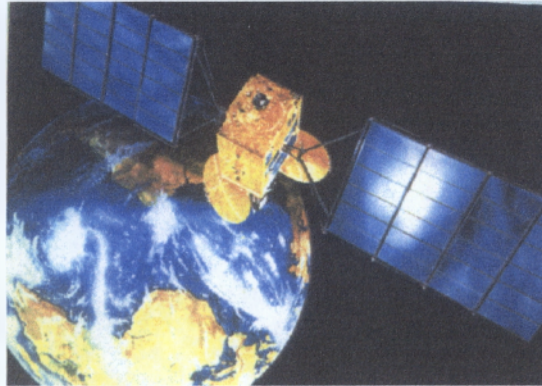




**Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΣΤΕΓ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΚΑ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**“ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΗΠΙΩΝ
ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ
ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΟΝ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ
ΗΛΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ”**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ : ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ
ΣΥΜΨΙΡΗ ΕΛΕΝΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ ΚΑΡΑΜΟΥΣΑΝΤΑΣ
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2001**

Περίληψη

Η χώρα μας είναι πλούσια σε πηγές ενέργειας και το μόνο που απομένει είναι απλά να τις «δαμάσουμε» και να τις εκμεταλλευτούμε το δυνατόν καλύτερα. Αναμφισβήτητα στον ελλαδικό χώρο οι δύο κυρίαρχες πηγές ενέργειας είναι ο Ήλιος και ο Άνεμος. Στην εργασία που ακολουθεί μελετούνται μαζί μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ως πηγή για ενέργειας και μια αιολική εγκατάσταση ως μια πηγή ηλεκτροδότησης για μια θερμοκηπιακή εγκατάσταση στην περιοχή της Κορώνης Μεσσηνίας.

Συγκεκριμένα οι ηλιακοί συλλέκτες ικανοποιούν τις ενεργειακές ανάγκες του θερμοκηπίου παρέχοντάς του ζεστό νερό, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν υπάρχει και σύστημα με συμβατά καύσιμα, ενώ οι ανεμοκινητήρες λύνουν το πρόβλημα της ηλεκτροδότησης υποβοηθούμενοι από συσσωρευτές και άλλων αντίστοιχων ηλεκτρονικών συσκευών.

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια προσπάθεια δυο σπουδαστριών να χρησιμοποιήσουν τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας (Ηλιακή και Αιολική ενέργεια). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που ελήφθησαν, το προτεινόμενο σύστημα, εάν αναπτυχθεί κατάλληλα, είναι ικανό να δώσει μια αυτόνομη θερμοκηπιακή μονάδα.

Λέξεις Κλειδιά: Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Ηλιακή Ενέργεια, ηλιακός συλλέκτης, φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, Αιολική Ενέργεια, αιολικές μηχανές, αιολική εγκατάσταση, θερμοκηπιακή εγκατάσταση.

Abstract

The dominator natural source energies in Greece are definitely the Sun and the Wind. Present study evaluates both the photovoltaic plant as an energy source and the wind plant as an electricity source for a greenhouse plant in the region of Koroni, Messinias.

Specifically, solar panels satisfy the energy required by offering heated water, while micro-wind convectors solve the electricity demand problem assistant by a battery storage device and the corresponding electronic devices.

This present project represents an effort of two students to make use of Renewable Energy Sources (Solar energy, Wind energy). According to the results obtained, the proposed system, if properly developed, is able to give an autonomous greenhouse plant.

Key Words: Renewable Energy Sources, Solar energy, solar panels, photovoltaic plant, wind energy, micro-wind convectors, greenhouse plant.

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε εδώ να ευχαριστήσουμε όλους αυτούς που μας βοήθησαν να ολοκληρώσουμε την εργασία μας: κ. Β.Δικαιουλάκο Φυσικό-Δημοτικό Σύμβουλο Καλαμάτας, το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), το Τ.Ε.Ι. Πειραιά και ιδιαίτερα τον Δρ. Ι. Καλδέλλη του τμήματος Μηχανολογίας και τους κ. Π. Σινιόρο και Π. Βερνάρδο του τμήματος Ηλεκτρολογίας, τις εταιρείες Maltezos, Orion, Novasol, AmCOR, Helioakmi, Siemens, Ηλιοδύναμη Ε.Π.Ε. και βεβαίως τον επιβλέποντα καθηγητή μας Δρ. Δ. Καραμουσαντά για την ευκαιρία που μας έδωσε να ασχοληθούμε με ένα τόσο ενδιαφέρον όσο και ανεξερεύνητο θέμα. Ένα μεγάλο, επίσης, ευχαριστώ στους γονείς μας και στα αδέρφια μας για την υπομονή που έδειξαν.

Τέλος, αφιερώνουμε την παρούσα εργασία στους Διονυσόπουλο Ανδρέα και Ντούρα Δημήτριο νιώθοντας ευγνώμονες για την υλική όσο και ηθική υποστήριξη που μας προσέφεραν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ Η ΣΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Ο Άνθρωπος και η Ενέργεια	1
1.2 Βασικές Αιτίες Κατασπατάλησης της Ενέργειας	2
1.3 Παγκόσμια Ενεργειακή Κατανάλωση	2
1.4 Ελληνική Ενεργειακή Αγορά.....	3
1.5 Ενέργεια και Περιβάλλον.....	3
1.6 Στροφή στις Ήπιες Μορφές Ενέργειας.....	4
1.7 Μορφές των Η.Μ.Ε.....	5
1.8 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα των Ήπιων Μορφών Ενέργειας	6
1.9 Εκμετάλλευση των Ήπιων Μορφών Ενέργειας	7
1.9.1 Ενδεικτικές Εφαρμογές της Εκμετάλλευσης	7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ Η.Μ.Ε.

2.1 Γεωθερμική Ενέργεια	9
2.1.1 Ιστορική αναδρομή	9
2.1.2 Χρησιμοποιούμενη ορολογία.....	9
2.1.3 Εφαρμογές της Γεωθερμίας – Το δυναμικό της Ελλάδας	10
2.1.4 Προοπτικές της Γεωθερμίας	16
2.2 Ενέργεια από Βιομάζα.....	16
2.2.1 Ορισμός	16
2.2.2 Μέθοδοι παραγωγής ενέργειας από Βιομάζα	19
2.2.3 Παγκόσμιο και Ελληνικό δυναμικό.....	19
2.2.4 Αξιοποίηση της Βιομάζας	21
2.2.5 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα από τη χρήση της Βιομάζας	23
2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	24
2.4 Θερμότητα Ωκεανών	24
2.5 Παλιρροιακή Ενέργεια.....	25
2.6 Αιολική Ενέργεια	25
2.7 Ηλιακή Ενέργεια.....	27
2.7.1 Το δυναμικό της Ελλάδας.....	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1 Γενικά	29
3.2 Ηλιακά συστήματα	29
3.3 Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα	31
3.3.1 Τρόπος λειτουργίας	31
3.3.2 Ηλιακοί Συλλέκτες	33
3.3.2.1 Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες	33
3.3.2.2 Απώλειες των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών	36
3.3.2.3 Απλός επίπεδος συλλέκτης	37

3.3.2.4 Επίπεδος συλλέκτης με απλό κάλυμμα	38
3.3.2.5 Επίπεδος συλλέκτης με κυψελίδες	38
3.3.2.6 Επίπεδος συλλέκτης κενού	39
3.4 Συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες	40
3.4.1 Κινητοί συλλέκτες	41
3.4.2 Συλλέκτες ακινήτου απορροφητήρα και κινητού συγκεντρωτήρα	42
3.4.3 Συλλέκτες σταθερού συγκεντρωτήρα και κινητού απορροφητήρα.....	43
3.4.4 Απορροφητήρας συγκεντρωτικών συλλεκτών	43
3.5 Σύγκριση Επίπεδων και Συγκεντρωτικών συλλεκτών	44
3.6 Προσανατολισμός του συλλέκτη	45
3.7 Δίκτυο απαγωγής θερμότητας	46
3.8 Θερμοαπαγωγά ρευστά	47
3.8.1 Νερό ή Υδρατμοί	47
3.8.2 Λάδια	48
3.8.3 Ειδικά ρευστά	48
3.8.4 Αέρια	48
3.9 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα	49
3.9.1 Αρχές λειτουργίας	49
3.9.2 Τρόπος λειτουργίας – Εφαρμογές	49
3.9.3 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα – Θερμοκήπια	52
3.9.4 Φαινόμενο του θερμοκηπίου	52
3.9.5 Ενεργειακό ισοζύγιο θερμοκηπίου.....	53
3.9.6 Εξοικονόμηση Ενέργειας	54
3.9.7 Αποθήκευση θερμότητας	54
3.9.8 Παθητική Γεωμετρία κατασκευής	61
3.10 Φωτοβολταϊκά Συστήματα	62
3.10.1 Αρχή Φωτοβολταϊκού στοιχείου	62
3.10.2 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	62
3.10.3 Τεχνολογία Φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	64
3.10.4 Ισχύς των Φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	65
3.10.5 Αρχές Λειτουργίας ενός Αυτόνομου Φ/Β Συστήματος	66
3.10.6 Εφαρμογές	70
3.10.7 Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ

