



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΛΩΣΙΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΠΙΓΕΙΑ ΕΝΑΕΡΙΑ (ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ)



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

ΣΤΡΑΤΗΓΑΚΗΣ Κ. - ΤΖΑΒΑΡΑΣ Χ.

Α. ΥΚΟΥΡΙΩΤΗΣ Θ.

ΠΑΤΡΑ 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	1
1.2	Μορφές των Α.Π.Ε.....	2
1.3	Πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε.....	3

2. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1	Γενικά.....	5
2.2	Μετατροπές της ηλιακής ενέργειας.....	6
2.3	Συστήματα συλλογής και μετατροπής της ηλιακής ενέργειας.....	8
2.4	Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας.....	23
2.5	Κατασκευαστικά στοιχεία.....	29
2.6	Θερμική μέθοδος.....	29
2.7	Φωτοβολταϊκή μέθοδος.....	38
2.8	Οικονομική ανάλυση.....	40
2.9	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	46

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

3.1	Γενικά.....	48
3.2	Τύποι γεωθερμικών πεδίων.....	50
3.3	Εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας.....	56
3.4	Κατασκευαστικά στοιχεία.....	62
3.5	Σωληνώσεις.....	68
3.6	Αντλίες.....	70
3.7	Οικονομική ανάλυση.....	70
3.8	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	74

4. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

4.1	Γενικά.....	75
4.2	Μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό.....	77
4.3	Εφαρμογές της αιολικής ενέργειας.....	82
4.4	Κατασκευαστικά στοιχεία.....	87
4.5	Συστήματα μετατροπής της αιολικής σε ηλεκτρική ενέργεια.....	92
4.6	Σύνδεση με το δίκτυο.....	94
4.7	Αντικεραυνική προστασία Α/Γ.....	94
4.8	Συστήματα ελέγχου Α/Γ.....	96
4.9	Οικονομική ανάλυση.....	96
4.10	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	98

5.	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	
5.1	Γενικά.....	99
5.2	Αρχή λειτουργίας υδροηλεκτρικών σταθμών.....	100
5.3	Παραδείγματα εφαρμογών της υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	102
5.4	Κατασκευαστικά στοιχεία.....	103
5.5	Οικονομική ανάλυση.....	107
5.6	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	114
6.	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	
6.1	Γενικά.....	115
6.2	Τεχνικά χαρακτηριστικά φυσικού αερίου.....	116
6.3	Χρήσεις του φυσικού αερίου.....	119
6.4	Προστασία του περιβάλλοντος.....	124
6.5	Τόνωση της βιομηχανικής απασχόλησης.....	125
6.6	Πλεονεκτήματα.....	126
7.	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	
7.1	Γενικά.....	129
7.2	Γεωλογία πετρελαίου.....	130
7.3	Κοιτάσματα πετρελαίου.....	134
7.4	Αποταμιευτήρια πετρώματα πετρελαίου.....	134
7.5	Μετανάστευση του πετρελαίου.....	137
7.6	Κατηγορίες πετρελαιοφόρων κοιτασμάτων.....	138
7.7	Φυσικό-Χημικές ιδιότητες του πετρελαίου.....	139
7.8	Γεωτρήσεις πετρελαίου.....	144
7.9	Γεωτρήσεις δια περιστροφής.....	145
7.10	Δύλωση – Προϊόντα δύλωσης.....	150
7.11	Μίγμ έκπλυσης.....	153
8.	ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	
8.1	Παρουσίαση των ενεργειακών παραμέτρων της χώρας.....	154
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	165

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο σύγχρονος κόσμος, είναι ασφαλώς οι σοβαρές επιπτώσεις σε πλανητικό επίπεδο από το υφιστάμενο καθεστώς διαχείρισης της ενέργειας.

Η συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση, με τα ορυκτά καύσιμα να κατέχουν την μερίδα του λέοντος, σε ότι αφορά την παραγωγή της ενέργειας, έχει οδηγήσει σε δραματική αύξηση τις εκπομπές του άνθρακα με αλυσιδωτές και ορατές πλέον επιδράσεις στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις κλιματικές αλλαγές.

Από την άλλη μεριά, η σημερινή οικονομία του πετρελαίου με τα γιγάντια μονοπώλια να ελέγχουν την παγκόσμια παραγωγή, προκαλεί εξαρτήσεις, εντάσεις και πολέμους, καθιστώντας αδύναμες τις τοπικές κοινωνίες να διαχειριστούν και να σχεδιάσουν ένα βιώσιμο μέλλον.

Στον αντίποδα αυτής της αδιέξοδης πορείας, και σε συνδυασμό με την εξάντληση των απαραίτητων φυσικών πόρων στο εγγύς μέλλον, βρίσκονται οι πολιτικές που στοχεύουν, τόσο στην εξοικονόμηση ενέργειας, όσο και στη βαθμιαία αντικατάσταση των συμβατικών πηγών από τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), πολιτικές δηλαδή που προωθούν την βιώσιμη ανάπτυξη.

Και ενώ στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες γίνονται ήδη σοβαρά βήματα στην κατεύθυνση αυτή, η Ελλάδα καθυστερεί σημαντικά, τόσο στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας όσο και στον τομέα της ανάπτυξης των ΑΠΕ.

Σε μια χώρα με πλούσιο αιολικό δυναμικό, υψηλή ηλιοφάνεια, πολλά διαθέσιμα γεωθερμικά πεδία και σημαντικούς υδάτινους πόρους, είναι απαράδεκτο να κατέχουμε μια από τις τελευταίες θέσεις σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης σε ότι αφορά την αξιοποίησή τους. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι, το ποσοστό σήμερα της συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας είναι γύρω στο 10%, όταν η αντίστοιχη οδηγία της Ε.Ε. θέτει ως στόχο το 20% μέχρι το 2010.

Ευχαριστούμε τον καθηγητή μας κ. Γ. Αποστόλου για την πολύτιμη βοήθεια που μας έδωσε, τη ΔΕΗ Πατρών, το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) καθώς και όλους όσους μας βοήθησαν στην προσπάθεια να ολοκληρώσουμε αυτή την εργασία.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) ορίζονται οι ενεργειακές πηγές (π.χ. ο ήλιος, η βιομάζα, ο άνεμος), οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον. Είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του προηγούμενου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην έντονη χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των Α.Π.Ε., καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους, παρουσιάστηκε αρχικά, μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1973, ενισχύθηκε μετά την δεύτερη κρίση του 1979 και παγιώθηκε την τελευταία δεκαετία μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Τα πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε. και κυρίως η ουσιαστική τους συμβουλή στην ενεργειακή ανεξάρτηση της ανθρωπότητας από τους εξαντλήσιμους ενεργειακούς πόρους δικαιολογούν αυτή την στροφή.

Για πολλές χώρες οι Α.Π.Ε. αποτελούν μία εγχώρια πηγή ενέργειας, με δυνατότητες ανάπτυξης σε εθνικό και τοπικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στην μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας ευθύνεται κατά κύριο λόγο για την ρύπανση του περιβάλλοντος.

Πραγματικά σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ένα σημαντικό μέρος της θερμικής ρύπανσης οφείλονται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (άνθρακας και πετρέλαιο). Φαίνεται έτσι ότι ο μόνος δυνατός τρόπος για να μπορέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στο φιλόδοξο στόχο που τέθηκε το 1992, στο Ρίο, στη συνδιάσκεψη του ΟΗΕ για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, να περιοριστούν δηλαδή μέχρι το έτος 2000 οι εκπομπές του CO₂ στα επίπεδα του 1993, είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των Α.Π.Ε.

1.2 Μορφές των Α.Π.Ε.

- **Ηλιακή Ενέργεια**

Αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται και τη θερμότητα και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ήλιου.

- **Αιολική Ενέργεια**

Η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια.

- **Γεωθερμική Ενέργεια**

Η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γής και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα.

- **Υδραυλική Ενέργεια**

Αξιοποιεί τις υδατοπτώσεις με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και το μετασχηματισμό της σε απολήψιμη μηχανική.

1.3 Άλλες μορφές ενέργειας

- **Πετρέλαιο**

Σήμερα το πετρέλαιο αποτελεί σημαντική πρώτη ύλη στην βιομηχανία των πετροχημικών, αλλά την μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει στην παραγωγή ενέργειας, από την οποία εξαρτάται το παρόν και το μέλλον της παγκόσμιας οικονομίας.

- **Φυσικό αέριο**

Το φυσικό αέριο είναι αέριο καύσιμο που υπάρχει στη φύση, αποτελούμενο κατά βάση από μεθάνιο (CH_4) και σε μικρότερες αναλογίες από άλλα αέρια, όπως αιθάνιο και βαρύτερους υδρογονάνθρακες και μη-καύσιμα αέρια όπως το άζωτο.

1.4 Πλεονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Τα οφέλη που προκύπτουν από την εκμετάλλευση των Α.Π.Ε. δεν είναι μόνο οικονομικής φύσεως, δεν περιορίζονται δηλαδή μόνο στην αγορά μικρότερων ποσοτήτων εισαγόμενων προϊόντων πετρελαίου και την «αντίστοιχη ελάφρυνση» του ισοζυγίου πληρωμών. Η αξιοποίηση των ενδογενών πόρων μπορεί να επιφέρει σημαντικές κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην τοπική ανάπτυξη.

Παρά το γεγονός ότι απαιτείται ένα σημαντικό κεφάλαιο για την αρχική εγκατάσταση των τεχνολογιών των Α.Π.Ε. και του εξοπλισμού, το λειτουργικό τους κόστος είναι αμελητέο και τα αποτελέσματά τους ιδιαίτερα σημαντικά.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε. είναι τα εξής:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στην μείωση της εξάρτησης από εξαντλήσιμους συμβατικούς και ενεργειακούς πόρους.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτητοποίησης και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.

- Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- Προσφέρουν την δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των Α.Π.Ε. έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν τις ανάγκες των χρηστών σε μικρή κλίμακα εφαρμογών ή σε μεγάλη κλίμακα αντίστοιχα, έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση αναλόγων επενδύσεων.
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά απδεκτή από το κοινό.

Θα πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας διαθέτουν, εκτός των πολλών πλεονεκτημάτων τους και μερικά μειονεκτήματα, τα οποία όμως αναφέρονται ξεχωριστά σε κάθε μορφή, λόγω της ιδιαιτερότητας που διακρίνει κάθε μορφή ενέργειας.

Ο σημαντικός ρόλος των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη σημερινή κοινωνία έχει αποδειχθεί μεταξύ άλλων, από την αξιοσημείωτη ευαισθητοποίηση του κοινού για τις αρνητικές επιπτώσεις που επιφέρει η παραγωγή ενέργειας από συμβατικές πηγές ορυκτών καυσίμων.

2. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1 Γενικά

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι η πρωταρχική πηγή ενέργειας για τις ενεργειακές ανάγκες και τις ενεργειακές μετατροπές που γίνονται στην επιφάνεια του πλανήτη μας.

Η ποσότητα ενέργειας από τον ήλιο που φθάνει κάθε χρόνο στην επιφάνεια της γης αντιστοιχεί σε περισσότερο από το δεκαπλάσιο των πιθανών πηγών ορυκτών και πυρηνικών καυσίμων, και είναι πάνω από 25.000 φορές μεγαλύτερη από την παγκόσμια ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Μέρος της ενέργειας που ακτινοβολείται από τον ήλιο μπορεί ήδη να συγκεντρωθεί και να χρησιμοποιηθεί σε θερμικές εφαρμογές και να μετατραπεί σε ηλεκτρισμό με φωτοβολταϊκά συστήματα.

Η ισχύς της ακτινοβολίας που δέχεται η γη από τον ήλιο είναι κατά μέσο όρο $1,73 \times 10^{17}$ W. Για σύγκριση αναφέρεται ότι οι ετήσιες ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας είναι $6,1 \times 10^{16}$ Wh (1976), και αντιστοιχούν σε μια ισχύ 7×10^{12} W. Είναι δηλαδή η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία κατά 25.000 μεγαλύτερη από τις ενεργειακές ανάγκες όλης της ανθρωπότητας. Ο αριθμός αυτός δείχνει την τεράστια ποσότητα ενέργειας που δέχεται η γη από τον ήλιο. Η γη εκπέμπει βέβαια ίσο ποσό ενέργειας στο διάστημα και έτσι δημιουργείται μια κατάσταση ισορροπίας, με αποτελέσματα να διατηρείται η μέση θερμοκρασία της γης σταθερή, γύρω στους 7°C .

Περίπου 30% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ανακλάται απευθείας στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας χωρίς αλλαγή του μήκους κύματος. Περίπου 47% απορροφάται από την ατμόσφαιρα και την επιφάνεια της γης, προκαλεί ανύψωση της θερμοκρασίας και στη συνέχεια επανακτινοβολείται στο διάστημα. Το υπόλοιπο 23% γίνεται κινητήρια δύναμη των ανέμων, των ρευμάτων, των κυμάτων, διαμορφώνει το κλίμα και προκαλεί τον υδρολογικό κύκλο. Τελικά και αυτή η ενέργεια επανακτινοβολείται στο διάστημα.

Ένα ποσοστό 0,02% του συνολικού ποσού εισέρχεται στο βιολογικό σύστημα με τη φωτοσύνθεση. Ένα μικρό ποσοστό της ενέργειας που αποθηκεύεται σαν χημική ενέργεια στα φυτά και στους ιστούς των ζώων, με τη πάροδο εκατομμυρίων ετών και κάτω από ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες, έχει μετασχηματιστεί σε κάρβουνο και πετρέλαιο, σχηματίζοντας το απόθεμα των ορυκτών καυσίμων. Βέβαια ο ρυθμός σχηματισμού των ορυκτών καυσίμων είναι ασήμαντος σε σύγκριση με τον ρυθμό κατανάλωσης.

Η ηλιακή ενέργεια δημιουργεί και άλλες, έμμεσες, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο συνδυασμός της περιστροφής της γης με την ηλιακή θέρμανση της επιφάνειας του πλανήτη μας παράγει ρεύματα αέρα στην ατμόσφαιρα και θαλάσσια ρεύματα στους ωκεανούς. Επιπλέον με την ηλιακή ακτινοβολία, έχουμε εξάτμιση νερού και δημιουργία νεφώσεων και βροχής, μικρό μέρος της ενέργειας της οποίας εκμεταλλευόμαστε σαν υδροηλεκτρική ενέργεια. Ο αέρας δημιουργεί επίσης και κυμάτωση στις επιφάνειες των θαλασσών. Έτσι εκτός από την αιολική ενέργεια είναι δυνατόν να εκμεταλλευτούμε και την ενέργεια των κυμάτων. Η θέρμανση της επιφάνειας των ωκεανών με την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σ' αυτές δημιουργεί επίσης ένα επιφανειακό στρώμα θερμού νερού (περίπου 20⁰ C) ενώ τα παρακάτω στρώματα του ωκεανού είναι ψυχρότερα (περίπου 4⁰ C στα 100 m). Η διαφορά θερμοκρασίας, αυτή είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για να κινήσει κατάλληλους στροβίλους (με ειδικά οργανικά υγρά) και να δώσει ηλεκτρική ενέργεια. Τα προγράμματα εκμετάλλευσης της μορφής αυτής ενέργειας είναι γνωστά σήμερα σαν OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion).

2.2 Μετατροπές της ηλιακής ενέργειας

Οι γενικές κατηγορίες μετατροπής της ηλιακής ενέργειας είναι:

2.2.1 Απ'ευθείας μετατροπή σε θερμότητα

- Θέρμανση νερού (επίπεδα συλλέκτες).
- Θέρμανση χώρων (ενεργητική με συλλέκτες, παθητική με συλλογή από το ίδιο το κτίριο ή θερμοκήπιο).
- Ξήρανση διαφόρων προϊόντων (συλλέκτες, ειδικά ξηραντήρια).
- Μαγείρεμα (ειδικοί συλλέκτες υψηλής θερμοκρασίας, συγκεντρωτικά συστήματα).
- Βιομηχανική χρήση (περιλαμβάνονται η παραγωγή ατμού με ειδικούς συλλέκτες και οι ηλιακοί φούρνοι).

2.2.2 Μετατροπή με ενδιάμεσο θερμοδυναμικό μετασχηματισμό

- Ασφαλάτωση του νερού (ειδικές συσκευές στις οποίες η θερμότητα δίνεται για την εξάτμιση του νερού)
- Ψύξη (κύκλοι απορροφήσεως με NH_3 ή LiBr , απαιτούνται συλλέκτες μέσης θερμοκρασίας, δηλαδή μεγαλύτερης από 100°C)
- Μηχανική ενέργεια ή ηλεκτρισμός από θερμότητα (ηλιακά λιβάδια, ηλιακοί πύργοι, ηλιακές λίμνες, ΟΤΕC, κ.τ.λ.).

2.2.3 Απ'ευθείας μετατροπή σε ηλεκτρισμό

- Φωτοβολταϊκή μετατροπή
- Άλλες μέθοδοι (φωτογαλβανική, θερμοιονική, κτλ.).

2.2.4 Μετατροπή σε χημική ενέργεια

- Βιομάζα (φωτοσύνθεση).
- Παραγωγή H_2 (φωτοηλεκτρόλυση, κτ.λ.).
- Υγρά και αέρια καύσιμα (από τη βιομάζα με ζύμωση, πυρόλυση, κτλ.).

2.3 Συστήματα συλλογής και μετατροπής της ηλιακής ενέργειας

2.3.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Η άμεση μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό γίνεται με ηλιακά κύτταρα (στοιχεία) που βασίζονται στο **φωτοβολταϊκό φαινόμενο**. Το φαινόμενο αυτό συνίσταται στην εμφάνιση διαφοράς δυναμικού όταν το φως πέσει σε υλικό στο οποίο υπάρχει εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο που προκύπτει από κάποιο φράγμα δυναμικού. Αυτό συμβαίνει όταν π.χ. έχουμε επαφή ανάμεσα σε δύο περιοχές με διαφορετικές προσμίξεις, λιγότερες από 1% σε κάποιο υλικό όπως το πυρίτιο (Si).



Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο (είδος ηλιακού συλλέκτη), το σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας (μπαταρίες, αν χρειάζεται) και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η Φ/Β συστοιχία.

Μια τυπική Φ/Β συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ένα 10% περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Επιπλέον, η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και δίχως καμιά επιβάρυνση στο περιβάλλον.

2.3.1.1 Χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Τα βασικά πλεονεκτήματα χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων, που τα διακρίνουν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ είναι:

- Απ' ευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα, π.χ. σε επίπεδο μερικών δεκάδων Watt ή και mWatt.
- Είναι εύχρηστα. Τα μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
- Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- Απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.
- Αντοχή σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος από -55°C έως 60°C .
- Αντοχή σε ανέμους μέχρι 280 χλμ. την ώρα.
- Αντοχή σε υγρασία από 0 έως 100%.
- Πλήρης αντοχή στη θάλασσα ακόμη και αν βρέχεται.
- Πολύ μεγάλη μηχανική αντοχή σε βάρος και στρέβλωση.
- Αντοχή στην οξείδωση.
- Παραγωγή ρεύματος χωρίς εξάρτηση από τις τιμές των καυσίμων.
- Καμία επιβάρυνση από δημοτικούς φόρους.
- Μπορούν να επεκταθούν ανά πάσα στιγμή για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία.
- Υψηλό κόστος επένδυσης αλλά όχι απαγορευτικό.

2.3.1.2 Εφαρμογές των Φ/Β συστημάτων

Τα Φ/Β συστήματα απευθύνονται σε περιοχές εφαρμογών, όπου το σχετικά υψηλό κόστος τους δεν αποτελεί σημαντικό εμπόδιο. Οι εφαρμογές αυτές συνήθως χαρακτηρίζονται από:

- Χαμηλές ενεργειακές ανάγκες
- Έλλειψη εναλλακτικών τρόπων παροχής ενέργειας ή, όπου υπάρχουν, αυτοί είναι πολύ ακριβοί (π.χ. σύνδεση με ένα απομακρυσμένο δίκτυο)
- Απαιτήσεις υψηλής αξιοπιστίας ή και χαμηλές ανάγκες συντήρησης.

Σαν κυριότερες κατηγορίες εφαρμογών Φ/Β συστημάτων μπορούν να θεωρηθούν οι εξής:

- **Καταναλωτικά προϊόντα (0,001-100 Watt peak (Wp))**

Τα συστήματα της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιούνται σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο ή σε τροχόσπιτα, σκάφη αναψυχής, κ.τ.λ., για την εξυπηρέτηση αναγκών φωτισμού και ψύξης και για προϊόντα όπως Η/Υ, φανοί και άλλα.



Όχημα τροφοδοτούμενο με ηλιακή ενέργεια

- **Αυτόνομα ή απομονωμένα συστήματα (100 Wp 200 kWp)**

Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για κατοικίες και μικρούς οικισμούς που δεν είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Ακόμη χρησιμοποιούνται για :

- αφαλάτωση / άντληση / καθαρισμός νερού
- φωτισμό (δρόμων, πάρκων, αεροδρομίων)
- συστήματα τηλεπικοινωνιών, τηλεμετρήσεων και συναγερμού
- συστήματα σηματοδότησης (οδικής κυκλοφορίας, ναυτιλίας, αεροναυτιλίας)
- ψύξη (αγροτικών προϊόντων, φαρμάκων κ.τ.λ.)



Κατοικία με αυτόνομη ενέργεια παραγόμενη από τον ήλιο.

- **Συστήματα συνδεδεμένων με το δίκτυο (200 kWp – αρκετά MWp)**

Στην κατηγορία αυτή, που σύμφωνα με τις συμβατικές θεωρήσεις προς το παρόν δεν αξιολογείται σαν οικονομικά βιώσιμη, διακρίνονται δύο κατηγορίες συστημάτων:

-Φ/Β συστήματα μεγέθους έως μερικών εκατοντάδων kWp που τροφοδοτούν κατοικίες, συγκροτήματα κατοικιών ή άλλα κτήρια και όπου η τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια τροφοδοτείται (πωλείται) προς το δίκτυο.



Κατοικίες με φωτοβολταϊκά συστήματα

Σαν παράδειγμα, αναφέρεται ένας τέτοιος σταθμός που είναι εγκατεστημένος στις Νοτιοδυτικές πολιτείες των Η.Π.Α. όπου η ηλιοφάνεια είναι πολύ μεγάλη, με επιφάνεια συλλογής 10 km^2 (πλευρά τετραγώνου $3,16 \text{ km}$) και απόδοση 12%, μπορεί να έχει μέγιστη ισχύ 1.200 kW που ισοδυναμεί με την τυπική ισχύ εξόδου ενός μεγάλου θερμοηλεκτρικού σταθμού που χρησιμοποιεί πετρέλαιο ή άνθρακα.

Για τα Φ/Β συστήματα που αναρτώνται σε κτίρια (σε προσόψεις, οροφές, κ.τ.λ.), σε σύνδεση με το δίκτυο, τελευταία έχει εκδηλωθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Τα οφέλη που προκύπτουν είναι:

- συγχρονισμός ψυκτικών φορτίων κτηρίων με μέγιστη παραγόμενη ισχύ από Φ/Β.
- αποφυγή χρήση γης
- αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



Κατοικία με ηλιακό συλλέκτη

Επίσης γίνεται προσπάθεια για χρήση των Φ/Β και ως δοκιμών στοιχείων στα κτίρια αυξάνοντας έτσι τα οικονομικά οφέλη, εκτός από αυτά που ήδη αναφέρθηκαν.

2.3.2 Μετατροπή σε ηλεκτρισμό με ενδιάμεσο θερμοδυναμικό μετασχηματισμό

Η μετατροπή αυτή γίνεται με συνδυασμό της θερμικής συλλογής και κάποιας μεθόδου μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Η θερμοηλεκτρική μετατροπή (θερμοηλεκτρικό φαινόμενο) δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον σήμερα επειδή η απόδοση είναι μικρή και το κόστος σχετικά μεγάλο. Θερμοζεύγη Pb-Te έχουν θερμοδυναμική απόδοση 6% στους 500°C, ενώ οι ατμοστρόβιλοι περίπου 35% στην ίδια θερμοκρασία. Επομένως, η θερμοδυναμική μετατροπή σε μηχανική ενέργεια με ατμομηχανές, κύκλους Rankine (περιλαμβανομένων των ατμοστρόβιλων) και αεριοστρόβιλους, και η εν συνέχεια μετατροπή της σε ηλεκτρισμό συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον.

2.3.3 Συγκεντρωτικά συστήματα

Μία άλλη μέθοδος μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι η εξής:

Θερμική → μηχανική → ηλεκτρική

Με τον τρόπο αυτό, η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική που θερμαίνει σε υψηλή θερμοκρασία νερό ή άλλο υγρό μέχρι ατμοποίησης, που στη συνέχεια δίνει κίνηση σε μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται θερμοκρασίες νερού 100 – 300 °C και επομένως φαίνεται αμέσως ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίπεδοι συλλέκτες.

Απαιτούνται παραβολικοί συλλέκτες, υψηλής τεχνολογίας και απόδοσης, με ειδικό σύστημα περιστροφής τους, ώστε να είναι συνεχώς προσανατολισμένοι προς τον ήλιο.

Όταν λοιπόν χρειάζονται υψηλές θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται με συγκέντρωση της ακτινοβολίας, χρησιμοποιούνται κάτοπτρα ή φακοί (συγκεντρωτικά συστήματα).

Οι φακοί είναι ακριβοί αλλά ένα είδος φακών, οι φακοί Fresnel, παρουσιάζουν ενδιαφέρον επειδή η τιμή τους είναι δυνατό να μειωθεί αρκετά στο μέλλον. Τα κατοπτρικά συστήματα έχουν κυλινδρική μορφή (γραμμική εστία) π.χ. κυλινδρικό παραβολικό, ή κυκλική μορφή (σημειακή εστία), π.χ. παραβολοειδές. Πολλές φορές χρησιμοποιούνται επίπεδα κάτοπτρα που προσανατολίζονται συνεχώς να κατευθύνουν την ακτινοβολία σε σταθερό σημείο (Ηλιακός πύργος: Solar tower) ή σε μια γραμμική εστία. Τέλος πρακτικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίπεδα κάτοπτρα στις άκρες επίπεδου συλλέκτη, υπό γωνία ως προς το επίπεδο του συλλέκτη.

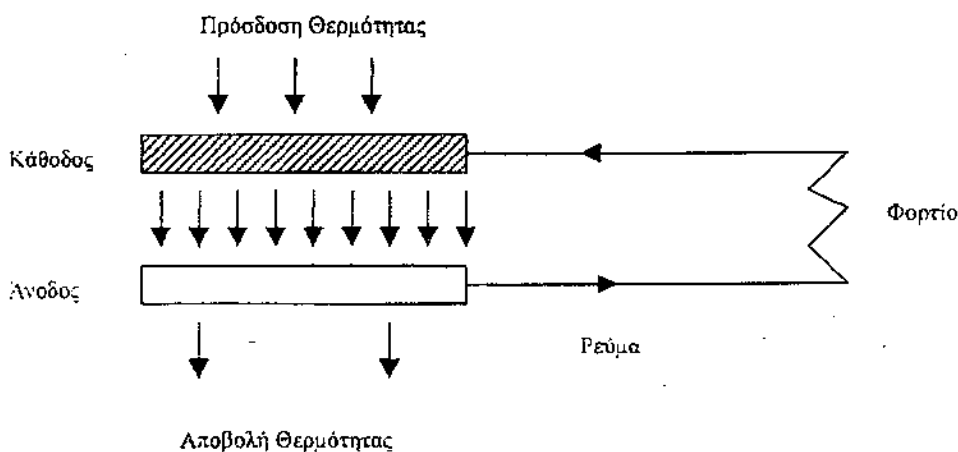
Η επιτυγχανόμενη μέγιστη συγκέντρωση είναι μικρή, αλλά συγχρόνως κατευθύνεται προς τον συλλέκτη και ένα μέρος από τη διάχυτη ακτινοβολία. Λέγοντας μέγιστη συγκέντρωση εννοούμε το ανώτατο όριο συγκέντρωσης ηλιακής ακτινοβολίας που οφείλεται στο γεγονός ότι οι ακτίνες δεν προέρχονται από ένα σημείο αλλά από τον ηλιακό δίσκο ο οποίος φαίνεται υπό γωνία από τη γη. Γενικά σε συστήματα με μεγάλες συγκεντρώσεις γίνεται εκμετάλευση της άμεσης ακτινοβολίας. Χρειάζεται συνεχής παρακολούθηση της κίνησης του ήλιου. Στα συστήματα με γραμμική εστία αυτό επιτυγχάνεται ευκολότερα επειδή είναι αρκετό να στρέφεται το σύστημα γύρω από ένα μόνο άξονα.

Στους ηλιακού πύργους (solar towers) η άμεση ακτινοβολία ανακλάται από ένα μεγάλο αριθμό κατόπτρων (heliostats) που παρακολουθούν την ημερησία κίνηση του ήλιου, και συγκεντρώνεται σε ένα κεντρικό απορροφητή (receiver), που βρίσκεται στην κορυφή ενός πύργου. Οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται είναι περίπου 500°C .

Για να γίνει σύγκριση ανάμεσα στις δύο μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (συγκεντρωτικά συστήματα, Φ/Β) σε ηλιακούς σταθμούς, αναφέρεται ότι για ένα κέντρο 100 MW, που λειτουργεί με τον πρώτο τρόπο (συγκεντρωτικά συστήματα) με ημικυλινδρικά κάτοπτρα, χρειάζεται σήμερα συνολική επιφάνεια ίση με τετράγωνο πλευράς 1,7 km, ενώ για κέντρο που λειτουργεί με το δεύτερο τρόπο (φωτοβολταϊκά κύτταρα) η αντίστοιχη επιφάνεια είναι τετράγωνο πλευράς 2,8 km.

2.3.4 Θερμιονική γεννήτρια

Όταν ένα ηλεκτρόδιο θερμαίνεται, μερικά από τα ηλεκτρόνια του αποκτούν αρκετή ενέργεια ώστε να ξεφύγουν από την ηλεκτρονική τους στοιβάδα. Το ηλεκτρόδιο τότε γίνεται κάθοδος. Ένα άλλο ηλεκτρόδιο τοποθετημένο κοντά στην κάθοδο, αν ψύχεται ικανοποιητικά, δέχεται τα εκπεμπόμενα ηλεκτρόνια και έτσι γίνεται άνοδος. Αν η άνοδος συνδέεται με την κάθοδο με ένα κύκλωμα, που περιέχει ένα φορτίο, τότε το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα και παράγεται έργο.



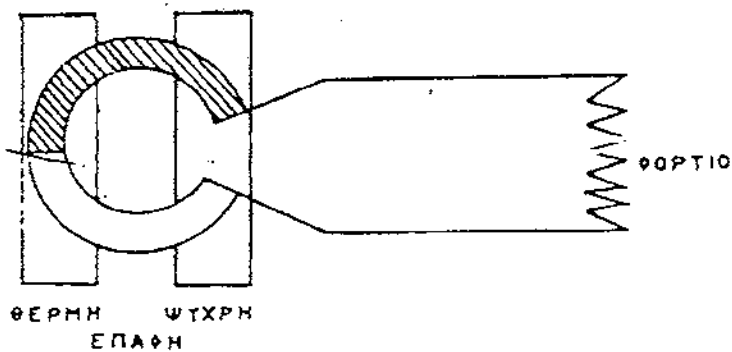
Θερμιονική Γεννήτρια

Μόνον όταν η θερμοκρασία της καθόδου είναι πολύ υψηλή ($1.000^{\circ} - 2.500^{\circ} \text{C}$) μπορεί να παραχθεί ρεύμα σημαντικής έντασης. Έτσι οι θερμιονικές γεννήτριες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε συνδυασμό με συγκεντρωτικά συστήματα, ούτως ώστε να επιτευχθούν υψηλές θερμοκρασίες.

Η θεωρητική απόδοση είναι γύρω στα 30%. Στην πράξη έχουν επιτευχθεί αποδόσεις 6-8%. Το μέσο που χρησιμοποιείται για την ψύξη της ανόδου μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση νερού. Η θερμιονική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας απαιτεί περίπου 2.000°C για αποδόσεις γύρω στο 18% και δεν φαίνεται να είναι μία δυνατή μέλλοντική λύση.

2.3.5 Θερμοηλεκτρικά ζεύγη

Αν δύο αγωγοί από διαφορετικά μέταλλα συνδέονται έτσι ώστε να αποτελούν ηλεκτρικό κύκλωμα και τα δύο σημεία επαφής διατηρούνται σε διαφορετικές θερμοκρασίες, τότε παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Αν στο κύκλωμα προστεθεί και ένα εξωτερικό φορτίο τότε μπορεί να παραχθεί έργο.



Θερμοστοιχείο

Με τη χρήση ενός επίπεδου συλλέκτη για τη θέρμανση της θερμής επαφής και ψύξη με νερό για την ψυχρή επαφή (που θα δίνει, σαν υποπροϊόν, ζεστό νερό 50-60°C), μπορούμε να πετύχουμε αποδόσεις της τάξης του 1%. Για λειτουργία σ' αυτές τις θερμοκρασίες είναι κατάλληλο το ζεύγος: κράμα βισμούθιου – αντιμονίου / αντιμονιούχος ψευδάργυρος.)

2.3.6 Θερμική μετατροπή

Όταν ενέργεια με μορφή ακτινοβολίας πέφτει πάνω σε μια μαύρη όχι στιλπνή επιφάνεια, το μεγαλύτερο μέρος της απορροφάται. Το φαινόμενο της απορρόφησης είναι αρκετά περίπλοκο, αλλά το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι η ακτινοβολούμενη ενέργεια όλων των μηκών κύματος υποβαθμίζεται σε θερμότητα, υψώνοντας τη θερμοκρασία του απορροφώντος σώματος. Ο βαθμός απορρόφησης των διαφόρων απορροφητήρων κυμαίνεται από 0,8 μέχρι 0,98 (το υπόλοιπο 0,2 έως 0,02 ανακλάται).

Ένα μέρος από την θερμότητα μεταδίδεται με αγωγή μέσα στο απορροφητήρα, ενώ το υπόλοιπο μεταδίδεται πάλι στο περιβάλλον με ελαφή (convection) και ακτινοβολία. Αυτή η εκπομπή θερμότητας εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας και του περιβάλλοντος. Έτσι καθώς η επιφάνεια θερμαίνεται οι απώλειες θερμότητας αυξάνονται. Όταν η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ισούται με τις απώλειες, τότε αποκαθίσταται στην επιφάνεια μια θερμοκρασία ισορροπίας.

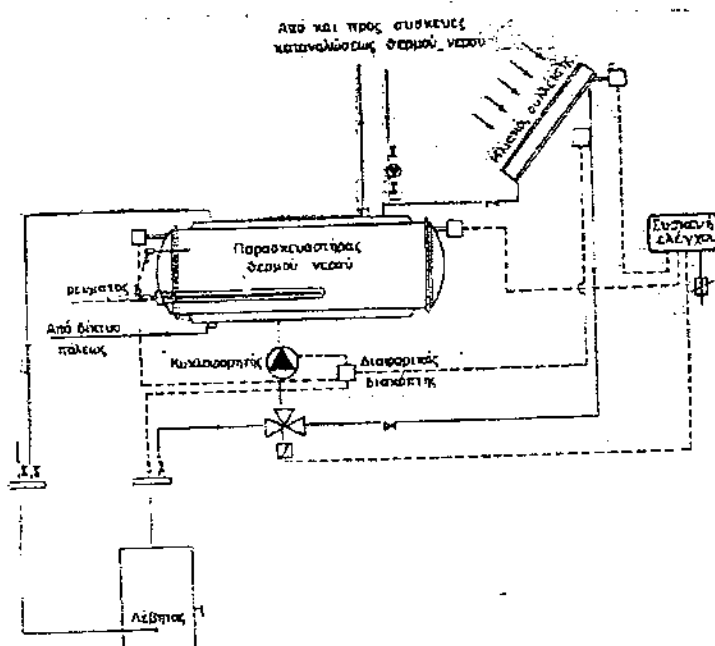
Οι συλλέκτες ηλιακής ενέργειας είναι μηχανισμοί που πραγματοποιούν τη θερμική μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας. Ενώ τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούν ίσως το μέλλον στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, οι συλλέκτες που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμότητα, αποτελούν το παρόν.

2.3.7 Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Στη χώρα μας βρίσκεται σήμερα εγκατεστημένη περίπου η μισή επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών από το σύνολο των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ήδη περισσότερες από 600.000 ελληνικές οικογένειες καλύπτουν περισσότερο από 80% των ετησίων αναγκών τους σε ζεστό νερό χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα.

Η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών και η ποιότητα τους γενικά έχουν βελτιωθεί τα τελευταία χρόνια. Η Ελλάδα είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας σε όλη την Ευρώπη και μάλιστα σε χώρες με ιδιαίτερη βιομηχανική παράδοση. Οι εξαγωγές των Ελλήνων κατασκευαστών είχαν απορροφήσει το 1994, το 35% της παραγωγής.



Τυπική συνδεσμολογία πλήρους συστήματος παραγωγής θερμού νερού χρήσεως από ηλιακή ενέργεια.

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της θερμότητας και τις σωληνώσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα αντλείται στο δοχείο αποθήκευσης. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30° - 60° ως προς τον ορίζοντα, ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως.

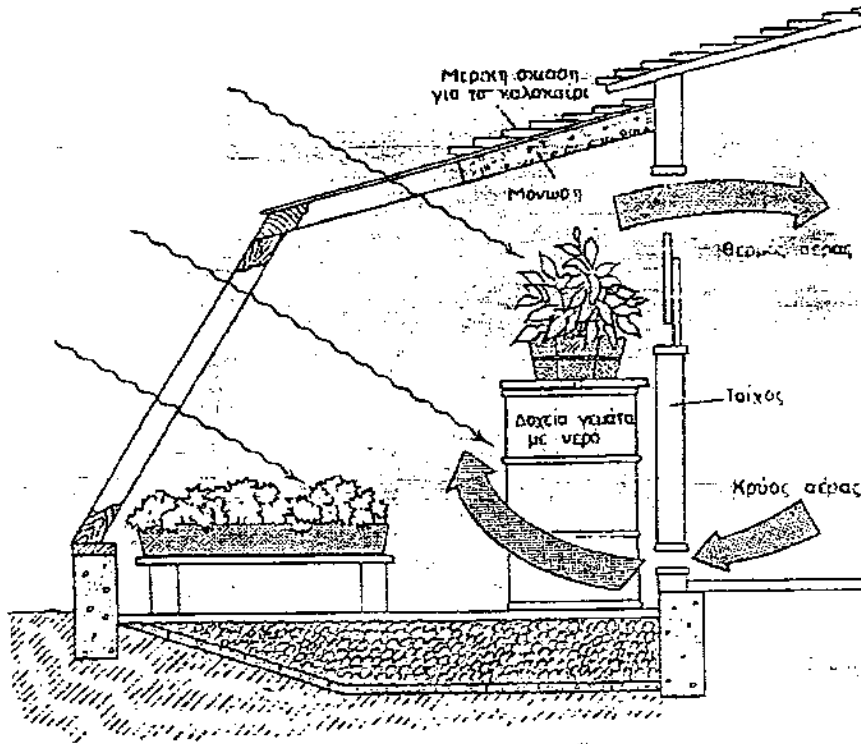
Στη χώρα μας, ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης είναι αρκετά διαδεδομένος κύρια σε συνδυασμό με τον ηλιακό θερμοσίφωνα και χρησιμοποιείται με σχετική επιτυχία για την υποκατάσταση ηλεκτρισμού στην οικιακή θέρμανση νερού. Λιγότερη επιτυχία έχουν οι επίπεδοι συλλέκτες στην υποκατάσταση ντίζελ για τον ίδιο σκοπό, ενώ μερικές δυνατότητες εφαρμογής εμφανίζονται στο τομέα της θέρμανσης αέρα με σκοπό τη ξήρανση ή τη θέρμανση των χώρων.

2.3.8 Ηλιακά Παθητικά Συστήματα και Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική

Με βάση το πρόσφατα θεσμοθετημένο κανονισμό θερμομόνωσης και με τη γενικότερη έλλειψη ενεργειακής συνείδησης στο τομέα του σχεδιασμού, κατασκευής και συντήρησης των κτιρίων, η βελτίωση της παθητικής σχεδίασης του κτιριακού κελύφους για τα νέα κτίρια, καθώς και η ανακαίνιση και αναπροσαρμογή των παλαιών, παρουσιάζουν σημαντικά περιθώρια εκοικονόμησης ενέργειας. Ιδιαίτερα στα υφιστάμενα κτίρια, όπου υπάρχει η δυνατότητα για άμεση επέμβαση, δημιουργία τοίχου trombe, διάνοιξη παραθύρων και προσάρτηση θερμοκηπίου, εκτιμάται ότι οι τεχνικές αυτές μπορούν να δώσουν άμεσα και οικονομικά αποτελέσματα.

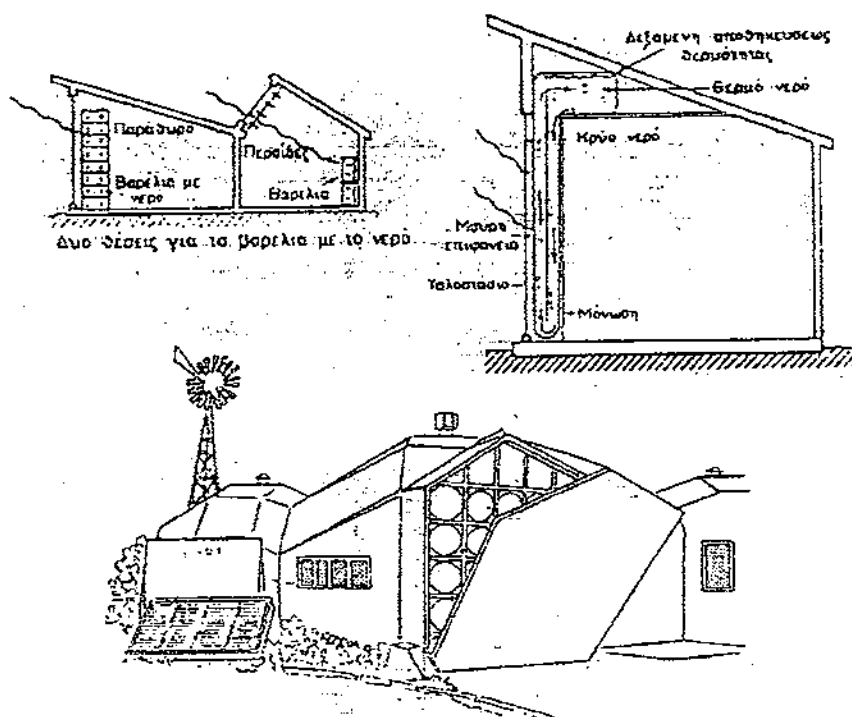
Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, που συλλέγουν και αποθηκεύουν ηλιακή ενέργεια για θέρμανση το χειμώνα. Αρχή της λειτουργίας όλων των παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή η συλλογή και ο εγκλωβισμός της ηλιακής ενέργειας σε μορφή θερμότητας, σε ένα χώρο μέσα από γυαλί και επιπλέον η αποθήκευση της περίσσειας θερμότητας που συλλέγεται στη μάζα του κτιρίου, ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση και να αποδίδεται η θερμότητα στο χώρο, όλο το εικοσιτετράωρο.

