σύμφωνα με τις διατάξεις του κώδικα διαχείρισης του συστήματος, ο οποίος καταρτίζεται από το Διαχειριστή του συστήματος.

Με τον Κώδικα ρυθμίζονται:

- Οι προϋποθέσεις για την υποβολή αίτησης πρόσβασης στο σύστημα και τα απαιτούμενα δικαιολογητικά.

- Οι ελάχιστες τεχνικές και λειτουργικές προδιαγραφές για την πρόσβαση και τη σύνδεση στο σύστημα μεταφοράς των εγκαταστάσεων παραγωγής, του δικτύου διανομής και των διασυνδέσεων και των Επιλεγόντων Πελατών.
- Η προθεσμία μέσα στην οποία ο ΔΕΣΜΗΕ υποχρεούται να απαντά στις υποβαλλόμενες αιτήσεις και οι συνέπειες της παράλειψης της απάντησης μέσα στην προθεσμία αυτή.

Τα κριτήρια που εφαρμόζει ο διαχειριστής για την κατανομή φορτίου στις εγκαταστάσεις παραγωγής και τη χρήση των διασυνδέσεων, είναι:

- Η οικονομική ιεράρχηση, που προκύπτει από την υποβολή προσφορών που διαμορφώνουν την οριακή τιμή του συστήματος. Οι προσφορές πρέπει να αντανακλούν το μεταβλητό κόστος των εγκαταστάσεων παραγωγής που δηλώνονται διαθέσιμες.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διαθέσιμων εγκαταστάσεων παραγωγής που δηλώνονται διαθέσιμες και
- Οι τεχνικοί περιορισμοί του Συστήματος Μεταφοράς.

Ο τρόπος, η έκταση, οι όροι και οι προϋποθέσεις σύμφωνα με τους οποίους κατά την κατανομή του φορτίου στις διαθέσιμες εγκαταστάσεις δίνει προτεραιότητα:

- Στις εγκαταστάσεις παραγωγής οι οποίες χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς και στις εγκαταστάσεις συμπαραγωγής.
- Σε εγκαταστάσεις παραγωγής οι οποίες χρησιμοποιούν εγχώριες πηγές πρωτογενούς ενέργειας και μέχρι ποσοστού 15% της συνολικής ποσότητας πρωτογενούς ενέργειας που είναι αναγκαία για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στην ελληνική επικράτεια κατά τη διάρκεια ενός χρόνου.

6.8.6. Το χρηματιστήριο ενέργειας (Power pool)

Παράλληλα με τη σταδιακή απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, προωθείται και η δημιουργία ενός «χρηματιστηρίου» διαπραγμάτευσης ενεργειακών προϊόντων. Στην Προθεσμιακή Αγορά Ενέργειας (ΠΑΕΝ) θα κλείνονται προθεσμιακά συμβόλαια αγοραπωλησίας ενεργειακών προϊόντων, σε πρώτη φάση πετρελαιοειδών και υγρών καυσίμων και σε δεύτερη φάση ηλεκτρικού ρεύματος και φυσικού αερίου. Κύριος στόχος της λειτουργίας της ΠΑΕΝ είναι η άμβλυση των επιπτώσεων από τις βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις των διεθνών τιμών, όπως παρατηρήθηκε στην αγορά του πετρελαίου το 2000. Στον τομέα του πετρελαίου τέτοιες αγορές λειτουργούν σε πολλές χώρες. Στις ΗΠΑ, στη Βρετανία, στην Ολλανδία, στην Ισπανία και στη Σκανδιναβία υπάρχουν χρηματιστήρια παραγωγών

για συμβόλαια στην ηλεκτρική ενέργεια, ενώ σε αρκετές χώρες έχει ξεκινήσει να λειτουργούν αντίστοιχες αγορές και για το φυσικό αέριο. Σύμφωνα με το σχεδιασμό του Υπουργείου Ανάπτυξης, η ΠΑΕΝ θα περιλαμβάνει δύο βασικές δραστηριότητες:

A. Αγοραπωλησία φυσικών ποσοτήτων ενέργειας και ενεργειακών υλών, όπως πετρελαίου, φυσικού αερίου, λιγνίτη και ηλεκτρικής ενέργειας (άμεσα, προθεσμιακά ή μέσω μακροχρόνιων συμβολαίων).

B. Αγοραπωλησία ενεργειακών παραγώγων (μελλοντικών δικαιωμάτων επί φυσικής αγοράς και τιμών, συμβολαίων, προθεσμιακών ανταλλαγών κτλ.).

Οι φορείς της αγοράς θα είναι οι εξής:

1. Εποπτεύων οργανισμός: η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ).
2. Φορέας διαχείρισης, εκκαθάρισης και λειτουργίας της αγοράς: η ΡΑΕ σε συνεργασία με χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς.
3. Φορείς που αναλαμβάνουν την εκτέλεση των φυσικών ανταλλαγών: ενεργειακές εταιρείες παραγωγής ή εμπορίας που διαθέτουν τεχνογνωσία, αποθηκευτικούς χώρους και πρόσβαση σε δίκτυα ενέργειας ή μεταφοράς.
4. Μεγάλοι έμποροι φυσικής αγοράς και παραγωγών: ιδιωτικές εταιρείες παροχής υπηρεσιών με ρόλο ενδιάμεσων μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών.
5. Καταναλωτές και παραγωγοί: φορείς που έχουν άδεια είτε να προσφέρουν είτε να ζητούν φυσικές ποσότητες στην αγορά.
6. Ιδιωτικοί φορείς που προσφέρουν υπηρεσίες προς τους παράγοντες της αγοράς (εκπαίδευση, τεχνικές και οικονομικές συμβουλές, διαδίκτυο, ηλεκτρονικό εμπόριο, εκτέλεση εντολών, τραπεζικά).

6.8.7. Οι προοπτικές της ΔΕΗ μετά την κατάργηση του μονοπωλίου

Η εισαγωγή της ΔΕΗ στο Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών, το Νοέμβριο του 2001 αποτέλεσε σημαντικό σταθμό στη διαδικασία απελευθέρωσης της αγοράς. Η μεγαλύτερη ελληνική επιχείρηση εισήλθε, υπό αυτήν την έννοια, στον ανταγωνισμό με πολλά προβλήματα, ενώ ταυτόχρονα έχει απωλέσει τον μονοπωλιακό της χαρακτήρα. Στα σημαντικότερα προβλήματά της συγκαταλέγονται: Υπεράριθμο προσωπικό, σταθμοί παραγωγής μεγάλης ηλικίας, μεγάλα χρέη και μικρά κέρδη. Σύμφωνα με το πενταετές επιχειρησιακό σχέδιο που έχει εκπονηθεί, η ΔΕΗ θα μετατραπεί σταδιακά σε holding με θυγατρικές:

- α. Εκμετάλλευσης ορυχείων και παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.
- β. Μεταφοράς και διανομής ρεύματος.
- γ. Εμπορίας και κατασκευών.
- δ. Συμπαγωγής ενέργειας.

ε. Διαχείρισης σταθμών παραγωγής.

στ. Συμβούλων επενδύσεων και αναπτύξεως που θα αναλάβει τις συμμαχίες της ΔΕΗ και την επέκταση στο εξωτερικό.

ζ. Real estate.

η. Τηλεπικοινωνιών

Παράλληλα, με νομοθετική ρύθμιση προβλέπονται αυξήσεις των τιμολογίων της κατά 3% έως 5% ετησίως, έως το 2005.

Ακόμη, σχεδιάζονται:

1. Μείωση του προσωπικού σε 25.000 εργαζόμενους το 2005, από 31.600 το 2000, με κανονική συνταξιοδότηση.
2. Μείωση των δαπανών κατά 20 δισ. δρχ. ετησίως. Στις συρρικνούμενες δαπάνες δεν περιλαμβάνονται αυτές για το προσωπικό και τα καύσιμα.
3. Θετικές ταμειακές ροές από το 2003.
4. Απώλεια του 15% της αγοράς, λόγω της απελευθέρωσής της.

Σύμφωνα με τον ισολογισμό της επιχείρησης ο οποίος εγκρίθηκε από το διοικητικό συμβούλιο, ο κύκλος εργασιών της ΔΕΗ έφτασε το 2000 το 1,084 δισ. δρχ. έναντι 967,331 δισ. δρχ. το 1999, αν και η πρόβλεψη έκανε λόγο για μεγέθη της τάξης του 1040,1 δισ. δρχ. Τα προ φόρων κέρδη της επιχείρησης για το 2000 άγγιξαν τα 13,34 δισ. δρχ. έναντι 18,7 δισ. δρχ. που ήταν η αρχική πρόβλεψη και 26,1 δισ. δρχ. που ήταν το αντίστοιχο νούμερο το 1999. Επισημαίνεται, ωστόσο, ότι στα παραπάνω μεγέθη δεν περιλαμβάνονται οι ασφαλιστικές εισφορές ύψους 69,2 δισ. δρχ. γιατί τότε ο απολογισμός θα ήταν αρνητικός.

Σε ό,τι αφορά τον προϋπολογισμό για το 2001, προβλέπονταν αύξηση εσόδων κατά 40 δισ. δρχ. για να φτάσει τα 1,084 δισ. δρχ., ενώ τα κέρδη αναμένεται να αγγίξουν τα 60 δισ. δρχ. Αυξημένες, όμως, θα είναι και οι δαπάνες μισθοδοσίας οι οποίες για το 2001, θα επιβαρύνουν την επιχείρηση κατά 358,5 δισ. δρχ. έναντι 343,4 δισ. δρχ. το προηγούμενο έτος. Παράλληλα, αυξημένες θα είναι και οι δαπάνες αγοράς καυσίμων, καθώς επίσης και αυτές που αφορούν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από τρίτους. Όπως εκτιμάται η αύξηση στις δαπάνες αγοράς καυσίμων θα αγγίξει το 11,9%, ενώ για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από τρίτους θα φτάσει το 76,7%. Το ποσό αυτό μεταφράζεται σε υπερτριπλασιασμό των εισαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας κατά 406%, οι οποίες θα φτάσουν τις 1.451GWh. Τέλος το συνολικό χρέος της επιχείρησης ανέρχεται σε 1,7 δισ. δρχ. και ο συνολικός ακαθάριστος δανεισμός για το 2001, στα 403 δισ. δρχ. Πιο αξιόπιστα στοιχεία θα υπάρξουν με τον απολογισμό για το 2001.

6.8.8. Επιχειρήσεις που σχεδιάζουν να δραστηριοποιηθούν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

Ως τα τέλη του 2001 είχαν υποβληθεί στη ΡΑΕ αιτήσεις ενδιαφέροντος από ιδιώτες για την κατασκευή θερμικών εργοστασίων παραγωγής ρεύματος συνολικής ισχύος 5.000 MW, ενώ είχε εκφραστεί πρόθεση ενδιαφέροντος για άλλα 5.000 MW από υδροηλεκτρικά και αιολικά εργοστάσια.

Τα μεγέθη είναι εντυπωσιακά, αν αναλογιστεί κανείς ότι το υφιστάμενο δυναμικό της χώρας δεν υπερβαίνει τα 10.500 MW, και πρέπει να αντιμετωπιστούν με κάποια επιφύλαξη.

Οι σημαντικότερες επιχειρηματικές κινήσεις που έχουν γίνει με στόχο τη δραστηριοποίησή τους στην απελευθερωμένη αγορά ενέργειας αφορούν τη σύναψη συμφωνιών συνεργασίας και τη δημιουργία ομίλων, οι σημαντικότεροι των οποίων είναι:

1. Ελληνική Ενέργεια και Ανάπτυξη (HED) που δημιουργήθηκε από την Ιντρακόμ και τον κατασκευαστικό όμιλο Ελληνική Τεχνοδομική - Ακτωρ - ΤΕΒ.
2. Eneiko, συστήθηκε από την Προμηθέας (Gazexproit και Κοπελούζος) και θυγατρική της ENEL (κρατικής εταιρίας ηλεκτρισμού της Ιταλίας). Στόχος είναι η εμπορία ηλεκτρικού ρεύματος μέσω του καλωδίου Ελλάδας - Ιταλίας.
3. Όμιλος Λάτση, που διαθέτει το διυλιστήριο της Petrola στην Ελευσίνα και θα προχωρήσει στην ίδρυση μονάδας ηλεκτροπαραγωγής.
4. Όμιλος Μυτιληναίου, που πρόσφατα ανακοίνωσε την ίδρυση δύο νέων θυγατρικών εταιριών προκειμένου να δραστηριοποιηθεί στην παραγωγή και εμπορία ηλεκτρικής ενέργειας. Οι δύο εταιρίες είναι η ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ - ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ και η ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ - ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΛΛΑΔΟΣ. Ο όμιλος θα υποβάλει εντός των ημερών τα επενδυτικά του σχέδια στην Ρυθμιστική Αρχή ενέργειας.
5. Shell, ENI, Cinergy, Exxon - Mobil, Chevron ενδιαφέρονται να μπουν στην Ελλάδα.
6. Η γερμανική RWE, η γαλλική EDF, αυτόνομα η ENEL και η αγγλική National Power.

Η επέκτασή στον τομέα της ενέργειας αποτελεί αναμενόμενη κίνηση για τις μεγαλύτερες κατασκευαστικές εταιρείες, στην προσπάθειά τους αφενός να εκμεταλλευθούν τις νέες τάσεις στην εγχώρια αγορά, αφετέρου να ακολουθήσουν τα πρότυπα των ξένων εταιρειών του κλάδου.

Κοινή διαπίστωση πάντως, αποτελεί το γεγονός ότι παρά τις ανακοινώσεις για τη δημιουργία νέων θυγατρικών και την κατασκευή αιολικών ή υδροηλεκτρικών έργων,

είναι πολύ λίγες οι εταιρείες που έχουν προχωρήσει καταρχήν στην εκπόνηση και, εν συνεχεία, στην υλοποίηση συγκεκριμένου επενδυτικού προγράμματος.

Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται

1. Ο όμιλος ΓΕΚ-ΤΕΡΝΑ, μέσω των θυγατρικών ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή και Ελληνική Υδροηλεκτρική και των εταιρειών στις οποίες αυτές συμμετέχουν. Ως τώρα λειτουργούν δυο αιολικά πάρκα στην Εύβοια, ενώ προβλέπεται εντός του τρέχοντος έτους η λειτουργία δύο ακόμη αιολικών πάρκων. Ο όμιλος, έχει προχωρήσει σε διαπραγματεύσεις για την ανάληψη υδροηλεκτρικού έργου 184 MW στη Γεωργία, ενώ έχει καταθέσει μέσω τοπικής θυγατρικής, αίτηση για πέντε υδροηλεκτρικά έργα στη Βουλγαρία, δυναμικότητας περίπου 120 MW.
2. Ο μεγαλύτερος ελληνικός κατασκευαστικός όμιλος, η Ελληνική Τεχνοδομική-ΑΚΤΩΡ- ΤΕΒ συμμετέχει με 66,6%- το υπόλοιπο 33,3% ανήκει στην Intracom, στην εταιρεία Hellenic Energy Development, στο επενδυτικό πρόγραμμα της οποίας περιλαμβάνονται συμβάσεις για την ανάπτυξη 18 υδροηλεκτρικών έργων ανά την Ελλάδα, ενώ έχουν υποβληθεί αιτήσεις για αδειοδοτήσεις που αφορούν αιολικά πάρκα. Η εταιρεία έχει κάνει αιτήσεις για τη λειτουργία μεγάλων αιολικών πάρκων 100 MW, ένα πρόγραμμα ύψους 40 δισ. δρχ., χωρίς ωστόσο να είναι εξασφαλισμένη η παροχή του συνόλου των αδειών που διεκδικεί. Η εταιρεία προσανατολίζεται προς τα μεγάλα αιολικά έργα και ο μέσος όρος της ισχύος των πάρκων που σχεδιάζει να κατασκευάσει με βάση τις αιτήσεις που έχει καταθέσει, προσεγγίζει τα 25 MW. Ακόμη, έχει καταλήξει σε καταρχήν συμφωνία με τουρκικό όμιλο επιχειρήσεων για την κατασκευή θερμοηλεκτρικής μονάδας φυσικού αερίου 400 έως 800 MW στη Θράκη, που θα διαθέτει ρεύμα και στις δύο χώρες.
3. Ο όμιλος της Μηχανικής, μέσω της θυγατρικής του Μηχανική Ενεργειακή, κατασκευάζει έναν μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό στον ποταμό Γκούρα της Αρτας 4 MW, ενώ έχει υποβάλει αιτήσεις για την ανάπτυξη νέων υδροηλεκτρικών σταθμών, μεταξύ των οποίων και ο υδροηλεκτρικός σταθμός του Ιλαρίωνα 120 MW στον Αλιάκμονα.
4. Η ΔΙΕΚΑΤ έχει συστήσει τη ΔΙΕΚΑΤ Ενέργεια, η οποία έχει υπογράψει σύμβαση με την ΔΕΗ Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας για την από κοινού κατασκευή και εκμετάλλευση υδροηλεκτρικών σταθμών. Για το σκοπό αυτό έχει ήδη συσταθεί η Γυτάνη Α.Ε. η οποία θα λειτουργήσει σε ένα χρόνο περίπου, το πρώτο υδροηλεκτρικό έργο 4,2 MW στην περιοχή.

5. Για την παρουσία τους στο χώρο έχουν ιδρύσει θυγατρικές, η Δομική Κρήτης, η ΓΕΝΕΡ, ενώ έχουν ανακοινώσει ότι σκοπεύουν να ιδρύσουν, η Εδραση Ψαλλίδας, η Προοδευτική κ.α.

6.9. Η απελευθέρωση των αγορών στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ

Μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, ο έλεγχος της παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας ασκούνταν από τις κυβερνήσεις των κρατών και ο τομέας κατατασσόταν στα φυσικά μονοπώλια. Τα μεγάλα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας που ήταν απαραίτητα έπρεπε να ανοικοδομηθούν μετά τις καταστροφές του πολέμου, το αρχικό κόστος των επενδύσεων, που όπως είδαμε νωρίτερα είναι πολύ υψηλό, επέβαλλε τη ρυθμιστική παρέμβαση του κράτους, ώστε να επιτευχθούν οι απαραίτητες οικονομίες κλίμακας, να διασφαλιστεί η αποδοτικότητα και, εν τέλει, η μείωση του κόστους παραγωγής. Η ρυθμιστική παρέμβαση συνίσταται στον προσδιορισμό των τιμών πώλησης με τρόπο που να καλύπτονται τα έξοδα λειτουργίας της μονοπωλιακής παραγωγής και να υπάρχει κι ένα περιθώριο κέρδους, απαραίτητο για την δημιουργία αποθεματικών για την επέκταση των δραστηριοτήτων της επιχείρησης ή την αποπληρωμή δανειακών κεφαλαίων.

Από τις αρχές δεκαετίας του 1990 έχει αρχίσει στην Ευρώπη η σταδιακή απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να μειωθεί ο κρατικός παρεμβατισμός στον ευαίσθητο αυτό τομέα και να λειτουργήσει ανεμπόδιστα η ενιαία ευρωπαϊκή αγορά. Η εξέλιξη αυτή οφείλεται τόσο στην κυριαρχία της θεωρίας της απορύθμισης (deregulation) της αγοράς (με ιδεολογική βάση το νεοφιλελευθερισμό) όσο και στην εξέλιξη της τεχνολογίας. Η εισαγωγή του φυσικού αερίου στο ευρωπαϊκό ενεργειακό ισοζύγιο έδωσε τεράστια ώθηση σε τεχνολογίες που αναιρούσαν την ανάγκη δημιουργίας οικονομιών κλίμακας, συνεπώς ανέτρεπαν την λογική που στήριζε το φυσικό μονοπώλιο. Το φυσικό αέριο έχει το επιπλέον προσόν ότι δεν ρυπαίνει το περιβάλλον όπως ο άνθρακας ή το πετρέλαιο, ενώ οι μακρόχρονες συμφωνίες προμήθειάς του από την ΕΣΣΔ και στη συνέχεια από τη Ρωσία συνέβαλλαν στην μείωση της ανασφάλειας προμήθειας πετρελαίου.

Σύμφωνα με τον πρόεδρο της Exxon Mobil, Lee Raymond «η αγορά ενέργειας είναι η μεγαλύτερη βιομηχανία στον κόσμο, της οποίας το μέγεθος δεν συγκρίνεται ούτε με την αγορά της πληροφορικής ούτε καν με αυτήν των τηλεπικοινωνιών».

Υπολογίζεται ότι ο κύκλος εργασιών της παγκόσμιας ενεργειακής αγοράς ανέρχεται σε 1,7 με 2 τρις. δολάρια ετησίως (στοιχεία από την εταιρεία συμβούλων Booz, Allen & Hamilton). Κοινή, κρατούσα, αντίληψη είναι ότι η περαιτέρω ανάπτυξη της τεράστιας αυτής αγοράς, πέρα από τα εθνικά όρια και σε διεθνές επίπεδο, εξαρτάται

από την απελευθέρωση του ανταγωνισμού, που θα οδηγήσει σε πιο ανταγωνιστικές τιμές ανά κλάδο, αλλά και μεταξύ των κλάδων (πχ φυσικό αέριο – πετρέλαιο) και θα ενθαρρύνει τις παραγωγικές και οργανωτικές καινοτομίες.

Το πρόσφατο, όμως, φιάσκο της Καλιφόρνιας, με τα επανειλημμένα μπλακ άουτ και τις εταιρείες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στα πρόθυμα της χρεοκοπίας, επαναφέρουν τη συζήτηση που άρχισε στην δεκαετία του 1980 για τα προβλήματα που σχετίζονται με την απελευθέρωση, καθώς η χειραγώγηση των τιμών από τις μεγάλες εταιρείες παραγωγής δεν παύει να υφίσταται με τη μορφή άτυπων «συμφωνιών κυρίων», όπως τουλάχιστον καταγράφηκε μέσα από την εμπειρία της πολιτείας αυτής. Παρ' όλ' αυτά, η διαδικασία της απορύθμισης ή απελευθέρωσης φαίνεται ότι είναι πλέον μη αναστρέψιμη.

Στο Ετήσιο Συνέδριο Ενέργειας του 2000 στο Βερολίνο, η αρμόδια αντιπρόεδρος της ΕΕ για θέματα Ενέργειας, Λογιόλα Ντε Παλάθιο δήλωσε ότι για να υπάρξει μέχρι το 2005 μια πραγματικά απελευθερωμένη αγορά ενέργειας, αυτό που προέχει είναι η θέσπιση μέτρων που εγγυώνται τον διαχωρισμό μεταξύ των λειτουργιών παραγωγής, διανομής, διακίνησης και είσπραξης λογαριασμών, τα οποία μέχρι σήμερα εκτελούσε ένας φορέας. Η πρόσβαση τρίτων στο δίκτυο θα πρέπει να βασίζεται σε ελεγχόμενα τιμολόγια, τα οποία θα εγκρίνει ανεξάρτητη ελεγκτική αρχή. Επίσης τόνισε ότι για την ΕΕ η προώθηση του διασυνοριακού εμπορίου (που αποτελεί μόνο το 8% της συνολικής παραγωγής της Ένωσης) αποτελεί άμεση προτεραιότητα (μέχρι τώρα ο ανταγωνισμός περιοριζόταν μόνο σε εθνικό επίπεδο).

Αρκετές χώρες-μέλη της Ένωσης έχουν προχωρήσει με ταχύτερους ρυθμούς στην απελευθέρωση όπως η Βρετανία (έχει «ανοίξει» την αγορά της από το 1990), η Γερμανία (ιδιωτικοποίησε τις εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου τον Απρίλιο του 1998 και τον Οκτώβριο του 2000 αντίστοιχα), η Σουηδία, η Φιλανδία, η Δανία, η Ισπανία, το Λουξεμβούργο και η Ιρλανδία. Επίσης η Πολωνία είναι από τις πρώτες χώρες της Ανατολικής Ευρώπης που ιδιωτικοποίησαν όλες τις μονάδες παραγωγής καθώς και τα τοπικά και το εθνικό δίκτυο διανομής. Έτσι σχεδόν τα δύο τρίτα της αγοράς της Ένωσης απολαμβάνουν σήμερα χαμηλότερες ενεργειακές τιμές. Οι πρώην εταιρείες κοινής ωφέλειας απαντούν στην αύξηση του ανταγωνισμού μέσω πληθώρας συγχωνεύσεων και εξαγορών, έτσι ώστε να προστατεύσουν τα μερίδιά τους στις εθνικές αγορές και να αποκτήσουν πρόσβαση στις αγορές των άλλων κρατών-μελών. Είναι μάλιστα τόσο μεγάλο το κύμα των συνεργασιών, ώστε ο επικεφαλής σύμβουλος του Ευρωπαϊκού Κέντρου Έρευνας στις Βρυξέλες G.Valentini προειδοποιεί: «οι δύο πανίσχυροι όμιλοι ενέργειας, η RWE και η E.ON που έχουν προκύψει στη Γερμανία μετά από μια σειρά συγχωνεύσεων και εξαγορών, δημιουργούν φόβους για τη διαμόρφωση ολιγοπωλιακής αγοράς». Ήδη η E.ON, η

δεύτερη μεγαλύτερη εταιρεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, έχει κατηγορηθεί επανειλημμένα για χρέωση υπέρογκων τιμολογίων, προκειμένου να συνδέσει τρίτους στο δίκτυό της.

Η Electricite de France (EdF), ο κρατικός οργανισμός παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, όχι μόνο δεν φαίνεται να συμμορφώνεται με τις ντιρεκτίβες της ΕΕ, αφού έχει ακόμα υπό τον έλεγχό της το 95% της αγοράς, αλλά και επιδιώκει να επεκταθεί σε πανευρωπαϊκή βάση μέσα από τα σχέδιά της για την εξαγορά του 25% της Energie Baden-Wuerttemberg (EnBW), της εταιρείας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο νοτιοδυτικό άκρο της Γερμανίας. Συνολικά στην ευρωπαϊκή αγορά διαμορφώνονται σήμερα έξι ή επτά μεγάλες εταιρείες ενέργειας, οι γερμανικές RWE και E.ON, η ιταλική Enel, η γαλλική EdF και οι ισπανικές Endesa και Iberdrola.

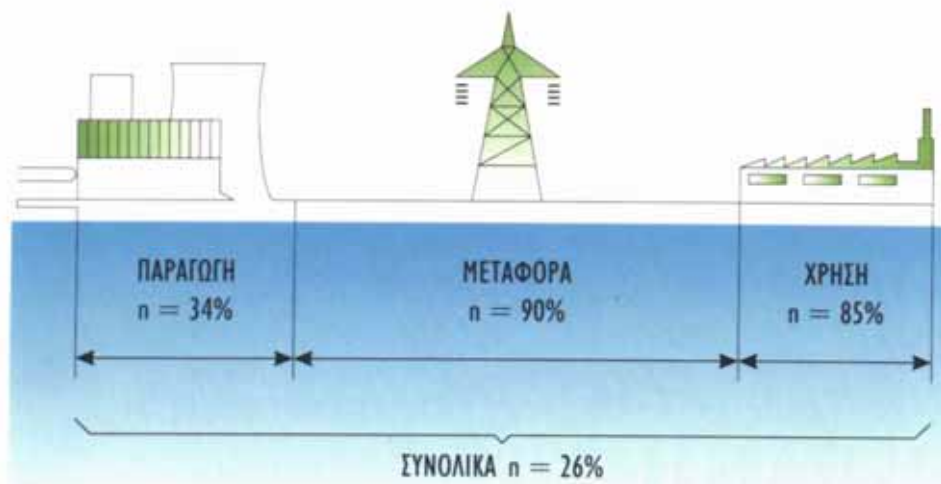
Πέραν των παραπάνω έχουν αυξηθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο και οι διασυννοριακές εξαγορές και κοινοπραξίες. Το ενδιαφέρον από πολλές ευρωπαϊκές εταιρείες όπως η RWE ή η EnBW και η EdF, πρόσφατα έχει εστιαστεί στην εξαγορά της ισπανικής Hidroelectrica del Cantabrico για απόκτηση μεριδίου της ισπανικής αγοράς. Ο Jeff Skilling, διευθύνων σύμβουλος της Enron, της μεγαλύτερης εταιρείας εμπορίας ηλεκτρικής ενέργειας στο κόσμο, προβλέπει ότι οι ανακατατάξεις αυτές θα οδηγήσουν στην κατάργηση της καθετοποίησης των εταιρειών παραγωγής και παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και θα προκαλέσουν τη γέννηση εξειδικευμένων αλλά γιγαντιαίων εταιρειών άνθρακα, πετρελαίου, φυσικού αερίου κλπ. Η εταιρεία την οποία διευθύνει άλλωστε, αποτελούσε σημείο αναφοράς της τάσης αυτής. Το γεγονός ότι η Enron το 2001 πτώχευσε λόγω των λογιστικών ατασθαλιών της διοίκησής της, οδηγώντας σε μία ευρύτερη πολιτικό-οικονομική κρίση, δεν αναιρεί κατ' ανάγκην αυτήν την τάση.

Είναι πολύ νωρίς να απαντηθεί το ερώτημα αν η απελευθέρωση αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη πέτυχε το σκοπό της, δηλαδή να διαμορφώσει ανταγωνιστικές τιμές προς όφελος του καταναλωτή. Κρίνοντας από το παράδειγμα της Καλιφόρνιας, φαίνεται ότι το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι καταρχήν να αποτραπούν οι παραγωγοί από τα όποια σχέδια χειραγώγησης των τιμών στην αγορά. Κρίνοντας από το αποτέλεσμα, πιο επιτυχημένη φαίνεται να είναι η βρετανική εμπειρία, σύμφωνα με την οποία καμία εταιρεία δεν επιτρέπεται να ελέγχει περισσότερο από το 20% της προσφοράς, ώστε να μην μπορεί να αποκτήσει καθοριστική δύναμη στην αγορά.

7. Συμπαραγωγή θερμότητας - ηλεκτρισμού

7.1. Εισαγωγή

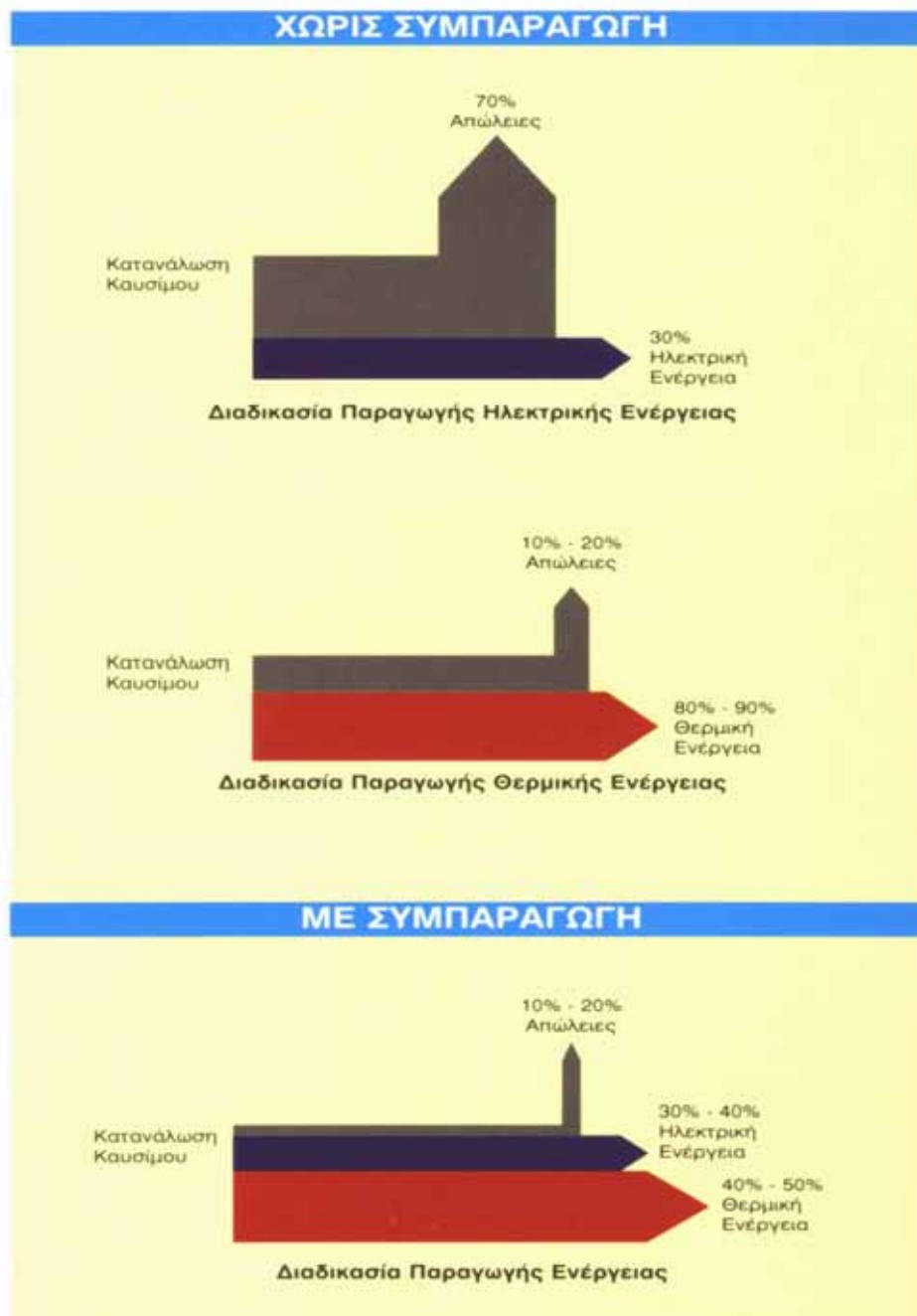
Συμπαραγωγή είναι η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας. Η ιδέα της συμπαραγωγής είναι αρκετά παλαιά και αναπτύχθηκε λόγω του χαμηλού βαθμού απόδοσης των συμβατικών συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής (σχήμα 7.1). Τα συστήματα συμπαραγωγής έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό τους την ανάκτηση του μεγαλύτερου μέρους της παραγόμενης θερμικής ενέργειας, η οποία αν δεν μεσολαβήσει κάποια άλλη διεργασία, αποτελεί απλώς απώλεια προς το περιβάλλον, επιτυγχάνοντας με τον τρόπο αυτόν εξοικονόμηση πόρων και βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (σχήμα 7.2).



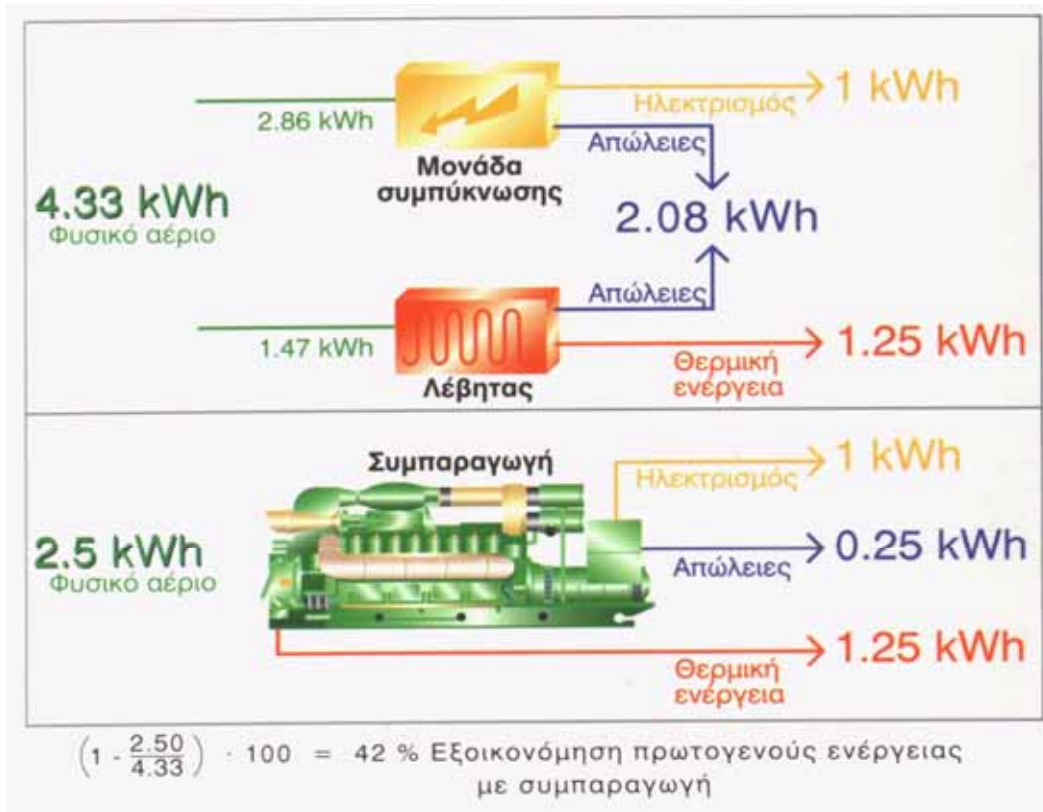
Σχήμα 7.1: Ο βαθμός απόδοσης του συμβατικού συστήματος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας

Κάτω από τις προϋποθέσεις που θα συζητηθούν στη συνέχεια η οικονομία που επιτυγχάνεται με την επιλογή της λύσης της Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού - Θερμότητας (Σ.Η.Θ.) στο συνολικό ενεργειακό κόστος, μπορεί να είναι ιδιαίτερα αξιόλογη στις περιπτώσεις εκείνες, που απαιτούνται ταυτοχρόνως μεγάλες ποσότητες θερμικών και ηλεκτρικών φορτίων. Η υψηλή ενεργειακή απόδοση των συστημάτων συμπαραγωγής έχει ως εύλογο αποτέλεσμα την υψηλή οικονομική τους απόδοση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων, κυρίως σε βιομηχανικές εφαρμογές, μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του ενεργειακού κόστους έως και 40% (σχήμα 7.3), ενώ η περίοδος αποπληρωμής τους κυμαίνεται από 3 έως 5 έτη. Όταν λειτουργούν παράλληλα με το

ηλεκτρικό δίκτυο, τα συστήματα συμπαράγωγής εξασφαλίζουν υψηλή αξιοπιστία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Το πλεονέκτημα αυτό είναι ιδιαίτερης σημασίας για καταναλωτές με απαίτηση συνεχούς και απρόσκοπτης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι οι βιομηχανίες αλλά και κτιριακά συγκροτήματα όπως τα νοσοκομεία. Αν μάλιστα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη το φυσικό αέριο, τότε η Σ.Η.Θ. προκύπτει ως ένας από τους οικονομικότερους και αποδοτικότερους τρόπους μείωσης του ενεργειακού κόστους μιας διεργασίας.



Σχήμα 7.2: Η ανάκτηση της απορριπτόμενης ενέργειας



Σχήμα 7.3. Μείωση του ενεργειακού κόστους

Το φυσικό αέριο παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα συγκρινόμενο με άλλα καύσιμα, όπως το ελαφρύ και το βαρύ πετρέλαιο (μαζούτ), όπως η καθαρότητα και η ποιότητα του, που συντελούν στην πιο αξιόπιστη και αποδοτική λειτουργία, της μονάδας, με ευνοϊκές επιπτώσεις στη διάρκεια ζωής της και στις δαπάνες συντήρησης. Επιπλέον με την χρήση του φυσικού αερίου λύνονται τα προβλήματα προμήθειας και αποθήκευσης που παρουσιάζονται με την χρησιμοποίηση άλλων καυσίμων, υγρών και στερεών, καθόσον το φυσικό αέριο διανέμεται στα σημεία κατανάλωσης με ευθύνη της εταιρείας αερίου. Τέλος, το φυσικό αέριο αναμιγνύεται εύκολα με τον ατμοσφαιρικό αέρα πράγμα που το καθιστά σχεδόν ακίνδυνο, ενώ τα προϊόντα της καύσεως του είναι ελεύθερα θείου που σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση ενέργειας που επέρχεται με τη μέθοδο της συμπαράγωγής, οδηγούν σε σημαντική μείωση των αέριων ρυπαντών, όπως NO_x , CO , CO_2 .