4.1 Εφαρμογές της Ηλιακής Ενέργειας στη θέρμανση του θερμοκηπίου	76
4.2 Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας σε θερμοκήπια	80
4.2.1 Εξωτερικός ηλιακός συλλέκτης	81
4.2.2 Παθητικό ηλιακό σύστημα με διαφανείς σωλήνες γεμάτους νερό	82
4.2.3 Εναλλάκτης εδάφους – αέρα	83

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΜΕΣΩ

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	85
-------------------------------	----

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΜΕΣΩ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ	86α
---	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

I. Σύντομη ιστορική αναδρομή.....	87
II. Η Αιολική Ενέργεια στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά.....	88
III. Η Αιολική Ενέργεια στην ελληνική ενεργειακή αγορά.....	90
IV. Μειονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας.....	92
V. Πλεονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας.....	94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο
ΑΙΟΛΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

6.1 Εισαγωγή.....	97
6.2 Κατάταξη αιολικών μηχανών.....	98
6.3 Μηχανές Οριζοντίου Άξονα.....	100
6.4 Μηχανές Κατακόρυφου Άξονα.....	103
6.5 Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας Ανεμοκινητήρα.....	108
6.6 Εξαγωγή Ισχύος από τον άνεμο και ενεργειακές απώλειες.....	110
6.7 Επιλογή θέσης εγκατάστασης.....	113
6.8 Παράμετροι επιλογής τοποθεσίας αιολικών εγκαταστάσεων.....	114

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

7.1 Γενικά.....	118
7.2 Μέτρηση Αιολικού Δυναμικού.....	118
7.3 Επεξεργασία Αιολικού Δυναμικού.....	123
7.4 Εκτίμηση του αιολικού δυναμικού στην περιοχή της κοινότητας Κορώνης.....	127

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

8.1 Εισαγωγή.....	130
8.2 Αρχική διαστασιολόγηση του συστήματος.....	133
8.2.1 Ανεμοκινητήρας.....	133
8.2.2 Συσσωρευτής.....	138
8.2.3 Ρυθμιστής Φόρτισης Συσσωρευτών.....	140
8.2.4 Μετατροπέας.....	140
8.2.5 Ανορθωτής.....	141
8.2.6 Σταθεροποιητής τάσης.....	141

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ 142α

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 142β

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ Η.Μ.Ε. ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

9.1 Προγράμματα Οικονομικών Ενισχύσεων Για Τα Θερμοκήπια 143

9.1.1 Πρόγραμμα «Αξιοποίησης ήπιων μορφών ενέργειας για την βελτίωση
της ποιότητας των κηπευτικών και των ανθοκομικών προϊόντων» 143

9.2 Ειδικά προγράμματα για νέους καλλιεργητές..... 148

9.2.1 Κατά κύρια απασχόληση νέος καλλιεργητής..... 148

9.2.2 Κατά κύρια απασχόληση νέος αγρότης 150

9.2.3 Μερικής απασχόλησης νέος αγρότης 151

9.3 Ενισχύσεις με βάση τον κανονισμό (Ε.Ε.) 950/97 152

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... 153

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ Η ΣΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

1.1 Ο Άνθρωπος και η Ενέργεια.

Η προσπάθεια του ανθρώπου για συνεχή άνοδο του βιοτικού του επιπέδου, σε συνδυασμό με τη ραγδαία αύξηση του πληθυσμού της γης και την αλόγιστη σπατάλη και κακή χρήση των ενεργειακών αποθεμάτων του πλανήτη μας, απειλούν να οδηγήσουν σύντομα την ανθρωπότητα σε ένα μακρύ ενεργειακό χειμώνα.

Το μέγεθος της κατασπατάλησης των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων του πλανήτη μας φαίνεται από το γεγονός ότι η ανθρωπότητα έχει δαπανήσει τα τελευταία εκατό χρόνια, αποθέματα τα οποία αποταμιεύθηκαν κατά τη διάρκεια της μέχρι σήμερα ζωής του πλανήτη μας. Πράγματι μέχρι τον 16^ο αιώνα το ξύλο, μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αποτελούσε την μοναδική σχεδόν πηγή εκμεταλλεύσιμης θερμικής ενέργειας. Μετά από την πρώτη βιομηχανική επανάσταση, ο άνθρακας ήρθε και αντικατέστησε το ξύλο. Η μοναδική διαφορά ανάμεσα σ' αυτές τις πηγές ενέργειας είναι ότι ο άνθρακας αποτελεί μη ανανεώσιμη ή συμβατή πηγή ενέργειας.

Στις αρχές του 20ου αιώνα, ο άνθρακας υποκαθίσταται από μια μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, το πετρέλαιο. Η αξιοποίηση των κοιτασμάτων του έδωσε στην ανθρωπότητα την ευκαιρία να βελτιώσει το βιοτικό της επίπεδο. Η χρήση όμως της –από εκατομμυρίων ετών αποταμιευμένης– ενεργειακής κληρονομιάς του πλανήτη μας δημιούργησε μια σειρά από προβλήματα, καθώς τα αποθέματα πετρελαίου και των υπολοίπων φυσικών πόρων κατασπαταλήθηκαν από ορισμένους μόνο λαούς (Ευρώπη, Β. Αμερική), σε μια ξέφρενη πορεία ανάπτυξης.

Είναι λοιπόν προφανές ότι η συνεχής τεχνολογική ανάπτυξη αναστάτωσε το ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη μας. Η αντικατάσταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από τα συμβατά μη ανανεώσιμα καύσιμα και η αλόγιστη μέχρι σπατάλης κατανάλωση αυτών, έθεσε σε κίνδυνο ακόμα και τη διασφάλιση του σημερινού βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου.

1.2 Βασικές Αιτίες Κατασπατάλησης της Ενέργειας.

Η ανθρωπότητα τα τελευταία είκοσι χρόνια συνειδητοποίησε τον κίνδυνο του επερχόμενου χειμώνα και έκανε ορισμένες προσπάθειες περιορισμού της κατανάλωσης και ορθολογικότερης χρήσης των ενεργειακών αποθεμάτων. Παρόλα αυτά όμως οι κύριες αιτίες συνεχούς αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας παραμένουν και συνοψίζονται ως εξής :

- ◆ Συνεχής αύξηση της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας.
- ◆ Ανομοιομορφία στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας.
- ◆ Αύξηση του πληθυσμού της γης.
- ◆ Απώλειες συστημάτων παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας.
- ◆ Μη ορθολογική χρήση της ενέργειας.
- ◆ Αδιαφορία και σπατάλη ενέργειας.

1.3 Παγκόσμια Ενεργειακή Κατανάλωση.

Το τελευταίο μισό του 20ου αιώνα η κατανάλωση ενέργειας εμφάνισε δραματική αύξηση. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας κατά πηγή, τα τελευταία τριάντα χρόνια.

Πίνακας 1. Ενεργειακή κατανάλωση (mQ), κατά πηγή

Ενεργειακή Πηγή	1960	1970	1980	1985	1990
Ανθρακες	61,5	66,8	79,2	85,7	92,0
Πετρέλαιο	45,3	96,9	132,3	147,2	165,0
Φυσικά Αέρια	18,0	40,6	56,8	67,3	77,1
Ανανεώσιμες Πηγες	6,9	11,8	15,4	17,1	18,8
Πυρηνική	-	0,8	12,6	33,6	63,6
ΣΥΝΟΛΟ	131,7	216,9	296,3	350,9	416,6

Από τον Πίνακα 1, προκύπτει ότι υπάρχει σημαντικότερη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας, η οποία μέσα σε τριάντα χρόνια έχει υπερτριπλασιαστεί, ενώ το πετρέλαιο αποτελεί την κύρια πηγή πρωτογενούς ενέργειας. Κατά τα τελευταία χρόνια σημαντική συμβολή στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο έχει η πυρηνική ενέργεια ενώ περιορισμένη είναι η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η οποία στηρίζεται στην υδροηλεκτρική παραγωγή κατά κύριο λόγο στις αναπτυγμένες χώρες και στην αξιοποίηση της βιομάζας στις υπό ανάπτυξη.