Το πιο απλό παθητικό σύστημα είναι ένα τζάμι προσανατολισμένο στο νότο. Ο προσανατολισμός αυτός δέχεται τη περισσότερη ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Αυτό το σύστημα ονομάζεται σύστημα άμεσου κέρδους και συνήθως πρέπει να συνοδεύεται από κάποια μάζα μέσα στο κτίριο. Άλλα παθητικά συστήματα έμμεσου κέρδους είναι θερμοκήπια προσαρτημένα σε κατοικήσιμους χώρους, τοίχοι μάζας που φέρουν εξωτερικά γυαλί και μονωμένα πάνελ που συλλέγουν θερμότητα και τη μεταφέρουν, μέσω του θερμού αέρα, μέσα στους χώρους.



Άμεσο παθητικό σύστημα-θερμοκήπιο προσαρτημένο στο κτήριο.

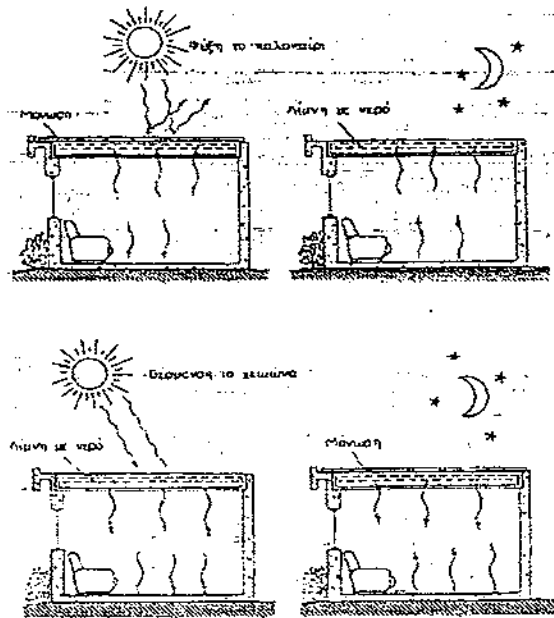
Επίσης, υπάρχουν και παθητικά συστήματα δροσίσιμου, τα οποία εξασφαλίζουν δροσίσιμο με φυσικό τρόπο το καλοκαίρι. Τα παθητικά συστήματα δροσίσιμου είναι συνήθως απλές μέθοδοι και τεχνικές βελτίωσης της θερμικής άνεσης μέσα στα κτίρια, τα οποία δεν παρουσιάζουν κανένα από τα γνωστά μειονεκτήματα κακής ποιότητας του αέρα που παράγουν τα κλιματιστικά μηχανήματα. Τα πιο συνηθισμένα από αυτά, είναι τα συστήματα σκίασης και αερισμού, υπάρχουν όμως και άλλα, όπως συστήματα εξατμιστικής ψύξης και δροσίσιμου μέσω του εδάφους. Σκίαση με διάφορους τρόπους σε όλα τα ανοίγματα, επιτρέπει να μπαίνει μόνο η ελάχιστη ποσότητα ηλιακής ενέργειας που χρειάζεται για φωτισμό. Η δημιουργία ρευμάτων αέρα μέσα στους χώρους με κατάλληλη διαμερή τοποθέτηση των παραθύρων και όλων των ανοιγμάτων, πετυχαίνει αίσθηση δροσιάς. Όταν όμως οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλές, θα πρέπει όλα τα ανοίγματα να παραμένουν κλειστά και ο διαμερής αερισμός να γίνεται μόνο τη νύχτα.



Παθητικό σύστημα ενσωματωμένο στο κτηριακό κέλυφος. Νότιος υδάτινος τοίχος.

Όταν τα συστήματα αυτά συνοδεύονται από κάποιο μηχανικό σύστημα χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης π.χ. ανεμοστήρα, ονομάζονται υβριδικά. Αυτά τα συστήματα μπορεί να τα συναντήσει κανείς και κάτω από άλλες ονομασίες, όπως παθητικός ηλιακός σχεδιασμός, ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων, βιοκλιματική αρχιτεκτονική και άλλα.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, που αποτελεί έναν ευρύτερο κλάδο, έχει ως στόχο την εναρμόνιση των κτιρίων με το περιβάλλον και με το μικροκλίμα της περιοχής τους, με χρήση απλών υλικών και μεθόδων για παροχή θερμικής και οπτικής άνεσης μέσα στους χώρους, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στη πρόσληψη αλλά και την απομάκρυνση της θερμότητας και της ηλιακής ακτινοβολίας με τρόπο φυσικό. Τα παθητικά συστήματα είναι αναπόσπαστα στοιχεία ενός βιοκλιματικού κτιρίου.



Παθητικό σύστημα ενσωματωμένο στο κτηριακό κέλυφος. Υδάτινη θερμαινόμενη οροφή

2.3.9 Ηλιακές Λίμνες

Οι ηλιακές λίμνες ή οι ηλιακές δεξαμενές, (solar lakes ή solar ponds) είναι ένα είδος ηλιακών συλλεκτών με ενσωματωμένη θερμική αποθήκη της συλλεγόμενης ηλιακής ενέργειας.

Στις φυσικές ηλιακές λίμνες υπάρχει μια βάρωση συγκέντρωσης κάποιου άλατος. Στον πυθμένα υπάρχουν συνήθως αποθέματα άλατος έτσι ώστε η συγκέντρωση του διαλύματος κοντά στον πυθμένα να αντιστοιχεί σε αυτή του κορεσμένου διαλύματος. Στην επιφάνεια η συγκέντρωση του άλατος φθάνει περίπου στο μηδέν, επειδή η επιφάνεια ξεπλένεται με το νερό της βροχής και με το νερό ρυακιών. Σε ενδιάμεσο βάθος η συγκέντρωση παίρνει ενδιάμεσες τιμές και η πυκνότητα του νερού των λιμνών αυξάνεται βαθμιαία με το βάθος. Η αύξηση της πυκνότητας με το βάθος είναι αρκετή ώστε και αν ακόμα θερμανθούν τα κατώτερα στρώματά της, με την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτά, να εξακολουθούν να παραμένουν πυκνότερα από τα υπερκείμενα στρώματα. Έτσι δεν είναι δυνατή η φυσική κυκλοφορία του νερού και η μεταφορά θερμότητας προς τα πάνω γίνεται μόνο με αγωγή. Στις συνηθισμένες λίμνες, αντίθετα, μόλις θερμανθεί μια περιοχή του πυθμένα από οποιαδήποτε αιτία, αποκτά μικρότερη πυκνότητα από τα υπερκείμενα στρώματα και τα νερά της περιοχής αυτής ανεβαίνει προς τα πάνω. Έτσι υπάρχουν ρεύματα που μεταφέρουν τυχόν θερμές μάζες νερού προς την επιφάνεια, όπου ψύχονται γρήγορα με τους γνωστούς μηχανισμούς (εξάτμιση, μεταφορά ακτινοβολία, αγωγή). Πρέπει να σημειώσουμε ότι η μεταφορά θερμότητας με αγωγή στο νερό είναι αρκετά μικρή.

Ένα μέτρο νερού παρουσιάζει περίπου την ίδια μονωτική ικανότητα με 6 cm ενός πολύ καλού θερμικού μονωτή. Το νερό είναι επίσης αδιαφανές στη θερμική ακτινοβολία και η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία είναι αδύνατη μέσα στη μάζα του νερού. Έχουν γίνει αρκετοί οικονομικοί υπολογισμοί για τις ηλιακές λίμνες. Το κόστος κατασκευής και λειτουργίας εμφανίζεται πολύ χαμηλό. Είναι χαμηλότερο από αυτό των κοινών ηλιακών συλλεκτών.

2.4 Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας

Οι κυριότερες από τις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας κατά σειρά σπουδαιότητας είναι οι ακόλουθες:

1. Θέρμανση νερού
2. Θέρμανση και ψύξη χώρων
3. Αφαλάτωση νερού
4. Αντίληση νερού
5. Ξήρανση γεωργικών προϊόντων
6. Ηλιακές δεξαμενές
7. Ηλιακές εστίες και
8. Βιολογικός καθαρισμός λυμάτων

Θα γίνει συνοπτική αναφορά σε κάθε μια από τις παραπάνω εφαρμογές, επισημαίνοντας τις δυνατότητες και τις προοπτικές τους στον Ελληνικό χώρο.

2.4.1 Θέρμανση του νερού

Η πλέον αδάπανη και χωρίς δομικές τροποποιήσεις, ακόμη και σε υπάρχοντα κτίρια, εφαρμογή είναι η θέρμανση του νερού με ηλιακή ενέργεια αντί της ηλεκτρικής. Είναι δηλαδή η αντικατάσταση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα με ηλιακό θερμοσίφωνα. Για να αποτελέσει όμως αισθητό ποσοστό συμμετοχής στο σύνολο των ενεργειακών αναγκών μας η ηλιακή θέρμανση του νερού, πρέπει να τεθεί ένας τολμηρός στόχος όσον αφορά τον αριθμό των ηλιακών θερμοσιφώνων.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι στην Ελλάδα υπάρχουν σήμερα 3.000.000 περίπου νοικοκυριά από τα οποία 600.000 όπως προαναφέρθηκε, κάνουν χρήση ζεστού νερού από ηλιακό θερμοσίφωνα, καταλαβαίνουμε το ποσοστό συμμετοχής στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας μας που προσφέρει η ηλιακή ενέργεια. Έτσι πιο συγκεκριμένα, η συνολική συλλεκτική επιφάνεια που καλύπτουν οι ηλιακοί θερμοσίφωνες είναι $2,05 \times 10^6 \text{ m}^2$ και η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο φτάνει τους 106.000 TTP (ή 1.236.596 MWh). Για λόγους σύγκρισης αρκεί να αναφερθεί ότι στο Ισραήλ, είναι εγκατεστημένοι περίπου 300.000 ηλιακοί θερμοσίφωνες. Σύμφωνα λοιπόν με τον πληθυσμό του Ισραήλ (4.500.000 άτομα, δηλαδή περίπου 1.000.000 νοικοκυριά) αυτός ο αριθμός μεταφράζεται σε 1 ηλιακό θερμοσίφωνα ανά 3 νοικοκυριά.

2.4.2 Θέρμανση και ψύξη χώρων

Η θέρμανση και ψύξη των χώρων αποτελεί ένα νέο ευρύ πεδίο εφαρμογών της ηλιακής ενέργειας. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι, προς το παρόν τουλάχιστον, είναι δαπανηρή και επί πλέον, επειδή επηρεάζονται τα κτίρια από την προσθήκη των συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακή ενέργειας που οπωσδήποτε «καταλαμβάνουν» σημαντικό μέρος του κελυφούς του κτίριου το οποίο και αλλοιώνουν, θα πρέπει να μελετηθεί σχολαστικά από τεχνικούς διαφόρων ειδικοτήτων, η σωστή ένταξη τους, ώστε να μην αποτελεί το αισθητικό αποτέλεσμα, αντικίνητρο για την εφαρμογή των συστημάτων ηλιακής θέρμανσης και ψύξης των χώρων, έστω και αν τεκμηριωθεί η οικονομικότητα μιας τέτοιας κατασκευής.

Πέραν αυτού, υπάρχουν τεράστιες δυνατότητες εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, τροποποιώντας τη σημερινή δομή της αρχιτεκτονικής των κτιρίων, με βάση τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Δηλαδή προς ένα συνδυασμό αρχιτεκτονικής σύνθεσης οικοδομικών υλικών, τρόπου κατασκευής κ.λ.π. ώστε νέα κτίρια να εκοικονομούν ενέργεια έναντι των συμβατικών κατασκευών.

Δηλαδή είναι εφικτό με μια σωστή μελετημένη βιοκλιματική κατασκευή στις εύκρατες ζώνες, να διατηρείτε θαυμάσια θερμοκρασία οποιαδήποτε εποχή του έτους με πολύ μικρή κατανάλωση συμβατικής ενέργειας. Η εφαρμογή πάντως συστημάτων ηλιακής θέρμανσης ή ψύξης κτιρίων μετά την ψήφιση του κανονισμού για την θερμομόνωση των κτιρίων, σύμφωνα με τον οποίο οι θερμικές απώλειες μειώνονται μέχρι και το 1/3, θα καταστεί πλέον πρόσφορη, τόσο οικονομικά όσο και κατασκευαστικά, λόγω σημαντικά μικρότερου μεγέθους συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακή ενέργειας.

2.4.3 Αφαλάτωση νερού

Η αφαλάτωση των αλμυρών νερών και ιδιαίτερα του θαλασσινού νερού αποτελεί σημαντική εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας. Η εφαρμογή αυτή, ενδείκνυται σε παραλιακές περιοχές ή σε νησιά που δεν υπάρχει άφθονο πόσιμο νερό. Μια ηλιακή συσκευή αφαλάτωσης αποτελείται βασικά από ένα αεροστεγή χώρο, όπου γίνεται η εξάτμιση και η συμπύκνωση του αλμυρού νερού.

Η ηλιακή ενέργεια εισχωρεί μέσα στον αεροστεγή χώρο από μια κεκλιμένη διάφανη επιφάνεια και απορροφάται εν μέρει από το αλμυρό νερό που βρίσκεται στη λεκάνη. Η ενδεικτική απόδοση ενός τέτοιου συστήματος είναι κατά μέσο όρο 0,5-1,0 lit/min την ημέρα το χειμώνα και 5-6 lit/min την ημέρα το καλοκαίρι. Η πραγματική απόδοση όμως μπορεί το καλοκαίρι να είναι 50% μεγαλύτερη και το χειμώνα 30% μικρότερη από τις προαναφερόμενες ποσότητες.

Εγκαταστάσεις αφαλάτωσης νερού υπάρχουν σε πολλά μέρη της Ελλάδας (Αίγινα, Σαλαμίνα, Πάτμος, Κίμωλος, Σύμη, Νίσυρος) και οι επιφάνειες που συλλέγουν το νερό, κυμαίνονται από 8.500 m² (Πάτμος) μέχρι 400 m² (Σαλαμίνα). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι εγκαταστάσεις αυτές είναι ιδανικές και για την συλλογή των βρόχινων νερών, αν μάλιστα ληφθεί υπόψη ότι η περίοδος των βροχών συμπίπτει με την περίοδο της μικρής ηλιοφάνειας και επομένως η συλλογή του βρόχινου νερού αποτελεί σημαντικό συμπλήρωμα στην παραγωγή νερού της εγκατάστασης αφαλάτωσης.

2.4.4 Αντληση νερού

Ένα σημαντικό πρόβλημα που μπορεί να αντιμετωπιστεί από την ηλιακή ενέργεια, είναι η άντληση του νερού από ορισμένο βάθος. Η άντληση του νερού μπορεί να γίνεται περιοδικά και το νερό να αποθηκεύεται σε δεξαμενή, ακολουθώντας έτσι την περιοδικότητα της εμφάνισης του ήλικου. Το πρόβλημα της άντλησης του νερού μετατρέπεται σε πρόβλημα μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε μηχανική. Η μετατροπή που γίνεται μέσω ενός κλασικού θερμοδυναμικού κύκλου, χρειάζεται μεγάλες θερμοκρασίες τις οποίες δεν μπορούμε να επιτύχουμε με επίπεδους συλλέκτες.

Χρειάζονται παραβολικοί συλλέκτες με μεγάλο όμως κόστος, υψηλή τεχνολογία και μικρή σχετικά απόδοση.

Έτσι έγιναν προσπάθειες για νέου είδους αντλίες ηλιακής ενέργειας. Η πιο συμφέρουσα μέθοδος είναι η απ' ευθείας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε μηχανική, μέσω των ηλιακών αντλιών, που δεν χρειάζονται μεγάλες θερμοκρασίες.

Ένα τέτοιο κύκλωμα άντλησης περιλαμβάνει:

- Επίπεδους συλλέκτες που θερμαίνουν το νερό, που κυκλοφορεί σε ένα κλειστό κύκλωμα.
- Ένα ηλιακό κινητήρα που μετατρέπει την θερμική ηλιακή ενέργεια σε μηχανική με τη βοήθεια θερμοδυναμικού κύκλου χαμηλών θερμοκρασιών και το οποίο ενεργοποιείται από ένα αέριο.
- Μια υδραντλία που περιέχει ένα υδραυλικό πιεστήριο τοποθετημένο κοντά στον ηλιακό κινητήρα και μια ανλία που τοποθετείται μέσα στο φρέαρ. Ειδικά σε μεγάλες εγκαταστάσεις είναι απαραίτητες κλασσικές κατακόρυφες αντλίες.
- Μια δεξαμενή αποθήκευσης του αντλούμενου νερού.

Ήδη υπάρχουν 5 τέτοιο πρωτότυπο κινητήρες που χρησιμοποιούνται στην Αφρική για γεωργικούς σκοπούς. Μια τέτοια αντλία στην Αφρική μπορεί να υδρεύσει ταυτόχρονα 2.000 άτομα. Η σημασία της ηλιακής αντλίας είναι μεγάλη για τις θερμές περιοχές, γιατί αλλάζει το μικροκλίμα και την οικονομία της περιοχής με την αύξηση της παραγωγής.

2.4.5 Ξήρανση γεωργικών προϊόντων

Η ηλιακή ενέργεια ως γνωστόν, χρησιμοποιείται από παλιά στην γεωργία. Εκτός από το θερμοκήπιο που βοηθάει στην γρήγορη ανάπτυξη και στην προστασία των φυτών από την παγωνιά, εκμεταλλεύομενο την ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα, ο ήλιος χρησιμοποιήθηκε και για την ξήρανση γεωργικών προϊόντων με σκοπό την διατήρησή τους ή και την παραπέρα επεξεργασία τους. Τέτοιες απλές κατασκευές για κρέμασμα (καπνός) ή άπλωμα (σταφίδα), κ.λ.π. που κατασκευάζονταν παλαιότερα, συστηματοποιούνται σήμερα και εξυπηρετούν σε μεγάλο βαθμό, τους αγροτικούς πληθυσμούς, στις εργασίες τους.

2.4.6 Ηλιακές δεξαμενές

Οι ηλιακές δεξαμενές ή ηλιακές λίμνες, είναι η εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας μεγάλης κλίμακας. Η ηλιακή δεξαμενή είναι μια τεχνητή ή φυσική δεξαμενή, βάθους 1 έως 2 μέτρων με πυθμένα βαμμένο μαύρο μονωμένο από κάτω, ώστε να απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και να θερμαίνει έτσι το νερό της δεξαμενής. Σε μια συνηθισμένη δεξαμενή το ζεστό νερό θα ανέβαινε στην επιφάνεια, και ερχόμενο σε επαφή με τον αέρα θα απέβαλλε γρήγορα τη θερμότητα του.

Στις ηλιακές δεξαμενές, εμποδίζεται η μεταφορά του ζεστού προς τα επάνω, με τη διάλυση αλάτων σε μεγάλη συγκέντρωση στον πυθμένα της δεξαμενής. Έχουν επιτευχθεί με τον τρόπο αυτό θερμοκρασίες άνω των 60°C.

Για την παρεμπόδιση της δημιουργίας κυμάτων στην επιφάνεια της λίμνης και την μεγαλύτερη απαγωγή θερμότητας, μπορεί να τοποθετηθούν πλαστικά φύλλα πάνω από την δεξαμενή. Εφαρμογή της μεθόδου αυτής μπορεί να γίνει σε οικισμούς, τουριστικά συγκροτήματα κ.τ.λ. για την παραγωγή ζεστού νερού. Στον πυθμένα της δεξαμενής κινούνται σωληνώσεις με νερό το οποίο θερμαίνεται και εν συνεχεία οδηγείται στον τόπο κατανάλωσης.

2.4.7 Ηλιακές εστίες

Είναι συσκευές για την συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα σημείο ή σε μια μικρή περιοχή. Σε μικρή κλίμακα έχουν εφαρμοστεί στα ηλιακά μαγειρεία, ενώ σε μεγάλη κλίμακα, γίνεται παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

2.4.8 Βιολογικός καθαρισμός λυμάτων

Μεταξύ των διαφόρων μεθόδων του βιολογικού καθαρισμού, περιλαμβάνεται και η μέθοδος με ηλιακή ενέργεια. Η μέθοδος στηρίζεται στη βασική δράση του ήλιου πάνω στη γη, στη φωτοσύνθεση. Η φωτοσύνθεση στα φυτά, όπου η θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική, έχει απόδοση από 0,2-5%.

Το ποσοστό αυτό μπορεί να αυξηθεί μέχρι 20-30% αν χρησιμοποιηθούν και καλλιεργηθούν κατάλληλα υδρόβια φυτά. Τέτοια φυτά είναι οι άλγες. Οι άλγες με την γρήγορη ανάπτυξη τους, αποσυνθέτουν τα λύματα και από τις δεξαμενές βγάζει νερό, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση. Οι άλγες κατά διαστήματα κόβονται και αποθηκεύονται σε ειδικούς κλειστούς χώρους.

Μετά τη βιο-ηλιο-ενεργειακή σύθεση γίνεται αλγομεθανική ζύμωση με την βοήθεια βακτηριδίων. Έτσι η ενέργεια των φυτικών ιστών μετατρέπεται μέσω αναερόβιων ζυμώσεων, στη χημική ενέργεια του μεθανίου το οποίο καίγεται και τροφοδοτεί γεννήτριες που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα ή χρησιμοποιείται σαν απλό καύσιμο αέριο.

Ποσότητα 1 kg άλγης, παράγει μεθάνιο που προσφέρει ενέργεια (6.000 btu) (1,7568 kWh). Στο Richmond της Καλιφόρνιας (37^ο Β.Γ.Π.) παράγονται σε μια εγκατάσταση, 150kg αλγών ανά εκτάριο (10.000m²) την ημέρα. Υπολογίζεται ότι αυτό το εκτάριο των καλλιεργούμενων αλγών, αρκεί για την κατεργασία λυμάτων 10.000 ατόμων, δηλαδή χρειάζεται 1 m² χώρου/άτομο και παράγει κατά μέσο όρο 25 τόνους αλγών το έτος, που προσφέρουν ενέργεια περίπου 40.000 kWh. Δηλαδή, με τη μέθοδο αυτή εκτός του ότι υπάρχει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, λύνεται και ένα πιεστικό κοινωνικό πρόβλημα όπως είναι το πρόβλημα της διάθεσης των λυμάτων μιας κατοικημένης περιοχής.

2.5 Κατασκευαστικά στοιχεία

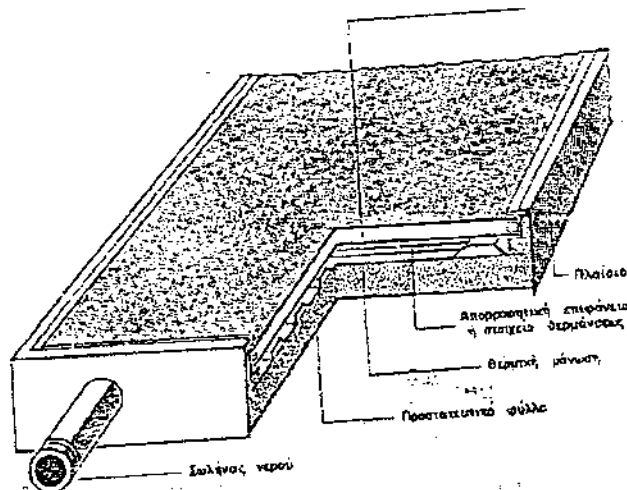
Στις επόμενες παραγράφους (2.6 και 2.7 θα γίνει μία παρουσίαση των κατασκευαστικών στοιχείων των μεθόδων που χρησιμοποιούνται σήμερα, για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Οι μέθοδοι όπως προαναφέρθηκε στην παράγραφο 2.2, είναι :

1. Η θερμική μέθοδος
2. Η φωτοβολταϊκή μέθοδος.

2.6 Θερμική μέθοδος

Κατά την θερμική μέθοδο η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται με δύο τρόπους. Με επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες και με συγκεντρωτήρες.

2.6.1 Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες



Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης νερού

Διακρίνονται διάφοροι τύποι επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, ανάλογα με τον τρόπο και τα υλικά κατασκευής, καθώς επίσης και με την αποδοτικότητα σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Αποτελούνται από την απορροφητική επιφάνεια, το διαφανές κάλυμμα, το πλαίσιο και την μόνωση.

Μια τυπική «ομαδοποίηση» των **επίπεδων ηλιακών συλλεκτών** με κριτήριο τη θερμική τους απόδοση παρουσιάζεται στη συνέχεια :

- **Απλός απορροφητής – ένα κάλυμμα**

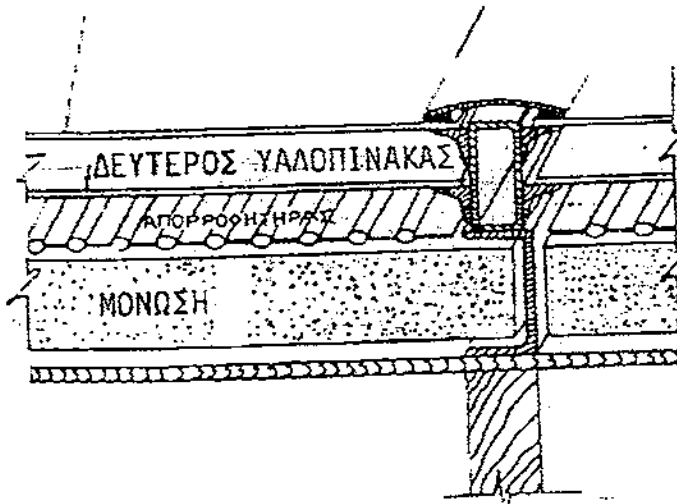
Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή ηλιακού συλλέκτη είναι ο επίπεδο με απλή απορροφητική επιφάνεια και ένα διαφανές κάλυμμα. Ο συλλέκτης αυτός παρουσιάζει μια ικανοποιητική απόδοση της τάξης του 30-60% για μια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εργαζόμενου μέσου και του περιβάλλοντος της τάξης των 20-40⁰C σε ικανοποιητικές συνθήκες ηλιοφάνειας. Τα χαρακτηριστικά αυτά το καθιστούν επικρατέστερο υποψήφιο για εφαρμογές θέρμανσης νερού για οικιακή χρήση. Η απόσταση διαφανούς καλύμματος-απορροφητή συνίσταται να είναι 10 mm.

- **Απλός απορροφητής – κανένα κάλυμμα**

Ο συλλέκτης αυτός προσφέρεται για εφαρμογές που απαιτούν μικρή ανύψωση της θερμοκρασίας του εργαζόμενου μέσου, διότι η ικανοποιητική λειτουργία του σε υψηλότερες θερμοκρασίες παρεμποδίζεται από τις υψηλές θερμικές απώλειες. Στην πράξη χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού σε πισίνες και σε μερικές περιπτώσεις για τη θέρμανση αέρα σε αεροσυλλέκτες. Οι συλλέκτες αυτοί κατασκευάζονται συνήθως σε απλές μορφές, όπου ο συνολικός συλλέκτης συντίθεται αποκλειστικά από ένα προφίλ θερμοπλαστικού υλικού.

- **Απλός απορροφητής – δύο καλύμματα**

Ο απλός απορροφητής με δύο καλύμματα παρουσιάζει καλύτερη απόδοση από το συλλέκτη με ένα κάλυμμα σε απαιτητικές συνθήκες λειτουργίας, π.χ. υψηλή θερμοκρασιακή ανύψωση ή μικρή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.



Τομή επίπεδου συλλέκτη με δύο καλύμματα.

Η απόδοση όμως σε λιγότερο απαιτητικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα μεγάλη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι χειρότερη λόγω της παρεμβολής δύο διαφανών καλυμμάτων στην πορεία των ακτίνων προς τον απορροφητή. Η χρήση του σε μια εφαρμογή δικαιολογείται όταν η αύξηση της απόδοσης που επιφέρει, σε σύγκριση με το συλλέκτη ενός καλύμματος, υπερσκελίζει το πρόσθετο κόστος κατασκευής. Στην πράξη σπάνια χρησιμοποιούνται δύο τζάμια σ' αυτό το τύπο συλλέκτη, διότι επιφέρουν σημαντική αύξηση του βάρους. Συνήθως το δεύτερο κάλυμμα (το εσωτερικό) η ακόμη και τα δύο, είναι πλαστικά.

- **Επιλεκτικός απορροφητής – ένα κάλυμμα**

Ο επιλεκτικός απορροφητής με ένα κάλυμμα παρουσιάζει καλύτερους βαθμούς απόδοσης από τον αντίστοιχο συλλέκτη με απλό απορροφητή, λόγω μειωμένων θερμικών απωλειών. Η μείωση αυτή οφείλεται στο χαμηλό συντελεστή εκπομπής της απορροφητικής επιφάνειας, που συνεπάγεται μειωμένες θερμικές απώλειες. Ο συλλέκτης αυτός παρουσιάζει επίσης καλύτερους βαθμούς απόδοσης από το συλλέκτη απλού απορροφητή με διπλό κάλυμμα σε όλο το τυπικό φάσμα συνθηκών λειτουργίας που λειτουργούν οι συλλέκτες. Αυτό είναι συνδυασμένο με το αποτέλεσμα του καλύτερου οπτικού βαθμού απόδοσης, και του μικρότερου συντελεστή θερμικών απωλειών που παρουσιάζει. Η χρήση του για θέρμανση ζεστού νερού επιφέρει μια βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του συλλέκτη. Η ανωτέρω βελτίωση είναι σημαντική για περιοχές με μέτρια ηλιοφάνεια ή και χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Με δεδομένη όμως την υψηλότερη τιμή αγοράς του σε σχέση με τον απλό απορροφητή, η χρήση του για εφαρμογές ζεστού νερού διαφαίνεται ενδιαφέρουσα σε ορισμένες περιοχές του Ελλαδικού χώρου (π.χ. Βόρεια Ελλάδα).

- **Αεροσυλλέκτες**

Στην περίπτωση των συλλεκτών με εργαζόμενο μέσο αέρα, η κατασκευή της απορροφητικής επιφάνειας διαφέρει από εκείνη των συλλεκτών υγρού για τους εξής λόγους:

- I. Οι μικρές τιμές πυκνότητας και ειδικής θερμότητας του αέρα (σε σχέση π.χ. με τις αντίστοιχες ιδιότητες του νερού), σε συνδυασμό με τους μικρούς συντελεστές μετάδοσης θερμότητας οδηγούν σε διαμορφώσεις της επιφάνειας που να επιτρέπουν την διακίνηση μεγαλύτερων όγκων ρευστού και την διευκόλυνση της μετάδοσης θερμότητας.
- II. Η συνολική γεωμετρική διαμόρφωση πρέπει να παρουσιάζει μικρή αντίσταση στη διακίνηση του αέρα, για τη μείωση των δαπανών λειτουργίας.
- III. Η κατασκευή της επιφάνειας δεν συνδέεται με απαιτήσεις αντοχής σε μεγάλες πιέσεις, διάβρωσης και προστασίας από παγετό.

- **Σωλήνες Κενού**

Οι ηλιακοί συλλέκτες τύπου σωλήνα κενού επιτυγχάνουν μια δραστική μείωση των θερμικών απωλειών του συλλέκτη, με αποτέλεσμα την ικανοποιητική λειτουργία σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες της τάξης των 150°C. Αυτό επιτυγχάνεται με ταυτόχρονη χρήση επιλεκτικής επιφάνειας (μείωση των θερμικών απωλειών ακτινοβολίας) και την προστασία του απορροφητή σε περιβάλλον κενού.

Στην περίπτωση ενός σωληνωτού απορροφητή εγκλωβισμένου σε διαφανές κυλινδρικό τοίχωμα οι θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον μπορούν να μειωθούν με μια σειρά μέτρων. Η δραστικότερη μείωση επέρχεται με την αφαίρεση του αέρα από το μεσοδιάστημα απορροφητή-καλύμματος. Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί μόνο για κυλινδρικό (ή σφαιρικό) σχήμα του διαφανούς καλύμματος, για λόγους αντοχής του στην επιβαλλόμενη διαφορά πίεσης. Πρακτικά χρησιμοποιείται τζάμι πάχους λίγων χιλιοστών, η αντοχή του οποίου σε μηχανικές καταπονήσεις παρουσιάζεται αυξημένη, λόγω των συμπεστικών δυνάμεων που δημιουργεί η υφιστάμενη διαφορά πίεσης.

Ο βαθμός απόδοσης των συλλεκτών κενού επηρεάζεται πολύ λιγότερο από τις συνθήκες λειτουργίας από τον αντίστοιχο των επίπεδων απλών συλλεκτών, παραμένοντας σχεδόν σταθερός για ένα ευρύ φάσμα συνθηκών λειτουργίας του συλλέκτη. Γι' αυτό οι συλλέκτες κενού διατηρούν μια ικανοποιητική απόδοση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σε εφαρμογές παραγωγής ζεστού νερού. Για την αποκόμιση της θερμότητας από τον απορροφητή των σωλήνων κενού χρησιμοποιείται συχνά ο μηχανισμός του θερμικού σωλήνα (heat pipe), που εξασφαλίζει υψηλούς βαθμούς μετάδοσης θερμότητας.

Η λειτουργία του στηρίζεται στον κύκλο εξάτμισης – συμπύκνωσης ποσότητας υγρού στο εσωτερικό του θερμικού σωλήνα – θερμότητα που απορροφάται από το επίμηκες πτερύγιο μεταφέρεται στο εσωτερικό του σωλήνα και προσφέρεται για την εξάτμιση του υγρού. Οι ατμοί ανέρχονται μέχρι τον συμπυκνωτή, που βρίσκεται έξω από το σωλήνα κενού, με την απόδοση θερμότητας στο εργαζόμενο ρευστό ψύχονται, υδροποιούνται και το συμπύκνωμα και κατέρχεται με βαρύτητα προς τον πυθμένα του θερμικού σωλήνα. Το φαινόμενο αυτό συντηρείται στο βαθμό που η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία υπερβαίνει μια ελάχιστη τιμή (της τάξης των 50 W/m^2).

Το κόστος κατασκευής των σωλήνων κενού (ανά μονάδα συλλεκτικής επιφάνειας) είναι σήμερα μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος των επίπεδων συλλεκτών, περίπου διπλάσιο. Υπάρχουν όμως μεγάλα περιθώρια συμπίεσης σε περίπτωση μαζικής παραγωγής, διότι η τιμή διάθεσης των επηρεάζεται σημαντικά από την αρχική επένδυση κεφαλαίου και λιγότερο από το κόστος των υλικών κατασκευής. Το τελευταίο, σε συνδυασμό με την άριστη αντοχή τους σε διάφορες εξωτερικές επιδράσεις και τη μεγάλη διάρκεια ζωής, θα μπορούσε να επιφέρει μελλοντικά ακόμη και τη εκτόπιση των επίπεδων συλλεκτών από πολλά πεδία εφαρμογών όπου σήμερα κυριαρχούν, προς όφελος συλλεκτών κενού με ανταγωνιστικό κόστος παραγωγής.

2.6.1.1 Υλικά κατασκευής επίπεδων ηλιακών συλλεκτών

➤ Διαφανές κάλυμμα

Το κάλυμμα που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι κοινό τζάμι πάχους 3-4mm. Η εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής (μέχρι και 50 χρόνια), το ανεκτό κόστος, οι καλές οπτικές ιδιότητες και η αντοχή καθιστούν πιο ενδιαφέρουσα την εκλογή του.

Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν τζάμια με ειδικές ιδιότητες, όπως :

- ενισχυμένης μηχανικής αντοχής
- χαμηλής περιεκτικότητας σε Fe_2O_3 , για την αύξηση της διαπερατότητας
- θερμικοί καθρέπτες (heat mirrors), για τη μείωση της θερμικής συναλλαγής
- υψηλής διαπερατότητας σε μερικά μήκη κύματος (επιτυγχάνεται με ειδική επεξεργασία της εξωτερικής επιφάνειας), για τη βελτίωση της συνολικής διαπερατότητας.

Επίσης σε μερικούς συλλέκτες χρησιμοποιούνται διαφανή πλαστικά καλύμματα υπό μορφή άκαμπτων ενισχυμένων σκεπαστρών ή εύκαμπτων λεπτών φιλμ. Τα περισσότερα έχουν καλύτερη διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία από εκείνη του γυαλιού, και είναι επίσης ελαφρύτερα και συχνά φθηνότερα.

Τα πλαστικά καλύμματα παρουσιάζουν όμως **μειονεκτήματα**, όπως :

- ο σημαντική διαπερατότητα στη θερμική (υπέρυθρη) ακτινοβολία, που συνεπάγεται περισσότερες θερμικές απώλειες,
- ο αλλοίωση της δομής και του χρώματος μετά την πάροδο κάποιου χρόνου, καθώς τα περισσότερα καθίστανται ψαθυρά και αποκτούν μια κιτρινοπράσινη απόχρωση, και
- ο μικρότερη αντοχή σε διάφορες καταπονήσεις, με αποτέλεσμα τον μικρότερο χρόνο ζωής.

➤ Απορροφητική επιφάνεια

Επιλεκτικές επιφάνειες, δηλ. Επιστρώσεις με μεγάλο συντελεστή απορροφητικότητας και μικρό συντελεστή εκπομπής, συνιστώνται για πιο «απαιτητικές» χρήσεις, π.χ. υψηλές θερμοκρασίες ή χαμηλή ηλιοφάνεια, καθόσον η χρήση τους αυξάνει το κόστος του συλλέκτη. Η λειτουργία όλων των επιλεκτικών επιφανειών βασίζεται στο διαφορετικό συντελεστή απορροφητικότητας (άρα και εκπομπής) που παρουσιάζουν σε διάφορα μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα με τις επιφάνειες αυτές επιτυγχάνεται :

- Καλή απορροφητικότητα στην περιοχή της ηλιακής ακτινοβολίας
- Κακή απορροφητικότητα (άρα και εκπομπή) στην περιοχή της θερμικής ακτινοβολίας

Η ιδανική επιλεκτική επιφάνεια θα διαθέτει χαμηλή ανακλαστικότητα (συνεπώς υψηλή απορροφητικότητα) για μήκη κύματος μέχρι 3 m, όπου και διατίθεται η ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι για μεγαλύτερα μήκη κύματος απαιτείται μεγάλη ανακλαστικότητα (άρα μικρή απορροφητικότητα και εκπομπή), για τη μείωση των θερμικών απωλειών με ακτινοβολία. Η ιδανική αυτή λειτουργία είναι δυνατή, διότι το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας βρίσκεται σε διαφορετική περιοχή μηκών κύματος από εκείνο ενός μαύρου σώματος σε θερμοκρασία π.χ. 100° C.

Οι επιλεκτικές επιφάνειες παρασκευάζονται με απόθεση ενός ή περισσότερων στρωμάτων υλικών πάνω στο υπόστρωμα της επιφάνειας του απορροφητή.

Ενδεικτικά αναφέρονται ως μέθοδοι κατασκευής η ηλεκτρολυτική απόθεση, η χημική επιφανειακή επεξεργασία και η δημιουργία οξειδίων στην επιφάνεια της απορροφητικής επιφάνειας. Μερικοί τύποι επιλεκτικών επιφανειών διατίθενται υπό μορφή λεπτών αυτοκόλλητων φιλμ, που μπορούν να τοποθετηθούν εύκολα σε μια απλή μεταλλική πλάκα. Ικανοποιητική επιλεκτική συμπεριφορά επιτυγχάνεται με κάποιες μαύρες βαφές που διατίθενται σε μορφή σπρέϋ. Λόγω των πολλαπλών ανακλάσεων της ακτινοβολίας η ισοδύναμη απορροφητικότητα είναι 0,90, από 0,60 για επίπεδη επιφάνεια. Ο ενεργός όμως συντελεστής εκπομπής αυξάνεται και αυτός από 0,05 σε 0,10.

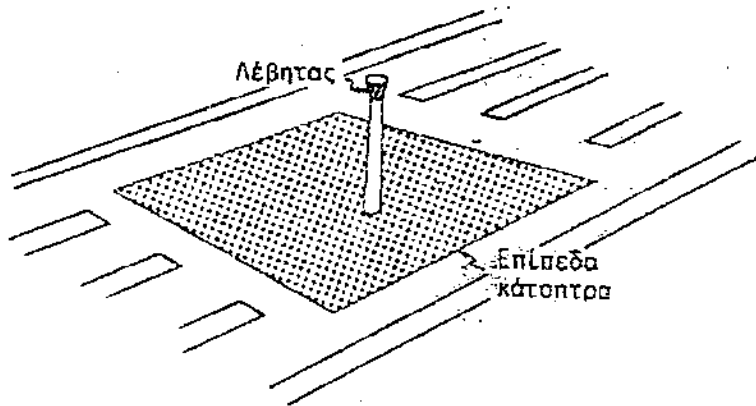
Η επικάλυψη της επιφάνειας πρέπει να παρουσιάζει υψηλή απορροφητικότητα, σταθερότητα της δομής της σε υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλη διάρκεια ζωής.

Κατά κανόνα χρησιμοποιούνται διάφορες βαφές μαύρου χρώματος. Οι συνθεστέροι τρόποι κατασκευής της απορροφητικής επιφάνειας σε τυπικούς συλλέκτες υγρού είναι:

- **Κατασκευή σάντουιτς:** δύο χαλύβδινες πλάκες με συνεχείς γραμμικές ή σημειακές συγκολλήσεις κατά μικρά διαστήματα, ώστε να σχηματίζονται κατάλληλα κανάλια για την διόδο του υγρού. Απλή κατασκευή με καλή διαβροχή της απορροφητικής επιφάνειας. Δεν αντέχουν όμως σε υψηλές πιέσεις λειτουργίας και οι περισσότεροι προκαλούν μια σημαντική πτώση πίεσης στη ροή του ρευστού.
- **Μεταλλική πλάκα** (αλουμινίου ή χάλυβα) σε θερμική επαφή με σωλήνες (χαλκού ή χάλυβα) που τη διαρρέουν κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Η επιφάνεια μπορεί να είναι ενιαία ή να σχηματίζεται από ισάριθμα με τους σωλήνες επιμήκη στελέχη (πτερύγια). Η θερμική επαφή πτερυγίου – σωλήνων ποκύλει στις διάφορες κατασκευές και επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του συλλέκτη. Η μεταξύ των σωλήνων απόσταση σπάνια υπερβαίνει τα 15cm. Παρουσιάζουν αντοχή σε υψηλές πιέσεις λειτουργίας, ανθεκτικότητα σε επικαθήσεις (σε ανοικτά κυκλώματα) και μικρές σχετικά πτώσεις πίεσης στη ροή του ρευστού.

2.6.2 Συγκεντρωτήρες – Ηλιακοί Πύργοι

Το μειονέκτημα των επίπεδων συλλεκτών είναι ότι οι θερμοκρασίες που δημιουργούν είναι πολύ χαμηλές.



Ηλιακός πύργος και επίπεδα κάτοπτρα στην βάση του.

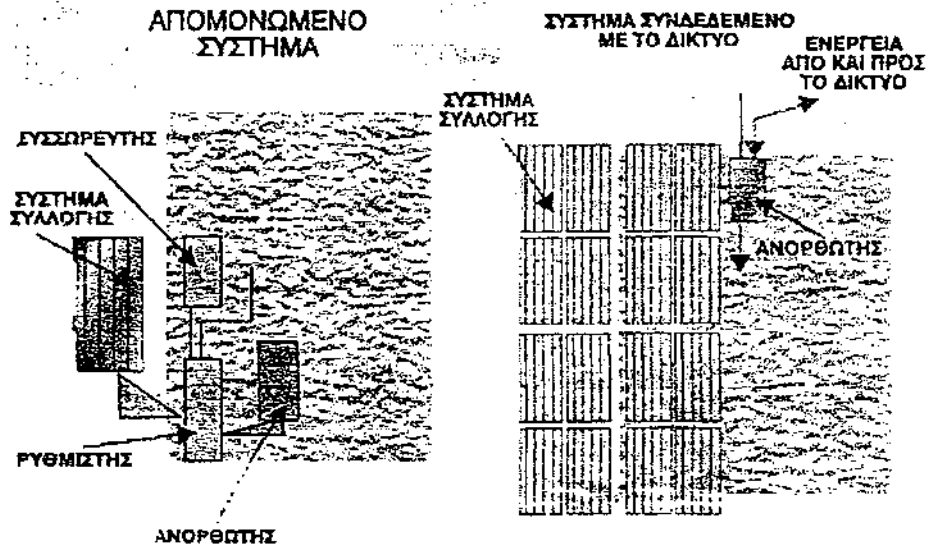
Οι κοινοί επίπεδοι συλλέκτες μπορούν να φθάσουν θερμοκρασία μέχρι 100°C (λειτουργία «εν κενώ») ενώ οι συγκεντρωτικοί συλλέκτες φθάνουν θερμοκρασίες από 100°C έως 150°C . Για να ξεπεραστεί η δυσκολία αυτή και να δημιουργηθούν θερμοκρασίες πολύ μεγαλύτερες, πάνω από 300°C , οπότε να είναι δυνατή η εκμετάλλευση της ενέργειας για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (ατμογεννήτρια) χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη διάταξη.