Η εμπειρία στις χώρες της Ε.Ε., αλλά και από τις πρώτες ελληνικές επιχειρήσεις που από το 1999 χρησιμοποιούν συστήματα Σ.Η.Θ. με φυσικό αέριο, έχουν δείξει ότι οι ενεργειακές δαπάνες παρουσιάζουν σημαντική μείωση, εφόσον καλύπτονται ανάγκες για θέρμανση χώρων, θερμικά φορτία παραγωγικών διαδικασιών και ηλεκτρισμού και οι ώρες λειτουργίας υπερβαίνουν τις 4.500 ετησίως (σχήμα 7.4).



Σχήμα 7.4. Η μείωση του λειτουργικού κόστους με τη χρήση συστήματος Σ.Η.Θ

Παρ' όλα, όμως, τα πλεονεκτήματα των συστημάτων Σ.Η.Θ. με καύση φυσικού αερίου στην Ελλάδα παρουσιάζονται κάποια εμπόδια στη διάδοσή τους, κυρίως λόγω της ελλιπούς ενημερώσεως και υποστηρίξεως επενδυτών, καθώς και λόγω οικονομικής και επιχειρηματικής φύσεως εμποδίων. Αναλυτικότερα υπάρχουν στελέχη επιχειρήσεων χωρίς την απαραίτητη γνώση του αντικειμένου, ενώ η λειτουργία αυτών των συστημάτων απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό. Οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις δυσκολεύονται ακόμη και σ' αυτήν την ετοιμασία του φακέλου μιας προτάσεως προς έγκριση και ενδεχομένως και χρηματοδότηση. Ακόμη, το ύψος της αρχικής επένδυσης παραμένει σε υψηλά επίπεδα, ενώ στην τιμή του φυσικού αερίου εξακολουθεί να υπάρχει μια αβεβαιότητα ενώ η τιμή αγοράς της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας από τη Δ.Ε.Η. στην υψηλή τάση είναι χαμηλή.

Άλλα εμπόδια που παρουσιάζονται είναι στον τομέα της χρηματοδότησεως, όπου η λειτουργία σχημάτων χρηματοδότησης από τρίτους (Third Party Financing) και εταιριών παροχής ενεργειακών υπηρεσιών (Energy Service Companies), δεν έχει ακόμα αρχίσει. Επιπλέον προκύπτουν δυσκολίες λόγω του υφιστάμενου νομικού πλαισίου, όπου δυσχεραίνεται η συμπαράγωγή σε Βιομηχανικές Περιοχές ή κοινοπραξίες επιχειρήσεων. Η συμπαράγωγή από ανεξάρτητους παραγωγούς επιτρέπεται μόνον με τη χρήση φυσικού αερίου, ή ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με το ρόλο της Δ.Ε.Η. να είναι ιδιαίτερος ενισχυμένος (κατέχει προνομιακή θέση από την οποία επιβάλλει όρους), ενώ ο αναπτυξιακός νόμος καθώς και το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας (Ε.Π.Ε.) δυσχεραίνουν την εφαρμογή της λύσεως της συμπαράγωγής από την τοπική αυτοδιοίκηση. Ακόμη εμπόδια μπορούν να παρουσιαστούν σε διοικητικά θέματα λόγω της μακρόχρονης διαδικασίας εγκρίσεως άδειας εγκαταστάσεως και λειτουργίας.

Τα προβλήματα αυτά αρχίζουν να επιλύονται και η Σ.Η.Θ., σε συνδυασμό με την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας το Φεβρουάριο του 2001 θα βρεί και στην Ελλάδα μεγαλύτερο πεδίο εφαρμογής. Παράλληλα, μέσα από την έρευνα και την ανάπτυξη υπάρχουν περιθώρια περαιτέρω βελτιώσεως του βαθμού απόδοσης, μειώσεως των αρνητικών τοπικών περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων, μειώσεως του κόστους επενδύσεως, βελτιώσεως της αξιοπιστίας και αναπτύξεως νέων τεχνικών μονάδων μικρής ισχύος (~10KWe) και αξιοποίησεως εναλλακτικών πηγών ενέργειας όπως η βιομάζα. Υπό την έννοια αυτή η συμπαράγωγή θεωρείται σήμερα μια από τις σημαντικότερες τεχνικές για αποδοτικότερη εκμετάλλευση των καυσίμων, εξοικονόμηση φυσικών και οικονομικών πόρων και προστασία του περιβάλλοντος. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναγνωρίσει από καιρό τη σημασία της συμπαράγωγής στην εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, και την έχει εντάξει σε μια σειρά προγραμμάτων: Community Demonstration Programme, THERMIE, SAVE, JOULE, κ.λ.π.

Υπάρχουν τέσσερεις κύριοι τομείς εφαρμογής της συμπαράγωγής:

α. *Σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας (Δ.Ε.Η.)*. Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής μπορούν να μετατραπούν σε μονάδες συμπαράγωγής και να καλύψουν τις θερμικές ανάγκες παρακείμενων πόλεων, οικισμών, βιομηχανιών, κ.λ.π.

β. *Βιομηχανικός τομέας*. Σημαντικό δυναμικό παρουσιάζουν οι κλάδοι τροφίμων και ποτών, οι κλωστοϋφαντουργίες, οι βιομηχανίες χάρτου, οι χημικές βιομηχανίες, τα διυλιστήρια, τα εργοστάσια τσιμέντου, οι βασικές μεταλλουργικές βιομηχανίες.

γ. *Εμπορικός - κτιριακός τομέας*. Διακρίνεται σε τρεις κύριους υποτομείς: ξενοδοχεία - νοσοκομεία, μεγάλα συγκροτήματα κατοικιών και κτίρια γραφείων. Ο καθένας τους χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερη μορφή της καμπύλης φορτίου. Άλλου είδους κτίρια (πανεπιστήμια, εμπορικά κέντρα κ.λ.π.) έχουν καμπύλες φορτίου, που προκύπτουν με συνδυασμό των τριών αυτών υποτομέων.

δ. *Αγροτικός τομέας*. Τα υπολείμματα αγροτικών διεργασιών χρησιμοποιούνται ως καύσιμο και η ανακτώμενη θερμότητα μπορεί να διοχετευτεί σε μία σειρά από γεωργικές διαδικασίες, όπως ξήρανση γεωργικών προϊόντων, θέρμανση αγροτικών οικημάτων, θερμοκηπίων, κ.λ.π.

Τα πεδία στα οποία έχουν ήδη εγκατασταθεί και λειτουργούν με επιτυχία συστήματα συμπαράγωγής διεθνώς είναι κυρίως νοσοκομεία, αθλητικά συγκροτήματα, ξενοδοχεία, εκπαιδευτικά συγκροτήματα, μεγάλα εμπορικά κέντρα, και βιομηχανίες χάρτου, ξύλου, υφαντουργίας, τροφίμων, πλαστικών, πετροχημικών. Στην Ελλάδα έχει αρχίσει ήδη σήμερα να κάνει την εμφάνιση του μικρός αριθμός μονάδων βιομηχανικής συμπαράγωγής ο οποίος αναμένεται να παρουσιάσει αύξηση με ταχύ ρυθμό. Στον πίνακα 7.1

παρουσιάζονται οι μονάδες συμπαράγωγής που λειτουργούσαν στο βιομηχανικό τομέα στην Ελλάδα το 1999.

Πίνακας 7.1. Δυναμικό συμπαράγωγής στη βιομηχανία στην Ελλάδα το 1999.

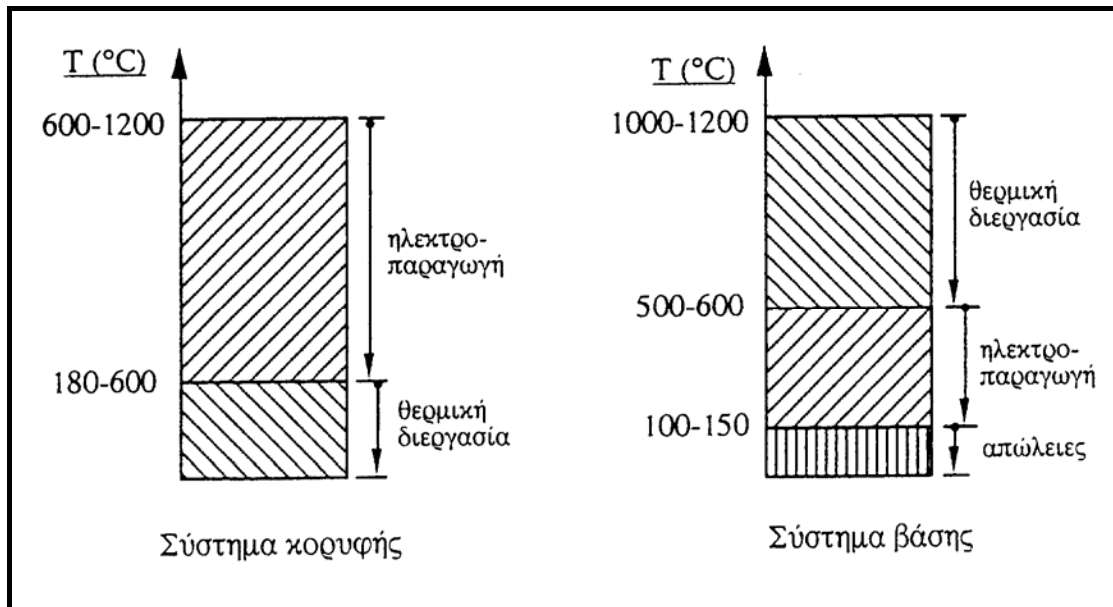
Αα	Βιομηχανία - Γύπος	Τόπος	Τύπος Μηχανής	Ηλεκτρική Ισχύς (MW)		Καύσιμο
1.	MOTOR OIL Διυλιστήρια	Κόρινθος	Αεριοστρόβιλοι	13+15,5	28,5	Αέριο Διυλιστηρίων
2.	ΕΛ.Δ.Α. Α.Ε. Διυλιστήρια	Ασπρόπυργος	Αεριοστρόβιλοι Ατμοστρόβιλος	2x17 1x16	50,0	Μαζούτ, Ντήζελ και Υγραέριο
3.	ΕΤΜΑ Υφάσματα	Αθήνα	Ατμοστρόβιλοι	2,8+10,3	13,1	Μαζούτ
4.	ΑΛΕΧΠ & ΔΙΠΑΣΜΑΤΑ	Δραπετσώνα	Ατμοστρόβιλοι	7,2+4,2	11,4	Απορριπτόμενη Θερμότητα
5.	Φωσφορικά Διπάσματα	Καβάλα	Ατμοστρόβιλοι	5+7,6+12,4	25,0	Απορριπτόμενη Θερμότητα
6.	Χημικές Βιομηχ. Βορ. Ελλάδος Α.Ε.	Θεσσαλονίκη	Ατμοστρόβιλοι	2x3+4,5	10,5	Απορριπτόμενη Θερμότητα
7.	Ελλ. Βιομ. Ζάχαρης	Λάρισα	Ατμοστρόβιλοι	2x2,5+7	12,0	Μαζούτ
		Πλαταιές		2x2,5+7	12,0	Μαζούτ
		Σέρρες		2x3	6,0	Μαζούτ
		Ξάνθη		2x8	16,0	Μαζούτ
		Ορεστιάδα		2x5	10,0	Μαζούτ
8.	Εταιρία Πετρελαίων Βορείου Αιγαίου	Καβάλα	Συνδ. Κύκλος αεριοστοβίλων - ατμοστροβίλου	2x5,5 1x5,5	16,5	Φυσικό Αέριο
9.	Αλουμίνιο της Ελλάδος	Δίστομο	Ατμοστρόβιλοι	3,5+7,8	11,3	Μαζούτ
10.	Εκκοκκιστήρια Βάμβακα	Δαύλεια	Ατμοστρόβιλος	0,5	0,5	Βιομάζα
Σύνολο					222,8	

7.2. Σύγχρονες τεχνικές συμπαράγωγής

Τα περισσότερα συστήματα συμπαράγωγής μπορούν να χαρακτηριστούν είτε ως συστήματα "κορυφής" (topping systems), είτε ως συστήματα "βάσεως" (bottoming systems). Στα συστήματα κορυφής, ρευστό υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ η αποβαλλόμενη θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται σε θερμικές διεργασίες, θέρμανση χώρων, ή ακόμη και για παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στα συστήματα βάσεως, παράγεται πρωτίστως θερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας (όπως, π.χ., σε καμίνους χαλυβουργείων, υαλουργείων και εργοστασίων σκυροδέματος), κατόπιν τα θερμά αέρια διοχετεύονται συνήθως σε λέβητα ανάκτησης θερμότητας, όπου παράγεται ατμός ο οποίος θέτει σε λειτουργία έναν ατμοστρόβιλο και εν συνεχεία μία γεννήτρια. Είναι ακόμη δυνατόν τα θερμά αέρια να διοχετευθούν σε αεριοστρόβιλο, που

δίνει κίνηση σε μία ηλεκτρογεννήτρια, χωρίς την παρεμβολή λέβητα. Το σχήμα 7.5 δίνει ενδεικτικές τιμές θερμοκρασιών για τις δύο κατηγορίες συστημάτων.



Σχήμα 7.5. Ενδεικτικές θερμοκρασιακές στάθμες συστημάτων συμπαράγωγής

Για την περιγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς αυτών των συστημάτων χρησιμοποιούνται οι εξής συμβολισμοί και δείκτες:

W : ηλεκτρική (ή μηχανική) ισχύς,

Q : θερμική ισχύς,

$H_{f\Sigma}$: ισχύς καυσίμου που καταναλίσκεται από το σύστημα συμπαράγωγής:

$$H_{f\Sigma} = m_{f\Sigma} \cdot H_u$$

$m_{f\Sigma}$: παροχή καυσίμου,

H_u : κατώτερη θερμογόνος ικανότητα καυσίμου,

H_{fW} : ισχύς καυσίμου για την χωριστή παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ισχύος W ,

H_{fQ} : ισχύς καυσίμου για την χωριστή παραγωγή θερμότητας Q ,

H_{fX} : ολική ισχύς καυσίμου για την χωριστή παραγωγή των W και Q (χωρίς συμπ/γή).

$$H_{fX} = H_{fW} + H_{fQ} = (m_f \cdot H_u)_W + (m_{f\Sigma} \cdot H_u)_Q$$

Ηλεκτρικός(ή μηχανικός) βαθμός απόδοσης:

$$\eta_e = W / H_{F\sigma}$$

Θερμικός βαθμός απόδοσης:

$$\eta_h = Q / H_{F\sigma}$$

Ολικός ενεργειακός βαθμός απόδοσης:

$$\eta = \eta_e + \eta_h$$

Λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα (power to heat ratio):

$$PHR = W / Q = \eta_e / \eta_h$$

Λόγος εξοικονομήσεως ενέργειας καυσίμου (fuel energy savings ratio):

$$FESR = (H_{F_x} - H_{f\sigma}) / H_{F_x}$$

Οι κυριότεροι τρόποι λειτουργίας ενός συστήματος συμπαράγωγής, δηλαδή οι τρόποι ρυθμίσεως της ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος σε κάθε χρονική στιγμή, είναι οι ακόλουθοι:

α. *Παραγωγή θερμότητας ίσης με το θερμικό φορτίο* ("heat match").

Έχουμε παραγωγή περισσότερης (ή λιγότερης) ηλεκτρικής ενέργειας από το φορτίο, η περίσσεια (ή το έλλειμμα) πωλείται (ή αγοράζεται) στο (από το) εθνικό δίκτυο.

β. *Παραγωγή ηλεκτρισμού ίσου με το ηλεκτρικό φορτίο* ("electricity match").

Εάν προκύψει ανάγκη βοηθητικός λέβητας συμπληρώνει τις πρόσθετες ανάγκες σε θερμότητα, ενώ η περίσσεια θερμότητα αποβάλλεται σε ψυγεία.

γ. *Μικτός τρόπος*

Έχουμε δηλ. την εμφάνιση είτε της α' περιπτώσεως είτε της β'.

δ. *Πλήρης κάλυψη του θερμικού και του ηλεκτρικού φορτίου σε κάθε χρονική στιγμή.*

Απαιτείται μεγάλη επάρκεια εφεδρικής ισχύος και επομένως περίπλοκο σύστημα συμπαράγωγής, με αποτέλεσμα την αύξηση του αρχικού κόστους καθιστώντας τον τρόπο αυτό ως τον πιο ακριβό.

Κατά κανόνα, ο πρώτος τρόπος προσφέρει την υψηλότερη ενεργειακή και οικονομική απόδοση για συστήματα στο βιομηχανικό και τον εμπορικό τομέα. Η τελική, όμως, επιλογή του τρόπου λειτουργίας εξαρτάται από τις ανάγκες του δικτύου, τις διαθέσιμες μονάδες καθώς και τις υποχρεώσεις απέναντι στους καταναλωτές.

Στη συνέχεια παρατίθεται μια σύντομη περιγραφή σύγχρονων συστημάτων συμπαράγωγής, όπως είναι τα συστήματα: ατμοστροβίλου, αεριοστροβίλου, με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσεως και συνδυασμένου κύκλου.

7.3. Συστήματα Ατμοστροβίλου

Είναι τα πλέον διαδεδομένα συστήματα συμπαράγωγής, κατάλληλα για απαιτήσεις ισχύος από 500 kW έως 100 MW, ή και μεγαλύτερες. Έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε καύσιμο, ακόμη και στερεά απόβλητα τα οποία καίγονται σε ειδικούς λέβητες εφοδιασμένους με συστήματα κατακρατήσεως ή και εξουδετερώσεως ρύπων και τοξικών ουσιών, που δημιουργούνται κατά την καύση. Ο ολικός βαθμός απόδοσης (η) είναι σχετικά υψηλός και φθάνει το 60 - 85 %, ενώ δεν παρουσιάζεται έντονη πτώση κατά την λειτουργία του σε μερικό φορτίο. Ωστόσο, ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης (η_e) είναι χαμηλός, (15 - 20 % συνήθως), γεγονός που συντελεί σε μικρό λόγο ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR). Γενικά, όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία και η πίεση του ατμού που απαιτείται για τις θερμικές διεργασίες τόσο χαμηλότερος είναι ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης. Αύξηση του ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης μπορεί να επιτευχθεί μέχρι ενός σημείου με αύξηση της πίεσεως και της θερμοκρασίας του ατμού στην είσοδο του ατμοστροβίλου.

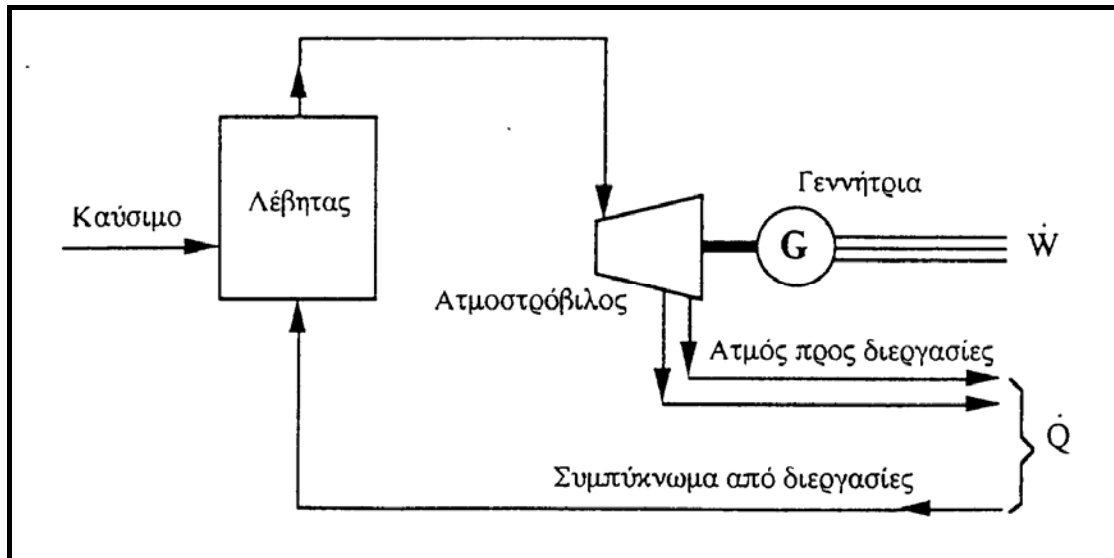
Τα συστήματα ατμοστροβίλου έχουν υψηλή αξιοπιστία, που φθάνει το 95 %, υψηλή διαθεσιμότητα, της τάξεως του 90 - 95 % και μεγάλη διάρκεια ζωής (25 - 35 έτη). Παρουσιάζουν, όμως, σχετικά μεγάλο χρόνο εγκατάστασης, που φτάνει τους 12 - 18 μήνες για μικρές μονάδες, ενώ για μεγαλύτερα συστήματα συμπαράγωγής προσεγγίζει τα τρία έτη. Υπενθυμίζεται, ότι ως αξιοπιστία ορίζεται η πιθανότητα να λειτουργεί ικανοποιητικώς ένα σύστημα για δεδομένο χρονικό διάστημα και με προκαθορισμένες συνθήκες. Αντίστοιχα, με τον όρο διαθεσιμότητα εννοούμε την πιθανότητα να λειτουργεί ικανοποιητικώς ένα σύστημα σε τυχαία χρονική στιγμή. Η μέση ετήσια διαθεσιμότητα είναι ίση με το ποσοστό του χρόνου (π.χ. των 8760 ωρών του έτους) κατά το οποίο ένα σύστημα μπορεί να λειτουργεί ικανοποιητικώς (παίρνοντας υπόψη τη προληπτική συντήρηση και τις έκτατες βλάβες).

Οι τρεις βασικές διατάξεις συστημάτων ατμοστροβίλων περιγράφονται αναλυτικότερα στη συνέχεια.

7.3.1. Συστήματα συμπαράγωγής με ατμοστρόβιλο αντιθλίψεως

Ατμός υψηλής πίεσεως (220 - 100 bar) και θερμοκρασίας (480 - 540 °C), ο οποίος παράγεται σε λέβητα με κατανάλωση καυσίμου, χρησιμοποιείται για την κίνηση ατμοστροβίλου, στον άξονα του οποίου είναι συνδεδεμένη ηλεκτρογεννήτρια (σχ. 7.6). Ο ατμός εξέρχεται του στροβίλου σε πίεση και θερμοκρασία κατάλληλη για τις θερμικές διεργασίες. Ο όρος «αντίθλιψη» οφείλεται στο ότι η πίεση του ατμού που πηγαίνει προς τις διεργασίες είναι ανώτερη της ατμοσφαιρικής (3 - 20 bar). Είναι επίσης δυνατή η

απομάστευση μέρους του ατμού στις επιθυμητές πιέσεις, από ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου.



Σχήμα 7.6. Σύστημα συμπαράγωγής με ατμοστρόβιλο αντιθλίψεως

Το συστήματα συμπαράγωγής με ατμοστρόβιλο αντιθλίψεως παρουσιάζουν, σε σχέση με αυτά του ατμοστροβίλου απομαστεύσεως, τα εξής πλεονεκτήματα:

- απλή μορφή
- μικρότερο κόστος
- μειωμένη ή και καθόλου ανάγκη σε ψυκτικό υγρό
- υψηλότερο ολικό βαθμό απόδοσης (η), (περίπου 85 %), κυρίως διότι δεν αποβάλλεται θερμότητα στο περιβάλλον μέσω ψυκτών.

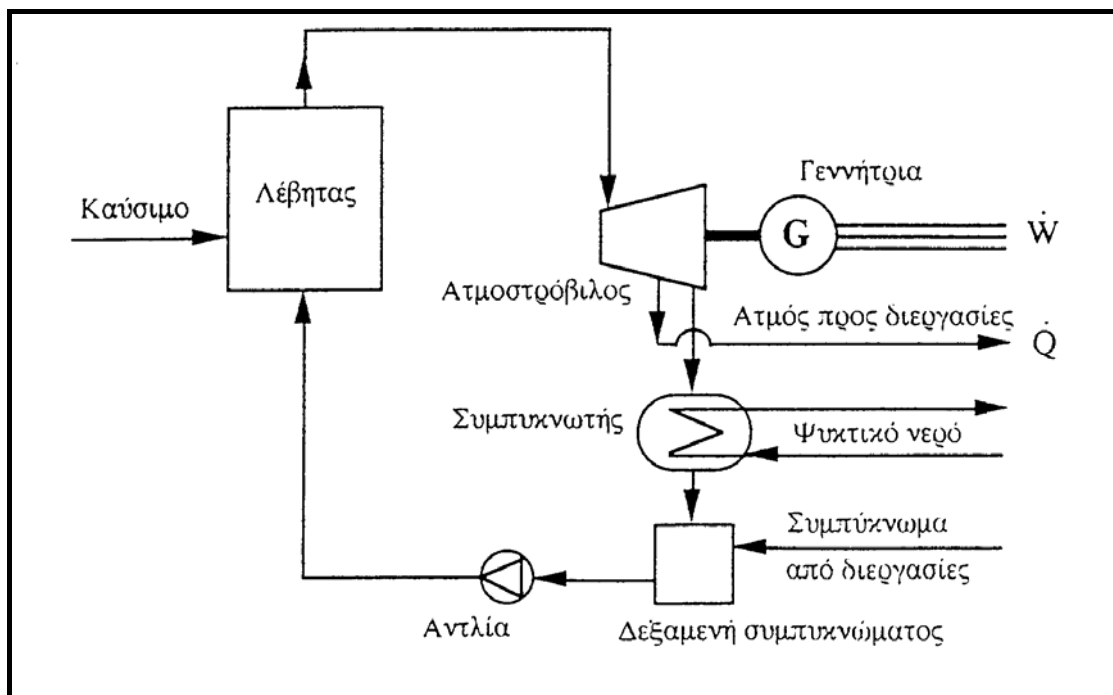
Έχει, όμως, το σημαντικό μειονέκτημα ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την απαιτούμενη θερμότητα. Κατά συνέπεια

α) είναι αδύνατη η ανεξάρτητη λειτουργία του ατμοηλεκτρικού σταθμού από το δίκτυο θερμάνσεως, και

β) είναι αναγκαία η αμφίδρομη σύνδεση με το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού για την κάλυψη πρόσθετων αναγκών ή για τη διοχέτευση περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας. Η τιμή του λόγου ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR) παραμένει περίπου σταθερή κατά τη μεταβολή του φορτίου.

7.3.2. Σύστημα συμπαράγωγής με ατμοστρόβιλο απομαστεύσεως

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με τρόπο όμοιο μ' αυτόν που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο. Η διαφορά έγκειται στο ότι σ' αυτήν την περίπτωση μέρος του ατμού απομαστεύεται (εξάγεται) από μία ή περισσότερες ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου στις επιθυμητές πιέσεις, ενώ ο υπόλοιπος εκτονώνεται μέχρι την πίεση του συμπυκνωτή που είναι της τάξης των 0,05 - 0,10 bar, (σχ. 7.7).



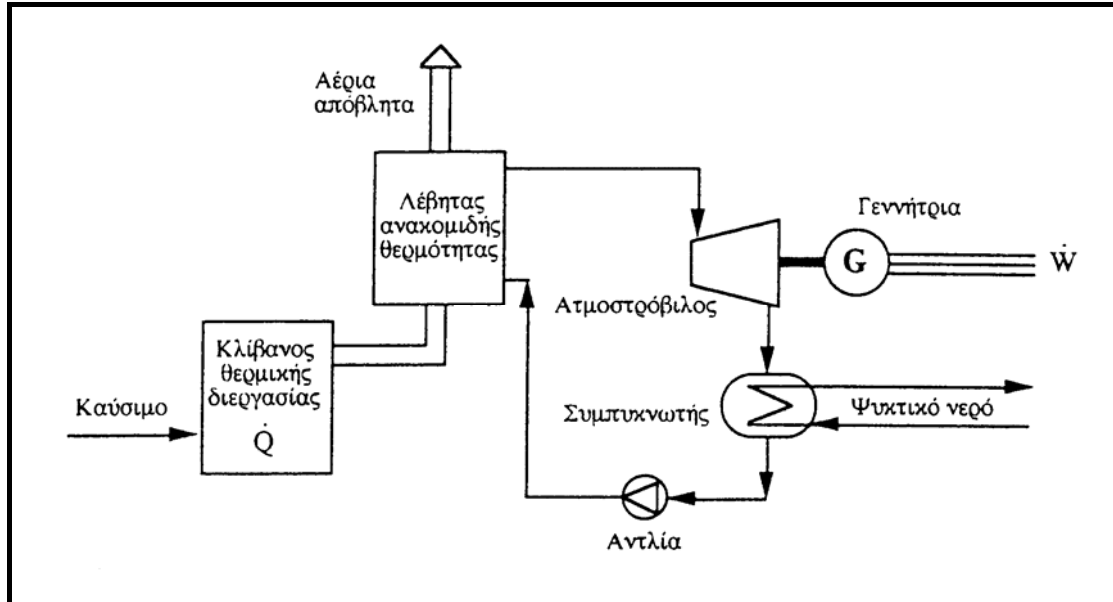
Σχήμα 7.7. Σύστημα συμπαράγωγής με ατμοστρόβιλο απομαστεύσεως

Τα συστήματα απομαστεύσεως μειονεκτούν στο ότι είναι ακριβότερα και έχουν μικρότερο ολικό βαθμό απόδοσης (η), (περίπου 80 %), από τα συστήματα αντιθλίψεως, λόγω της αποβολής θερμότητας στον συμπυκνωτή ατμού. Όμως πλεονεκτούν λόγω της δυνατότητας ανεξάρτητης (εντός ορισμένων ορίων) ρυθμίσεως της ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος και συνεπώς της μεταβλητής τιμής του λόγου ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR). Αυτό επιτυγχάνεται με ρύθμιση της ολικής παροχής ατμού και επομένως της παροχής ατμού προς το συμπυκνωτή.

7.3.3. Συστήματα συμπαράγωγής με ατμοστρόβιλο σε κύκλο βάσεως

Αρκετές βιομηχανίες (π.χ. χαλυβουργεία, υαλουργεία, κεραμουργεία, εργοστάσια σκυροδέματος, εργοστάσια αλουμινίου, διυλιστήρια πετρελαίου, κ.λ.π.) έχουν αέρια

απόβλητα υψηλής θερμοκρασίας. Κατόπιν της θερμικής διεργασίας, τα αέρια αυτά κατευθύνονται σε λέβητα ανάκτησης θερμότητας, όπου παράγεται ατμός ο οποίος δίνει κίνηση σε μια ατμοστροβιλογεννήτρια. Καταυτόν τον τρόπο η μονάδα παραγωγής θερμότητας μετατρέπεται σε σύστημα συμπαράγωγής με κύκλο βάσεως ατμού (σχ. 7.8).



Σχήμα 7.8. Σύστημα συμπαράγωγής με κύκλο βάσεως ατμού

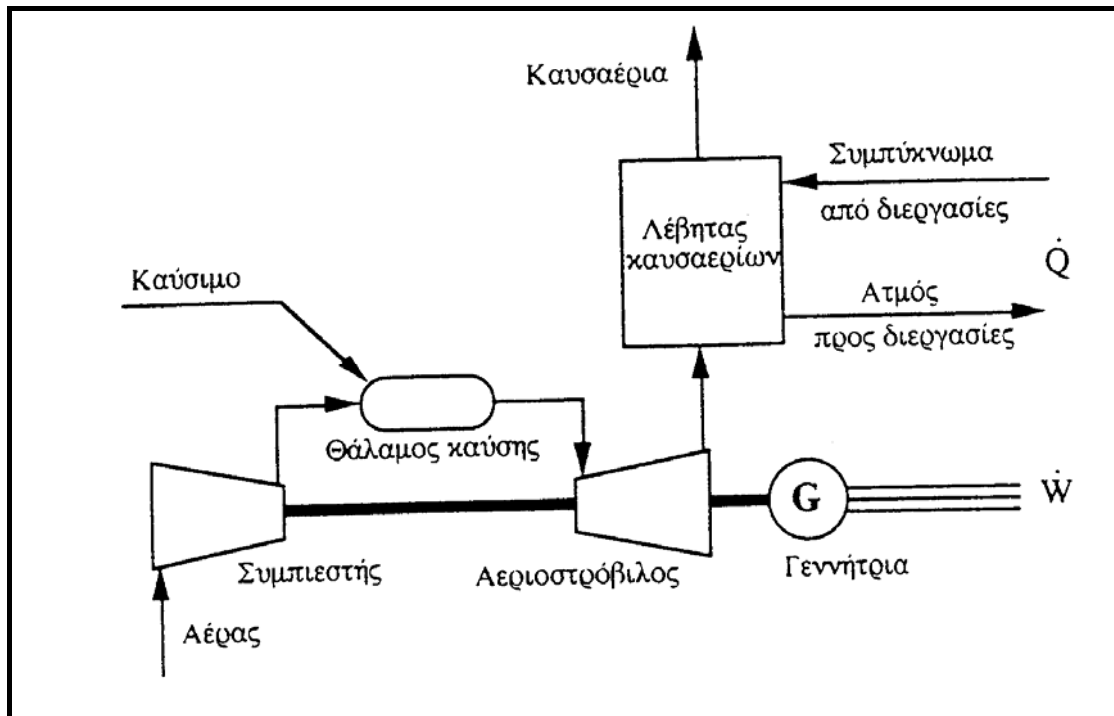
Τυπική περιοχή τιμών του ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης (η_e) είναι 5 - 15% ο οποίος είναι αρκετά μικρός. Επισημαίνεται, όμως, ότι ο παραγόμενος ηλεκτρισμός προέρχεται από θερμότητα που διαφορετικά θα χανόταν, κι επομένως δεν συνεπάγεται πρόσθετη πρόσθετη κατανάλωση καυσίμου.

7.4. Συστήματα Αεριοστροβίλου

Υπάρχουν δύο βασικές διατάξεις αεριοστροβίλων, οι ανοικτού και κλειστού κύκλου.

7.4.1. Συστήματα αεριοστροβίλου ανοικτού κύκλου

Οι αεριοστροβιλικές μονάδες ανοικτού κύκλου, οι οποίες είναι περισσότερο διαδεδομένες, αποτελούνται από έναν αεριοστρόβιλο και ένα μειωτήρα με τον οποίο δίνεται η κίνηση σε μία ηλεκτρογεννήτρια. Αέρας αναρροφάται από την ατμόσφαιρα, συμπιέζεται και οδηγείται στο θάλαμο καύσεως. Στη συνέχεια τα καυσαέρια οδηγούνται στον αεριοστρόβιλο όπου εκτονώνονται, απελευθερώνοντας ενέργεια με την οποία κινείται η ηλεκτρογεννήτρια, και διαφεύγουν από αυτόν σε θερμοκρασία 300 - 600 °C (σχ. 7.9).



Σχήμα 7.9. Σύστημα συμπαράγωγής με αεριοστρόβιλο ανοικτού κύκλου

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι εκμετάλλευσης της θερμότητας των καυσαερίων:

- Άμεση χρήση τους σε θερμικές διεργασίες (θέρμανση, ξήρανση κ.τ.λ.).
- Διοχέτευση τους σε μονάδες ανακτήσεως θερμότητας, οι οποίες ονομάζονται λέβητες ανάκτησης θερμότητας ή απλώς λέβητες καυσαερίων. Σ' αυτούς παράγεται ατμός υψηλού βαθμού, ο οποίος είναι κατάλληλος για παραγωγικές διεργασίες, όπως θερμικές, αλλά και για κίνηση ατμοστρόβιλου (συνδεδεμένου με γεννήτρια ή κάποιο άλλο μηχάνημα), στην τελευταία περίπτωση πρόκειται για σύστημα συνδυασμένου κύκλου, που περιγράφουμε εκτενέστερα σε επόμενη παράγραφο.

Στους προαναφερθέντες τρόπους είναι δυνατή η αύξηση του θερμικού περιεχομένου των καυσαερίων, και επομένως της αποδιδόμενης θερμότητας, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε οξυγόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με την παρεμβολή ενός καυστήρα ανάμεσα στον αεριοστρόβιλο και στο λέβητα ανακτήσεως θερμότητας, όπου, με την τροφοδοσία επιπλέον καυσίμου ολοκληρώνεται η δέσμευση της περίσσειας του οξυγόνου, δημιουργώντας καλύτερες συνθήκες καύσεως και βελτιώνοντας την ολική απόδοση του συστήματος (σχ. 7.10).



Σχήμα 7.10. Σύστημα συμπαράγωγής με αεριοστρόβιλο

Τα συστήματα συμπαράγωγής με αεριοστρόβιλο ανοικτού κύκλου έχουν ισχύ από 100 kW έως 100 MW. Συναγωνίζονται, για εφαρμογές μεσαίου μεγέθους εγκαταστημένης ισχύος (~10 MW) τις μεγάλες μηχανές εσωτερικής καύσεως και τους ατμοστρόβιλους. Λειτουργούν συνήθως με φυσικό αέριο ή ελαφρά αποστάγματα πετρελαίου (π.χ. καύσιμο Diesel). Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν καύσιμα αέρια, που παράγονται, π.χ. κατά την καταλυτική σχάση υδρογονανθράκων σε διυλιστήρια πετρελαίου. Χρειάζεται, όμως, μεγάλη προσοχή, διότι τα πτερύγια του αεριοστρόβιλου είναι εκτεθειμένα στα προϊόντα της καύσεως. Τα προϊόντα αυτά πρέπει να μην περιέχουν συστατικά που προκαλούν διάβρωση, ενώ τα στερεά σωματίδια τους πρέπει να είναι αρκετά μικρού μεγέθους, ώστε να μην προκαλούν φθορά κατά την πρόσκρουσή τους στα πτερύγια. Εάν τα καυσαέρια εμπεριέχουν τέτοιου είδους συστατικά, πρέπει να καθαρίζονται με ειδικές διατάξεις πριν οδηγηθούν στον αεριοστρόβιλο. Είναι επίσης πιθανόν να απαιτείται καθαρισμός του καυσίμου πριν από την εισαγωγή του στον θάλαμο καύσεως.

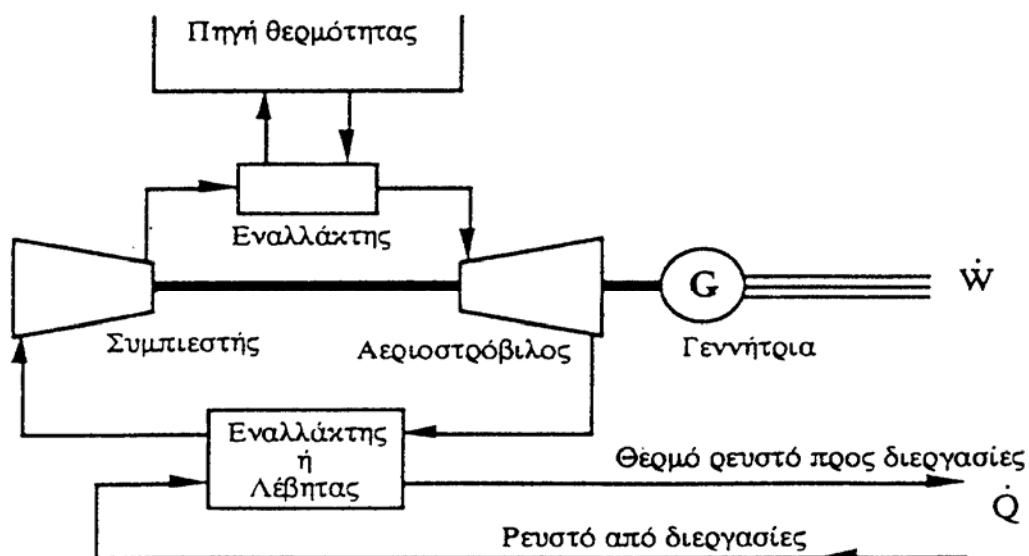
Τα συστήματα αεριοστρόβιλου ανοικτού κύκλου έχουν το μειονέκτημα του μικρού βαθμού απόδοσης (η_e) στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (25 - 35 % και σύγχρονες προηγμένες μονάδες 40 %), διότι απαιτείται σημαντική ισχύς για την κίνηση του συμπιεστή, ενώ η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι υψηλή. Λόγω, όμως, αυτής της υψηλής θερμοκρασίας των καυσαερίων οι μονάδες αυτές καθίστανται ιδανικές για συμπαράγωγή, με την οποία αυξάνεται ο ολικός βαθμός απόδοσης (η) στο 60 - 80 % (ελαφρώς χαμηλότερος αυτού των συστημάτων με ατμοστρόβιλο). Ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης (η_e), συγκρινόμενος με αυτόν των συστημάτων ατμοστρόβιλου, είναι

υψηλότερος τόσο στο πλήρες όσο και σε μερικό φορτίο, αλλά η μείωση του σε μερικό φορτίο είναι πιο έντονη. Επίσης ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR) είναι υψηλότερος. Ο κύκλος αερίου με αναγεννητική προθέρμανση του αέρα, (δηλ. με χρήση των καυσαερίων για προθέρμανση του αέρα καύσεως), έχει υψηλότερο ηλεκτρικό (η_e) αλλά χαμηλότερο ολικό (η) βαθμό απόδοσης από ότι ο απλός κύκλος.