1.4 Ελληνική Ενεργειακή Αγορά

Η ενεργειακή εικόνα της χώρας μας δεν παρουσιάζει μεγάλες διαφορές από τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές χώρες που δεν διαθέτουν δική τους παραγωγή πετρελαίου ή φυσικών αερίων. Τα βεβαιωμένα κοιτάσματα που υπάρχουν κυρίως στη Μακεδονία και στη Μεγαλόπολη υπολογίζονται σε 5 έως 6 δισεκατομμύρια τόνους, ενώ το πετρελαϊκό κοιτάσμα του Πρίνου καλύπτει ένα μικρό ποσοστό των ενεργειακών αναγκών της χώρας μας.

Τέλος τα επαρκώς βεβαιωμένα αποθέματα ουρανίου που έχουν εντοπιστεί στο Παρανέστι Δράμας, ανέρχονται σε 400 τόνους, ενώ συγκεντρώσεις ουρανίου έχουν εντοπιστεί σε λιγνίτες, σε ανθρακομιγείς αργίλους και φωσφορικά κοιτάσματα. Τα αποθέματα αυτής της κατηγορίας δεν θεωρούνται σήμερα τεχνικοοικονομικά απολήψιμα, είναι όμως δυνατόν να καταστούν στο μέλλον.

Από τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι η Ελλάδα δε φαίνεται ιδιαίτερα ευνοημένη σε αποθέματα συμβατικών καυσίμων, αντίθετα όμως διαθέτει αξιόλογο υδάτινο δυναμικό καθώς και άριστο αιολικό και ηλιακό δυναμικό, ενώ δεν στερείται και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

1.5 Ενέργεια και Περιβάλλον.

Ολόκληρη η διαδικασία παραγωγής ενέργειας και ιδιαίτερα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση συμβατικών καυσίμων, είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες μόλυνσης της ατμόσφαιρας και γενικότερα υποβάθμισης του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα αναφέρονται οι σημαντικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα " CO_2 " και οξειδίων του θείου " SO_2 ", ενώ δεν πρέπει να αγνοούνται οι περιπτώσεις άμεσης απειλής από τη χρήση πυρηνικής ενέργειας.

Τόσο το " CO_2 " όσο και το " SO_2 " παράγονται κατά την καύση των υδρογονανθράκων και το μεν " SO_2 " μαζί με τυχόν νιτρώδεις ατμούς θεωρείται υπεύθυνο για την όξινη βροχή, που καταστρέφει την πανίδα της βόρειας και κεντρικής Ευρώπης, ενώ το " CO_2 " θεωρείται υπεύθυνο για τη βαθμιαία αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας, επιτείνοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου οφείλεται στην ιδιότητα του " CO_2 " να απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία, με αποτέλεσμα υψηλές συγκεντρώσεις

του στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας να εμποδίζουν την απαγωγή της θερμότητας από τη γη στο διάστημα, με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη μας.

Για να αποφευχθούν τα καταστροφικά αυτά φαινόμενα, απαιτείται τεράστια οικονομική δαπάνη κατά την κατασκευή θερμοηλεκτρικού ή υδροηλεκτρικού σταθμού, ώστε να αποκτήσει τη δυνατότητα να δεσμεύει όλα τα ανεπιθύμητα ελκυσόμενα αέρια.

Ακόμη σημαντική αλλοίωση του φυσικού χώρου προέρχεται από την εξόρυξη πετρελαίου. Αυτό παρουσιάζει εκτός των άλλων το πρόβλημα ότι η προμήθεια του από διάφορες χώρες εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις πολιτικές διαμάχες. Αυτό φάνηκε ξεκάθαρα με την κρίση στην περιοχή του Περσικού Κόλπου το καλοκαίρι του 1990 και με την πετρελαϊκή κρίση που εκδηλώθηκε το 1973 με τον απότομο τετραπλασιασμό της τιμής του αργού πετρελαίου και ακολουθήθηκε με άλλες διαδοχικές αυξήσεις τα επόμενα χρόνια. Επίσης, σύμφωνα με τους σημερινούς ρυθμούς κατανάλωσης έχει υπολογιστεί ότι τα γνωστά αποθέματα πετρελαίου διαρκούν για 41,5 χρόνια. Παρόμοιοι υπολογισμοί δίνουν χρόνο ζωής στον άνθρακα 329 χρόνια ενώ για τα αποθέματα φυσικού αερίου 120.

Σχετικά με την ενέργεια που ελευθερώνεται με την διάσπαση των πυρήνων ουρανίου, η εξάρτηση από αυτή είναι πολύ δύσκολη, λόγω του είδους της πρώτης ύλης. Είναι όμως εξαιρετικά επικίνδυνη, αν κρίνει κανείς από κάποια ατυχήματα που έγιναν το 1979 στον πυρηνικό σταθμό του Three Mile Island της Πενσυλβανίας, και το 1986 στο Τσερνομπίλ της Ουκρανίας.

Δημιουργήθηκε έτσι ένα ευνοϊκό κλίμα για την αναζήτηση και εκμετάλλευση άλλων ενεργειακών πηγών.

1.6 Στροφή στις Ήπιες Μορφές Ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια ζητώντας κάποια λύση στο ενεργειακό τους πρόβλημα, οι Ευρωπαίοι και οι Βορειοαμερικανοί στην αρχή, και στη συνέχεια οι άλλοι λαοί, ξαναθυμήθηκαν κάποιες παραμερισμένες ενεργειακές πηγές. Έτσι δόθηκε ώθηση στην έρευνα για τις δυνατότητες εκμετάλλευσης κάποιων εναλλακτικών μορφών ενέργειας, που είναι φιλικές προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα, ανεξάντλητες.

Οι ενεργειακές αυτές πηγές ονομάστηκαν εναλλακτικές γιατί υποκαθιστούν και σε μερικές περιπτώσεις αντικαθιστούν τις συμβατές. Ακόμη λέγονται ήπιες γιατί η ενέργεια προσφέρεται από αυτές σε μεγάλη αραίωση. Τέλος ονομάζονται ανανεώσιμες, όρος που έχει επικρατήσει, γιατί είναι ακένωτες.

Οι Ήπιες Μορφές Ενέργειας παρουσιάζουν μερικά πλεονεκτήματα, τα οποία τις καθιστούν ακόμα πιο ελκυστικές. Η πρόοδος των τεχνολογιών αξιοποίησης τους τις δύο τελευταίες δεκαετίες έχει σε πολλές περιπτώσεις, καταστήσει την εκμετάλλευσή τους οικονομικά ανταγωνιστική των συμβατών πηγών ενέργειας. Μπορεί λοιπόν, να θεωρηθεί ότι οι Η.Μ.Ε. διανύουν μια περίοδο πρώτης ωριμότητας, αφού είναι πλέον κατάλληλες για γενική χρήση και όχι μόνο για ειδικές εφαρμογές. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και από την ευρεία διάδοσή τους, ειδικά τα τελευταία χρόνια, η οποία μάλιστα συνεχίζεται με αυξανόμενους ρυθμούς.

Ο ανανεώσιμος χαρακτήρας αυτών των πηγών ενέργειας σχετίζεται άμεσα με την προέλευσή τους. Με εξαίρεση τη γεωθερμία, η οποία προέρχεται από την εσωτερική θερμική ενέργεια της γης.

1.7 Μορφές των Η.Μ.Ε.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω προβλήματα που πηγάζουν από τη χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας, αρκετοί ειδικοί πρότειναν την αξιοποίηση των ήπιων ή ανανεώσιμων ή εναλλακτικών μορφών ενέργειας.

Οι κυριότερες από αυτές είναι .

- ♦ Η Ηλιακή Ενέργεια. Αυτή αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία και διακρίνονται στα:
 - Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα, στα οποία χρησιμοποιούνται κατάλληλοι συλλέκτες για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και την αποθήκευσή της, με τη μορφή θερμότητας, σε κάποιο ρευστό.
 - Παθητικά Ηλιακά Συστήματα, τα οποία βασίζονται στον κατάλληλο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων και την επιλογή ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της εκμεταλλεύσιμης ηλιακής ενέργειας σε εφαρμογές θέρμανσης, δροσισμού και φωτισμού των κτιρίων.