Στην περιφέρεια της βάσης μίας ψηλής κολώνας (ηλιακού πύργου) τοποθετούνται κάτοπτρα διαφόρων τύπων (επίπεδα, σφαιρικά, παραβολικά, κυλινδροπαραβολικά, κοίλα, ελλειπτικά κλπ.). Αυτά κατευθύνουν και συγκεντρώνουν (εστιάζουν) τις ακτίνες που προσπίπτουν πάνω τους στην κορυφή του Ηλιακού Πύργου. Εκεί υπάρχει απορροφητικό σώμα που απορροφά την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπει σε θερμική θερμαίνοντας στην συνέχεια νερό ή αέρα σε υψηλή θερμοκρασία.

Το θερμό νερό ή ο αέρας οδηγούνται σε εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκεται κοντά στον ηλιακό πύργο, όπου παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Τέτοιου είδους εργοστάσια έχουν γίνει σε πολλά μέρη της γης με συνεχώς όλο και μεγαλύτερη ισχύ. Για να συγκεντρώνονται ή καλύτερα να εστιάζονται οι ηλιακές ακτίνες στην κορυφή του ηλιακού πύργου τα κάτοπτρα κινούνται με ηλεκτρονικό σύστημα προσανατολισμού παρακολουθώντας την πορεία των ηλιακών ακτίνων.

2.7 Φωτοβολταϊκή μέθοδος

Η φωτοβολταϊκή μέθοδος είναι φυσικοχημική μέθοδος. Στηρίζεται στο φαινόμενο κατά το οποίο πυρίτιο, όταν φωτίζεται, αποβάλλει ηλεκτρόνια ανάλογα με την ένταση φωτισμού και επομένως μπορεί να δημιουργεί ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Με τον τρόπο αυτό μετατρέπεται απευθείας η ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια.



Φωτοβολταϊκό σύστημα

Τα ηλιακά κύτταρα αποτελούνται από δύο πολύ λεπτά στρώματα ημιαγωγού, κυρίως από πυρίτιο. Αυτά αναμιγνύονται με άλλα στοιχεία για να δώσουν στο ένα στρώμα θετική πόλωση (έλλειμμα ηλεκτρονίων). Τα άκρα ενός εξωτερικού κυκλώματος συνδέονται με το μπρος και το πίσω μέρος του κυττάρου.

Το ηλιακό φως φτάνει στην ένωση μεταξύ των δυο στρωμάτων με τη μορφή φωτονίων (ενέργεια) και χτυπάει τα ηλεκτρόνια διαμέσου της ενώσεως. Αυτό δημιουργεί ένα ρεύμα που μπορεί να οδηγηθεί μέσω του εξωτερικού κυκλώματος για να επιστρέψει στην άλλη πλευρά της ενώσεως. Αν ένα φορτίο, όπως ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος ή ένας λαμπτήρας, τοποθετηθεί στο κύκλωμα, θα λειτουργεί με το ρεύμα. Έτσι το ηλιακό φως μετατρέπεται απ' ευθείας σε ηλεκτρικό ρεύμα. (Εδώ δεν θα πρέπει να γίνει σύγχυση με καμιά θερμική διεργασία, γιατί δεν υπάρχει μεταβίβαση θερμότητας).

Η ισχύς που παράγεται από ένα Φ/Β στοιχείο είναι περίπου 16% της ισχύος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η θεωρητική μέγιστη απόδοση είναι περίπου 24%. Η υπερθέρμανση προκαλεί σημαντική μείωση της απόδοσης γι' αυτό είναι απαραίτητο να υπάρχει κάποιο είδος ψύξης του συστήματος (αυτό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα παραγωγή χρήσιμου θερμού νερού σαν παραπροϊόντος της ψύξης).

Οι παραπάνω αποδόσεις επιτυγχάνονται με μονοκρυσταλλικά στοιχεία, που δυστυχώς όμως είναι πολύ ακριβά. Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία έχουν απόδοση μειωμένη κατά 15% αλλά το κόστος τους είναι χαμηλότερο κατά 65%. Η τεχνολογία όμως των Φ/Β στοιχείων εξελίσσεται ραγδαία και υπόσχεται ότι σύντομα το κόστος θα υποδεκαπλασιαστεί. Το θειούχο κάδμιο (CdS) είναι ένα υλικό που υπόσχεται πολλά. Άλλοι ημιαγωγοί που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι : Ge, GaAs, CdTe, κ.α.

Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή Φ/Β πλαισίων καρυσταλλικού πυριτίου, σε μικρή κλίμακα, με την τεχνολογία του 1990, είναι $235 \times 10^3 \text{ Wh/m}^2$. Οι εκπομπές του CO₂ υπολογίζεται σε 45 τόνους ανά GWh (10^9 Wh) παραγόμενης ενέργειας από Φ/Β, ενώ για το ίδιο ποσό ενέργειας ο τελειότερος και αποδοτικότερος σταθμός που καίει άνθρακα, εκπέμπει 1000 τόνους CO₂.

Τις περισσότερες φορές τα Φ/Β συστήματα τοποθετούνται σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου υπάρχει άφθονη γη. Ακόμη και στην περίπτωση της τοποθέτησης τους σε οροφές, αξιοποιείται η διαθέσιμη επιφάνεια. Όσον αφορά στην αισθητική των εγκαταστάσεων, για τα συστήματα που βρίσκονται εκτός οικισμών υπάρχει η δυνατότητα απόκρυψης με φυσικά μέσα, ενώ έχει υπάρξει πρόοδος και στην αισθητική των συστημάτων που τοποθετούνται σε κτίρια. Ωστόσο ακόμη και με το σημερινό υψηλό κόστος, η φωτοβολταϊκή παραγωγή είναι σε αρκετές περιπτώσεις η οικονομικότερη λύση.

2.6.1 Υλικά κατασκευής Φ/Β συστημάτων

Το υλικό που χρησιμοποιείται συνήθως για την μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι το πυρίτιο. Η μικρότερη ενεργειακή μονάδα ηλιακής γεννήτριας ονομάζεται φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από 30 με 36 ηλιακά στοιχεία, τα οποία με μια θερμική διαδικασία τοποθετούνται σ' ένα ερμητικά σφραγισμένο πακέτο, καλυμμένα από εμπρός και πίσω με μια ανθεκτική πλαστική ύλη, ενώ από την εμπρός πλευρά τοποθετείται ένα ανθεκτικό γυαλί. Η κατασκευή αυτή, που δεν ξεπερνά σε πάχος τα 3 χιλιοστά, τοποθετείται τελικά σε πλαίσιο από αλουμίνιο, όπως και τα τζάμια των σπιτιών.

2.8 Οικονομική ανάλυση

2.8.1 Ηλιακοί θερμοσίφωνες

Στην παράγραφο αυτή θα γίνει αναφορά σε κάποιες τιμές ηλιακών θερμοσιφώνων διαφόρων εταιριών και κατηγοριών, στους παρακάτω πίνακες. Οι τιμές που παρουσιάζονται είναι του έτους 1997 και συμπεριλαμβάνουν τον ΦΠΑ.

Πίνακας 1: Ηλιακοί Θερμοσίφωνες

Κατασκευαστής	Χωρητικότητα (lt)	Συλ. Επιφ. (m ²)	Αρ. Πλακ.	Τιμή (€)
Ηλιονάλ	120	2		675.00
Foco	120	2		666.00
Stiebel Eltron	120	1,5		968.00
Suntherm Hellas	120	2		390.00
Calpak	120	2		528.00
Maltezos	120	1,95	1	836.00
Air Cool	120	2		440.00

Κατασκευαστής	Χωρητικότητα (lt)	Σολ. Επιφ. (m ²)	Αρ. Πλακ.	Τιμή (€)
Bavaria	130	2,09		513.00
Fyrogenis	130	1,8	1	790.00
Warmesol	130	2		666.00
Foco	140	2,4		760.00
Ηλιονάλ	150	3		777.00
Κυριαζής	150	2,5	2	587.00
Bavaria	150	2,64		572.00
Chromagen	150	2,2		807.00
Greco	150	2,4		572.00
Stiebel Eltron	150	2,2		1112.00
Syntherm Hellas	150	3,3		516.00
Vilco	150	1,5	2	616.00
Air Cool	160	2,6		513.00
Foco	160	3		827.00
Maltezos	160	3	2	1100.00
Bavaria	170	2,77		616.00
Chromagen	170	3		880.00
Fyrogenis	170	2,2	1	880.00
Stiebel Eltron	180	3,5		1350.00
Warmesol	180	3		853.00
Foco	190	3		886.00
Calpak	195	4		857.00
Ηλιονάλ	200	4		895.00
Creco	200	4		630.00
Maltezos	200	3,9	2	1100.00
Syntherm Hellas	200	4		584.00
Vilco	200	1,5	2	704.00

Κατασκευαστής	Χωρητικότητα (lt)	Συλ. Επιφ. (m ²)	Αρ. Πλακ.	Τιμή (€)
Warmesol	200	4		905.00
Fyrogenis	210	2,9	2	1261.00
Air Cool	220	4		733.00
Bavaria	220	4,18		733.00

Για λόγους σύγκρισης, δίνεται στον επόμενο πίνακα η τιμή ενός θερμοσίφωνα που λειτουργεί με ηλεκτρισμό.

Πίνακας 2: Ηλεκτρικοί θερμοσίφωνα

Κατασκευαστής	Χωρητικότητα (lt)	Ισχύς Ενς. Αντίστ. (kW)	Τιμή (€)
Elco	80 lt	4	108.00
Elco	100 lt	4	122.00
Elco	120 lt	4	150.00

Παρακάτω, θα γίνει μία οικονομική σύγκριση ενός ηλιακού και ενός ηλεκτρικού θερμοσίφωνα, προκειμένου να προκύψουν κάποια συμπεράσματα. Δηλαδή αν και κατά πόσο συμφέρει ο ηλιακός θερμοσίφωνα.

Στο παράδειγμα αυτό θα χρησιμοποιηθεί ένας ηλιακός θερμοσίφωνα χωρητικότητας 125 lt, επιφάνειας 2 m² καθώς και ένας αντίστοιχος ηλεκτρικός θερμοσίφωνα 80 lt και ισχύος 4 kw.

Θεωρείται ότι η ετήσια ηλιακή ενέργεια που συλλέγεται με τον υπόψιν συλλέκτη είναι 1.675.000 kcal τα οποία ισούνται με :

$$1.675.000 \times 4,1868 = 7.012.890 \text{ kJ.}$$

Είναι γνωστό ότι 1 Watt = 1 Joule/sec. Οπότε τα 7.012890 kJ = 7.012.890 kJ / 3600 kJ/kWh = 1948 kWh

Επομένως η ετήσια εξοικονόμηση σε € ισούται με :

$$1948 \text{ kWh} \times 0,06 \text{ €/kWh} = 116,00 \text{ €}$$

Σ' αυτό το ποσό θα πρέπει να προστεθεί και ο Φ.Π.Α

Αντίστοιχα για τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, είναι παραδεκτό ότι πληροί τις ανάγκες μίας τετραμελούς οικογένειας όπως και ο ηλιακός και επίσης ότι χρησιμοποιείται μία φορά την ημέρα. Η ενέργεια που καταναλώνεται ισούται με:

$$Q_{\eta\lambda} = m C_p \Delta\theta = 80 \text{ lt} \times 1 \text{ kcal/lt}^\circ \text{ C} \times (70-15)^\circ \text{ C} = 4.400 \text{ kcal} \text{ κάθε ημέρα}$$

Είναι γνωστό ότι η ισχύς = ενέργεια / χρόνος (1).

Επίσης ο ηλεκτρικός θερμοσίφοντας απαιτεί κάποιο χρονικό διάστημα για να ζεστάνει το νερό που χρειάζεται. Το χρονικό διάστημα που απαιτείται, υπολογίζεται ως εξής :

$$(1): t = 4400 \text{ kcal} / 0,9 \times 4 \text{ kW} \Rightarrow t = 1,4 \text{ h}$$

όπου 0,9 είναι ο βαθμός απόδοσης.

Στη συνέχεια για να υπολογιστούν οι kWh/ημέρα που καταναλώνονται, θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί ο χρόνος ($t=1,4h$) με την ισχύ 4 kW του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα.

$$t \times 4 \text{ kW} = 1,4 \times 4 \text{ kW} = 5,6 \text{ kWh/ημέρα} \times 365 \text{ ημέρες} = 2044 \text{ kWh/χρόνο}$$

2.8.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Οι ηλιακές ή Φ/Β γεννήτριες μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια τους κατευθείαν σε ηλεκτρισμό. Η διάρκεια ζωής τους ξεπερνά τα 20 χρόνια και η χρησιμοποίησή τους διαφέρει ανάλογα με τις ανάγκες σε ηλεκτρισμό που έχουμε. Δηλαδή όσο μεγαλύτερες είναι οι ανάγκες μας σε ηλεκτρική ενέργεια τόσο μεγαλύτερη επιφάνεια ηλεκτρικών γεννητριών πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για να τις καλύψουμε.

Για παράδειγμα, μια επιφάνεια ηλιακών γεννητριών ενός τετραγωνικού μέτρου μπορεί να παράγει μέγιστη ισχύ 60 με 120 W, ανάλογα με την απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων, την θερμοκρασία και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Κατά την διάρκεια μιας ηλιόλουστης καλοκαιρινής μέρας, ένα τετραγωνικό μέτρο Φ/Β γεννήτριας, μπορεί να αποδώσει μέχρι 600 Wh, ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια αυτή είναι αρκετή για να φωτίσει με 4 λάμπες φθορισμού (εναλασσόμενο ρεύμα) μια κατοικία, για 2 μέρες επί 4 ώρες την ημέρα ή να τροφοδοτήσει ένα ψυγείο χαμηλής κατανάλωσης για μια μέρα.

Το κόστος αγοράς των Φ/Β γεννητριών κυμαίνεται μεταξύ 8 και 10 € ανά Watt μέγιστης ισχύος. Στα επόμενα χρόνια αναμένεται να πέσουν αισθητά οι τιμές, καθώς η ζήτηση και η παραγωγή αυξάνονται χρόνο με τον χρόνο.

Στους δύο παρακάτω πίνακες θα γίνει αναφορά σε τιμές διαφόρων μοντέλων φωτοβολταϊκών συστημάτων. Οι τιμές που συγκεντρώθηκαν είναι από εταιρείες του εξωτερικού και γι' αυτό αναγράφονται σε δολάρια. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες θα χωριστούν σε δύο κατηγορίες κοστολόγησης, σε μικρούς και μεγάλους. Η διαφορά μεταξύ των μεγάλων και των μικρών συλλεκτών είναι τόσο στις διαστάσεις όσο και στην ισχύ.

Πίνακας 3: Μεγάλα Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Κατ/στής	Ισχύς (Watt)	Ένταση (A)	Μέγεθος (cm)	Τιμή (\$)	Εγγύηση (χρόνια)
BP	90	17,1	118,8 x 53 x 3,8	595	20
BP	75	17,1	118,8 x 53 x 3,8	470	20
BP	40	17,1	95,7 x 43,2 x 3,8	330	20
Solec	110	17,1	129,5 x 64,8 x	710	10
Solec	55	17,1	129,5 x 33 x 3,8	350	10
Siemens	55	17,4	129,5 x 33 x 5,1	507	10
Siemens	50	15,9	121,9 x 33 x 5,1	480	10
Siemens	75	17	119,4 x 53,3 x	656	10
Solarex	120	17,1	111,8 x 99 x 5,1	924	20
Solarex	72	16,9	111,8 x 66 x 5,1	518	20
Solarex	53	17,2	94 x 50,1 x 5,1	329	10
Solarex	58	17,1	111,8 x 50,1 x	439	20
Solarex	80	17,1	111,8 x 66 x 5,1	539	10

Πίνακας 4 : Μικρά Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Κατ/στής	Ισχύς (Watt)	Ένταση (A)	Μέγεθος (cm)	Τιμή (\$)	Εγγύηση (χρόνια)
Siemens	20	18	56,9 x 33 x 4,1	210	10
Siemens	10	19,9	36,1 x 33 x 4,1	159	10
Siemens	5	19,5	17,5 x 33 x 4,1	129	10
Siemens	11	16,8	22,9 x 85,1 x 0,63	550	10
Solarex	30	17,1	59,2 x 50,3 x 5,1	286	10
Solarex	20	17,1	42,4 x 50,3 x 5,1	235	10
Solarex	10	17,1	41,9 x 26,9 x 5,1	171	10
Solarex	10	17,1	41,9 x 26,9 x 5,1	135	10
Solarex	5	16,7	26,9 x 24,9 x 2,3	106	10
Solarex	30	17,1	61,9 x 49,8 x 1,02	279	5
Solarex	20	17,1	62 x 49,8 x 1,02	234	5
Solarex	10	17,1	44,7 x 27 x 1,02	135	5
Solarex	5	16,7	27,7 x 27 x 1,02	106	5

Επίσης παρακάτω παρατίθενται μερικές ενδεικτικές τιμές από δύο Ελληνικές εταιρείες, οι οποίες εμπορεύονται Φ/Β συστήματα :

Εταιρεία	Ισχύς (Watt)	Ένταση (A)	Υλικό κατασκευής	Τιμή (€)
Τηλεπάν Εμπορική Τεχνική	55	3,22	Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο	420.00
Τηλεπάν Εμπορική Τεχνική	100	3,22	Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο	780.00
Windsol Ε.Π.Ε	50	3	Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο	280.00
Windsol Ε.Π.Ε	75	4,5	Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο	400.00

Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο με καλό βαθμό απόδοσης, τότε για να πάρουμε 60-120 W μέγιστη απόδοση χρειάζεται 1m² συλλέκτη. Αν όμως το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από άμορφο πυρίτιο μειώνεται βέβαια το κόστος αλλά αυξάνεται η επιφάνεια.

2.9 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας είναι ότι :

1. είναι απεριόριστη σε ποσότητα,
2. έχει μηδαμινά έξοδα λειτουργίας
3. δεν υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης και μόλυνσης από την εκμετάλλευσή της και
4. συγκριτικά με τις συμβατικές πηγές, έχει ομαλή κατανομή της στο χώρο. Έτσι δεν είμαστε υποχρεωμένοι να μεταφέρουμε την ενέργεια σε μεγάλες αποστάσεις και μπορούμε να χρησιμοποιούμε μικρά ηλιακά συστήματα, συχνά χαμηλής τεχνολογίας, στον τόπο χρησιμοποίησης της ενέργειας.

Τα μειονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας είναι:

1. Η ασυνεχής χρονική κατανομή (ημέρα – νύχτα, σύννεφα, χειμώνας – καλοκαίρι). Οι λύσεις σ' αυτό είναι αποθήκευση και χρησιμοποίηση σε συνδυασμό με άλλες ενεργειακές πηγές.
2. Χαμηλή πυκνότητα ενέργειας. Γι' αυτό σε μερικές εφαρμογές είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση συγκεντρωτικών συστημάτων. Στα συστήματα αυτά μας ενδιαφέρει η άμεση ακτινοβολία επειδή η διάχυτη δεν μπορεί να συγκεντρωθεί. Για μεγάλες συγκεντρώσεις πρέπει οπωσδήποτε τα κάτοπτρα να παρακολουθούν την κίνηση του ήλιου.
3. Φυσικά όρια. Μεγάλη εξάρτηση από τις μετεωρολογικές μεταβολές.
4. Γεωγραφικά εμπόδια. Καλύτερη χρήση σε τροπικές περιοχές ή θάλασσα.
5. Τεχνολογικά εμπόδια. Εύκολη μετατροπή σε δευτερογενή ενέργεια (π.χ. ηλεκτρική) με χαμηλό βαθμό απόδοσης. Απαιτείται σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας. Πιθανές χρήσεις κατά σειρά αυξανόμενης δυσκολίας: ζεστό νερό χειμώνα – καλοκαίρι, μερική ή ολική θέρμανση το χειμώνα, κλιματισμός το καλοκαίρι.
6. Οικονομικά εμπόδια. Απαιτείται σοβαρή επένδυση.
7. Οικολογικά εμπόδια. Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι αντιαισθητικοί.
8. Ψυχολογικά εμπόδια. Πολλοί άνθρωποι αρνούνται να πιστέψουν στην αποτελεσματικότητα της χρήσης της ηλιακής ενέργειας.

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

3.1 Γενικά

Γεωθερμική ενέργεια είναι η θερμότητα της Γης. Όταν κάποιο γεωτρύπανο τρυπά τη Γη, όσο πιο βαθιά κατεβαίνει τόσο η θερμοκρασία του εδάφους που συναντάει είναι μεγαλύτερη. Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικό ποσοστό από τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας μας.

Η γεωθερμική ενέργεια υπάρχει παντού κάτω από την επιφάνεια της γης. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες σε μικρά σχετικά βάθη, άρα με οικονομικές συνθήκες, συναντώνται σε περιοχές ενεργού ηφαιστειότητας και τεκτονικής.

Η θερμοκρασία αυξάνει σταδιακά από την επιφάνεια προς το εσωτερικό της γης με τον ρυθμό της γεωθερμικής βαθμίδας, η μέση τιμή της οποίας είναι της τάξης των $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Σε κάποιες περιοχές ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, η βαθμίδα μπορεί να φτάσει σε τιμές πολλαπλάσιες της κανονικής. Τέτοιες περιοχές έχουν μεγάλες πιθανότητες να αποτελούν ζώνες συγκέντρωσης υψηλών θερμικών φορτίων υπό μορφή θερμών ρευστών σε μικρά βάθη, ώστε να είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμα.

Τα βάθη αυτά ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή και κυμαίνονται μεταξύ 100 και 3000 m. Η φυσική θερμότητα της γης είναι καθαρότερη από τις συμβατικές πηγές ενέργειας και ως εκ τούτου έχει πολύ μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τη γεωθερμική ενέργεια την παίρνουμε με τη μορφή θερμού ατμού, νερού ή μίγματος αυτών. Η τεχνολογία για την αξιοποίηση των θερμών ρευστών έχει λύσει όλα τα σχετικά προβλήματα. Η Ελλάδα αποτελεί ένα ευνοημένο προς ανάπτυξη γεωθερμικών πεδίων χώρο, λόγω της γεωτεκτονικής τοποθέτησης στο ενεργό τόξο

του Ατγαιού. Αποτέλεσμα της θέσης αυτής είναι η δημιουργία και ανάπτυξη γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας σε μικρό, συγκριτικά βάθος, αλλά και υψηλής ενθαλπίας σε μεγαλύτερο

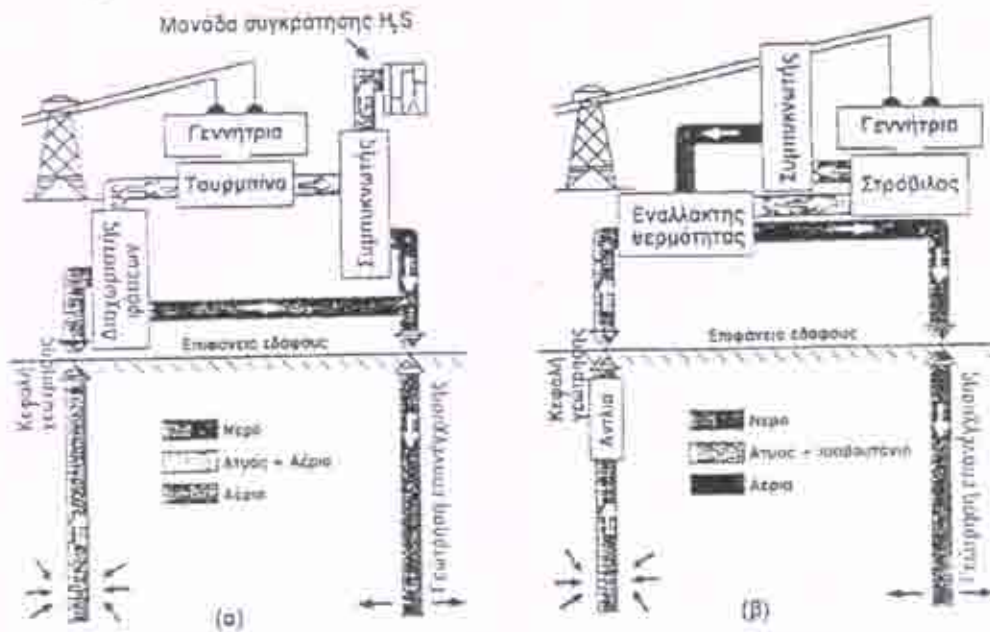


Οι περιοχές της γης όπου υπάρχουν γεωθερμικά ρευστά σε ικανοποιητική, θερμοκρασία και βάθος λέγονται «γεωθερμικά πεδία». Αποφεύγεται ο όρος «κοίτασμα» γιατί αυτός χρησιμοποιείται για συγκεκριμένα και εξαντλήσιμα μεταλλευτικά ορυκτά και ρευστά, ενώ τα γεωθερμικά ρευστά είναι ως γνωστό ανανεώσιμα.

Τα γεωθερμικά πεδία τροφοδοτούνται βασικά με μετεωρικά ή άλλα επιφανειακής προέλευσης νερά, που κατεισδύουν και κυκλοφορούν υπογείως, θερμαίνονται, εμπλουτίζονται σε άλατα και αέρια και μπαίνουν στο διαρκή κύκλο της μεταφοράς. Οι μεταβολές στη θερμοκρασία των υπογείων στρωμάτων συνδέονται με τη μεταφορά θερμότητας, τη θερμοχωρητικότητα και γενικά με τις θερμικές ιδιότητες των επιμέρους υλικών. Η παρουσία του νερού με τη μορφή ατμού συμβάλλει στη μεταφορά θερμότητας.

3.2 Τύποι γεωθερμικών πεδίων.

Τρεις κύριοι τύποι γεωθερμικών πεδίων είναι απο εκμετάλλευση ευρύτατα σήμερα στον κόσμο. Πρόκειται για τα υπέρθερμα πεδία ή υψηλής ενθαλπίας ($180 - 400^{\circ}\text{C}$), τα πεδία μέσης ενθαλπίας ($100 - 180^{\circ}\text{C}$) και τα πεδία χαμηλής ενθαλπίας ($25 - 100^{\circ}\text{C}$).



ΚΛΑΣΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

3.2.1 Πεδία υψηλής ενθαλπίας

Στα πεδία υψηλής ενθαλπίας εκμεταλλευόμαστε τον ατμό και τα αέρια, είτε απ' ευθείας, είτε αφού διαχωριστούν από την υγρή φάση με την οποία συνυπάρχουν. Είναι επίσης δυνατόν να επιστραφεί ολόκληρη η ποσότητα του γεωθερμικού ρευστού στο υπέδαφος με κλειστό κύκλωμα και η απόληψη θερμότητας να γίνεται με εναλλάκτη και ένα άλλο υγρό το οποίο εκτονώνεται σε στρόβιλο. Συνήθως χρησιμοποιούνται οργανικά ρευστά και ο θερμοδυναμικός κύκλος, γνωστό σαν κύκλος του Rankine.

Είναι προφανές ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα είναι ένα μικρό ποσοστό της διαθέσιμης θερμικής ενέργειας. Έχει αποδειχθεί ότι για ιδανικό θερμοδυναμικό κύκλο η απόδοση θα είναι:

$$\eta = 1 - T_0 / T_2 - T_1$$

όπου T_1 είναι η θερμοκρασία στην οποία αποβάλλεται η θερμότητα, T_2 η θερμοκρασία εισόδου του ρευστού και T_0 η θερμοκρασία του συμπυκνωτή. Στην πράξη η απόδοση είναι λίγο χαμηλότερη από αυτή που βρίσκεται από τον παραπάνω τύπο. Για παράδειγμα αναφέρουμε ότι για $T_2 = 200^\circ \text{C}$, $T_1 = 35^\circ \text{C}$ και $T_0 = 25^\circ \text{C}$ η απόδοση αναμένεται πρακτικά να είναι πρακτικά γύρω στο 12%, έναντι θεωρητικής απόδοσης που είναι 73,61 %.

Η γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας και συγκεκριμένα ο ατμός, αξιοποιείται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με πολύ καλά οικονομικά αποτελέσματα, αλλά και σε άλλες εφαρμογές, συνήθως σε συνδυασμό με την ηλεκτροπαραγωγή. Μέχρι το 1980 οι έρευνες στη χώρα μας περιορίζονταν στον εντοπισμό γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Κοιτάσματα υψηλής ενθαλπίας έχουν ανακαλυφθεί στη Μήλο και στη Νίσυρο. Στη Μήλο από τις 5 βαθιές γεωτρήσεις (1000 – 1400 m) που έχει κάνει ΔΕΗ παράγονται 350 τόνοι μείγματος νερού και ατμού την ώρα, θερμοκρασίας 200 – 220 °C.

Η παραγωγή αυτή μπορεί να τροφοδοτήσει μονάδα ηλεκτροπαραγωγής 25 MW με συμπυκνωτή ή 15 MW με ελεύθερη εκροή στην ατμόσφαιρα, ενώ το συνολικό δυναμικό του νησιού υπολογίζεται σε τουλάχιστον 120 MW και δεν αποκλείεται να φθάσει τα 200 MW. Άλλες ελπιδοφόρες περιοχές για ύπαρξη γεωθερμικών πεδίων υψηλής ενθαλπίας είναι τα νησιά Κίμωλος, Πολύαιγος, Σαντορίνη, Κώς και Λέσβος.

3.2.2 Πεδία χαμηλής ενθαλπίας

Η αυξημένη ροή λόγω της έντονης τεκτονικής και μαγματικής δραστηριότητας, δημιούργησε εκτεταμένες θερμικές ανωμαλίες με μέγιστες τιμές γεωθερμικής βαθμίδας που πολλές φορές ξεπερνούν τους $100\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Σε κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες η ενέργεια αυτή θερμαίνει υπόγειους ταμιευτήρες ρευστών σε θερμοκρασίες μέχρι $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στη νησιώτικη και ηπειρωτική Ελλάδα. Η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί να γίνει σημαντική, καθόσον αποτελούν ενεργειακό πόρο φιλικό προς το περιβάλλον, κοινωνικά αποδεκτό και παρουσιάζουν σημαντικό οικονομικό και αναπτυξιακό ενδιαφέρον.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας και οι περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος αντίστοιχα. Το πιθανό γεωθερμικό δυναμικό των πεδίων χαμηλής ενθαλπίας ανέρχεται περίπου σε 700 MW και το βεβαιωμένο περίπου σε 300 MW. (1 MW μπορεί να καλύψει τις θερμικές απώλειες περίπου 6 στρεμμάτων γυάλινων θερμοκηπίων στην περιοχή Κορινθίας).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΚΤΑΣΗ (km^2)	ΘΕΡ/ΣΙΑ ($^{\circ}\text{C}$)	ΒΕΒΑΙΩΜΕΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ (m^3/h)	ΠΙΘΑΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ (m^3/h)
Κεσσάνη, Ξάνθη	15	45-80	250-350	1000
Μάγγανα, Ξάνθη	15	55-65	400	1000
Ερατεινό, Καβάλα	40	70-90	-	2000
Σιδηρ/στρο, Σέρρες	10	35-67	-	1000
Ηράκλεια, Σέρρες	25	40-62	200	500
Νιγρίτα, Σέρρες	16	40-60	400	1000
Λαγκαδάς, Θεσ/κη	6	33-40	300	1000
Νυμφ/ρα, Θεσ/κη	2	39-45	200	500

Ν. Απολλ.,Θες/κη	2	34-51	400	600
Ελλαιοχώρια,Χαλκ.	30	33-42	1000	2000
Καλλονή,Λέσβου	10	42-67	30	2000
Πολύχνιτος,Λέσβου	10	67-92	400	1000
Αργεννος,Λέσβου	-	86	800	1500
Σουσάκι,Κορινθίας	8	50-80	450	1000
Μήλος	30	30-80	200	1000
Σαντορινη	10	25-70	-	500
Νίσυρος	-	25-95	100	500

Στα πεδία αυτά που είναι και τα περισσότερα απουσιάζει η μαγματική πηγή θερμότητας. Το υπόγειο νερό θερμαίνεται λόγω της φυσιολογικής αύξησης της θερμοκρασίας με το βάθος.

Κυρίαρχο ρόλο στη δημιουργία ενός γεωθερμικού πεδίου χαμηλής ενθαλπίας παίζει η τεκτονική, η φυσική θερμική ροή και η υπόγεια κυκλοφορία των ρευστών. Η ύπαρξη κατάλληλων γεωλογικών – τεκτονικών δομών καθορίζει την υπόγεια κυκλοφορία θερμών ρευστών και τη μεταφορά ενέργειας από μεγάλα βάθη και την αποθήκευση της σε ριχότερους υδροπερατούς λιθολογικούς σχηματισμούς. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούν τους γεωθερμικούς ταμιευτήρες και είναι επιχειρησιακοί στόχοι της επιφανειακής και γεωτρητικής γεωθερμικής έρευνας.

3.2.3 Πεδία μέσης ενθαλπίας

Η γεωθερμία μέσης ενθαλπίας αξιοποιείται με πολύ καλά οικονομικά αποτελέσματα σε πολλές άλλες χρήσεις, με σημαντικότερες, τη θέρμανση χώρων, θερμοκηπίων, την ξήρανση φυτικών προϊόντων και την ιχθυοκαλλιέργεια.

Η γεωθερμία μέσης ενθαλπίας είναι επίσης δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για ηλεκτροπαραγωγή, βέβαια με σημαντικά υψηλότερο κόστος, που όμως δεν ξεπερνά το κόστος παραγωγής από μικρές νηζελογεννήτριες.

Εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα μέσης ενθαλπίας υπάρχουν

- Στη Θερμοπηγή Σιδηροκάστρου, όπου ο δήμος μαζί με συνεταιρισμούς προώθησε τη κατασκευή θερμοκηπίου 10 στρεμμάτων
- Στη Λέσβο που αξιοποιούνται ρευστά μέσης ενθαλπίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με κύκλο Rankine
- Στη Ν. Κεσσάνη που έχουν κατασκευαστεί αγωγοί μεταφοράς των ρευστών στους χρήστες βάσει οριστικών μελετών εκμετάλλευσης.

3.2.4 Υδροθερμικές πηγές

Είναι υπόγεια αποθέματα ζεστού νερού. Το νερό έρχεται σε επαφή με καυτούς βράχους και παγιδεύεται σε σχισμές ή πόρους του υπεδάφους. Αυτά τα αποθέματα μέσω γεωτρήσεων μπορούν να ανέβουν στην επιφάνεια. Όταν το ζεστό νερό δώσει την θερμική του ενέργεια, συνήθως επιστρέφει πάλι στο έδαφος για να ξαναζεσταθεί.

Όταν το υδροθερμικό νερό είναι πολύ ζεστό πάνω από τους 150°C μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το υδροθερμικό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση κτιρίων, για βιομηχανικές χρήσεις και για αγροτικές εφαρμογές.

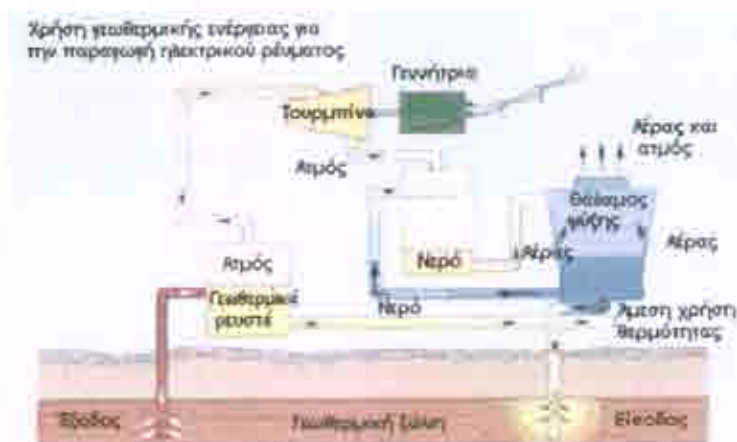
3.2.5 Πηγές γαιωσυμπιεσμένων αποθεμάτων

Σε εδάφη αμμολιθικών σχηματισμών περιέχονται καυτές άρμες (σαλαμούρα). Το συνολικό ποσό της άρμης, των διαλυμάτων μεθανίου και της θερμικής ενέργειας είναι τεράστιο, αλλά κανείς δεν ξέρει πόσο οικονομικά μπορεί να γίνει εκμεταλλεύσιμο.

Το μεγάλο βάρος των γαιωσυμπιεσμένων αποθεμάτων και το μεγάλο κόστος των γεωτρήσεων τα κάνουν να μην είναι οικονομικά συμφέροντα στην εκμετάλλευση για τη θερμότητα τους μόνο. Το ποσό του χρήσιμου μεθανίου που περιέχεται μπορεί να κάνει συμφέρουσα μια γεώτρηση αυτού του είδους. Αλλά για να γίνει γνωστό αν υπάρχει μεθάνιο πρέπει να γίνει γεώτρηση οπωσδήποτε.

3.2.6 Πηγές γαιοσυμπιεσμένων αποθεμάτων

Τέτοιες είναι τεράστιες υπόγειες μάζες βράχων που περιέχουν λίγο νερό. Η περιεχόμενη θερμότητα αυτών των πηγών είναι ανεξάντλητη. Μηχανικοί σχεδιάζουν οικονομικούς τρόπους εκμετάλλευσης αυτού του είδους γεωθερμικής ενέργειας. Τώρα μελετάται μια μέθοδος δημιουργίας τεράστιων ρωγμών στη μάζα των βράχων με τη βοήθεια γεωτρήσεων. Κάνοντας ενέσεις υγρού με υψηλή πίεση, μέσα από τις γεωτρήσεις αυτές και κυκλοφορώντας νερό μέσα στις ρωγμές αναγκάζουμε το νερό να βγει από μια δεύτερη γεώτρηση που έχουμε κάνει σε άλλο σημείο της ίδιας ρωγμής. Το νερό ερχόμενο σε επαφή με τους καυτούς βράχους θερμαίνεται και κατόπιν μπορεί αυτό να παράγει ενέργεια. Αν αυτή η μέθοδος πετύχει είναι η δημιουργία ρωγμών με ατομικές εκρήξεις.



3.3 Εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας

Η γεωθερμική ενέργεια υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς των γεωθερμικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο κόσμο ανέρχεται σε 6000 MW περίπου. Στην χώρα μας εγκαταστάθηκε το 1985 μια τέτοια μονάδα ισχύος 2 MW στην Μήλο, η οποία λειτούργησε για κάποιο διάστημα μέχρι το 1989 και κατόπιν διεκόπη η λειτουργία λόγω διαμαρτυριών των κατοίκων εξαιτίας της μυρωδιάς του μεθανίου. Η γεωθερμική ενέργεια χαμηλής και μέσης ενθαλπίας βρίσκει διεθνώς πολλές εφαρμογές στη γεωργία, τη γεωργική βιομηχανία, την κτηνοτροφία – ιχθυοκαλλιέργεια και τη θέρμανση χώρων. Η απαιτούμενη τεχνολογία για την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών αυτής της κατηγορίας έχει αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό και είναι ευρέως γνωστή.

Η ανα τον κόσμο εγκατεστημένη θερμική ισχύς των γεωθερμικών μονάδων μέσης και χαμηλής ενθαλπίας κατά το έτος 1987 ανέρχονταν σε 13.000 MW. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε $4,6 \cdot 10^6$ τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΠ) ανα έτος. Οι μέχρι σήμερα υπάρχουσες εφαρμογές στην Ελλάδα περιορίζονται κυρίως στον γεωργικό τομέα. Η αξιοποίηση του δυναμικού αυτού μπορεί και πρέπει να αναπτυχθεί με ταχύτερους ρυθμούς στο μέλλον.

3.3.1 Τηλεθέρμανση

Ηπεριγερειακή θέρμανση οικισμών και πόλεων βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε πολλές χώρες (Ισλανδία, Γαλλία κ.λ.π.). Ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες τηλεθέρμανσης δημιουργούνται όταν η παραγωγή της θερμικής ενέργειας μπορεί να εξασφαλιστεί από εγκαταστάσεις χαμηλού κόστους, όπως σε πολλές περιπτώσεις συμβαίνει με την αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών.



ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ-ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Στη γεωθερμική τηλεθέρμανση μπορούν να χρησιμοποιούνται οι συνήθεις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης με πιθανή αύξηση του αριθμού των απαιτούμενων σωμάτων. Τα ετήσια οφέλη από τη σύνδεση μιας κατοικίας σε σύστημα γεωθερμικής τηλεθέρμανσης μπορούν να φτάσουν τα 147.00 € ανά κατοικία (τιμές 2002). Τα πλεονεκτήματα της γεωθερμικής τηλεθέρμανσης δεν περιορίζονται στη μείωση των δαπανών θέρμανσης αλλά και:

- στην ελαχιστοποίηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης,
- στο χαμηλό κόστος παραγωγής θερμότητας και
- στη μεγάλη ενεργειακή εξοικονόμηση.

Στην Ελλάδα ήδη λειτουργεί δίκτυο στην Κοζάνη και είναι σε εξέλιξη μελέτη για εφαρμογή σε άλλες πόλεις.

3.3.2 Θέρμανση θερμοκηπίων

Θεωρώντας το φωτισμό επαρκή σε ένα θερμοκήπιο η θερμοκρασία είναι ο κυριότερος παράγοντας ο οποίος επηρεάζει τόσο τον ρυθμό ανάπτυξης των καλλιεργειών όσο και άλλες μεταβολικές λειτουργίες των φυτών όπως τη φωτοσύνθεση και τη διαπνοή. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο πρέπει πάντα η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου να είναι η βέλτιστη, οποία κυμαίνεται από 14°C μέχρι και 20°C κατά τη διάρκεια της νύχτας για τα πιο συνηθισμένα κηπευτικά και ανθοκομικά φυτά.

Τα γεωθερμικά ρευστά χαμηλής ενθαλπίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε άμεσα είτε έμμεσα στο σύστημα θέρμανσης των θερμοκηπίων. Τα συστήματα θέρμανσης στα γεωθερμικά θερμοκήπια δεν διαφοροποιούνται από αυτά των συμβατικών θερμοκηπίων. Το πλέον διαδεδομένο σήμερα σύστημα θέρμανσης των θερμοκηπίων είναι η συνδυασμένη χρήση επιδαπέδιων σπειροειδών πλαστικών σωληνώσεων και αεροθέρμων.