Ο χρόνος εγκατάστασής των συστημάτων συμπαράγωγής με αεριοστρόβιλο κυμαίνεται από 9 - 14 μήνες, για ισχύ μέχρι τα 10MW, και φθάνει τα δύο έτη για μονάδες μεγαλύτερης ισχύος. Η αξιοπιστία και η μέση ετήσια διαθεσιμότητα συστημάτων αεριοστρόβιλου που χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο, είναι συγκρίσιμες με εκείνες των συστημάτων ατμοστρόβιλου. Οι μονάδες που χρησιμοποιούν υγρό καύσιμο απαιτούν πιο συχνές συντηρήσεις, με συνέπεια τη χαμηλότερη διαθεσιμότητα. Η ωφέλιμη διάρκεια ζωής είναι 15 - 20 έτη, υπάρχει, όμως, ο κίνδυνος να μειωθεί δραστικά με τη χρήση ακατάλληλου καύσιμου, κακής ποιότητας, ή την ανεπαρκή συντήρηση.

7.4.2. Συστήματα αεριοστρόβιλου κλειστού κύκλου

Στα συστήματα κλειστού κύκλου το εργαζόμενο μέσο (συνήθως ήλιο ή αέρας) κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα. Αυτό θερμαίνεται μέχρι την κατάλληλη θερμοκρασία σε εναλλάκτη θερμότητας, πριν από την είσοδό του στον αεριοστρόβιλο, και ψύχεται μετά την έξοδο του από αυτόν (σχ. 7.11).



Σχήμα 7.11. Σύστημα συμπαράγωγής με αεριοστρόβιλο κλειστού κύκλου

Αυτή η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα ότι το ρευστό διατηρείται καθαρό, καθώς δε συμμετέχει στην καύση, και επομένως αποφεύγεται η μηχανική και χημική διάβρωση του

αεριοστρόβιλου από τα προϊόντα της καύσεως. Η εξωτερική καύση επιτρέπει τη χρήση οποιοδήποτε καυσίμου όπως άνθρακα, απόβλητα βιομηχανιών ή πόλεων, βιομάζας, υγρών ή αέριων καυσίμων παραγόμενων από βιομάζα, κ.λ.π.

Άλλα πλεονεκτήματα των συστημάτων αεριοστρόβιλου κλειστού κύκλου είναι η τουλάχιστον ίση αξιοπιστία με εκείνη των συστημάτων ανοικτού κύκλου, καθώς και η υψηλότερη διαθεσιμότητα τους χάρη στις μικρότερες απαιτήσεις συντηρήσεως, λόγω της καθαρότητας του εργαζόμενου ρευστού. Ακόμη, ενώ ο ολικός βαθμός (η) απόδοσης και ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR) βρίσκονται περίπου στα ίδια επίπεδα, με εκείνους των συστημάτων ανοικτού κύκλου, πλεονεκτούν στο ότι ο ηλεκτρικός βαθμός (η_e) απόδοσης όχι μόνον δε μειώνεται αλλά ενδεχομένως μπορεί και να αυξηθεί με την ύπαρξη αναγεννητικής προθερμάνσεως του εργαζόμενου μέσου. Ο ολικός βαθμός (η) απόδοσης σε μερικό φορτίο εξαρτάται κυρίως από το βαθμό απόδοσης της πηγής της θερμότητας.

7.5. Συστήματα με Μηχανή Εσωτερικής Καύσεως

Οι Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως (Μ.Ε.Κ.) χρησιμοποιούνται συνήθως για χαμηλής ισχύος συστήματα συμπαράγωγής (περιοχή ισχύος 20 - 200kW), ενώ για μεγαλύτερες επιδώσεις προτιμούνται οι αεριοστρόβιλοι. Ως ΜΕΚ χρησιμοποιούνται επί το πλείστον τροποποιημένες μονάδες κινητήρων οχημάτων ισχύος 15 - 80 kW.

Διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- α. μονάδες πολύ μικρής ισχύος με αεριομηχανή (15 - 250 kW) ή κινητήρα Diesel αυτοκινήτων (75 - 250 kW),
- β. μονάδες μικρής κλίμακας με αεριομηχανή ή κινητήρα Diesel ισχύος έως 1000 kW,
- γ. συστήματα μέσης ισχύος με αεριομηχανή ή κινητήρα Diesel ισχύος έως 6000 kW,
- δ. συστήματα μεγάλης ισχύος με κινητήρα Diesel άνω των 6000 kW.

Ως αεριομηχανές (gas engines) εννοούνται οι παλινδρομικές Μ.Ε.Κ. που λειτουργούν με αέριο, π.χ. φυσικό αέριο, βιοαέριο κ.τ.λ. Οι εμπορικά διαθέσιμοι τύποι αεριομηχανών είναι οι ακόλουθοι:

- Βενζινοκινητήρες αυτοκινήτων που έχουν μετατραπεί σε αεριομηχανές.

Είναι συνήθως μικρές μηχανές (ισχύος 15 - 80 kW), ελαφριές, με μεγάλη συγκέντρωση ισχύος. Η μετατροπή πολύ λίγο επηρεάζει το βαθμό απόδοσης, ενώ μειώνει την ισχύ κατά

15-20 %. Το κόστος κτήσης τους είναι χαμηλό, αλλά η διάρκεια ζωής τους είναι σχετικά μικρή (10.000 – 30.000 ώρες λειτουργίας).

- Κινητήρες Diesel αυτοκινήτων που έχουν μετατραπεί σε αεριομηχανές.

Έχουν ισχύ μέχρι 200 kW. Η μετατροπή συνήθως δεν προκαλεί μείωση της ισχύος, καθώς υπάρχει περιθώριο μειώσεως της περίσσειας αέρα. Η μετατροπή επιτυγχάνεται με τροποποιήσεις των εμβόλων, των κεφαλών και του μηχανισμού βαλβίδων, που επιβάλλονται διότι η έναυση δε γίνεται πλέον με απλή συμπίεση αλλά με σπινθηριστή.

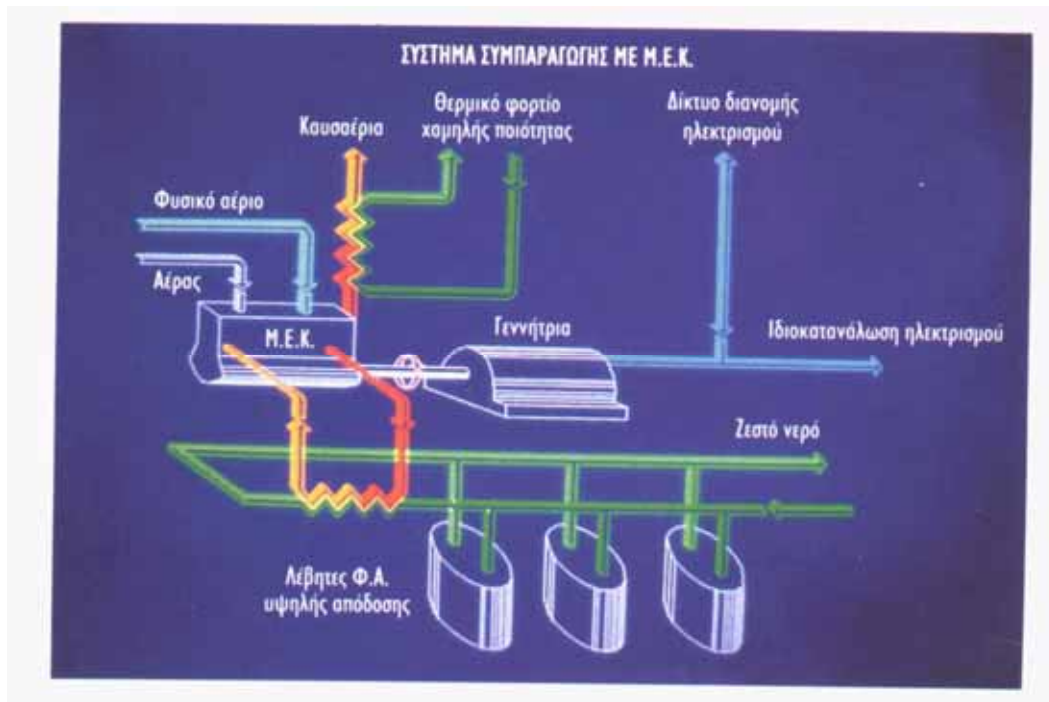
- Σταθερές μηχανές (stationary engines)

Σε αντιδιαστολή με τις μηχανές π.χ των αυτοκινήτων που είναι μεταφερόμενες), που έχουν μετατραπεί σε αεριομηχανές ή που εξ' αρχής έχουν σχεδιαστεί ως αεριομηχανές. Είναι βαριές και στιβαρές, ισχύος έως 3.000 kW. Έχουν μειωμένες απαιτήσεις συντηρήσεως αλλά αυξημένο κόστος αγοράς και ενδείκνυνται για συνεχή λειτουργία σε μεγάλα φορτία.

- Σταθερές μηχανές διπλού καυσίμου.

Το καύσιμο αποτελείται κατά 90 % από φυσικό αέριο, η έναυση του οποίου δεν γίνεται με σπινθηριστή αλλά με έγχυση υγρού καυσίμου Diesel (που είναι το υπόλοιπο 10 % της προσφερόμενης ενέργειας). Είναι κινητήρες ισχύος μέχρι 6000 kW και πλεονεκτούν επειδή μπορούν να λειτουργήσουν είτε με φυσικό αέριο είτε με καύσιμο Diesel, προσφέροντας μεγαλύτερη ανεξαρτησία. Αυτό βεβαίως συνεπάγεται αύξηση του κόστους αγοράς και των δαπανών συντήρησης.

Η εκμεταλλεύσιμη θερμότητα από τη Μ.Ε.Κ. προέρχεται κυρίως από την υψηλή ενθαλπία των καυσαερίων, το χιτώνιο της μηχανής και το σύστημα ψύξεως των λιπαντικών. Ακόμη, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τη θερμότητα που προέρχεται από τα συστήματα ψύξεως των υπολοίπων ρευστών που έχουν σχέση με τη λειτουργία της μηχανής, δηλαδή του κλειστού κυκλώματος ψύξεως του κινητήρα και του αέρα υπερπληρώσεως, με χρήση κατάλληλων εναλλακτών θερμότητας. Μια τυπική διάταξη ενός συστήματος Σ.Η.Θ. με παλινδρομική Μ.Ε.Κ. φαίνεται στο σχήμα 7.12.



Σχήμα 7.12. Σύστημα συμπαράγωγής μικρής κλίμακας με μηχανή εσωτερικής καύσεως

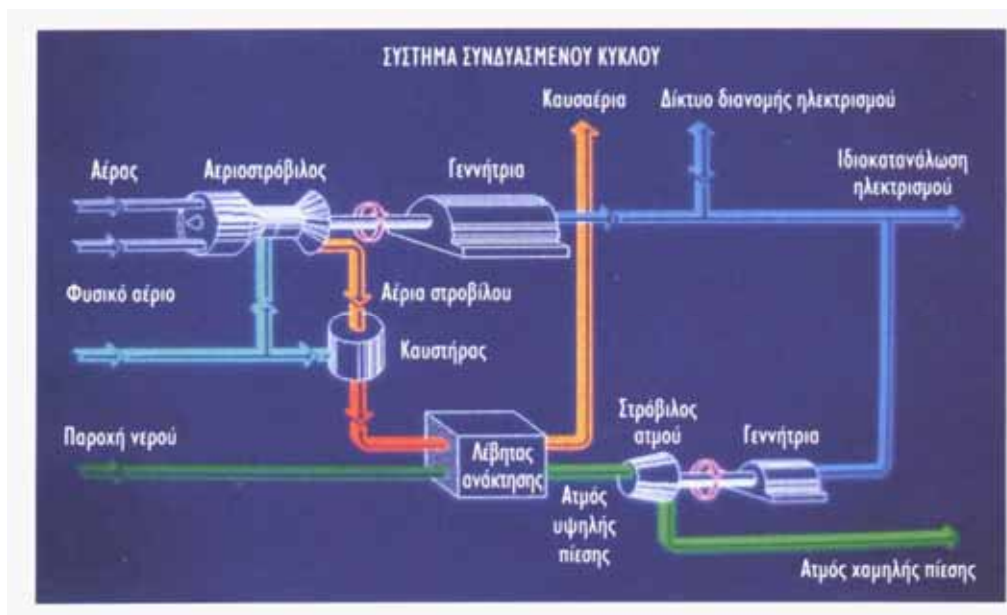
Τα συστήματα συμπαράγωγής σχεδιάζονται κατά κανόνα για να παράγουν ικανή ποσότητα θερμικού φορτίου, ώστε να καλύπτεται το θερμικό φορτίο βάσεως. Για την αποφυγή της υπερδιαστασιολόγησης της Μ.Ε.Κ. προκειμένου να καλυφθούν ανάγκες για συμπληρωματική θερμότητα (θερμικά φορτία αιχμής) επιλέγεται συνήθως η λύση πρόσθετου λέβητα καυσίμου υψηλής απόδοσης. Ο έλεγχος της λειτουργίας ολόκληρου του θερμικού συστήματος πραγματοποιείται με ένα ειδικό σύστημα αυτόματου ελέγχου - ρυθμίσεως, το οποίο θεωρεί το σύστημα συμπαράγωγής σαν το "λέβητα οδηγό" και προχωρεί στις κατάλληλες ρυθμίσεις, ώστε η παραγόμενη θερμότητα να ικανοποιεί τη ζήτηση. Όταν δεν επαρκεί η θερμότητα που παράγεται στο μέγιστο της λειτουργίας της Μ.Ε.Κ., τότε το σύστημα δίνει εντολή εκκινήσεως σε έναν ή περισσότερους λέβητες. Η ολική απόδοση του συστήματος μπορεί να βελτιωθεί περισσότερο με την εγκατάσταση ενός δεύτερου εναλλάκτη θερμότητας - συμπυκνωτή (βοηθητικού λέβητα), για την περαιτέρω ανάκτηση θερμότητας από τα καυσαέρια.

Επειδή ο έλεγχος και η ρύθμιση ενός συστήματος με Μ.Ε.Κ. βασίζεται στη ζήτηση του θερμικού φορτίου, η ηλεκτρική ισχύς που παράγεται παρουσιάζει πολλές διακυμάνσεις. Η επιπλέον ηλεκτρική ισχύς που απαιτείται καλύπτεται μέσω του δικτύου της εταιρίας διανομής. Δηλαδή η αγοραζόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι πλέον μειωμένη, αφήνοντας μεγάλα περιθώρια οικονομιών

Ο ηλεκτρικός βαθμός (η_e) απόδοσης μικρών και μεσαίων κινητήρων είναι 35 - 45%, ενώ σε σύγχρονους μεγάλους κινητήρες φθάνει το 50 %. Ο ολικός βαθμός (η) απόδοσης του συστήματος συμπαράγωγής με εμβολοφόρο κινητήρα εσωτερικής καύσεως βρίσκεται στην περιοχή του 80 %. Δύο από τα πλεονεκτήματα των συστημάτων αυτών είναι ότι ο ηλεκτρικός βαθμός (η_e) απόδοσης, εκτός του ότι είναι υψηλός, επηρεάζεται πολύ λίγο από τις μεταβολές του φορτίου, ενώ η απόκριση του συστήματος στις μεταβολές φορτίου είναι ταχύτατη. Η διάρκεια ζωής του συστήματος είναι 15 - 20 έτη και εξαρτάται από το μέγεθος της μονάδος, την ποιότητα του καυσίμου και την ποιότητα της συντηρήσεως. Οι παλινδρομικοί κινητήρες απαιτούν τακτικότερη συντήρηση απ' ό,τι τα προηγούμενα συστήματα, με αποτέλεσμα να έχουν μικρότερη μέση ετήσια διαθεσιμότητα (80 - 90 %).

7.6. Συστήματα Συνδυασμένου Κύκλου

Ο όρος "συνδυασμένος κύκλος" αναφέρεται σε συστήματα με δύο θερμοδυναμικούς κύκλους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο εργαζόμενο μέσο και λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Ο κύκλος υψηλής θερμοκρασίας (κορυφής) αποβάλλει θερμότητα, που ανακτάται και χρησιμοποιείται από τον κύκλο χαμηλής θερμοκρασίας (βάσεως) για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, αυξάνοντας έτσι το βαθμό απόδοσης. Η τεχνική συμπαράγωγής με το σύστημα συνδυασμένου κύκλου αποτελεί μία παραλλαγή αυτής του αεριοστρόβιλου, που βρίσκει εφαρμογή στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Σχ. 7.13).



Σχήμα 7.13. Σύστημα ηλεκτροπαραγωγής συνδυασμένου κύκλου

Η διαφορά της συνίσταται στο ότι ο ατμός που παράγεται στη μονάδα ανακτήσεως τροφοδοτείται σε ατμοστρόβιλο και με τον τρόπο αυτόν παράγεται επιπρόσθετη ηλεκτρική ισχύς, ενώ τα θερμικά φορτία που απομένουν, στην έξοδο του ατμοστρόβιλου, και τα οποία βρίσκονται με τη μορφή ατμού χαμηλής πίεσεως, είναι κατάλληλα για ορισμένες διεργασίες.

Η ολική απόδοση των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου υπερέρχει αισθητά των αποδόσεων των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιούν συμβατικές τεχνολογίες. Η ισχύς τους κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 20 - 400 MW, ενώ κατασκευάζονται επίσης και μικρότερες μονάδες ισχύος 4 - 11 MW. Ο ολικός βαθμός (η) απόδοσης είναι 70 - 85%, ενώ ο ηλεκτρικός (η_e) βρίσκεται συνήθως στην περιοχή του 35 - 45%. Η συγκέντρωση ισχύος (ισχύς ανά μονάδα όγκου) των συστημάτων αυτών είναι υψηλότερη από αυτήν των συστημάτων απλού κύκλου αεριοστρόβιλου ή ατμοστρόβιλου. Η λειτουργία σε μερικό φορτίο έχει αρνητική επίδραση στο βαθμό απόδοσης του συστήματος. Η υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου στα καυσαέρια του αεριοστρόβιλου (~ 17 %) επιτρέπει την καύση συμπληρωματικού καυσίμου στο λέβητα καυσαερίων, εάν κριθεί αναγκαία, για την αύξηση ισχύος του συστήματος. Η συμπληρωματική καύση αυξάνει το βαθμό ισχύος του συστήματος κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο, αλλά κάνει την εγκατάσταση σημαντικά πιο περίπλοκη. Ακόμη, τα συστήματα συνδυασμένου κύκλου έχουν τη δυνατότητα παραγωγής ατμού μέσης και υψηλής ενθαλπίας. Ως προς τα καύσιμα ισχύει ότι έχει αναφερθεί για τα συστήματα αεριοστρόβιλου.

Ο χρόνος εγκατάστασής τους είναι 2 - 3 έτη, η ολοκλήρωση της εγκατάστασης είναι, ωστόσο, δυνατή σε δύο στάδια. Αρχικά εγκαθίσταται η μονάδα αεριοστρόβιλου, η οποία μπορεί να παραδοθεί για λειτουργία σε 12 - 18 μήνες, και ενώ αυτή λειτουργεί μπορεί να συμπληρωθεί το σύστημα με τη μονάδα ατμοστρόβιλου. Οι σύγχρονες γενιές αεριοστρόβιλων φυσικού αερίου λειτουργούν με πίεση καυσίμου 20 bar, που προϋποθέτει την ύπαρξη συμπιεστή, με συνεπαγόμενη απορρόφηση ισχύος και αύξηση του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας. Η αξιοπιστία των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου είναι 80 - 85 %, η μέση ετήσια διαθεσιμότητα 77 - 85 % και ο ωφέλιμος χρόνος ζωής 15 - 25 έτη.

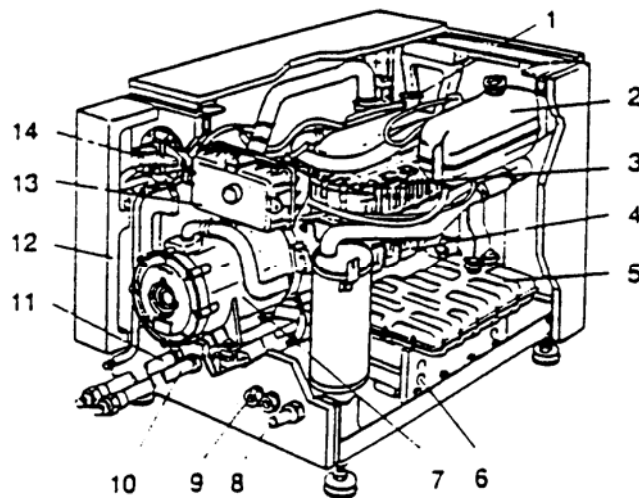
7.7. Τυποποιημένες Μικρές Μονάδες Συμπαράγωγής

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια η διαθεσιμότητα στην αγορά τυποποιημένων μονάδων σε μορφή έτοιμου προς εγκατάσταση «πακέτου», γνωστών και με το όνομα ``συστήματα συμπαράγωγής μικρής κλίμακας`` (small - scale cogeneration

system), ηλεκτρικής ισχύος 10 - 1000 kW. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- χαμηλό κόστος,
- μικρό όγκο,
- εύκολη εγκατάσταση (αρκεί απλώς η σύνδεση τους με το υδραυλικό και ηλεκτρικό δίκτυο),
- αυτοματοποιημένη λειτουργία χωρίς τη συνεχή παρακολούθηση από εξειδικευμένο προσωπικό.

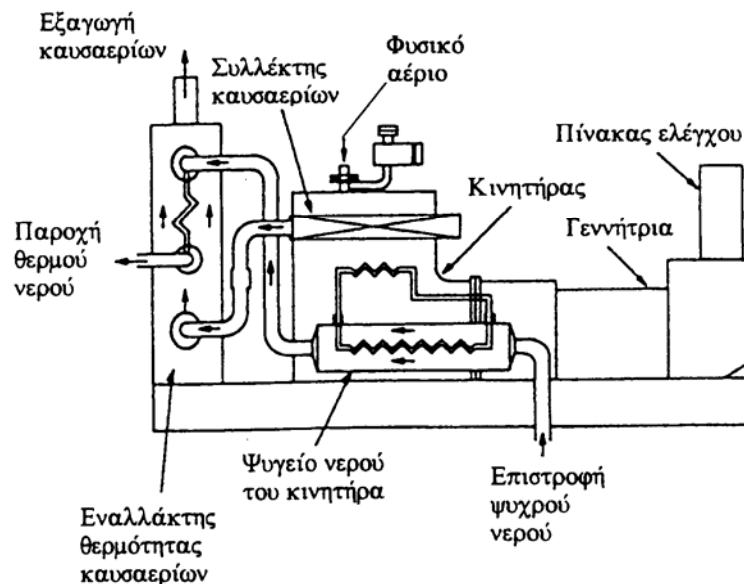
Οι μονάδες αυτές διατίθενται συνήθως με κινητήρα Diesel, ενώ για ισχύ μικρότερη των 100 kW είναι δυνατή η χρήση κινητήρα Otto και για ισχύ άνω των 600 kW η χρήση αεριοστροβίλου. Μπορούν να λειτουργήσουν με υγρό ή αέριο καύσιμο. Στο σχήμα 7.14 παρουσιάζεται μια τυπική μονάδα μικρής ισχύος, ενώ στο σχήμα 7.15 παρουσιάζεται μια μονάδα μεγαλύτερης ισχύος. Για το διάγραμμα ροής με τις παρατηρήσεις που το συνοδεύουν ισχύουν όσα έχουν για τα συστήματα με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσεως.



1	Κινητήρας Fiat 127	8	Εξαγωγή καυσαερίου
2	Δοχείο νερού	9	Ηλεκτρική σύνδεση
3	Εναλλάκτης καυσαερίων/νερού	10	Εξαγωγή θερμού νερού
4	Εναλλάκτης λαδιού/νερού	11	Εισαγωγή κρύου νερού
5	Ελαιολεκάνη	12	Θερμική και ηχητική μόνωση
6	Εναλλάκτης νερού/νερού	13	Εισαγωγή αέρα
7	Ηλεκτρογεννήτρια	14	Εισαγωγή φυσικού αερίου

Σχήμα 7.14. Τυποποιημένη μονάδα συμπαράγωγής Fiat TOTEM 15 kW

Τα πακέτα συμπαράγωγής με κινητήρα Diesel παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις εφαρμογές του εμπορικού - κτιριακού τομέα. Το 27 - 35 % της προσφερόμενης ενέργειας καταναλώνεται στην παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ το 50 - 55 % στη θέρμανση. Επομένως, ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR) είναι 0,5 - 0,7, ενώ ο ολικός βαθμός απόδοσης (η) φθάνει το 80 %. Όσο αναφορά την αξιοπιστία και τη διαθεσιμότητα των μονάδων αυτών υπολογίζεται ότι φτάνει το 90 %. Σημαντική συμβολή στην εμπορική επιτυχία των συστημάτων έχει ο υψηλός βαθμός αυτοματισμού του έλεγχος της λειτουργίας τους. Ακόμη, η τηλεματική παρακολούθηση της λειτουργίας τους επιτρέπει τη μείωση των δαπανών συντήρησης, καθιστώντας περιττή την ύπαρξη σε σταθερή βάση προσωπικού ελέγχου.



Σχήμα 7.15. Σχηματική απεικόνιση μιας τυποποιημένης μονάδας συμπαράγωγής με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσεως

7.8. Άλλα συστήματα συμπαράγωγής

Τα συστήματα Σ.Η.Θ. που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους αποτελούν την πλειοψηφία των συστημάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα. Υπάρχουν, ωστόσο, μία σειρά από τεχνολογικές λύσεις που παρουσιάζουν ενδιαφέρον, χωρίς ακόμη να έχουν επιτύχει εμπορικά, είτε για λόγους κόστους είτε επειδή δεν έχει ακόμη επιτευχθεί ένας επαρκής βαθμός τεχνικής ωριμότητας. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζονται συνοπτικά στις επόμενες παραγράφους.

7.8.1. Κύκλοι Βάσεως με Οργανικά Ρευστά

Η παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας με ανάκτηση θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας (80 - 300 °C) είναι δυνατή, εάν αντί του νερού ως εργαζόμενο μέσο χρησιμοποιηθούν οργανικά ρευστά, π.χ. τολουένη, τα οποία έχουν θερμοκρασία βρασμού αρκετά χαμηλότερη από εκείνη του νερού. Έτσι θα μπορέσουν να αξιοποιηθούν πηγές θερμότητας όπως η ηλιακή ενέργεια, τα βιομηχανικά απόβλητα, η γεωθερμική ενέργεια, τα καυσάερια ή η θερμότητα ψύξεως μηχανών, κ.λ.π.

Η ισχύς των συστημάτων αυτών κυμαίνεται στην περιοχή 2 kW - 10 MW. Ο ηλεκτρικός βαθμός (η_e) απόδοσης είναι μικρός και εξαρτάται από τη θερμοκρασία στην οποία είναι διαθέσιμη η θερμότητα. Για θερμοκρασίες 75 - 425 °C κυμαίνεται στην περιοχή 5 - 30%, συνήθως από 10 έως 20%. Η παραγωγή, όμως, της πρόσθετης ισχύος γίνεται χωρίς επιπρόσθετη κατανάλωση καυσίμου. Από κατασκευαστικής πλευράς, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην επιλογή των υλικών, τα οποία πρέπει να έχουν ισχυρή αντιδιαβρωτική προστασία ώστε να αντέχουν στο οργανικό ρευστό, καθώς και στη στεγανότητα των στοιχείων του συστήματος, ώστε να μην παρουσιάζεται διαρροή του οργανικού ρευστού στην ατμόσφαιρα.

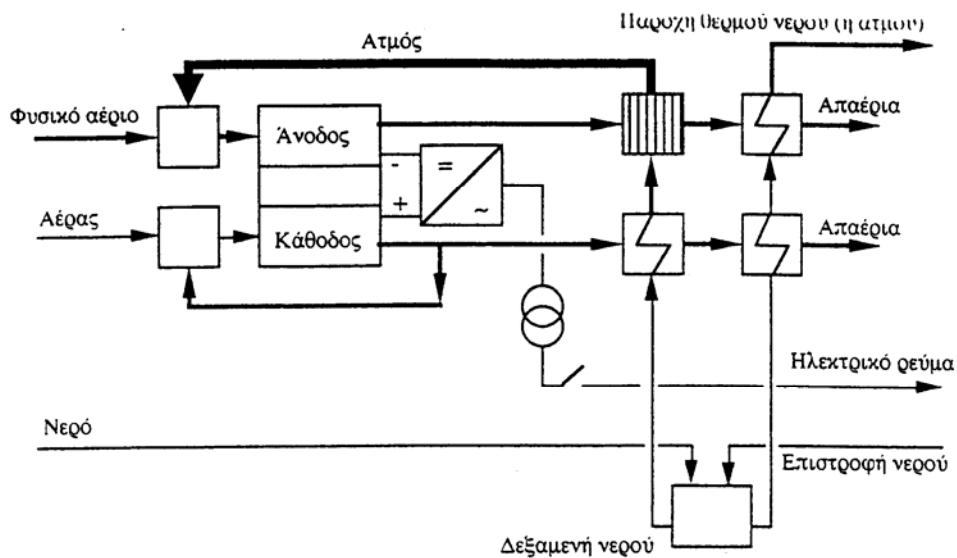
Ο χρόνος εγκαταστάσεως των μικρών συστημάτων (μέχρι 50 kW), και ιδιαίτερως εκείνων που είναι κατάλληλα για χρήση στον εμπορικό - κτιριακό τομέα, είναι 4 - 8 μήνες, ενώ για μεγαλύτερες μονάδες είναι 1 - 2 έτη. Όσο αναφορά για την αξιοπιστία των συστημάτων αυτών δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες, διότι η τεχνολογία αυτή είναι σχετικώς καινούργια. Εκτιμάται ότι η μέση ετήσια διαθεσιμότητα τους είναι 80 - 90 %, ενώ η αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 20 έτη.

7.8.2. Κυψέλες Καυσίμου (fuel cells)

Οι κυψέλες καυσίμου αποτελούν μία από τις πλέον ελπιδοφόρες ενεργειακές τεχνολογίες, για μία σειρά από τομείς εφαρμογών. Από τους διάφορους τύπους κυψελών καυσίμου, μόνον οι κυψέλες φωσφορικού οξέως (PAFC) έχουν αναπτυχθεί σε βαθμό που να είναι κατάλληλες για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και να είναι ήδη σήμερα εμπορικώς διαθέσιμες. Η θερμοκρασία λειτουργίας τους (περίπου 200 °C) περιορίζει τη θερμοκρασία της ανακτώμενης θερμότητας. Επειδή η χημική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται σε ηλεκτρική χωρίς την παρεμβολή θερμοδυναμικού κύκλου, ο βαθμός απόδοσης δεν περιορίζεται από εκείνον του κύκλου Carnot. Αν και θεωρητικά το άνω όριο είναι η μονάδα, ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης (η_e) των κυψελών φωσφορικού οξέος κυμαίνεται στην περιοχή του 37 - 45 %. Για φορτίο 50 %, ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης (η_e) είναι

ίσος ή και μεγαλύτερος από αυτόν σε πλήρες φορτίο. Ο ολικός βαθμός απόδοσης (η) φθάνει το 85 - 90 %, ενώ ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR) βρίσκεται στην περιοχή 0,8 - 1.

Οι κυψέλες τηγμένων ανθρακικών αλάτων (MCFC) και στερεού οξειδίου (SOFC) είναι θεωρητικά ακόμη πιο κατάλληλες για συμπαράγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας (της τάξεως των 600 °C) και αναμένεται ότι θα έχουν ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης της τάξης του 50 %. Ανάλογες διατάξεις έχουν μελετηθεί θεωρητικά (σχ. 7.16), παραμένουν όμως σε πειραματικό στάδιο.



Σχήμα 7.16: Σύστημα συμπαράγωγής με κυψέλη καυσίμου στερεού οξειδίου, κατάλληλο για εφαρμογές του εμπορικού τομέα

Οι κυψέλες καυσίμου είναι θεωρητικά κατάλληλες για συμπαράγωγή στο βιομηχανικό - εμπορικό - κτιριακό τομέα διαθέτοντας πλεονεκτήματα όπως η αρθρωτή (modular) δομή τους, η οποία διευκολύνει την κατασκευή μονάδων με την επιθυμητή ισχύ, η διατήρηση υψηλού ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης, ακόμη και σε μερικό φορτίο (δηλαδή φορτίο μικρότερο του ονομαστικού), οι χαμηλές εκπομπές ρύπων και η χαμηλή στάθμη θορύβου.

Εφόσον η τεχνολογία αυτή ωριμάσει τεχνικά και αποκτήσει ανταγωνιστικά στοιχεία κόστους θα αποτελέσει μία εξαιρετικά ενδιαφέρουσα προοπτική για τη συμπαράγωγή.

7.8.3. Μηχανές Stirling

Η συμπαράγωγή με μηχανές Stirling, παρότι μέχρι σήμερα δεν είναι ευρέως διαδεδομένη, αρχίζει να κερδίζει έδαφος λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν οι

μηχανές αυτές, σε σχέση με τα συστήματα κινητήρων Diesel, αεριοστροβίλων (κύκλος Joule) και ατμοστροβίλων (κύκλος Rankine), διότι ο κύκλος Stirling πλησιάζει προς τον κύκλο Carnot πολύ περισσότερο απ' ό,τι οι υπόλοιποι. Τα πλεονεκτήματα του είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης, η μεγαλύτερη ευελιξία στην επιλογή καυσίμου, η καλή συμπεριφορά σε συνθήκες μερικού φορτίου, οι χαμηλές εκπομπές ρύπων και η χαμηλή στάθμη θορύβου καθώς και κραδασμών. Επειδή η καύση είναι εξωτερική και ο κύκλος λειτουργίας τους κλειστός, τα κινούμενα μέρη του κινητήρα δεν εκτίθενται στα προϊόντα της καύσεως, με αποτέλεσμα να είναι περιορισμένες οι φθορές του. Απαιτούνται, όμως, πολύ αποτελεσματικές (και δύσκολα επιτεύξιμες) στεγανωτικές διατάξεις για την αποφυγή διαρροών, τόσο του αερίου υψηλής πίεσεως προς το εξωτερικό του κυλίνδρου, όσο και του λιπαντικού προς το εσωτερικό του κυλίνδρου. Η κατασκευή αποτελεσματικών διατάξεων στεγάνωσης με ικανοποιητική διάρκεια ζωής είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν.

Ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης (η_e) βρίσκεται στην περιοχή του 40 %, ενώ εκτιμάται ότι μπορεί να επιτευχθεί και 50 %. Η απόδοση διατηρείται σταθερή και σε μερικό φορτίο. Ο ολικός βαθμός απόδοσης (η) βρίσκεται στην περιοχή του 60 - 80 %, ενώ ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR) είναι 1,2 - 1,7. Καθώς τα συστήματα αυτά βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης, εκτιμάται ότι είναι δυνατή η επίτευξη τιμών διαθεσιμότητας και αξιοπιστίας που θα είναι συγκρίσιμες με αυτές των συστημάτων Diesel.

7.9. Θεσμικά και τιμολογιακά ζητήματα

Από τις προηγούμενες παραγράφους γίνεται φανερό ότι η συμπαράγωγή παρέχει στον καταναλωτή σημαντική δυνατότητα της κάλυψης των τελικών ενεργειακών του αναγκών με πολύ υψηλότερη θερμοδυναμική απόδοση απ' ό,τι οι παραδοσιακές μέθοδοι. Επομένως θα έπρεπε, λογικά, η ευρύτατη διάδοση των τεχνολογιών της συμπαράγωγής να εξαρτάται κυρίως από την οικονομικότητα των εμπορικά διαθέσιμων τεχνολογιών και η προσπάθεια να κατευθύνεται προς τη σταδιακή μείωση του κόστους των συστημάτων αυτών, ώστε να αυξάνει το επιχειρηματικό ενδιαφέρον.

Σε επίπεδο εφαρμογής, όμως, το ζήτημα διαφοροποιείται επειδή ο συμπαράγωγός είναι, εν μέρει τουλάχιστον, και παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας. Κι επειδή κατά κανόνα είναι διασυνδεδεμένος με το ηλεκτρικό δίκτυο, έρχεται υποχρεωτικά σε επαφή με τους φορείς παραγωγής και διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας. Αναπόφευκτα λοιπόν, η συμπαράγωγή εμπλέκεται στην έντονη συζήτηση που έχει αναπτυχθεί διεθνώς γύρω από τα θέματα της απελευθέρωσης της ηλεκτροπαραγωγής. Κεντρικά ζητήματα στη συζήτηση αυτή θεωρούνται οι όροι και οι περιορισμοί ανάπτυξης της Ιδιοπαραγωγής (autoproduc-

tion ή self-production), δηλαδή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εκ μέρους ενός χρήστη προς κάλυψη των δικών του αναγκών, καθώς και της Ανεξάρτητης Ηλεκτροπαραγωγής (independent electricity production), δηλαδή της εκτός ηλεκτρικών εταιρειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για εμπορική εκμετάλλευση.

Η μελέτη των νομοθετικών (θεσμικών, κανονιστικών, χρηματοδοτικών κ.λ.π.) ζητημάτων, που αφορούν την ανάπτυξη και διάδοση της συμπαραγωγής, έχει αποκτήσει επομένως ιδιαίτερη βαρύτητα. Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναλυθεί εν συντομία το υφιστάμενο στην Ελλάδα νομοθετικό πλαίσιο και θα παρουσιασθούν τα ουσιώδη σημεία της σχετικής επιχειρηματολογίας. Ο νόμος με τίτλο «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις», επαναπροσδιορίζει και τους όρους ανάπτυξης της συμπαραγωγής. Παρέχεται έτσι η δυνατότητα ανάλυσης και σχολιασμού και αυτού του νέου στοιχείου που εξελίσσει το σχετικό τοπίο στη χώρα μας.

7.9.1. Θεσμικά ζητήματα

Η εκτός ηλεκτρικών εταιρειών παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν προέρχεται κατ' ανάγκην από συμπαραγωγικές μονάδες, ούτε και η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από συμπαραγωγικές μονάδες ταυτίζεται με την ανεξάρτητη ηλεκτροπαραγωγή. Είναι, όμως, ιδιαίτερα ενδιαφέρον να εξεταστούν σε αντιπαράθεση οι δύο αυτές δυνατότητες καθώς, θεσμικά τουλάχιστον, σχετίζονται στενά μεταξύ τους.