- Φωτοβολταϊκά Συστήματα, με τα οποία μετατρέπεται η ηλιακή ενέργεια απ' ευθείας σε ηλεκτρική, μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.
- ♦ Η Αιολική Ενέργεια, η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας των ανέμων. Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό, δεσμεύουν την κινητική ενέργεια του ανέμου και τη μετατρέπουν είτε σε κάποια άλλη μορφή μηχανικής ενέργειας, είτε, συνηθέστερα, σε ηλεκτρική.
- ♦ Η Γεωθερμική Ενέργεια, όπου αξιοποιούνται τα θερμά νερά ή/και οι ατμοί που υπάρχουν σε υπόγειους ταμιευτήρες σε πολλές περιοχές της Γης. Τα ρευστά αυτά, όταν είναι εφικτό να ανιληθούν με οικονομικά συμφέρον κόστος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε θερμικές εφαρμογές, είτε για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.
- ♦ Η Ενέργεια από Βιομάζα, δηλαδή η χημική ενέργεια που εμπεριέχεται σε κάθε υλικό που προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Η καύση της βιομάζας, είτε απ' ευθείας είτε μετατρεπόμενη σε κατάλληλο καύσιμο, αποδίδει θερμική ενέργεια, η οποία, στη συνέχεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικιλία εφαρμογών.
- ♦ Υδραυλική ενέργεια
- ♦ Παλιρροιακή ενέργεια
- ♦ Ενέργεια κυμάτων και
- ♦ Ενέργεια ωκεανών.

1.8 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα των Ήπιων Μορφών Ενέργειας

α) Πλεονεκτήματα

- ❖ Είναι ανεξάντλητες
- ❖ Είναι εγχώριες και γεωγραφικά διεσπαρμένες στον Ελλαδικό χώρο, χωρίς έξοδα μεταφοράς
- ❖ Χαμηλό λειτουργικό κόστος
- ❖ Έχουν μικρά μεγέθη εγκαταστάσεων
- ❖ Δημιουργούν θέσεις εργασίας
- ❖ Φιλικές προς το περιβάλλον

β) Μειονεκτήματα

- ❖ Υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης
- ❖ Δυσχέρεια απόκτησης μεγάλης ωφέλιμης ισχύος
- ❖ Διακυμάνσεις διαθεσιμότητας

1.9 Εκμετάλλευση των Ήπιων Μορφών Ενέργειας (Η.Μ.Ε.)

Οι Η.Μ.Ε. μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έχει, συχνά όμως καθιστάται ανάγκη να μετατραπούν σε άλλες μορφές ενέργειας όπως θερμική ενέργεια (ΘΕ), κινητική ενέργεια (ΚΕ), ηλεκτρική ενέργεια (ΗΕ).

1.9.1 Ενδεικτικές εφαρμογές της εκμετάλλευσης

1. Εκμετάλλευση Ηλιακής Ενέργειας σε Ηλεκτρική μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων : Η.Μ.Ε. \Rightarrow ΗΕ
2. Εκμετάλλευση Αιολικής Ενέργειας μέσω ανεμοκινητήρα, δηλαδή μετατροπή της αιολικής σε κινητική : Η.Μ.Ε. \Rightarrow ΗΕ
3. Εκμετάλλευση Ηλιακής Ενέργειας για την παραγωγή θερμού νερού χρήσης : Η.Μ.Ε. \Rightarrow ΘΕ
4. Εκμετάλλευση Βιομάζας για θέρμανση : Η.Μ.Ε. \Rightarrow ΘΕ
5. Εκμετάλλευση Παλιρροιακών κυμάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας : Η.Μ.Ε. \Rightarrow ΗΕ
6. Εκμετάλλευση Ηλιακής Ενέργειας για τη θέρμανση χώρων (παθητικά συστήματα θέρμανσης) : Η.Μ.Ε. \Rightarrow ΘΕ
7. Θερμιοκίνητη μετατροπή της Ηλιακής Ενέργειας : Η.Μ.Ε. \Rightarrow ΗΕ

Στις παραπάνω περιπτώσεις έχουμε μετατροπή των Η.Μ.Ε. σε ένα κύκλο. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις μετατροπής των Η.Μ.Ε. σε δυο κύκλους. Ενδεικτικά αναφέρουμε:

1. Εκμετάλλευση της Αιολικής Ενέργειας μέσω ανεμοκινητήρων (Α/Κ) για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας : Η.Μ.Ε. \Rightarrow ΚΕ \Rightarrow ΗΕ
2. Γεωθερμική Ενέργεια για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας : ΘΕ \Rightarrow ΚΕ \Rightarrow ΗΕ

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι με την αύξηση του αριθμού των κύκλων μειώνεται ο βαθμός απόδοσης. Συνήθως λέμε π.χ. ο κύκλος $\Theta E \Rightarrow H E$ έχει βαθμό απόδοσης μικρότερο ή ίσο με 25% ενώ η μετατροπή $\Theta E \Rightarrow K E \Rightarrow H E$ έχει βαθμό απόδοσης 40% περίπου. Προφανώς ο βαθμός απόδοσης σε ένα μετασχηματισμό τριών κύκλων είναι $n_{ολ} = n_1 + n_2 + n_3$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ Η.Μ.Ε

2.1 Γεωθερμική Ενέργεια

2.1.1 Ιστορική αναδρομή.

Η Γη, οι άλλοι πλανήτες, όπως και όλα τα αστρικά σώματα, δημιουργήθηκαν, σύμφωνα με τη γνωστή θεωρία, από θερμά αέρια που ψύχθηκαν και συμπυκνώθηκαν με την πάροδο του χρόνου. Η διάπυρη σφαίρα, που κάποτε ήταν η Γη, δεν έχει ακόμη ψυχθεί εντελώς στο εσωτερικό της. Επιπλέον η θερμότητα που παράγεται από τη φυσική ραδιενέργεια των πετρωμάτων της συντηρεί, εν μέρει, αυτές τις υψηλές θερμοκρασίες. Οι εκρήξεις των ηφαιστειών, οι πίδακες θερμού νερού, ατμών ή αερίων και οι θερμές πηγές αποτελούν επιφανειακές εκδηλώσεις της δραστηριότητας που λαμβάνει χώρα στα έγκατα της Γης.

Από αρχαιοτήτων χρόνων, οι πρωτόγονοι, ακόμη, κάτοικοι του πλανήτη μας προσωποποίησαν και θεοποίησαν τις αιτίες των φαινομένων αυτών, ερμήνευσαν με μύθους τις διαδικασίες που παρατηρούσαν και εκμεταλλεύτηκαν, όσο μπορούσαν, τη θερμική ενέργεια που έφτανε στην επιφάνεια. Η ενέργεια αυτή ονομάζεται γεωθερμική ενέργεια και σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της περιοχής. Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, η οποία, με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα, μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες.

2.1.2 Χρησιμοποιούμενη ορολογία.

Όσο μικραίνει η απόσταση από το κέντρο Γης τόσο αυξάνει η θερμοκρασία των στρωμάτων της. Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας συναρτήσει του βάθους από την επιφάνεια της Γης ονομάζεται « γεωθερμική βαθμίδα». Όταν η εν λόγω θερμοκρασία αυξάνει συναρτήσει του βάθους με ρυθμό ταχύτερο από τον κανονικό, τότε παρουσιάζεται « γεωθερμική ανωμαλία», όπως ονομάζεται το φαινόμενο αυτό. Αυτή αποτελεί γνώρισμα μιας περιοχής όπου συντρέχουν ειδικές γεωλογικές συνθήκες και είναι πιθανό να υπάρχει εκεί κοιτάσμα (ή ταμιευτήρας, όπως αλλιώς ονομάζεται) εκμεταλλεύσιμης γεωθερμικής ενέργειας.

Για να υφίσταται θερμό νερό ή ατμός σε μια περιοχή, πρέπει να υπάρχει εκεί κάποιος ταμιευτήρας αποθήκευσης του. Αυτός σχηματίζεται όταν ένας αδιαπέραστος από το νερό ορίζοντας βρίσκεται κάτω από έναν περατό. Η γεωμορφολογία της περιοχής πρέπει να είναι κατάλληλη, ώστε το βρόχινο νερό να μπορεί να διεισδύσει σε αυτούς τους βαθύτερους ορίζοντες, οι οποίοι, με την σειρά τους, πρέπει να βρίσκονται κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Όταν συντρέχουν όλες αυτές οι συνθήκες, το νερό του ταμιευτήρα θερμαίνεται και ανέρχεται προς την επιφάνεια, ενώ το ψυχρότερο νερό κατεβαίνει βαθύτερα, στον ταμιευτήρα όπου με τη σειρά του θερμαίνεται.