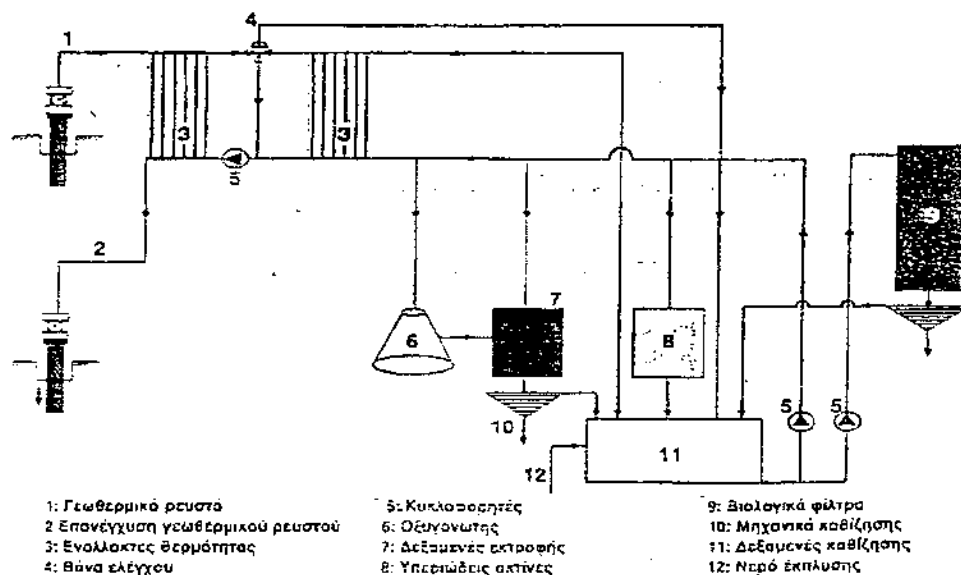
Λόγω της απλότητας του εξοπλισμού και του χαμηλού κόστους της γεωθερμικής θέρμανσης των θερμοκηπίων, η εφαρμογή αυτή είναι πλέον διαδεδομένη σε ολόκληρο τον κόσμο.

Πλεονεκτήματα της θέρμανσης των θερμοκηπίων με γεωθερμική ενέργεια σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα δεν είναι μόνο η σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται, αλλά και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των αγροτών ως συνέπεια της αύξησης των κερδών τους, μια και το κόστος της παραγόμενης θερμικής ενέργειας από τη γεωθερμία είναι πολύ χαμηλό.

3.3.3 Ιχθυοκαλλιέργειες

Τα ψάρια θερμών υδάτων ζουν και αναπτύσσονται σε γλυκά, υφάλμυρα ή θαλάσσια ύδατα, η θερμοκρασία των οποίων κυμαίνεται μεταξύ 18°C και 28°C και περιεκτικότητά τους σε οξυγόνο υπερβαίνει τα 5 mg/l .

Τα γεωθερμικά ρευστά μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε άμεσα στις δεξαμενές εκτροφής, όταν βεβαίως η χημική σύστασή τους είναι κατάλληλη, είτε έμμεσα προσφέροντας την θερμική τους ενέργεια μέσω εναλλάκτη θερμότητας σε κατάλληλο νερό καλής χημικής σύστασης. Μπορούμε να αξιοποιήσουμε το απορριπτόμενο ζεστό νερό από το σύστημα θέρμανσης θερμοκηπίων, με τη διοχέτευση του στις δεξαμενές εκτροφής, επιτυγχάνοντας έτσι μείωση τόσο του κόστους παραγωγής των ιχθύων όσο και των θερμοκηπιακών προϊόντων.

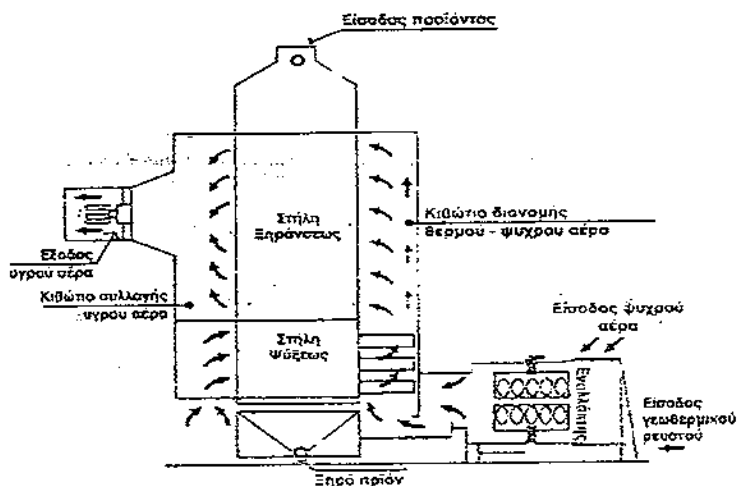


ΜΟΝΑΔΑ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΧΕΛΙΩΝ ΚΑΘΉΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Η συνδυασμένη χρήση μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη μονάδων υδατοκαλλιεργειών και σε εκείνες τις περιοχές όπου κρίνεται απαγορευτική η ποσότητα διαθέσιμου νερού. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι σύμφωνα με τα αποτελέσματα μελέτης του ΚΑΠΡ το απορριπτόμενο νερό από τέσσερα περίπου στρέμματα γυάλινου θερμοκηπίου με καλλιέργεια ντομάτας, μπορεί να καλύψει τις θερμικές ανάγκες μιας δεξαμενής χελιών, όγκου 300 m^3 . Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτή τη περίπτωση ανέρχεται σε περίπου 67 ΤΠΠ/έτος.

3.3.4 Ξήρανση αγροτικών προϊόντων

Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας με σκοπό την ξήρανση αγροτικών προϊόντων, που εφαρμόζεται σε πολλές χώρες, δεν έχει αναπτυχθεί στη χώρα μας. Τα αγροτικά προϊόντα που μπορούν να ξηραθούν ή να προξηραθούν είναι: λαχανικά, βαμβάκι, αρωματικά φυτά, κρεμμύδια, μηδική, κ.τ.λ.



ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ

Στο Kotchany της Γιουγκοσλαβίας, έχει εγκατασταθεί μονάδα ξήρανσης ρυζιού στην οποία η περιεκτικότητα σε υγρασία του ρυζιού κατα την είσοδο του είναι 20% ενώ κατα την έξοδο του απο το ξηραντήριο η υγρασία έχει μειωθεί στο 14%. Η ξηραντική ικανότητα του εργοστασίου αυτού είναι 10tn/h ακατέργαστου η κατεργασμένου ρυζιού. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού που χρησιμοποιείται ως θερμικό μέσο είναι 75 °C.

Στην χώρα μας μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση ξήρανσης βαμβακιού, απο το οποίο πρέπει να αφαιρείται το μεγαλύτερο μέρος της υγρασίας του προκειμένου να μπορεί να αποθηκεύεται για ικανό διάστημα πριν οδηγηθεί στο εκκοκκιστήριο. Ένα πειραματικό ξηραντήριο βάμβακος λειτούργησε για κάποιο διάστημα στην Ν. Κεσσάνη Ξάνθης.

3.3.5 Αφαλάτωση θαλασσινού νερού

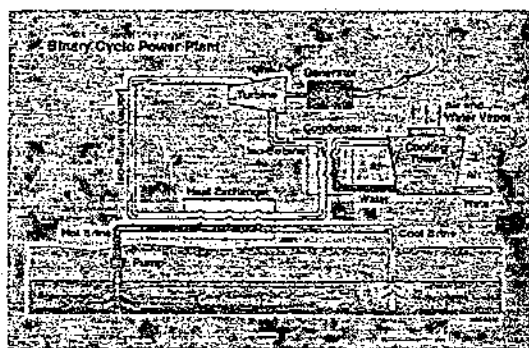
Η εφαρμογή αυτή παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον για την χώρα μας μιας και μπορεί να επλύσει τα σοβαρά προβλήματα ύδρευσης πολλών περιοχών με χαμηλό σχετικά κόστος. Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με γεωθερμικά ρευστά ως θερμικό μέσο μπορεί να επιτευχθεί με τη μέθοδο της πολυβάθμιας εξάτμισης εν κενώ (MED, Multi Effect Distillation).

Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα η αφαλάτωση πρέπει η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών να είναι τουλάχιστον 62°C. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι με γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας 75 °C και παροχής 150 m³/h μπορούμε να παράγουμε 500 m³ αφαλατωμένου νερού την ημέρα. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι ήδη έχουν ξεκινήσει οι απαραίτητες διαδικασίες για την εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης θαλασσινού νερού στην περιοχή Πράσων Κιμώλου.

3.4 Κατασκευαστικά στοιχεία

Μια διάταξη γεωθερμοηλεκτρικής μονάδας συνδυασμένου κύκλου γαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Παρατηρώντας την εικόνα, βλέπουμε ότι η μονάδα αποτελείται από τα εξής μέρη :

- Γεώτρηση παραγωγής
- Σρόβιλος
- Εναλλάκτης
- Αντλία οργανικού ρευστού
- Γεώτρηση επανεισαγωγής
- Γεννήτρια
- Προθερμαντήρας
- Αντλία επανεισαγωγής



ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Η γεωθερμική θέρμανση θερμοκηπίων με σκοπό την επίτευξη της άριστης θερμοκρασίας στο εσωτερικό τους, είναι διεθνώς μια από τις πλέον διαδεδομένες εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας.

Αποτέλεσμα της ευρείας διάδοσης της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι ότι έχουν αναπτυχθεί, εφαρμοστεί και διαδοθεί τα τεχνολογικά μέσα άντλησης των γεωθερμικών ρευστών, θερμοεναλλαγής και θέρμανσης των θερμοκηπίων.

Η τεχνολογία αυτή είναι ήδη γνωστή και στην Ελλάδα αφού μέχρι τον Μάιο του 1994 είχαν εγκατασταθεί 160 στρέμματα γεωθερμικών θερμοκηπίων σε 38 θέσεις.

Η εγκαταστημένη ισχύς ξεπερνούσε τα 40 MW_{th} (ο δείκτης th εκφράζει την εγκατεστημένη ισχύ για την συμπαραγωγή θερμότητας).

Τα συστήματα θέρμανσης στα γεωθερμικά θερμοκήπια δεν διαφοροποιούνται από τα συστήματα θέρμανσης των συμβατικών θερμοκηπίων. Για να είναι κατάλληλο ένα σύστημα θέρμανσης γεωθερμικού θερμοκηπίου θα πρέπει να πληρεί τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- ο να εξασφαλίζει την θερμοκρασία που χρειάζεται η καλλιέργεια του θερμοκηπίου
- ο να διανέμει ομοιόμορφα την θερμοκρασία στο θερμοκήπιο, και
- ο να είναι αξιόπιστο, όσον αφορά την ποιότητα κατασκευής

Θα πρέπει να επισημάνουμε στο σημείο αυτό, ότι στην περίπτωση που το γεωθερμικό ρευστό έχει μεγάλη θερμοκρασία ή είναι βεβαρημένης χημικής σύστασης, αποδίδει την ενέργεια του μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητα στο νερό που κυκλοφορεί στον ενεργό θερμαντικό εξοπλισμό. Όπως προαναφέραμε λοιπόν, επειδή η γεωθερμία βρίσκεται κυρίως εφαρμογή στις γεωργικές μονάδες (θερμοκήπια) γι' αυτό το λόγο θα περιγράψουμε μια γεωθερμική μονάδα θέρμανσης θερμοκηπίων.

3.4.1 Θερμοκήπια

3.4.1.1 Γενικά

Τα θερμοκήπια είναι παθητικά ηλιακά συστήματα τα οποία εκμεταλλεύονται την άμεση

ηλιακή ακτινοβολία για να θερμάνουν το εσωτερικό τους και να δημιουργήσουν έτσι ένα ελεγχόμενο περιβάλλον όπου τα φυτά θα μπορέσουν να αναπτυχθούν καλύτερα και με ταχύτερους ρυθμούς.

Η επι πλέον θερμική ενέργεια που απαιτείται κατά τους ψυχρούς μήνες του έτους παρέχεται από γεωθερμία μέσω εναλλάκτου νερού-νερού, νερού-αέρα, ή απευθείας με σύστημα σωληνώσεων πολυαιθυλενίου. Οι μέθοδοι αυτές θέρμανσης δίδονται αναλυτικά στα επόμενα.

Σε όλα τα παραπάνω συστήματα, εφ' όσον κρίνεται απαραίτητο για το είδος της καλλιέργειας πρέπει να υπάρχει και κάποιο εφεδρικό σύστημα θέρμανσης για περίπτωση ανάγκης (π.χ. λέβητες πετρελαίου).

Ο σκελετός του θερμοκηπίου μπορεί να είναι μεταλλικός ή ξύλινος σε σχήμα τόξου ή παραλληλογράμμου. Το κάλυμμα του θερμοκηπίου μπορεί να είναι από:

1. Πολυαιθυλένιο: Είναι το πιο φτηνό υλικό κάλυψης θερμοκηπίου. Έχει σχετικά καλή διαπερατότητα στις ηλιακές ακτίνες και ο χρόνος ζωής του υπολογίζεται σε 2-3 χρόνια. Τα βασικά του μειονεκτήματα είναι:

-Η μη συγκράτηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας όταν υπάρχει ζαστεριά ώστε η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου να πέφτει πολλές φορές κάτω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και

-Η συγκράτηση υδρατμών και δημιουργία συμπυκνωμάτων που προκαλούν παθολογικές ασθένειες στα φυτά. Έχει συντελεστή θερμικής διαπερατότητας $K=6,0 \text{ kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Μπορεί το πολυαιθυλένιο να μπει δπλό, τότε ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας φτάνει την τιμή $3 \text{ kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, πέφτει όπως η απόδοση του θερμοκηπίου διότι ελλοιπώνεται η διαφάνεια έναντι ηλιακής ακτινοβολίας.

2. Γυαλί: Είναι ακριβότερο από το πολυαιθυλένιο και απαιτεί (επειδή έχει μεγαλύτερο βάρος) ισχυρότερο (και κατά συναίπεια ακριβότερο) σκελετό. Δεν έχει τα μειονεκτήματα του πολυαιθυλενίου αλλά ο χρόνος ζωής του δεν μπορεί να προσδιοριστεί καθότι, καταστρέφεται πολύ εύκολα (π.χ. χοντρό χαλάζι). Έχει συντελεστή θερμικής διαπερατότητας $K=5,0 \text{ kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

3. Υλικό PVC ή EVA: Είναι ακριβότερο από το πολυαιθυλένιο, (κατά 20 % περίπου) έχει όμως αρκετή αντοχή, δεν παρουσιάζει τα μειονεκτήματα του πολυαιθυλενίου και βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του θερμοκηπίου σε ποσοστό 20 % περίπου έναντι της απλής κάλυψης με πολυαιθυλένιο. Έχει χρόνο ζωής 2-4 χρόνια.

4. Πολυπροπυλένιο: Είναι αρκετά ακριβό υλικό. Δεν έχει τα μειονεκτήματα του πολυαιθυλενίου και μπορεί να ράβεται (χωρίς να σχίζεται) αν κάπου κοπεί. Έχει χρόνο ζωής 6-7 χρόνια.

5. Σκληρό πλαστικό: Είναι ακριβό αλλά πολύ ανθεκτικό, με πολύ καλή ενεργειακή απόδοση (περίπου 40% μεγαλύτερη από τα άλλα υλικά). Δεν έχει τα μειονεκτήματα του πολυαιθυλενίου, ενώ ο χρόνος ζωής του φτάνει τα 10 χρόνια. Έχει συντελεστή θερμικής διαπερατότητας $K=2,4 \text{ kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

3.4.1.2 Σύστημα θέρμανσης γεωθερμικών θερμοκηπίων.

1. Θέρμανση μέσω εναλλάκτου νερού-νερού

Το γεωθερμικό ρευστό (θερμοκρασίας $60 \text{ } ^\circ\text{C}$ - $80 \text{ } ^\circ\text{C}$) μέσω εναλλάκτου νερού-νερού θερμαίνει νερό το οποίο ανακυκλοφορεί σε αερόθερμα τοποθετημένα μέσα στο θερμοκήπιο.

2. Θέρμανση μέσω εναλλάκτου νερού-αέρα

Το γεωθερμικό ρευστό (θερμοκρασίας $60 \text{ } ^\circ\text{C}$ - $80 \text{ } ^\circ\text{C}$) θερμαίνει αέρα μέσω εναλλάκτου νερού-αέρα. Η θερμοκρασία του αέρα ρυθμίζεται με διοχέτευση στο δίκτυο ενός ποσοστού νεπού αέρα, οπότε γίνεται και η απαιτούμενη ανανέωση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Ο θερμός αέρας μέσω ανεμιστήρα από τον εναλλάκτη διοχετεύεται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Το σύστημα διανομής αποτελείται από σακούλες πολυαιθυλενίου με οπές απ' όπου εξέρχεται ο αέρας θέρμανσης.

3. Θέρμανση απευθείας με γεωθερμικό ρευστό

Το γεωθερμικό ρευστό (θερμοκρασίας 30 °C-40 °C) διέρχεται μέσα από σωλήνες πολυαιθυλενίου και θερμαίνει τις ρίζες των φυτών.

3.4.1.3 Σύστημα θέρμανσης και Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

Ως κύρια πηγή ενέργειας για την θέρμανση των θερμοκηπίων χρησιμοποιείται το γεωθερμικό νερό, ως εφεδρική πηγή το πετρέλαιο. Το σύστημα θέρμανσης των θερμοκηπίων είναι μικτό δηλαδή θερμός αέρας και θέρμανση εδάφους, με απ' ευθείας χρήση του γεωθερμικού νερού σε ανοικτό κύκλωμα. Οι λέβητες χρησιμοποιούνται μόνο για την αναθέρμανση του αέρα σε πολύ χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες και σαν εφεδρεία σε περίπτωση βλάβης της αντλίας γεωθερμικού νερού.

Το γεωθερμικό νερό μέσω μιας αντλίας τύπου πομόνας οδηγείται σε δεξαμενή-απαρωτή. Από τη δεξαμενή με δυο αντλίες (in line) και σιδηροσωλήνες μονωμένους με πολυουρεθάνη, το γεωθερμικό νερό οδηγείται στα θερμοκήπια μέσω ειδικού εναλλάκτη, μέσα σε σωλήνες πολυαιθυλενίου επί του εδάφους και στη συνέχεια στο δίκτυο απόρριψης. Η δεξαμενή-απαρωτής είναι ορθογωνική, από μαύρη λαμαρίνα, πάχους 5mm βαμμένη με κατάλληλες εποξειδικές ρητίνες και μονωμένη.

Το δίκτυο μεταφοράς νερού αποτελείται από σιδηροσωλήνες μαύρες βαρέως τύπου 3'' και 2¹/₂'' . Το νερό οδηγείται στα θερμοκήπια με τη βοήθεια δυο κυκλοφορητών που εξασφαλίζουν και την ανάλογη πίεση στο σύστημα. Μέσα στα θερμοκήπια η εναλλαγή θερμότητας γίνεται με χρήση εναλλακτικού νερού-αέρος ειδικής κατασκευής.

Γίνεται χρήση 3 ξεχωριστών συστημάτων για την μεταφορά και την εναλλαγή της θερμότητας. Κάθε υπο-σύστημα αποτελείται από 4 σειρές σωληνών με πτερύγια. Οι σωλήνες συνδέονται μεσαξύ τους με ειδικό τρόπο, ώστε να είναι εύκολος ο καθαρισμός.

Ο αέρας κυκλοφορεί με τη βοήθεια τριών ανεμιστήρων παροχής 60.000 m³/h ο καθένας και διαμοιράζεται στα θερμοκήπια με ειδικά πλαστικά κανάλια.

Παράλληλα με το παραπάνω, υπάρχει και βοηθητικό σύστημα θέρμανσης αποτελούμενο από 2 μονάδες. Κάθε μια περιλαμβάνει καυστήρα, λέβητα, δοχείο καυσίμου. Μετά τον εναλλάκτη το γεωθερμικό ρευστό οδηγείται σε επιδαπέδιο σύστημα πλαστικών σωλήνων τύπου *vegehot*. Μετά το δίκτυο αυτό το γεωθερμικό ρευστό απορρίπτεται μέσω πλαστικών σωλήνων. Η ηλεκτρική εγκατάσταση της μονάδας περιλαμβάνει πίνακες σε ανεξάρτητο οικίσκο, διανομή στα παραπάνω μηχανήματα και πρόβλεψη για φωτισμό των χώρων εργασίας.

Τέλος, για το πρώτο στάδιο λειτουργίας για τη λήψη μετρήσεων, υπάρχει μετρητικό σύστημα, αποτελούμενο από κεντρικό Η/Υ και περιφερειακούς, αισθητήρες για τη μέτρηση θερμοκρασιών υγρασίας, πίεσης εντός σωλήνων παροχών, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας, άνοιγμα παραθύρων, θερμοκρασίες καλυμμάτων, κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος.

3.4.2 Μέθοδος αφαλάτωσης (MED, Multi effect distillation)

Αυτή η διαδικασία αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, χρησιμοποιεί την θερμική μέθοδο απόσταξης πολλαπλών βαθμίδων (δράσεων) σε εξατμιστήρες κάθετων αυλών (MED). Η εξάτμιση γίνεται μέσα σε κατακόρυφους εξατμιστήρες σε θερμοκρασίες της τάξεως των 40-70 °C υπό κενό. Μια ποσότητα θαλασσινού νερού οδηγείται στην πρώτη βαθμίδα όπου θερμαίνεται μέσω θερμοεναλλαγής με την γεωθερμική ενέργεια και λόγω του κενού που έχει δημιουργηθεί στο εσωτερικό του αφαλωτήρα (εξατμιστήρα) μέρος από το θαλασσινό νερό εξατμίζεται. Ο παραγόμενος αυτός ατμός εισάγεται στην δεύτερη βαθμίδα όπου θερμαίνει άλλη ποσότητα θαλασσινού νερού, που με τη σειρά του αφαλατώνεται και αυτό, κ.ο.κ. Το παραγόμενο αφαλατωμένο νερό συγκεντρώνεται σε μια δεξαμενή όπου υπόκειται σε χημική επεξεργασία για να καταστεί πόσιμο.

Συνοψίζοντας τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής, παρατηρούμε ότι:

1. Έχει εξαιρετική απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες.
2. Είναι η πλέον οικονομική.

3. Παρουσιάζει λίγα τεχνικά προβλήματα (διαβρώσεις, αποθέσεις).
4. Έχει ελάχιστες απαιτήσεις προσωπικού.
5. Δεν έχει απαιτήσεις εξειδικευμένου προσωπικού
6. Ειδικότερα στην περίπτωση αυτή των σξατμιστήρων σε κατακόρυφη διάταξη, απαιτείται ελάχιστη επιφάνεια.
7. Έχει ήδη εφαρμοστεί σε συνδυασμό με συμβατικά καύσιμα και με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Θα πρέπει πάντως να σημειώσουμε ότι υπάρχουν ιδιαιτερότητες στη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Έτσι το κατασκευαστικό πλάνο, αλλάζει απο περιοχή σε περιοχή ανάλογα με τις ιδιομορφίες της κάθε περίπτωσης. Σε κάθε περίπτωση λοιπόν ανάλογα με τις φυσικοχημικές ιδιότητες των γεωθερμικών ρευστών και της θερμοκρασίας του νερού στο δευτερεύον κύκλωμα του εναλλάκτη επιλέγουμε το υλικό κατασκευής των σωλήνων, αλλά και την ισχύ των αντίστοιχων αντλιών. Αυτά τα δυο στοιχεία θα περιγράψουμε στην συνέχεια και θα δώσουμε μερικούς γενικούς τύπους υπολογισμού τους.

3.5 Σωληνώσεις

Σε κάθε περίπτωση ανάλογα με τις φυσικοχημικές ιδιότητες των γεωθερμικών ρευστών και της θερμοκρασίας του νερού στο δευτερεύον κύκλωμα του εναλλάκτη επιλέγεται το κατάλληλο υλικό κατασκευής των σωλήνων. Για την άντληση του γεωθερμικού ρευστού μεγάλης θερμοκρασίας, χρησιμοποιούνται σωλήνες Inox 316L, λόγω της καλής συμπεριφοράς του υλικού αυτού. Ο υπολογισμός της διαμέτρου του σωλήνα γίνεται με προσεγγιστικές λύσεις (προσεγγίζεται μια ικανοποιητική απώλεια φορτίου) αρχίζοντας απο μια τιμή της διαμέτρου και συσχετίζοντας ταυτόχρονα το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης με το κόστος κατασκευής. Για τον προσδιορισμό της απώλειας φορτίου εφαρμόζεται η σχέση:

$$h_f = f * L/D * u^2/2g, \text{ όπου:}$$

h_f = απώλεια του φορτίου λόγω τριβής, (m)

f = συντελεστής τριβής

L = μήκος του σωλήνα, (m)

D = διάμετρος του σωλήνα, (m)

u = μέση ταχύτητα ροής (m/sec).

Για τη θερμική μόνωση των σωληνώσεων, χρησιμοποιείται μονωτικό υλικό πολυουρεθάνης και συγχρόνως γίνεται ενταφιασμός των σωληνίων σε βάθος 1 m. Ο προσδιορισμός του οικονομικού πάχους μόνωσης γίνεται βάση του Γερμανικού κανονισμού VDI 2055, με παράμετρο το μέγεθος της δαπάνης R , που ορίζεται ως:

$$R = P * \Delta T * Z/10E8, \text{ όπου:}$$

P : το κόστος της ενέργειας, (€/MWh)

ΔT : διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ρευστού και περιβάλλοντος ($^{\circ}\text{C}$)

Z : συνολικές ώρες λειτουργίας ανα έτος.



Βέβαια στην περίπτωση που το μήκος του δικτύου είναι μεγάλο, πριν την τελική μελέτη εφαρμογής απαιτείται η εκπόνηση ειδικής τεχνικής μελέτης για τον καθορισμό των χαρακτηριστικών του δικτύου (υλικό κατασκευής σωληνίων, διάμετρος)

3.6 Αντλίες

Η ισχύς που πρέπει να μεταβιβάζει ο κινητήρας στον άξονα της αντλίας είναι:

$$N_a = (\gamma Q H_0) / 75\eta, \text{ όπου:}$$

N_a : ισχύς, HP

γ : ειδικό βάρος του υγρού, (kp/m^3)

Q : πραγματική παροχή, (m^3 / sec)

H_0 : αποδιδόμενο ή ολικό ύψος της αντλίας, (m)

η : ολικός βαθμός απόδοσης

Το ολικό αποδιδόμενο ύψος της αντλίας είναι:

$$H_0 = H_\Sigma + \Delta_h + (V_K^2 - V_a^2) / 2g, \text{ όπου}$$

H_Σ : ολικό στατικό ή γεωμετρικό ύψος, άθροισμα του στατικού ύψους αναρρόφησης και στατικό ύψος καταθλίψεως, (m)

Δ_h : ολική απώλεια φορτίου, (m)

V_K : ταχύτητα ροής στην έξοδο της αντλίας, (m / sec)

V_a : ταχύτητα ροής στην είσοδο της αντλίας, (m / sec).

3.7 Οικονομική ανάλυση

Η παραγόμενη από τις γεωτρήσεις γεωθερμική ενέργεια επιβαρύνεται αφ' ενός από το κόστος της γεώτρησης παραγωγής και επαναεισαγωγής (αν υπάρχει) και αφ' ετέρου με το κόστος μεταφοράς από τη θέση παραγωγής στη θέση τροποποίησης. Το κόστος γεωτρήσεων είναι συνάρτηση εδαφολογικών παραμέτρων και του βάθους. Για κάποιες δε συγκεκριμένες εφαρμογές λίγα περιθώρια ελαχιστοποίησης του υπάρχουν.

Το κόστος μεταφοράς της γεωθερμικής ενέργειας είναι συνάρτηση κυρίως μήκους μεταφοράς της και των ωρών χρήσεως/έτος της διατάξεως που χρησιμοποιεί. Άλλες παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος μεταφοράς γεωθερμικής ενέργειας είναι:

- ◆ Η παροχή του γεωθερμικού ρευστού.
- ◆ Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού πριν και μετά τη χρήση.
- ◆ Η ταχύτητα μεταφοράς του γεωθερμικού ρευστού.
- ◆ Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου.
- ◆ Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας.
- ◆ Το είδος του δικτύου μεταφοράς.
- ◆ Το είδος και το πάχος της μόνωσης των σωληνώσεων.

Στη συνέχεια παραθέτουμε ένα πίνακα που κοστολογεί τις σιδηροσωληνώσεις που χρησιμοποιούνται στη γεωθερμία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Κόστος σιδηροσωληνώσεων

Διάμετρος (mm)	Κόστος ανα μέτρο (€)	Διάμετρος (mm)	Κόστος ανα μέτρο (€)
50	2,34	300	18,48
80	3,52	350	19,66
100	5,57	400	2,26
125	8,80	450	25,24
150	10,27	500	32,28
200	12,62	550	35,21
250	15,55	600	41,08

Λόγω της ιδιαιτερότητας κάθε περιοχής, που θα γίνει χρήση γεωθερμικής ενέργειας, όπως προαναφέραμε, δεν είναι δυνατόν να δώσουμε ένα γενικό πλάνο κόστους που να καλύπτει όλες τις περιπτώσεις. Σύμφωνα με πληροφορίες από την ΔΕΗ/ΔΕΜΕ μια μέση εγκατάσταση γεωθερμίας στοιχίζει περίπου 2.000\$ ανα εγκατεστημένο kW.

Μια μονάδα 10 mW στοιχίζει περίπου $20 * 10^6$ \$. Υψηλό κόστος σ' αυτή την περίπτωση έχουν και οι γεωτρήσεις που θα γίνουν μιας και μια γεώτρηση 1500 m στοιχίζει περίπου 1.467.351.43 δρχ. (ΔΕΗ/ΔΕΜΕ)

Έτσι για να γίνουμε πιο σαφείς σε ότι αφορά το κόστος μιας γεωθερμικής μονάδας θα παρουσιάσουμε ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα θέρμανσης θερμοκηπίου με γεωθερμική ενέργεια στο Αρίστινο Έβρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Δεδομένα εγκατάστασης του θερμοκηπίου

Αριθμός στρεμμάτων θερμοκηπίων	10.7
Επιφάνεια του χώρου εγκατάστασης των θερμοκηπίων	13.500 m ²
Μέση απόσταση σύνδεσης χρήστη-δικτύου διανομής	20 m
Απόσταση παραγωγικής γεώτρησης-θερμοκηπίων	500 m
Υψομετρική διαφορά παραγωγικής γεώτρησης-θερμοκηπίων	10m
Βάθος παραγωγικής γεώτρησης	252m
Υδροστατική στάθμη παραγωγικής γεώτρησης	8.5 m
Ισχύς αντλίας παραγωγικής γεώτρησης	2.6 kW
Αντλούμενη παροχή	40 m ³ /h
Θερμοκρασία ρευστών	90 °C
Βάθος γεώτρησης επανεισαγωγής	200 m
Εξωτερική διάμετρος δικτύου γεωθερμικού ρευστού	82.5 m
Πάχος σωληνώσεων μεταφοράς του γεωθερμικού ρευστού	5 mm
Εναλλάκτης θερμότητας	-
Αντλία θερμότητας	-
Ισχύς λέβητος	3000 kW

Θερμική απόδοση σωληνώσεων	55 W/m
Συνολικό μήκος σωληνώσεων του επιδαπέδιου συστήματος	1700 m
Θερμοκρασία λειτουργίας των αεροθέρμων	85-65
Αποδιδόμενη ισχύς των αεροθέρμων	44500 kcal/h
Αριθμός αεροθέρμων	4
Σχέση μεταξύ των δυο συστημάτων θέρμανσης	Ανεξάρτητα
Ποσοστό κάλυψης των θερμικών απαιτήσεων απο τη γεωθερμία στις πιο αντίξοες καιρικές συνθήκες	100%
Θερμοκρασιακή απαίτηση θερμοκηπιακής καλλιέργειας	14 °C

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Κόστος εγκατάστασης της μονάδας

Κόστος παραγωγικής γεώτρησης	-
Κόστος γεώτρησης επανεισαγωγής	11.738,81
Κόστος αντλιοστασίου (πλήρως εξοπλισμένο)	7.336,76
Κόστος λεβητοστασίου (πλήρως εξοπλισμένο)	-
Κόστος δικτύου γεωθερμικού ρευστού	2.934,70
Κόστος εναλλακτών	8.804,10
Κόστος δικτύου ζεστού νερού	10.271,46
Κόστος θερμαντικών σωμάτων	26.412,33
Απρόβλεπτα	4.402,05
ΣΥΝΟΛΟ	71.900,22
Ανάλυση ετήσιων δαπανών	
Πετρέλαιο	-
Ηλεκτρικό ρεύμα (εκτός του δικτύου διανομής)	586,94
Συντήρηση εξοπλισμού-συνδέσεων και ηλεκτρικό ρεύμα αντλίας του δικτύου διανομής	4.402,05
ΣΥΝΟΛΟ	4.988,99

3.8 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Τα κύρια πλεονεκτήματα της γεωθερμικής ενέργειας

1. Εξασφαλίζονται οι τελικοί καταναλωτές σε τυχόν περιπτώσεις τεχνικών προβλημάτων (υπάρχουν εφεδρικά συστήματα) ή και ατυχημάτων (εφαρμόζονται αξιόπιστα συστήματα πυρασφάλειας)
2. Δεν απαιτείται μεταφορά καυσίμων στις οικοδομές και έτσι διευκολύνονται οι καταναλωτές ενώ παράλληλα περιορίζεται τυχόν κυκλοφοριακό πρόβλημα.
3. Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί καθαρή μορφή ενέργειας, εφόσον η τελική διάθεση των γεωθερμικών αποβλήτων πραγματοποιείται κατάλληλα. Ήδη έχει αναπτυχθεί και είναι διαθέσιμη η σχετική τεχνολογία για την προστασία του περιβάλλοντος.

Μειονεκτήματα

Γίνονται προσπάθειες να λυθεί ένα σοβαρό πρόβλημα που έχει σχέση με τα γεωθερμικά προγράμματα:

- Στις περιοχές που ανακαλύφθηκαν γαιοσυμπιεσμένες πηγές, η επαναφορά της άρμης μετά την αφαίρεση του μεθανίου και της θερμότητας στοιχίζει πολύ. Η λύση του προβλήματος της διάθεσης των μεγάλων ποσοτήτων της άρμης, θα σημάνει και την προαγωγή αυτής της γεωθερμικής μεθόδου για παραγωγή ενέργειας. Οι τεχνικοί λοιπόν εξετάζουν ένα αριθμό πιθανών λύσεων για την διάθεση της άρμης, συμπεριλαμβανομένων και νέων τεχνικών μεθόδων στην αφαλάτωση και την απόρριψη της στα ανοικτά των θαλασσών.

4. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

4.1 Γενικά

Η αιολική ενέργεια είναι έμμεση μορφή της ηλιακής ενέργειας. Η ηλιακή ακτινοβολία δημιουργεί διαφορές πίεσεως και θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα, και τελικά, τη διαθέσιμη δυναμική ενέργεια από την οποία προέρχονται οι κινήσεις των αερίων μαζών, ο γνωστός μας άνεμος. Υπολογίζεται ότι το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια είναι της τάξης του 2 %, το οποίο μεταφράζεται σε $3,6 \times 10^{15}$ W. Παρόλο που το ποσοστό αυτό είναι μικρό, αντιπροσωπεύει τεράστια ποσά ενέργειας συγκρινόμενο με τις ανάγκες της ανθρωπότητας.

Οι άνθρωποι στη Δυτική Ευρώπη χρησιμοποιούσαν την αιολική ενέργεια (δηλ. την ενέργεια των ανέμων) αιώνες πριν, για να αλέθουν σιτάρι ή να αντλούν νερό. Είναι σε όλους μας σχεδόν οι ανεμόμυλοι, της Ολλανδίας, εκείνοι του Ισπανού «Δον Κιχώτη» καθώς και αυτοί των Ελληνικών νησιών του Αιγαίου.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ η χρήση του ανεμόμυλου σαν κινητήρια μηχανή εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του αιώνα μας. Είναι η εποχή που εξαπλώνονται ραγδαία τα συμβατικά καύσιμα και ο ηλεκτρισμός, ο οποίος φθάνει ως τα πιο απομακρυσμένα σημεία. Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του '70, φέρνει ξανά στο προσκήνιο τις ΑΠΕ και την αιολική ενέργεια. Στο διάστημα μέχρι σήμερα, σημειώνεται μια αλματώδης ανάπτυξη, κάτι που ενισχύεται και από την επιτακτική ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος. Γίνεται πλέον συνείδηση σε όλο και περισσότερο κόσμο, πως ο άνεμος είναι μια καθαρή ανεξάντλητη πηγή ενέργειας.

Η εμπορική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας παγκοσμίως έχει ηλικία μόλις 22 ετών. Έτσι, ενώ το 1992 είχαν εγκατασταθεί 338 MW ετησίως, το 1995 οι εγκαταστάσεις ξεπέρασαν τα 1000 MW και η συνολική παγκόσμια ισχύς έφθασε τα 4700 MW (1995). Στον Ελληνικό χώρο, είναι γνωστό, ότι τα νησιά του Αιγαίου πολλές φορές αντιμετωπίζουν προβλήματα λόγω ανέμων μεγάλης έντασης, 8 και 9 Beaufort, που έχουν σαν αποτέλεσμα τη διακοπή των δρομολογίων των πλοίων. Προφανέστατα λοιπόν υπάρχει μεγάλη ανεμοφορία σε όλο το Αιγαίο και τα παράλια της Ελλάδας και χαρακτηριστικά παρατίθεται πίνακας μετρήσεων της ΔΕΗ/ΔΕΜΕ από διάφορα σημεία της χώρας.

Πίνακας 1: Μετρήσεις Αιολικού Δυναμικού ΔΕΗ/ΔΕΜΕ

Τοποθεσία	Μέση Ταχύτητα (m/s)	Περίοδος Μετρήσεων
Άνδρος	9,7	81-90
Τήνος	9,5	87-90
Μύκονος	10,8	83-90
Σύρος	8,1	88-90
Κρήτη	8,1	81-83
Λήμνος	8,1	86-90
Λέσβος	8,7	87-90
Χίος	8,1	86-89
Σάμος	10,4	86-90
Εύβοια	9,2	89-90
Κάρπαθος	9,6	83-89
Σκύρος	6,5	87-89
Σαμοθράκη	6,6	89-89

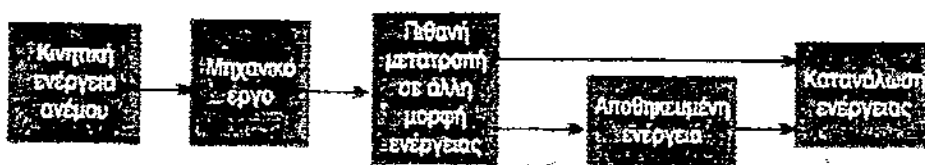
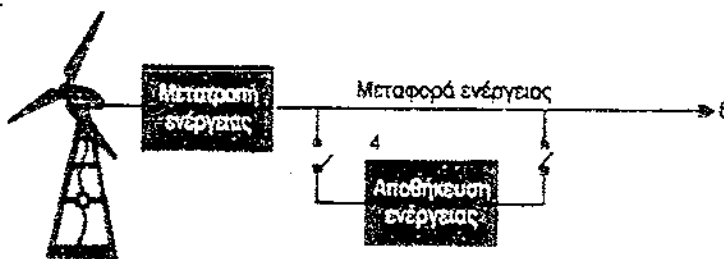
Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, βρίσκεται ακόμη στην παιδική ηλικία, όπως προαναφέραμε και ουσιαστικά ξεκίνησε με μετρήσεις αιολικού δυναμικού της ΔΕΗ/ΔΕΜΕ το 1975.

4.2 Μετατροπή της Αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό

Άνεμος: Η οδηγούσα και ανανεώσιμη δύναμη.

Ανεμογεννήτρια: Είναι ο μηχανισμός μετατροπής του ανέμου σε άλλη μορφή ενέργειας (μηχανική) και στην συνέχεια με κατάλληλη μετατροπή σε ηλεκτρισμό.

Ο παράγοντας «ανεμογεννήτρια» (Α/Γ) είναι ο κυριότερος του προγράμματος εκμετάλλευσης του αιολικού δυναμικού της χώρας, μιας και χωρίς Α/Γ δεν υπάρχουν οι δυνατότητες μετατροπής της ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρισμό. Είναι αναγκαίο να αποκτηθεί η βαθύτερη δυνατή γνώση των τεχνολογιών των Α/Γ και να αποτιμηθούν οι επιπτώσεις στην λειτουργία των Α/Γ των ειδικών εξωτερικών χαρακτηριστικών που χαρακτηρίζουν τη χώρα.



Μετατροπή της αιολικής ενέργειας

Εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχουν και άλλες εφαρμογές αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν την παραγωγή θερμότητας και άντληση.

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα τροφοδοτώντας απευθείας την κατανάλωση, ή να συνδέονται και να διοχετεύουν την ηλεκτρική ενέργεια σε υπάρχον δίκτυο. Στην πρώτη περίπτωση και επειδή ο άνεμος δεν είναι συνεχώς διαθέσιμος, είναι δυνατόν να γίνεται χρήση και μίας ή περισσότερων νηζελογεννητριών, οι οποίες λειτουργούν παράλληλα με τις ανεμογεννήτριες. Η δεύτερη περίπτωση αφορά τη μαζική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, όπου συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών (αιολικό πάρκο) εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μια συγκεκριμένη θέση, διοχετεύοντας το σύνολο της παραγωγής στο ηλεκτρικό σύστημα.

Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες

- **Οριζόντιου άξονα**, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα και ο άξονας περιστροφής του βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους και
- **Κατακόρυφου άξονα**, όπου ο άξονας περιστροφής παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους.

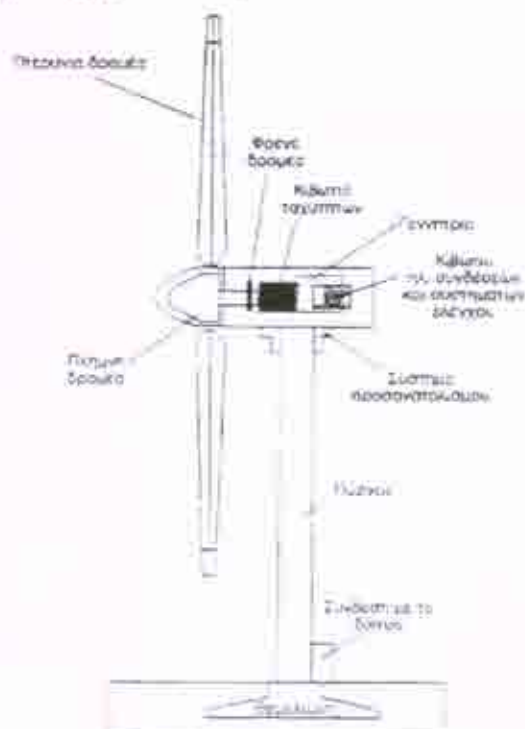


Τυπική ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλλει από μερικές δεκάδες Watt μέχρι και μερικά MW. Πριν από οχτώ περίπου χρόνια, το τυπικό μέγεθος μιας μονάδας σε αιολικό πάρκο ήταν περί τα 200-300kW και σήμερα ξεπερνά τα 500kW, ενώ ανεμογεννήτριες του ενός MW και πάνω, έχουν ήδη αρχίσει να εμφανίζονται στο προσκήνιο και όλα δείχνουν ότι θα επικρατήσουν σε μεγάλο τμήμα της αγοράς. Οι τυπικές διαστάσεις μιας ανεμογεννήτριας 500 kW είναι: Διάμετρος δρομέα 40 μέτρα και ύψους 40-50 μέτρα, ενώ αυτής του ενός MW οι διαστάσεις είναι 55 και 50-60 μέτρα αντίστοιχα.

Παρόλο που δεν υφίσταται κανένας καθοριστικός λόγος εκτός ίσως από την εμφάνιση, στην αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, με δύο ή τρία πτερύγια σε ποσοστό πάνω από 90%. Να σημειωθεί ότι υπάρχουν και ανεμογεννήτριες με ένα μόνο πτερύγιο.

Μια τυπική ανεμογεννήτρια **οριζοντίου άξονα** αποτελείται από τα εξής μέρη:



Επιμέρους στοιχεία ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

Το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα.