Οι περισσότερες και σημαντικότερες επενδύσεις συμπαραγωγής, διεθνώς, εξυπηρετούν βιομηχανικές ανάγκες και συστήματα περιφερειακής θέρμανσης (τηλεθέρμανσης). Οι αντίστοιχες επενδύσεις του εμπορικού τομέα, αν και αυξημένες τα τελευταία χρόνια, είναι ακόμη σαφώς μικρότερου ύψους. Έτσι, η έκταση και το ύψος των σχετικών επενδύσεων εξαρτώνται από τις ποσοτικές και ποιοτικές ανάγκες της βιομηχανίας σε θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια, που είναι συνάρτηση της βιομηχανικής υποδομής κάθε χώρας και του είδους της βιομηχανικής ανάπτυξης. Η συμπαραγωγή έχει, προς το παρόν, σαν πρωταρχικό στόχο την ικανοποίηση των «ίδιων αναγκών» του χρήστη και κατά τούτο κλίνει περισσότερο προς την ιδιοπαραγωγή παρά προς την ανεξάρτητη ηλεκτροπαραγωγή.

Από την άλλη πλευρά, η ανεξάρτητη ηλεκτροπαραγωγή προσιδιάζει σε εμπορικές επιχειρήσεις που παράγουν κυρίως ηλεκτρική ενέργεια, την οποία εν συνεχεία πωλούν είτε απευθείας στους πελάτες τους είτε στην (ή στις) ηλεκτρική(ές) εταιρεία(ες) στις απελευθερωμένες αγορές. Έτσι, η ανεξάρτητη ηλεκτροπαραγωγή δεν αντιμετωπίζει,

καταρχήν, τους τεχνικούς περιορισμούς της συμπαράγωγής, αν και συναντά παρόμοιες με αυτήν θεσμικές δυσχέρειες στην απρόσκοπτη ανάπτυξή της.

Μια τυπικά καθετοποιημένη ηλεκτρική εταιρεία (ανεξάρτητα αν είναι εθνικής ή περιφερειακής εμβέλειας και αν ανήκει ή ελέγχεται από τον δημόσιο ή τον ιδιωτικό τομέα της οικονομίας μιας χώρας), διαθέτει συνήθως το αποκλειστικό δικαίωμα της τροφοδοσίας μιας συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής με ηλεκτρική ενέργεια, σε αντάλλαγμα της ρητής υποχρέωσης να τροφοδοτεί απρόσκοπτα την περιοχή αυτή και να διατηρεί ένα αξιόπιστο ηλεκτρικό σύστημα. Η ηλεκτρική εταιρεία διαθέτει, συνεπώς, πλήρη έλεγχο του συστήματος από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι την εξυπηρέτηση του καταναλωτή, περιλαμβανομένων και των ενεργειών βραχυχρόνιου και μακροχρόνιου προγραμματισμού.

Για μια τέτοια τυπική ηλεκτρική εταιρεία, η παρουσία του ανεξάρτητου ηλεκτροπαραγωγού αλλά και του συμπαράγωγού έχει ορισμένες συνέπειες, όπως ότι:

- ✓ μειώνει τον έλεγχο της εταιρείας πάνω στο σύστημα και δυσχεραίνει τις ενέργειες προγραμματισμού (ιδιαίτερα του μακροπρόθεσμου),
- ✓ μειώνει τον συντελεστή φορτίου της εταιρείας,
- ✓ εισάγει ένα στοιχείο αβεβαιότητας σε σχέση με τη συνολική αξιοπιστία του συστήματος,
- ✓ αναγκάζει, σε ορισμένες τουλάχιστον περιπτώσεις, την εταιρεία να αγοράζει το πλεόνασμα του αυτοπαραγωγού σε μια τιμή η οποία άλλοτε είναι διαπραγματεύσιμη και άλλοτε επιβάλλεται από κανονιστικές διατάξεις,
- ✓ εισάγει την έννοια του ανταγωνισμού σε ένα χώρο με έντονα μονοπωλιακό χαρακτήρα, και τελικά
- ✓ μειώνει τα έσοδα της ηλεκτρικής εταιρείας.

Διαισθανόμενες ότι η είσοδος νέων ανταγωνιστών, σε μια έως πρόσφατα μονοπωλιακά ελεγχόμενη αγορά, ενδέχεται να αποτελέσει την απαρχή για τον περιορισμό των αποκλειστικών τους «φυσικών» προνομίων, οι ηλεκτρικές εταιρείες συνήθως αντιδρούν με έναν ή περισσότερους από τους ακόλουθους τρόπους:

- ✓ αρνούνται την υποχρέωση αγοράς του πλεονάσματος της ηλεκτρικής ενέργειας,
- ✓ αρνούνται την πρόσβαση οποιουδήποτε τρίτου στα δίκτυά τους,
- ✓ συμπιέζουν τα τιμολόγια των αυτοπαραγωγών,

- ✓ καθορίζουν με ιδιαίτερη αυστηρότητα και πιθανόν και μεροληψία τις τεχνικές προδιαγραφές διασύνδεσης του ανεξάρτητου παραγωγού ή του συμπααραγωγού στο υφιστάμενο σύστημα,
- ✓ χρεώνουν υψηλά τέλη διασύνδεσης και επιβάλλουν απαγορευτικά τιμολόγια για εφεδρική κάλυψη (back-up/stand-by power),
- ✓ εισάγουν δυσμενείς οικονομικούς όρους και άλλες υποχρεώσεις στις εμπορικές τους συμφωνίες με τους λοιπούς ηλεκτροπαραγωγούς, που συχνά καθιστούν τις συμφωνίες αυτές ασύμφορες.

Η αναδιάρθρωση και ο εκσυγχρονισμός των δομών της ηλεκτρικής βιομηχανίας αποτελεί ήδη πραγματικότητα στις περισσότερες χώρες της Ε.Ε., σε μια προσπάθεια βελτίωσης της συνολικής απόδοσης του τομέα, ενεργειακής και οικονομικής. Αν και δεν έχει μέχρι στιγμής εμφανισθεί ένα διεθνούς αποδοχής μοντέλο ευέλικτης αναδιάρθρωσης, αναγνωρίζεται ότι υπάρχουν λειτουργίες μιας ηλεκτρικής εταιρείας που μπορούν να ανοίξουν στον ανταγωνισμό. Ως τέτοιες αναφέρονται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η τελική διάθεσή της (δηλαδή η λειτουργία της εμπορικής εκμετάλλευσης του παραγόμενου προϊόντος και οι πάσης φύσεως υπηρεσίες που παρέχονται στον καταναλωτή). Σαν «φυσικά» προνόμια των «καθιερωμένων» ηλεκτρικών εταιρειών παραμένουν οι λειτουργίες της μεταφοράς και διανομής. Στα πλαίσια του προβληματισμού αυτού, τρία είναι τα βασικά ζητήματα που αφορούν τις δυνατότητες δραστηριοποίησης ανεξάρτητων ηλεκτροπαραγωγών:

- α. Η ανάγκη απεγκλωβισμού της συζήτησης από παραδοσιακά στερεότυπα, ώστε οι ρυθμίσεις που θα προκύψουν να οδηγήσουν στη βελτιστοποίηση της ολικής απόδοσης του ενεργειακού τομέα μιας χώρας.
- β. Η υποχρέωση των νέων ανταγωνιστών να λειτουργήσουν ως τμήμα ενός ολοκληρωμένου συστήματος.
- γ. Η ανάληψη εκ μέρους της Πολιτείας ενός σαφούς ρυθμιστικού ρόλου, ο οποίος έγκαιρα και με σαφήνεια θα καθορίσει το πλαίσιο και τις αρχές δράσης στο νέο ανταγωνιστικό σύστημα.

Κατά συνέπεια ο ρόλος, των εθνικών κυβερνήσεων είναι να δημιουργήσουν το κατάλληλο πλαίσιο το οποίο θα διευκολύνει, κυρίως κατά τη μεταβατική φάση, την ανάπτυξη ενός ανταγωνιστικού περιβάλλοντος λειτουργίας του ηλεκτρικού τομέα, χωρίς όμως να διακυβεύει την αξιοπιστία του συστήματος, την οικονομικότητα της λειτουργίας του και, φυσικά, την εξυπηρέτηση του τελικού καταναλωτή. Σ' αυτό το πλαίσιο συστήθηκε και

λειτουργεί στην Ελλάδα η Ρυθμιστική Αρχή Ηλεκτρισμού (Ρ.Α.Η.) που ως ανεξάρτητος φορέας θα εποπτεύει την ομαλή λειτουργία της αγοράς.

7.9.2. Συνοπτική Παρουσίαση του Νομικού και Τιμολογιακού Πλαισίου για τη Συμπαράγωγή στην Ελλάδα.

Με την ψήφιση του νόμου για τη ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα (Νόμος 2244/94), τέθηκε το νομικό πλαίσιο για την ιδιοπαραγωγή και τη συμπαράγωγή στην Ελλάδα. Ο νόμος, που αντικατέστησε τον παλαιότερο Νόμο 1559/85, δεν οδήγησε βαθιές τομές στο υφιστάμενο καθεστώς. Προσπαθεί, όμως, να αντιμετωπίσει πιο ορθολογικά τα ζητήματα της ιδιοπαραγωγής και της συμπαράγωγής, υπό το πρίσμα των στόχων και των προτεραιοτήτων της εθνικής ενεργειακής πολιτικής, και να αποστασιοποιηθεί από τη λογική της μονοπωλιακής εκμετάλλευσης και διαχείρισης του ηλεκτρικού συστήματος. Επιδιώκει επίσης να ενσωματώσει μερικές από τις πλέον σημαντικές προτάσεις που έχουν κατά καιρούς γίνει, να απαλείψει ορισμένες από τις διαδικαστικές δυσλειτουργίες του παλιού νόμου και να παρέμβει δραστικά στο κρίσιμο ζήτημα των τιμολογίων των αυτοπαραγωγών.

Τα βασικά, ως προς τη συμπαράγωγή, σημεία του νόμου είναι τα ακόλουθα:

ο Επιτρέπεται μόνον η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από δύο κατηγορίες παραγωγών (εκτός της ΔΕΗ):

* αυτοπαραγωγούς, που αποσκοπούν στην κάλυψη των ιδιοαναγκών τους και διακρίνονται σε αυτόνομους (μη συνδεδεμένους με τα δίκτυα της ΔΕΗ), συνδεδεμένους και συμπαραγωγούς,

* ανεξάρτητους παραγωγούς, που αποσκοπούν στην πώληση του συνόλου της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στη ΔΕΗ.

ο Η ΔΕΗ μπορεί να συστήσει θυγατρικές επιχειρήσεις με άλλα φυσικά ή νομικά πρόσωπα, καθώς και να συνάψει προγραμματικές συμφωνίες με έναν ή περισσότερους τρίτους, με σκοπό την ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων. Μία από τις δραστηριότητες αυτές είναι η κατασκευή και λειτουργία συμπαραγωγικών σταθμών με καύση συμβατικών καυσίμων ή βιομηχανικών υποπαραγώγων.

ο Οποιοδήποτε φυσικό ή νομικό πρόσωπο μπορεί να εγκαταστήσει και να λειτουργήσει σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (άρση του περιορισμού περί βιομηχανικών επιχειρήσεων του Νόμου 1559/85), εάν πληροί τις ειδικές διατάξεις του νόμου.

ο Ως συμπαράγωγή ο νόμος θεωρεί την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

- α. σε συνδυασμό με παραγωγή θερμότητας ή και ψύξης από συμβατικά καύσιμα,
- β. με ενεργειακή αξιοποίηση των υποπαραγώνων βιομηχανικού κυκλώματος (στα οποία συμπεριλαμβάνονται και τα αποδεσμευόμενα παράγωγα - κατάλοιπα της συγκεκριμένης βιομηχανίας),
- γ. με ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας.

ο Για τους συμπαγωγικούς σταθμούς της πρώτης κατηγορίας τίθεται ο εξής περιορισμός: η ισχύς τους δεν πρέπει να υπερβαίνει τη θερμική και ψυκτική ισχύ των εγκαταστάσεων του αυτοπαραγωγού. Ο περιορισμός αυτός αίρεται για συμπαγωγικούς σταθμούς της δεύτερης και τρίτης κατηγορίας.

ο Συμπαγωγικός σταθμός μπορεί να λειτουργήσει μόνον από αυτοπαραγωγό (αυτόνομο ή συνδεδεμένο). Προβλέπεται η δυνατότητα εγκατάσταση και λειτουργίας συμπαγωγικού σταθμού συνδεδεμένου με τα δίκτυα της ΔΕΗ εκ μέρους ανεξάρτητου ηλεκτροπαραγωγού, μόνον στην περίπτωση που ο σταθμός λειτουργεί με φυσικό αέριο και η ΔΕΗ δεν συμφωνήσει εγγράφως και εντός τεσσάρων μηνών από την υποβολή του σχετικού αιτήματος να συνάψει προγραμματική συμφωνία με τον ή τους ενδιαφερομένους φορείς.

ο Η ΔΕΗ αναλαμβάνει την υποχρέωση να αγοράζει το πλεόνασμα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας του αυτοπαραγωγού (άρα και του συμπαγωγού), καθώς και το σύνολο της παραγόμενης ενέργειας του ανεξάρτητου παραγωγού (εκτός εξαιρετικών περιπτώσεων). Διάθεση σε τρίτους αποκλείεται ρητά.

Ο νέος νόμος, σε αντίθεση με τον προηγούμενο, ενσωματώνει στις βασικές του διατάξεις (Άρθρο 2, παρ. 3) τις αρχές τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από αυτοπαραγωγούς και ανεξάρτητους ηλεκτροπαραγωγούς. Οι νέες αρχές τιμολόγησης είναι αισθητά απλούστερες σε σχέση με τις παλαιότερες και διαμορφώνουν πιο ελκυστικά τιμολόγια. Συνοπτικά τα βασικά σημεία των νέων τιμολογίων είναι τα εξής:

ο Το ηλεκτρικό σύστημα της χώρας χωρίζεται σε δύο μόνο κατηγορίες:

- * διασυνδεδεμένο σύστημα,
- * μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Για κάθε μία από αυτές τις δύο κατηγορίες διακρίνονται διαφορετικές βάσεις τιμολογίων, που εξαρτώνται από το εάν ο παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας είναι

- * ανεξάρτητος παραγωγός,

- * αυτοπαραγωγός από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας,
- * συμπαράγωγός.

ο Ειδικά για τον συμπαράγωγό, δηλ. για το πλεόνασμα ενέργειας από συμπαράγωγή που πωλείται στη ΔΕΗ, τα τιμολόγια προσδιορίζονται ως εξής:

- * Διασυνδεδεμένο σύστημα: 60% του σκέλους ενέργειας του εκάστοτε τιμολογίου γενικής χρήσης και μηνιαίας χρέωσης στη χαμηλή τάση, του τιμολογίου γενικής χρήσης στη μέση τάση και του τιμολογίου υψηλής τάσης.

- * Μη διασυνδεδεμένα νησιά: 60% του τιμολογίου γενικής χρήσης και μηνιαίας χρέωσης στη χαμηλή τάση.

Τα διαδικαστικά θέματα, που σχετίζονται κυρίως με τις αδειοδοτήσεις, αντιμετωπίζονται με αρκετή ευελιξία από τον νέο νόμο. Ο αριθμός των απαιτούμενων αδειών για σταθμό ηλεκτροπαραγωγής περιορίζεται σε δύο: άδεια εγκατάστασης και άδεια λειτουργίας (καταργείται η άδεια ίδρυσης). Και οι δύο άδειες χορηγούνται με Υπουργική Απόφαση. Για την έκδοση της άδειας εγκατάστασης σταθμών που συνδέονται με τα δίκτυα της ΔΕΗ, απαιτείται αιτιολογημένη γνωμοδότηση της τελευταίας, που περιορίζεται όμως στις τεχνικές και οικονομικές επιπτώσεις της διασύνδεσης στα δίκτυά της. Η σύναψη της αναγκαίας σύμβασης μεταξύ ΔΕΗ και αυτοπαραγωγού ή ανεξαρτήτου ηλεκτροπαραγωγού αποτελεί προϋπόθεση για τη χορήγηση άδειας λειτουργίας. Η διάρκεια ισχύος της τελευταίας είναι τουλάχιστον δεκαετής, με δυνατότητα ανανέωσης. Επιτρέπεται η μεταβίβαση της κυριότητας του σταθμού, χωρίς όμως δικαίωμα επαναδιαπραγμάτευσης των όρων της αρχικής σύμβασης.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την περαιτέρω ανάπτυξη σταθμών συμπαράγωγής αποτελεί ειδική διάταξη του νέου νόμου (Άρθρο 5, παρ. 5) σύμφωνα με την οποία αίρονται οι αυστηροί περιορισμοί που απορρέουν από το Π.Δ. 84/94. Έτσι, οι συμπαράγωγικοί σταθμοί εξαιρούνται της απαγόρευσης εγκατάστασης και λειτουργίας στην περιοχή Αττικής.

Διαδικαστικά θέματα όπως οι γενικοί τεχνικοί και οικονομικοί όροι των συμβάσεων, οι όροι διασύνδεσης των νέων σταθμών με τα δίκτυα της ΔΕΗ, οι διαδικασίες και τα δικαιολογητικά που απαιτούνται για έκδοση των αδειών, οι λεπτομέρειες διαμόρφωσης των νέων τιμολογίων, αντιμετωπίζονται με μεταγενέστερες Υπουργικές Αποφάσεις.

7.9.3. Επενδυτικά Κίνητρα και Χρηματοδοτικές Δυνατότητες

Το πλαίσιο κινήτρων για παραγωγικές επενδύσεις στην Ελλάδα καθορίζεται, σχεδόν αποκλειστικά, από τον εκάστοτε ισχύοντα αναπτυξιακό νόμο. Το θεσμικό πλαίσιο συμπληρώνεται από τις αναγκαίες Υπουργικές Αποφάσεις, οι οποίες εκδίδονται σε εφαρμογή του βασικού νόμου και ρυθμίζουν κυρίως ζητήματα αξιολόγησης επενδύσεων και εφαρμογής των κριτηρίων υπαγωγής επενδύσεων στις διατάξεις του νόμου.

Οι επενδύσεις συμπαράγωγής αναφέρονται ρητά στις διατάξεις του Νόμου 2601/98.

- Ο νόμος καθορίζει αυστηρά την έννοια της παραγωγικής επένδυσης (Άρθρο 1, Νόμος 2601/98) και το είδος των επιχειρήσεων που μπορούν να υπαχθούν στις περί κινήτρων διατάξεις του (Άρθρο 2, Νόμος 2601/98). Σύμφωνα με σχετική διατύπωση, περιλαμβάνονται επιχειρήσεις που παράγουν για δικό τους λογαριασμό ή για τρίτους ενέργεια σε μορφή θερμού νερού ή ατμού.
- Στο νέο νόμο, υπάγονται οι ενεργειακές επενδύσεις που αφορούν μεταξύ άλλων σε:
 - * υποκατάσταση υγρών καυσίμων ή ηλεκτρικής ενέργειας με αέρια καύσιμα, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας,
 - * εξοικονόμηση ενέργειας.
- Για την υπαγωγή ενός επενδυτικού σχεδίου στις διατάξεις του νόμου, δεν τίθεται ελάχιστο ύψος παραγωγικής επένδυσης, τουλάχιστον σε ό,τι αφορά την επιχορήγηση και την επιδότηση επιτοκίου.
- Εκτός από την άμεση επιχορήγηση επενδυτικού κεφαλαίου, ο νόμος παρέχει και άλλες κατηγορίες κινήτρων:
 - * επιδότηση επιτοκίου τραπεζικού δανείου,
 - * αφορολόγητες εκπτώσεις.
- Για να υπαχθεί μια επένδυση στις διατάξεις του αναπτυξιακού νόμου, ο υποψήφιος επενδυτής θα πρέπει να υποβάλει σχετική αίτηση στο ΥΠΕΘΟ (ή στις Υπηρεσίες Περιφερειακής Ανάπτυξης ή στις Νομαρχίες, ανάλογα με το ύψος της επένδυσης), συνοδευόμενη από τα οριζόμενα από το νόμο δικαιολογητικά. Οι αιτήσεις υποβάλλονται κατά το πρώτο δίμηνο κάθε εξαμήνου και η διαδικασία αξιολόγησης των σχεδίων ολοκληρώνεται εντός του σχετικού εξαμήνου. Το ΥΠΕΘΟ υποχρεούται να αποφανθεί εντός 20 εργασίμων ημερών κατά πόσο το σχέδιο επένδυσης, που έχει υποβληθεί, είναι κατ'αρχήν επιλέξιμο.

Αν και ο νέος αναπτυξιακός νόμος δεν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο γενικό καθεστώς των επενδυτικών κινήτρων για τις ενεργειακές επενδύσεις, έχει αρχίσει να γίνεται σαφής η

πρόθεση της Πολιτείας να διευκολύνει και να ενθαρρύνει την προώθηση των επενδύσεων στη συμπαράγωγή.

Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας, που υποβλήθηκε από το ΥΒΕΤ στο πλαίσιο του Β΄ Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης (1994-1999) και έχει εγκριθεί στο σύνολό του από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, δημιουργεί ένα επαρκές πλαίσιο για την ανάπτυξη αποτελεσματικών δράσεων κατά τα προσεχή έτη. Πιο συγκεκριμένα, το Μέτρο 2.2 (οικονομικά κίνητρα για την πραγματοποίηση επενδύσεων κυρίως από ενεργοβόρους καταναλωτές) του Υποπρογράμματος 2 (Εξοικονόμηση Ενέργειας) προβλέπει τη συγκροτημένη ενεργοποίηση, για πρώτη φορά στον Ελληνικό χώρο, δύο νέων χρηματοδοτικών μηχανισμών, για τους οποίους υπάρχει σημαντική εμπειρία εφαρμογής σε διεθνές επίπεδο.

- του μηχανισμού της Χρηματοδότησης από Τρίτους (Third Party Financing) και της Χρηματοδότησης ανάλογα με την Απόδοση Τεχνολογίας (Technology Performance Financing),
- του μηχανισμού των Προγραμματικών Συμφωνιών και των Αναπτυξιακών Συμβάσεων (Εθελοντικές Συμφωνίες), οι οποίες συνάπτονται μεταξύ Κράτους και συγκεκριμένων σημαντικών ενεργειακών καταναλωτών.

Σημαντικό δεδομένο, όμως, αποτελεί το γεγονός ότι το ίδιο μέτρο καθορίζει ρητά ότι οι επενδύσεις στη συμπαράγωγή, όπως και οι επενδύσεις στον ενεργειακό εξοπλισμό εκμετάλλευσης του φυσικού αερίου, αποκτούν υψηλή προτεραιότητα στο πλαίσιο της εφαρμογής της εθνικής ενεργειακής πολιτικής. Για τον λόγο αυτόν, μία από τις τέσσερις ρητά κατονομαζόμενες περιοχές δράσεων του συγκεκριμένου Μέρους είναι:

- η ενίσχυση επενδύσεων στο τομέα της συμπαράγωγής θερμότητας (ψύξης) και ηλεκτρισμού σε συνδυασμό, κυρίως, με την εκμετάλλευση του φυσικού αερίου.

Ο τρόπος με τον οποίο θα ενεργοποιηθούν και θα λειτουργήσουν αποτελεσματικά οι προαναφερόμενοι δύο χρηματοδοτικοί μηχανισμοί, το είδος και το ύψος των οικονομικών κινήτρων που θα παρασχεθούν στους επενδυτές, καθώς επίσης και οι επιπτώσεις που θα έχουν την ανάπτυξη της συμπαράγωγής, δεν μπορούν αυτή τη στιγμή να προσδιορισθούν. Αναμένεται ότι σε σύντομο χρονικό διάστημα τα Μέτρα και τα Υποπρογράμματα του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας θα προκηρυχθούν, παρέχοντας και όλες τις απαραίτητες διευκρινίσεις.

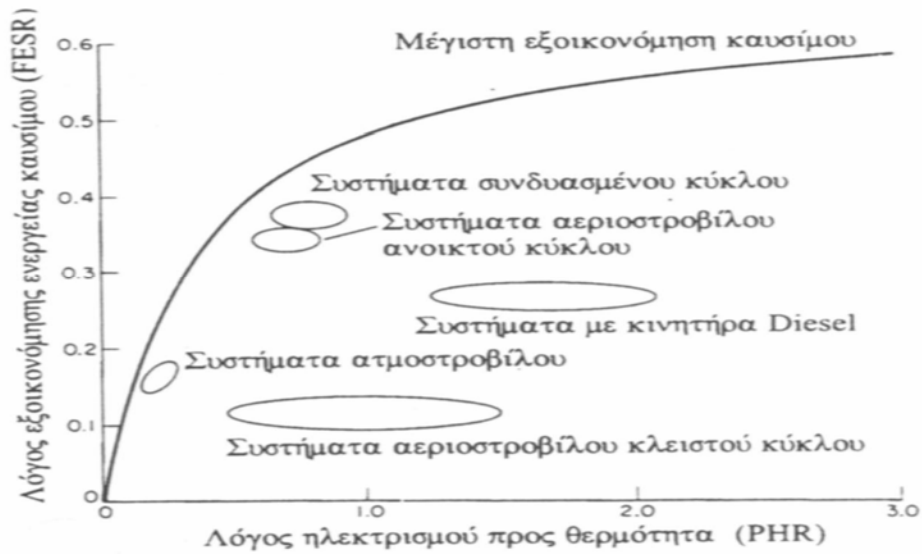
Παρ' όλη την ανάγκη ορισμένων διευκρινίσεων, μια πρώτη ανάλυση των προϋπολογιστικών μεγεθών του Μέρους 2.2 το οποίο, όμως, περιλαμβάνει και άλλες περιοχές δράσεων εκτός από τη συμπαράγωγή, μπορεί να δώσει μια αρχική εκτίμηση του εύρους και του ύψους των πιθανών οικονομικών κινήτρων. Έτσι, το σύνολο των δημοσίων

δαπανών (Πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων και Κοινοτική Συμμετοχή) καλύπτει το 35% περίπου του συνολικού κόστους των προβλεπόμενων επενδύσεων στο συγκεκριμένο μέτρο. Το υπόλοιπο 65% καλύπτεται από τον ιδιωτικό τομέα. Σε απόλυτα μεγέθη και για το σύνολο της 5ετίας 1994-1999, το μέτρο 2.2 προβλέπει επενδύσεις ύψους 94.5 δισ. δραχμών εκ των οποίων τα 33 δισ. είναι η δημόσια δαπάνη (24.5 δισ. Κοινοτική συμμετοχή και 8.5 δισ. Εθνική συμμετοχή) ενώ τα υπόλοιπα 61.5 δισ. αφορούν τη συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα.

7.10. Σύνοψη

Η τεχνολογία της συμπαράγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας αποτελεί εδώ και αρκετά χρόνια μία πραγματικότητα στην Ευρώπη, συνδυάζονται υψηλούς βαθμούς ενεργειακής απόδοσης, αξιοπιστία και διαθεσιμότητα με ελκυστικά οικονομικά στοιχεία. Ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιο ή κάποια από τα συστήματα που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Καθοριστικά κριτήρια επιλογής αποτελούν τα φορτία αιχμής που πρέπει να καλυφθούν, ο λόγος των φορτίων ηλεκτρισμού και θερμότητας (PHR), ο λόγος συνολικής εξοικονόμησης καυσίμου (FESR) και βέβαια το αρχικό κόστος και οι λειτουργικές δαπάνες. Στο σχήμα 7.17 απεικονίζονται οι περιοχές των δύο βασικών λόγων που καλύπτουν οι πέντε βασικοί τύποι συστημάτων συμπαράγωγής που συναντώνται σήμερα στην αγορά. Τα όρια αυτών δεν είναι ανελαστικά αλλά χαρακτηρίζουν την μεγάλη πλειοψηφία των εφαρμογών.

Αντίστοιχα, στον πίνακα 7.2 δίνονται τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των συστημάτων συμπαράγωγής. Τα στοιχεία αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως μια πρώτη κατευθυντήρια γραμμή για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος. Είναι, ωστόσο, αυτονόητο ότι η τελική επιλογή πρέπει να στηρίζεται στη μελέτη των συγκεκριμένων ενεργειακών μεγεθών κάθε περίπτωσης και στις προδιαγραφές των συγκεκριμένων συστημάτων που δίνουν οι κατασκευαστές.



Σχήμα 7.17: Περιοχές τιμών των λόγων, ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR) και εξοικονομήσεως καυσίμου (FESR) διαφόρων συστημάτων συμπαράγωγής

Σε ό,τι αφορά το θεσμικό μέρος, επισημαίνεται ότι η δημιουργία ενός ευέλικτου και ολοκληρωμένου νομοθετικού πλαισίου, το οποίο θα επιτρέπει και θα ευνοεί την ανάπτυξη της συμπαράγωγής στην Ελλάδα, συνεχίζει να αποτελεί πάγιο και μακροχρόνιο αίτημα μιας μεγάλης ποικιλίας ενδιαφερόμενων φορέων. Οι όποιες απόπειρες κατά καιρούς έγιναν, γρήγορα επεκτάθηκαν και διευρύνθηκαν προς την κατεύθυνση συνολικά της αυτοπαραγωγής και περαιτέρω της ανεξάρτητης ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι, μια σειρά στοιχείων που πηγάζουν από τη συσσωρευμένη διεθνή εμπειρία στο χώρο της συμπαράγωγής παραγνωρίστηκαν ή δεν τους δόθηκε η απαιτούμενη σημασία. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο συμπαράγωγος σπάνια ενδιαφέρεται να γίνει ανεξάρτητος ηλεκτροπαραγωγός. Επιλέγει και διαστασιολογεί τα συστήματά του επιδιώκοντας να καλύψει πρώτα τα θερμικά και στη συνέχεια τα ηλεκτρικά του φορτία. Έτσι, τα συστήματα αυτά δεν υπερδιαστασιολογούνται με στόχο την ύπαρξη περίσσειας ηλεκτρισμού προς πώληση. Επομένως, η οικονομικότητά τους δεν επηρεάζεται τόσο από τα τιμολόγια των αυτοπαραγωγών, όσο από τα τιμολόγια εφεδρείας στη μέση τάση. Υπό αυτήν την έννοια, ο τομέας της συμπαράγωγής συνιστά μια ουσιαστικά διαφορετική αγορά σε σχέση με την ανεξάρτητη ηλεκτροπαραγωγή και ως τέτοια θα πρέπει να αντιμετωπίζεται σε θεσμικό αλλά και σε τιμολογιακό επίπεδο.

Πίνακας 7.2. Κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά συστημάτων συμπαράγωγής

Σύστημα	Ηλεκτρική Ισχύς	Μέση ετήσια διαθεσιμότητα	Ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης %		Ολικός βαθμός απόδοσης	Λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα -
	MW	%	Πλήρες φορτίο	Φορτίο 50 %	%	
Ατμοστρόβιλος	0,5 - 100*	90 - 95	14 - 30	12 - 25	60 - 85	0,1 - 0,3
Αεριοστρόβιλος ανοιχτού κύκλου	0,1 - 100	90 - 95	20 - 35	15 - 29	60 - 80	0,5 - 0,8
Αεριοστρόβιλος κλειστού κύκλου	0,5 - 100	90 - 95	30 - 35	30 - 35	60 - 80	0,5 - 0,8
Συνδυασμένος Κύκλου	4 - 100*	77 - 85	35 - 45	25 - 35	70 - 88	0,6 - 1,1
Κινητήρας Diesel	0,07 - 40	80 - 90	35 - 45	32 - 40	60 - 80	1,2 - 2,4
Μικρό «Πακέτο» με Μ.Ε.Κ.	0,015 - 2	80 - 85	27 - 35	25 - 32	60 - 80	0,5 - 0,7
Κυψέλες καυσίμου	0,04 - 50	90 - 92	37 - 45	37 - 45	85 - 90	0,8 - 1
Μηχανές Stirling	0,003 - 1,5	(αναμενόμενη) 85 - 90 (αναμενόμενη)	35 - 50	34 - 49	60 - 80	1,2 - 1,7

(*) Η τιμή των 100 MW είναι ένα συνηθισμένο άνω όριο σε βιομηχανικές εφαρμογές. Εταιρείες ηλεκτροπαραγωγής διαθέτουν συστήματα αυτού του τύπου με σημαντικά μεγαλύτερη ισχύ

8. Το ενεργειακό σύστημα «Κτίριο»

8.1. Εισαγωγή

Η συνέπεια που επιδεικνύουμε στο ρόλο του Επιμηθέα είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσα, όταν εξετάσει κανείς το πώς αντιμετωπίσαμε τα θέματα της διαχείρισης ενέργειας την τελευταία εικοσαετία. Το πρόβλημα της κατανάλωσης ενέργειας για την εξυπηρέτηση κτιρίων παραμένει ένα πολυσύνθετο τεχνικό και οικονομικό πρόβλημα, τη διάσταση του οποίου συνειδητοποιήσαμε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1970 με τις δύο πετρελαϊκές κρίσεις. Κι όμως, η μείωση του κόστους της ενέργειας κατά 30% σε πραγματικές τιμές στο διάστημα 1991-1999, μας έκανε να ξεχάσουμε όλες τις αρνητικές εμπειρίες που προηγήθηκαν. Αποτέλεσμα: τα τελευταία 8 χρόνια η αύξηση της κατανάλωσης ενέργεια στα σπίτια και τους χώρους εργασίας μας άγγιξε ρυθμούς της τάξης του 4% ετησίως, ακυρώνοντας ουσιαστικά τα αποτελέσματα των όποιων μέτρων εξοικονόμησης εφαρμόστηκαν στη δεκαετία του 1980. Έτσι, το 1980 τα κτίρια απορροφούσαν το 22% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, ποσοστό που ως το 1996 είχε αυξηθεί στο 29,8%. Χρειάστηκε να διπλασιαστεί η τιμή του πετρελαίου μέσα στο 2000, για να θυμηθούμε ότι η προμηθειική προσέγγιση στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων είναι αναγκαία. Τα κτίρια αποτελούν επενδύσεις εντάσεως κεφαλαίου, με υψηλό αρχικό κόστος και με μεγάλη διάρκεια ζωής. Υπό την έννοια αυτή δεσμευόμαστε να πληρώνουμε το αντίτιμο για κάθε παράλειψη, αμέλεια ή αστοχία του σχεδιασμού και της κατασκευής επί δεκαετίες ολόκληρες. Παραλείψεις και αμέλειες που, σε ό,τι αφορά τη διαχείριση ενέργειας μπορούσαν να έχουν αποφευχθεί.

8.2. Τα αίτια του προβλήματος

Η συνεχής αύξηση που παρατηρείται στην κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια είναι τόσο ποσοτική, καθώς καταναλώνουμε περισσότερη ενέργεια σε απόλυτο μέγεθος, όσο και ποιοτική, επειδή χρησιμοποιούμε όλο και περισσότερο τον ηλεκτρισμό. Οι εκτιμήσεις για τις εξελίξεις της επόμενης δεκαετίας είναι δυστυχώς απαισιόδοξες, καθώς, ακόμη κι αν ληφθούν άμεσα ουσιαστικά μέτρα, θα απαιτηθούν αρκετά χρόνια για την αναστροφή αυτής της τάσης. Ποια είναι, όμως, τα αίτια αυτής της εξέλιξης:

α. Η ύπαρξη της μεγάλης πλειοψηφίας των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 (περίπου 80% του συνόλου), τα οποία δεν είναι θερμομονωμένα, και τα οποία απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν τις με τα σημερινά επίπεδα αποδεκτές συνθήκες άνεσης το χειμώνα.

β. Η, κατά κανόνα, μέτρια κατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, που οδηγεί σε μειωμένους βαθμούς απόδοσης και επομένως αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση.

γ. Η συνεχής αύξηση, τόσο σε αριθμό όσο και σε εγκατεστημένη ισχύ, των συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική, κυρίως, ενέργεια. Αυτό αφορά τα κτίρια κατοικιών, κυρίως, όμως, τα κτίρια γραφείων, καταστημάτων και υπηρεσιών.

δ. Η ολοένα ισχυρότερη απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας, ιδίως σε ό,τι αφορά τη θερμική άνεση το καλοκαίρι, που σε συνδυασμό με τη μείωση του

κόστους των συσκευών, οδήγησε στην εγκατάσταση πάνω από 1.000.000 κλιματιστικών μονάδων τα τελευταία 10 χρόνια.

α. Θερμομόνωση κελύφους

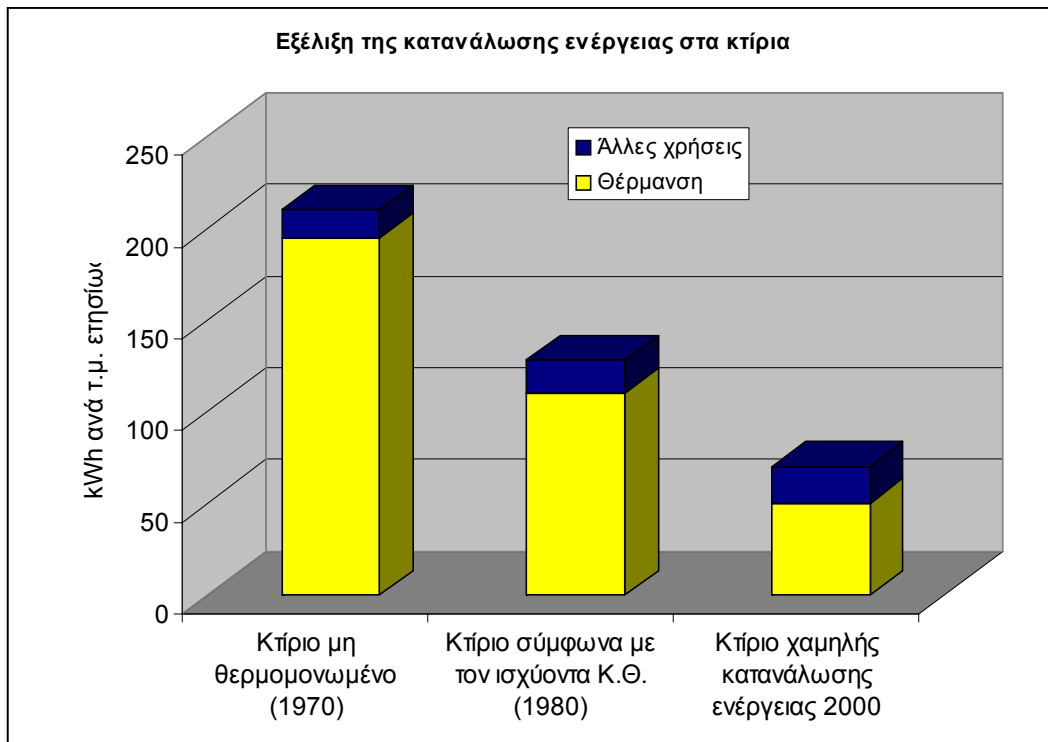
Η καθιέρωση της θερμομόνωσης αποτέλεσε το μοναδικό ουσιαστικά μέτρο, που λήφθηκε από το 1979 έως σήμερα, κι είναι γεγονός ότι είχε θετική επίδραση στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων που κατασκευάστηκαν μετά το 1980. Παρ' όλ' αυτά εντοπίζονται δύο βασικά προβλήματα: Υπάρχει ο μεγάλος πληθυσμός των παλαιότερων κτιρίων που δεν είναι καθόλου μονωμένα κι υπάρχουν και τα νεότερα κτίρια, στα οποία η εφαρμογή, της από τον κανονισμό και τη μελέτη προβλεπόμενης θερμομόνωσης, είναι ελλιπής.



Σχήμα 8.1. Ελλιπής –και αντιφατική- εφαρμογή θερμομόνωσης (1994): Τα δοκάρια και τα τοιχεία δεν μονώνονται. Αντίθετα, έχουν μονωθεί τα στηθαία του μπαλκονιού!