Εάν η θερμοκρασία των ρευστών αυτών είναι μεγαλύτερη των 25°C , τότε, σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, αυτά ονομάζονται γεωθερμικά ρευστά. Αντίστοιχα, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως:

- ♦ **Υψηλής ενθαλπίας**, όταν η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού είναι μεγαλύτερη των 150°C ,
- ♦ **Μέσης ενθαλπίας**, όταν η θερμοκρασία αυτή κυμαίνεται μεταξύ 100 και 150°C και τέλος
- ♦ **Χαμηλής ενθαλπίας**, όταν η θερμοκρασία του ρευστού κυμαίνεται μεταξύ 25 και 100°C .

Κάποιες φορές, τα γεωθερμικά ρευστά εμφανίζονται επιφανειακά, με τη μορφή πιδάκων θερμού νερού ή ατμού, ενώ, άλλες φορές, πρέπει να γίνει γεώτρηση για να αποληφθούν.

2.1.3 Εφαρμογές της γεωθερμίας – το δυναμικό της Ελλάδας.

Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, ανάλογα με την ποιότητα της. Έτσι, τα γεωθερμικά ρευστά υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιούνται κυρίως για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, χωρίς να αποκλείεται και η αξιοποίηση αυτών με μέση ενθαλπία για τον ίδιο σκοπό. Τα ρευστά μέσης και χαμηλής ενθαλπίας είναι περισσότερο κατάλληλα για χρήση σε θερμικές εφαρμογές. Η μέθοδος που κάθε φορά εφαρμόζεται για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του γεωθερμικού ρευστού, δηλαδή τη θερμοκρασία του τα διαλελυμένα και αιωρούμενα σ' αυτό στερεά υλικά, καθώς και το επίπεδο των αερίων που περιέχει.

Η συνηθέστερα ακολουθούμενη μέθοδος ηλεκτροπαραγωγής με γεωθερμικό ρευστό, η οποία χρησιμοποιείται όταν το ρευστό αυτό εξέρχεται

υπό μορφή ατμού με πίεση, χωρίς τη βοήθεια άντλησης, συνίσταται στην εκτόνωσή του σε ένα στροβιλοφόρο κινητήρα, συνδεδεμένο με μια ηλεκτρογεννήτρια, αφού προηγουμένως διέλθει από ένα διαχωριστήρα ατμού. Μία αποδοτικότερη της προηγούμενης διαδικασίας είναι ο δυαδικός κύκλος που χρησιμοποιείται όταν η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού είναι μικρότερη των 180° C αυτό αποδίδει την ενέργεια του σε ένα δεύτερο ρευστό μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας και επανεισάγεται στον ταμιευτήρα το ρευστό αυτό που έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού από το γεωθερμικό. Ατμοποιείται στην έξοδο του εναλλάκτη και διοχετεύεται σε ένα στρόβιλο ο οποίος κινεί επίσης μια ηλεκτρογεννήτρια και στη συνέχεια αφού συμπυκνωθεί οδηγείται πίσω στον εναλλάκτη.

Το μεγαλύτερο, σήμερα, γεωθερμικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται εγκατεστημένο στα Γκέυζερς της Καλιφόρνιας. Η εγκατεστημένη ισχύς που σήμερα ξεπερνά τα 1.400 MW, ενώ υπολογίζεται ότι θα υπερβεί τα 2500 MW μέχρι τέλος του αιώνα. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία, η εγκατεστημένη ισχύς παγκοσμίως ξεπερνά τα 10 GW και η παραγόμενη ενέργεια τις 35000 GWh. Στην Ελλάδα η ΔΕΗ εγκατέστησε στη Μήλο το 1985 μία πειραματική μονάδα παραγωγής, ηλεκτρικής ενέργειας, ισχύος 2 MW, για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής υψηλής ενθαλπίας του νησιού, η οποία λειτούργησε επιτυχώς για κάποιο διάστημα, μέχρι το 1989.

Η χώρα μας έχει δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής από γεωθερμία της τάξεως των 150 MW, το οποίο, όμως, για διάφορες αιτίες παραμένει ανεκμετάλλευτο. Γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας έχουν βρεθεί στο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου, πιο συγκεκριμένα, στο νησιώτικό σύμπλεγμα Μήλου, Σαντορίνης και Νισύρου. Επίσης, έχει βεβαιωθεί η ύπαρξη γεωθερμικών πεδίων μέσης ενθαλπίας, πέραν του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου, και στη νήσο Λέσβο, ενώ πεδία χαμηλής ενθαλπίας υπάρχουν διασκορπισμένα σε ολόκληρη, σχεδόν, τη χώρα. Υπάρχουν, όμως, και αρκετές περιοχές με γεωθερμικό ενδιαφέρον, οι οποίες, δεν έχουν ακόμα διερευνηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό.

Σήμερα, στην Ελλάδα, η εκμετάλλευση της γεωθερμίας γίνεται αποκλειστικά για χρήση της σε θερμικές εφαρμογές, οι οποίες είναι εξίσου σημαντικές με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, δεδομένου ότι αυτή μπορεί να παρέχει θερμική ενέργεια πολύ φθηνότερη απ' ότι τα συμβατά καύσιμα. Μάλιστα, οι δυνατότητες που προσφέρει η γεωθερμία για παραγωγή

θερμότητας είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες για ηλεκτροπαραγωγή, καθώς τα κατάλληλα σε αυτή την περίπτωση πεδία χαμηλής και μέσης ενθαλπίας απαντώνται ευρύτερα.

Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως αφορά την θέρμανση θερμοκηπίων, καθώς σ' αυτά οι δαπάνες θέρμανσης αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού κόστους λειτουργίας τους, το οποίο φυσικά αυξάνει όσο ψυχρότερο είναι το κλίμα της περιοχής όπου είναι εγκατεστημένα.

Στην περίπτωση αυτή παρατηρούνται πολλά προβλήματα, κυρίως λόγω της υψηλής αλατότητας που συνήθως έχει το γεωθερμικό ρευστό. Ανάλογα με τα πετρώματα που συναντά το ζεστό νερό στη διαδρομή του, εμπλουτίζεται με άλατα, τα οποία σε μερικές περιπτώσεις είναι διαβρωτικά στα κοινά μέταλλα και σε άλλες περιπτώσεις, ενώ δεν είναι διαβρωτικά, καθιζάνουν στα τοιχώματα των σωλήνων και πολύ γρήγορα τους κλείνουν.

Η φθηνότερη λύση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων σε μικρές μονάδες φαίνεται ότι είναι η χρησιμοποίηση φθηνών πλαστικών σωλήνων που αντικαθίστανται σε μερικά χρόνια.



Εικ. 1. Πλαστικοί σωλήνες σε πολλαπλές γραμμές κατά μήκος των γραμμών φύτευσης για θέρμανση με γεωθερμικό νερό.

Τα συστήματα αξιοποίησης της γεωθερμίας σε μεγάλες μονάδες είναι:

1) Σε όσες περιπτώσεις το γεωθερμικό νερό δεν είναι πολύ διαβρωτικό και δεν παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα αποθέσεως, η εγκατάσταση για την αξιοποίηση του γεωθερμικού νερού αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- α) Τμήμα γεώτρησης (η γεώτρηση και ο εξοπλισμός που τοποθετείται επί τόπου)
- β) Τμήμα μεταφοράς του γεωθερμικού ρευστού (σωλήνες μεταφοράς, προωθητικές αντλίες)
- γ) Τμήμα χρήσης (σύστημα θέρμανσης θερμοκηπίου)
- δ) Τμήμα απόρριψης που αφορά την επιφανειακή απόρριψη ή επανέγχυση του ρευστού που έδωσε την ενέργεια.

Τα βασικά στοιχεία που αποτελούν τον εξοπλισμό στο τμήμα της γεώτρησης, είναι μια αντλία πολλαπλών σταδίων άντλησης του ρευστού και μια δεξαμενή – αποθήκη, από την οποία προωθείται το γεωθερμικό ρευστό στο σύστημα μεταφοράς και από εκεί στο σύστημα χρήσης.