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανά του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.

Την ηλεκτρική γεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους, η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως στο πάνω τμήμα του πύργου της ανεμογεννήτριας. Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.

Το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.

Τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως μεταλλικός, σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί και ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών οι οποίες εξασφαλίζουν σταθερή εξοδο μέσω ηλεκτρονικών ισχύος. Έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης και ειδικές ηλεκτρογεννήτριες με πολλούς πόλους που συνδέονται απευθείας στο δρομέα χωρίς την ανάγκη πολλαπλασιαστή στροφών.

Στη χώρα μας που έχει αξιόλογο αιολικό δυναμικό (άνεμοι μεγάλης έντασης και διάρκειας) υπάρχει προοπτική για αποδοτική αξιοποίησή τους, κυρίως στον νησιώτικο χώρο, με την προϋπόθεση ότι θα αναπτυχθεί γι' αυτές εγχώρια τεχνολογία. Με την τελειοποίηση της τεχνολογίας των μεγάλων ανεμογεννητριών δεν αποκλείεται η αιολική ενέργεια να γίνει οικονομικά εκμεταλλεύσιμη και στην ηπειρωτική χώρα.

Από την άλλη πλευρά η Ελλάδα είναι χώρα με μακρόχρονη παράδοση στη χρήση της αιολικής ενέργειας (ανεμόμυλοι), χάρις στο πλούσιο αιολικό δυναμικό με το οποίο είναι προικισμένη. Ιδιαίτερα στα νησιά του Αιγαίου (Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Κρήτη, Εύβοια) οι ταχύτητες του ανέμου είναι υψηλές καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και όχι μόνο κατά τη διάρκεια των θερινών ετησίων (μελέτσια).

Το συμπέρασμα αυτό εξάγεται από μακροχρόνιες μετρήσεις της ΔΕΗ/ΔΕΜΕ που πραγματοποιήθηκαν σε μεγάλο αριθμό σταθμών και καλύπτουν όλο το φάσμα της Ανατολικής Νησιωτικής Ελλάδας. Για την Ηπειρωτική Ελλάδα υπάρχουν ελάχιστες μετρήσεις αιολικού δυναμικού, αλλά εφαρμογή των μοντέλων ΑΙΟΛΟΣ και WAsP για διάφορες περιοχές έχει υποδείξει συνθήκες ανεμοφορίας κατάλληλες για τη βιωσιμότητα μονάδων παραγωγής αιολικής ενέργειας.

Όπως προαναφέρθηκε η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα ξεκίνησε πριν από 22 χρόνια περίπου, σαν μια προσπάθεια καταγραφής του ανέμου και εκτίμησης του αιολικού δυναμικού από τη ΔΕΗ/ΔΕΜΕ. Τα αποτελέσματα σχετικής μελέτης της ΔΕΗ δείχνουν τη δυνατότητα κάλυψης $6,46 \times 10^{12}$ Wh/έτος από αιολική ενέργεια που αντιπροσωπεύει το 15% των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας. Το ποσό αυτό κατανέμεται σε Κυκλάδες $3,15 \times 10^{12}$ Wh/έτος και ηπειρωτική χώρα $1,61 \times 10^{12}$ Wh/έτος.

Επίσης, έχει αποδειχθεί για τη ΔΕΗ, ότι η εκμετάλλευση του 10% του γνωστού αιολικού δυναμικού, περίπου 1200 MW αιολικής ισχύος, είναι οικονομικά βιώσιμη, ενώ οποιαδήποτε μικρότερη διείσδυση είναι και αυτή οικονομικά επικερδής. Το κόστος της αιολικής ενέργειας εξαρτάται κυρίως από τρεις βασικούς παράγοντες:

- το συνολικό κόστος του έργου
- το κόστος λειτουργίας και συντήρησης και
- την ετήσια παραγόμενη ενέργεια.

Η τελευταία εξαρτάται από τις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες στη θέση εγκατάστασης.

Τελικά, οι ανεμογεννήτριες κοστίζουν όλο και λιγότερο, τόσο όσον αφορά στην κατασκευή τους όσο και στη συντήρησή τους. Η μέση τιμή των μηχανών των οποίων η ισχύς είναι άνω των 100 kW παρουσίασε, στη διάρκεια του χρονικού διαστήματος 1990-93, πτώση κατά 30% περίπου. Το ίδιο έχει συμβεί και όσον αφορά στις δαπάνες συντήρησης των παραπάνω μηχανών με σκοπό την καλή λειτουργία τους.

4.3 Εφαρμογές της αιολικής ενέργειας

Η σημαντική εξοικονόμηση σε υγρά ή στερεά καύσιμα, σε συνδυασμό με τον περιορισμό σε εκπομπές CO₂, NO_x και SO₂ που επιτυγχάνεται από την αποφυγή της καύσης με τη χρήση της αιολικής ενέργειας και το υψηλό αιολικό δυναμικό της νησιώτικης χώρας, αποτελούν τους καθοριστικούς λόγους που ώθησαν τη ΔΕΗ να ξεκινήσει (αρχές δεκαετίας 1980) την υλοποίηση προγραμμάτων που χρηματοδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα με στόχο την εγκατάσταση με στόχο την εγκατάσταση αιολικών πάρκων.



Αιολικό πάρκο

Παρατηρώντας την αλματώδη ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας από το 1991 μέχρι σήμερα, χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι:

- Στο τέλος του 1991 υπήρχαν ήδη εγκατεστημένες 47 ανεμογεννήτριες εκ των οποίων 32 ανήκαν στη ΔΕΗ και 15 σε ιδιωτικούς φορείς.

Ενδεικτικά αναφέρουμε, ότι στα νησιά υπήρχαν ήδη εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες που ήταν:

1. Το αιολικό πάρκο στην Κύθνο με 5 μονάδες των 20 kW η καθεμία, που λειτουργούν σε παράλληλη σύνδεση με το φωτοβολταϊκό σταθμό και το δίκτυο της ΔΕΗ,
2. η ανεμογεννήτρια στη Μύκονο, ισχύος 100 kW, συνδεδεμένη με το δίκτυο της ΔΕΗ, και
3. η ανεμογεννήτρια στην Κάρπαθο, ισχύος 175 kW, επίσης συνδεδεμένη με το δίκτυο της ΔΕΗ.

Αυτές οι μονάδες, που προαναφέραμε, είχαν εγκατασταθεί από τη ΔΕΗ. Συγχρόνως, αρκετοί ιδιώτες και οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης είχαν αρχίσει να εγκαθιστούν ανεμογεννήτριες, κυρίως μετά την ψήφιση του νόμου 1559/85 αρχικά, και του σχετικά πρόσφατου νόμου 2244/94, ο οποίος εξασφαλίζει την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες μορφές, στη ΔΕΗ.

- Το 1992 η ΔΕΗ προχώρησε στην ανάθεση έργων κατασκευής αιολικών πάρκων τα οποία αποπερατώθηκαν εντός του έτους αυτού και τα οποία φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2 : Αιολικά Πάρκα ΔΕΗ/ΔΕΜΕ (1992)

Περιοχή	Εγκ. Ισχύς kW	Αριθμός Α/Γ και ισχύς ανά Α/Γ
Κρήτη	5100	17 Α/Γ των 300 kW
Εύβοια	5100	17 Α/Γ των 300 kW
Χίος	2475	11 Α/Γ των 225 kW
Ψαρά	2025	9 Α/Γ των 225 kW
Λέσβος	2025	9 Α/Γ των 225 kW
Σάμος	2025	9 Α/Γ των 225 kW
Άνδρος	1575	7 Α/Γ των 225 kW
Σύνολα	20325	79 Α/Γ

- Κατά το έτος (1997), υπάρχουν ήδη εγκατεστημένες 153 Α/Γ σε πολλές περιοχές της Ελλάδας (νησιώτικης και ηπειρωτικής) με συνολική ισχύ 27,365 MW, από τα οποία η ΔΕΗ έχει εγκαταστήσει τα 23,8 MW. Τα υπόλοιπα 3,565 MW ανήκουν σε ιδιώτες.

Πίνακας 3 : Αιολικά Πάρκα ΔΕΗ (2000)

Περιοχή	Εγκ. Ισχύς kW	Αριθμός Α/Γ και ισχύς ανά Α/Γ
Καλιβάρι, Άνδρος	1525	7 Α/Γ των 225 kW
Πυθαγόρειο, Σάμος	2025	9 Α/Γ των 225 kW
Μελάνιος, Χίος	2475	11 Α/Γ των 225 kW
Αγ. Ηλίας, Ψαρά	2025	9 Α/Γ των 225 kW
Μύκονος	100	1 Α/Γ των 100 kW
Μαρμάρι, Εύβοια	5100	17 Α/Γ των 300 kW
Σαμοθράκη	220	4 Α/Γ των 55 kW
Περδίκι, Ικαρία	385	7 Α/Γ των 55 kW
Αγ.Ιωάννης, Κάρπαθος	275	5 Α/Γ των 55 kW
Βίγλα, Λήμνος	700	7 Α/Γ των 100 kW
Βούναρος, Λήμνος	440	8 Α/Γ των 55 kW
Μαραθόκαμπος, Σάμος	900	9 Α/Γ των 100 kW
Ποτάμια, Χίος	1000	10 Α/Γ των 100 kW
Κύθνος	165	5 Α/Γ των 33 kW
Άσπους, Σκύρος	140	1 Α/Γ των 140 kW
Μονή Τόπλου, Κρήτη	1000	2 Α/Γ των 500 kW
Μονή Τόπλου, Κρήτη	5100	17 Α/Γ των 300 kW
Κάρπαθος	175	1 Α/Γ των 175kW
Σύνολο	20325	130 Α/Γ

Επίσης, η ΔΕΗ προωθεί ένα διαγωνισμό για δύο αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 10 MW. Το ένα από τα δύο μελλοντικά αιολικά πάρκα θα βρίσκεται στη θέση Μπούρος της Καρύστου, εγκατεστημένης ισχύος 5 MW που θα περιλαμβάνει 10 Α/Γ των 500 kW η κάθε μία.

Λαμβάνοντας υπόψη την κατάσταση της οικονομίας της χώρας και την ενεργειακή ανεπάρκεια του ηλεκτρικού συστήματος είναι φανερό ότι πρέπει η Πολιτεία να πάρει άμεσα όλες τις αναγκαίες αποφάσεις για την επίτευξη του στόχου των 400 MW μέχρι το 2000, οι οποίες θα οδηγήσουν μακροπρόθεσμα στην πληρέστερη εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού της χώρας και την σημαντική απεξάρτηση της από τις εισαγωγές υγρών καυσίμων ή την κατανάλωση εγχώριου λιγνίτη.

Εκτός όμως από την περίπτωση των αιολικών πάρκων και τη διείσδυση της αιολικής ενέργειας σε μεγάλα εθνικά δίκτυα, σημειώνεται η κυριολεκτικά απεριόριστη δυνατότητα χρήσης των ανεμογεννητριών σε μεμονωμένες εφαρμογές και σε μικρά ηλεκτρικά δίκτυα όπου το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολλαπλάσιο εκείνου των μεγάλων δικτύων. Τέλος οι χώρες του τρίτου κόσμου μπορεί να αποτελέσουν ένα τεράστιο πεδίο εξάπλωσης της αιολικής ενέργειας και να προστατεύσουν το παρθένο περιβάλλον, αποφεύγοντας στο μέγιστο δυνατό τη χρήση εχθρικών προς το περιβάλλον ενεργειακών πηγών.

Φυσικά, πέρα από τα οικονομικά οφέλη, υπάρχει πάντα η άμεση ανάγκη της προστασίας του περιβάλλοντος και η σημαντική απεξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα. Η αιολική ενέργεια είναι καθαρή ενέργεια, απεριόριστη, άμεσα εκμεταλλεύσιμη και φιλική προς το περιβάλλον. Εάν αξιοποιηθεί όλο το αιολικό δυναμικό της Ελλάδας, η ετήσια μείωση της εκπομπής CO₂ στην ατμόσφαιρα θα είναι της τάξης των 8.700.000 τόνων, δηλαδή 8,4% των συνολικών εκπομπών. Ακόμα, η αξιοποίηση του εθνικού αιολικού δυναμικού θα οδηγήσει στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, θα δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας και θα συμβάλει στην ανάπτυξη της Ελληνικής βιομηχανίας και στην αποκετρωμένη ανάπτυξη της χώρας.

4.4 Κατασκευαστικά στοιχεία

Σε αυτή την παράγραφο θα περιγραφεί η τεχνολογία μιας Α/Γ οριζοντίου άξονα
Τα υποσυστήματα μιας Α/Γ οριζόντιου άξονα είναι:

- **Δρομέας**
 - Πτερύγια
 - Πλήμνη
 - Σύστημα ελέγχου ισχύος
 - Αεροδυναμικά φρένα

- **Σύστημα μετάδοσης**
 - Κύριος άξονας
 - Έδρανα
 - Κιβώτιο
 - Σύνδεσμος
 - Μηχανικό φρένο

- **Ηλεκτρικό σύστημα**
 - Ηλεκτρογεννήτρια
 - Κινητήρες βοηθητικών συστημάτων
 - Ηλεκτρικός πίνακας
 - Αντικεραυνική προστασία
 - Σύστημα γείωσης

- **Βοηθητικά**
 - Υδραυλικό σύστημα
 - Σύστημα προσανατολισμού

- **Άτρακτος**

- **Πύργος**

- Θεμελίωση
- Σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου
- Αισθητήρια
 - Ανεμόμετρο
 - Ανεμοδέκτης
 - Στροφόμετρα
 - Αισθητήριο ταλαντώσεων

4.4.1 Δρομέας

♦ Αριθμός πτερυγίων

Δεν υπάρχει περιορισμός αν και στις εμπορικές μονάδες χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες 2 ή 3 πτερυγίων.

• Δίπτερες

- Μειωμένο κόστος πτερυγίων
- Μειωμένο βάρος δρομέα
- Υψηλότερες ταχύτητες περιστροφής
- Μικρότερο κόστος κιβωτίου

• Τρίπτερες

- Ομαλότερη ισχύς εξόδου
- 5% περισσότερη ενέργεια
- Ισορροπημένες γυροσκοπικές δυνάμεις
- Απλή σταθερή πλήμνη
- Καλύτερη αισθητική

♦ Θέση του δρομέα ως προς τον πύργο

Ανάντι

- Μικρότερα δυναμικά φορτία στα πτερύγια
- Ομαλότερη ισχύς εξόδου
- Λιγότερος θόρυβος

Κατάντι

Τα πτερύγια απομακρύνονται από τον πύργο καθώς παραμορφώνονται
Δυνατότητα ελεύθερου προσανατολισμού

♦ Κλίση άξονα περιστροφής

Έως 10^0 (συνήθως 4^0)

Μείωση της κυκλικής μεταβολής των φορτίων

Απομάκρυνση πτερυγίου από Πύργο (για ανάντι δρομείς)

♦ Κωνικότητα δρομέα

Έως 10^0 (συνήθως $0-4^0$)

Οι φυγόκεντρες δυνάμεις εξισορροπούν την ωστική δύναμη του ανέμου

Υπάρχει μείωση των καμπτικών τάσεων στα πτερύγια

♦ Γεωμετρία πτερυγίων

Κάθε διατομή πτερυγίου είναι σχήματος αεροτομής

Για κάθε διατομή (αεροτομή) ορίζονται:

Πλάτος (Χορδή)

Πάχος

Γωνία Σφηνώσεως

Τύπος

♦ Αεροδυναμικά φρένα

Πρέπει να είναι τύπου «FAIL – SAFE» δηλ. να εμποδίζουν υπερτάχυνση του δρομέα σε περίπτωση κακής λειτουργίας συστήματος ελέγχου ή αστοχίας του μηχανικού φρένου.

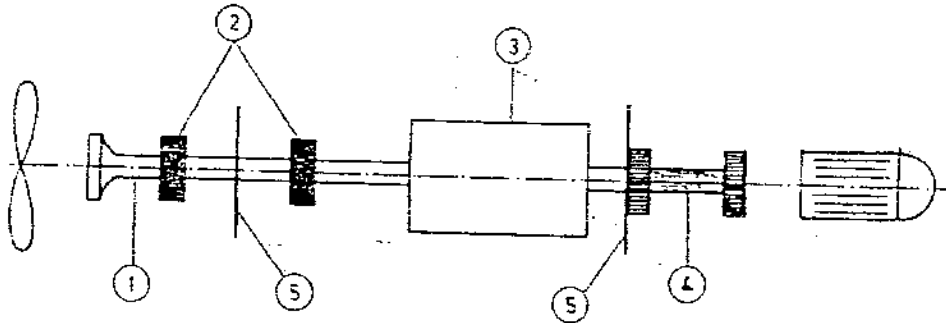
Υπάρχουν:

Περιστρεφόμενα ακροπτερύγια

Spoilers

Αλεξίπτωτα

4.4.2 Σύστημα μετάδοσης



Σύστημα μετάδοσης

1. Κύριος άξονας
2. Έδρανα κυρίου άξονα
3. Κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών
4. Ελαστικός σύνδεσμος
5. Μηχανικό φρένο

♦ Κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών

Μετάδοση κίνησης

- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| Από τον κύριο άξονα | (χαμηλές στροφές – υψηλή ροπή) |
| Στον άξονα της γεννήτριας | (υψηλές στροφές – χαμηλή ροπή) |

Χαρακτηριστικό:

Οι υψηλές σχέσεις μετάδοσης (1:20-1:50)

Υπάρχουν δύο τύποι κιβωτίων:

♦ Κιβώτιο παράλληλων αξόνων

- Απλή σχεδίαση
- Δεν χρειάζεται ειδική συντήρηση

Αλλά:

Βαρύτερο

- ◆ Κιβώτιο πλανητικού τύπου
 - Μικρότερου όγκου
 - Διάταξη δρομέα – γεννήτριας σε ευθεία

Αλλά:

Πιο πολύπλοκο

Στα μικρά μεγέθη συνηθέστερα είναι τα κιβώτια παράλληλων αξόνων, ενώ για ισχείς > 500 kW πλεονεκτούν τα κιβώτια πλανητικού τύπου.

Στο σύστημα περιλαμβάνονται:

Ελαστικός (ή υδραυλικός) σύνδεσμος

Μηχανικό φρένο

Κύριος άξονας

Έδρανα κύριου άξονα

Κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών

◆ Ελαστικός σύνδεσμος

Τοποθετείται μεταξύ κιβωτίου & γεννήτριας για την μερική απόσβεση των στρεπτικών ταλαντώσεων, σπάνια τοποθετείται και μεταξύ δρομέα και κιβωτίου.

◆ Μηχανικό Φρένο

Χρησιμοποιείται για την ακινητοποίηση του δρομέα σε περίπτωση κακής λειτουργίας ή βλάβης της Α/Γ μετά από εντολή του χειριστή

Πρέπει να μπορεί να :

- Ακινητοποιεί τον δρομέα σε οποιαδήποτε περίπτωση λειτουργίας της Α/Γ (π.χ. σε πλήρες φορτίο Α/Γ και ταυτόχρονη απώλεια δικτύου.)

- Κρατά τον δρομέα ακινητοποιημένο σε όλες τις ταχύτητες του ανέμου (ως και την ταχύτητα επιβίωσης).
- Είναι τύπου «FAIL – SAFE» (δηλ. να παρέχει ασφάλεια σε περίπτωση αστοχίας).

Τοποθετείται:

Στον άξονα χαμηλών στροφών

- Καλύτερη προστασία του δρομέα
- Μικρότερη καταπόνηση του κιβωτίου

Αλλά :

- Είναι μεγαλύτερης ικανότητας, βαρύτερο και πιο ακριβό

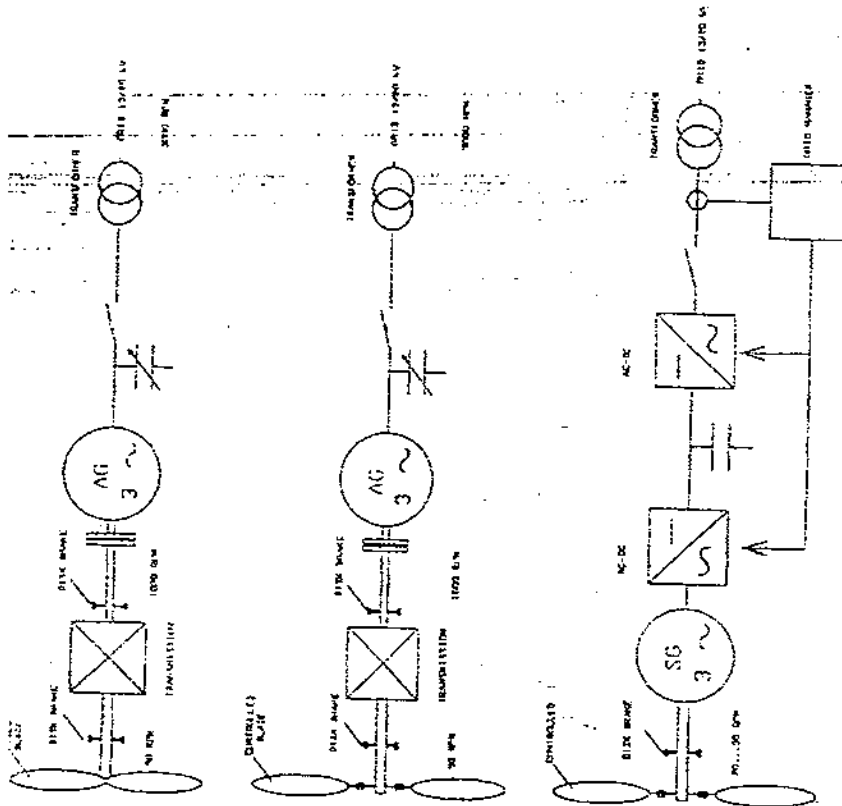
Στον άξονα υψηλών στροφών

- Μικρότερη ροπή πέδησης
- Ελαφρύτερο και πιο φθηνό

4.5 Συστήματα μετατροπής της αιολικής σε ηλεκτρική ενέργεια

Η μηχανική ισχύς του πνέοντος ανέμου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ισχύ που εισρέει στο δίκτυο χαμηλής τάσης κατ'ευθείαν για μικρές Α/Γ (<100 kW) ή στο δίκτυο μέσης τάσης μέσω μετασχηματιστή 0,4/15-20 ή 0,7/15-20 kV για μεγαλύτερες ισχείς. Επειδή το δίκτυο έχει σχεδόν άκαμπτη συχνότητα 50 Hz και το σύστημα των πτερυγίων για βέλτιστη απόδοση μετατροπής στρέφεται με 30-50 RPM πρέπει να γίνει προσαρμογή των δύο συχνοτήτων. Αυτή γίνεται ή με κατ'έξοχή μειωτήρα οδοντωτών τροχών ή με γεννήτρια με πολλούς πόλλους (150).

Στα συστήματα μπορεί να γίνει εναλλακτικά επιλογή πτερυγίων σταθερής κλίσης ή μεταβλητής κλίσης. Με τη μεταβλητή κλίση πτερυγίων επιτυγχάνεται ρύθμιση της ισχύος και της απόδοσης, καθώς και έλεγχος κατά τη διάρκεια της πέδησης. Η μεταβλητή κλίση επιτυγχάνεται ή με υδραυλικά συστήματα ή με ηλεκτρομηχανικά συστήματα. Η λύση με σταθερή κλίση θεωρείται πιο αξιόπιστη γιατί δεν έχει τα συστήματα ρύθμισης κλίσης.



Μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική

Τα συστήματα με μηχανική μετάδοση είναι τα πλέον διαδεδομένα μέχρι σήμερα. Τελευταία όμως εμφανίστηκαν και προσφέρονται στην αγορά συστήματα αξιόπιστα με μετατροπές ΕΡ/ΣΡ. Αυτά δεν έχουν μηχανική μετάδοση. Η ισχύς μετατρέπεται μέσω σύγχρονης γεννήτριας πολλών πόλων (περίπου 150 πόλων) σε ηλεκτρική ισχύ εναλλασσόμενου ρεύματος = 30-60Hz, το οποίο ανορθώνεται σε συνεχές. Ακολούθως, μέσω αναστροφέα ΣΡ/ΕΡ (INVERTER), μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα 50 Hz. Με το σύστημα έλεγχου του αναστροφέα μπορεί να ελεγχθούν τα παρακάτω επιμέρους στοιχεία.

Ελέγχεται η ροή ισχύος στο δίκτυο και, συνεπώς, μπορεί να επιλεγεί για κάθε ταχύτητα ανέμου το βέλτιστο σημείο λειτουργίας. Ουσιαστικά ο έλεγχος ισχύος αυξομειώνει τη περιστροφική ταχύτητα στα πτερύγια ώστε να έχουμε βέλτιστο βαθμό απόδοσης.

4.6 Σύνδεση με το δίκτυο

Για την σύνδεση με το δίκτυο απαιτείται η έγκριση της ΔΕΗ. Πρέπει να πληρούνται οι όροι που ορίζονται από την οδηγία ΔΕΗ 33, για τις επιτρεπόμενες βυθίσεις της τάσης καθώς και η οδηγία ΔΕΗ 129 για την σύνδεση των αυτοπαραγωγών με τα δίκτυα διανομής που αφορούν τη μέτρηση ισχύος και προστασίες (ασυμμετρίες φάσεων, όρια τάσης συχνότητας κ.λ.π.)

Η σύνδεση επιτρέπεται μέχρι 100 kW στο δίκτυο Χ.Τ. Από 100 kW και άνω η σύνδεση γίνεται στη μέση τάση μέσω μετασχηματιστή. Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δεν φέρουν μεγάλα ρεύματα ζεύξης. Έτσι οι διατομές τους θα επιλεγούν με κριτήριο μόνο την πτώση τάσης ή την απώλεια ενέργειας και όχι την εκκίνηση.

Δεδομένου ότι το κόστος αύξησης της διατομής είναι σχετικά μικρό συμφέρει συνήθως να έχουμε 1% - 2% πτώση τάσης, κυρίως για μείωση των απωλειών. Οι απώλειες των καλωδίων μειώνονται επίσης αν μειωθεί το ρεύμα, δηλαδή αυξάνοντας το $\cos\phi$.

Για τα νησιά, όπου οι αποστάσεις από τον τόπο παραγωγής είναι μεγάλες, τα καλώδια μεταφοράς περνούν από τον πυθμένα της θάλασσας (υποβρύχια καλώδια). Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα μεγάλα νησιά έχουν δικότους ηλεκτρικό σταθμό (π.χ. Κρήτη) ή παράγουν ρεύμα από μηχανές Diesel.

4.7 Αντικεραυνική προστασία Α/Γ

Πτώση κεραυνού μπορεί να προκαλέσει καταστροφές τόσο στο μέρος που πλήττεται όσο και σε γειτονικές ανεμογεννήτριες ή συσκευές. Το ρεύμα του κεραυνού επιβάλλεται και δεν μπορούμε σε καμιά περίπτωση να το μειώσουμε. Το μόνο που ενδεχομένως είναι στον έλεγχο μας είναι η αντίσταση που θα συναντήσει το ρεύμα στη διέλευση του από το σημείο πρόσπτωσης προς τη γή. Αυτή η αντίσταση πρέπει να είναι κατά το δυνατόν μικρή.

Στη δίοδο του το ρεύμα επάγει τάσεις στα γειτονικά κυκλώματα είτε λόγω επαγωγικής, είτε λόγω γαλβανικής σύμπλεξης π.χ. όταν το ρεύμα του κεραυνού διοχετευθεί σε ένα σύστημα κοινής γείωσης τότε θα επηρεασθούν όλες οι Α/Γ που θα έχουν κοινή γείωση. Έστω και ξεχωριστές να είναι οι γειώσεις δεν είναι δυνατή η αποζευξη τους. Μέσω του εδάφους υπάρχουν γαλβανικές συμπλέξεις των διαφόρων γειώσεων που εμείς δεν τις έχουμε ενώσει με αγωγούς.

Οι καταστροφές που διαπιστώθηκαν είναι στα ακόλουθα σημεία:

- Στα πτερύγια από κατευθείαν πλήγμα του κεραυνού
- Στα ηλεκτρονικά από υπερτάσεις
- Στους κινητήρες μετασχηματιστές
- Στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές των αιολικών πάρκων

4.7.1 Προστασία πτερυγίων

Τα πτερύγια είναι συνήθως κατασκευασμένα από ενισχυμένο πολυεστέρα ή εποξειδικές ρητίνες. Η ενίσχυση είναι υαλοΐνες ή ανθρακοΐνες. Ενδεχομένως υπάρχουν εντός του πτερυγίου μεταλλικές ενισχύσεις και επίσης συρματόσχοινα για τον έλεγχο των ακροπτερυγίων.

Για την προστασία των πτερυγίων προβλέπονται μεταλλικά σημεία πρόσπτωσης κεραυνού επί του πτερυγίου, που συνδέονται με αγωγό με την πλύμνη και τον άξονα. Αν δεν γίνουν αυτά, πρόσπτωση κεραυνού σε πλαστικά πτερύγια οδηγεί συνήθως σε καταστροφή τους, ακόμα και αν αυτά είναι ενισχυμένα με ανθρακοΐνες.

4.7.2 Προστασία της υπερκατασκευής (Nacelle)

Προβλέπεται δακτύλιος στον άξονα με σταθερές ψήκτρες. Αυτές συνδέονται με την υπερκατασκευή με καλώδιο διατομής 50 mm².

4.7.3 Προστασία του πίνακα της Α/Γ

Μεταξύ κάθε φάσης και ουδετέρου συνδέονται απαγωγείς τάσεων (ZnO_2). Αυτοί έχουν τάση αφής 2,5 kV και αντοχή σε κρουστικό ρεύμα 40 kA για μερικές κρούσεις. Συνήθως έχουν δείκτη που δείχνει αν πέρασε μεγάλο ρεύμα, οπότε τους αντικαθιστούμε προληπτικά.

4.7.4 Προστασία ηλεκτρονικών διατάξεων και θυρών επικοινωνίας

Η προστασία είναι εξασφαλισμένη όταν σε κάθε εξάρτημα που συνδέεται με καλώδιο, που οδεύει υπαίθρια ή εκτός του πίνακα της Α/Γ, γίνει εξίσωση δυναμικών. Προσφέρονται στο εμπόριο πλήθος συσκευών προστασίας που οδηγούν στην εξίσωση των δυναμικών.

4.8 Συστήματα ελέγχου Α/Γ

Το σύστημα ελέγχου αποτελεί την «καρδιά» της Α/Γ σε αντίθεση με τα περύγια που αποτελούν τους «πνεύμονες» αυτής.

Κατηγορίες συστημάτων ελέγχου της Α/Γ:

- Για Α/Γ σταθερού βήματος περυγίου (stall)
- Για Α/Γ μεταβλητού βήματος περυγίου (pitch)
- Για Α/Γ σταθερού ή μεταβλητού βήματος αλλά με μεταβλητές στροφές (variable speed).

4.9 Οικονομική ανάλυση

Υπάρχουν πολλές κατηγορίες Α/Γ σήμερα, οι οποίες ως γνωστόν κατασκευάζονται στο εξωτερικό. Ο πιο συνήθης τύπος Α/Γ που χρησιμοποιείται σήμερα, σύμφωνα με πληροφορίες από την ΔΕΗ/ΔΕΜΕ, είναι αυτές των 500 MW ισχύος. Συγκεκριμένες τιμές Α/Γ από Έλληνες αντιπροσώπους, δεν καταφέραμε να έχουμε, εκτός μιας εταιρείας της ΕΝΤΕΚΑ Α.Ε.

Κατασκευαστής : Micon Δανίας

- Α/Γ 300 MW – 2.100.000 κορώνες Δανίας.
- Α/Γ 600 MW – 3.200.000 κορώνες Δανίας.

Στην επόμενη παράγραφο θα γίνει μία αναφορά σε τιμές Α/Γ από εταιρείες του εξωτερικού. Θα γίνει μία παρουσίαση των χαρακτηριστικών 18 Α/Γ, οι οποίες δοκιμάστηκαν στην Γερμανία και προέρχονται από διαφορετικές εταιρείες.

Πίνακας 4: Τιμές Α/Γ από εταιρείες του εξωτερικού

Κατασκευαστής και Τύπος Α/Γ	Ισχύς kW	Ύψος (m)	Τιμή (DM)	Εγγύηση (μήνες)
AN Bonus 150/30	150	30	360.000	24
AN Bonus 450/37	450	35	835.000	24
AN Bonus 450/37	450	42.3	860.000	24
AN Bonus 600/41	600	42.3	905.000	24
AN Bonus 600/41	600	50	945.000	24
Enercon - 40	500	43.5	758.000	12
Enercon - 40	500	49.5	808.000	12
Enercon - 40	500	65	858.000	12
Euroturbine ET 550/41	550	42	950.000	24
Nordex N 52	800	60	1.629.000	24
Nordex N 52	800	70	1.679.000	24
Nordank 500/41	500	50	898.000	24
Sudwind N 3127	270	41.7	471.000	24
Sudwind N 3127	270	50	484.000	24
Tacke TW 600	600	50	950.000	24
Vestas V39/500	500	40.5	850.000	24
Vestas V39/500	500	53	880.000	24
Vestas V42/600	600	40.5	920.000	24

Πάντως σύμφωνα με πληροφορίες από την ΔΕΗ/ΔΕΜΕ και την εταιρία ΕΝΤΕΚΑ Α.Ε. δεν μπορούμε να πούμε με ακρίβεια πόσο θα είναι το κόστος μιας πλήρους εγκατάστασης Α/Γ.

Αυτό συμβαίνει διότι υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την εγκατάσταση μιας Α/Γ, όπως ο τόπος που θα εγκατασταθεί η Α/Γ, η απόσταση από το πλησιέστερο κατοικόσιμο χώρο κ.α.

Έτσι μια μέση τιμή εγκατάστασης Α/Γ εκτιμάται ότι ανέρχεται στα 1100 € ανά εγκατεστημένο kW (ΔΕΗ/ΔΕΜΕ, ΕΝΤΕΚΑ Α.Ε.). Το κόστος συντήρησης και τα έξοδα λειτουργίας ανέρχονται στα 20 € ανά εγκατεστημένο kW ετησίως. Επίσης για τη δημιουργία αιολικών πάρκων, σύμφωνα με πληροφορίες της ΔΕΗ/ΔΕΜΕ, η Ε.Ε. επιδοτεί το 50% ενώ το υπόλοιπο του ποσού θα αποσβεστεί σε 20 χρόνια λειτουργίας περίπου.

4.10 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Τα βασικά πλεονεκτήματα της αιολικής ενέργειας είναι:

1. Η απλούστατη σύνδεση των μονάδων παραγωγής με το ήδη υπάρχον δίκτυο της ΔΕΗ και επομένως η άμεση αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της χώρας.
2. Ένα σημαντικό θέμα στην αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού είναι η οπτική εναρμόνιση με το περιβάλλον. Οι αιολικοί σταθμοί στην Ελλάδα λόγω της μορφολογίας του εδάφους, εγκαθίστανται σχεδόν αποκλειστικά μακριά από κατοικημένες περιοχές. Συνεπώς, προβλήματα όπως αυτά της οπτικής ενόχλησης ή του θορύβου είναι σχεδόν ανύπαρκτα. Αξιοσημείωτο είναι ότι στην Δανία και στην Ολλανδία με επίπεδη μορφολογία εδάφους, η εγκατάσταση Α/Γ δεν αποτελεί αισθητικό πρόβλημα.

Δύο είναι τα βασικά μειονεκτήματα που μπορεί να προκύψουν σε ένα αιολικό σταθμό:

1. Οι αλλαγές στη φορά του ανέμου και
2. Η έλλειψη ανέμου ή η αστάθεια από πλευράς ταχύτητας.

Και τα δύο όμως μπορούν να αντιμετωπισθούν, το μεν πρώτο με κατάλληλη περιστροφή της ανεμογεννήτριας και το δεύτερο με τη δημιουργία μίας «αποθήκης ενέργειας».

5. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

5.1 Γενικά

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί για χιλιάδες χρόνια την ενέργεια από τη ροή ή την πτώση του νερού. Αυτή η ενέργεια ονομάζεται **υδραυλική** και η εκμετάλλευσή της αναπτύσσεται σταθερά τα τελευταία 100 χρόνια. Πριν 50 χρόνια η μέση αύξηση της εκμετάλλευσής της υδραυλικής ενέργειας ήταν 5,5 % περίπου το χρόνο. Υπήρξαν και υπάρχουν μεγάλες διαφορές από περιοχή σε περιοχή, αλλά τη μεγαλύτερη ανάπτυξη τώρα τελευταία παρουσιάζει η Νότιος Αμερική και η Αφρική.



Υδροηλεκτρικός σταθμός ΔΕΗ

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από το νερό, οφείλεται στην κινητική ενέργεια που αποκτά το νερό ενώ ρέει σ' έναν ποταμό ή πέφτει από μεγάλο ύψος. Η κινητική αυτή ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική, μέσω τεχνολογιών (υδροστρόβιλοι) που θα αναφερθούν παρακάτω. Σήμερα η υδροηλεκτρική ενέργεια προσφέρει 26% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας στη Δυτική Ευρώπη (στην Ελλάδα 15,9 %), 20% και πάνω στην Βόρεια Αμερική και στην Ιαπωνία.

Συγκεκριμένα στη Νορβηγία είναι 99% και στη Νότια Αμερική 55%, δηλαδή το ποσοστό εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις στο χώρο σε χώρα και είναι σε μερικές χώρες ιδιαίτερα ψηλό.

Η χρήση του υδραυλικού δυναμικού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από δυο παράγοντες :

1. Τη διαθεσιμότητα ή δημιουργία αρκετής ροής νερού και
2. Τη ζήτηση ηλεκρισμού σε μια ορισμένη απόσταση γύρω από τον ηλεκτροπαραγωγό σταθμό. Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται για γραμμές μεγάλων αποστάσεων απαιτούν μεγάλες χρηματικές επενδύσεις και προκαλούν σημαντική απώλεια ενέργειας κατά την μεταφορά. Έτσι η αρχική υδροηλεκτρική **ανάπτυξη** είχε τη τάση να εμφανίζεται σε βιομηχανικές περιοχές που είχαν υδροδυναμικά αποθέματα και υπήρχε ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και κεφάλαια. Όταν συμπληρώθηκε η εκμετάλλευση των ευκολότερων και πιο προσιτών θέσεων, άρχισαν να προσελκύουν το ενδιαφέρον και οι πιο μακρινές θέσεις.

Το μέγεθος των υδροηλεκτρικών εργοστασίων παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις από ογκώδεις μονάδες με ικανότητα παραγωγής της τάξεως εκατοντάδων MW μέχρι μικρά συστήματα που έχουν μέγεθος το 1% των προηγούμενων. Στις υπο ανάπτυξη χώρες και ειδικά στις αγροτικές περιοχές σήμερα δίνεται μεγάλη προσοχή στους «Μικρο-υδροηλεκτρικούς σταθμούς» δηλαδή σταθμούς με παραγωγική ικανότητα μέχρι 1 MW.

5.2 Αρχή λειτουργίας υδροηλεκτρικών σταθμών

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούν την ενέργεια του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια αυτή λέγεται και «λευκός άνθρακας» (επειδή υπάρχει η συνήθεια όλες οι πηγές ενέργειας να αναφέρονται στον άνθρακα).

Όταν το νερό ρέει σε μια κοίτη ποταμού ή σωλήνα ή πέφτει ελεύθερα σε ένα καταρράκτη, τότε έχει αποκτήσει και κινητική ενέργεια. Το νερό που κινείται σε μια απότομη κλίση και μάλιστα όταν πέφτει από μεγάλο ύψος λέμε ότι αποτελεί μια υδατόπτωση. Στο τέλος της διαδρομής μιας υδατόπτωσης το νερό θα έχει αποκτήσει ένα μεγάλο ποσό κινητικής ενέργειας.

Για να μπορεί να κατασκευαστεί ένας υδροηλεκτρικός σταθμός πρέπει:

Πρώτα να υπάρχει διαθέσιμη μια ορισμένη ποσότητα νερού ανα μονάδα χρόνου, η οποία θα περάσει από τον σταθμό αυτό. Η ποσότητα (όγκος) αυτή τη μονάδα χρόνου λέγεται παροχή και μετριέται σε m^3/h ή σε m^3/sec .

Δεύτερο να υπάρχει ύψος πτώσεως από το οποίο να πέφτει το νερό, ώστε στο τέλος αυτής της πτώσεως να έχει αποκτήσει μεγάλη κινητική ενέργεια.

Ανάλογα με το μέγεθος της υδατοπτώσεως (ύψος πτώσεως) διακρίνουμε τρεις κατηγορίες υδατοπτώσεων.

- Τις ψηλές που έχουν ύψος πτώσεως μεγαλύτερο από 200m
- Τις μέσες που έχουν ύψος πτώσεως από 30m μέχρι 200m
- Τις χαμηλές με ύψος πτώσεως μέχρι 30m

Ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο περιλαμβάνει το σύστημα υδροληψίας υδρομέτρησης, έναν απλό υδατοφράκτη που θα μπορούσε να συμβάλει και στην αύξηση του διαθέσιμου ύψους πτώσης ή στη ρύθμιση της παροχής, το σύστημα προσαγωγής, αποτελούμενο από ένα ανοιχτό ή κλειστό αγωγό, τη δεξαμενή φόρτισης, τον καταθλιπτικό αγωγό, τον κύριο σταθμό παραγωγής που μπορεί να περιλαμβάνει έναν ή περισσότερους υδροστρόβιλους, μια σύγχρονη ή επαγωγική ηλεκτρογεννήτρια, ένα κατάλληλο σύστημα ρυθμίσεως – ελέγχου – προστασίας – παρακολούθησης, τη διώρυγα φυγής από το σταθμό παραγωγής προς το υδατόρευμα και τα συστήματα διασύνδεσης με τις γραμμές μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

5.3 Παραδείγματα εφαρμογών της υδροηλεκτρικής ενέργειας

Ο τομέας μικρών υδροηλεκτρικών του ΚΑΠΕ, συνεργάζεται αρμονικά με την τοπική και την νομαρχιακή αυτοδιοίκηση και έχει εκπονήσει σειρά μελετών για κοινότητες, δήμους και νομαρχίες της Μακεδονίας, της Θράκης, της Ηπείρου, της Πελοποννήσου και της Θεσσαλίας. Σύμφωνα με τις έρευνες του ΚΑΠΕ, εκατοντάδες μικρά υδροηλεκτρικά έργα μπορούν να εγκατασταθούν σε πολλά μικρά και μεγάλα υδατορεύματα του Ελληνικού χώρου και να συμβάλλουν σημαντικά στο Ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο, στην Ελληνική οικονομία αλλά και περιφερειακή ανάπτυξη.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται αντίστοιχα τα μικρά (1 MW -10 MW) και τα μίνι (<1 MW) υδροηλεκτρικά έργα που είναι διασυνδεδεμένα και στις δύο περιπτώσεις, με το ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1:Μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα

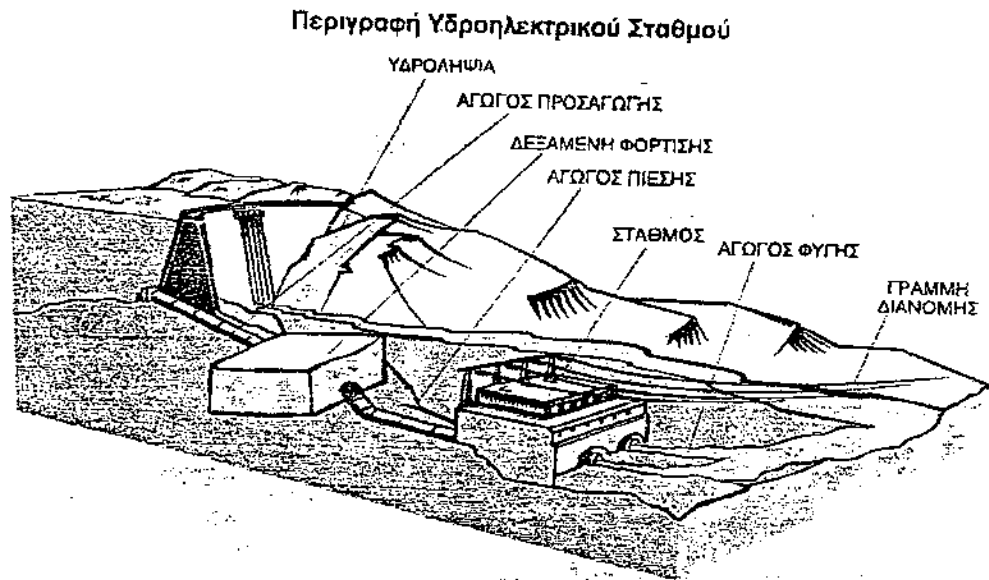
Τοποθεσία	Αριθμός υδροηλ/κων και ισχύς σε MW	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Βέρμιο, Βέροια	2 * 0,9	1,8
Γκιάνα	1 * 8,5	8,5
Λούρος	2 * 2,5 +1 * 5,3	10,3
Μακροχώρι	3* 3,6	10,8
Γλαύκος, Πάτρα	1 * 1,6	1,6
Στράτος II	2 * 3	6
Σύνολο	12	39

Πίνακας 5.2 : Μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα

Τοποθεσία	Αριθμός υδροηλεκτρικών και ισχύς σε MW	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Άγκιστρο	1 * 0,6	0,6
Βέρμιο II	1 * 0,3	0,3
Βέρμιο IV	1 * 0,5	0,5
Σέρρες	3 : 2 * 0,3 + 1 * 0,1	0,7
Αγία	1 * 0,3	0,3
Αλμυρός	1 * 0,3	0,3
Σύνολο	8	2,7

5.4 Κατασκευαστικά στοιχεία

Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα δεν αποτελούν συνήθη έργα ούτε συστήματα παραγωγής ενέργειας τα οποία αποτελούν απλά βιομηχανικά προϊόντα σειράς.