Η ενεργειακή αναβάθμιση του κελύφους των υφιστάμενων κτιρίων αποτελεί, επομένως, ίσως το ουσιαστικότερο βήμα στην προσπάθεια εξορθολογισμού της κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα της εξυπηρέτησης κτιρίων – κι αυτό ισχύει στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, όπου καταβάλλονται σημαντικές προσπάθειες βελτίωσής τους. Είναι χαρακτηριστικό ότι με την επανένωση της Γερμανίας ανέκυψε η ανάγκη αναβάθμισης περισσότερων από 4.000.000 κατοικιών, που δεν πληρούσαν τις απαιτήσεις του σύγχρονου κανονισμού θερμομόνωσης. Αντίστοιχα, έχει τεκμηριωθεί από έρευνες και στην Ελλάδα, ότι η μέση ετήσια ανηγμένη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση κυμαίνεται από 130 έως 180 kWh/m²a, ενώ θα ήταν από 80 έως 110 kWh/m²a, αν τα ελληνικά κτίρια διέθεταν τη, στοιχειώδη έστω, θερμομόνωση που προβλέπει ο σχετικός κανονισμός. Αξίζει να επισημανθεί ότι αν εφαρμόζαμε σε ένα κτίριο όλες τις λύσεις που μας παρέχει η σύγχρονη τεχνογνωσία και η τεχνολογία, η κατανάλωση δεν θα υπερέβαινε τις 50

$\text{kWh/m}^2\text{a}$. Στην περίπτωση αυτή θα μιλούσαμε για ένα κτίριο χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, το κόστος κατασκευής του οποίου αυξάνεται κατά 3 έως 5% σε σχέση με μία συμβατική κατασκευή – αύξηση μάλλον μικρή σε σχέση με το επιτυγχανόμενο όφελος.

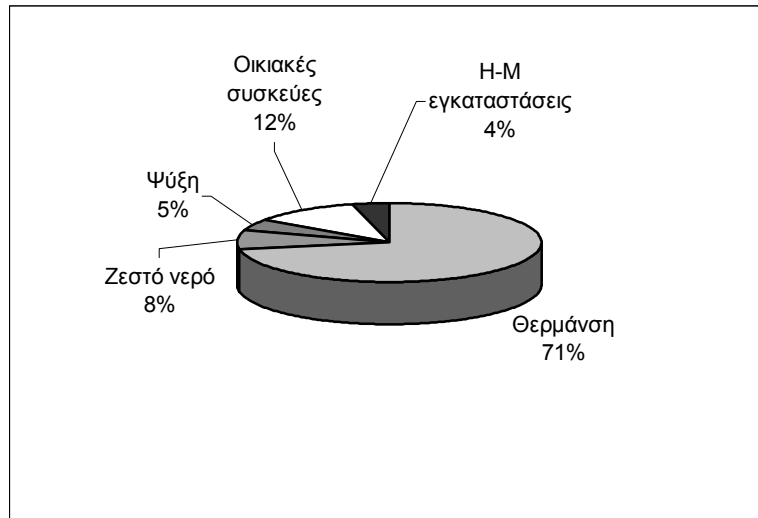


Σχήμα 8.2. Εξέλιξη της ανηγμένης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια.

Πρακτικά, και με δεδομένη τη θερμογόνη ισχύ και τον μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ενός συμβατικού συστήματος καυστήρα – λέβητα, τα κτίρια μας χρειάζονται περίπου 13 με 18 λίτρα πετρελαίου ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο, ενώ θα μπορούσαν να θερμαίνονται με 8 έως 11 σε ένα συμβατικό κτίριο και με μόλις 5 λίτρα πετρελαίου σε ένα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.

β. Συστήματα θέρμανσης

Σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία το σύνολο των κατοικιών στην Ελλάδα διαθέτει κάποια μορφής θέρμανση. Για τη θέρμανση των κτιρίων κατοικιών στην Ελλάδα, το 60,8% των κτιρίων χρησιμοποιεί σύστημα καύσης πετρελαίου, το 11,6% θερμαίνεται με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, το 0,6% χρησιμοποιεί στερεά καύσιμα, το 18,2% ξύλα, το 3% υγραέριο, και το υπόλοιπο 5,7% λοιπά καύσιμα, όπου οι τρεις τελευταίες περιπτώσεις συναντώνται κυρίως στις αγροτικές περιοχές. Παρ' ό,τι η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση εξακολουθεί να διαδραματίζει το σημαντικότερο ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, όπως φαίνεται από τα στοιχεία του σχήματος 8.3, το λεβητοστάσιο παραμένει ένα από τα πιο σκοτεινά σημεία ενός κτιρίου. Σπανίως το επισκεπτόμαστε, άλλωστε, εκτός αν κάτι χαλάσει. Η υποχρέωση ετήσιας συντήρησης από εξουσιοδοτημένο συνεργείο, ώστε να επιτυγχάνεται ένας ελάχιστος βαθμός απόδοσης, είναι η μοναδική νομοθετική πρόνοια για την καλή λειτουργία του συστήματος θέρμανσης.



Σχήμα 8.3. Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στο «τυπικό» κτίριο

Ωστόσο, τα αποτελέσματα αρκετών ερευνών τεκμηριώνουν ότι η συντήρηση κατά κανόνα δεν γίνεται σωστά –συχνά δεν γίνεται καθόλου- ή ότι τα συστήματα είναι τόσο παλιά, που όσο και αν συντηρηθούν, δεν μπορούν πλέον να αποδώσουν. Έτσι, αντί του επιθυμητού και προβλεπόμενου βαθμού απόδοσης 75%, έχουν μετρηθεί ποσοστά της τάξης του 65% ή και του 60%. Ακόμη, ενώ η νομοθεσία προβλέπει για κτίρια με περισσότερους από τρεις ορόφους, την ύπαρξη διατάξεων και αυτοματισμών που επιτυγχάνουν μείωση της κατανάλωσης, όπως η τρίοδη βάνα ανάμιξης, αυτές συνήθως δεν τοποθετούνται, προκειμένου να μειωθεί το κόστος κατασκευής

γ. Ηλεκτρικές συσκευές και εγκαταστάσεις

Αν αναλογιστούμε λίγο πόσες ηλεκτρικές συσκευές είχε το τυπικό ελληνικό σπίτι το 1980 και πόσες έχει σήμερα γίνεται εύκολα αντιληπτό γιατί αυξάνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις κατοικίες. Εκεί, όμως, που η εξέλιξη είναι συγκλονιστική είναι στα κτίρια γραφείων. Ενώ το 1980 θεωρούσαμε ηλεκτρικά συστήματα ισχύος 1-2 W/t.μ., σήμερα έχουμε ξεπεράσει τα 8 W και ως το 2005 θα είμαστε στα 20 ή και τα 25. Και το μέγεθος αυτό αφορά μόνο συσκευές γραφείου, όπως Η/Υ, φωτοαντιγραφικά, εκτυπωτές κτλ. Αυτό σημαίνει, ότι στα γραφεία μία επιχείρησης με εμβαδόν μόλις 100 τ.μ θα υπάρχουν συσκευές ισχύος 2- 2,5 kW.

δ. Κλιματισμός

Αποτελεί το πλέον χαρακτηριστικό πρόβλημα κακής ενεργειακής και κτιριολογικής διαχείρισης. Αναπτύξαμε πόλεις χωρίς πράσινο και ακάλυπτους χώρους και τόσο πυκνά δομημένες, ώστε, αποδεδειγμένα πλέον, να παρουσιάζονται σε αυτές πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες, απ' ότι στις περιαστικές περιοχές. Σχεδιάσαμε και κατασκευάσαμε κτίρια που δεν είναι μονωμένα και δεν ηλιοπροστατεύονται – η κατάρα των γυάλινων πύργων και η πλήρης παράβλεψη κάθε κανόνα του ενεργειακού σχεδιασμού. Αποτέλεσμα, τα κτίρια μετατρέπονται σε θερμοκήπια για τους κατοίκους τους. Κι ερχόμαστε τώρα να τα ψύξουμε, προκειμένου οι άνθρωποι μέσα στα κτίρια να επιβιώσουν, με ένα τεράστιο ενεργειακό, αλλά και οικονομικό και περιβαλλοντικό, κόστος. Θεραπεύουμε προφανώς το σύμπτωμα κι όχι την πάθηση, τοποθετώντας κλιματιστικές συσκευές και καλώντας στη συνέχεια τη ΔΕΗ (την όποια ΔΕΗ, κρατική ή ιδιωτική) να βρει τρόπο να καλύψει τα

απαιτούμενα φορτία. Είναι σαφές ότι η κατασκευή νέων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής για να καλυφθούν φορτία αιχμής που παρουσιάζονται σε έναν ή δύο μήνες το χρόνο δεν μπορεί να είναι οικονομικά σκόπιμη, αν η τιμή πώλησης της κιλοβατώρας αιχμής δεν αυξηθεί δραματικά. Είναι ακόμη σαφές ότι τόσο μεγάλα φορτία δεν μπορεί να καλυφθούν με εισαγωγές ηλεκτρισμού, καθώς υπερβαίνουν τη δυνατότητα παραγωγής σε άλλες γειτονικές χώρες, αλλά και τη δυνατότητα μεταφοράς μέσω των νέων δικτύων που κατασκευάζονται. Επομένως ή θα πρέπει να αυξηθεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη τη διάρκεια του χρόνου με χρήση των κλιματιστικών και το χειμώνα, ώστε να αξίζει τον κόπο να γίνουν νέες μονάδες παραγωγής, ή θα πρέπει να περιοριστεί η κατανάλωση αιχμής το καλοκαίρι. Η πρώτη λύση θα οδηγήσει το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας σε μία νέα στρέβλωση και δεν θα επιτρέψει την επίτευξη των στόχων του Κυότο για τον περιορισμό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η δεύτερη απαιτεί ουσιαστικές, και δύσκολες, παρεμβάσεις στα κτίριά μας.

8.3. Δυνατότητες παρέμβασης

Από τις προηγούμενες διαπιστώσεις προκύπτει σχετικά αβίαστα η ανάγκη άμεσης παρέμβασης, τόσο στο σχεδιασμό των νέων κτιρίων, όσο και στην αναβάθμιση των παλιών. Στα καινούρια κτίρια το ζήτημα είναι θεωρητικά απλό: Η μελέτη κτιρίων βάσει των αρχών του ενεργειακού σχεδιασμού, η κατασκευή τους σύμφωνα με τη μελέτη και η χρήση σύγχρονων υλικών και συστημάτων με προδιαγραφές που να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της μελέτης, οδηγούν σε κτίρια με ορθολογική ενεργειακή συμπεριφορά. Τα υφιστάμενα κτίρια, ωστόσο, αποτελούν και τον πυρήνα του προβλήματος. Μπορούμε να συνοψίσουμε τις απαιτούμενες παρεμβάσεις σε κατηγορίες, αντίστοιχες με αυτές των αιτιών των προβλημάτων.

8.3.1. Βελτίωση της θερμικής προστασίας του κελύφους του κτιρίου

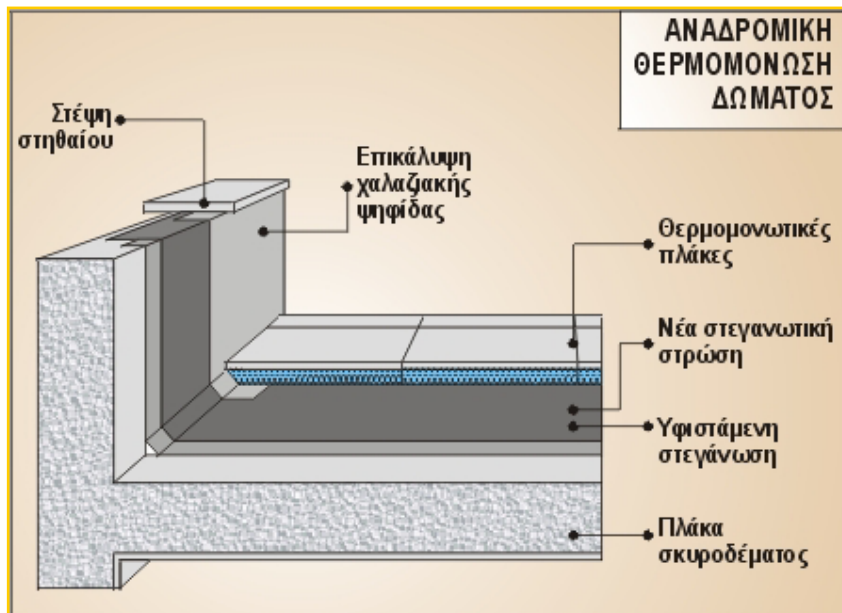
Οι τέσσερις κύριες δυνατότητες παρέμβασης εντοπίζονται στην αναδρομική θερμομόνωση των όψεων (τοιχοποιίες και τοιχεία), του δώματος, της pilotis καθώς και στην αντικατάσταση των κουφωμάτων.

Το πρόβλημα της αναδρομικής θερμομόνωσης των όψεων ενός κτιρίου είναι δυνατό να επιλυθεί με μια πληθώρα κατασκευαστικών λύσεων. Οι λύσεις αυτές διαφοροποιούνται από τη θέση τοποθέτησης της θερμομόνωσης, εσωτερικά ή εξωτερικά, και τον τρόπο επικάλυψης του θερμομονωτικού υλικού.

Η θερμομόνωση του δώματος είναι μία εύκολη και οικονομική διαδικασία, που επιπλέον συμβάλλει και στη μείωση των ψυκτικών φορτίων το καλοκαίρι. Η λύση που προτείνεται είναι αυτή του αντεστραμμένου δώματος. Εκτός των εξαιρετών ιδιοτήτων από άποψη δομικής φυσικής, η λύση αυτή παρουσιάζει και το σημαντικό πλεονέκτημα ότι δεν απαιτούνται εργασίες αποξήλωσης της υφιστάμενης κατασκευής.



Σχήμα 8.4. Αναδρομική εξωτερική θερμομόνωση κτιρίου – 1996 στη Γερμανία.



Σχήμα 8.5. Αναδρομική θερμομόνωση δώματος.

Η θερμομόνωση της οροφής του υπόστυλου χώρου (στα ελληνικά και Pilotis), είναι η τεχνικά απλούστερη επέμβαση, που πραγματοποιείται εξωτερικά, από την πλευρά του υπόστυλου χώρου με την τοποθέτηση της θερμομόνωσης στην οροφή και την επίχριση της.

Τέλος, η αντικατάσταση των κουφωμάτων είναι μία μορφή παρέμβασης που είναι τεχνικά απλή και συμβάλλει ταυτόχρονα και στην ηχομόνωση. Η επιλογή των κουφωμάτων, ως προς τον τρόπο λειτουργίας (ανοιγόμενα, συρόμενα) και το υλικό (αλουμίνιο, συνθετικά υλικά, ξύλο), σχετίζεται με κριτήρια αρχιτεκτονικής, λειτουργικότητας και κόστους.

8.3.2. Αναβάθμιση συστημάτων θέρμανσης

Οι δυνατές παρεμβάσεις έχουν ως στόχο τη μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου και την παράλληλη βελτίωση των εσωκλιματικών συνθηκών, στόχος που μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου της λειτουργίας του συστήματος. Κατά την διατύπωση των παρεμβάσεων στη συνέχεια διακρίνονται τρεις ομάδες ενεργειών που αποσκοπούν

- στη μείωση των απωλειών από τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης,
- στην πρόσδοση δυνατοτήτων ελέγχου και ανταπόκρισης στις κλιματικές και εσωτερικές συνθήκες και
- στη χρήση φθηνότερης ενέργειας.

Μείωση απωλειών από τη λειτουργία του συστήματος

α. Βελτίωση θερμομόνωσης στον λέβητα

Σε αρκετούς από του υφιστάμενους λέβητες παρατηρήθηκε το φαινόμενο η θερμομόνωσή τους να είναι ανεπαρκής ή κατεστραμμένη. Σε αυτές τις περιπτώσεις συνιστάται η αφαίρεση του υφιστάμενου θερμομονωτικού υλικού και η αντικατάστασή του από πάπλωμα ορυκτοβάμβακα πάχους 5 cm, φαινομένου ειδικού βάρους 50 kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0.041 \text{ W/mK}$.

β. Θερμομόνωση σωληνώσεων τροφοδοσίας συστήματος θέρμανσης

Πρόκειται για μία άμεση παρέμβαση που έχει ελάχιστο κόστος. Οι σωληνώσεις τροφοδοσίας του συστήματος θέρμανσης διανύουν κατά κανόνα ακάλυπτες την απόσταση από το λεβητοστάσιο ως το εσωτερικό των γραφείων, συνήθως μέσα από μη θερμαινόμενους χώρους όπως υπόγεια, μερικές φορές όμως και στο εξωτερικό των κτιρίων. Σε αρκετές περιπτώσεις οι σωληνώσεις είχαν μόνωση όταν κατασκευάστηκε το κτίριο, έκτοτε όμως το θερμομονωτικό υλικό έχει καταστραφεί εξαιτίας της έκθεσής του στα καιρικά φαινόμενα. Προτείνεται κατά συνέπεια η τοποθέτηση θερμομονωτικών κοχυλιών με υαλοβάμβακα πάχους 3 cm, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0.045 \text{ W/mK}$. Τα κοχύλια θα διαθέτουν εξωτερική επικάλυψη από ενισχυμένο φύλλο αλουμινίου..

Δυνατότητα ελέγχου της λειτουργίας και απόκρισης του συστήματος

Οι δυνατότητες παρέμβασης και ελέγχου της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης είναι τρεις:

- η διακοπή της λειτουργίας του συστήματος, με διακοπή λειτουργίας είτε του καυστήρα είτε του κυκλοφορητή, με χρονοδιακόπτη και έλεγχο αντιστάθμισης
- η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού που κυκλοφορεί στο σύστημα θέρμανσης, με την ανάμιξη μέσω τρίοδης ή τετράοδης βάνας
- η μεταβολή της παροχής του νερού στα θερμαντικά σώματα, με χρήση θερμοστάτη χώρου ή θερμοστατικών βαλβίδων στα σώματα

Και στις τρεις περιπτώσεις καθοριστικό μέγεθος για τον έλεγχο του συστήματος είναι η θερμοκρασία του νερού στο κύκλωμα θέρμανσης, η οποία στην τρίτη περίπτωση

καθορίζεται άμεσα από τη θερμοκρασία αέρα στους χώρους του κτιρίου. Στη συνέχεια εξετάζονται οι δυνατότητες παρέμβασης και με τους τρεις τρόπους.

α. Κεντρική μονάδα ελέγχου με χρονοδιακόπτη και έλεγχο αντιστάθμισης

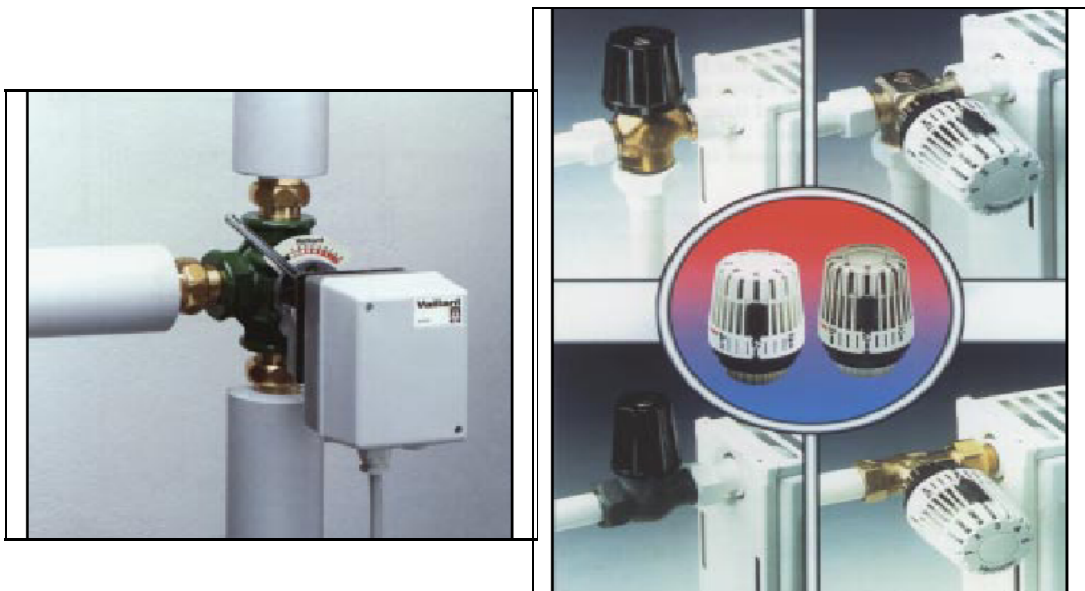
Ως επιβεβλημένη θεωρείται η τοποθέτηση κεντρικής μονάδας ελέγχου της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, που να ελέγχει την έναρξη και διακοπή της λειτουργίας του συστήματος συναρτήσει του ωραρίου εργασίας, των καιρικών συνθηκών και της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Χρονικά προγραμματιζόμενη λειτουργία

Η δυνατότητα προγραμματιζόμενου χρονικού ελέγχου της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης κρίνεται απαραίτητη, κυρίως για τη βελτίωση των συνθηκών του εσωκλίματος. Το φαινόμενο αφορά στην έγκαιρη θέρμανση κτιρίων γραφείων και εμπορικών δραστηριοτήτων τις Δευτέρες, ή μετά από μέρες αργιών, όταν εξαιτίας της μεσολάβησης του Σαββατοκύριακου δεν προλαβαίνει να θερμανθεί το κτίριο, εφόσον η θέρμανση ενεργοποιείται το πρωί της Δευτέρας. Η παρέμβαση αυτή δεν έχει άμεση συμβολή στη μείωση του κόστους θέρμανσης του κτιρίου, πέρα από την απεμπλοκή του σχετικώς επιφορτισμένου εργαζομένου, και τη βελτίωση της ποιότητας της θερμικής άνεσης.

Αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας

Το αμέσως επόμενο στάδιο αυτοματοποίησης της λειτουργίας του συστήματος αφορά την τοποθέτηση θερμοστατικού ελέγχου αντιστάθμισης ώστε, σε συνδυασμό με τον χρονοδιακόπτη, το σύστημα θέρμανσης να λειτουργεί συναρτήσει των καιρικών συνθηκών, όταν πραγματικά αυτό απαιτείται.



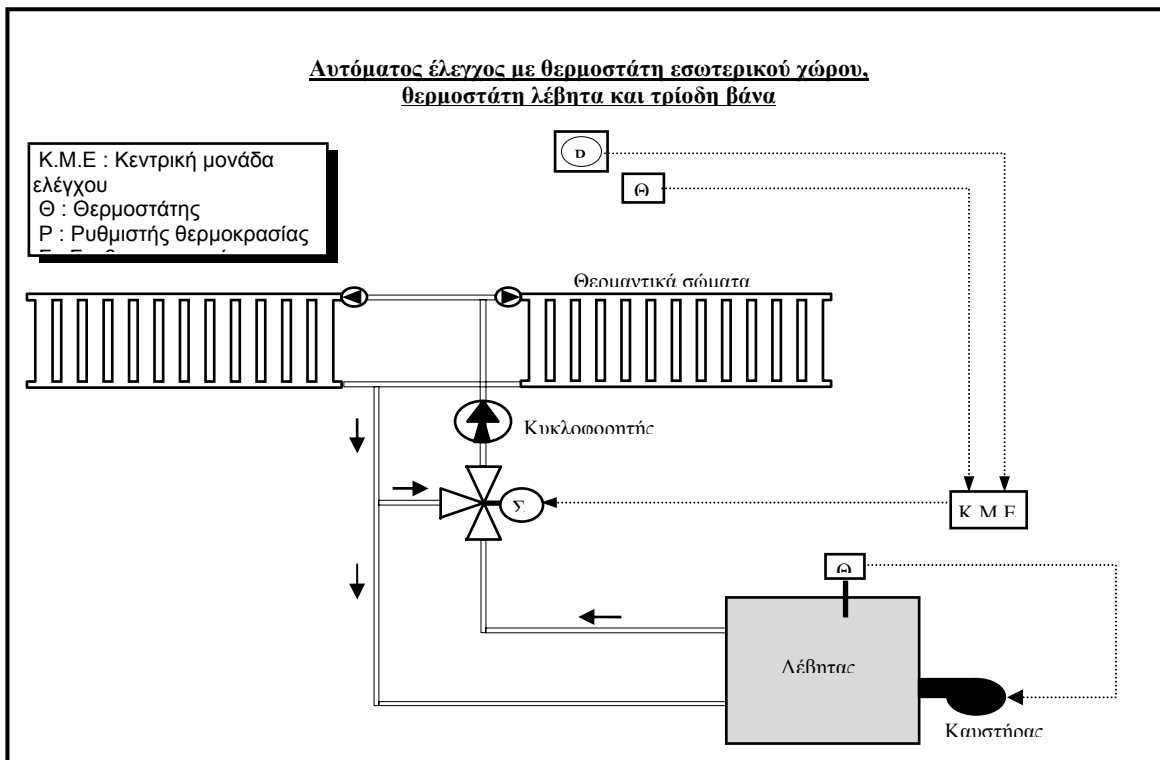
Σχήμα 8.6. Τρίοδη βάνα ανάμιξης και θερμοστατικοί αυτοματισμοί

Θερμοστατικός έλεγχος των χώρων

Σε ό,τι αφορά τον θερμοστατικό έλεγχο της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης υπάρχουν δύο δυνατότητες επίλυσης του προβλήματος, ανάλογα με το κτίριο και τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους.

i. Με ένα θερμοστάτη εσωτερικού χώρου

Η απλούστερη λύση συνίσταται στην τοποθέτηση ενός θερμοστάτη εσωτερικού χώρου, που θα θέτει σε λειτουργία το σύστημα θέρμανσης όταν η εσωτερική θερμοκρασία αέρα πέφτει κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο. Η λύση αυτή αποτελεί την φθηνότερη δυνατότητα ελέγχου λειτουργίας του συστήματος παρουσιάζει, όμως, δύο μειονεκτήματα: η δυνατότητα ελέγχου περιορίζεται σε επίπεδο λειτουργίας - μη λειτουργίας (On-Off) και επιτυγχάνει μικρή σχετικά εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ παράλληλα παρέχει μικρή μόνο δυνατότητα ελέγχου της εσωτερικής θερμοκρασίας, αφού αυτή παρακολουθείται μόνο σε έναν χώρο, ο οποίος θεωρείται ως αντιπροσωπευτικός για το σύνολο του κτιρίου. .



Σχήμα 8.7. Έλεγχος συστήματος θέρμανσης

ii. Με έλεγχο όλων των χώρων και προσαρμογή της λειτουργίας του λέβητα

Ο θερμοστατικός έλεγχος ενός μόνο χώρου αποτελεί μία στοιχειώδη λύση, που δεν παρέχει πραγματικά αντιπροσωπευτική ένδειξη της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου, ούτε δυνατότητα διαφοροποίησης της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης. Η εφαρμογή αυτής της λύσης ενδείκνυται μόνο στην περίπτωση μικρών κτιρίων. Στην περίπτωση μεγαλύτερων κτιρίων, όπου οι θερμοκρασίες στους χώρους διαφοροποιούνται σημαντικά ανάλογα με τον προσανατολισμό των συγκεκριμένων γραφείων και τον τρόπο χρήσης τους απαιτείται η χρήση πιο αποτελεσματικών συστημάτων.

Η πλέον ολοκληρωμένη λύση, τόσο από άποψη ελέγχου της εσωτερικής θερμοκρασίας, όσο και από την άποψη της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, περιλαμβάνει την δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας σε κάθε χώρο, με την αντικατάσταση των κοινών βαλβίδων των σωμάτων με θερμοστατικές, οι οποίες ρυθμίζουν την παροχή ζεστού νερού μέσα από το θερμαντικό σώμα συναρτήσει της θερμοκρασίας του χώρου.

Η τοποθέτηση αυτών των βαλβίδων σε συνδυασμό με την τετράοδη βάνα παράκαμψης του λέβητα για την λειτουργία του συστήματος υπό μερικό φορτίο. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα θέρμανσης θα μπορεί να ανταποκρίνεται ελαστικά στις ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου, αναλόγως των απαιτήσεων των εργαζομένων σε κάθε γραφείο, λειτουργώντας παράλληλα με τον πλέον οικονομικό τρόπο.

Χρήση φθηνότερης μορφής ενέργειας

α. Αντικατάσταση καυστήρα πετρελαίου με αντίστοιχο αερίου

Η αντικατάσταση του υφιστάμενου καυστήρα μπορεί να θεωρηθεί σε αρκετά κτίρια ως, ούτως ή άλλως, ενδεδειγμένη παρέμβαση λόγω της ηλικίας του. Στα κτίρια των πόλεων που θα δεχθούν το φυσικό αέριο από το 2001, συνιστάται η τοποθέτηση καυστήρα αερίου, ώστε να αξιοποιηθεί το φθηνότερο καύσιμο.

β. Δυνατότητα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού - θερμότητας

Μία από τις σημαντικές δυνατότητες που διανοίγονται με την ψήφιση του Ν2244/94 για την ηλεκτροπαραγωγή από ιδιώτες είναι αυτή της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας με καύση φυσικού αερίου ή πετρελαίου, όπως παρουσιάστηκε αναλυτικά και στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Στην περίπτωση μεγάλων κτιρίων, στα οποία συστεγάζονται πολλές υπηρεσίες, καταστήματα και γραφεία, θα η συμπαραγωγή θα μπορούσε να αποτελέσει μία ενδιαφέρουσα λύση. Τέτοια κτίρια είναι κατ' εξοχήν τα κτίρια των Νομαρχιών, μεγάλα σχολικά συγκροτήματα κλπ, με θερμικά φορτία που κυμαίνονται από 1.000.000 έως 3.000.000 kWh ετησίως και ηλεκτρικά φορτία που κυμαίνονται από 100.000 έως 1.000.000 kWh ετησίως,.

Μέτρα «νοικοκυρέματος» σε τακτή χρονική βάση

Τέλος, η ικανοποιητική συντήρηση, οι σωστές ρυθμίσεις και ο καθαρισμός και η συντήρηση των λεβήτων είναι αυτονόητα μέτρα, που δυστυχώς δεν εφαρμόζονται στο βαθμό που θα έπρεπε. Ωστόσο, ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να ληφθεί για την κατάλληλη εκπαίδευση και μετεκπαίδευση των συντηρητηών, καθώς οι εξελίξεις στην τεχνολογία των συστημάτων θέρμανσης είναι σημαντικές και απαιτούν συνεχή ενημέρωση.

8.3.3. Οικονομικές ηλεκτρικές συσκευές και εγκαταστάσεις.

Είναι εύλογο ότι ο αριθμός των συσκευών θα συνεχίσει να αυξάνεται. Πρέπει, όμως, να δοθεί έμφαση στην αγορά και χρήση συσκευών με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, που τεκμηριώνεται με αντίστοιχα σήματα βάσει διεθνών προτύπων. Αυτό αφορά τόσο τις «λευκές» οικιακές συσκευές (πλυντήρια, κουζίνες, ψυγεία) όσο και τον εξοπλισμό

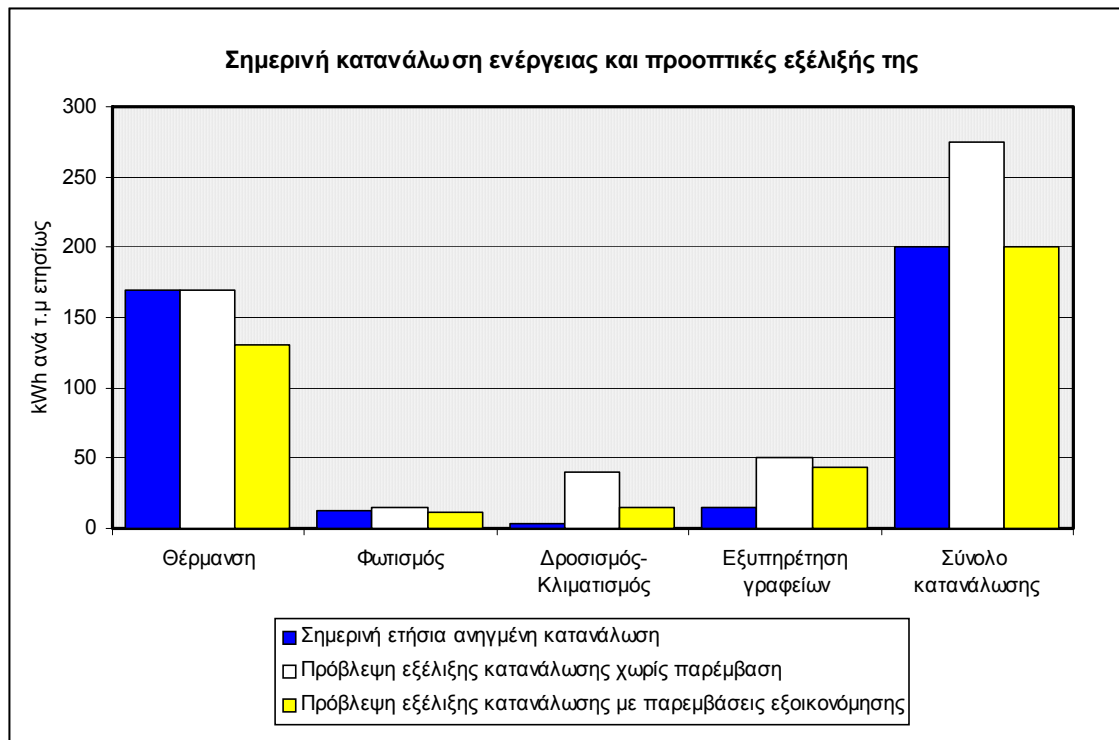
γραφείου. Η διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας είναι της τάξης του 25-40%. Ειδικά στο θέμα του εξοπλισμού γραφείο απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Ο βαθμός εκμηχανισμού και αυτοματοποίησης των ελληνικών δημοσίων υπηρεσιών κυμαίνεται σε ευρωπαϊκά επίπεδα της δεκαετίας του 1980. Η μέση εγκατεστημένη ισχύς είναι της τάξης των 8 W/m² όταν το αντίστοιχο μέγεθος για τη Μ.Βρετανία είναι 10 W/m² και για τη Γερμανία 15 W/m². Ως απόρροια αυτής της κατάστασης είναι αναμενόμενο η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας να είναι περιορισμένη και να μην υφίσταται θέμα εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Ωστόσο, κι επειδή η βελτίωση του εξοπλισμού των υπηρεσιών εξελίσσεται γρήγορα, προκειμένου να αποφευχθεί ένα δυνητικά οξύ πρόβλημα στο άμεσο μέλλον, συνιστάται η υιοθέτηση προδιαγραφών χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας (κατά το πρότυπο των αντίστοιχων EPA Standards ή DIN) σε όλους τους μελλοντικούς διαγωνισμούς προμήθειας εξοπλισμού από δημόσιες υπηρεσίες. Οι προδιαγραφές αυτές καλύπτουν ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τις οθόνες τους, φωτοαντιγραφικά μηχανήματα κτλ., οδηγώντας σε μείωση 30 - 40% της κατανάλωσης έναντι της παλαιότερης γενιάς εξοπλισμού. Επισημαίνεται ότι μηχανήματα που πληρούν αυτές τις προδιαγραφές δεν έχουν ουσιαστική διαφορά κόστους.

8.3.4. Κλιματισμός.

Ίσως το δυσκολότερο πρόβλημα, αφού δεν μπορεί κανείς να απαιτήσει από τους ανθρώπους που ζουν και δουλεύουν σ' ένα κτίριο που υπερθερμαίνεται να μη χρησιμοποιήσουν τον κλιματισμό. Η ενεργειακή δαπάνη για δροσισμό και κλιματισμό των κτιρίων είναι ακόμη σχετικά μικρή. Ωστόσο, και οι συνθήκες άνεσης στην περίοδο δροσισμού είναι αντίστοιχα μέτριες έως κακές. Με δεδομένη την τάση αναβάθμισης των εσωκλιματικών συνθηκών έχει ήδη παρατηρηθεί ραγδαία αύξηση των ψυκτικών φορτίων. Οι έρευνες που έχουν γίνει δείχνουν ότι αν συνεχιστεί αυτή η εξέλιξη, θα πρέπει να περιμένουμε μία επιβάρυνση του ενεργειακού ισοζυγίου κατά 45 kWh/m² ωφέλιμης επιφάνειας ετησίως, ενώ οι δυνατότητες παρέμβασης, αν δεν προσφύγει κανείς σε λύσεις "σκληρής" τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας, είναι περιορισμένες. Αυτό που μπορούμε να επιτύχουμε είναι η μείωση των ψυκτικών φορτίων, με χρήση κυρίως συστημάτων ηλιοπροστασίας, ο φυσικός και νυχτερινός αερισμός (όπου είναι εφικτός), η καλύτερη συντήρηση των συστημάτων κλιματισμού και η λελογισμένη χρήση τους. Αυτά τα μέτρα μπορεί να αμβλύνουν το πρόβλημα, δεν επαρκούν, όμως, για την αντιμετώπισή του. Απαιτείται μία συνολική στρατηγική αντιμετώπισης του προβλήματος.

8.4. Η συνολική θεώρηση του προβλήματος.

Η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια θα παρουσιάσει σημαντική αύξηση την προσεχή δεκαετία, εξαιτίας των ηλεκτρικών συσκευών και, κυρίως, του κλιματισμού, κι αυτό δύσκολα θα αναστραφεί. Προκύπτει επομένως επιτακτικά η ανάγκη να παρέμβει κανείς σήμερα, μειώνοντας την κατανάλωση στους τομείς όπου αυτό είναι δυνατό, κυρίως στη θέρμανση με την εφαρμογή θερμομόνωσης και την καλύτερη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης, και εν συνεχεία στις ηλεκτρικές συσκευές, στο φωτισμό, στην ηλιοπροστασία και στον φυσικό και νυχτερινό δροσισμό. Όλα αυτά βεβαίως, χωρίς να υποβαθμιστούν οι συνθήκες διαβίωσης και εργασίας, αντίθετα μάλιστα επιδιώκοντας την αναβάθμισή τους.



Σχήμα 8.8. Προοπτικές και δυνατότητες εξέλιξης της κατανάλωσης ενέργειας.

Με τον τρόπο αυτό θα δημιουργηθεί ένα «περιθώριο ασφαλείας», θα καταστεί επομένως δυνατόν να αντισταθμιστεί η επερχόμενη αύξηση της κατανάλωσης εξαιτίας της βελτίωσης του επιπέδου εξοπλισμού και της αύξησης των κλιματιζόμενων χώρων, ώστε η συνολική κατανάλωση να παραμείνει στα σημερινά επίπεδα, με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα 8.8.

Στόχος μίας φιλόδοξης, αλλά ταυτόχρονα ρεαλιστικής πολιτικής, οφείλει να είναι η διατήρηση του ίδιου επιπέδου κατανάλωσης, με παράλληλη αναβάθμιση της ποιότητας των κτιρίων.

Προς αυτήν την κατεύθυνση, άλλωστε, κινείται και ο νέος Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.), που απέκτησε ισχύ Υπουργικής Απόφασης τον Αύγουστο του 1998. Ο ΚΟΧΕΕ αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση ενεργειακά πιο ορθολογικών κτιρίων και είναι η ανταπόκριση της ελληνικής πολιτείας στην οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον τομέα της εξυπηρέτησης κτιρίων.

Πέραν των καινοτομιών που αφορούν, μεταξύ άλλων, τον προσδιορισμό των ετήσιων θερμαντικών και ψυκτικών φορτίων, ο κανονισμός θα καλύπτει και το θέμα των υφιστάμενων κτιρίων. Αποτελεί έναν «δυναμικό» κανονισμό, αφού απαιτεί τον προσδιορισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό και δεν αρκείται στον «στατικό» προσδιορισμό συντελεστών. Περιλαμβάνει στους υπολογισμούς αντικείμενα όπως: ενεργητικά ηλιακά συστήματα, παθητικά ηλιακά συστήματα, φωτοβολταϊκά στοιχεία, φυσικό αερισμό, ηλιοπροστασία, ΑΠΕ κτλ ενώ

προβλέπει τον έλεγχο του κτιρίου σε κατάσταση λειτουργίας. Απομένει, ωστόσο, ακόμη η ολοκλήρωσή του και η κατάθεση του προς ψήφιση από το ΥΠΕΧΩΔΕ, ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί.