2) Στις περιπτώσεις που το γεωθερμικό ρευστό είναι διαβρωτικό, προκειμένου να περιοριστεί η επαφή του γεωθερμικού ρευστού με το μεγάλο δίκτυο μεταφοράς και χρήσης ώστε να ελαχιστοποιηθεί η διάβρωση του συστήματος, παρεμβάλλεται αμέσως μετά τη γεώτρηση ένας εναλλάκτης θερμότητας έτσι ώστε το τμήμα παραγωγής στη γεώτρηση και αυτό της μεταφοράς και χρήσης να είναι συζευγμένα, χωρίς να κυκλοφορεί το γεωθερμικό νερό στο τμήμα μεταφοράς και χρήσης. Ένα δευτερεύον υγρό (συνήθως καθαρό νερό) θερμαίνεται μέσω του εναλλάκτη από το γεωθερμικό ρευστό και μεταφέρει τη θερμότητα στο σύστημα θέρμανσης του θερμοκηπίου.

Οι κυριότεροι τύποι εναλλακτών θερμότητας που χρησιμοποιούνται είναι:

- Εναλλάκτες με πλάκες
- Εναλλάκτες με σωλήνα και κέλυφος
- Εναλλάκτες στον πυθμένα της γεώτρησης

Για τη μεταφορά και τη διανομή του γεωθερμικού ρευστού όταν το ρευστό είναι θερμοκρασίας μικρότερης των 55° C, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι πλαστικοί σωλήνες υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλενίου. Για γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας μέχρι 100° C μπορούν να χρησιμοποιηθούν σωλήνες πλαστικοί (FRP) ενισχυμένοι με ίνες υάλου. Πλεονεκτούν των σωλήνων χάλυβα στην αντοχή, στη διάβρωση, στις συστολο - διαστολές και στην πτώση της πίεσης για δεδομένη παροχή, δεν αντέχουν όμως σε υψηλές πιέσεις.

Σε ρευστά που δεν είναι πολύ διαβρωτικά, όταν υπάρχει ελεύθερο οξυγόνο σε αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθούν σωλήνες από ανθρακοχάλυβα οι οποίοι πλεονεκτούν από τους χαλύβδινους, διότι είναι οικονομικότεροι και παρουσιάζουν υψηλότερη ανθεκτικότητα.

Σωλήνες αμιαντοτσιμέντου, όπως και σωλήνες από πολυμερή συμπαγή σύνθετα, δύστηκτα, έχουν δείξει επίσης καλά αποτελέσματα.

Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την οικονομική αξιολόγηση των γεωθερμικών συστημάτων είναι:

- Το βάθος της γεώτρησης
- Απόσταση γεώτρησης – πεδίου χρήσης
- Παροχή γεώτρησης
- Θερμοκρασία της γεώτρησης
- Επιτρεπόμενη πτώση της θερμοκρασίας
- Μέγεθος του πεδίου χρήσης
- Συντελεστής φορτίου
- Σύνθεση του γεωθερμικού ρευστού
- Ευκολία στην απόρριψη του γεωθερμικού ρευστού
- Διάρκεια ζωής της γεώτρησης

Συνημμένα όσον αφορά τα παραπάνω, πρέπει να επεξηγηθούν κάποια καίρια σημεία. Το βάθος της γεώτρησης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 3 Km, γιατί τότε η γεώτρηση θα καταστεί οικονομικά ασύμφορη, όπως ασύμφορη θα καταστεί όταν η γεώτρηση απέχει μεγάλη απόσταση από το σημείο εφαρμογής. Η παροχή της γεώτρησης, για να μπορεί να θεωρηθεί καλή και οικονομικά βιώσιμη, πρέπει να έχει παροχή 25-50 l/s. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού χαρακτηρίζει τη γεώτρηση, και είναι συνήθως σταθερή, ενώ η πτώση της στο χώρο της χρήσης είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη θερμική απόδοση της γεώτρησης. Μεγαλύτερη πτώση της θερμοκρασίας σημαίνει μεγαλύτερη ισχύ και κατ' επέκταση μικρότερο κόστος λειτουργίας. Το μέγεθος του πεδίου χρήσης είναι και αυτό σημαντικό, γιατί όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση εφαρμογής, τόσο πιο γρήγορα θα γίνει απόσβεση του κόστους κατασκευής της μονάδας εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας και σε συνάρτηση με τον συντελεστή του φορτίου, το λόγο του μέσου φορτίου θερμότητας που παραδίδεται από την πηγή προς το εγκατεστημένο σύστημα, δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την οικονομική βιωσιμότητα της μονάδας. Τέλος, σημαντικό

είναι να αναφέρουμε ότι για να καταστεί η εκμετάλλευση του γεωθερμικού ρευστού οικονομικώς ωφέλιμη, πρέπει η διαμόρφωσή της να είναι κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτρέπουν παραγωγική ζωή για περισσότερο από τριάντα χρόνια.

Ανάλογη χρήση της γεωθερμίας γίνεται και στις υδατοκαλλιέργειες, όπου εκτρέφονται υδρόβιοι οργανισμοί, πολλοί από τους οποίους, όπως τα χέλια, οι γαρίδες και τα φύκια, αναπτύσσονται γρηγορότερα σε θερμοκρασίες νερού μεγαλύτερες από τις συνήθεις στη φύση, της τάξεως των 25 έως 30° C. Με τη θέρμανση, λοιπόν, του νερού εκτροφής, η οποία κάλλιστα μπορεί να γίνει μέσω της γεωθερμικής ενέργειας, επιτυγχάνεται η ταχύτερη και μεγαλύτερη αναπαραγωγή τους. Εξάλλου, η γεωθερμία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ευρέως στη χώρα μας, ιδιαίτερα στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές της, για τη θερμική αφαλάτωση του νερού με στόχο την απόληψη πόσιμου. Μια τέτοια εφαρμογή περιορίζει σημαντικά το σχετικό κόστος, έναντι αυτού που απαιτείται για τον εφοδιασμό των περιοχών αυτών με πόσιμο νερό μέσω υδροφόρων πλοίων.

Μια άλλη, παγκοσμίως διαδεδομένη, χρήση της γεωθερμίας είναι η τηλεθέρμανση, όπως ονομάζεται η παροχή ζεστού νερού από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής της θερμότητας, με σκοπό τη θέρμανση των διάφορων χώρων, καθώς και για την απευθείας χρήση του, σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη. Το ζεστό νερό μεταφέρεται, μέσω δικτύου αγωγών, από το σταθμό προς τα κτίρια / καταναλωτές. Στη χώρα μας δεν έχουν εγκατασταθεί τέτοιου είδους μονάδες. Οι εφαρμογές της περιορίζονται στη θέρμανση θερμοκηπίων, ενώ, κατά καιρούς, έχουν γίνει πειραματικές εφαρμογές της σε υδατοκαλλιέργειες και ξηραντήρια βαμβακιού.

Οι παραπάνω θερμικές εφαρμογές μπορούν να εγκατασταθούν έτσι ώστε το γεωθερμικό ρευστό από μια γεώτρηση να χρησιμοποιείται σε περισσότερες της μίας από αυτές, αξιοποιώντας το σύνολο της εκμεταλλεύσιμης ή διαθέσιμης στην περιοχή γεωθερμικής ενέργειας. Μπορεί, δηλαδή, για παράδειγμα, να θερμαίνεται ένα θερμοκήπιο, εν συνεχεία μία υπαίθρια καλλιέργεια και, τέλος, μία υδατοκαλλιέργεια. Η γεωθερμία, τέλος, μπορεί να βρει εφαρμογή στα συστήματα θέρμανσης ή / και ψύξης κτιρίων, θερμοκηπίων και άλλων εγκαταστάσεων, που χρησιμοποιούν αντλίες θερμότητας. Αυτά ονομάζονται γήινοι εναλλάκτες θερμότητας και

εκμεταλλεύονται τη σταθερή θερμοκρασία που επικρατεί στο υπέδαφος, χωρίς να είναι αναγκαία η ύπαρξη ανωμαλίας της γεωθερμικής βαθμίδας.

2.1.4 Προοπτικές της Γεωθερμίας.

Τα γεωθερμικά ρευστά είναι συνήθως πλούσια σε διαλελυμένα άλατα, καθώς και άλλες χημικές ενώσεις και στοιχεία, τα οποία τους προσδίδουν ιδιαίτερες ιδιότητες, μεταξύ των οποίων και θεραπευτικές. Μερικές φορές, όμως, αυτά μπορεί να δημιουργήσουν περιβαλλοντικά προβλήματα, κατά την απόρριψη των γεωθερμικών ρευστών στο περιβάλλον. Άλλες φορές, πάλι, υπάρχουν εγκλωβισμένα στους ταμιευτήρες δύσσομα αέρια όπως το υδροθείο, που όταν διαχυθούν στην ατμόσφαιρα, μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα υποβάθμισης του περιβάλλοντα χώρου. Με την υπάρχουσα τα τελευταία χρόνια τεχνολογία, είναι δυνατή και σχετικά εύκολη η αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών.