Εγκατάσταση μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού

Αντίθετα τα έργα αυτά αποτελούν απόλυτα εξειδικευμένα έργα, περίπλοκα σύνολα δράσεως και έργων που όπως προαναφέρθηκε περιλαμβάνουν σειρά διαφορετικών έργων, όπως έργα εκτροπής και λοιπά υδραυλικά έργα, έργα πολιτικού μηχανικού, υδροδυναμικά έργα, ηλεκτρολογικά και ηλεκτρονικά έργα.

Επισημαίνεται ότι κάθε μικρό υδροηλεκτρικό έργο αποτελεί μια ξεχωριστή ενεργειακή παρέμβαση με την δική της ξεχωριστή ταυτότητα. Αξίζει να υπενθυμίσουμε ότι ακόμη και ο κάθε υδροστρόβιλος σχεδιάζεται, παραγγέλλεται και κατασκευάζεται σε ένα μοναδικό αντίγραφο για να εγκατασταθεί στην κάθε ξεχωριστή θέση εγκατάστασης υδατόπτωσης.

Για κάθε υποψήφιο μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό, τα νερά των υπο ενεργειακή αξιοποίηση υδατορευμάτων, αφού προηγουμένως συναντήσουν τα αντοίστοχα μικρά έργα υδροληψίας / στοιχεία σκυροδέματος (εφοδιασμένα με μικρό υπερχειλιστή), εκτρέπονται και περνούν:

- 1) αρχικά από ανοικτά κανάλια / διώρυγες προσαγωγής επενδεδυμένες με σκυρόδεμα, προτού συμβάλλουν σε κοινό ανοικτό αγωγό προσαγωγής
- 2) απο κατάλληλη δεξαμενή φόρτισης του κλειστού αγωγού
- 3) απο κατάλληλη ειδική διάταξη αποφυγής εισόδου μεγάλων φερτών υλών και άλλων αντικειμένων (φύλλων, κλαδιών κ.λ.π.)
- 4) στη συνέχεια, δια κατάλληλου αγωγού προσαγωγού (πιέσεως), χαλύβδινου, ο οποίος εδράζεται ανα σταθερά διαστήματα σε κατάλληλες διατάξεις θεμελίωσης / αγκύρωσης. Ο σωλήνας αυτός θς είναι ελικοειδούς ραφής, με κατάλληλη εξωτερική προστασία ρίμπερ, λιθανθρακόπισσα και διπλή στρώση υαλόπανου.
- 5) δια του υδροστρόβιλου, ο οποίος περιστρέφεται κάτω απο τη δράση του νερού και στη συνέχεια περιστρέφει τη μονάδα ασύγχρονης γεννήτριας παράγοντας, έτσι ηλεκτρική ενέργεια.

- 6) Στη συνέχεια θα υπάρχει σύνδεση μετασχηματιστή και στη συνέχεια με το δίκτυο της ΔΕΗ
- 7) Τελικά το νερό, μετά την ενεργειακή του αξιοποίηση, θα αποδεσμεύεται και θα καταλήγει στον φυσικό αποδέκτη του.

5.4.1 Ανοικτοί αγωγοί εκτροπής

Απαιτούνται δύο ανοικτοί αγωγοί προσαγωγής, που εκτρέπουν τα δύο υδατορεύματα από τη φυσική τους κοίτη, μέχρι το σημείο συμβολής-σύγκλισης στη δεξαμενή φόρτισης. Ένας τρίτος κοινός ανοικτός αγωγός οδηγεί το νερό στη δεξαμενή φόρτισης. Οι ανοικτοί αγωγοί θα είναι επενδεδυμένοι με σκυρόδεμα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών. Η κλίση των αγωγών αυτών είναι σχετικά μικρή, ώστε να επιτυγχάνεται ελεύθερη ροή. Οι διώρυγες προσαγωγής θα σχεδιαστούν για μέγιστες παροχές που παρουσιάζονται σε παρακάτω πίνακα.

Οι διατομές των τριών ανοικτών αγωγών σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να έχουν ελάχιστη επιφάνεια διατομής A για δοσμένη τιμή παροχής, δηλαδή να είναι υδραυλικά βέλτιστες. Ο τύπος του Manning.

$$Q = n^{-1} * A * R^{2/3} * I^{1/2}$$

(όπου A , R , I , n : είναι αντίστοιχα η διατομή, η υδραυλική ακτίνα, η κλίση του αγωγού και ο συντελεστής τριβής) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του βάθους ροής y .

y = είναι το ύψος νερού, η = ύψος επένδυσης ή αναχώματος.

5.4.2 Δεξαμενή φόρτισης.

Για τη συλλογή της παροχής προβλέπεται η κατασκευή μικρής δεξαμενής από σκυρόδεμα, με υπερχειλιστή. Μόλις η συγκεντωμένη παροχή υπερβεί κάποια άνω τιμή, την οποία δεν θα μπορούσε να αξιοποιήσει ο υδροστρόβιλος τότε οι πλεάζοντες όγκοι νερού υπερχειλίζουν. Ο αγωγός προσαγωγής που οδηγεί την υπό αξιοποίηση παροχή στους υδροστρόβιλους πρέπει να διαθέτει ειδική διάταξη

απο μεταλλικές μπάρες για την αποφυγή εισόδου σ' αυτή μεγάλων φερτών υλικών. Στο πέρας αυτού του ανοικτού σγωγού, θα κατασκευαστεί μικρή δεξαμενή φόρτισης η οποία θα χρησιμεύει για να ισορροπεί η ροή πριν την εισαγωγή της στον ανοικτό αγωγό προσαγωγής, ο οποίος τοποθετείται κάτω από τη στάθμη του νερού στη δεξαμενή, δε κατάλληλο βάθος ώστε να αποφεύγεται η εισαγωγή αέρα σ' αυτόν.

5.4.3 Αγωγός πίεσης

Μετά την έξοδο από τη δεξαμενή φόρτισης, το νερό εισέρχεται σε κλειστό χαλύβδινο αγωγό. Δεδομένου ότι η αντιστοιχούσα τιμή σε σωλήνες άνευ ραφής είναι υπερβολικά μεγάλη (δεν κατασκευάζονται τέτοιοι σωλήνες στην Ελλάδα, συνήθως επιλέγουμε χαλυβδοσωλήνες ελικοειδούς ραφής, υψηλής αντοχής και άριστης συμπεριφοράς σε έντονες καταστάσεις υδραυλικού πλήγματος, δηλαδή σε απότομη εφαρμογή υψηλής πίεσης. Επίσης προβλέπεται να υπάρχει εξωτερική προστασία "primer" του αγωγού, με λιθανθρακόπισσα και κατάλληλη διπλή στρώση υαλοπάνου.

5.4.4 Αμοφράκτης

Ο αμοφράκτης είναι ένα έργο που γίνεται για να προστατεύεται ο αγωγός πίεσης και ο υδροστρόβιλος από την είσοδο ξένων σωμάτων όπως άμμος, ξύλα, φύλλα κ.τ.λ.

5.4.5 Σύνδεση με το δίκτυο

Στο τελικό βήμα, γίνεται η σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ. Το σύνολο των ηλεκτρομηχανολογικών συνιστωσών και των αυτοματισμών και λοιπών βοηθητικών διατάξεων θα στεγάζεται σε κατάλληλο οικίσκο προστασίας, προσαρμοσμένο στην όλη αρχιτεκτονική και οπτική του τοπίου.

5.5 Οικονομική ανάλυση

Ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο δεν είναι στη χώρα μας ένα συνηθισμένο έργο όπως όλα τα άλλα συμβατικά έργα υποδομής που πραγματοποιούνται σε όλους τους Νομούς της χώρας. Ένα τέτοιο ενεργειακό έργο διαφέρει ριζικά από άλλα αντίστοιχα συστήματα Α.Π.Ε. (π.χ. φωτοβολταϊκά) τα οποία δεν είναι έργα αλλά μάλλον συστήματα-μηχανές τυποποιημένες σε σταθερά μεγέθη έτοιμες να τοποθετηθούν, σε οποιοδήποτε σημείο μιας περοχής. Οι ιδιαιτερότητες των μικρών υδροηλεκτρικών επιβάλλουν μια τεχνικό-επιστημονική και οικονομική ανριμετώπιση έτσι ώστε να απαιτείται ειδική μελέτη κάθε φορά.

Έτσι λοιπόν, λόγω των ιδιαιτεροτήτων που προαναφέραμε, θα παρουσιάσουμε ένα παράδειγμα κόστους μικρού υδροηλεκτρικού έργου στο Αγγίστρο Σερρών.

5.5.1 Ανάλυση κόστους Μ.Υ.Η.Ε

Το Μ.Υ.Η.Ε του Αγγίστρου είναι ένα ενεργειακό έργο το οποίο περιλαμβάνει διάφορα δομικά, υδραυλικά, μηχανολογικά, ηλεκτρολογικά, ηλεκτρονικά μέρη τα οποία θα πρέπει να είναι απολύτως συμβατά μεταξύ τους κατά τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η βέλτιστη αξιοποίηση του δυναμικού των υδατορευμάτων.

Η ανάλυση του κόστους που θα παρουσιαστεί έγινε κάποτε από την ομάδα μικρών υδροηλεκτρικών του Κ. Α.Π.Ε το 1993. Οι επιμέρους συνιστώσες του έργου τις οποίες θα κοστολογηθούν είναι οι εξής:

- Ανοικτός αγωγός εκτροπής
- Δεξαμενή φόρτισης
- Αγωγός πίεσης
- Κτίριο στέγασης ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού
- Αμμοφράκτης
- Στήριξη του αγωγού πίεσης
- Διασύνδεση με το δίκτυο υψ ΔΕΗ
- Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

Ανοικτοί αγωγοί εκτροπής

Απαιτούνται δυο ανοικτοί αγωγοί προσαγωγής, που εκτρέπουν τα δύο υδατορεύματα απο τη φυσική τους κοίτη, μέχρι το σημείο συμβολής – σύγκλισης στη δεξαμενή φόρτισης. Ένας τρίτος κοινός αγωγός οδηγεί το νερό στη δεξαμενή φόρτισης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3:Υπολογισμός κόστους 1^{ου} ανοικτού αγωγού εκτροπής

Είδος εργασίας	Ποσότητα αν μέτρο μήκους	Σύνολο	Τιμή μονάδος (€/m ³)	Κόστος (€)
1. Εκσκαφή τάφρων α. σε βραχώδες έδαφος β. σε γαιώδες / ημιβραχώδες έδαφος	2.59 m ³ /μμ	4662 m ³	0,757	3.529,84
3.Μόρφωση επιφανειών για επένδυση α. Σε βραχώδες έδαφος β. Σε γαιώδες / ημιβραχώδες έδαφος	4.3 m ² / μμ	7740 m ²	1,312	10.153,42
3.Επίπεδος ξυλότυπος	3.0 m ² /μμ	5400 m ²	2,054	11.903,17
4.Σκυρόδεμα για επενδύσεις	0.645 m ³ /μμ	1.116 m ³	35,22	40.886,28
5.Οπλισμός ST-III	12 kg/μμ	21600 kg	0,59	12.677,91
6.Άρμος με ασφαλιστική μαστίχα	0.5 m/μμ	900 m	3,52	3.169,47
ΣΥΝΟΛΟ				81.510,12

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 Υπολογισμός κόστους 2^ο ανοικτού αγωγού εκτροπής

Είδος εργασίας	Ποσότητα αν μέτρο μήκους	Σύνολο	Τιμή μονάδος (€/m ³)	Κόστος (€)
1. Εκσκαφή τάφρων α. σε βραχώδες έδαφος β. σε γαιώδες / ημιβραχώδες έδαφος	1.91 m ³ /μμ	764 m ³	0,757	578,46
3.Μόρφωση επιφανειών για επένδυση α. Σε βραχώδες έδαφος β. Σε γαιώδες / ημιβραχώδες έδαφος	3.66 m ² / μμ	1464 m ²	1,311	1.920,49
3.Επίπεδος ξυλότυπος	2.56m ² /μμ	1024 m ²	2,054	2.103,59
4.Σκυρόδεμα για επενδύσεις	0.55 m ³ /μμ	220 m ³	35,21	7.747,61
5.Οπλισμός ST-III	12 kg/μμ	4800 kg	0,587	2.817,31
6.Άρμος με ασφαλιστική μαστίχα	0.5 m/μμ	200 m	3,521	751,28
ΣΥΝΟΛΟ				15918,76

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 Υπολογισμός κόστους 3^ο ανοικτού αγωγού εκτροπής

(Κοινός αγωγός)

Είδος εργασίας	Ποσότητα αν μέτρο μήκους	Σύνολο	Τιμή μονάδος (€/m ³)	Κόστος (€)
1. Εκσκαφή τάφρων α. σε βραχώδες έδαφος β. σε γαιώδες / ημιβραχώδες έδαφος	4.36 m ³ /μμ	872 m ³	0,757	660,23

3.Μόρφωση επιφανειών για επένδυση α. Σε βραχώδες έδαφος β. Σε γαιώδες / ημιβραχώδες έδαφος	5.7 m ² / μμ	1140 m ²	1,312	1.495,25
3.Επίπεδος ξυλότυπος	4.0 m ² /μμ	800 m ²	2,054	1.643,43
4.Σκυρόδεμα για επενδύσεις	0.855 m ³ /μμ	171 m ³	35,21	6.022,01
5.Οπλισμός ST-III	12 kg/μμ	2400 kg	0,587	1.408,65
6.Άρμος με ασφαλιστική μαστίχα	0.5 m/μμ	100 m	3,521	352,16
ΣΥΝΟΛΟ				11.581,96

Δεξαμενή φόρτισης

Στο τέλος του τρίτου ανοικτού αγωγού θα κατασκευαστεί μικρή δεξαμενή φόρτισης διαστάσεων περίπου 10m * 5m * 4m.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6: Υπολογισμός κόστους δεξαμενής φόρτισης

Είδος εργασίας	Σύνολο	Τιμή μονάδος (€/m ³)	Κόστος (€)
1.Εκσκαφή 10*5*4 (m³) β. Σε ημιβραχώδες έδαφος	200 m³	0,863	152,60
2. Σκυρόδεμα	20 m³	88,041	1.760,08

3. Ειδικές κατασκευές εισόδου-εξόδου			880,41
ΣΥΝΟΛΟ			2.793,83

Αγωγός πίεσης

Μετά τη δεξαμενή πίεσης το νερό μπαίνει σε κλειστό αγωγό μήκους περίπου 200 m. Η ονομαστική διάμετρος του αγωγού πίεσης, για το συγκεκριμένο έργο θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 800 mm και το πάχος τοιχώματος 8 mm. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο τρόπος καθορισμού του κόστους λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η χρησιμοποιούμενη τιμή μονάδας στον μέσο όρο που έχουν οι διάφορες εταιρείες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7:Υπολογισμός κόστους αγωγού πίεσης

Είδος εργασίας	Ποσότητα	Τιμή μονάδας	Κόστος (€)
Χαλυβδοσωλήνες Φ800	200 m	146,73 €/m	29.347,03
Μεταφορά	250 μm * 173 kg/μm =43,25 τόνοι	0,026 €/τόνο/χλμ. 80 km	91,38
Τοποθέτηση	43,25 τόνοι	14,67 €/τόνο	634,63
ΣΥΝΟΛΟ			30.073,04

Κτήριο στέγασης ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού

Το κόστος του κτιρίου στέγασης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού συμπεριλαμβανομένων και των αναγκαίων υπογείων διαμορφώσεων και της περίφραξης εκτιμάται περίπου σε **11.005,13 €**. Η ελάχιστη κάλυπτόμενη επιφάνεια αναδομής είναι περίπου 25 m². Ιδιαίτερη φροντίδα θα δοθεί τόσο στη λειτουργικότητα του κτιρίου και την ασφάλεια του όσο και στην καλή αισθητική του εξωτερική του εμφάνιση αλλά και την προσαρμογή του στο όλο τοπίο.

Στα σχέδια εξετάστηκαν δυο περιπτώσεις: α) με μηχανή FRANCIS οριζοντίου άξονα και κατακόρυφο αγωγό αναρρόφησης β) με μηχανή FRANCIS κατακόρυφου άξονα και καμπύλο αγωγό αναρρόφησης που απάγει τις παροχές στα κατάντι με οριζόντιο τρόπο.

Αμμοφράκτης

Απο λειτουργούντα στην Ευρώπη αλλά και στη χώρα αντίστοιχα έργα και απο στοιχειώδη έρευνα αγοράς συνάγεται το συμπέρασμα οτι το αντίστοιχο μοκρό έργο προστασίας απο την είσοδο ξένων σωμάτων (άμμου, φερτών, ξύλων κ.λ. π.) στον αγωγό πίεσης και στον υδροστρόβιλο δεν μπορεί να υπερβεί τα **6.162,87 ευρώ**.

Στήριξη του αγωγού πίεσης

Απο στοιχειώδης υπολογισμούς που έγιναν σχετικά με τη στήριξη του αγωγού πίεσης, και απο αντίστοιχα έργα στην Ευρώπη, εξάγεται το συμπέρασμα οτι μια προεκτίμηση του απαιτούμενου κόστους είναι της τάξης των **8.804,10 ευρώ**.

Διασύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ

Το απαιτούμενο κόστος για τη διασύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ εκτιμάται περίπου στα **5.869,10 ευρώ**.

Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

Σύμφωνα με έρευνα αγοράς που έκανε το ΚΑΠΕ μεταξύ αλλοδαπών εταιριών παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά τιμών μεταξύ των εταιριών και απο χώρα σε χώρα. Έτσι για την επιλεχθείσα λύση υδροστρόβιλου FRANCIS και ηλεκτρογεννήτριας το κόστος είναι της τάξης περίπου **563.462,95 ευρώ**.

Στο ποσό αυτό συμπεριλαμβάνονται ρυθμιστικές βάννες, αγωγός αναρρόφησης κ.λ.π. Δεν συμπεριλαμβάνονται όμως τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου και προστασίας των οποίων το κόστος αγγίζει τα **25,97 χιλιάδες ευρώ**. Συνεπώς το εκτιμούμενο κόστος του συνόλου του ηλεκτρομηχανολογικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι περίπου **589.435,06 ευρώ**.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8: Συγκεντωτική παρουσίαση του κόστους του ΜΥΗΕ

Είδος εργασίας	Κόστος (€)
1 ^{ος} αν. Αγωγός	82.171,68
2 ^{ος} αν. Αγωγός	16.140,86
3 ^{ος} αν Αγωγός	11.738,81
Δεξαμενή φόρτισης	2.934,70
Αγωγός πίεσης	29.347,02
Κτήριο ΜΥΗΕ	10.858,40
Στήριξη αγωγού πίεσης	8.804,10
Αμμοφράκτης	5.869,40
Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	563.462,95
Ηλεκτρ. Εξοπλισμός ελέγχου	26.412,33
Διασύνδεση με ΔΕΗ	5.869,40
ΣΥΝΟΛΟ	763.022,74

Τέλος το ετήσιο λειτουργικό κόστος εκτιμάται ότι δεν θα υπερβαίνει τις **1.467,35 €/έτος** και θα καλύπτει την περιοδική συντήρηση, τυχόν ανταλλακτικά και ασφάλιστρα ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, εκτός βέβαια από τα έξοδα του προσωπικού.

5.6 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν σημαντικά συγκριτικά πλεονεκτήματα σε αντίθεση με τα άλλα συμβατικά ενεργειακά έργα, ως εξής:

1. Η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης – απόζευξης στο δίκτυο ή η αυτόνομη λειτουργία τους
2. Η αξιοπιστία τους
3. Η παραγωγή ενέργειας άριστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις
4. Η άριστη διαχρονική συμπεριφορά τους
5. Η μεγάλη διάρκεια ζωής
6. Ο μικρός χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας και στην ανυπαρξία κόστους 1^{ης} ύλης
7. Η φιλικότητα προς το περιβάλλον (μηδενικές εκπομπές ρύπων)
8. Η ταυτόχρονη ικανοποίηση και άλλων αναγκών χρήσης νερού (ύδρευσης, άδρευσης, κ.λ.π.) και
9. Η δυνατότητα παρεμβολής τους σε υπάρχουσες υδραυλικές εγκαταστάσεις

Εκτός από τα πλεονεκτήματα υπάρχουν και τα μειονεκτήματα τα οποία παρουσιάζονται σαν εμπόδια. Αυτά είναι:

1. Οικονομικά εμπόδια: απαιτούνται μεγάλες επενδύσεις.
2. Οικολογικά εμπόδια: Διατάταξη οικολογικού περιβάλλοντος (κλίματος, πανίδας). Κίνδυνοι θράυσεως των φραγμάτων, καταστροφή αγροκτημάτων.
3. Γεωγραφικά εμπόδια: Η υδραυλική ενέργεια (πρωτογενής μορφή) δεν μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς να μετατραπεί σε δευτερογενή μορφή (π.χ. ηλεκτρισμός).
4. Ψυχολογικά εμπόδια: Αντίδραση των φυσιολατρών.

6. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

6.1 Γενικά

Το φυσικό αέριο είναι αέριο καύσιμο που υπάρχει στη φύση, αποτελούμενο κατά βάση από μεθάνιο (CH_4) και σε μικρότερες αναλογίες από άλλα αέρια, όπως αιθάνιο και βαρύτερους υδρογονάνθρακες και μη-καύσιμα αέρια όπως το άζωτο. Οι αναλογίες των συστατικών ποικίλουν ανάλογα με την προέλευση. Με τον όρο φυσικό αέριο, γενικά, θεωρείται το αέριο καύσιμο που εξάγεται από τη γη και μεταφέρεται με αγωγούς σε αέρια κατάσταση, μέχρι τα σημεία κατανάλωσής του.



Πρόδρομος του Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα ήταν το Φωταέριο. Το διέθεσε στην αγορά, για πρώτη φορά το 1857, η Γαλλική Εταιρία Φωταερίου, η οποία το 1939 περιήλθε στον Δήμο Αθηναίων. Η Δημοτική Επιχείρηση Φωταερίου (ΔΕΦΑ) συνέχισε να προμηθεύει τους καταναλωτές της με φωταέριο μέχρι το 1984.

Τη χρονιά αυτή έγινε η σύνδεση με τα Ελληνικά Διυλιστήρια Ασπροπύργου (ΕΛ Δ.Α.) και άρχισε η τροφοδότηση του δικτύου της ΔΕΦΑ με ναφθαέριο το οποίο χρησιμοποιήθηκε μέχρι το 1997. Το 1983 όμως είναι η χρονιά που καταρτίζεται η πρώτη προμελέτη για το Φυσικό Αέριο στην Ελλάδα.

Η μελέτη γίνεται για λογαριασμό της τότε Δημοσίας Επιχείρησης Πετρελαίου (ΔΕΠ) και το 1987 υπογράφεται η πρώτη διακρατική συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Ρωσίας για την προμήθεια φυσικού αερίου. Ακολουθούν συμφωνίες της ΔΕΠ με την ρωσική Sojuzgazexport, σήμερα Gazexport, και με την Sonatrach της Αλγερίας. Το Σεπτέμβριο του 1988 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) ως θυγατρική εταιρία της Δημοσίας Επιχείρησης Πετρελαίου, ενώ το Δεκέμβριο του 1997 ενσωματώνει στο δυναμικό της και το δίκτυο της ΔΕΦΑ. Σήμερα η ΔΕΠΑ έχει επιφορτιστεί με την ευθύνη μιας μεγάλης ενεργειακής επένδυσης, αναλαμβάνοντας την εισαγωγή, τη μεταφορά και την εκμετάλλευση του εθνικού συστήματος μεταφοράς φυσικού αερίου στην Ελλάδα.

Στο παρελθόν ο άνθρωπος αναζήτησε τρόπους για να βελτιώσει την ζωή του. Από την αρχαιότητα ακόμη εκμεταλλεύτηκε μορφές ενέργειας όπως αιολική, ηλιακή και αργότερα υδροκινητική. Στην πορεία ανακάλυψε ότι μπορούσε να στραφεί και στην γη για ενέργεια.

6.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά φυσικού αερίου

Η καθίζηση των οργανικών υλών στο υπέδαφος δημιούργησαν εκατομμύρια χρόνια πριν, ορυκτά πλούτου. Με τη σειρά της η οργανική ύλη μετατράπηκε σε υδρογονάνθρακες που οδήγησαν στη δημιουργία κοιτασμάτων.

πετρέλαιο(υγροί υδρογονάνθρακες)

Υδρογονάνθρακες

φυσικό αέριο(αέριοι υδρογονάνθρακες)

Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες ιδιότητες του φυσικού αερίου

- Το φυσικό αέριο είναι ορυκτό καύσιμο, άρα η διαθεσιμότητά του εξαρτάται από την επάρκεια των κοιτασμάτων (οι σημερινές προβλέψεις είναι για 80 - 100 χρόνια). Δεν πρέπει να σχετίζεται με υγραέριο βουτάνιο ή προπάνιο που είναι συνήθως παράγωγο καύσιμο από τα διυλιστήρια, επομένως η διαθεσιμότητά του εξαρτάται από την παραγωγική ικανότητα των διυλιστηρίων.
- Τα όρια ανάφλεξης του φυσικού αερίου είναι 4,5% - 15% (δηλαδή η καύση δεν μπορεί να διατηρηθεί εάν η περιεκτικότητα του αέρα σε φυσικό αέριο είναι εκτός αυτών των ορίων) ενώ του υγραερίου είναι 2% - 9,3%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Τυπική σύσταση φυσικού αερίου

ΣΥΣΤΑΣΗ	ΡΩΣΙΚΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	ΑΛΓΕΡΙΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ
Περιεκτικότητα (% κ.ο.) σε :		
Μεθάνιο (C1)	98	91,2
Αιθάνιο (C2)	0,6	6,5
Προπάνιο (C3)	0,2	1,1
Βουτάνιο (C4)	0,2	0,2
Πεντάνιο (C5) και βαρύτερα	0,1	-
Αζωτο (N2)	0,8	1,0
Διοξείδιο του άνθρακα (CO2)	0,1	-
Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη	απο 8,600 kcal/Nm ³ εως 9,200 kcal/Nm ³	απο 9,640 kcal/Nm ³ εως 10,650 kcal/Nm ³

- Το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα (σχετική πυκνότητα περίπου 0,55). Σε περίπτωση, επομένως διαρροής διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα. Το υγραέριο είναι βαρύτερο από τον αέρα (σχετική πυκνότητα περίπου 1,8).

- Η Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη του φυσικού αερίου κυμαίνεται από 9000 - 11000 Kcal/Nm³. Η Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη του υγραερίου είναι υψηλότερη 23000 - 30000 Kcal/Nm³. Αυτό σε συνδυασμό με την διαφορετική σχετική πυκνότητα των δύο καυσίμων, σημαίνει ότι το φυσικό αέριο και το υγραέριο δεν είναι μεταξύ τους εναλλάξιμα, δηλαδή δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το ένα σε καυστήρες που είναι σχεδιασμένοι για την καύση του άλλου.

Το φυσικό αέριο έχει ανοδική τάση οπότε στην πορεία του αυτή παγιδεύεται σε κοιλότητες του υπεδάφους όπου και το βρίσκει ο άνθρωπος. Το φυσικό αέριο δεν περιέχει στερεά σώματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Ιδιότητες των αερίων

	Χημικός Τύπος	Μοριακό Βόρος	Πυκνότητα g/m ³ 0°C@760mm Hg Ξηρό	Σχετική Πυκνότητα Αέρας = 1	Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη σε kcal/m ³ 0°C@760mm Hg, Ξηρό Ισοκκό αέριο	Θερμική επίπληση σε ξηρό αέρα καύσης m ³ /m ³
Μεθάνιο	CH ₄	16,043	715,0	0,5537	9.497,20	0,52
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	30,070	1.342	1,0378	16.513,4	16,66
Προπάνιο	C ₃ H ₈	44,097	1.968	1,5219	23.611,9	23,00
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	58,124	2.594	2,0081	30.699,0	30,94
Βενζόλιο	C ₆ H ₆	78,114	3.486	2,6961	35.699,2	35,70
Νερό	H ₂ O	18,016	803,0	0,6218		
Οξυγόνο	O ₂	32,00	1.428	1,1044		
Αζώτο (καθόρου)	N ₂	28,016	1.250	0,9669		
Αέρας		(28,97)	1.293	1,0000		
Διοξείδιο του Άνθρακα	CO ₂	44,011	1.364	1,0489		
Μονοξείδιο του Άνθρακα	CO	28,011	1.250	0,9667	1.075,5	2,30
Υδρογόνο	H ₂	2,016	89,95	0,0696	1.054,2	2,90

6.3 Χρήσεις του φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον τριτογενή, βιομηχανικό και οικιακό τομέα

- Τριτογενής: για θέρμανση, ψύξη χώρων, παραγωγή ζεστού νερού και μαγείρεμα φαγητών
- Βιομηχανικό: εκτός από καύσιμο και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βασικών χημικών ενώσεων
- Οικιακό: θέρμανση, παραγωγή ζεστού νερού και μαγείρεμα φαγητών

6.3.1 Φυσικό αέριο στη βιομηχανία

Το φυσικό αέριο είναι η φυσική ενεργειακή επιλογή για βιομηχανίες με άμεσες και έμμεσες θερμικές ανάγκες αλλά και η συμφέρουσα επιλογή στην παραγωγή αμμωνίας, βελτιώνοντας την ανταγωνιστική θέση των μονάδων.

Αν επιχειρήσουμε να δώσουμε με απλά λόγια την εικόνα του φυσικού αερίου, θα λέγαμε ότι είναι ένα εύρηστο, αποδοτικό, καθαρό και οικονομικό καύσιμο. Αν δε σε όλα αυτά προσθέσουμε και την διαθέσιμότητά του, τις εξελιγμένες τεχνολογίες και την αξιοπιστία στην παροχή του, τότε η βιομηχανία δεν χρειάζεται να σκεφθεί πολύ για να το υιοθετήσει.

Βασικά πλεονεκτήματα του Φυσικού Αερίου στον βιομηχανικό τομέα:

- Συνεχής παροχή καυσίμου που εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργία και αποδεσμεύει κεφάλαια για διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων
- Μειωμένες εκπομπές ρύπων, που συμβάλλουν αποφασιστικά στο καθαρότερο περιβάλλον και στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης.
- Αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία.

- Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
- Ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου.
- Αποκέντρωση θερμικών χρήσεων.

6.3.2 Φυσικό αέριο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο το φυσικό αέριο είναι η νέα μεγάλη πρόκληση στη χρήση του και εξελίσσεται με ταχύτετους ρυθμούς σε όλη την Ευρώπη. Ιδιαίτερα στη χώρα μας, με την απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς, η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού καθώς και οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου αποκτούν ιδιαίτερα επίκαιρο χαρακτήρα.

Οι φυσικές αντιρροπαντικές ιδιότητες του φυσικού αερίου σε συνδυασμό με το φθινόκοστος παραγωγής και την υψηλή του απόδοση σε θερμική ενέργεια, το καθιστούν μοναδικό καύσιμο στην ηλεκτροπαραγωγή. Η ΔΕΗ έχει συνάψει 25ετή σύμβαση συνεργασίας με τη ΔΕΠΑ και έχει θέσει ήδη σε λειτουργία μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, με καύσιμο το φυσικό αέριο.

6.3.3 Φυσικό αέριο στον οικιακό τομέα

Περισσότερο από 50 εκατομμύρια νοικοκυριά στην Ευρώπη και πάνω από τα μισά νοικοκυριά της Αμερικής απολαμβάνουν καθημερινά τις ευκολίες, την αυτονομία, την ασφάλεια και την οικονομία που τους προσφέρει η μόνιμη και σταθερή παροχή του φυσικού αερίου:

- στη θέρμανση, χωρίς εξαρτήσεις και με σταθερή παροχή κάτω από τον απόλυτο έλεγχό σας.

- στο μαγείρεμα, χωρίς χρόνους αναμονής και με άμεση ρύθμιση της θερμοκρασίας,
- στο ζεστό νερό, τη στιγμή που το θέλετε, όπου και όταν το θέλετε,
- και σε πολλές άλλες λειτουργίες του νοικοκυριού,
- με μια σειρά νέων προϊόντων όπως στεγνωτήρια ρούχων, τζάκια και μπάμπεκιου.

Και όλα τα παραπάνω με έναν απλό και γρήγορο τρόπο σύνδεσης και με μία συγκριτικά χαμηλή οικονομική δαπάνη που γίνεται εφάπαξ.



ΜΗΧΑΝΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Βασικά πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου στον οικιακό τομέα

- Αυτονομία, αμεσότητα και ταχύτητα,
- Σταθερή και μόνιμη παροχή, χωρίς εξαρτήσεις,
- Ασφάλεια στη χρήση, χωρίς οσμές, θορύβους και ρύπους,
- Εύκολη και απλή εγκατάσταση εξοπλισμού με καθαριότητα και οικονομία χώρων,
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των συσκευών και του εξοπλισμού, με υψηλότερη απόδοση και μικρότερο κόστος συντήρησης, χωρίς πρόσθετες δαπάνες για την ομαλή λειτουργία του (δεξαμενές, αντλίες, προθερμαντήρες, κ.λπ.),
- Οικονομία αφού χρεώνεται όσο ακριβώς χρησιμοποιείται. Δεν προπληρώνεται όπως το πετρέλαιο,
- Είναι οικονομικότερο από το πετρέλαιο και είναι αρκετά φθηνότερο από τον ηλεκτρισμό.

6.3.4 Φυσικό αέριο σε επιχειρήσεις του τριτογενούς τομέα

Ξενοδοχεία και νοσοκομεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα, αθλητικά και πολιτιστικά κέντρα, μεγάλα κτίρια γραφείων, χώροι αναψυχής, εμπορικά κέντρα και καταστήματα, μπορούν τώρα να χρησιμοποιήσουν το Φυσικό Αέριο για θέρμανση των χώρων, παραγωγή ζεστού νερού, μαγείρεμα καθώς και άλλες εξειδικευμένες εργασίες, εκμεταλλευόμενα τα ασύγκριτα πλεονεκτήματά του και επιτυγχάνοντας μεγάλες οικονομίες κλίμακας και απόλυτη λειτουργικότητα.

Ακόμα και μια σειρά επαγγελματιών θα βρουν στο φυσικό αέριο τη συμφέρουσα λύση στις καθημερινές ανάγκες των επιχειρήσεών τους. Αρτοποιεία, εστιατόρια, εργαστήρια ζαχαροπλαστικής, εργαστήρια αργυροχρυσοχοΐας, πλυντήρια και στεγνωτήρια, συνεργεία αυτοκινήτων με φούρνους βαφής περιλαμβάνονται στον μακρύ κατάλογο των καταναλωτών του φυσικού αερίου.

Βασικά Πλεονεκτήματα του Φυσικού Αερίου στον τριτογενή τομέα:

- Συνεχής παροχή και έλλειψη ενασχόλησης με παραγγελίες και παραλαβές καυσίμων.
- Δυνατότητα εκμετάλλευσης σημερινών αποθηκευτικών χώρων (δεξαμενών).
- Αισθητική αρτιότητα, αυξημένη καθαριότητα χώρων και συσκευών.
- Μειωμένη συντήρηση, ορθολογική χρήση ενέργειας, μείωση λειτουργικών δαπανών, οικονομία.
- Επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού, υψηλότερη απόδοση.

6.3.5 Φυσικό αέριο στην αυτοκίνηση

Οι εφαρμογές του φυσικού αερίου συνεχώς επεκτείνονται σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτό είναι μια πρακτική απόδειξη ότι το φυσικό αέριο είναι πράγματι το καύσιμο του μέλλοντος και ότι θα συμβάλλει ουσιαστικά στη λύση του ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος της ανθρωπότητας.

Η κίνηση λεωφορείων με φυσικό αέριο είναι ένα τέτοιο παράδειγμα και η ΔΕΠΑ είναι από τις πρώτες που το εφάρμοσαν. Τριακόσια νέα λεωφορεία της ΕΘΕΛ με αεριοκίνηση τέθηκαν ήδη σε κυκλοφορία στην πρωτεύουσα, παράλληλα με την κατασκευή ενός από τους πιο σύγχρονους και μεγαλύτερους σταθμούς ανεφοδιασμού στην Ευρώπη. Μια ενδεδειγμένη ενέργεια για τις ελληνικές πόλεις που αντιμετωπίζουν περιβαλλοντικά προβλήματα αλλά και για βιομηχανίες που εδρεύουν σε επιβαρημένες περιοχές και χρησιμοποιούν λεωφορεία για τις μεταφορές του προσωπικού τους.

6.4 Προστασία του Περιβάλλοντος

Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Οικολογικές οργανώσεις διαφωνούν με τον τρόπο προώθησης του φυσικού αερίου. Η Greenpeace έστειλε ανοιχτή επιστολή στην ΕΠΑ με τα εξής σχόλια:

- Δεν είναι οικολογική μορφή ενέργειας(συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου)
- Δεν είναι και η πιο καθαρή ενέργεια για κεντρική θέρμανση
- Δεν είναι μοντέρνα μορφή ενέργειας
- Είναι εξαντλήσιμη πηγή ενέργειας(περιορισμένα αποθέματα)

ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΙ ΡΥΠΟΙ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΆΛΛΑ ΚΑΥΣΙΜΑ
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
σε mg/m

Τύπος καυσίμου	Σωματόδια	Οξείδια του αζώτου	Διοξείδιο του θείου	Μονοξείδιο του άνθρακα	Υδρογονάνθρακες
Κάρβουνο	1.092	387	2.450	13	2
Μαζούτ	96	170	1.400	14	3
Ντιζέλ	6	100	220	16	3
Φ.Α.	4	100	0,3	17	1

6.5 Τόνωση της βιομηχανικής απασχόλησης

Το φυσικό αέριο προσφέρει τη δυνατότητα εισαγωγής νέων τεχνολογιών αυξημένης ενεργειακής απόδοσης, σε πολλούς βιομηχανικούς κλάδους.

Παρέχει το κίνητρο για τον εκσυγχρονισμό του ενεργειακού εξοπλισμού των μονάδων. Ενισχύει την παραγωγή ποιοτικά ανωτέρων προϊόντων σε συγκεκριμένες βιομηχανίες.

Ανάμεσα στα πλέον εκτιμώμενα χαρακτηριστικά του Φυσικού Αερίου στη βιομηχανία είναι η απουσία ενώσεων θείου και η συνεχής παροχή του. Πράγματι, η καθαρότητα του καυσίμου αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα στην παραγωγή του γυαλιού και των κεραμικών ειδών, αφού βελτιώνει την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Στη χημική βιομηχανία χρησιμοποιείται όχι μόνο ως καύσιμο, αλλά ιδίως ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βασικών χημικών ενώσεων που προορίζονται στη βιομηχανία των συνθετικών ρητινών, των πλαστικών υλών και των λιπασμάτων.

Για τις βιομηχανικές επεξεργασίες συνεχούς λειτουργίας, η σταθερότητα της παροχής συνιστά απόλυτη αναγκαιότητα, που το φυσικό αέριο μπορεί να ικανοποιήσει, χάρη στο γεγονός ότι η μεταφορά του δεν υπόκειται σε απρόβλεπτους εξωτερικούς παράγοντες.

6.6 Πλεονεκτήματα

6.6.1 Εξοικονόμηση ενέργειας

Με την υποκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο, κυρίως στις οικιακές και εμπορικές χρήσεις, θα αποφευχθούν οι απώλειες μετατροπής του σε ηλεκτρική ενέργεια καθώς και στη μεταφορά της. Η χρησιμοποίηση φυσικού αερίου σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου θα έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του βαθμού απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού σε 52-55% έναντι 35-40% των συμβατικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών. Λόγω της "καθαρότητας" των προϊόντων καύσης του φυσικού αερίου, αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ'ευθείας σε ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές χωρίς την παρεμβολή εναλλακτών που έχουν ως συνέπεια ενεργειακές απώλειες.

6.6.2 Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο

Η χρήση του φυσικού αερίου θα έχει σημαντικές θετικές επιδράσεις στη δομή του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας, μια και θα μειωθεί η εξάρτησή της από το πετρέλαιο.