Τέλος, δεν μπορεί να παραβλέψει κανείς την κοινωνική και οικονομική διάσταση του προβλήματος. Όλες οι παρεμβάσεις στοιχίζουν. Κι όσο παλιότερο είναι ένα κτίριο τόσο πιο πολύπλοκες και δαπανηρές παρεμβάσεις απαιτούνται. Τα κτίρια που έχουν κατασκευαστεί πριν το 1970 αποτελούν ένα σημαντικό ενεργειακό πρόβλημα, ταυτόχρονα, όμως, και ένα αρκετά πεπαλαιωμένο περιουσιακό στοιχείο, για την αναβάθμιση του οποίου οι ιδιοκτήτες σπανίως έχουν τη δυνατότητα να επωμισθούν σημαντικές δαπάνες, ενώ είναι και αμφίβολη η δυνατότητα απόσβεσης των δαπανών.

8.5. Ο ενεργειακός έλεγχος ως εργαλείο παρέμβασης

Ως ενεργειακός έλεγχος ή ενεργειακή επιθεώρηση ή ενεργειακός διαγνωστικός έλεγχος, όροι που εν πολλοίς αποδίδουν τον αγγλικό όρο energy audit, ορίζεται η συστηματοποιημένη διαδικασία αποτύπωσης, καταγραφής και αξιολόγησης ενός ενεργειακού συστήματος που βρίσκεται σε λειτουργία, με αντικειμενικό σκοπό τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας και κατ' επέκταση της μείωσης των λειτουργικών δαπανών.

Από τον ορισμό αυτό προκύπτει ότι οι ενεργειακοί έλεγχοι αφορούν οποιοδήποτε σύστημα καταναλώνει ενέργεια για την παραγωγή ωφέλιμου έργου. Οι κύριοι τομείς εφαρμογής των ενεργειακών ελέγχων είναι τα κτίρια και η βιομηχανία, για τρεις απλούς λόγους. Αποτελούν την κύρια αιτία κατανάλωσης ενέργειας, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής ενώ, ως συστήματα, είναι ελέγξιμα με απόλυτα κριτήρια αναφοράς. Αν εξετάσει κανείς το σύνολο των κτιρίων που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα ή τις άλλες ευρωπαϊκές χώρες θα διαπιστώσει ότι το συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό τους έχει κατασκευαστεί πριν την καθιέρωση μέτρων για την εξοικονόμηση ενέργειας, όπως είναι η θερμομόνωση, οι λέβητες υψηλών αποδόσεων, τα σύγχρονα συστήματα φωτισμού και ψύξης κλπ. Αντίστοιχα, στη βιομηχανία παρατηρείται το φαινόμενο οι παραγωγικές εγκαταστάσεις, ή τμήματά τους, να παραμένουν επί δεκαετίες σε λειτουργία, με μόνη παρέμβαση τη συνηθισμένη διαδικασία συντήρησης, μη λαμβάνοντας υπόψη την εξέλιξη που επιτυγχάνεται σε πολλούς τομείς της παραγωγής ισχύος.

Και στις δύο περιπτώσεις η απόδοση των συστημάτων μπορεί να αξιολογηθεί με απόλυτα κριτήρια, τα κατάλληλα βέβαια κάθε φορά για την περίπτωση. Έτσι, μπορεί κανείς να προσδιορίσει την απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση της μονάδας χρήσης, επί παραδείγματι του ωφέλιμου τετραγωνικού μέτρου, ενός σχολικού κτιρίου σε μία σκανδιναβική χώρα, και να αξιολογήσει τα κτίρια σύμφωνα με το κριτήριο αυτό. Είναι αυτονόητο ότι το κριτήριο θα μεταβάλλεται για ένα σχολικό κτίριο σε μία μεσογειακή χώρα ή για ένα κτίριο κατοικιών στην ίδια σκανδιναβική χώρα. Αντίστοιχα μπορεί κανείς να προσδιορίσει την απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή μίας μονάδας ενός προϊόντος, π.χ. ενός κυβικού μέτρου μοριοσανίδας συγκεκριμένων προδιαγραφών, και να αξιολογήσει την ενεργειακή απόδοση μίας παραγωγικής εγκατάστασης.

Από τα παραδείγματα αυτά προκύπτει εύγλωττα γιατί οι ενεργειακοί έλεγχοι δεν μπορούν, υπό αυτήν τουλάχιστον την έννοια, να εφαρμοστούν στα μέσα μεταφοράς, αφού ούτε η

έννοια του ωφέλιμου έργου είναι σταθερή, ούτε οι καθοριστικής σημασίας περιβάλλουσες συνθήκες. Αν δεχτούμε ότι οι τυποποιημένοι κύκλοι μέτρησης της κατανάλωσης ενός οχήματος αποτελούν μέτρο σύγκρισης, δεν μπορούμε να παραβλέψουμε ότι αναφέρονται σε θεωρητικούς τρόπους οδήγησης. Εξάλλου το ωφέλιμο έργο μίας Porsche, που με τη στενά φυσική έννοια του όρου είναι η μεταφορά του οδηγού της για μία συγκεκριμένη απόσταση, δεν μπορεί να συγκριθεί με το ωφέλιμο έργο ενός Seicento, ακόμη κι όταν η μεταφορά γίνεται με την ίδια ταχύτητα. Τέλος, η μέση διάρκεια ζωής ενός οχήματος δεν καθιστά ενδιαφέρουσα την παρέμβαση για τη μείωση της κατανάλωσής του. Ακόμη, όμως, και σε μέσα μεταφοράς με πολύ πιο ξεκάθαρο ωφέλιμο έργο και μεγάλη διάρκεια ζωής, όπως τα πλοία, οι έντονα μεταβαλλόμενες συνθήκες κλίματος και φορτίου καθιστούν πολύ πιο δύσκολη τη διεξαγωγή συγκρίσεων. Οι σιδηροδρομικές και εναέριες μεταφορές αποτελούν, ίσως, την εξαίρεση αυτής της παρατήρησης, αφού οι μηχανές έλξης και τα αεροπλάνα και μεγάλη διάρκεια ζωής έχουν και μετατροπές για τη βελτίωση τους υφίστανται. Ωστόσο, δεν εμπίπτουν στα πλαίσια εξέτασης αυτού του κεφαλαίου.

Επομένως, αντικείμενο αυτού του κεφαλαίου αποτελούν οι ενεργειακοί έλεγχοι, όπως διεξάγονται στα κτίρια και στη βιομηχανία, ενώ σκοπός του είναι να αποσαφηνιστούν οι εξής έννοιες:

- Καθορισμός των στόχων, των ειδών και της στρατηγικής διεξαγωγής ενεργειακών ελέγχων.
- Βασικά μεθοδολογικά βήματα διεξαγωγής ενός ενεργειακού ελέγχου.
- Σύνθεση της ελεγκτικής ομάδας και απαιτούμενος εξοπλισμός μετρήσεων και επιμέρους ελέγχων.
- Τεκμηρίωση του ελέγχου.

8.6. Στόχοι, είδη και στρατηγική διεξαγωγής ενεργειακών ελέγχων

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, ο σκοπός ενός ενεργειακού ελέγχου είναι ο προσδιορισμός των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα συστήματα, που βρίσκονται σε λειτουργία.

Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός απαιτείται καταρχήν η επίτευξη του στόχου της αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης του εξεταζόμενου συστήματος στο σύνολο του και, κατά συνέπεια, των επιμέρους συστημάτων που το απαρτίζουν. Στην περίπτωση ενός κτιρίου, για παράδειγμα, για τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας για τη λειτουργία του απαιτείται η αξιολόγηση της απόδοσης του συστήματος θέρμανσης, που προϋποθέτει την αξιολόγηση της απόδοσης του καυστήρα και του λέβητα, της λειτουργίας των αυτοματισμών ελέγχου και της κατάστασης των θερμαντικών σωμάτων.

Με δεδομένο ό,τι ο ενεργειακός έλεγχος δεν είναι ποτέ αυτοσκοπός, αλλά το απαραίτητο υπόβαθρο για τον προγραμματισμό και την υλοποίηση βελτιωτικών παρεμβάσεων, γίνεται σαφές ότι:

A) Οι πληροφορίες και τα δεδομένα που συλλέγονται κατά τον έλεγχο προκαθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την επιτυχία των βελτιωτικών παρεμβάσεων,

Β) Το είδος του ενεργειακού ελέγχου είναι άμεση συνάρτηση της φύσης και του μεγέθους του εξεταζόμενου συστήματος, αλλά και των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων, και

Γ) Οι ενεργειακοί έλεγχοι δεν είναι δυνατόν να διεξάγονται βασιζόμενοι μόνο στην τηλεμετρική συλλογή δεδομένων. Προϋποθέτουν την *επιτόπια έρευνα*, συλλογή και κυρίως *επαλήθευση* των δεδομένων

Από αυτές τις επισημάνσεις αυτές προκύπτει ότι μπορεί κανείς να διακρίνει τρία είδη ενεργειακών ελέγχων:

1. Την σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση (walk through audit).
2. Τον συνοπτικό ενεργειακό έλεγχο.
3. Τον αναλυτικό ενεργειακό έλεγχο.

8.6.1. Σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση

Η σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί, το πρώτο στάδιο ενός ελέγχου και, ανάλογα με το μέγεθος και την κατάσταση του εξεταζόμενου συστήματος, ενδεχομένως και το τελικό.

Υλοποιείται με τη συλλογή και αξιολόγηση δεδομένων με έναν «περίπατο» στο υπό εξέταση κτίριο ή βιομηχανικό συγκρότημα. Σε συνεργασία με τους χρήστες του συστήματος συλλέγονται οι βασικές πληροφορίες που αφορούν το σύστημα. Ως τέτοιες ενδεικτικά αναφέρονται: τα στοιχεία κατασκευής του κτιρίου ή του μηχανολογικού εξοπλισμού, οι επιφάνειες χρήσης ή οι ποσότητες παραγωγής, οι ώρες λειτουργίας, οι απαιτήσεις σε ισχύ και θερμοκρασία, οι συνθήκες διαβίωσης ή εργασίας όπως τις αντιλαμβάνονται οι χρήστες, η κατανάλωση ενέργειας για κάθε χρησιμοποιούμενη μορφή κλπ. Η συλλογή και καταγραφή των δεδομένων γίνεται με τη βοήθεια ενός κατάλληλα διαμορφωμένου εντύπου, που συμπληρώνεται από τον ενεργειακό επιθεωρητή σε συνεργασία με τον αρμόδιο χρήστη, π.χ. διαχειριστή του κτιρίου ή υπεύθυνο μηχανικό παραγωγής. Δεν προβλέπεται η διεξαγωγή μετρήσεων και η χρήση αναλυτικών υπολογιστικών μοντέλων για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του συστήματος.

Η σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση στοχεύει:

- α) στην προκαταρκτική διαπίστωση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας,
- β) στην ανάδειξη των ευκαιριών που προσφέρουν οι συνηθισμένες εργασίες συντήρησης του συστήματος για εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, και
- γ) στην συλλογή των δεδομένων που απαιτούνται για μία πιο αναλυτική προσέγγιση του προβλήματος.

Από την περιγραφή αυτή προκύπτει ότι το κύριο πλεονέκτημα της σύντομης ενεργειακής επιθεώρησης είναι το χαμηλό κόστος και ο σύντομος χρόνος που απαιτούνται. Παράλληλα, επιτρέπει την απάντηση στο ερώτημα κατά πόσο υπάρχει το δυναμικό εξοικονόμησης που να δικαιολογεί μείζονες παρεμβάσεις, οπότε κανείς μπορεί να προβεί σε έναν συνοπτικό ή αναλυτικό ενεργειακό έλεγχο.

Υπό αυτήν την έννοια μπορεί να κανείς να διατυπώσει τη θέση ότι η σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί το αντίστοιχο της προμελέτης σκοπιμότητας, τα αποτελέσματα της

οποίας παρέχουν μία πρώτη εικόνα του εξεταζόμενου έργου και αποτελούν κριτήριο για τη συνέχιση του ή μη, με τη διεξαγωγή μελέτης και μελέτης εφαρμογής.

Μπορεί κανείς επίσης να διαπιστώσει, ότι σε ένα μικρό ενεργειακό σύστημα όπου το σύνολο της χρησιμοποιούμενης ενέργειας είναι μικρό και το δυναμικό εξοικονόμησης, σε απόλυτα μεγέθη, ανάλογα μικρό, η σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί επαρκή διαδικασία μελέτης, δικαιολογούμενη από το μέγεθος του επιτυγχανόμενου αποτελέσματος. Έτσι, σε ένα μικρό κτίριο ή μία απλή γραμμή παραγωγής με ετήσια κατανάλωση ενέργειας της τάξης των 5.000 λίτρων πετρελαίου, η επίτευξη εξοικονόμησης της τάξης του 40% (που είναι ιδιαίτερα σημαντικό ποσοστό) ισοδυναμεί με μία ποσότητα 2.000 λίτρων, οικονομικής αξίας 160.000 δρχ (τιμές χειμώνα 1998/99). Με αυτά τα δεδομένα θα ήταν ελάχιστο σκόπιμο να προβεί κανείς σε έναν εκτεταμένο ενεργειακό έλεγχο, κόστος ενός ή δύο εκατομμυρίων.

8.6.2. Συνοπτικός ενεργειακός έλεγχος

Αποτελεί το αμέσως επόμενο στάδιο διακρίβωσης των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα σύστημα. Περιλαμβάνει ολόκληρη τη διαδικασία συλλογής στοιχείων που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο κι επιπρόσθετα τη διεξαγωγή εξειδικευμένων επιτόπιων ελέγχων και μετρήσεων. Ως κυριότερες τέτοιες, για την περίπτωση των κτιρίων, μπορούν να θεωρηθούν:

α) Οι μετρήσεις για τη διαπίστωση της ύπαρξης και της αποτελεσματικότητας της θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου. Αυτές μπορούν να γίνουν με μία κάμερα υπέρυθρης λήψης ή με όργανο μέτρησης του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας k .

β) Οι μετρήσεις για τη διαπίστωση του βαθμού απόδοσης του συστήματος θέρμανσης, με μέτρηση CO, CO₂.

γ) Οι μετρήσεις αερισμού, για τη διαπίστωση της αεροστεγανότητας των κουφωμάτων.

δ) Οι μετρήσεις της έντασης φωτισμού, για την διακρίβωση της επάρκειας του τεχνητού φωτισμού, και της μείωσης ή της αύξησής του.

ε) Οι μετρήσεις απόδοσης των ψυκτικών εγκαταστάσεων.

Αντίστοιχα σε ενεργειακούς ελέγχους στη βιομηχανία μπορούν να διεξαχθούν:

α) Μετρήσεις απόδοσης εστιών, καυστήρων και λεβήτων.

β) Ελεγχος αποδοτικότητας της θερμομόνωσης σε σωληνώσεις μεταφοράς νερού ή ατμού.

γ) Ελεγχος των χρησιμοποιούμενων υδραυλικών και ηλεκτρικών κινητήρων.

δ) Ελεγχος των συστημάτων εξαερισμού και ανάκτησης θερμότητας σε χώρους παραγωγής.

ε) Ελεγχος της απόδοσης των εναλλακτών, δοχείων αποθήκευσης εργαζόμενου μέσου κ.ά. τμημάτων της παροχής θερμότητας ή ισχύος.

Ο συνοπτικός ενεργειακός έλεγχος διεξάγεται συνήθως αφού η σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση έχει καταδείξει αξιόλογες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, προκειμένου να προσδιοριστεί το κόστος που απαιτείται για την υλοποίηση των απαιτούμενων

παρεμβάσεων και την ένταξή τους σε ένα επιχειρησιακό πρόγραμμα συντήρησης και αντικατάστασης του εξοπλισμού.

8.6.3. Αναλυτικός ενεργειακός έλεγχος

Ο αναλυτικός ενεργειακός έλεγχος αποτελεί την πλέον εκτεταμένη προσέγγιση στο πρόβλημα της μελέτης των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα σύστημα. Βασίζεται στα στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί κατά τον συνοπτικό ενεργειακό έλεγχο, τα οποία όμως τώρα αναλύονται και αξιολογούνται με τρόπο που να επιτρέψει την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά κάθε αιτίας κατανάλωσης και την ακριβή πρόβλεψη των αποτελεσμάτων που θα επιτύχουν οι παρεμβάσεις.

Ετσι, στο παράδειγμα ενός κτιρίου:

- Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση θα αναλυθεί και θα επιμεριστεί ανάλογα με την αιτία των απωλειών, δηλαδή μέσω του δαπέδου, της οροφής, των παραθύρων, της τοιχοποιίας, των στοιχείων σκυροδέματος και του αερισμού των χώρων.
- Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα αναλυθεί και θα επιμεριστεί σε φωτισμό, ψύξη, λευκές συσκευές (ψυγεία, πλυντήρια κτλ), μαύρες συσκευές (τηλεοράσεις HiFi), Η/Υ κλπ.
- Οι απώλειες του συστήματος θέρμανσης θα επιμεριστούν στο λέβητα, στις σωληνώσεις, στην καπνοδόχο κλπ.

Αντίστοιχα θα υπολογιστούν και οι επιτεύξιμες βελτιώσεις.

Γίνεται επομένως κατανοητό ότι για την υλοποίηση ενός αναλυτικού ενεργειακού ελέγχου, πέραν της κατανόησης της λειτουργίας ενός συστήματος και της μέτρησης των παραμέτρων του, απαιτείται η χρήση υπολογιστικών αναλυτικών / προσομοιωτικών μοντέλων.

Ακόμη, γίνεται κατανοητό ότι προκειμένου ο έλεγχος να είναι επιτυχής οφείλει να εξετάζεται το σύστημα, εν προκειμένω το κτίριο, συνολικά κι όχι μόνο μία επιμέρους συνιστώσα του, επειδή κάτι τέτοιο θα οδηγούσε πιθανότατα σε λανθασμένα συμπεράσματα.

8.7. Βασικά μεθοδολογικά βήματα διεξαγωγής ενός ενεργειακού ελέγχου

Υπάρχουν δύο μεθοδολογίες διεξαγωγής ενός ενεργειακού ελέγχου, οποιουδήποτε των τριών ειδών αναφέρθηκαν προηγουμένως:

- α) Οι έλεγχοι που βασίζονται στο σύστημα και
- β) Οι έλεγχοι που βασίζονται στην προτεινόμενη λύση.

Στην πρώτη περίπτωση ο ελεγκτής απομονώνει και αξιολογεί την απόδοση κάθε μεμονωμένου ενεργειακού συστήματος και των επιμέρους υποσυστημάτων του (π.χ. Το σύστημα θέρμανσης με το λέβητα, τις σωληνώσεις και τα θερμαντικά σώματα).

Στην περίπτωση αυτή αναζητά από τη βιβλιογραφία και τους κανονισμούς κριτήρια αναφοράς και ελέγχει τις αντίστοιχες επιδόσεις του εξεταζόμενου συστήματος

(αντιστοίχως το βαθμό απόδοσης, τη ρύθμιση των θερμοστατών εξόδου του λέβητα, τις ρυθμίσεις στις βάνες και τους θερμοστάτες χώρου κ.ο.κ.) Αναλόγως των αποτελεσμάτων καθαρίζεται ο λέβητας, ρυθμίζεται σωστότερα ο θερμοστάτης επιστροφής του λέβητα, τοποθετούνται πιο ευαίσθητοι θερμοστάτες χώρου, αντικαθίστανται τα θερμαντικά σώματα με μικρότερα κλπ.

Στην περίπτωση των ελέγχων που βασίζονται στην προτεινόμενη λύση γίνεται εξαρχής προσπάθεια εφαρμογής τεχνολογικά νέων λύσεων, που εξασφαλίζουν καλύτερη ενεργειακή απόδοση, χωρίς κατ' ανάγκη να παρεμβαίνει κανείς στο υφιστάμενο σύστημα. Ως παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η τοποθέτηση συστημάτων επανάκτησης θερμότητας σε συστήματα κλιματισμού, η προσθήκη παθητικών ή ενεργητικών ηλιακών συστημάτων κλπ. Και στις δύο περιπτώσεις απαιτείται μία βασική προετοιμασία του ενεργειακού ελέγχου. Αυτή περιλαμβάνει μεταξύ άλλων:

- Τη συλλογή όλων των δεδομένων που είναι διαθέσιμα για το κτίριο όπως:
 - Αποτελέσματα παλαιότερων ενεργειακών ελέγχων.
 - Αρχεία συντήρησης και επισκευών.
 - Λογαριασμούς πετρελαίου, ηλεκτρισμού και αερίου.
- Επαφή με τους αρμόδιους διαχειριστές του κτιρίου.
- Επιλογή και προετοιμασία του απαραίτητου εξοπλισμού μετρήσεων.
- Σύνθεση της ελεγκτικής ομάδας.
- Προετοιμασία του ερωτηματολογίου.

Τα δύο τελευταία σημεία θα τα δούμε αναλυτικότερα στην επόμενη παράγραφο.

8.8. Σύνθεση της ελεγκτικής ομάδας

Η ελεγκτική ομάδα θα πρέπει θεωρητικά να μπορεί να καλύψει το σύνολο των θεμάτων που μπορεί κανείς να συναντήσει σε ένα ενεργειακό σύστημα. Επειδή, ωστόσο, αυτό θα συνεπάγονταν μία πολυμελή, και επομένως πολυδάπανη, δραστηριοποίηση, μπορεί κανείς να ξεχωρίσει, ανάλογα με τα αποτελέσματα της προετοιμασίας που αναφέραμε, που θα δοθεί το κέντρο βάρους. Ανάλογα διαμορφώνεται και η ομάδα. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται ενδεικτικές κατευθυντήριες οδηγίες για ελέγχους σε κτίρια.

	Η εμφαση	δίνεται σε:	
Μέλος ομάδας	Φωτισμό	ΘΨΚ	Κέλυφος κτιρίου
Διαχειριστής του κτιρίου	Υ	Υ	Υ
Ηλεκτρολόγος	Υ	Π	ΔΑ
Μηχανολόγος	Π	Υ	Υ
Πολιτικός Μηχανικός	Π	ΔΑ	Υ
Ψυκτικός	ΔΑ	Υ	ΔΑ
Ειδικός σε αυτοματισμούς	Π	Υ	ΔΑ

όπου Υ: Υποχρεωτική παρουσία, Π: Προαιρετική, ΔΑ: Δεν απαιτείται

8.9. Προετοιμασία των μετρήσεων

Οι μετρήσεις που διεξάγονται στα πλαίσια ενός ενεργειακού ελέγχου διακρίνονται σε *στιγμιαίες*, που πραγματοποιούνται παράλληλα με τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου και μακρόχρονες, *συνήθως εβδομαδιαίες*, που απαιτούν μεταφορά και εγκατάσταση των οργάνων και συλλογή και επαναφορά τους μετά τη συμπλήρωση των μετρήσεων. Στη διάρκεια των μετρήσεων πρέπει να εξασφαλιστούν τα μετεωρολογικά στοιχεία από τους υπάρχοντες σταθμούς στις πόλεις της έρευνας (δηλαδή να εντοπιστούν τυχόν παραρτήματα της ΕΜΥ, γεωπονικά εργαστήρια, αεροδρόμια κ.λ.π.). Θα πρέπει ακόμη να εξασφαλιστεί η φωτογράφιση των ερευνητών κατά τις μετρήσεις και η βιντεοσκόπηση μίας τουλάχιστον εκ των μετρήσεων.

Οι στιγμιαίες μετρήσεις αφορούν

α) Την απόδοση του συστήματος θέρμανσης, με μέτρηση των παραμέτρων λειτουργίας του καυστήρα- λέβητα.

β) Τη συμπεριφορά του κελύφους του κτιρίου, με ειδικές μετρήσεις με υπέρυθρη κάμερα μετρητή K κλπ

γ) Τις συνθήκες άνεσης των κατοίκων-εργαζομένων κατά την ώρα διαβίωσης-εργασίας τους. Περιλαμβάνουν χρήση του αναλυτή εσωκλίματος, θερμοϋγρογράφου (σε 24ωρη διάρκεια) και ανεμόμετρου χαμηλών ταχυτήτων για τη μέτρηση εναλλακτικών σχημάτων αερισμού του χώρου. Ανεμόμετρο υψηλών ταχυτήτων με διευθυνσιόμετρο είναι χρήσιμο για τη μέτρηση των εξωτερικών συνθηκών κατά τη διάρκεια των στιγμιαίων μετρήσεων. Οι μετρήσεις αυτές λαμβάνουν χώρα κατά τον επιτόπιο έλεγχο, στη διάρκεια του οποίου παίρνεται και συνέντευξη από τον υπεύθυνο συστημάτων θέρμανσης - κλιματισμού, καθώς και από δύο τουλάχιστον άλλους κατοίκους-εργαζόμενους στο χώρο, διαφορετικού φύλλου.

Οι εβδομαδιαίες μετρήσεις θα διεξαχθούν στη συνέχεια, αφού υπάρξει συνεννόηση με τους χρήστες του χώρου για την ασφαλή τοποθέτηση των οργάνων. Κατά τη διάρκεια της εβδομάδας μετρήσεων χρήσιμο είναι να καταγράφονται οι *ώρες λειτουργίας* των κλιματιστικών, ανεμιστήρων, φωτιστικών, ανοίγματος παραθύρων και χρήσης ηλιοπροστατευτικών στοιχείων. Το ζήτημα κρίνεται από τη συνεργασία ενός τουλάχιστον χρήστη του χώρου και από την ετοιμασία εύχρηστων φύλλων που ο ερευνητής, σε συνεννόηση με τους χρήστες, τοποθετεί στους διακόπτες λειτουργίας των συσκευών.

Οι εβδομαδιαίες μετρήσεις αφορούν τη θερμική άνεση, τις συνήθειες των χρηστών καθώς και ειδικά θέματα όπως τον αερισμό του χώρου.

Όλοι οι συμμετέχοντες στις μετρήσεις καταγράφουν, σε έντυπα που έχουν συνταχθεί από πριν, τις σημαντικότερες δράσεις τους στα πλαίσια της έρευνας και τις ώρες που αυτές έγιναν. Το μέτρο είναι απαραίτητο για τη συμπλήρωση των λεγόμενων του ημερολογίου του ελέγχου (αλλά και την ομαλή ρύθμιση των οικονομικών ζητημάτων των συνεργατών).

8.10. Τεκμηρίωση του ελέγχου

Όπως φάνηκε από τις προηγούμενες παραγράφους η τεκμηρίωση ενός ελέγχου είναι τουλάχιστον εξίσου σημαντικά με τις μετρήσεις και τη συλλογή δεδομένων. Κι αυτό επειδή το πλήθος των δεδομένων είναι τόσο μεγάλο και ποικίλο, που αν αυτά καταγραφούν

ατάκτως ή πλημμελώς είναι μετά από ελάχιστο καιρό πρακτικά άχρηστα. Η εμπειρία έχει δείξει ότι ένας φυσιολογικός άνθρωπος αδυνατεί να συγκρατήσει τέτοιου είδους δεδομένα περισσότερο από λίγες μέρες.

Ακόμη, είναι πολύ σημαντικό τα καταγεγραμμένα δεδομένα να πρέπει να μπορούν να είναι κατανοητά κι από άλλους συνεργάτες, πέραν του υπεύθυνου του ελέγχου. Κι αυτό γιατί κατά κανόνα η επεξεργασία τους γίνεται από άλλα άτομα, εξειδικευμένα στη χρήση των υπολογιστικών μοντέλων, που δεν είναι δυνατόν να αναζητούν συνέχεια αυτόν που διεξήγαγε τους ελέγχους για διευκρινήσεις και αποσαφηνίσεις. Τέλος, δεν είναι σπάνιο το φαινόμενο να αναζητά κανείς τα καταγεγραμμένα δεδομένα για περαιτέρω ή εκ νέου επεξεργασία μετά από σημαντικό χρονικό διάστημα, οπότε οι συνεργάτες πιθανώς να έχουν αλλάξει.

Στη συνέχεια παρατίθεται η τελική έκθεση αναφοράς ενός αναλυτικού ενεργειακού ελέγχου σε ένα πραγματικό κτίριο. Η έκθεση περιλαμβάνει

- την καταγραφή των δομικών χαρακτηριστικών του κτιρίου,
- την αξιολόγηση των συνθηκών και ενεργειακής συμπεριφοράς του με τη βοήθεια μετρήσεων και προσομοιωτικών υπολογισμών,
- την πρόταση παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας,
- την τεχνική περιγραφή τους,
- τον υπολογισμό της επιτυγχανόμενης εξοικονόμησης,
- την κοστολόγηση των παρεμβάσεων και
- τον υπολογισμό της περιόδου αποπληρωμής των επενδύσεων που απαιτούνται για την υλοποίηση των παρεμβάσεων.

Τα δύο αυτά κείμενα αποτελούν ένα αναλυτικό πρότυπο τεκμηρίωσης ενεργειακού ελέγχου, που μπορεί να χρησιμοποιείται σε ανάλογες περιπτώσεις.

Βασίζονται σε αντίστοιχα κείμενα και αποτελέσματα που προέκυψαν και δημοσιεύτηκαν στα πλαίσια του κοινοτικού ερευνητικού προγράμματος SAVE, που αφορούσε την ενεργειακή ανακαίνιση κτιρίων γραφείων στην Κεντρική Μακεδονία και υλοποιήθηκε στο διάστημα 1994-1996 από το Εργαστήριο Οικοδομικής και Δομικής Φυσικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του ΑΠΘ, τη ΔΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΕ και την Κτηματική Εταιρεία του Δημοσίου, με συγχρηματοδότηση από την 17^η ΓΔ της ΕΕ.

8.11. Συμπερασματικά

Το πρόβλημα της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων είναι δεδομένο και αφορά τόσο τα κτίρια που κατασκευάζονται σήμερα όσο και τα παλιότερα. Δεδομένη είναι και η ανάγκη λήψης μέτρων. Για τα καινούρια κτίρια απαιτείται η άμεση καθιέρωση αυστηρότερων κανονισμών, που καλύπτουν όλους τους τομείς κατανάλωσης ενέργειας, κι όχι μόνο τη θέρμανση όπως συμβαίνει τώρα. Για τα υφιστάμενα κτίρια απαιτείται επιτέλους η αλλαγή του θεσμικού πλαισίου, που θα επιτρέψει την υλοποίηση παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και η χορήγηση ουσιαστικών οικονομικών κινήτρων προς την κατεύθυνση αυτή. Για όλα τα κτίρια απαιτείται ο έλεγχος της εφαρμογής των μελετών θερμομόνωσης, θέρμανσης και στο μέλλον ψύξης, επειδή η εμπειρία σε αυτό το θέμα είναι απογοητευτική.

Απαιτούνται ακόμη η καθιέρωση υποχρεωτικής ύπαρξης σημάτων ποιότητας στα δομικά υλικά, στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα, η θεσμική κατοχύρωση των επαγγελματιών των τεχνικών-κατασκευαστών και ο έλεγχος των όσων εμπλέκονται στις εργασίες κατασκευής. Όλα αυτά είναι ευθύνη και υποχρέωση της πολιτείας. Υπάρχει, όμως, και μία άλλη διάσταση.

Η ποιότητα των κτιρίων στα οποία ζούμε αποτελεί συνολική ευθύνη όλων μας. Δύο είναι οι ομάδες που έχουν ουσιαστικό λόγο στα τεκταινόμενα: Οι μηχανικοί, που σχεδιάζουμε και επιβλέπουμε την κατασκευή των κτιρίων, αλλά και οι ίδιοι οι άνθρωποι-πολίτες που ζούμε σε αυτά, πληρώνοντας ένα καθόλου ευκαταφρόνητο πόσο για την αγορά και τη συντήρησή τους. Ως μηχανικοί έχουμε την υποχρέωση να ενημερωνόμαστε για τις τεχνολογικές εξελίξεις, να ενημερώνουμε τον κατασκευαστή και τον αγοραστή, να επιμένουμε στην τήρηση, τουλάχιστον, των μελετών μας και να πιέζουμε τον πολίτη για τη λήψη και εφαρμογή των απαιτούμενων μέτρων. Ως κάτοικοι-αγοραστές πρέπει κάποια στιγμή να αφιερώσουμε λίγη προσοχή, λίγο χρόνο και κάποια χρήματα σε ό,τι αφορά την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου, κι όχι μόνο σε ό,τι είναι εμφανές. Αλλιώς η επόμενη αύξηση της τιμής του πετρελαίου θα μας βρει, ξανά, απροετοίμαστους – και χωρίς δυνατότητα να αναπληρώσουμε ούτε τον απωλεσθέντα χρόνο ούτε τις απωλεσθείσες κιλοβατώρες.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ ΥΓΕΙΑΣ-ΠΡΟΝΟΙΑΣ, ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**1. ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ**

Έτος αποπεράτωσης:	1978
Τύπος κτιρίου:	Τυπικό κτίριο γραφείων δεκαετίας 1970
Συνολική επιφάνεια:	1.120 m ²
Επιφάνεια υπηρεσιών:	858 m ²
Ιδιοκτήτης:	ΧΥΖ
Αριθμός ορόφων:	4 όροφοι, ισόγειο και ημιόροφος
Χρήση:	Στέγαση 3 υπηρεσιών, στο ισόγειο καταστήματα
Αριθμός απασχολουμένων:	61
Μέσος αριθμός επισκεπτών:	230 - 320 ημερησίως

Το συγκεκριμένο κτίριο βρίσκεται στην οδό ΑΒΓ 8, στο κέντρο της πόλης, ανήκει στην τοπική Μητρόπολη και στεγάζει τρεις δημόσιες υπηρεσίες: τη διεύθυνση υγείας πρόνοιας, τη διεύθυνση πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και τη διεύθυνση της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης του Νομού. Πέραν τούτων στεγάζει και δύο καταστήματα στο ισόγειο. Πρόκειται για ένα πενταόροφο κτίριο γραφείων, χαρακτηριστικό δείγμα της αρχιτεκτονικής αντίληψης για τα κτίρια γραφείων κατά τη δεκαετία του 1970, με μεγάλες επιφάνειες υαλοστασίων, ομοιόμορφη πρόσοψη, δύο τυπικούς ορόφους και εσοχές. Είναι κατασκευασμένο πριν την εισαγωγή του κανονισμού θερμομόνωσης και δεν παρουσιάζει καμία ιδιαιτερότητα στα συστήματα θέρμανσης και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

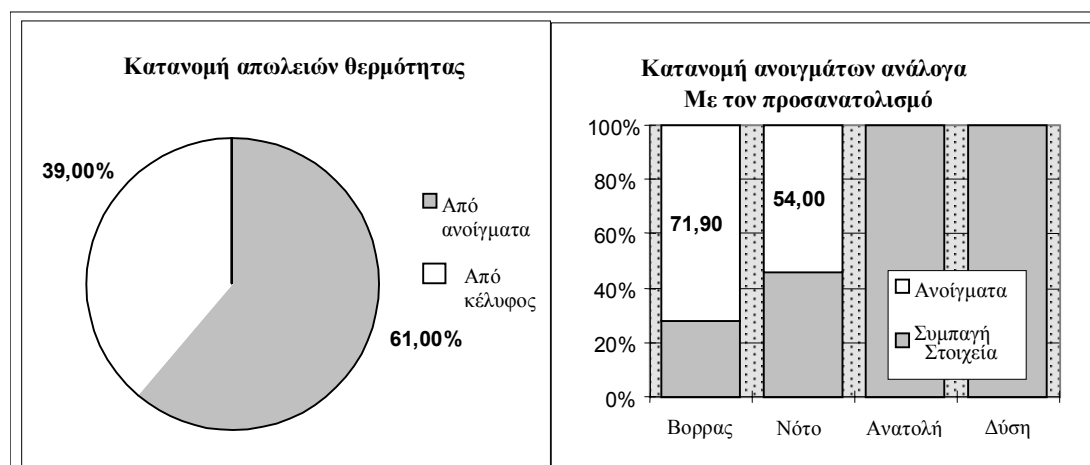
Αποτελεί, υπό αυτήν την έννοια, ένα ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό κτίριο δημοσίων υπηρεσιών, όπως αυτά συναντώνται στις περισσότερες ελληνικές πόλεις. Η αρχιτεκτονική μορφή του κτιρίου και η δόμηση στο οικοδομικό τετράγωνο που αυτό βρίσκεται περιορίζουν τις δυνατότητες ριζικών παρεμβάσεων στα πλαίσια τυχόν ανακαινίσεων, στοιχείο που επίσης αποτελεί κοινό χαρακτηριστικό των περισσότερων κτιρίων που εξετάστηκαν. Για τον λόγο αυτό παρουσιάζει και αυξημένο ενδιαφέρον στα πλαίσια του συγκεκριμένου προγράμματος να εξετάσει κανείς τις δυνατές παρεμβάσεις, οι οποίες θα πρέπει να διακρίνονται από εφαρμοσιμότητα και εφικτότητα.

Τέλος, η ηλικία του κτιρίου, που αποπερατώθηκε το 1979, αποτελεί έναν ακόμη παράγοντα που συνηγορεί στην επιλογή του καθώς έχει συμπληρώσει επαρκή χρόνο ζωής για να στοιχειοθετείται μία ανακαίνιση και αναβάθμισή του, ενώ παράλληλα αναμένεται ότι θα συνεχίσει να χρησιμοποιείται για αρκετές δεκαετίες ακόμη για στέγαση υπηρεσιών. Η θέση του κτιρίου στο οικοδομικό τετράγωνο φαίνεται στο σχέδιο και τις φωτογραφίες που παρατίθενται στη συνέχεια. Άξιο προσοχής είναι το γεγονός ότι η κύρια όψη του κτιρίου, που βρίσκεται επί της οδού Τσαλδάρη, έχει βόρειο προσανατολισμό, ενώ τα απέναντι κείμενα κτίρια είναι πολύωροφα, με τελικό αποτέλεσμα η όψη να μην ηλιάζεται. Η οδός αυτή είναι στενή και παρουσιάζει αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο, γεγονός που αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα στην διεξαγωγή φυσικού αερισμού κατά τις εργάσιμες ώρες. Η νότια όψη βρίσκεται σε ακάλυπτο χώρο, εμβαδού περίπου 70 m², ενώ τα απέναντι ευρισκόμενα κτίρια είναι σχετικά χαμηλά, με αποτέλεσμα το κτίριο να ηλιάζεται. Η δυτική και ανατολική όψη δεν έχουν ανοίγματα. Η ανατολική πλευρά εφάπτεται με άλλο πενταόροφο κτίριο ενώ η δυτική εφάπτεται σε παλαιό ισόγειο κτίριο.

2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Κύρια δομικά χαρακτηριστικά του κελύφους του κτιρίου αποτελούν, όπως προαναφέρθηκε, τα εκτεταμένα υαλοστάσια και η έλλειψη θερμομόνωσης στα συμπαγή δομικά στοιχεία.

Η κύρια βόρεια όψη του κτιρίου χαρακτηρίζεται από τα υαλοστάσια, που είναι αλουμινένια, συρόμενα με μονούς, γκρίζης απόχρωσης, υαλοπίνακες χωρίς εξωτερικές ηλιοπροστατευτικές διατάξεις. Τα συμπαγή δομικά στοιχεία που φαίνονται είναι κατασκευασμένα από σκυρόδεμα και αποτελούν τα στηθαία των υαλοστασίων. Αξίζει ακόμη να επισημανθεί ότι στις δύο εσοχές διατηρείται το ίδιο μορφολογικό ύψος, με τη διαφορά ότι τα υαλοστάσια καλύπτουν όλο το ύψος του ορόφου, χωρίς να υπάρχουν στηθαία. Το αρχιτεκτονικό γνώρισμα της κύριας όψης, με τα μεγάλα υαλοστάσια που καλύπτουν το 71.9% αυτής, έρχεται σε αντίθεση με τη βασική αρχή του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων, οδηγώντας σε αυξημένες θερμικές απώλειες, και είναι ένα δεδομένο που δεν μπορεί να αλλάξει στα πλαίσια της ανακαίνισης του κτιρίου.