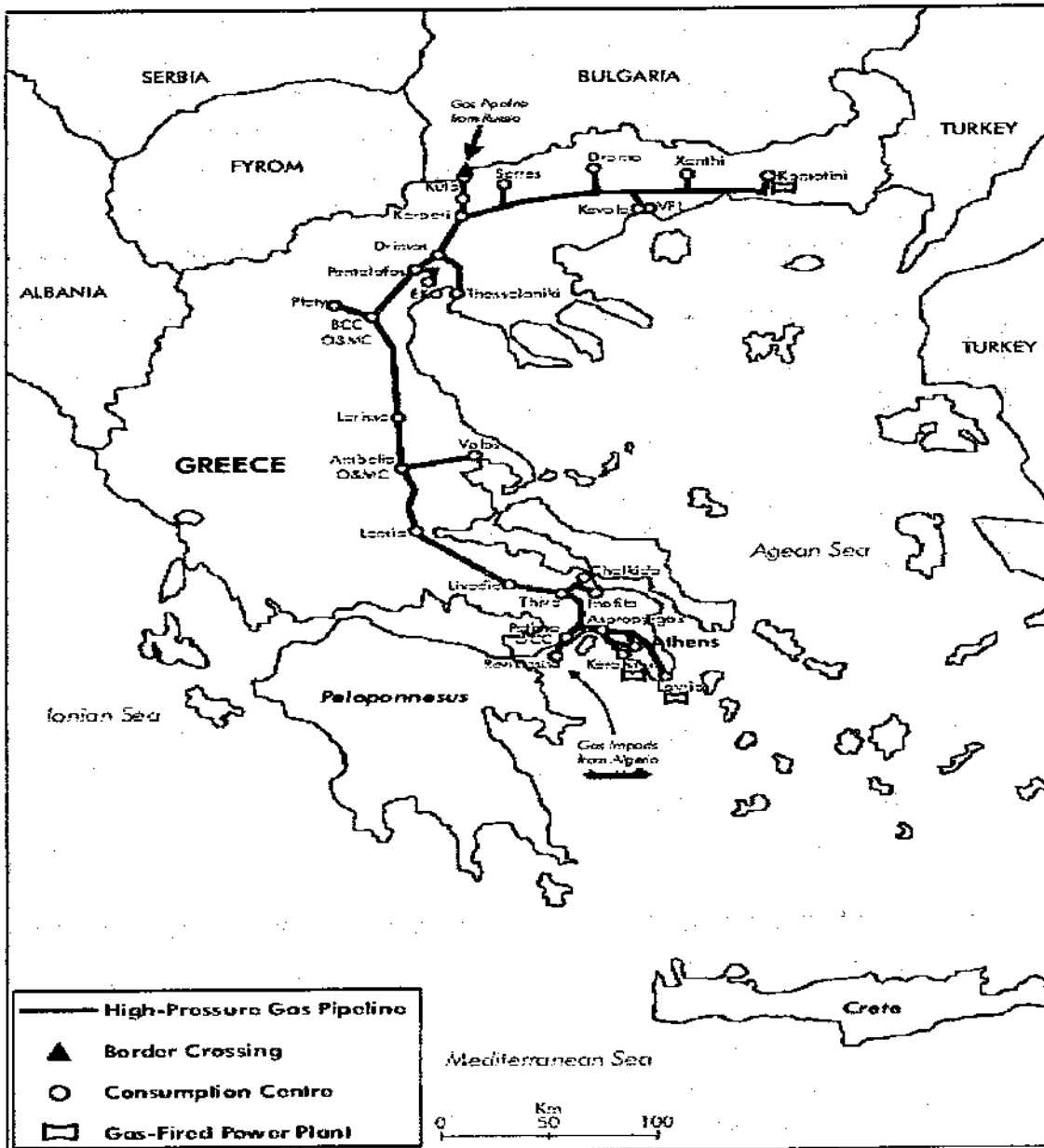
6.6.3 Τόνωση της απασχόλησης

Η διεύρυνση της χρήσης του φυσικού αερίου στον οικιακό, εμπορικό και βιομηχανικό τομέα συμβάλλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση της ανεργίας με τη δημιουργία νέων θέσεων και ειδικοτήτων στην αγορά εργασίας.

Τα οφέλη από τη χρήση του φυσικού αερίου στον οικιακό και εμπορικό τομέα:

- Είναι η πιο οικονομική ενέργεια.
- Οδηγεί σε γρήγορη απόσβεση της επένδυσης
- Η μέτρηση γίνεται με ακρίβεια
- Ο λογαριασμός πληρώνεται μετά την κατανάλωσή του
- Δεν απαιτείται αποθηκευτικός χώρος.





Χάρτης του φυσικού αερίου στην Ελλάδα.

7. ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

7.1 Γενικά

Είναι γνωστό, ότι το πετρέλαιο αποτελεί την κυριότερη πηγή ενέργειας, που θεωρείται η βάση του τεχνικού μας πολιτισμού. Δεν υπάρχει τομέας της ανθρώπινης δραστηριότητας, που να μη βρίσκει εφαρμογές το σπουδαιότερο αυτό προϊόν της γής.

Οι αρχαιολόγοι Hall και Wolley έφεραν στο φως τις πρώτες μαρτυρίες για το πετρέλαιο της Μεσοποταμίας, όπου οι άνθρωποι ήξεραν αρκετά για τις ιδιότητες του και τις περιοχές, που το έκρυβαν στα έγκατα τους.

Η ονομασία του ετυμολογικά σημαίνει έλαιο (λάδι) της πέτρας. Στην Παλαιά Διαθήκη ονομάζεται «άσφαλτος» και σε αρχαίους αιγυπτιακούς παπύρους αναφέρεται με τα ονόματα «έλαιον της Συρίας», «έλαιον της Βίβλου» και «Φοινικικόν έλαιον». Επίσης, ο Ηρόδοτος το ονομάζει «άσφαλτον» και οι Βυζαντινοί το χρησιμοποίησαν για βασικό υλικό στην παρασκευή του «υγρού πυρός».

Αν και το πετρέλαιο ήταν γνωστό από τ' αρχαία χρόνια, οι εφαρμογές του, που γνώρισαν τεράστια ανάπτυξη στη σύγχρονη μας καταναλωτική κοινωνία, μόλις από το 1850 άρχισαν να διαφαίνονται. Από τότε, όσο τα χρόνια περνούσαν, τόσο το κυνήγι αναζήτησης πετρελαίου έπαιρνε μεγαλύτερες διαστάσεις, δημιουργώντας συχνά μεταξύ των διαφόρων εθνών κρίσιμες καταστάσεις, ακόμη και συγκρούσεις.

Η εξάρτηση του πολιτισμού από την ενεργειακή αυτή πηγή ανάγκασε πολλές κυβερνήσεις κρατών να προβαίνουν σε παραχωρήσεις σε εταιρείες πετρελαίου, που επενδύουν τεράστια κεφάλαια για τις έρευνες αυτές οι οποίες συνεχίζονται μ' εντατικό ρυθμό, σε όλα τα πλάτη και τα μήκη. Και στον ελλαδικό χώρο, φυσικά, γιατί προσφέρεται θετικά για τον εντοπισμό κοιτασμάτων με οικονομικό ενδιαφέρον.

7.2 Γεωλογία πετρελαίου

7.2.1 Τι είναι το πετρέλαιο

Το πετρέλαιο αποτελείται από υδρογονάνθρακες. Οι παραφίνες είναι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες του τύπου C_nH_{2n+2} . Τα αέρια της σειράς των παραφινών είναι το : μεθάνιο (CH_4), αιθάνιο (C_2H_6), προπάνιο (C_3H_8) και βουτάνιο (C_4H_{10}).

Τα υγρά είναι πεντάνιο (C_5H_{12}), εξάνιο (C_6H_{14}) και ακολουθούν περαιτέρω άλλα παράγωγα με 15-20 άτομα άνθρακα.

Οι αρωματικές ενώσεις είναι ακόρεστοι κυκλικοί υδρογονάνθρακες π.χ. βενζίνη (C_6H_6) και ναφθαλίνη ($C_{10}H_{18}$). Οι ολεφίνες, εκτός από σπάνιες περιπτώσεις π.χ. Πενσυλβάνια, δεν έχουν βρεθεί σε κοιτάματα πετρελαίου, είναι προϊόντα της διύλισης. Αποτελούνται από ακόρεστους υδρογονάνθρακες του τύπου C_nH_{2n} .

Το ειδικό βάρος του πετρελαίου κυμαίνεται από 0,70-0,90 g/cm^3 στα ελαφρά πετρέλαια και από 0,9-1,0 g/cm^3 στα βαριά.

Εξαρτάται από τη συμμετοχή υδρογονανθράκων με χαμηλό αριθμό mol. Δηλαδή όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μορίων υδρογονανθράκων με χαμηλό μοριακό βάρος, τόσο ελαφρύτερο είναι το πετρέλαιο.

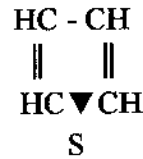
7.2.1.1 Ενώσεις με οξυγόνο

m – kresol Methylcyclopentancarbons – Οξύ

7.2.1.2 Ενώσεις με θείο

CH₃ – CH₂SH
Athymercaptan

Thiopen

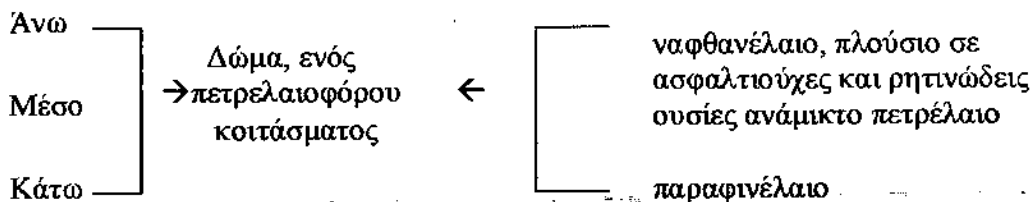


7.2.1.3 Ενώσεις με άζωτο

Dimethylpyridin
Trimethylchinolin
Carbazol

Φυσικά πετρέλαια αποτελούνται κατα μέσον ορο απο 83 – 87 % άνθρακα, 11 – 14% υδρογόνο και το υπόλοιπο απο άλλα στοιχεία, μέχρι 5%. Σε μερικά πετρέλαια φθάνει η περιεκτικότητα σε θείο και σε ενώσεις του θείου μέχρι 50%. Επίσης βρίσκονται και σε πολύ μικρές δόσεις και σπάνια μέταλλα, (π.χ. σε συμπλέγματα Va και Ni).

Υπάρχουν παραφινέλαια και ναφθανέλαια, αναλόγως ποιο υπερτερεί. Η κατανομή των διαφόρων υδρογονανθράκων σ' ένα πετρελαιοφόρο κοιτάσμα έχει ως εξής :



Με αυξανόμενο βάθος παρατηρούνται τα εξής κοινά στοιχεία:

- 1) Αύξηση θερμοκρασίας (βάθος).
- 2) Αύξηση πίεσης.
- 3) Η αλμυρότητα του νερού έχει την τάση να αυξάνεται.
- 4) Η πυκνότητα του νερού έχει την τάση να αυξάνεται.
- 5) Η πυκνότητα του πετρελαίου έχει την τάση να ελαττώνεται.
- 6) Η πυκνότητα της αργίλου έχει την τάση να αυξάνεται.

Η εσωτερική τριβή (ιξώδες – viscosity) ενός υγρού πετρελαίου κυμαίνεται μεταξύ 1 και 140 cp (centipoise). Εξαρτιέται από την ποσότητα του φυσικού αερίου που βρίσκεται διαλυμένο στο πετρέλαιο, και ακόμα από τη θερμοκρασία και την πίεση που επικρατούν στο κοίτασμα. Το «νεκρό» πετρέλαιο, χαρακτηρίζεται από το υψηλό ιξώδες που έχει. Απ' αυτό έχουν σχεδόν φύγει οι αέριοι υδρογονάνθρακες ενώ έχει και δύσκολη παραγωγή.

7.2.2 Δημιουργία του πετρελαίου

Γενικά σήμερα είναι παραδεκτή η εκδοχή ότι το πετρέλαιο είναι οργανικής προέλευσης. Έχουν όμως βρεθεί μεμονωμένα κοιτάσματα αερίου υδρογονάνθρακα στα όρη Chibina (της χερσονήσου Κόλα), που αποτελούνται από Νεφελίτες – Συενίτες και αρχαϊκούς γνεύσιους. Τα αέρια που εξέρχονται από τις ρογμές των βράχων δεν έχουν καμιά εκμεταλλεύσιμη αξία και περιέχουν εκτός μεθανίου ενώσεις βαρέων υδρογονανθράκων.

Οι αρχικές ύλες απ' όπου δημιουργήθηκε το πετρέλαιο είναι : λευκώματα, υδατάνθρακες και λίπη. Οι ύλες αυτές προέρχονται από το ζωοπλαγκτόν και το φυτοπλαγκτόν που έζησε σε παλαιότερες θάλασσες καθώς και σε εσωτερικές θάλασσες (μεγάλες λίμνες).

Η μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων, των ζώντων οργανισμών σε πετρέλαιο καθώς και οι χημικές διαδικασίες που λαμβάνουν μέρος ακολουθούν τον εξής δρόμο:

Οργανικά υπολείμματα $\xrightarrow[\text{αντιδρ.}]{\text{βιομηχ.}}$ πρωυποισσάσφαλο + $\xrightarrow[\text{και δράση μικροβ.}]{\text{πίεση, θερμοκρ.}}$ +

επίδραση επιφανειακών υδάτων + οξυγόνο + καταλυτική επίδραση των πετρωμάτων λόγω μεταμορφώσεως \rightarrow παραφίναι, ναφθαλίνας, αρωματικές ενώσεις καθώς και θειούχες, αζωτούχες και οξυγονούχες ενώσεις του πετρελαίου. Ελάχιστα ίχνη από πορφυρίνη στο πετρέλαιο, που προέρχεται μερικώς από τα πράσινα φύλλα (χλωροφύλλη) – αλλά και το φυτοπλαγκτόν έχει χλωροφύλλη για τη φωτοσύνθεση που χρειάζεται για την αυτοτροφή του – και μερικώς από την κόκκινη χρωστική ουσία του αίματος (αιματίνη), δηλώνει την προέλευση του πετρελαίου από υψηλώς εξελιγμένη οργανική μητρική ουσία.

Ένα παράγωγο προϊόν του σχηματισμού πετρελαίου είναι το νερό, που χαρακτηρίζεται για την περιεκτικότητά του σε ιώδιο, βρώμιο και βόριο. Αυτά τα πετρελαιοφόρα νερά που συνοδεύουν το πετρέλαιο, συνήθως αναμιγνύονται με νερά που προέρχονται από άλλους ορίζοντες ή και από την επιφάνεια του εδάφους.

Πετρώματα, στα οποία σύμφωνα με τη σύσταση και τη δημιουργία τους μπορεί να σχηματισθεί πετρέλαιο, καλούνται μητρικά πετρώματα (source rocks) πετρελαίου. Σ' αυτά το πετρέλαιο είναι κατανεμημένο με σταγονίδια στους πόρους τους. Τα σταγονίδια αυτά μέσα στο μητρικό πέτρωμα ονομάζονται μικρονάφθα. Η αναλογία του μικρονάφθα στο πέτρωμα είναι χαμηλή. Κυμνείται μεταξύ 5 και 500 g/t. Από νεότερες έρευνες φαίνεται να είναι οι ασβεστόλιθοι εξίσου μητρικά πετρώματα πετρελαίου, όπως τα αργιλώδη ιζήματα.

7.3 Κοιτάσματα πετρελαίου

Τα μικρά σταγονίδια του πετρελαίου δεν παραμένουν συνήθως στα μητρικά πετρώματα, αλλά μεταναστεύουν σε πορώδεις ορίζοντες. Απο τη μετανάστευση αυτή μπορεί να βρεθεί πετρέλαιο σ' όλα τα πορώδη πετρώματα απο το Κάμβιο έως το Πλειστόκαινο, εαν επικρατούν στα μέρη αυτά οι προηγούμενες αναφερθείσες συνθήκες για τη μετατροπή της οργανικής ουσίας σε πετρέλαιο. Εξαιτίας διαφόρων τεκτονικών δομών που εμποδίζουν τη μετανάστευση του πετρελαίου σε πορώδεις ορίζοντες είναι δυνατόν να συσσωρευτεί πετρέλαιο που να παρουσιάζει οικονομική αξία.

Πετρελαιοφόρα κοιτάσματα δημιουργούνται απο τη μετανάστευση του πετρελαίου απο τον τόπο δημιουργίας του (μητρικά πετρώματα) σε πορώδεις ορίζοντες, τους καλούμενους αποταμιευτήρες πετρελαίου. Κατα τον Wassojewitch η μετανάστευση αρχίζει στο στάδιο της καταγένεσης. (Βάθος 1.500 έως 2600m και πίεση $P=300 \text{ atm}$).

7.4 Αποταμιευτήρια πετρώματα πετρελαίου (Reservoir rocks)

Απο τα πορώδη πετρώματα οικονομική αξία έχουν μόνο τα καλούμενα «αποταμιευτήρια» πετρώματα, τα οποία μπορούν να αποδώσουν πάλι σχετικά σύντομα πετρέλαιο. Η απόδοση πετρελαίου απο ενα αποταμιευτήριο πέτρωμα εξαρτάται κυρίως απο το ενεργό πορώδες (μεγάλοι πόροι), απο τη διαπερατότητα (Permeability) ή τις διακλάσεις του πετρώματος και απο το ιξώδες (Viscosity) του πετρελαίου, λαμβανομένου υπόψη οτι παίζει σπουδαίο ρόλο η πίεση του κοιτάσματος, ιδιαίτερα σε κοιτάσματα φυσικού αερίου. Η απόδοση μπορεί να είναι μηδαμινή, εαν το πετρέλαιο είναι παχύρευστο. Το πορώδες μετριέται σε (%) εν αναλογία με το πέτρωμα και η διαπερατότητα μετριέται σε (md) Millidarcy, απο το όνομα του Γάλλου ερευνητή D' Argy που τη μέτρησε πρώτος.

«Η διαπερατότητα των πετρωμάτων (εδαφών) χαρακτηρίζεται απο το συντελεστή διαπερατότητας K (m/s) του νόμου φίλτρου του Darcy».

$$V = k \cdot i$$

όπου:

k =συντελεστής διαπερατότητας =ταχύτης φίλτρου σε πτώση δυναμικού $i=1$

V =ταχύτης φίλτρου (m/s)

i =υδραυλική πτώση (h/l)

h =υδραυλική υψομετρική πίεση (m)

l =διείσδυση του υγρού (m)

Η διαπερατότητα και όχι ο όγκος των πόρων παίζει ρόλο. Το Darcy είναι η ποσότητα του υγρού σε (cm³) η οποία διαπερνά υπο πίεση 1 atm σε 1 sec τη διατομή 1cm² ενός πετρώματος. Βλέπουμε ότι η εξόρυξη του πετρελαίου εξαρτάται απο τις ιδιότητες του πετρελαιοφόρου στρώματος. Το πορώδες των αποταμιευτηρίων πετρωμάτων κυμένεται κατα μέσο όρο μεταξύ 10 και 40 %. Πορώδες άνω του 30 % είναι πάρα πολυ καλό. Γύρω στα 90 – 95 % των πόρων σχηματίζουν το ενεργό πορώδες σε ενα πέτρωμα. Αυτό είναι ο χώρος των κενών ο οποίος συνδέεται μεταξύ του, και μπορεί να αποδώσει πετρέλαιο ή φυσικό αέριο. Η διαπερατότητα κυμένεται μεταξύ 0 και μερικών χιλιάδων Millidarcy. Εξαρτάται απο τη διαγενετική κατάσταση των πετρωμάτων και το βάθος που βρίσκονται. Όσο πιο βαθιά είναι τα πετρώματα έχουν συνήθως μικρότερη διαπερατότητα, απ' ότι τα πετρώματα νεωτέρων σχηματισμών.

Τα κυριότερα αποταμιευτήρια πετρώματα είναι: άμμος, ψαμμίτες, ασβεστόλιθοι και δολομίτες. Κατα καιρούς βρίσκεται πετρέλαιο σε μάργες, μαργαϊκούς λίθους και αργίλους, όπως και σε πορώδη τμήματα κρυσταλλικών πετρωμάτων, αλλά όμως πολύ σπάνια. Τα 90 % της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου προέρχονται απο αμμούχα πετρώματα ή ψαμμίτες. Σε δεύτερη σημαντική σειρά σαν αποταμιευτήρια πετρώματα έρχονται οι ασβεστόλιθοι.

Στις άμμους παίζει μεγάλο ρόλο το μέγεθος των κόκκων, η διαβάθμιση των κόκκων και η αλλαγή αυτών των παραμέτρων μέσα στο ίδιο στρώμα (αλλαγή φάσεων). Αυτές οι ιδιότητες αλλάζουνε πολύ στους ψαμμίτες λόγω της διαγενέσεως, π.χ. συνέπεια αποπυριτώσεως ή απασβεστώσεως των κόκκων μεταξύ τους. Καλώς διαβαθμισμένοι κόκκοι άμμου έχουν κατα μέσο όρο μεγαλύτερο όγκο πόρων, απ' ότι κακώς διαβαθμισμένοι η μή κόκκοι.

7.4.1 Αμμώδη εδάφη

Το αμμώδες έδαφος εμφανίζεται σαν ένα υλικό που αποτελείται απο δυο φάσεις, τη στερεή, δηλαδή τους κόκκους και την αέριο, δηλαδή τα κενά που υπάρχουν μεταξύ των κόκκων και τα οποία αποτελούν τους πόρους. Ο δείκτης πόρων e , λόγω του όγκου των κενών V_v προς τον όγκο της στερεάς φάσης V_s εκφρασμένος σε ποσοστά επι τοις εκατό χαρακτηρίζει το ποσοστό των κενών ενος εδάφους. Χρησιμοποιείται μερικές φορές και το πορώδες n , λόγος του όγκου των κενών V_v προς τον ολικό όγκο V του δοκιμίου, αλλά είναι λιγότερο εύχρηστος απο το e , γιατί ο παρανομαστής είναι μεταβλητός. Εξάλλου οι δυο δείκτες συνδέονται με τη σχέση $n = e/1+e$.

Η άμμος παρουσιάζει εν τούτοις μερικές φορές μια μικρή συνοχή που οφείλεται σε δυο αιτίες : στη χημική αλλοίωση της επιφάνεια των κόκκων που προκαλεί συγκόλληση με δυνάμεις έλξεως μέχρι $5 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ και στις δυνάμεις της τριχοειδούς ανύψωσης που για την άμμο έχουν τιμή της τάξης των $7 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

7.4.2 Αργιλικά εδάφη

Οι κόκκοι είναι ηλεκτρισμένοι και αυτό δημιουργεί δυνάμεις έλξης στις οποίες οφείλεται η συνοχή. Οι δυνάμεις αυτές έχουν πρακτική σημασία μόνο για τους πολύ μικρούς κόκκους και τελικά μόνο για την άργιλο. Οι δυνάμεις αυτές αντιστοιχούν σε μια μέση τάση σ_n κάθετη στην επιφάνεια ολισθήσεως.

Η τάση σ_n εξαρτάται από τη σύσταση των κόκκων, τη μορφή και τον αριθμό των σημείων επαφής μεταξύ κόκκων, τη μορφή και τον αριθμό των σημείων επαφής μεταξύ κόκκων που είναι συνάρτηση, της δομής της αργίλου. Επι πλέον υπάρχουν οι τάσεις έλξης που οφείλονται στην τριχοειδή ανύψωση καθώς και συνδέσεις που οφείλονται στις χημικές αλλοιώσεις των επιφανειών.

Για την αποταμίευση πετρελαίου σε ασβεστόλιθους έχει σημασία το πώς δημιουργήθηκαν και πώς μεταβλήθηκαν κατά το γεωλογικό παρελθόν είτε από την αποσάθρωση είτε από τεκτονικά φαινόμενα. Εξαιρετικοί αποταμιευτές πετρελαίου είναι οι ύφαλοι ή οι υφαλογόνοι ασβεστόλιθοι, π.χ. οι υφαλογόνοι ασβεστόλιθοι του Άνω Δεβονίου στο Δ.Καναδά, του Περμίου στο Τέξας απ' όπου παράγονται οι μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου σε όλο τον κόσμο.

7.5 Μετανάστευση του πετρελαίου

Στα μητρικά πετρώματα το πετρέλαιο είναι κατανεμημένο σε διάχυτη κατάσταση υπό τη μορφή μικρών σταγονιδίων και η εξόρυξη του γι' αυτό το λόγο είναι πολύ δύσκολη, εάν όχι αδύνατη. Αντίθετα σε πορώδη και με διακλάσεις πετρώματα συναντάται σε διάφορες θέσεις σε μεγαλύτερες ποσότητες. Από αυτό συνάγεται το συμπέρασμα ότι το πετρέλαιο μετακινείται στην περιοχή της λιθόσφαιρας. Συνέπεια συμπυκνώσεως των ιζημάτων από τη πίεση των υποκειμένων στρωμάτων και ανυψώσεως της θερμοκρασίας, το πετρέλαιο προωθείται σε περισσότερο πορώδεις ορίζοντες.

Κατά τη διάρκεια μακρών μετακινήσεων από τα μητρικά στα αποταμιευτήρια πετρώματα συμβαίνει δια προσροφήσεως ή συμπυκνώσεως κλασματικός διαχωρισμός του πετρελαίου. Η διάρκεια που το πετρέλαιο κινείται μέσα στο μητρικό πέτρωμα και δεν έχει πλησιάσει ακόμη το αποταμιευτήριο πέτρωμα καλείται αρχική μετακίνηση.

Δευτερογενής μετακίνηση καλείται η μετακίνηση του πετρελαίου μέσα στα αποταμιευτήρια πέτρωμα. Η μετακίνηση του πετρελαίου από τα μητρικά στα αποταμιευτήρια πετρώματα δυνατόν να συμβεί σε πλάγια και κάθετη κατεύθυνση. Η πλευρική μετακίνηση του πετρελαίου οφείλεται στις δυνάμεις τριχοειδούς ανύψωσης εντός του ιζήματος συνέπεια συμπυκνώσεως του μητρικού πετρώματος από τα υπερκείμενα στρώματα. Η κάθετη μετακίνηση παρατηρείται σε αδιαπέρατα στρώματα, ως επί το πλείστον σε πολύ λεπτές διακλάσεις.

7.6 Κατηγορίες πετρελαιοφόρων κοιτασμάτων

Σε κάθε αποταμιευτήριο πέτρωμα δύναται να συγκεντρωθεί το πετρέλαιο, όταν αυτό περικλείεται από αδιαπέρατα πετρώματα, τα οποία σχηματίζουν ένα αδιαπέραστο προστατευτικό κάλυμμα καλούμενο «πετρελαιοπαγίδα».

Αυτές χωρίζονται ως εξής:

1. Τεκτονικές πετρελαιοπαγίδες
2. Στρατιγραφικές πετρελαιοπαγίδες
3. Στρατιγραφικές – τεκτονικές πετρελαιοπαγίδες

1. Τεκτονικές πετρελαιοπαγίδες: Όλα τα κοιτάσματα του πετρελαίου που βρίσκονται σε αντίκλινα, τεκτονικές μετατοπίσεις και σε θόλους ορυκτού άλατος. Στις τελευταίες η συσσώρευση του πετρελαίου γίνεται στις πλευρές του θόλου του ορυκτού άλατος ή στο κάλυμμα του.

2. Στρατιγραφικές πετρελαιοπαγίδες: Οι στρατιγραφικές παγίδες χωρίζονται γενικά σε παγίδες φάσης και παγίδες ασυμφωνιών. Τα κοιτάσματα φάσεων δημιουργούνται από την αλλαγή του πετρώματος σε ένα στρώμα (π.χ. αποσφήνωση ενός αμμώδους οριζοντα). Σε κοιτάσματα τεκτονικών ασυμφωνιών τα πορώδη πετρώματα παγιδεύονται από υπερκείμενα αργίλικα ιζήματα.

3. Στρατιγραφικές – τεκτονικές πετρελαιοπαγίδες: Εάν τώρα στρατιγραφικά κοιτάσματα πετρελαίου επηρεασθούν από τεκτονικές δυνάμεις δημιουργούνται στρατιγραφικές – τεκτονικές πετρελαιοπαγίδες.

7.7 Φυσικο – χημικές ιδιότητες του πετρελαίου

7.7.1 Κατανομή του πετρελαίου στα αποταμιευτήρια πετρώματα

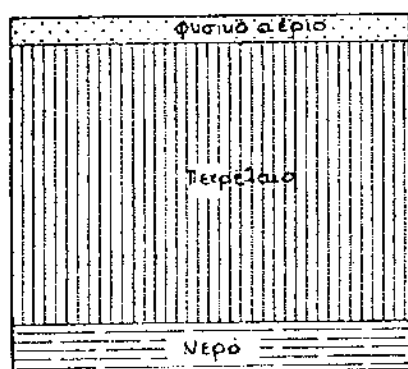
Συνέπεια των δυνάμεων της τριχοειδούς ανύψωσης μπορεί να ανέλθει κατα πολύ σε ένα πέτρωμα η στάθμη του υπογείου ύδατος. Ο κορεσμός των λεπτών τριχοειδών αγγείων σε νερό είναι δυνατόν να είναι τόσο μεγάλος, ώστε να μη συμφέρει πλέον η εξόρυξη του πετρελαίου. Εν συνεχεία υπολογίζεται απο τον τύπο $P_e = hg (p_w - p_o) \text{ dyn/cm}^2$ ύψος h στο οποίο ανέρχεται το νερό

h = το ύψος του ύδατος.

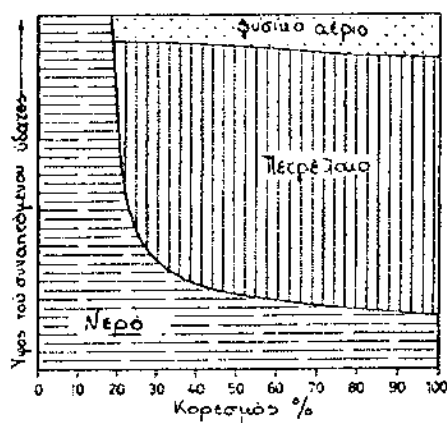
$g = 980 \text{ cm/sec}^2$

$p_w - p_o$ = πυκνότητα του ύδατος και του πετρελαίου

P_e = πίεση των τριχοειδών δυνάμεων



Σχήμα 1



Σχήμα 2

Τα αποταμιευτήρια πετρώματα αποτελούνται απο ενα μεγάλο δίκτυο πόρων και αγγείων. Γι' αυτό το λόγο οι δυνάμεις τριχοειδούς ανύψωσης παίζουν σπουδαίο ρόλο στη μετανάστευση και κατανομή του πετρελαίου πριν απο τη γεώτρηση και κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Εάν στη κατανομή των υγρών στους πόρους των πετρωμάτων επιδρούσε μόνο η βαρύτητα, τότε θα υπήρχαν 3 απανωτές ζώνες υγρών, οι οποίες θα χωρίζονταν σύμφωνα με το ειδικό βάρος τους σε φυσικό αέριο, πετρέλαιο και νερό.

Το σχήμα 1 δείχνει την παλαιότερη αυτή αντίληψη κατανομής πετρελαίου. Το σχήμα 2 δείχνει γραφικά την κατανομή του φυσικού αερίου, πετρελαίου και ύδατος σε εξάρτηση από το ύψος άνω στάθμης του συναπτόμενου ύδατος συνέπεια των δυνάμεων τριχοειδούς ανύψωσης στα αποταμιευτήρια πετρώματα. Για την πετρελαιογεωλογία έχει μεγάλη σημασία, ότι το νερό των τριχοειδών αγγείων βρίσκεται μέχρι τα ψηλότερα σημεία του κοιτάσματος και ότι δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός στις ζώνες φυσικού αερίου, πετρελαίου και ύδατος.

7.7.2 Θερμοκρασία και πίεση του κοιτάσματος

Η πίεση υπο την οποία βρίσκεται το περιεχόμενο των πόρων ενός αποταμιευτήριου πετρώματος καλείται πίεση του κοιτάσματος. Η πίεση υπο την οποία βρίσκεται το ίδιο το στρώμα είναι η πίεση που δημιουργείται από το βάρος των υπερκείμενων μαζών. Δύναται όμως να προκύψει και από συνδυασμό βάρους και τεκτονικής πίεσης. Στα αποταμιευτήρια πετρώματα η πίεση που ασκούν τα υπερκείμενα στρώματα «εξουδετερώνεται» κατά ένα μεγάλο μέρος από το πέτρωμα του οποίου το περιεχόμενο των πόρων βρίσκεται συνήθως υπο υδροστατική πίεση.

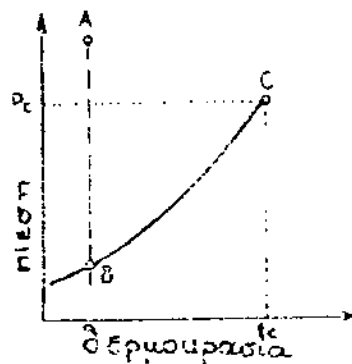
Όσο βαθύτερα βρίσκεται το πετρελαιοφόρο στρώμα τόσο μεγαλύτερη είναι η πίεση του κοιτάσματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι περίπου ίση με την υδροστατική πίεση μιας στήλης αλμυρού ύδατος, περιεκτικότητας 8 % σε αλάτι, που αντιστοιχεί σ' αυτό το βάθος. Μ' άλλα λόγια η βαθμίδα πίεσης ανέρχεται σε κανονικές περιπτώσεις σε 0,11 atm/m. Ο βαθμός αυτός πίεσης δίνει ένα μέτρο για τον υπολογισμό της πίεσης του κοιτάσματος, που έχει σημασία για τη διαλογή του ειδικού βάρους της έκπλυσης, τη διαλογή της σωλήνωσης, τον τεχνικό εξοπλισμό της γεώτρησης κ.λ.π. Δεν πρέπει να συγχέεται με το βαθμό πίεσης μέσα στη γεώτρηση, όταν αυτή είναι πλήρης με υγρό ή αέριο.

Όσον αφορά το βαθμό θερμότητας αυτός αυξάνει ανα 1°C σε κάθε 30-35 m κατα μέσο όρο. Αυτό όμως δεν είναι παντού παραδεκτό γιατί εκεί υπάρχουν ηφαίστεια, φυσικό αέριο, ραδιενεργά ύδατα, ιαματικές πηγές κ.λ.π. παρατηρείται έντονη αύξηση του βαθμού θερμότητας.

Επίσης η γεωθερμική βαθμίδα επηρεάζει σημαντικά μια γεώτρηση μεγάλου βάθους και πολλές φορές την καθιστά πολύ δύσκολη αν όχι αδύνατη. Το υγρό της έκπλυσης μιας γεώτρησης παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα γιατί λόγω της θερμοκρασίας διασπώνται οι κολλοειδής ουσίες του υγρού της έκπλυσης.

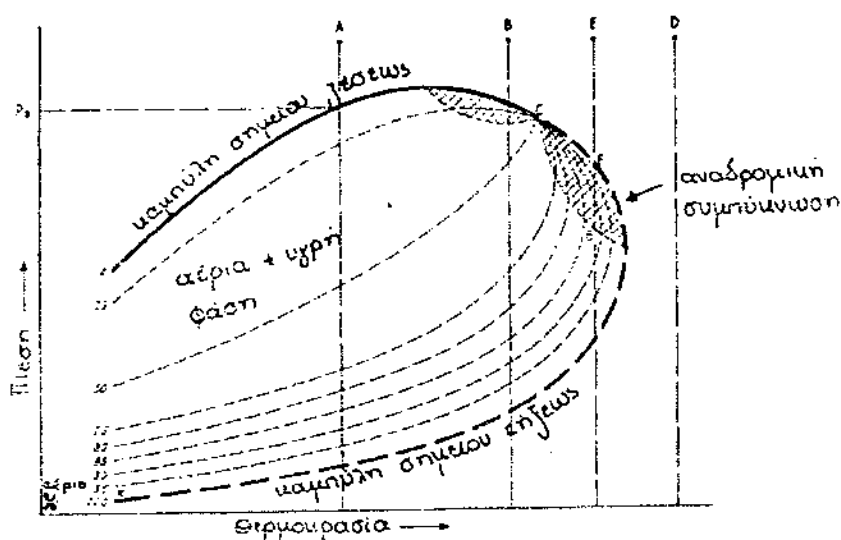
7.7.3 Ισορροπία υγρής – αέριας φάσης σε ένα κοίτασμα

Οι συνθήκες ισορροπίας είναι πιο απλές σε μια μόνο ύλη. Εάν το κοίτασμα περιείχε μόνο αιθάνιο (C_2H_6) υπό πίεση και θερμοκρασία που απεικονίζεται στην εικόνα 1 τότε θα υπήρχε αιθάνιο σε υγρή φάση στους πόρους του αποταμιευτήριου πετρώματος. Εάν τώρα ελαττωθεί η πίεση του κοιτάματος υπό σταθερή θερμοκρασία (όπως φαίνεται στην εικόνα από τη διακεκομμένη γραμμή) εκτός της αρχόμενης εκτόνωσης, μέχρι το σημείο B δεν θα αλλάξει τίποτα στην υγρή φάση του αιθανίου.



Εικόνα 1: Διάγραμμα πίεσης-θερμοκρασίας του Αιθανίου.

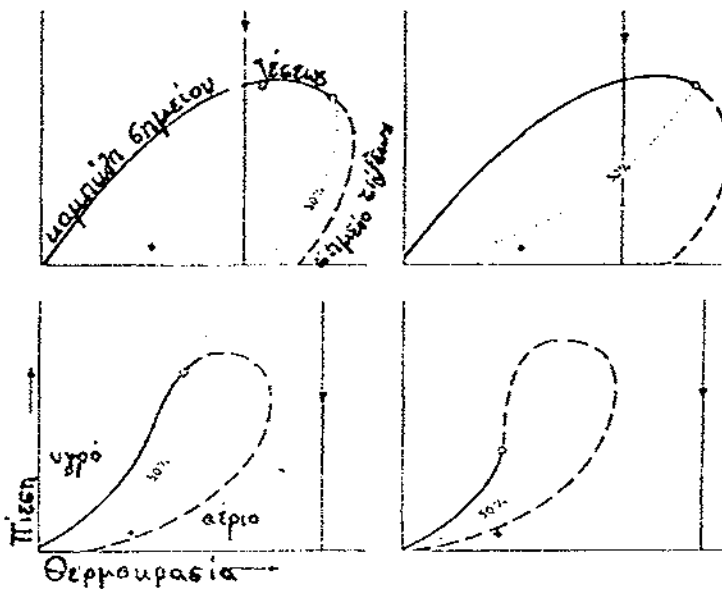
Στο σημείο αυτό παρατηρείται για πρώτη φορά ο σχηματισμός αερίου. Με συνεχιζόμενη εκτόνωση σχηματίζεται περισσότερο αέριο όπου, πράγμα που είναι ιδιαίτερα ασυνήθιστο, η πίεση κατά τη διάρκεια της εξάτμισης παραμένει σταθερή. Εάν δεν υπάρχει πια υγρό, τότε ελαττώνεται η πίεση. Η γραμμή που ενώνει όλα τα σημεία B, δηλαδή τα σημεία εκείνα που παρατηρείται συγχρόνως δίπλα - δίπλα η αέρια και η υγρή φάση, δίνει την καμπύλη πίεσης - ατμού του αιθανίου. Πάνω από το σημείο C, το κρίσιμο σημείο, δηλαδή πάνω από την αντιστοιχούσα στο σημείο αυτό θερμοσσία t_c και πίεση P_c , δεν είναι δυνατόν πλέον να υφίστανται δίπλα - δίπλα οι δυο φάσεις. Εκτός από αυτά, C είναι το σημείο όπου όλες οι φυσικές σταθερές είναι ίδιες π.χ. η πυκνότητα και το ιζώδες από τον ατμό και το υγρό.



Εικόνα 2: Διάγραμμα φάσεων ενός μίγματος πολλών υλών.

Κάθε μίγμα υδρογονανθράκων χαρακτηρίζεται από ένα διάγραμμα φάσεων όπως φαίνεται από την εικόνα 2. Το σχήμα του διαγράμματος φάσεων εξαρτάται από τη σύνθεση του εκάστοτε μίγματος υδρογονανθράκων. Όσο πιο βαρείς είναι οι υδρογονάνθρακες τόσο πιο «κυρτή καμπύλη» αποκτά το διάγραμμα και τόσο ψηλότερα μετατοπίζεται το C.

Εντός της κυρτής καμπύλης γραμμής είναι δυνατόν να υφίστανται δίπλα – δίπλα αέρια και υγρή φάση. Εκτός της γραμμής υπάρχει μια μοναδική φάση. Η 100% γραμμή υγρής φάσης καλείται καμπύλη σημείου ζέσεως (Bubble point line), η 0% γραμμή υγρής φάσης καμπύλη σημείου τήξεως (Dew point line). Το φαινόμενο της ανδρομικής συμπήκνωσης εμφανίζεται σε κοιτάματα που έχουν μεγάλη τάση προς συμπήκνωση και ανάλογα με την ποσότητα των υδρογονανθράκων που περιέχουν ονομάζονται «ξηρά» ή «υγρά» κοιτάματα αερίου (εικόνα 3).



Εικόνα 3: Διάγραμμα φάσεων ενός ακατέργαστου πετρελαίου φτωχού σε αέριο (πάνω αριστερά) και ενός πλούσιου σε αέριο (πάνω δεξιά) όπως και ενός κοιτάσματος υγρού φυσικού αερίου (κάτω αριστερά) και ενός ξηρού φυσικού αερίου (κάτω δεξιά).

7.8 Γεωτρήσεις πετρελαίου

7.8.1 Χαρτογράφηση

Προτού αρχίσει οποιαδήποτε άλλη εργασία απαιτείται μία λεπτομερέστατη γεωλογική χαρτογράφηση. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται γι' αυτό το σκοπό η Φωτογεωλογία, η οποία σε ελάχιστο χρόνο παρέχει ανεκτίμητες πληροφορίες. Ιδίως σε περιοχές που στερούνται βλάστησης, όπως σχεδόν όλες οι πετρελαιοφόρες περιοχές της Μ. Ανατολής, η Φωτογεωλογία αποτελεί για τη χαρτογράφηση ένα αναντικατάστατο μέσο.

7.8.2 Γεωφυσική

Μεγάλη ώθηση έχει λάβει επίσης και η εφαρμοσμένη Γεωφυσική για την έρευνα του πετρελαίου. Με την εφαρμογή σεισμικών, βαρυτικών, μαγνητικών και ηλεκτρικών μετρήσεων επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των διαφόρων στρωμάτων της λιθόσφαιρας και εν μέρει και η τεκτονική τους δομή όπως αντίκλινα, συμφωνίες, διάπυροι κ.λ.π. στα οποία συνήθως συσσωρεύεται το πετρέλαιο.

7.8.3 Γεωτρήσεις προς εξακρίβωση της δομής των στρωμάτων

Για τη στρωματογραφία και την τεκτονική της υπό έρευνα περιοχής εκτελούνται αρχικώς προκαταρκτικές γεωτρήσεις με γεωτρύπανα Craelius ή καλύτερα για να αποφεύγεται η συνεχής εισαγωγή και εξαγωγή των στελεχών με γεωτρύπανα τύπου Counterflush, τα οποία αποδίδουν δια μέσου των στελεχών ένα συνεχή πυρήνα. Σύμφωνα με όλα τα στοιχεία που έχουν προκύψει από τη χαρτογράφηση, τις γεωφυσικές μετρήσεις και από τις προκαταρκτικές γεωτρήσεις προσδιορίζεται η θέση της πρώτης βαθιάς γεώτρησης.