Σχήμα 1: Ποσοστά επιφανείας υαλοστασίων επί της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας

Αντίθετα με την βόρεια όψη, στον νότο τα υαλοστάσια καταλαμβάνουν μικρότερο ποσοστό της επιφάνειας και είναι αποκλειστικά μπαλκονόπορτες, επίσης χωρίς εξωτερική ηλιοπροστασία. Η τοιχοποιία είναι κατασκευασμένη με διπλή οπτοπλινθοδομή. Αξίζει να επισημανθεί το κλιμακοστάσιο με το υαλοστάσιο του, που δεν διακόπτεται κατασκευαστικά σε όλο το ύψος του κτιρίου, παρέχοντας επαρκή ηλιασμό.

Τέλος, οι τοιχοποιίες της δυτικής και ανατολικής όψης, που δεν έχουν ανοίγματα, είναι επίσης από διπλή οπτοπλινθοδομή, που στην περίπτωση της δυτικής όψης είναι εκτεθειμένη, καθώς το εξεταζόμενο κτίριο συνορεύει με ισόγειο κτίσμα. Στο σχήμα 1 παρατίθενται συνοπτικά τα ποσοστά κάλυψης από υαλοστάσια της εξωτερικής επιφάνειας των όψεων του κτιρίου.

Σε ό,τι αφορά την εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου αυτή χαρακτηρίζεται από τον κεντρικό διάδρομο που διατρέχει το κτίριο παρέχοντας πρόσβαση στα γραφεία. Ένα σημείο που θα άξιζε να τύχει προσοχής είναι ότι ο κεντρικός αυτός διάδρομος κάθε ορόφου είναι συνέχεια του κλιμακοστασίου, γεγονός που διευκολύνει βέβαια την κυκλοφορία των επισκεπτών, αλλά διευκολύνει εξίσου και την κυκλοφορία του ψυχρού αέρα τους χειμερινούς μήνες μέσα από την κύρια είσοδο, που παραμένει συχνά ανοιχτή. Από την άλλη πλευρά, το στοιχείο αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί, με κατάλληλες μετατροπές, για τον αερισμό του κτιρίου κατά τη θερινή περίοδο/

Σε ό,τι αφορά τα οριζόντια δομικά στοιχεία επισημαίνεται η έλλειψη θερμομόνωσης και στεγάνωσης στα δύο δώματα της πρώτης και τη δεύτερης εσοχής με αποτέλεσμα να υπάρχουν αυξημένες θερμικές απώλειες αλλά και προβλήματα υγρασίας.

3. ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

3.1. Σύστημα θέρμανσης

Το κτίριο διαθέτει κεντρικό δισωλήνιο σύστημα θέρμανσης πετρελαίου, που βρίσκεται σε ημιυπόγειο λεβητοστάσιο, προσαρτημένο στην νότια όψη του κτιρίου, με πρόσβαση από τον ακάλυπτο χώρο.

Ο λέβητας που τροφοδοτεί το κτίριο είναι ισχύος 200.000 kcal/h (232 kW) και ο καυστήρας 30 kg/h. Η τροφοδοσία γίνεται με τη βοήθεια ενός κυκλοφορητή 190 W. Δεν υπάρχουν αυτοματισμοί ελέγχου της θερμοκρασίας των κλάδων ούτε χρονοδιακόπτης λειτουργίας, ενώ ο θερμοστάτης στην προσαγωγή του δικτύου είναι ρυθμισμένος στους 80°C. Το σύστημα θέρμανσης συντηρείται σε ετήσια βάση, ωστόσο η συντήρηση περιορίζεται στις τυπικά απαραίτητες ενέργειες, όπως φαίνεται από την απόδοση του συστήματος, που μετρήθηκε στο 71%, αλλά και από την όλη εικόνα του λεβητοστασίου, που είναι παραμελημένο. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι οι σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής, που από το λεβητοστάσιο ως το κτίριο είναι εξωτερικά τοποθετημένες, είναι μη μονωμένες. Τόσο ο λέβητας όσο και ο καυστήρας έχουν την ηλικία του κτιρίου και συμπληρώνουν 16 χρόνια λειτουργίας.

Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί κατά κανόνα 6 ώρες ημερησίως, από τις 06.30 έως τις 12.00, και ενεργοποιείται από τον αρμόδιο κλητήρα. Το ωράριο μπορεί να αναπροσαρμοστεί εφόσον οι καιρικές συνθήκες της ημέρας τις απαιτούν. Η ετήσια θερμομαντική περίοδος εκτείνεται από τα τέλη Οκτωβρίου ως τα τέλη Μαρτίου, μετατοπιζόμενη ενδεχομένως κατά μία ή δύο εβδομάδες ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες.

Η θέρμανση των χώρων γίνεται με χαλύβδινα μονόστηλα σώματα ύψους 400 mm, τύπου πάνελ που διαθέτουν και πτερύγια, τα οποία είναι τοποθετημένα στις κόγχες κάτω από τα υαλοστάσια στη βόρεια όψη και δίπλα στις μπαλκονόπορτες στη νότια. Δεν υπάρχει δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των γραφείων, εκτός από το άνοιγμα ή κλείσιμο των βαλβίδων των σωμάτων, εφόσον αυτές λειτουργούν.

Είναι άξιο επισήμανσης, ότι οι περισσότερες βαλβίδες είναι σκουριασμένες, με αποτέλεσμα τυχόν προσπάθεια χρήσης τους να οδηγεί σε διαρροές νερού, όπως κατέθεσαν οι εργαζόμενοι. Αυτό διαπιστώθηκε άλλωστε και από τους ερευνητές κατά τη διάρκεια των θερμοφωτογραφίσεων, όταν μάλιστα υποχρεωθήκαμε να αναθεωρήσουμε δύο φορές την αρχική επιλογή χώρου, αφού δεν κατέστη δυνατόν να απομονωθούν τα αντίστοιχα θερμομαντικά σώματα. Επιπρόσθετα χρησιμοποιούνται από τους εργαζομένους περίπου 10 φορητά ηλεκτρικά σώματα και αερόθερμα, για τέσσερις έως πέντε ώρες την ημέρα. Ο αριθμός και οι ώρες χρήσης τους μεταβάλλονται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες.

3.2. Φωτισμός

Ο φωτισμός των γραφείων γίνεται κατά κύριο λόγο με λαμπτήρες φθορισμού. Υπάρχουν 148 λαμπτήρες φθορισμού στο κτίριο που στην πλειοψηφία τους είναι εξοπλισμένοι με πλαστικά στοιχεία διάχυσης του φωτός. Τα φωτιστικά σώματα ελέγχονται από έναν διακόπτη σε κάθε γραφείο. Καθώς τα γραφεία είναι μικρών σχετικά διαστάσεων η δυνατότητα διαφοροποίησης του φωτισμού κρίνεται επαρκής. Επισημαίνεται ότι τα στοιχεία διάχυσης του φωτός δεν καθαρίζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, μειώνοντας έτσι την απόδοση των λαμπτήρων. Δεν υπάρχει δυνατότητα διαφοροποίησης του φωτισμού μέσα σε κάθε γραφείο, αυτό όμως δεν αποτελεί σοβαρό μειονέκτημα, καθώς τα γραφεία έχουν σχετικά μικρό βάθος και λόγω του προσανατολισμού τους δεν παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση της έντασης του φωτισμού.

Πέραν των λαμπτήρων φθορισμού υπάρχουν 48 λαμπτήρες πυρακτώσεως, στους διαδρόμους, τους κοινόχρηστους χώρους και τα μπαλκόνια της νότιας όψης. Οι λαμπτήρες αυτοί χρησιμοποιούνται αναλογικά ελάχιστο χρόνο.

3.3. Δροσισμός - κλιματισμός

Στο κτίριο υπάρχουν συνολικά 6 κλιματιστικές μονάδες. Οι τρεις που βρίσκονται στον τέταρτο όροφο, στα γραφεία της διεύθυνσης πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι τύπου monoblock. Δύο ακόμη μονάδες τύπου monoblock και μία τύπου split unit βρίσκονται στον δεύτερο και τρίτο όροφο στα γραφεία της διεύθυνσης δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η διεύθυνση υγείας δεν διαθέτει κλιματιστικές μονάδες.

Όλες οι μονάδες είναι ισχύος 9,000 BTU. Ωστόσο, οι μονάδες τύπου monoblock είναι αρκετά παλιές, καθώς τοποθετήθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και παρουσιάζουν μειωμένη απόδοση. Επιπρόσθετα είναι, λόγω του τρόπου λειτουργίας τους, αρκετά θορυβώδεις, κουράζοντας σημαντικά τους εργαζόμενους. Ως αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης, στον τέταρτο όροφο, του οποίου το δώμα είναι και μη μονωμένο, δεν επιτυγχάνεται επαρκής δροσισμός, τόσο γιατί η ψύξη είναι ανεπαρκής όσο και επειδή οι εργαζόμενοι δεν μπορούν να χρησιμοποιούν τις κλιματιστικές μονάδες συνεχώς σε πλήρη ισχύ. Στη διεύθυνση υγείας έχει γίνει προμήθεια δεκατριών επιτραπέζιων ανεμιστήρων για τον δροσισμό των γραφείων, που χρησιμοποιούνται τους θερινούς μήνες. Άλλοι τρεις έως τέσσερις ανεμιστήρες χρησιμοποιούνται στις δύο διευθύνσεις εκπαιδευσεως.

4. Προσδιορισμός ενεργειακών δεικτών

Στο σχήμα που ακολουθεί, παρατίθενται οι συνολικές ετήσιες καταναλώσεις των κτιρίων που ελέγχθηκαν. Το συγκεκριμένο κτίριο που εξετάζουμε παρουσιάζει μία συνολική κατανάλωση 105.000 kWh περίπου, εκ των οποίων οι 96.000 κιλοβατώρες είναι πετρελαϊκές και οι υπόλοιπες ηλεκτρικές. Αν θελήσουμε να σχολιάσουμε αυτές τις τιμές, τότε μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η κατανάλωση πετρελαίου ως απόλυτο μέγεθος είναι σημαντική, αιτιολογώντας προσπάθειες για τον περιορισμό της, ακόμη κι αν αυτές επιφέρουν ποσοστιαία μικρό αποτέλεσμα. Αντίθετα, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, ως συνέπεια του γεγονότος ότι οι στεγαζόμενες υπηρεσίες έχουν πραγματικά ελάχιστο εξοπλισμό γραφείων.

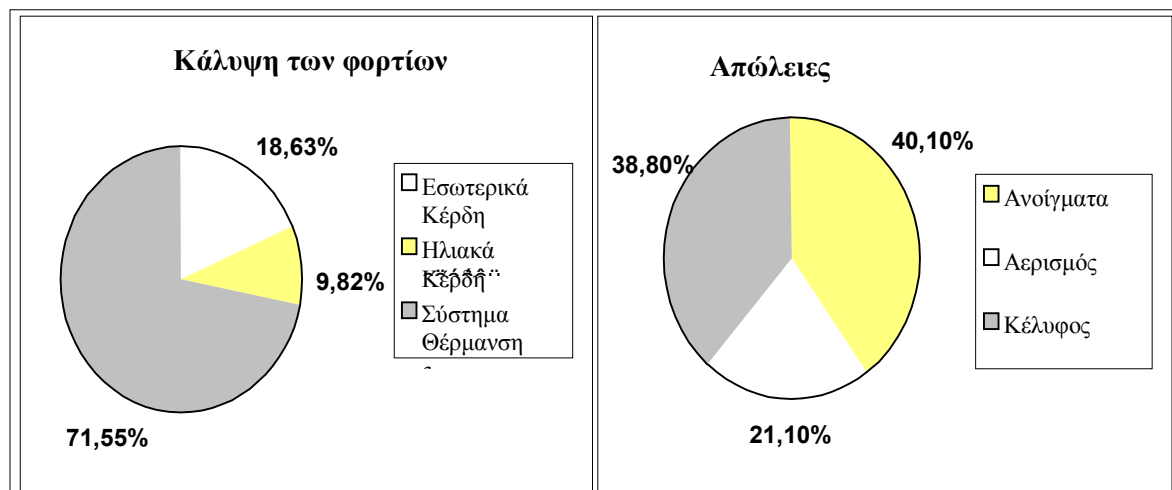
Παρατηρώντας τις ανηγμένες τιμές της κατανάλωσης του συγκεκριμένου κτιρίου μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η κατανάλωση πετρελαίου ανέρχεται στις 115.66 kWh/m² & έτος, ενώ η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις 10.86 kWh/m² & έτος, τιμές που βρίσκονται χαμηλότερα από τον μέσο όρο του δείγματος που είναι 176.36 και 21..34 kWh/m² & έτος αντίστοιχα.

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του δείγματος η μέση τιμή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανέρχεται σε 198 kWh/m², από τις οποίες οι 176,36 αφορούν πετρέλαιο και οι 21,34 ηλεκτρική ενέργεια. Ενδιαφέρον έχει επίσης να παρατηρήσει κανείς τα στοιχεία που αφορούν στην ανηγμένη κατανάλωση ενέργειας συναρτήσει της χρήσης: Το 94,32% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του κτιρίου, το 2,51% για τον φωτισμό του, το 1,69% για την ψύξη και τον δροσισμό και μόλις το 0,67% για τη λειτουργία του εξοπλισμού των γραφείων, ενώ το υπόλοιπο 0,81% καταναλώνεται για διάφορες άλλες αιτίες. Τα αποτελέσματα της αναλυτικής καταγραφής των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και συσκευών του κτιρίου τεκμηριώνουν τις χαμηλές αυτές τιμές. Συνοπτικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, που ακολουθεί.

Από την παράθεση αυτών των δεδομένων καθίσταται φανερό ότι η σημασία της θέρμανσης είναι καθοριστική, και επομένως οι προσπάθειες παρέμβασης πρέπει να εστιαστούν κυρίως σε αυτό το σημείο. Εξετάζοντας το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου με τη βοήθεια του προσομοιωτικού υπολογιστικού προγράμματος SUNCODE 6.0, που φαίνεται στο σχήμα 12, μπορούμε να παρατηρήσουμε πως, σε ό,τι αφορά το σκέλος των προσόδων η συμμετοχή του άμεσου ηλιακού κέρδους είναι πολύ μικρή της τάξεως του 10%, εξαιτίας του προσανατολισμού και της διαμόρφωσης του κτιρίου.

Συσκευές	Αριθμός	Ισχύς [W]	Συνολική ισχύς [W]	Εκτιμώμενες ώρες λειτουργίας/ημέρα
Λαμπτήρες Πυρακτώσεως	48	60	2.880	1
Λαμπτήρες Φθορισμού	148	36	5.328	4
Φωτοαντιγραφικά	3	600	1.800	2
Ψυγεία	4	750	2.800	24
Ανεμιστήρες	16	80	1.280	5
Ηλεκτρικά σώματα	7	2.500	17.500	4
Αερόθερμα	3	600	1.800	4
Ηλεκτρ. Υπολογιστές	5	300	1.500	6
ΣΥΝΟΛΟ	234		34.888	

Πίνακας 1: Ηλεκτρικές συσκευές και εγκαταστάσεις



Σχήμα 2: Θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου

Τα εσωτερικά κέρδη είναι σημαντικότερα, της τάξεως του 18%, κυρίως εξαιτίας της αυξημένης παρουσίας επισκεπτών. Ωστόσο, το 72% περίπου των αναγκών καλύπτεται από το σύστημα θέρμανσης. Σε ό,τι αφορά στο σκέλος των απωλειών παρατηρείται πρακτικά μία ισοκατανομή ανάμεσα στις απώλειες από τα ανοίγματα και τα συμπαγή δομικά στοιχεία, που ευθύνονται συνολικά για το 79% των απωλειών. Η συμμετοχή του αερισμού εμφανίζεται περιορισμένη στο 21%, όχι όμως επειδή το κτίριο παρουσιάζει ικανοποιητική αεροστεγανότητα αλλά επειδή, εξαιτίας της παντελούς έλλειψη θερμομόνωσης, η σημασία του αερισμού υποβαθμίζεται σε σχέση με τις απώλειες αγωγιμότητας.

Σε ό,τι αφορά στο ηλεκτρικό ισοζύγιο και τον επιμερισμό της ηλεκτρικής ενέργειας, οφείλει κανείς να επισημάνει ότι επειδή το συνολικό μέγεθος είναι πολύ μικρό, η σημασία των επιμέρους ποσοστών είναι αντίστοιχα μικρή.

Αν συγκρίνουμε την κατανομή των ενεργειακών φορτίων στο σύνολο του εξετασθέντος δείγματος, και στο συγκεκριμένο υπό εξέταση, γίνεται αντιληπτό πόσο χαμηλή είναι η συμμετοχή του φωτισμού, του δροσισμού και του εξοπλισμού γραφείων στο ενεργειακό ισοζύγιο του υπό εξέταση κτιρίου. Ενδεικτικά επισημαίνεται ότι ενώ στο κτίριο αυτό ο εξοπλισμός γραφείου απορροφά το 0.67% της συνολικής ενέργειας, ο μέσος όρος του δείγματος ανέρχεται σε 4.62%. Αντίστοιχα για φωτισμό καταναλώνεται το 2.51% έναντι 5.29% στο σύνολο των κτιρίων.

Για τον λόγο αυτόν είναι περιορισμένη και η οικονομική επιβάρυνση στους αντίστοιχους τομείς. Η θέρμανση απορροφά το 84.70% των λειτουργικών δαπανών για ενέργεια, με τον φωτισμό να έρχεται σε δεύτερη θέση με 6.77%.

Συνοψίζοντας μπορεί κανείς να διατυπώσει το συμπέρασμα, ότι το κτίριο αυτό παρουσιάζει σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, κυρίως επειδή δεν διαθέτει εξοπλισμό γραφείου, κλιματισμό ενώ έχει καλά στοιχεία φυσικού και τεχνητού φωτισμού. Αντίθετα, η κατανάλωση για θέρμανση κρίνεται υψηλή με τα σημερινά κριτήρια. Τέλος, επισημαίνεται ο κίνδυνος της σημαντικής αύξησης της κατανάλωσης στο μέλλον, με την αναμενόμενη αναβάθμιση του εξοπλισμού των υπηρεσιών καθώς και με την πολύ πιθανή τοποθέτηση κλιματιστικών συσκευών.

5. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ

Για κάθε πρόταση παρατίθεται κατασκευαστικό σχέδιο λεπτομέρειας, περιγραφή χρησιμοποιούμενων υλικών, κοστολόγηση, περίοδος αποπληρωμής και συνολική χρηματική ωφέλεια. Οι προτάσεις παρατίθενται με αύξουσα σειρά κόστους υλοποίησης.

5.1. Κέλυφος του κτιρίου

Προτεινόμενες ενέργειες:

Τοποθέτηση εσωτερικού υαλοστασίου στην κύρια είσοδο, που θα διαμορφώσει χώρο θερμικής ανάσχεσης

Η υφιστάμενη κύρια είσοδος του κτιρίου έχει άνοιγμα 3,40 m, και αποτελείται από ανοιγόμενο αλουμινένιο κούφωμα, το οποίο πολύ συχνά παραμένει ανοιχτό στη διάρκεια των εργασιών ωρών ακόμη και το χειμώνα. Όπως έχει ήδη επισημανθεί το οι κεντρικοί διάδρομοι των ορόφων δεν διαχωρίζονται από το κλιμακοστάσιο, με τελικό αποτέλεσμα να ψύχεται συνολικά το κτίριο από τον συνεχή αυτόν αερισμό. Για το λόγο αυτό προτείνεται η τοποθέτηση ενός δεύτερου υαλοστασίου στον χώρο της κύριας εισόδου, που επιπρόσθετα παρέχει το απαιτούμενο βάθος χώρου για τον σκοπό καθώς ο διάδρομος που σχηματίζεται από το υφιστάμενο υαλοστάσιο έως το κλιμακοστάσιο έχει βάθος περίπου 6 m.

Πιο συγκεκριμένα προτείνεται η αντιστροφή της φοράς ανοίγματος της υφιστάμενης πόρτας, ώστε να ανοίγει προς τα έξω και η τοποθέτηση εσωτερικού υαλοστασίου με μονό υαλοπίνακα σε απόσταση περίπου 1,5 m, με φορά ανοίγματος της πόρτας προς το εσωτερικό του κτιρίου. Το κόστος της κατασκευής υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 170.000 δρχ.

Θερμομόνωση των επιφανειών πίσω από τα θερμαντικά σώματα.

Πρόκειται για ιδιαίτερα αποτελεσματικές θερμογέφυρες, κάτω από τα πρέκια των κουφωμάτων, που συμβάλλουν αποφασιστικά στις απώλειες θερμότητας.

Στην τελευταία εσοχή αντικατάσταση μέρους των υαλοστασίων, που καλύπτουν όλο το ελεύθερο ύψος, με κτιστές ποδιές και διατήρηση μίας μπαλκονόπορτας ανά γραφείο.

Η αρχιτεκτονική διαμόρφωση της βόρειας όψης της τελευταίας εσοχής, με υαλοστάσια που καλύπτουν ολόκληρο το ελεύθερο ύψος του ορόφου, οδηγεί σε αυξημένες θερμικές απώλειες.

Θερμομόνωση και στεγάνωση δωματίων.

Η έλλειψη θερμομόνωσης και τα προβλήματα υγρασίας, οδήγησαν και στο παρελθόν σε επεμβάσεις υδροπροστασίας, που είχαν μάλλον εμβλαωματικό χαρακτήρα, όπως τοπικές επαλείψεις με γαλάκτωμα κτλ.

Προτείνεται η εφαρμογή ενός αντεστραμμένου-αεριζόμενου δώματος, που θα αποτελέσει τη βέλτιστη λύση τόσο σε ότι αφορά τη στεγάνωση όσο και τη θερμομόνωση. Στα πλαίσια της αναζήτησης του τεχνικοοικονομικά βέλτιστου τύπου δώματος εξετάστηκαν οι ιδιότητες και δυνατότητες της κατασκευής PROKELYFOS® συγκρινόμενες με το αντεστραμμένο και το συμβατικό δώμα.

Η κατασκευή αυτού του τύπου έχει ως κύριο χαρακτηριστικό της την κατάργηση της στεγανωτικής μεμβράνης, που επιτυγχάνεται με την διαμόρφωση του εξωτερικού κελύφους ως ενιαίας πλάκας ελαφρά οπλισμένου γαρμπιλοδέματος, λεπτής διατομής και χωρίς αρμούς διαστολής. Η θερμομόνωση, που αποτελείται από σκληρές πλάκες υαλοβάμβακα, τοποθετείται απευθείας πάνω στην πλάκα του φέροντος οργανισμού. Πάνω στην θερμομονωτική στρώση τοποθετούνται σε τακτές αποστάσεις τούβλα ή κύβοι σκληρού υαλοβάμβακα στους οποίους εδράζεται ο μεταλλότυπος του από γαρμπιλοδέμα εξωτερικού κελύφους. Το διάκενο που σχηματίζεται μεταξύ της θερμομόνωσης και της πλάκας του γαρμπιλοδέματος έχει ύψος 5 έως 6 εκατοστών.

Ο μεταλλότυπος, που αποτελείται από ελάσματα μαύρης λαμαρίνας είναι κατάλληλα διαμορφωμένος, ώστε αφενός μεν να εξασφαλίζεται η προστασία της θερμομόνωσης κατά τη διάρκεια των εργασιών διάστρωσης του εξωτερικού κελύφους, αφετέρου δε να μην εφάπτεται ο οπλισμός πάνω στον μεταλλότυπο παρά μόνο σημειακά και να επιτυγχάνεται με τον τρόπο αυτόν ο τεχνικά αποδεκτός εγκιβωτισμός του στο εξωτερικό κέλυφος του δώματος. Η αποστράγγιση των ομβρίων υδάτων από τα σημεία συγκέντρωσης τους γίνεται με το σιφώνι, που διαθέτει και σωλήνα εξαερισμού του διακένου, και με χρήση γαλβανισμένων σωλήνων βαρέως τύπου, διαμέτρου 1.5". Τα σιφών θα τοποθετηθούν στα σημεία που βρίσκονται και τα υφιστάμενα.

Στην περίμετρο του κελύφους δημιουργείται ένα διάκενο αερισμού με πλάτος 3 περίπου εκατοστών ανάμεσα στο κέλυφος και τα στηθαία. Το διάκενο αυτό καλύπτεται από γαλβανισμένο μεταλλικό έλασμα, με κατάλληλα διαμορφωμένες οπές αερισμού, που αποτρέπει την εισροή ομβρίων υδάτων αλλά επιτρέπει τον επαρκή αερισμό του διακένου. Με τον τρόπο αυτό λύνονται οριστικά και τα προβλήματα υγρασίας στην περίμετρο του δώματος.

Χάρis στο διάκενο ανάμεσα στη θερμομόνωση και το εξωτερικό κέλυφος η λύση αυτή έχει πολύ ικανοποιητική συμπεριφορά κατά τη θερινή περίοδο, ανακουφίζοντας θερμικά το κτίριο, ενώ παράλληλα επιτρέπει την "αναπνοή" του κτιρίου από το δώμα αποτρέποντας προβλήματα συμπυκνώσεων. Αποτελεί έτσι μία ενδεδειγμένη λύση για περιοχές με ζεστό καλοκαίρι και βροχερό χειμώνα, όπως είναι η Κεντρική Μακεδονία.

Το στοιχεία κόστους της προτεινόμενης λύσης φαίνονται στον Πίνακα που ακολουθεί

Κοστολογικό στοιχείο	Κόστος
Πακέτο PROKELYFOS περιλαμβάνει μεταλλότυπο, ελάσματα γωνιών, σιφώνια & σωλήνες ομβρίων	3.500 δρχ/m ²

Περιμετρικά ελάσματα	600 δρχ/m ²
Θερμομονωτικό υλικό: Πλάκες σκληρού υαλοβάμβακα 6 cm, πρόσθετα	2.000 δρχ/m ²
Εξωτερικό κέλυφος δώματος περιλαμβάνει οπλισμό, γαρμπιλόδεμα πάχους 5 - 6 cm	1.500 δρχ/m ²
Δαπάνη εργασίας διάστρωσης PROKELYFOS πλήν διαστρωσης γαρμπιλοδεματος	1.000 δρχ/m ²
Δαπάνη εργασίας διάστρωσης εξωτερικού κελύφους	1.000 δρχ/m ²
Δαπάνη μελέτης – επίβλεψης	500 δρχ/m ²
Συνολικό κόστος	10.100 δρχ/m²

Η προτεινόμενη λύση στοιχίζει όσο και μία κλασική κατασκευή αντεστραμμένου δώματος -με σαφώς βελτιωμένη βατότητα- και είναι φθηνότερη από το συμβατικό δώμα, το οποίο στοιχίζει με αντίστοιχες προδιαγραφές περίπου 12.000 δρχ/m²

Αξιζει τέλος να επισημανθεί το σημαντικό πλεονέκτημα, ότι τα χαρακτηριστικά της κατασκευής επιτρέπουν την εφαρμογή της απευθείας πάνω στο υφιστάμενο δώμα χωρίς να απαιτούνται αποξηλώσεις των παλαιότερων στρώσεων, μειώνοντας έτσι των κόστος της παρέμβασης. Η τοποθέτηση του αποστραγγιστικού συστήματος στο διάκενο της κατασκευής απαλοίζει το πρόβλημα επισκευής του παλαιού υφιστάμενου που αποτελεί ένα από τα ευπαθή σημεία των παλαιότερων κατασκευών. Τέλος, η ταχύτητα διεκπεραίωσης της κατασκευής μειώνει την όχληση των χρηστών του κτιρίου, στοιχείο σημαντικό κατά τις ανακαινίσεις κτιρίων υπηρεσιών.

Ανακύκλωση ζεστού αέρα του μεσημβρινού κλιμακοστασίου. Το κλιμακοστάσιο του κτιρίου είναι στην πίσω κύρια όψη του κτιρίου, με μεσημβρινό προσανατολισμό και συνεχόμενο υαλοστάσιο. Η εκμετάλλευση του ζεστού αέρα τη χειμερινή περίοδο μπορεί να θερμάνει τουλάχιστον τους κεντρικούς διαδρόμους. Πρόβλεψη δυνατότητας αερισμού για τη θερινή περίοδο.

Αντικατάσταση των υπάρχοντων κουφωμάτων με καινούρια με διπλούς υαλοπίνακες με παραλληλη μείωση του ποσοστού των ανοιγόμενων κουφωμάτων

Όπως επισημάνθηκε και στο δεύτερο κεφάλαιο, η βόρεια όψη χαρακτηρίζεται από τα εκτετάμενα, συρόμενα υαλοστάσια που καλύπτουν το 71,9% της συνολικής όψης. Με δεδομένο το ότι οι υαλοπίνακες τους είναι μονοί, οι απώλειες θερμότητας από αγωγιμότητα είναι ιδιαίτερα αυξημένες και ανέρχονται στο 26% των συνολικών απωλειών του κτιρίου. Επιπρόσθετα, όπως διαπιστώθηκε κατά τους διαγνωστικούς έλεγχος, η ποιότητα των κουφωμάτων είναι μάλλον κακή, καθώς είναι παλιά, με κατεστραμμένες ή ανύπαρκτες τσιμούχες, με αποτέλεσμα αεροδιαπερατότητα να είναι αυξημένη, οδηγώντας σε υψηλές απώλειες από ακούσιο αερισμό.

Αντίστοιχης ποιότητας είναι και οι μπαλκονόπορτες στην νότια όψη, χωρίς όμως το πρόβλημα να είναι τόσο οξύ, αφενός μεν εξαιτίας του προσανατολισμού και αφετέρου εξαιτίας του μικρότερου συνολικού εμβαδού των ανοιγμάτων.

Από την προσομοιωτική μελέτη προέκυψε ότι το περιθώριο εξοικονόμησης ενέργειας από την αντικατάσταση των υφιστάμενων κουφωμάτων με σύγχρονα, με διπλούς υαλοπίνακες είναι σημαντικό: Αν η επέμβαση περιοριστεί στη βόρεια όψη η εξοικονόμηση ανέρχεται σε 18,1% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας, ενώ αν αντικατασταθούν και τα νότια το ποσοστό εξοικονόμησης αυξάνεται σε 30,2%.

Για την επίτευξη αυτής της βελτίωσης εξετάστηκαν δύο δυνατότητες:

α) η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων στα υφιστάμενα πλαίσια με διπλούς υαλοπίνακες και η αντικατάσταση-συμπλήρωση των υφισταμένων τσιμουχών.

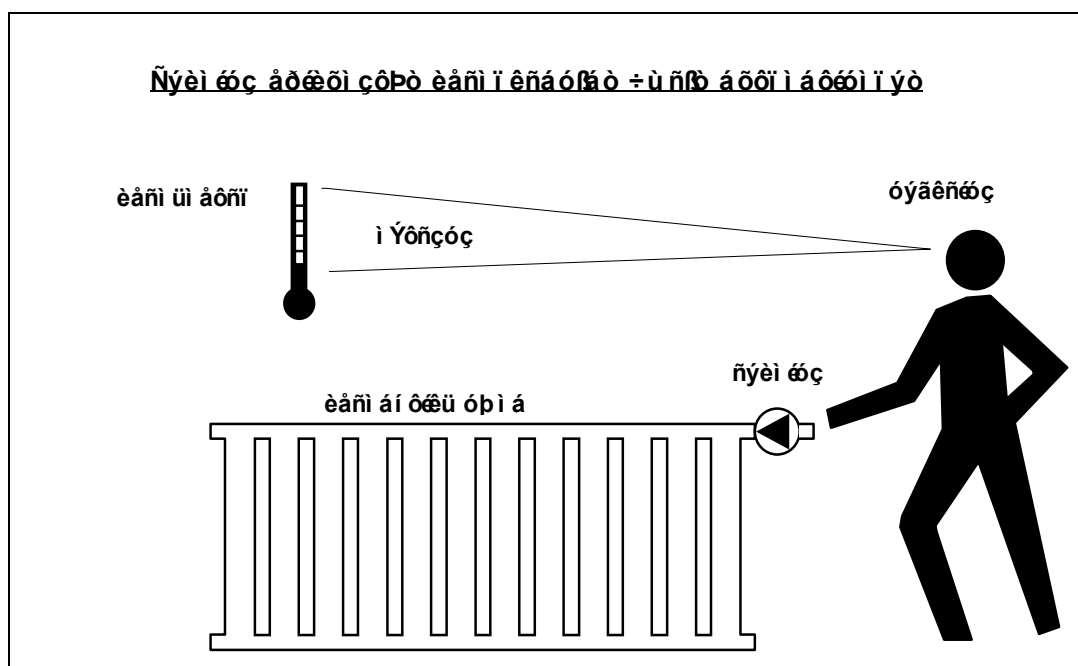
β) η αντικατάσταση ολόκληρων των υφισταμένων υαλοστασίων με καινούρια.

Επειδή κρίθηκε ότι δεν είναι απαραίτητο να ανοίγουν όλα τα παράθυρα προκειμένου να εξασφαλίζεται ο αναγκαίος αερισμός, και προκειμένου να μειωθεί το κόστος της αντικατάστασης των κουφωμάτων, προτείνεται η διατήρηση του 30% της επιφάνειας ως σταθερά υαλοστάσια με το υπόλοιπο 70% να είναι συρόμενα όπως και τώρα.

5.2. Σύστημα θέρμανσης

Όπως επισημάνθηκε, το σύστημα θέρμανσης στερείται αυτοματισμών ελέγχου της λειτουργίας του, ενώ η εικόνα των θερμαντικών σωμάτων στο εσωτερικό του κτιρίου είναι μέτρια. Ως συνέπεια αυτής της κατάστασης όλα τα θερμαντικά σώματα λειτουργούν συνεχώς, ακόμη και σε χώρους όπου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη απ' ότι χρειάζεται. Η έναρξη και η διακοπή της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης γίνεται από τον αρμόδιο υπάλληλο, το πρωί και το μεσημέρι αντίστοιχα, με αποτέλεσμα στις μεταβατικές περιόδους του έτους το σύστημα να λειτουργεί συχνά χωρίς αυτό να απαιτείται. Στο σημείο αυτό εντοπίζεται και η κύρια δυνατότητα παρέμβασης. Αντίθετα, η ηλικία και η εύρυθμη λειτουργία του λέβητα δεν στοιχειοθετούν την αντικατάστασή του. Τέλος υπάρχουν αξιολογα περιθώρια μείωσης της κατανάλωσης με μικρής κλίμακας παρεμβάσεις, όπως είναι η θερμομόνωση των σωληνώσεων του δικτύου.

Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις, όπως διατυπώνονται στις επόμενες παραγράφους, έχουν ως στόχο την μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου και τη βελτίωση των εσωκλιματικών συνθηκών, στόχος που μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου της λειτουργίας του συστήματος.



Σχήμα 3: Υφιστάμενη κατάσταση: δυνατότητα ρύθμισης θερμοκρασίας από το χρήστη στο θερμαντικά σώματα

Κατά την διατύπωση των παρεμβάσεων στη συνέχεια διακρίνονται τρεις ομάδες ενεργειών που αποσκοπούν στην μείωση των απωλειών από τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης, στην πρόσδοση δυνατοτήτων ελέγχου και ανταπόκρισης στις κλιματικές και εσωτερικές συνθήκες και στη χρήση φθηνότερης ενέργειας.

Βελτίωση θερμομόνωσης στον λέβητα

Ο υφιστάμενος λέβητας διαθέτει ένα μάλλον λεπτό πάπλωμα ορυκτοβάμβακα μέσου πάχους 3 cm κάτω από το εξωτερικό του κάλυμμα, το οποίο επιπροσθέτως έχει ξεφτίσει σε αρκετά σημεία. Προτείνεται η αφαίρεση του υφιστάμενου θερμομονωτικού υλικού και η αντικατάστασή του από πάπλωμα ορυκτοβάμβακα πάχους 5 cm, φαινομένου ειδικού βάρους 50 kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0.041 \text{ W/mK}$.

Με τον τρόπο αυτόν εκτιμάται ότι θα βελτιωθεί ο μέσος βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης κατά 1 έως 1.5% μειώνοντας το θερμικό φορτίο κατά 1.000 kWh σε ετήσια βάση, μέγεθος που αντιστοιχεί στο 1% της σημερινής συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Το κόστος της παρέμβασης υπολογίζεται σε 10.000 € και η περίοδος αποπληρωμής της απαιτούμενης επένδυσης είναι πρακτικά μία θερμομαντική περίοδος.

Θερμομόνωση σωληνώσεων τροφοδοσίας συστήματος θέρμανσης

Πρόκειται για την πλέον επείγουσα παρέμβαση, που έχει και ελάχιστο κόστος. Οι σωληνώσεις τροφοδοσίας του συστήματος θέρμανσης διανύουν ακάλυπτες την απόσταση από το λεβητοστάσιο ως το εσωτερικό του κτιρίου, η οποία είναι περίπου έξη μέτρα. Οι σωληνώσεις είχαν θερμομονωθεί με κοχύλια υαλοβάμβακα όταν κατασκευάστηκε το κτίριο, έκτοτε όμως το θερμομονωτικό υλικό έχει καταστραφεί εξαιτίας της έκθεσής του στα καιρικά φαινόμενα. Προτείνεται κατά συνέπεια η τοποθέτηση θερμομονωτικών κοχυλίων με υαλοβάμβακα πάχους 3 cm, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0.045 \text{ W/mK}$. Τα κοχύλια θα διαθέτουν εξωτερική επικάλυψη από ενισχυμένο φύλλο αλουμινίου. Με το ίδιο υλικό προτείνεται να θερμομονωθούν οι σωληνώσεις και στο εσωτερικό του λεβητοστασίου.

Με τον τρόπο αυτόν εκτιμάται ότι θα επιτευχθεί ο περιορισμός των απωλειών κατά περίπου 2.000 kWh σε ετήσια βάση, μέγεθος που αντιστοιχεί στο 2,1% της σημερινής κατανάλωσης ενέργειας. Το κόστος της παρέμβασης υπολογίζεται σε 25.000 € και η περίοδος αποπληρωμής της απαιτούμενης επένδυσης είναι πρακτικά μία θερμομαντική περίοδος. Συνιστάται η παρέμβαση αυτή να διεξαχθεί παράλληλα με την βελτίωση της θερμομόνωσης του λέβητα.

Δεν συνιστάται η θερμομόνωση των κεντρικών σωληνώσεων στο εσωτερικό του κτιρίου, αφού ουσιαστικά συμβάλλουν στη θέρμανση των χώρων γραφείων και των κοινοχρήστων χώρων απ' όπου διέρχονται.

Αντικατάσταση των υφιστάμενων θερμομαντικών σωμάτων

Η κατάσταση των θερμομαντικών σωμάτων είναι γενικά μέτρια και η αντικατάστασή τους θα ήταν, από τεχνικής άποψης επιβεβλημένη, όπως προκύπτει και από τις συχνά παρατηρούμενες διαρροές. Ωστόσο, έχοντας επίγνωση των οικονομικών περιορισμών στους προϋπολογισμούς των δημοσίων υπηρεσιών, η ενέργεια αυτή ιεραρχείται ως τελευταία στη σειρά των προτεινόμενων παρεμβάσεων.

Πιο συγκεκριμένα: ο αριθμός των θερμομαντικών σωμάτων στο κτίριο ανέρχεται σε 68, τα σώματα είναι

χαλύβδινα μονόστηλα, ύψους 360 mm με πτερύγια. Προτείνεται η αποξήλωσή τους, με παράλληλη κατάργηση 10 εξ αυτών, και η αντικατάστασή τους με καινούρια χαλύβδινα σώματα τύπου πάνελ, δίστηλα ύψους 390 mm (II/390), μήκους 1 m το κάθε σώμα. Η συνολική θερμική απόδοση των καινούριων σωμάτων παραμένει ίδια με αυτήν των υφισταμένων, παρά τη μείωση του αριθμού τους. Το κόστος των οποίων ανέρχεται σε 19.000 δρχ. το καθένα, προκύπτει ένα συνολικό κόστος σωμάτων 1.102.000 δρχ, οπότε μαζί με τις βάσεις στερέωσης και τα διάφορα αναλώσιμα το συνολικό κόστος υλικών θα ανέρθει στο 1.250.000.