7.9 Γεωτήσεις δια περιστροφής (Rotary Borehols)

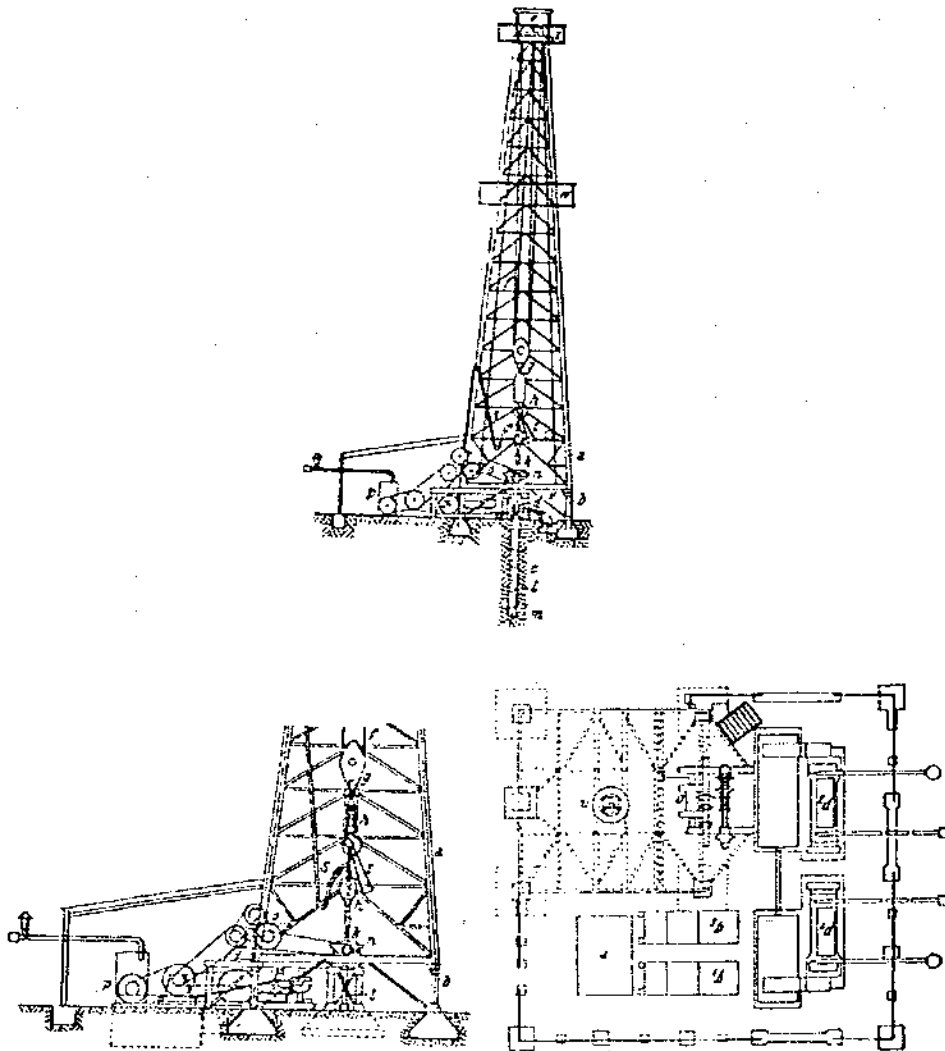
Μετά την υπόδειξη του Γεωλόγου, σε ποιο σημείο και σε πόσο βάθος θα γίνει η γεώτρηση, αρχίζει το τεχνικό μέρος της εργασίας. Η τεχνική οργάνωση απαιτεί μεγάλη φροντίδα, γιατί απ' αυτήν εξαρτώνται τα έξοδα μιας γεώτρησης. Ανάλογα με το βάθος που προβλέπεται για τη γεώτρηση οργανώνεται αντίστοιχα και ο τεχνικός εξοπλισμός όπως π.χ. μέγεθος της εγκατάστασης, σωλήνωση, στελέχη, αντλίες, εργαλεία, ανταλλακτικά, εγκαταστάσεις για προσωπικό κλπ.

Στις περιστροφικές γεωτρήσεις το κοπίδι εργάζεται με περιστροφική κίνηση (100 έως 300 στροφές / min) και από την πίεση που ασκείται σ' αυτό από τα στελέχη εισχωρεί στο πέτρωμα. Η γεώτρηση είναι πάντοτε πλήρης μ' ένα ειδικό υγρό (μίγμα νερού – μπεντονίτη) που καθαρίζει τη γεώτρηση και εμποδίζει τον κατακρημνισμό των μαλακών στρωμάτων. Σε συμπαγή πετρώματα μπορεί να γίνει γεώτρηση χωρίς σωλήνωση. Μετά όμως από ένα ορισμένο βάθος γίνεται σωλήνωση για την ασφάλεια της γεώτρησης.

7.9.1 Τρόπος εργασίας της περιστροφικής γεώτρησης

Το αρχικό στέλεχος του γεωτρήσανου k εισχωρεί στην περιστροφική τράπεζα n . Η τράπεζα αυτή θέτει το γεωτρήσανο σε περιστροφική κίνηση. Για την εισαγωγή και εξαγωγή των στελεχών υπάρχει ο μοχλός o , στο τύμπανο του οποίου τυλίγεται το ένα άκρο του συματόσχοινου f της τροχαλίας. Το άλλο άκρο του συματόσχοινου είναι πακτωμένο στα θεμέλια του πύργου γεώτρησης. Ο μοχλός o και η περιστροφική τράπεζα n κινούνται συνήθως από μια νηξελομηχανή p . Παλαιότερα υπήρχαν ατμολέβητες.

Οι αντλίες q λαμβάνουν το μίγμα έκπλυσης από το λάκκο r και το διοχετεύουν υπό πίεση δια μέσου του λαστιχοσωλήνα s και του τροφοδότη i στο στέλεχος l . Το υγρό μίγμα εξέρχεται με ταχύτητα από τις οπές του κοπιδιού στον πυθμένα της γεώτρησης. Αφού προσλάβει τα υπολείμματα της γεώτρησης εξέρχεται πάλι στην επιφάνεια μεταξύ των τοιχωμάτων της γεώτρησης και των στελεχών. Το μίγμα έκπλυσης εξέρχεται από την οπή εκροής του καθοδηγητικού σωλήνα d και αφού καθαριστεί κατάλληλα με κόσκινα διοχετεύεται στο λάκκο r .



Διάγραμμα εγκατάστασης για γεώτρηση Rotary

- a: Πύργος γεώτρησης b: θεμέλια από μπετό c: οπή γεώτρησης d: καθοδηγητικός σωλήνας e: κορυφή του πύργου f: συρματόσχοινο g: τροχαλία h: γάτζος i: τροφοδότης v: πιεζόμετρο
 k: αρχικό στέλεχος l: στέλεχη γεώτρησης m: κεφαλή γεωτρόπανου n: περιστροφική τράπεζα
 o: μοχλός p: ντηζελομηχανή q: αντλίες s: λαστιχοσωλήνας r: λάκος υγρού μίγματος
 t: ανοψωτήρας

Για την εισαγωγή και εξαγωγή των στελεχών χρησιμεύει ο ανυψωτήρας t που κρέμεται από το γάτζο h . Η πίεση που ασκείται στο γεωτρύπανο αναγράφεται στο πιεζόμετρο p (drillometer) που είναι στερεωμένο στο πακτωμένο συρματόσχοινο της τροχαλίας



Εγκατάσταση γεώτρησης

7.9.2 Τα διάφορα τμήματα μιας γεωτρητικής εγκατάστασης

Μία γεωτρητική εγκατάσταση αποτελείται από τον πύργο της γεώτρησης, μοχλό ανύψωσης, περιστροφική τράπεζα, αντλίες, νηζελομηχανές και το γεωτρύπανο που εκτελεί τη γεώτρηση, αποτελούμενο από το αρχικό στέλεχος, τα υπόλοιπα στελέχη που βιδώνονται μεταξύ τους καθώς και από την κεφαλή του γεωτρύπανου.

7.9.3. Πύργος γεωτρήσεων

Σκοπός του πύργου της γεώτρησης είναι να δέχεται τα φορτία του γεωτρύπανου και του γεωτρητικού εξοπλισμού καθώς και να διευκολύνει την εισαγωγή και εξαγωγή των σπλήνιων και των στελεχών της γεώτρησης. Παλιότερα οι πύργοι των γεωτρήσεων κατασκευάζονταν από ξύλο. Σήμερα οι πύργοι είναι ατσάλινοι και υπολογίζονται να δέχονται φορτία 30, 60, 100, 150 έως 450 τόννων.

Το έδαφος πρέπει να είναι στερεό για τη θεμελίωση ενός πύργου. Εάν υλοστεί καθίζηση ένα από τα θεμέλια του υπάρχει κίνδυνος ανατροπής.

7.9.4. Ανελκυστικός μηχανισμός

Στον ανελκυστικό μηχανισμό ανήκει το μάγγανο του πύργου το μπλοκ της τροχαλίας, ο γάντζος ασφαλείας και το συρματόσχοινο.

α) **Το μάγγανο** (καρούλι) του πύργου βρίσκεται στην κορυφή του πύργου και σ' αυτό τυλίγεται το συρματόσχοινο. Ανάλογα με τα προς ανέλκυση φορτία που υπάρχουν, ο πύργος εφοδιάζεται με 3, 4, 5, 6, καρούλια αναλόγου διαμέτρου. Η αντοχή τους κυμαίνεται από 60 έως 450 τόννους.

β) **Το μπλοκ** της τροχαλίας αποτελείται από ένα περικάλυμμα στο οποίο βρίσκονται 3 έως 5 υποδοχείς για το συρματόσχοινο. Το μπλοκ της τροχαλίας είναι στενόμακρο για να μπορεί να κινείται ελεύθερα.

γ) **Ο γάντζος ασφαλείας** κατασκευάζεται για βάρη από 60 έως 450 τόννους. Το βάρος του κυμαίνεται από 500 έως 2.000 κιλά. Στο στόμιο του γάντζου κρέμεται ο τροφοδότης με τα στελέχη και ο ανυψωτήρας.

δ) Τα συρματόσχοινα αποτελούνται συνήθως από 6 μικρότερα ατσάλινα σχοινιά, τα οποία είναι πλεγμένα δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα μεταξύ τους. Ο ενδιάμεσος χώρος τους καλύπτεται με καναβότριχα ή με μέταλλο.

Κάθε σχοινί αποτελείται από 19 έως 37 ατσάλινα σύρματα. Η τάση εφελκυσμού ενός σύρματος ανέρχεται από 160 έως 180 kg/mm². Ανάλογα με τις προδιαγραφές χρησιμοποιούνται συρματόσχοινα που έχουν διάμετρο από 19 έως 37 mm. Η τάση θραύσης του συρματόσχοινου κυμαίνεται από 20 έως 90 t (DIN 655).



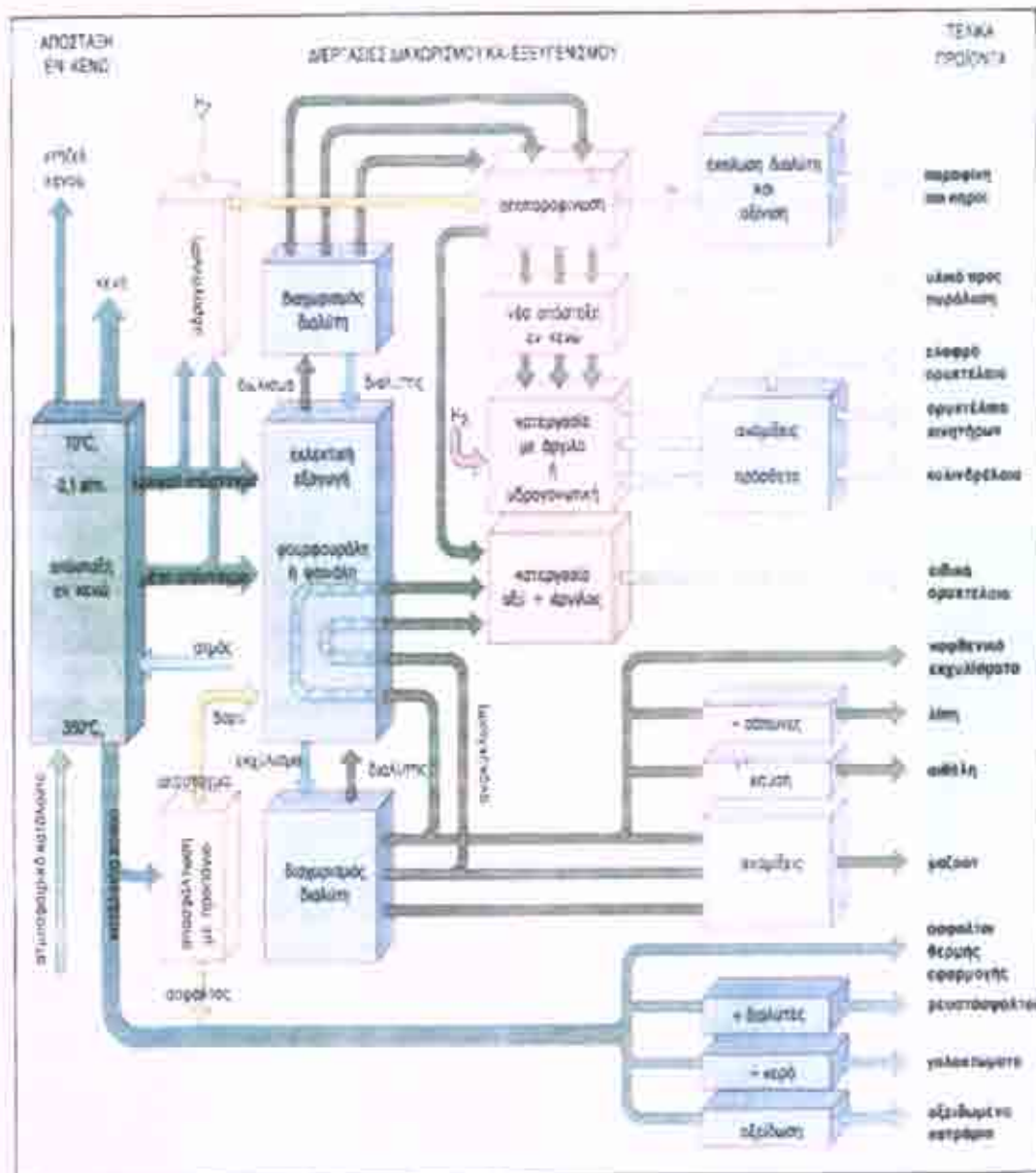
Γεωγραφικός χάρτης πετρελαίου της γης

Τα τελικά προϊόντα της διύλισης διακρίνονται σε ενεργειακά (βενζίνες, καύσιμα στροβιλοαντιδραστήρων, ντίζελ και μαζούτ οικιακής χρήσης, βαρέα μαζούτ) και σε μη ενεργειακά (άσφαλτοι, λιπαντικά).

Η θεμελιώδης διεργασία της διύλισης είναι η συνεχής κλασματική απόσταξη, από την οποία προκύπτει μια δεκάδα βασικών πετρελαϊκών κλασμάτων με χαρακτηριστικά που βελτιώνονται κατόπιν σε άλλες εγκαταστάσεις για τον μετασχηματισμό ή τον εξευγενισμό.

Συνολικά παράγει κατά φθίνουσα τάξη πτητικότητας τα εξής προϊόντα :

- καύσιμα αέρια
- κλάσμα προπανίου
- κλάσμα βουτανίου
- ελαφριά βενζίνη
- βαριά βενζίνη
- κηροζίνη
- δύο ή περισσότερες ποιότητες ντίζελ
- διάφορα αποστάγματα
- ένα κατάλοιπο της εν κενώ απόσταξης



Το παραπάνω αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με την εφαρμογή τριών διακεκριμένων διεργασιών: της ατμοσφαιρικής απόσταξης του αργού πετρελαίου, του διαχωρισμού των αερίων και των βενζινών και της εν κενώ απόσταξης του ατμοσφαιρικού υπολείμματος. Οι τρεις αυτές διεργασίες αποτελούν συνήθως μια παραγωγική μονάδα, τη λεγόμενη **μονάδα διύλισης αργού πετρελαίου**.

7.11 Μίγμα έκπλυσης

Σ' όλες τις γεωτρήσεις για το πετρέλαιο χρησιμοποιείται για την έκπλυση ένα πυκνότερο μίγμα. Το υγρό αυτό μίγμα διοχετεύεται από το λάκκο που βρίσκεται δίπλα στον πύργο δια μέσου της ανλίας στο λαστιχοσωλήνα και απ' αυτόν στον τροφοδότη. Κατόπιν ρέει στα στελέχη και στο γεωτρήπανο και εξέρχεται με αρκετή ταχύτητα από την οπή της διαμαντοκορώνας στον πυθμένα της γεώτρησης. Το μίγμα καθαρίζει τη γεώτρηση από τα θραύσματα των πετρωμάτων και από τη λάσπη και εξέρχεται στην επιφάνεια δια μέσου των τοιχωμάτων της γεώτρησης και των στελεχών. Αφού καθαριστεί με κόσκινα από τα χονδρόκοκκα υλικά που μεταφέρει ρέει εκ νέου στο λάκκο που βρισκόταν στην αρχή.

7.11.1 Σημασία της έκπλυσης

Το πυκνότερο υγρό μίγμα που χρησιμοποιείται για την έκπλυση έχει μεγαλύτερο ειδικό βάρος και ιξώδες απ' ό,τι το νερό. Συνήθως χρησιμοποιείται ένα μίγμα αργιλίου – ύδατος ή άλλων υλών που έχουν την ιδιότητα ν' αυξάνουν τον όγκο τους με την πρόσληψη ύδατος. Το ειδικό βάρος του μίγματος αυτού κυμαίνεται από 1,05 – 1,30 gr/cm^3 και σε βαρύτερα μίγματα φθάνει μέχρι 2,20 gr/cm^3 .

Το κολλοειδές αυτό μίγμα έχει σκοπό να απομακρύνει τα κατάλοιπα της γεώτρησης από τον πυθμένα της και να κρυώνει την κορώνα που θερμαίνεται κατά τη διάρκεια των γεωτρητικών εργασιών. Επί πλέον έχει την ιδιότητα σε λίγο χρόνο να σχηματίζει μια κρούστα – ζελέ και να εμποδίζει την πτώση των τοιχωμάτων της γεώτρησης. Το μίγμα έκπλυσης παίζει ρόλο στα έξοδα μιας γεώτρησης.

8. ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

8.1 Παρουσίαση των ενεργειακών παραμέτρων της χώρας

Βασικό στοιχείο στην αξιολόγηση της ενεργειακής κατάστασης κάθε χώρας είναι και παραμένει το Ενεργειακό ισοζύγιο το οποίο δίνει συνολικά, αλλά και με ακρίβεια, όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την παραγωγή και κατανάλωση της ενέργειας, στην χώρα. Θα παρουσιάσουμε μια συνοπτική μορφή του Ενεργειακού Ισοζυγίου απ' όπου φένεται ξεκάθαρα η κατανάλωση αλλά και η παραγωγή ενέργειας.

Το Γενικό Ενεργειακό Ισοζύγιο είναι ένας πίνακας με δυο συντεταγμένες. Οι στήλες του απεικονίζουν τις διαφορετικές μορφές ενέργειας, ενώ οι οριζόντιες γραμμές του δίνουν, για την κάθε μορφή, τη ροή της ενέργειας απο την παραγωγή στην τελική κατανάλωση.

Για να παρουσιαστούν τα διάφορα ενεργειακά στοιχεία σε ένα συγκεντρωτικό πίνακα πρέπει πρώτα να έχουν εκφραστεί σε μια κοινή μονάδα μετρήσεως. Η μονάδα που έχει καθιερωθεί και χρησιμοποιείται είναι ο τόννος ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΠ ή toe), που συμβατικά λαμβάνεται ίσος με $10 \cdot 10^6$ kcal. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί περίπου στη μέση σταθμική θερμική ικανότητα των προϊόντων που προέρχονται απο ένα μετρικό τόννο τυπικού αργού πετρελαίου. Έτσι για το αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα του θεωρήθηκε ότι ένας μετρικός τόννος αντιστοιχεί σ' ένα ΤΠ παρόλο που η αντιστοιχία αυτή δεν είναι ακριβής για το κάθε ένα προϊόν χωριστά.

Για να εκφραστούν σε ΤΠ τα διάφορα στερεά και αέρια καύσιμα, που συνήθως μετριοούνται σε μετρικούς τόννους και κυβικά μέτρα αντίστοιχα, χρησιμοποιούνται οι αντίστοιχες μέσες κατώτερες θερμικές τους ικανότητες (kcal/τόννο) ή

(Kcal/κυβικό μέτρο). Οι συντελεστές μετατροπής υπολογίστηκαν απο το λόγο των παραπάνω θερμικών ικανοτήτων προς τα δέκα εκατομμύρια. Στην περίπτωση του ηλεκτρισμού, η ενέργεια που καταναλώθηκε για να παραχθεί μια ακαθάριστη kWh στους θερμικούς σταθμούς εκφρασμένη σε kcal/kWh χρησιμοποιήθηκε σαν το θερμικό ισοδύναμο της kWh για την μετατροπή της σε TΠΠ.

Για την ατμοηλεκτρική παραγωγή η ισοδυναμία αυτή εκφράζει την ενέργεια που έχει πράγματι καταναλωθεί ενώ για την υδροηλεκτρική παραγωγή, την ενέργεια που θα έπρεπε να καταναλωθεί, αν αυτή είχε παραχθεί σε θερμικούς σταθμούς με την ίδια αποδοτικότητα. Επίσης στο Ισοζύγιο ο ηλεκτρισμός εκφράζεται σε TΠΠ πρωτογενούς μορφής, (δεν έχουν αφαιρεθεί οι απώλειες μετατροπής) και απεικονίζει τη συνολική πρωτογενή ενέργεια η οποία θα έπρεπε να είχε καταναλωθεί για να καλυφθούν οι ανάγκες της χώρας.

Η περιγραφή των γραμμών του ισοζύγιου είναι η ακόλουθη:

1. **Πρωτογενής Παραγωγή:** Παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας. Στην Ελλάδα πρωτογενείς μορφές είναι κατα κύρια ποσότητα ο λιγνίτης και ακολουθούν το αργό πετρέλαιο, η υδροηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο.
2. **Εισαγωγές:** Εισαγωγές των πρωτογενών ή και δευτερογενών μορφών ενέργειας π.χ. νάφθας, έστω και αν αυτές προορίζονται για μη ενεργειακές χρήσεις.
3. **Εξαγωγές:** Εξαγωγές όπως αυτές ορίζονται για τις εισαγωγές.
4. **Ποντοπόρα πλοία:** Καταναλώσεις καυσίμων απο ποντοπόρα πλοία που εφοδιάζονται σε Ελληνικά λιμάνια.
5. **Μεταβολή αποθεμάτων:** Αυξομείωση αποθεμάτων των πρωτογενών και δευτερογενών μορφών ενέργειας ανεξάρτητα αν αυτά βρίσκονται στους αποθηκευτικούς χώρους των παραγωγών, των εισαγωγέων ή των μεγάλων καταναλωτών. Η αύξηση των αποθεμάτων σημειώνεται με (-) και η μείωση με (+).
6. **Διάθεση στη χώρα:** Συνολική ποσότητα πρωτογενούς ενέργειας και ισοδύναμων φορτίων που απαιτούνται για να καλυφθεί η εγχώρια ζήτηση.

Αποτελεί το αλγεβρικό άθροισμα των πέντε πρώτων γραμμών του ισοζυγίου και περιλαμβάνει τη μετατροπή, την ιδιοκατανάλωση τις απώλειες και τις καταναλώσεις.

7. **Μετατροπή ή δευτερογενής παραγωγή:** Σ' αυτή τη γραμμή εμφανίζονται σαν αρνητικές οι συνολικές ποσότητες της κάθε μορφής που εισέρχεται στα διάφορα κέντρα μετατροπής και σαν θετικές οι ποσότητες που προκύπτουν κατα την μετατροπή.
- 7α: Οι γραμμές αυτές δείχνουν αναλυτικά τις ποσότητες ενέργειας που καταναλίσκονται ή προκύπτουν σε κάθε μετατροπή χωριστά.
8. **Κατανάλωση ενεργειακού τομέα:** Ποσότητα ενέργειας που καταναλίσκεται συνολικά στις εγκαταστάσεις πρωτογενούς και δευτερογενούς παραγωγής, πέρα απο αυτή που χρησιμοποιείται για μετατροπή.
- 8α: Η ποσότητα που καταναλίσκεται αναλυτικά στις διάφορες εγκαταστάσεις παραγωγής.
9. **Απώλειες:** Απώλειες μεταφοράς και διανομής για τον ηλεκτρισμό και το φωταέριο ή αέριο πόλης και απώλειες καθαρισμού και μεταφοράς του λιγνίτη.
10. **Στατιστική διαφορά:** Περιλαμβάνει τις διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα σε στοιχεία που προέρχονται απο διαφορετικές πηγές και δεν επιτρέπουν το κλείσιμο του ισοζυγίου. Το απόλυτο μέγεθος τους δίνει ένα μέτρο ποιότητας των στοιχείων.
11. **Τελική κατανάλωση:** Περιλαμβάνει τις ποσότητες των ενεργειακών προϊόντων και των μη ενεργειακών παραγώγων των πρωτογενών μορφών ενέργειας, που χρησιμοποιήθηκαν απο τους τελικούς καταναλωτές.
12. **Μη ενεργειακή κατανάλωση:** Ποσότητες ενεργειακών και μη ενεργειακών προϊόντων που καταναλώθηκαν σε μη ενεργειακές χρήσεις π.χ. πρώτες ύλες για την βιομηχανία, ασφαλτος, νάφθα.
13. **Ενεργειακή κατανάλωση:** Κατανάλωση ενέργειας για ενεργειακές χρήσεις στους διάφορους τομείς.
14. **Βιομηχανία:** Περιλαμβάνει τις καταναλώσεις στη βιομηχανία-εξόρυξη, μεταποίηση, κατασκευές-εκτός απο τον τομέα ενέργεια.

15. **Μεταφορές:** Περιλαμβάνει τις καταναλώσεις για τις ιδιωτικές και δημόσιες μεταφορές ξηράς, για τις θάλασσες μεταφορές εσωτερικού και τις διεθνείς και αεροπορικές μεταφορές. Επίσης περιλαμβάνει τις καταναλώσεις των ενόπλων δυνάμεων και των πρεσβειών.
16. **Οικιακή, Εμπορική και λουτές χρήσεις:** Περιλαμβάνει τις καταναλώσεις των νοικοκυριών, του εμπορίου, των υπηρεσιών, της γεωργίας κ.λ.π.

Πρέπει να σημειωθεί ότι:

- Στην ηλεκτρική ενέργεια εμφανίζονται δυο διαφορετικά μεγέθη στις τελικές ενεργειακές καταναλώσεις, δηλαδή στη γραμμή 13. Το πρώτο μέγεθος, αντιπροσωπεύει την καταναλωθείσα ενέργεια σε πρωτογενή μορφή. Αντιστοιχεί δηλαδή στην ενέργεια που καταναλίσκεται στους σταθμούς της ΔΕΗ για να παραχθεί η ποσότητα ηλεκτρισμού που αναγράφεται σαν κατανάλωση. Το δεύτερο μέγεθος, αντιπροσωπεύει την καταναλωθείσα ενέργεια σε τελική μορφή. Αντιστοιχεί δηλαδή στην πραγματική ποσότητα ενέργειας που φθάνει στους τόπους κατανάλωσης, αφού έχουν αφαιρεθεί οι απώλειες μετατροπής των διαφόρων καυσίμων, στερεών-υγρών-αερίων, από τη φυσική τους μορφή σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Στα στερεά καύσιμα περιλαμβάνονται οι λιγνίτες, τα προϊόντα λιγνίτη (μπρικέττες ή λιγνιτόπλινθοι και ξηρός λιγνίτης), οι γαιάνθρακες και το μεταλλουργικό κώκ.
- Στα υγρά καύσιμα περιλαμβάνονται το αργό πετρέλαιο (αργό πετρέλαιο, συμπυκνώματα φυσικού αερίου), η βενζίνη, τα καύσιμα αεροπορίας, το ντήζελ, το μαζούτ, το υγραέριο, το φωτιστικό πετρέλαιο και τα λοιπά προϊόντα (νάφθα, λιπαντικά, άσφαλτος, πετρέλαιο κώκ, παραφίνες και αέρια διυλιστηρίων).
- Στα αέρια καύσιμα περιλαμβάνονται το φυσικό αέριο και το αέριο πόλης.
- Τέλος, στην ηλεκτρική ενέργεια περιλαμβάνονται η υδροηλεκτρική και ατμοηλεκτρική ενέργεια.

Επισημαίνεται ότι στο Γενικό Ισοζύγιο Ενέργειας (1995) που παρουσιάζεται, δεν περιλαμβάνονται οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας διότι τα διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία αυτών δεν είναι επαρκή. Όμως εκτιμάται ότι δεν αλλοιώνουν την αξιοπιστία του Γενικού Ισοζυγίου Ενέργειας. Σύμφωνα όμως με πληροφορίες από το υπουργείο ανάπτυξης, από το έτος 1997 και μετά, στο Ενεργειακό Ισοζύγιο θα περιλαμβάνονται και οι ΑΠΕ.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός πίνακας του Γενικού Ενεργειακού Ισοζυγίου, με τις παραμέτρους που περιγράφηκαν προηγουμένως.

ΓΕΝΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2000

1000 ΤΠΠ

ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΥΣΙΜΑ					ΥΓΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ								ΑΕΡΙΑ ΚΑΥΣΙΜΑ			ΑΝΑΝΕΩΣ. ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ			ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ			ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	
	Λιγνίτες	Προσόλ. Λιγνίτη	Γαλλάνθρακας	Κόκκ.	Εθνολο	Αργό ΠΖ Σομπ. Φ.Α.	Βενζίνη	Καύσιμα Αεροπ.	Νηφελ.	Μαζούτ.	Υγραπ. Φωσ. Πετρ.	Λοσιμ. Προτόνια	Εθνολο	Φωσ. Αερίο	Αέριο Πόλης	Εθνολο	Βιομ. Καύσ.	Ηλιακή	Εθνολο	Αιολική εν.	Υδροηλεκτρικ. ι	Ατμοηλεκτρικ. ι		Εθνολο
1 ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	8.222				8.222	279							279	31	31		946	99	1.045	106	969		1.075	10.652
2 ΒΕΛΑΓΩΓΕΣ			809	1	810	22.110	415	97	2.013	174		556	25.365	1.687	1.687							408	408	28.270
3 ΒΕΛΑΓΩΓΕΣ (-)	3		38		41		1.011	755	824	1.580		317	1.184	5.671								410	410	6.122
4 ΠΟΝΤΟΠΟΡΑ ΠΛΟΙΑ (-)								750	2.898			38	3.686											3.686
5 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ (+/-)	89		-42		47	-104	-27	-144	108	-32	-2	-145	-346	-15	-15									-314
6 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΧΩΡΑ	8.308		729	1	9.038	22.285	-623	-802	547	-4.336	-319	-811	15.941	1.703	1.703	946	99	1.045					1.073	28.800
7 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ (+/-)	-8.248	42	-4		-8.210	-22.320	3.780	2.094	5.305	5.818	779	2.414	-2.130	-1.279	-1.279							11.552	11.552	-67
α. Εργοστάσια Μπρικετών	-30	51			21																			21
β. Αέριο Πόλης																								
γ. Διυλιστήρια						-22.320	3.780	2.094	5.687	7.478	779	2.414	-88											-88
δ. Κέντρα Ηλεκτρισμού	-8.218	-9	-4		-8.231																	11.552	11.552	
8 ΚΑΤΑΝΑΛ. ΕΝΕΡΓ. ΤΟΜΕΑ (-)									372	38	640	1.050		33	33							1.305	1.305	2.388
α. Λιγνιτωρυχεία																						251	251	251
β. Εργοστάσια Μπρικετών																								
γ. Παραγωγή Υδρογονικών																								
δ. Παραγωγή Αερίου Πόλης																								33
ε. Διυλιστήρια									372	38	640	1.050												1.231
ζ. Κέντρα Ηλεκτρισμού																						873	873	873
9 ΑΠΩΛΕΙΣ (-)														12	12									1.149
10 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (+/-)						35	123	-2	98	37	-4		287									1.149	1.149	1.161
11 ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	60	42	725	1	828		3.280	1.290	5.950	1.147	418	963	13.048	379	379	946	99	1.045						25.471
12 ΜΗ ΕΝΕΡΓ. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (-)												640	640		122	122								762
13 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	60	42	725	1	828		3.280	1.290	5.950	1.147	418	323	12.408	257	257	946	99	1.045				10.171	10.171	24.709
α. Βιομηχανία	49	28	725	1	803				504	883	306	323	2.016	244	244	241		241			3.193	3.193		6.497
β. Μεταφορές					803				3.230	1.290	2.193	236	15									54	54	7.018
γ. Οικιακή Εμπορική κτλ.	11	14			25				50	3.253	28	97	3.428	13	13	705	99	804			6.924	6.924		11.194
					25								3.428		13							2.526	2.526	6.796

Πίνακας 2. Εγκαταστάσεις ΑΠΕ διαθέσιμες άδεια παραγωγής κατά την 1 Σεπτεμβρίου 2003
(ισχύς σε MW)

Περιφέρεια		Αιολικά	Μικρά υδρο- ηλεκτρικά	Γεω- θερμία	Βιο- μάζα	Φωτο- βολταϊκά	Σύνολο
Ανατολική Μακεδονία	Ισχύς	342.20	2.75	0.00	9.50	0.00	354.45
	Αριθμός	25	2	0	1	0	28
Αττική	Ισχύς	139.60	0.87	0.00	35.38	0.03	175.88
	Αριθμός	11	2	0	4	2	19
Βόρειο Αιγαίο	Ισχύς	26.46	0.00	8.00	0.00	0.01	34.47
	Αριθμός	22	0	1	0	1	24
Δυτική Ελλάς	Ισχύς	0.00	29.04	0.00	0.37	0.00	29.41
	Αριθμός	0	14	0	1	0	15
Ήπειρος	Ισχύς	107.00	125.50	0.00	16.09	0.00	248.59
	Αριθμός	4	37	0	2	0	43
Θεσσαλία	Ισχύς	90.95	45.47	0.00	2.07	0.01	138.50
	Αριθμός	5	25	0	2	3	35
Κεντρική Μακεδονία	Ισχύς	71.90	41.65	0.00	12.54	0.60	126.69
	Αριθμός	5	36	0	4	2	47
Κρήτη	Ισχύς	166.70	1.25	0.00	5.42	0.92	174.29
	Αριθμός	31	3	0	1	10	45
Νησιά Ιονίου	Ισχύς	170.60	0.00	0.00	5.42	0.00	176.02
	Αριθμός	8	0	0	2	0	10
Νότιο Αιγαίο	Ισχύς	202.90	0.00	0.00	0.50	0.23	203.63
	Number	48	0	0	1	16	65
Πελοπόν- νησος	Ισχύς	595.50	17.56	0.00	19.54	0.50	633.10
	Αριθμός	33	9	0	4	2	48

Πίνακας 2. Εγκαταστάσεις ΑΠΕ διαθέσιμες άδεια παραγωγής κατά την 1 Σεπτεμβρίου 2003
(ισχύς σε MW)

Στερεά Ελλάδα	Ισχύς	1620.10	78.10	0.00	0.00	0.00	1698.20
	Αριθμός	112	35	0	0	0	147
Σύνολα	Ισχύς	3715.01	424.95	8.00	107.73	2.30	4257.99
	Αριθμός	311	204	1	23	36	575

Πίνακας 3. Συνοπτικά στοιχεία κόστους και παραγωγής από εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ και χρηματοδότηση από πόρους του Β' ΚΠΣ

	Αιολικά	Μικρά υδροηλ.	Φωτοβολταϊκά	Βιομάζα
Αριθμός επενδύσεων	14	9	15	13
Συνολικός προϋπολογισμός σε εκατ. Ευρώ	124,5	17,2	6,1	48,5
Συνολική δημόσια δαπάνη σε εκατ. Ευρώ	49,8	7,7	4,2	22,9
Συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς σε MW	116	11,5	0,737	8,74
Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε TWh	0,335	0,053	0,001	0,168

Πίνακας 4. Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα εκτός ΔΕΗ σε πρώιμο στάδιο υλοποίησης

Περιφέρεια	Όνομα έργου	Ισχύς σε MW	Παραγωγή σε TWh/έτος
Ήπειρος	Άγιος Νικόλαος-Αραχθός	93	0.320
Στερεά Ελλάδα	Αυλάκι-Αχελώος	60	0.250
Σύνολα		153	0,570

Πίνακας 5. Εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων ΑΠΕ σε MW.

		Αιολικά	Μεγάλα υδροηλεκτρικά	Μικρά υδρο- ηλεκτρικά	Φωτο- βολταϊκά	Βιομάζα
Διασυνδεδε- μένο σύστημα	Λειτουργούντ α	170,95	3060	16,3	0	24,96
	Υπό κατασκευή	246,06 (127,8)	161,6	69,2 (17,3)	0,4 (0)	0,9 (0,9)
Μη διασυνδεδεμέ- νο σύστημα	Λειτουργούντ α	101,21	0	0	0,17	0
	Υπό κατασκευή	44,66 (18,82)	0	0	0,5 (0,33)	0

Πίνακας 6. Μικρά υδροηλεκτρικά έργα εκτός ΔΕΗ σε λειτουργία

Περιφέρεια	Δυναμικότητα (MW)	Αριθμός μονάδων
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	0,94	1
Κεντρική Μακεδονία	6,45	11
Ήπειρος	1,79	3
Θεσσαλία	2,40	3
Δυτική Ελλάς	5,12	3
Στερεά Ελλάς	1,13	2
Πελοπόννησος	1,00	1
Σύνολα	18,83	24

Πίνακας 6. Μεγάλα και μικρά υδροηλεκτρικά έργα εκμεταλλεζόμενα από τη ΔΕΗ

Περιφέρεια	Όνομα σταθμού	Ισχύς σε MW	Παραγωγή 2002 σε TWh
Ανατολ. Μακεδονία & Θράκη	Θησαυρός*	384,0	0,568
	Πλατανόβρυση	116,0	0,140
Δυτική Ελλάς	Κρεμαστά	437,0	0,512
	Καστράκι	320,0	0,374
	Στράτος	150,0	0,174
	Στράτος II	6,2	0,008
	Γλαύκος	3,7	0,011
	Δυτική Μακεδονία	Πολύφωτο	375,0
Ήπειρος	Λούρος	10,3	0,032
	Πουρνάρι	300,0	0,223
	Πουρνάρι II	33,6	0,033
	Πηγές Αώου	210,0	0,131
Θεσσαλία	Ταυρωπός	130,0	0,115
Κεντρική Μακεδονία	Άγιος Ιωάννης	0,7	0,001
	Βέρμιο	1,8	0,005
	Άγρας	50,0	0,022
	Εδεσσαίος	19,0	0,018
	Μακροχώρι	10,8	0,018
	Ασώματα	108,0	0,090
	Σφηκιά*	315,0	0,441
Κρήτη	Αγιά	0,3	0,001
	Αλμυρός	0,3	0,001
Πελοπόννησος	Λάδωνας	70,0	0,188
Στερεά Ελλάς	Γκιώνα	8,5	0,009
Σύνολα		3060,2	3,381

Πίνακας 7. Αισιόδοξη εκτίμηση δυνατής παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ κατά το έτος 2010

	Εγκατεστη- μένη ισχύς, Απρίλιος 2003 σε MW	Εγκατεστημέν η ισχύς το 2010 σε MW	Παραγωγή ενέργειας το 2010 σε TWh	Ποσοστιαία συμμετοχή ανά τύπο ΑΠΕ το 2010
Αιολικά	420	2.170	6,08	8,45
Μικρά υδροηλεκτρικά	66	475	1,66	2,31
Μεγάλα υδροηλεκτρικά	3.060	3.680	5,47	7,59
Βιομάζα	8	125	0,99	1,37
Γεωθερμία	0	8	0,06	0,09
Φωτοβολταϊκά	0	5	0,01	0,01
Σύνολα	3461	6463	14,27	19,82

Πίνακας 8. Συντηρητική εκτίμηση δυνατής παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ κατά το έτος 2010

	Εγκατεστη- μένη ισχύς, Απρίλιος 2003 σε MW	Εγκατεστημέν η ισχύς το 2010 σε MW	Παραγωγή ενέργειας το 2010 σε TWh	Ποσοστιαία συμμετοχή ανά τύπο ΑΠΕ το 2010
Αιολικά	420	1.200	3,36	4,67
Μικρά υδροηλεκτρικά	66	200	0,70	0,97
Μεγάλα υδροηλεκτρικά	3.060	3.680	5,47	7,59
Βιομάζα	8	100	0,79	1,10
Γεωθερμία	0	8	0,06	0,09
Φωτοβολταϊκά	0	5	0,01	0,01
Σύνολα	3.571	5.193	10,39	14,43



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Α' Σεμινάριο εφαρμογών της ηλιακής ενέργειας
2. Βαζαίος Ε., εφαρμογές ηλιακής ενέργειας
3. Βιώνης Π. – Φραγκούλης Α. – Γλυνού Γ. – Αιολική ενέργεια, ΚΑΠΕ.
4. Ε' Σεμινάριο ηλιακής ενέργειας
5. Γελεγένης Γ., Προμελέτη σκοπιμότητας για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας, ΚΑΠΕ
6. Γεωθερμία, ΚΑΠΕ Ιούνιος 2000, Αθήνα
7. Γιαννούλης Π. Νέες πηγές ενέργειας, Πανεπιστήμιο Πατρών
8. ΔΕΗ, Στατιστική επιθερίδα της διανομής
9. ΔΕΗ, Ετήσιο δελτίο 2002
10. ΔΕΗ, Στατιστικά στοιχεία διανομής 2001, Αθήνα
11. ΔΕΗ, Ετήσιο δελτίο εκμετάλευσης 2001
12. ΔΕΗ/ΔΕΜΕ, Σύνδεση Α/Γ στα δίκτυα διανομής, 2000
13. Δημόπουλος Φ. – Μαλαφούρης Ι., Νέες πηγές ενέργειας, Αθήνα
14. ΕΛΚΕΠΑ, έρευνα και επιμόρφωση στο κλάδο κατασκευής ηλιακών συστημάτων της Β. Ελλάδας 1995
15. ΕΛΚΕΠΑ, Υλικό σύντομου επιμορφωτικού σεναρίου 1995 Θεσσαλονίκη
16. ΕΤΒΑ, Προμελέτη για την αξιοποίηση της γεωθερμίας της περιοχής Ν. Κεσσάνης ΚΑΠΕ 2000, Αθήνα
17. Ινστιτούτο Τεχνολογικών Εφαρμογών, Ήπιες μορφές ενέργειας
18. Καλκάνη Γ. – Χατήρη Γ., Χημική Τεχνολογία, Μακεδονικές εκδόσεις
19. Καναβάκης Γ. Μελέτη τεχνικοοικονομικής σκοπιμότητας για την ανάπτυξη γεωθερμικών θερμοκηπίων, ΚΑΠΕ, Φεβρουάριος 1993, Αθήνα
20. Κανελλόπουλος Δ., Αιολική ενέργεια και περιβάλλον
21. ΚΑΠΕ, Ηλιακές γεννήτριες και συστήματα
22. Κέντρο προγραμματισμού και οικονομικών ερευνών
23. Κουτρούπης Ν., update of geothermal energy development in Greece
24. Κωτσιανάς Φ. – Χούντρας Δ. Συλλέκτες ηλιακής ενέργειας, ΚΑΠΕ
25. Layman's Guidebook on "How to develop a small Hydro site"
26. Μηνιαίο στατιστικό δελτίο 2000 Μάρτιος

27. Μπούκης Ι., μελέτη διερεύνησης τεχνολογιών παραγωγής αιθανόλης ΚΑΠΕ
28. Οδηγός ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ΚΑΠΕ
29. Περράκης Κ., Προσδιορισμός της συμβολής των ΑΠΕ στο Ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο
30. Στεργιόπουλος Β., Μελέτη μικρού υδροηλεκτρικού έργου Αγγίστρου Σερρών ΚΑΠΕ, Μάρτιος 1992
31. Στεργιόπουλος Β., Διερεύνηση ενεργειακών δυνατοτήτων αξιοποίησης των υδάτινων πόρων Ν. Λακωνίας, Φεβρουάριος 1995
32. Σωκρατίδου Α., Γεωθερμία, ΚΑΠΕ
33. Τσόγκας Χ., κατασκευές υδραυλικών έργων, ίδρυμα Ευγενίδου 1954
34. Υπουργείο Ανάπτυξης ενεργειακό ισοζύγιο 2000
35. Φραγκόπουλος Χ., συστήματα συμπαραγωγής, ΕΜΠ 1994 Αθήνα
36. Φραγκούλης Α. – Κοτρωνάρος Α. – Ζόρλος Π., αιολική ενέργεια και περιβάλλον

Χρησιμοποιήθηκαν πληροφορίες και από τα ακόλουθες ιστοσελίδες:

1. <http://www.saintpaul.gr>
2. <http://www.worldbank.org>
3. <http://www.naturalgas.org/>
4. <http://www.mkince.ca/>
5. <http://www.windpower.org/>
6. <http://www.ewea.org/>
7. <http://www.cres.gr/>
8. <http://www.ypan.gr/>