Οι δαπάνες εργασίας για την αντικατάσταση των σωμάτων ανέρχονται σε 160.000, και περιλαμβάνει την αποξήλωση των υφιστάμενων σωμάτων και την τοποθέτηση των καινούριων. Ωστόσο, αν η παρέμβαση αυτή γίνει σε συνδυασμό με την θερμομόνωση των συμπαγών δομικών στοιχείων που περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα, τότε θα υπολογιστεί μόνο στην μία από τις δύο παρεμβάσεις, αφού οι εργασίες της αποξήλωσης και επανατοποθέτησης θα διεξαχθούν μόνο μία φορά.

Από την αντικατάσταση των σωμάτων δεν προσδοκούνται άμεσα ενεργειακά οφέλη, αλλά αυξημένη αξιοπιστία στην λειτουργία του συστήματος και καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης.

Τοποθέτηση κεντρικής μονάδας ελέγχου του συστήματος θέρμανσης με χρονοδιακόπτη λειτουργίας, θερμοστατικό έλεγχο αντιστάθμισης της εξωτερικής θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου

Ως επιβεβλημένη θεωρείται η τοποθέτηση κεντρικής μονάδας ελέγχου της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, που να ελέγχει την έναρξη και διακοπή της λειτουργίας του συστήματος συναρτήσει του ωραρίου εργασίας, των καιρικών συνθηκών και της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Η δυνατότητα προγραμματιζόμενου χρονικού ελέγχου της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης κρίνεται απαραίτητη, κυρίως για τη βελτίωση των συνθηκών του εσωκλίματος. Το φαινόμενο αφορά στην έγκαιρη θέρμανση του κτιρίου τις Δευτέρες, ή μετά από μέρες αργιών, όταν εξαιτίας της μεσολάβησης του Σαββατοκύριακου δεν προλαβαίνει να θερμανθεί το κτίριο, αφού η θέρμανση ενεργοποιείται από τον αρμόδιο υπάλληλο στις 06.30. Η παρέμβαση αυτή δεν έχει άμεση συμβολή στη μείωση του κόστους θέρμανσης του κτιρίου, πέρα από την απεμπλοκή του σχετικώς επιφορτισμένου εργαζομένου, αλλά αποτελεί απαραίτητο συμπλήρωμα του θερμοστατικού ελέγχου που θα αναλυθεί στη συνέχεια. Οφείλει, τέλος, να διατυπωθεί η παρατήρηση ότι, ακόμη και ως ένδειξη εκσυγχρονισμού της νοοτροπίας στην λειτουργία μίας δημόσιας υπηρεσίας, πρέπει να περάσει κανείς από το στάδιο του ανθρώπινου ελέγχου τόσο απλών παραμέτρων στο στάδιο των αυτοματισμών.

Το αμέσως επόμενο στάδιο αυτοματοποίησης της λειτουργίας του συστήματος αφορά την τοποθέτηση θερμοστατικού ελέγχου αντιστάθμισης ώστε, σε συνδυασμό με τον χρονοδιακόπτη, το σύστημα θέρμανσης να λειτουργεί συναρτήσει των καιρικών συνθηκών, όταν πραγματικά αυτό απαιτείται. Συγκεκριμένα προτείνεται η τοποθέτηση του αισθητηρίου του θερμοστάτη σε σημείο κάτω από το ανατολικό μπαλκόνι του πρώτου ορόφου, στην νότια όψη του κτιρίου. Στο σημείο αυτό το αισθητήριο δεν θα είναι άμεσα εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία και τα καιρικά φαινόμενα, ενώ παράλληλα είναι και πολύ κοντά στο λεβητοστάσιο, αποφεύγοντας έτσι μεγάλου μήκους καλωδιώσεις. Η ακριβής θερμοκρασία κατά την οποία ο θερμοστάτης θα θέτει σε λειτουργία το σύστημα θέρμανσης πρέπει να προσδιοριστεί μετά από σχετική δοκιμή που θα συσχετίσει την εξωτερική θερμοκρασία αέρα στο σημείο εκείνο με την θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου.

Σε ό,τι αφορά τον θερμοστατικό έλεγχο της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης υπάρχουν δύο δυνατότητες επίλυσης του προβλήματος, αναλόγως των διαθεσίμων πόρων.

Η πρώτη λύση συνίσταται στην τοποθέτηση ενός θερμοστάτη εσωτερικού χώρου, που θα θέτει σε λειτουργία το σύστημα θέρμανσης όταν η εσωτερική θερμοκρασία αέρα πέφτει κάτω από ένα

συγκεκριμένο όριο. Η λύση αυτή αποτελεί την φθηνότερη δυνατότητα ελέγχου λειτουργίας του συστήματος παρουσιάζει, όμως, δύο μειονεκτήματα: η δυνατότητα ελέγχου περιορίζεται σε επίπεδο λειτουργίας - μη λειτουργίας (On-Off) και επιτυγχάνει μικρή σχετικά εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ παράλληλα παρέχει μικρή μόνο δυνατότητα ελέγχου της εσωτερικής θερμοκρασίας, αφού αυτή παρακολουθείται μόνο σε έναν χώρο, ο οποίος θεωρείται αντιπροσωπευτικός για το σύνολο του κτιρίου. Η λειτουργία του συστήματος κατά τον τρόπο αυτόν φαίνεται σχηματικά στο διάγραμμα του Σχήματος

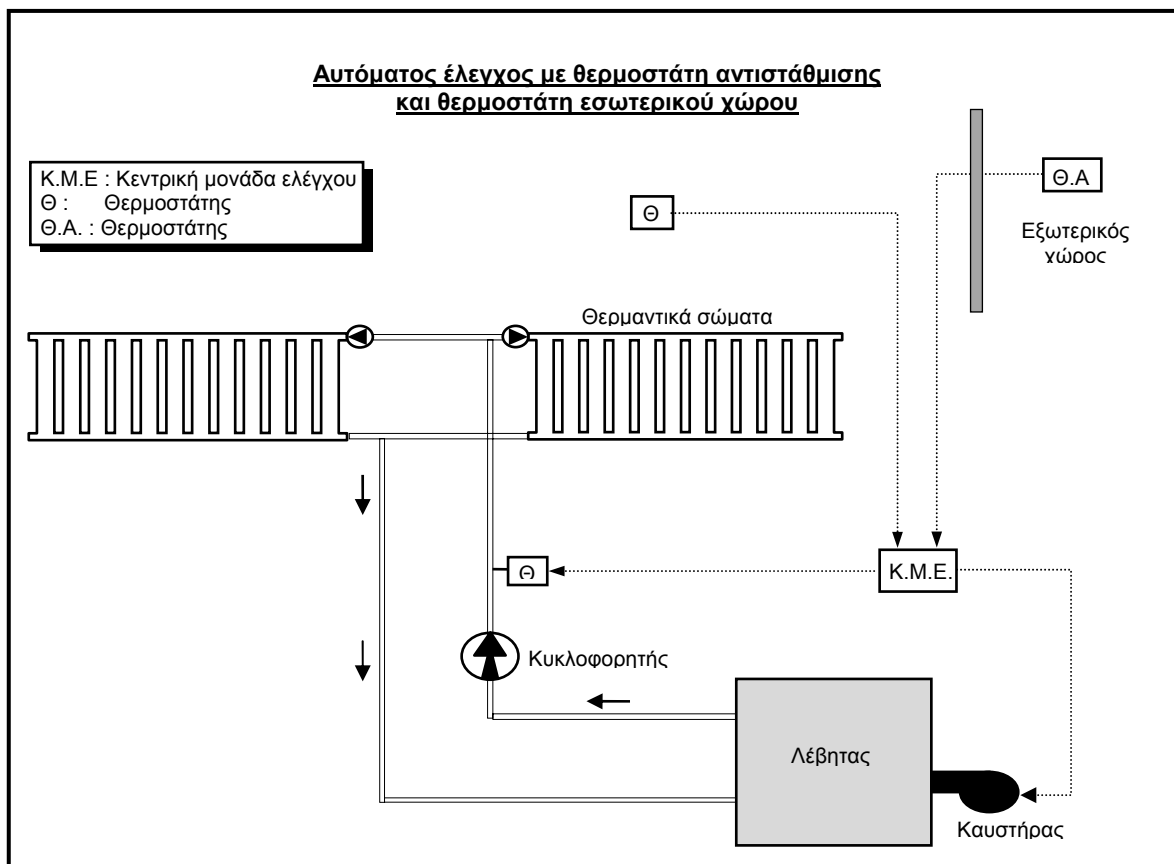
Οι επιμέρους ενέργειες που απαιτούνται για την εγκατάσταση αυτού του συστήματος περιλαμβάνουν:

α) Την τοποθέτηση της κεντρικής ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου στο λεβητοστάσιο, που περιλαμβάνει εβδομαδιαία προγραμματιζόμενο χρονοδιακόπτη, κύκλωμα παρακολούθησης του θερμοστάτη αντιστάθμισης και κύκλωμα παρακολούθησης του θερμοστάτη εσωτερικού χώρου.

β) Την τοποθέτηση του θερμοστάτη αντιστάθμισης στο σημείο που περιγράφηκε κάτω από το δυτικό μπαλκόνι του πρώτου ορόφου στην νότια όψη του κτιρίου και την σύνδεσή του με την κεντρική μονάδα ελέγχου.

γ) Την τοποθέτηση του θερμοστάτη εσωτερικού χώρου σε αντιπροσωπευτικό γραφείο του κτιρίου. Ως τέτοιο προτείνεται ένα από τα γραφεία της βόρειας όψης του δεύτερου ορόφου.

δ) Τη ρύθμιση των θερμοκρασιών ενεργοποίησης των δύο θερμοστατών με δοκιμαστική λειτουργία και καταγραφή των συνθηκών που επιτυγχάνονται ως την επίτευξη ικανοποιητικής απόκρισης.



Σχήμα 4: Δυνατότητα ελέγχου με κεντρική μονάδα ελέγχου, θερμοστάτη αντιστάθμισης και θερμοστάτη εσωτερικού χώρου

Το κόστος της προτεινόμενης παρέμβασης αφορά το «πακέτο» των αυτοματισμών, αφού δεν είναι σκόπιμη η προμήθεια των μεμονωμένων στοιχείων του και περιλαμβάνει:

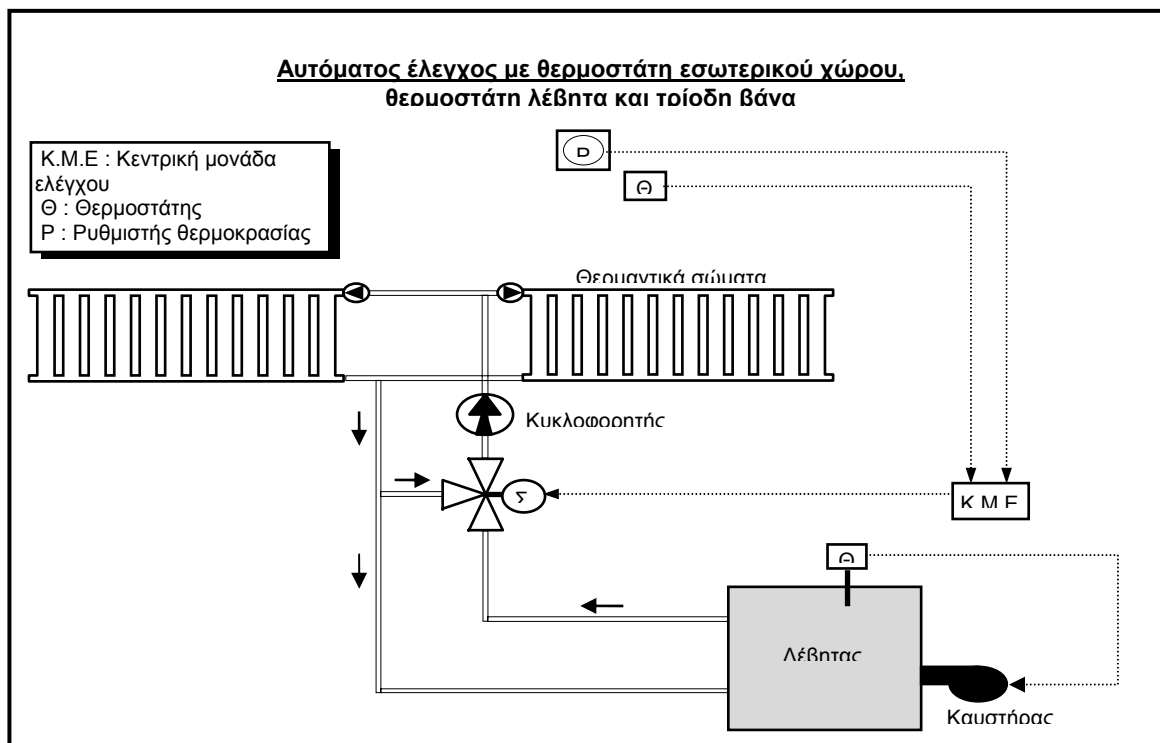
1. κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου
2. εβδομαδιαία προγραμματιζόμενο χρονοδιακόπτη
3. θερμοστάτη αντιστάθμισης
4. θερμοστάτη εσωτερικού χώρου
5. καλωδιώσεις και εργασίες τοποθέτησης

Το συνολικό κόστος ανέρχεται σε 320.000 δρχ. ενώ η υπολογισθείσα επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση φτάνει το 8% του συνολικού ετήσιου θερμικού φορτίου, που αντιστοιχεί σε 7.600 kWh. Η περίοδος αποπληρωμής της σχετικής δαπάνης ανέρχεται σε 5.2 έτη.

Τοποθέτηση κεντρικής μονάδας ελέγχου του συστήματος θέρμανσης και τρίοδη βάνα με χρονοδιακόπτη λειτουργίας, θερμοστατικό έλεγχο αντιστάθμισης της εξωτερικής θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας όλων των εσωτερικών χώρων

Η πλέον ολοκληρωμένη λύση, τόσο από άποψη ελέγχου της εσωτερικής θερμοκρασίας, όσο και από την άποψη της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, περιλαμβάνει την δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας σε κάθε χώρο, με την αντικατάσταση των βαλβίδων των σωμάτων με θερμοστατικές σε συνδυασμό με την τοποθέτηση τρίοδης βάνας παράκαμψης του λέβητα για την λειτουργία του συστήματος υπό μερικό φορτίο. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα θα μπορεί να ανταποκρίνεται ελαστικά στις ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου, αναλόγως των απαιτήσεων των εργαζομένων σε κάθε γραφείο, λειτουργώντας παράλληλα με τον πλέον οικονομικό τρόπο.

Η λειτουργία του συστήματος κατά τον τρόπο αυτόν φαίνεται σχηματικά στο διάγραμμα του Σχήματος, που ακολουθεί.



Σχήμα 5: Δυνατότητα ελέγχου με κεντρική μονάδα ελέγχου, θερμοστάτη αντιστάθμισης και θερμοστατές θερμαντικών σωμάτων και τρίοδη βάνα ελέγχου

Οι επιμέρους ενέργειες που απαιτούνται για την εγκατάσταση αυτού του συστήματος περιλαμβάνουν:

α) και β) Την τοποθέτηση κεντρικής μονάδας ελέγχου, χρονοδιακόπτη και θερμοστάτη αντιστάθμισης όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

γ) Την αντικατάσταση των υφιστάμενων βαλβίδων των σωμάτων που, όπως προαναφέρθηκε είναι σε μεγάλο κατεστραμμένες, με βαλβίδες θερμοστατικού ελέγχου της λειτουργίας των θερμαντικών σωμάτων (τύπου Danfors).

δ) Την τοποθέτηση της τρίοδης βάνας στον κλάδο προσαγωγής και του αντίστοιχου αισθητηρίου θερμοκρασίας στον κλάδο επιστροφής του συστήματος θέρμανσης

ε) Τη ρύθμιση της θερμοκρασίας ενεργοποίησης της τρίοδης βάνας και του θερμοστάτη αντιστάθμισης με δοκιμαστική λειτουργία και καταγραφή των συνθηκών που επιτυγχάνονται ως την επίτευξη ικανοποιητικής απόκρισης.

Πρέπει να επισημανθεί ότι ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος, η δυνατότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας σε κάθε γραφείο, απαιτεί την συνειδητοποιημένη συμμετοχή των χρηστών. Κι αυτό γιατί αν ο χρήστης ρυθμίσει στην θερμοστατική βαλβίδα τη θερμοκρασία στο μέγιστο, τότε πρακτικά ακυρώνει τη λειτουργία της, αφού το σώμα θα τροφοδοτείται συνεχώς.

Το κόστος της προτεινόμενης παρέμβασης αφορά το «πακέτο» των αυτοματισμών, που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο και επιπρόσθετα την τρίοδη βάνα και τις θερμοστατικές βαλβίδες. Αναλυτικά έχει ως εξής:

Στοιχείο κόστους	Τεμάχια	Συνολικό Κόστος
κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου εβδομαδιαία προγραμματιζόμενος χρονοδιακόπτης θερμοστάτη αντιστάθμισης	1	260.000
θερμοστατικές βαλβίδες	58	435.000
Τρίοδη βάνα	1	170.000
καλωδιώσεις και εργασίες τοποθέτησης		60.000
ΣΥΝΟΛΟ		925.000

Το συνολικό κόστος ανέρχεται επομένως σε 925.000 δρχ. ενώ η υπολογισθείσα επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση φτάνει το 14% του συνολικού ετήσιου θερμικού φορτίου, που αντιστοιχεί σε 7.600 kWh. Η περίοδος αποπληρωμής της σχετικής δαπάνης ανέρχεται σε 9.1 έτη.

Αντικατάσταση καυστήρα με καινούριο πετρελαίου - αερίου

Η αντικατάσταση του υφιστάμενου καυστήρα μπορεί να θεωρηθεί ως, ούτως ή άλλως ενδεξιγμένη, επειδή είναι 16 ετών και η απόδοσή του κρίνεται μέτρια. Επιπρόσθετα, καθώς η παροχή φυσικού αερίου αναμένεται να αρχίσει μέσα στο 1997, υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης καυστήρα πετρελαίου - αερίου, ώστε να αξιοποιηθεί το φθηνότερο καύσιμο.

Προτείνεται επομένως η αντικατάσταση του σημερινού καυστήρα με έναν καινούριο, παροχής 30 kg/h πετρελαίου - αερίου. Το κόστος της προτεινόμενης παρέμβασης εκτιμάται σε 350.000 δρχ. Με βάση τις έως τώρα ανακοινώσεις της Δ.Ε.Π.Α. σχετικά με την τιμή διάθεσης του αερίου, το κόστος της θερμικής κιλοβατώρας με χρήση αερίου θα είναι περίπου 20-25% χαμηλότερο απ' ότι το αντίστοιχο με χρήση πετρελαίου και κατά συνέπεια χρόνος αποπληρωμής της δαπάνης αντικατάστασης του καυστήρα είναι μικρότερος των δύο ετών.

Σύνοψη προτεινόμενων παρεμβάσεων στο σύστημα θέρμανσης

Μελετώντας το κτίριο των Διευθύνσεων Υγείας Πρόνοιας, Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν αρκετά σημαντικά περιθώρια παρεμβάσεων στο σύστημα θέρμανσης προκειμένου να επιτευχθεί εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας, αλλά και βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης.

Εξετάστηκαν οι δυνατότητες παρέμβασης και διατυπώθηκαν οι προτάσεις που παρατίθενται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

Στάδιο δράσης	Στόχος προς επίτευξη	Παρεμβάσεις		
	Μείωση θερμικών απωλειών συστήματος	Απαιτούμενες ενέργειες		
1	Περιορισμός απωλειών στον λέβητα	Αντικατάσταση - ενίσχυση θερμομονωτικού υλικού		
2	Περιορισμός απωλειών και στο δίκτυο διανομής	Αντικατάσταση - ενίσχυση θερμομονωτικού υλικού	Θερμομόνωση εξωτερικών σωληνώσεων	
3	Περιορισμός απωλειών στα προηγούμενα και στο εσωτερικό του κτιρίου	Αντικατάσταση - ενίσχυση θερμομονωτικού υλικού	Θερμομόνωση εξωτερικών σωληνώσεων	Αντικατάσταση θερμαντικών σωμάτων
	Έλεγχος Λειτουργίας Συστήματος	Απαιτούμενοι Αυτοματισμοί		
4	Έναρξη - Διακοπή της λειτουργίας του συστήματος, συναρτήσει ωραρίου υπηρεσίας	Κεντρική Μονάδα Ελέγχου & Χρονοδιακόπτης		
5	Έναρξη - Διακοπή της λειτουργίας του συστήματος συναρτήσει ωραρίου υπηρεσίας και καιρικών συνθηκών	Κεντρική Μονάδα Ελέγχου & Χρονοδιακόπτης	Θερμοστάτης Αντιστάθμισης	
6	Μεταβολή του φορτίου του λέβητα συναρτήσει των προηγούμενων και της εσωτερικής θερμοκρασίας	Κεντρική Μονάδα Ελέγχου & Χρονοδιακόπτης	Θερμοστάτης Αντιστάθμισης	Θερμοστάτης Εσωτερικού Χώρου και τρίοδη βάνα
	Μείωση κόστους μονάδας ενέργειας	Απαιτούμενες ενέργειες		
7	Επιλογή φθηνότερης μορφής ενέργειας	Αντικατάσταση καυστήρα για δυνατότητα χρήσης φυσικού αερίου		

Πίνακας 2: Παρεμβάσεις στο σύστημα θέρμανσης του κτιρίου

Το κόστος και το οικονομικό αποτέλεσμα όλων των προτεινόμενων παρεμβάσεων παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Στάδιο δράσης	Παρέμβαση	Κόστος (δραχμές)	Χρόνος αποπληρωμής (έτη)
1	Αντικατάσταση - ενίσχυση θερμομονωτικού υλικού λέβητα	10.000	1
2	Θερμομόνωση εξωτερικών σωληνώσεων	25.000	1
3	Αντικατάσταση θερμομαντικών σωμάτων	1.250.000	-
4	Κεντρική Μονάδα Ελέγχου, Χρονοδιακόπτης, Θερμοστάτης Αντιστάθμισης Θερμοστάτης Εσωτερικού Χώρου	320.000	5.2
5	Κεντρική Μονάδα Ελέγχου, Χρονοδιακόπτης, Θερμοστάτης Αντιστάθμισης Θερμοστατικές βαλβίδες σωμάτων και τρίοδη βάνα	925.000	9.1
6	Αντικατάσταση καυστήρα για δυνατότητα χρήσης φυσικού αερίου	350.000	2

Πίνακας 3: Κόστος και οικονομικό αποτέλεσμα των παρεμβάσεων

Αν θελήσει κανείς να ιεραρχήσει τις προτεινόμενες παρεμβάσεις με βάση τους οικονομικούς περιορισμούς και τις πιο επείγουσες ανάγκες του κτιρίου, τότε μπορεί να διαμορφώσει το πρόγραμμα παρεμβάσεων που φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα και που αποκαλείται Εφικτό Σενάριο Παρεμβάσεων.

Στάδιο δράσης	Παρέμβαση	Κόστος (δραχμές)	Χρόνος αποπληρωμής (έτη)
1	Αντικατάσταση - ενίσχυση θερμομονωτικού υλικού λέβητα	10.000	1
2	Θερμομόνωση εξωτερικών σωληνώσεων	25.000	1
3	Κεντρική Μονάδα Ελέγχου, Χρονοδιακόπτης, Θερμοστάτης Αντιστάθμισης Θερμοστάτης Εσωτερικού Χώρου	320.000	5.2
4	Αντικατάσταση καυστήρα για δυνατότητα χρήσης φυσικού αερίου	350.000	2
	ΣΥΝΟΛΟ	705.000	4.2

Πίνακας 4: Εφικτό Σενάριο Παρεμβάσεων

Συμπληρωματικά πρέπει να γίνουν και οι απαιτούμενες εργασίες αντικατάστασης των βαλβίδων των θερμομαντικών σωμάτων με καινούριες, απλές, καθώς η αντικατάσταση όσων θερμομαντικών σωμάτων είναι κατεστραμμένα. Αυτές οι εργασίες οφείλουν να ενταχθούν στην τακτική συντήρηση του κτιρίου.

Η εφαρμογή των άλλων προτεινόμενων παρεμβάσεων, θα δώσει σαφώς καλύτερα ενεργειακά αποτελέσματα, συνεπάγεται όμως σημαντικά υψηλότερο κόστος, αφού πρόκειται ουσιαστικά για μία ριζική ανακαίνιση του συστήματος θέρμανσης. Τα οικονομικά χαρακτηριστικά αυτού του ολοκληρωμένου προγράμματος παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί.

Στάδιο δράσης	Παρέμβαση	Κόστος (δραχμές)	Χρόνος αποπληρωμής (έτη)
1	Αντικατάσταση - ενίσχυση θερμομονωτικού υλικού λέβητα	10.000	1
2	Θερμομόνωση εξωτερικών σωληνώσεων	25.000	1
3	Αντικατάσταση θερμαντικών σωμάτων	1.250.000	-
4	Κεντρική Μονάδα Ελέγχου, Χρονοδιακόπτης, Θερμοστάτης Αντιστάθμισης Θερμοστατικές βαλβίδες σωμάτων και τρίοδη βάνα	925.000	9.1
5	Αντικατάσταση καυστήρα για δυνατότητα χρήσης φυσικού αερίου	350.000	2
	ΣΥΝΟΛΟ	2.560.000	8.5

Πίνακας 5: Σενάριο Προγράμματος Ολοκληρωμένης Παρέμβασης

5.3. Φωτισμός

Όπως επισημάνθηκε και στην παράγραφο 3.2, η γενική κατάσταση του συστήματος τεχνητού φωτισμού είναι ικανοποιητική, καθώς χρησιμοποιούνται ευρέως λαμπτήρες φθορισμού, ενώ στα περισσότερα φωτιστικά σώματα υπάρχουν και στοιχεία διάχυσης του φωτός. Παράλληλα, τα εκτεταμένα υαλοστάσια και ο προσανατολισμός του κτιρίου συμβάλλουν στον καλό φυσικό φωτισμό του εσωτερικού. Η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού με νέου τύπου, υψηλής απόδοσης δεν κρίνεται οικονομικά σκόπιμη. Κατόπιν αυτών των παρατηρήσεων, τα περιθώρια παρεμβάσεων είναι περιορισμένα.

Προτείνεται η τοποθέτηση στοιχείων διάχυσης του φωτός όπου δεν υπάρχουν. Ενεργειακά θα ήταν σκόπιμο αυτά να είναι μεταλλικά, αυτό θα δημιουργούσε όμως ανομοιομορφία με τα ήδη υφιστάμενα, οπότε μπορούν να τοποθετηθούν πλαστικά. Ιδιαίτερη έμφαση οφείλει να δοθεί στον τακτικό καθαρισμό των στοιχείων διάχυσης, προκειμένου αυτά να επιτελούν πράγματι την αποστολή τους.

5.4. Δροσισμός

Οι διαγνωστικοί έλεγχοι κατέδειξαν ότι το κτίριο υπερθερμαίνεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, για τον λόγο αυτόν άλλωστε έγινε και η προμήθεια των επιτραπέζιων ανεμιστήρων. Η μελέτη των συνθηκών άνεσης έδειξε ότι οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στις εργάσιμες ώρες είναι της τάξεως των 28°C, ενώ στον τελευταίο όροφο σημειώθηκαν μέγιστες τιμές της τάξης των 30.

Προκειμένου να επιτευχθούν αποδεκτές συνθήκες άνεσης, χωρίς να προσφύγει κανείς στη δαπανηρή λύση του κλιματισμού, προτείνονται οι ακόλουθες ενέργειες:

Τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής σε όλα τα γραφεία.

Το ελεύθερο ύψος των γραφείων (3.05m) επιτρέπει αυτήν την λύση, που θα εξασφαλίσει αποδεκτές συνθήκες άνεσης. Προτείνεται η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής τριών πτερυγίων, με διάμετρο στροφείου 1,20 m και ονομαστική ισχύ ηλεκτροκινητήρα 70 W. Συνιστάται η τοποθέτηση ενός ανεμιστήρα σε κάθε χώρο γραφείου με εμβαδόν έως 18 m² και δύο στους μεγαλύτερους. Ο συνολικός αριθμός των ανεμιστήρων που απαιτούνται ανέρχεται σε 45.

Η τοποθέτηση τους είναι απλή και η παροχή του ρεύματος θα γίνει επιφανειακά, μία πλαστική καλύπτρα-οδηγό να καλύπτει το καλώδιο. Το κόστος των ανεμιστήρων, για μία συνολική παραγγελία, εκτιμάται ότι θα ανέρθει στις 20.000 δρχ. ο ένας, επομένως 900.000 δρχ. συνολικά. Οι δαπάνες τοποθέτησης δεν υπερβαίνουν τις 50.000 δρχ. Εάν το ποσό των 950.000 κριθεί υπερβολικό μπορεί να τοποθετηθεί ένας μόνο ανεμιστήρας οροφής σε κάθε μεγάλο γραφείο και να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικά οι ήδη υπάρχοντες επιτραπέζιοι. Με τον τρόπο αυτόν ο απαιτούμενος αριθμός περιορίζεται στους 32 και η συνολική δαπάνη στις 690.000 δρχ.

Συμπληρωματικές παρεμβάσεις αερισμού

Συμπληρωματικά προς αυτήν την παρέμβαση θα επιδράσουν ευνοϊκά οι προτεινόμενες κτιριοδομικές παρεμβάσεις που αφορούν στον νυχτερινό αερισμό, στη θερμομόνωση των δωματίων και στην τοποθέτηση ηλιοπροστατευτικών διατάξεων στο κλιμακοστάσιο.

Επισημαίνεται, ότι η προτεινόμενη διαμόρφωση ανακλινόμενων ανοιγμάτων στο υαλοστάσιο του κλιμακοστασίου (παρ. 6.2.7) έχει πολύ μικρό κόστος και μπορεί να γίνει άμεσα.

Η παρέμβαση της θερμομόνωσης των δωματίων (παρ. 6.2.4.) και της διαμόρφωσης ανακλινόμενων φεγγιτών στην βόρεια όψη των δύο εσοχών(παρ. 6.2.3.), που θα επιτρέπουν νυχτερινό αερισμό, θα συμβάλλουν σημαντικά στη θερμική ανακούφιση των δύο τελευταίων ορόφων, που αντιμετωπίζουν και τα εντονότερα προβλήματα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Άγις Μ. Παπαδόπουλος, Χ. Κορωναίος, Ν. Μουσιόπουλος «Βελτιστοποίηση συστημάτων ΑΠΕ σε νησιά με δεδομένους γεωμορφολογικούς & οικονομικούς περιορισμούς» 6^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας Β' τόμος 452
2. Άγις. Μ. Παπαδόπουλος διδακτικές σημειώσεις «Οικονομική ανάλυση ενεργειακών συστημάτων» 3.4 – 3.9
3. Α.Παπαδόπουλος κ.ά., 'Διερεύνηση ενοποίησης ενεργειακών μεγεθών οικοδομικών τετραγώνων και εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας στον αστικό ιστό της πόλης των Σερρών', Τελική έκθεση έργου, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1999.
4. Α.Πελεκάνος και Κ. Παπαχριστόπουλος «Σύνταξη πινάκων μετεωρολογικών στοιχείων για ηλιακές εφαρμογές των κυριότερων πόλεων της Ελλάδος» 1^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας 1982 56-69
5. Γεώργιος Τσιλιγκιρίδης «Το δυναμικό των εγχώριων ενεργειακών πόρων» 5^ο συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας Γ' τόμος (σελ.174,176-180,183-184)
6. Γ. Καραμανζάνης «Εκτίμηση κόστους παραγόμενης αιολικής kWh" 2^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
7. Γ. Χριστοδούλου «Ανάλυση βιωσιμότητας επενδύσεων στο τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας» 6^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
8. Γιώργος Κουτίνης «Εκτίμηση και διαχείριση γεωθερμικού δυναμικού υψηλής ενθαλπίας – Αναφορά στον Ελληνικό χώρο» Εθνικό συνέδριο εφαρμογών γεωθερμίας 318
9. Δ. Ψυχογιός, Μ. Γκούμας, Β. Λυγερού «Λήψη αποφάσεων για την αξιοποίηση ενός γεωθερμικού πεδίου με βάση πολλαπλά κριτήρια, Εφαρμογή στο πεδίο της Ν.Κεσσάνης» 3^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
10. Δ.Κοδοσάκης, Στ. Μοσχοβάκης, Δ. Βλάχου, Ι. Καλδέλλης «Προσδιορισμός κόστους παραγωγής Ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας» 6^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
11. ΔΕΗ, Γενική Διεύθυνση Εκμετάλλευσης Παραγωγής, Ετήσια δελτία και αναφορές, 1995-1998, Αθήνα
12. ΔΕΗ, Διεύθυνση Εκμετάλλευσης Μεταφοράς, Ετήσια δελτία εκμετάλλευσης, 1995-1998, Αθήνα
13. Ε.Ε Δέλλιου «Παραγωγή Ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας – γεωθερμική μονάδα 2MW Μήλου» Εθνικό συνέδριο εφαρμογών γεωθερμίας (σελ.346-351,359)
14. Ε.Δέλλιου «Τεχνολογίες εκμετάλλευσης γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας» Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
15. Ευθύμιος Η. Βαζαίος «Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας - Υπολογισμός και σχεδίαση συστημάτων»

16. Ε. Ανδρουτσοπούλου, Ν. Σακελαρίου, Γ Καψάλης «Ανάπτυξη λογισμικού με σκοπό τη υποβοήθηση αποφάσεων αναφορικά με την υλοποίηση έργων ΑΠΕ στα νησιά της μεσογείου» 5^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
17. Ε. Γεωργοπούλου, Δ. Λάλας, Λ. Παπαγιαννάκης «Ενεργειακός σχεδιασμός και πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων: Η περίπτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας» 5^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
18. Ειδικό τεύχος για τον Γ.Ο.Κ., Ενημερωτικό Δελτίο Τ.Ε.Ε., 17.10.00, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 2000.
19. Ι. Καλδέλλης «Επίλυση του ενεργειακού προβλήματος των νησιών του Αιγαίου με την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας» 5^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
20. Ι. Καλδέλλης, Κ. Σωτηράκη «Σχεδιασμός – μελέτη λειτουργίας αυτόνομου νησιωτικού φωτοβολταϊκού σταθμού» 6^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
21. Ι. Μαυρογιάννης, Θ. Τσούτσος, Ε.Τσελεπής «Τα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα- Έρευνα αγοράς» 6^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
22. Καραγιαννίδης Αβραάμ 1996 «Μοντελοποίηση ολοκληρωμένης διαχείρισης απορριμμάτων» τμήμα Μηχ.Μηχανικών ΑΠΘ ΕΜΘΠΜ 61,63,65-74,141-157
23. Κούτρας Παναγιώτης, Τσιλιγκιριδής Γιώργος (1988) «Οικονομική εξέταση φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας» 3^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
24. Μ. Γκούμας, Β. Λυγερού «Καθορισμός προτεραιοτήτων για την αξιοποίηση των ελληνικών γεωθερμικών πεδίων, πολυκριτηριακή ανάλυση του προβλήματος και πρώτα αποτελέσματα» 3^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας
25. Μ.Σανταμούρης, Ν.Χρυσομαλλίδου, Ν.Κλεισίκας, Α.Παπαδόπουλος, Ν.Τσακίρης, 'Energy rehabilitation of multi-use buildings', Πρόγραμμα SAVE, KENE, Αθήνα, 1997.
26. Μ.Καραβασίλη, 'Σχέδιο δράσης ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2001: Αειφόρα κτίρια σε αειφόρες πόλεις', Δελτίο ΠΣΔΜΗ, Τεύχος 325/2000, σ.16-25.
27. Ν.Χρυσομαλλίδου κ.ά., 'Πολιτική κινήτρων εξοικονόμησης ενέργειας – Συνολικός σχεδιασμός κινήτρων που αφορά στο κέλυφος υφιστάμενων κτιρίων κατοικιών', Αθήνα, 1995.
28. Ν.Ανδρίτσος, Α.Ι.Καράμπελας και Ν.Φυτίκας «Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα: παρούσα κατάσταση, τεχνικά προβλήματα, προοπτικές» 6^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας 1999 τόμος Α' 461-463,467
29. Π.Λιβέρης, Δ.Αραβαντινός, Α.Παπαδόπουλος, Ν.Τσακίρης, 'Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσια κτίρια', Δομοτεχνική Α.Ε. – Κ.Ε.Δ. - Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1996.
30. Σχέδιο δράσης 'ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2001', Τελική έκθεση έργου, ΥΠΕΧΩΔΕ/ΚΑΠΕ, Αθήνα, 1995.
31. Χ.Κορωναίος, Α.Παπαδόπουλος, Ν.Μουσιόπουλος: "Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και αειφόρος ανάπτυξη: Εξεργειακή προσέγγιση", Ανακοίνωση που παρουσιάστηκε στο 6^ο Εθνικό Συνέδριο Ινστιτούτου Ηλιακής Τεχνικής, Βόλος, 03-05.11.99. Πρακτικά συνεδρίου Τόμος Β, σελ. 459-468.
32. Α.Papadopoulos: "Developing Energy Networks in Southeastern Europe", IAEE Newsletter, Vol.2 / 2000, p.18.20
33. Α.Papadopoulos: "Reducing CO₂ emissions and deregulating the electricity sector in Europe: A contradictory development?", Global Nest, Vol.3, Nr.1, 2001, p.59-70.
34. Α.Papadopoulos, D.Aravantinos, 'Sanierung von öffentlichen Bürogebäuden: Ein bauphysikalisches Problem, mit energie-wirtschaftlicher Lösung', Bauphysik, Bd.6/97, s.35-43.

35. BP company "Specification of BP Solar BP275f module"
36. BG-technologies company <http://www.bgtechnologies.net/index.htm>
37. Edited by Godfrey Boyle «Renewable Energy: Power for a sustainable future» 440-443, 445, 300,101,103,104,108-110,95,147-152,286
38. «Energy Efficiency and Renewable Energy Network (EREN) – US Department of Energy»
<http://www.eren.doe.gov/geothermal/geoelectprod.html> &
<http://www.eren.doe.gov/geothermal/geofaq.html>
39. K.Gertis, 'Brauchen wir niedrigenergie oder niedrigentropie Häuser?', 9. Konferenz der Bauphysik Hochschulprofessoren, Sindelfingen, 1998, s.68-81.
40. 'Kommunale Heizspiegel für sieben ausgewählte Standorte', Arbeitsgruppe Energie – München, Umweltbundesamt, Berlin, 1999.
41. Mordecai Henig και John Buchanan «Decision Making by Multiple Criteria: A Concept of Solution»
42. "Mordecai Henig και John Buchanan «Decision Making by Multiple Criteria: A Concept of Solution»
43. Phyllis" <http://www.ecn.nl/phyllis/>
44. John Buchanan, Phillip Sheppard και Daniel Vanderpooten, Northern Generation, Electricity Corporation of New Zealand «Project Ranking using ELECTRE III»
<http://www.mngt.waikato.ac.nz/depts/mnss/research/Abstract/Paper/RRS-99-1-Buc-SheVan.htm>
45. Joonas Hokkanen , Pekka Salminen «The choice of solid waste management system using the Electre III Decision-aid method»
46. Simpson L 1996 «Do decision makers know what they prefer? MAVT and Electre II» Journal of the Operational Research Society 47, 919-929
47. W.S.M De Kayser, P.H.M Peeters «Argus – A new multiple criteria method based on the general idea of outranking»