Η χρήση της γεωθερμίας μπορεί να αποβεί πολύ προσοδοφόρα στο επίπεδο του χρήστη, λόγω της ενέργειας χαμηλού κόστους που προσφέρει, και, από την άλλη μεριά, σε μια εποχή που τα περιβαλλοντικά προβλήματα γίνονται όλο και οξύτερα, είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι αποτελεί μια καθαρή πηγή ενέργειας που δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές ρύπων. Για τους λόγους αυτούς και, εάν ληφθεί επιπλέον υπόψη, ότι η γεωθερμία είναι σχετικά ανανεώσιμη, γίνεται αντιληπτό ότι αυτή αποτελεί μια πηγή ενέργειας πολύτιμη για τις περιοχές που έχουν την τύχη να την διαθέτουν. Η τεχνολογία αξιοποίησης της είναι πλέον ώριμη, χωρίς τα προβλήματα της πρώτης περιόδου, και η συστηματική εκμετάλλευσή της μπορεί να επιφέρει στη χώρα μας σημαντικά οικονομικά, συναλλαγματικά και, πρωτίστως, περιβαλλοντικά οφέλη.

2.2 Ενέργεια από Βιομάζα

2.2.1 Ορισμός

Οι αυξημένες ανάγκες σε ενέργεια σε συνδυασμό με τη μείωση των πετρελαϊκών αποθεμάτων, προσανατολίζουν τον κόσμο στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί να καλύψει σημαντικό μέρος των ενεργειακών αναγκών μιας

χώρας. Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άμεση παραγωγή ενέργειας, για παραγωγή στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων, για παραγωγή λιπασμάτων καθώς και για παραγωγή βιομηχανικών υλικών (π.χ. χαρτοπολιός).

Ως βιομάζα, γενικά, ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση και, πρακτικά, περιλαμβάνεται σ' αυτήν οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, στον όρο βιομάζα εμπεριέχονται:

- Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από τα φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται εντατικά και ειδικά για παραγωγή βιομάζας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κλπ.

- τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως είναι π.χ. τα άχυρα, τα στελέχη αραβόσιτου και βαμβακιάς, τα κλαδοδέματα, οι κληματίδες, τα κλαδιά δένδρων, τα φύκη, τα κτηνοτροφικά απόβλητα κ.ά.,

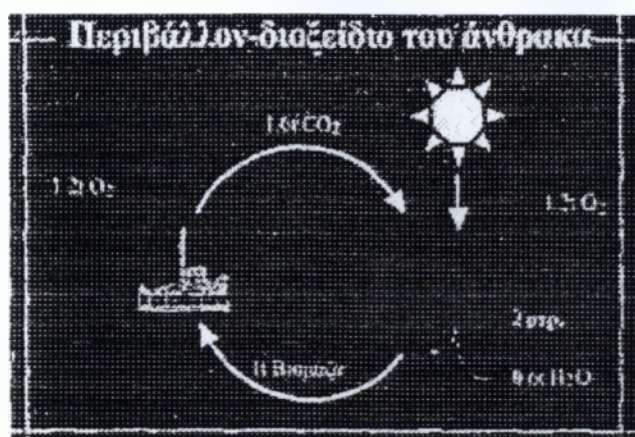
- τα υποπροϊόντα από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως είναι π.χ. το ελαιοπυρηνόξυλο, τα υπολείμματα εκκοκκισμού του βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά, καθώς και

- το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η ενέργεια της βιομάζας αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια, μέσω μίας σειράς διεργασιών στις οποίες χρησιμοποιούνται ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, μαζί με νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος, με αποτέλεσμα την απόληψη βιομάζας και οξυγόνου. Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης μπορεί να περιγραφεί σχηματικά ως εξής:

$$\text{Νερό} + \text{Διοξείδιο του άνθρακα} + \text{Ηλιακή ενέργεια (φωτόνια)} + \text{Ανόργανα στοιχεία} \Rightarrow \text{Βιομάζα} + \text{Οξυγόνο}$$

Από τη στιγμή που έχει σχηματισθεί η βιομάζα, μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφερθεί ότι, αν και η μετατροπή της ενέργειας που βρίσκεται αποθηκευμένη στη βιομάζα σε θερμική γίνεται μέσω καύσης, η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της καύσης των ορυκτών καυσίμων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, ενώ κατά την καύση της βιομάζας εκλύεται αυτός ο ρύπος, κατά την παραγωγή της επαναδεσμεύονται μεγάλες ποσότητες CO_2 από την ατμόσφαιρα, μέσω του φαινομένου της φωτοσύνθεσης (Σχήμα 1), με αποτέλεσμα η όλη διαδικασία μετατροπής της βιομάζας σε ωφέλιμη ενέργεια να μη συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας.



Σχήμα 1

2.2.2 Μέθοδοι παραγωγής ενέργειας από Βιομάζα

Με την επεξεργασία της βιομάζας παράγονται αέρια, υγρά και στερεά καύσιμα με διάφορες μεθόδους (πυρόλυση, αεριοποίηση, υγροποίηση, αναερόβια ζύμωση, κλπ), τα οποία όμως γίνονται σε περιορισμένη κλίμακα ως τώρα. Ευρύτατα χρησιμοποιείται η άμεση καύση της βιομάζας.

- **Άμεση καύση :** Με την άμεση καύση παράγεται θερμική ενέργεια καθώς και κινητική ενέργεια με τη χρήση μηχανών εξωτερικής καύσης. Επίσης με την καύση της βιομάζας και την παραγωγή θερμικής ενέργειας, μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια. Η καύση μπορεί να γίνει απ' ευθείας σε λέβητα που παράγει ατμό ο οποίος με τη σειρά του κινεί ατμοστρόβιλο που κινεί ηλεκτρογεννήτρια.

- **Φυσικοχημική μετατροπή :** Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται η πυρόλυση , ή οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή κινητικής ενέργειας με θερμικό κύκλο και προϊόντων, η αεριοποίηση, η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή κινητικής ενέργειας με θερμικό κύκλο και θερμότητας και τέλος το προϊόντα επανασύνθεσης τα οποία μπορούν να υποκαταστήσουν το πετρέλαιο ως καύσιμα κίνησης

- **Χημικοβιολογική μετατροπή:** Με τις μεθόδους αυτές επιτυγχάνεται κυρίως η παραγωγή οινοπνεύματος (αιθυλικής αλκοόλης) από ξυλώδη φυτά. Η παραγωγή αλκοόλης από έτοιμα σάκχαρα είναι εφικτή, αλλά το κόστος της πρώτης ύλης καθιστά την τεχνολογία απαγορευτική για μεγάλης κλίμακας εφαρμογές. Στην Ευρώπη δοκιμάζονται πιο οικονομικές πρώτες ύλες όπως γλυκοπατάτα, το σόργο, κλπ. Μια μέθοδος παραγωγής ενέργειας είναι είναι η παραγωγή μεθανίου από την αναερόβια ζύμωση των πάσης φύσεως αποβλήτων. Η μέθοδος αυτή δίνει αποδεκτά αποτελέσματα όταν συνδυάζεται αφενός μεν με την προστασία του περιβάλλοντος, αφ' ετέρου δε με την εξασφαλισμένη θερμική χρήση του παραγόμενου βιαερίου

2.2.3 Παγκόσμιο και ελληνικό δυναμικό.

Η χρήση της βιομάζας ως πηγή ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν εξάλλου συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες, με τα οποία, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, καλυπτόταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της

χώρας μας. Σήμερα, η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα στην Ελλάδα αντιστοιχεί στο 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της και χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.ά.), σε περιορισμένη όμως κλίμακα ακόμα.

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο σε ολόκληρο τον πλανήτη υπολογίζεται ότι περιέχει ενέργεια δεκαπλάσια αυτής που χρειάζεται η ανθρωπότητα στο ίδιο διάστημα. Από την τεράστια αυτή ενεργειακή ποσότητα αξιοποιείται, σήμερα, ένα πολύ μικρό μέρος της, με το οποίο καλύπτεται μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Εξάλλου, για την Ελλάδα, σύμφωνα με τα στοιχεία παλαιότερης απογραφής, εκτιμάται ότι το σύνολο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων ανέρχεται σε 10 εκατ. τόνους. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30-40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Παράλληλα, όμως, με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν και από τις ενεργειακές καλλιέργειες.

Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει υπό μορφή υπολειμμάτων, κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου, κ.ά.), είναι άμεσα διαθέσιμο. Δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα συλλογής και μεταφοράς, ούτε χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία, δεδομένου ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας για την τροφοδοσία συστημάτων παραγωγής ενέργειας. Γίνετε, λοιπόν, αντιληπτό ότι οι προοπτικές αξιοποίησης αυτού του είδους της βιομάζας στη χώρα μας είναι μεγάλες, καθώς το υπάρχον δυναμικό είναι σημαντικό, και, παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από ορυκτά καύσιμα.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφανείας, καθώς και της ευκολότερης συλλογής, ενώ μπορούν να αποτελέσουν διέξοδο για τα προβλήματα της γεωργικής παραγωγής και της απασχόλησης του αγροτικού πληθυσμού, δίνοντας ζωή στην ελληνική επαρχία. Πράγματι, λόγω των πλεονασμάτων της γεωργικής παραγωγής έχουν ήδη

περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να περιθωριοποιηθούν και εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον 10 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμων εκτάσεων στην Ελλάδα, από τις οποίες, εάν αποδοθούν για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, μπορεί να παραχθεί ενέργεια ισοδύναμη με 5-6 ΜΤΙΠ (όπου 1ΜΤΙΠ=1 εκατομμύριο Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου), που αντιστοιχεί στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στη χώρα μας.

Λόγω των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών της Ελλάδας, πολλές καλλιέργειες προσφέρονται για ενεργειακή αξιοποίηση και δίνουν υψηλές στρεμματικές αποδόσεις. Οι πιο σημαντικές από αυτές, που μελετώνται τα τελευταία χρόνια στις ελληνικές συνθήκες είναι το καλάμι, η αγριο-αγκινάρα, το σόργο το σακχαρούχο, ο μίσχανθος, ο ευκάλυπτος και η ψευδοσακακία, από τις οποίες αρκετές εμφανίζουν δυνατότητα παραγωγής πάνω από 3 τόνους ανά στρέμμα

2.2.4 Αξιοποίηση της Βιομάζας.

Η χρησιμοποίηση των διαφόρων υποπροϊόντων παρουσιάζει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον. Οι ποσότητες της ξερής ύλης, που παράγεται από τ' απορρίμματα της αγροτικής παραγωγής, της δασοπονίας και των βιομηχανικών τροφίμων, αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό ενεργειακό δυναμικό.

Ας πάρουμε, για παράδειγμα, το άχυρο σιταριού το οποίο αποτελεί και το σημαντικότερο υπόλειμμα των καλλιεργειών στις χώρες που παράγουν δημητριακά. Για απόδοση καρπού 6,5 τόνων ανά εκτάριο, υπολογίζεται μια παραγωγή άχυρου 5,3 τόνων και αρκεί στην περίπτωση αυτή να χρησιμοποιήσει κανείς 1,9 τόνους άχυρου, δηλαδή το 1/3 της ολικής παραγωγής για ενεργειακούς σκοπούς (ως βιομάζα) και ν' αντεπεξέλθει στις ενεργειακές απαιτήσεις της καλλιέργειας.

Τα απορρίμματα της δασοπονίας που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν τη βιομάζα των δέντρων, τα υπολείμματα των δασικών καλλιεργειών και τα απορρίμματα της βιομηχανίας του ξύλου. Αυτά αποτελούν σημαντική θερμαντική πηγή, την αρχαιότερη που χρησιμοποίησε ποτέ ο άνθρωπος. Κατά τον ίδιο τρόπο τα απορρίμματα της κτηνοτροφίας. Τα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα και τα απόβλητα των βιομηχανικών τροφίμων μπορούν να αξιοποιηθούν ώστε να ληφθεί από αυτά η αποκαλούμενη «πράσινη ενέργεια».

Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασοπονικών υπολειμμάτων, είναι δυνατό να ληφθεί ενέργεια από τα σκουπίδια

των πόλεων καθώς και από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι καλλιέργειες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφάνειας καθώς και την ευκολότερη συλλογή. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν σήμερα ιδιαίτερη σημασία για τις αναπτυσσόμενες χώρες οι οποίες προσπαθούν να μειώσουν τόσο τα οικολογικά προβλήματα όσο και τα προβλήματα επάρκειας ενέργειας και γεωργικών πλεονασμάτων. Έτσι στις χώρες της ΕΟΚ, τα γεωργικά πλεονάσματα και τα δημιουργούμενα εξ' αυτών οικονομικά προβλήματα οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και παραγωγής. Υπολογίζεται ότι την προσεχή δεκαετία 100-150 εκ. στρέμματα γεωργικής γης πρέπει να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων γεωργικών πλεονασμάτων και χωματερών με ταυτόχρονη αύξηση των Ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων.

Στη χώρα μας επίσης 10 εκ. στρέμματα καλλιεργήσιμης γης, έχουν ήδη ή προβλέπεται να περιθωριοποιηθούν και να εγκαταληφθούν. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί στην ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, η καθαρή ωφέλεια σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται υπολογίζεται στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τόσο στη χώρα μας όσο και στις άλλες χώρες της ΕΟΚ εφαρμόζεται πρόγραμμα σημαντικών στρεμματικών επιδοτήσεων, για να αποδοθεί γεωργική γη στις ενεργειακές καλλιέργειες.

Τα φύκια επίσης, θα μπορούσαν ν' αποτελέσουν μια πολλά υποσχόμενη πηγή για τη βιομάζα του μέλλοντος. Τα υδρόβια φυτά επειδή δεν έχουν πιεστικό πρόβλημα ποτίσματος, εμφανίζουν πραγματικά δυναμικό παραγωγής ανώτερο από εκείνο των φυτών της ξηράς. Η τεράστια εξάλλου μάζα των ωκεανών, που καλύπτει μια επιφάνεια 361 εκ. τετραγ. χλμ. είναι σχεδόν ανεκμετάλλευτη από την άποψη της φυτικής παραγωγής. Θα μπορούσαμε να την αξιοποιήσουμε με τη δημιουργία θαλασσινών παράκτιων καλλιεργειών, που να εξασφαλίζουν τις απαραίτητες συνθήκες για την ανάπτυξη των μακροφύτων : εξέδρες για τη στήριξη φυτών, ανύψωση με άντληση από βαθύτερα στρώματα ποσοτήτων ανόργανων αλάτων.

Όσο για το φυτοπλαγκτόν, διασπορά του στο θαλάσσιο περιβάλλον θέτει προβλήματα συγκομιδής, ώστε να μη μπορεί να αντιμετωπιστεί η εκμετάλλευσή του παρά μόνο σε ελεγχόμενο περιβάλλον.

Μία άλλη εφαρμογή όπου μπορεί να αξιοποιηθεί η τοπικά διαθέσιμη βιομάζα είναι η τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών. Πρόκειται για την ίδια τεχνολογία με αυτήν που παρουσιάστηκε στην περίπτωση της γεωθερμίας, με τη διαφορά ότι η θερμότητα σ' αυτήν την περίπτωση δεν προέρχεται από κάποιο υπόγειο γεωθερμικό κοίτασμα, αλλά από την καύση βιομάζας. Στην Ελλάδα, έχει ήδη εγκατασταθεί μια τέτοια μονάδα στην κοινότητα Νυμφασίας του Ν. Αρκαδίας, για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης 80 κατοικιών και 600 m² κοινοτικών χώρων, στην οποία χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη τρίμματα ξύλου που προέρχονται από τον τεμαχισμό, σε ειδικό μηχάνημα, των υπολειμμάτων υλοτομίας από το γειτονικό δάσος ελάτων.

2.2.5 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα από τη χρήση της Βιομάζας

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας είναι τα ακόλουθα:

1. Αποφυγή του φαινομένου του θερμοκηπίου, που προέρχεται από το CO₂ που παράγεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων.
2. Αποφυγή ρύπανσης με SO₂, που παράγεται κατά την καύση ορυκτών καυσίμων.
3. Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης που συνεπάγεται την εισαγωγή καυσίμων από τρίτες χώρες.
4. Εξοικονόμηση συναλλάγματος
5. Εξασφάλιση εργασίας και συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις περιθωριακές και τις άλλες γεωργικές περιοχές.

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της είναι:

1. Μεγάλος όγκος και μεγάλη περιεκτικότητα υγρασίας ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
2. Δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευση έναντι των ορυκτών καυσίμων.
3. Δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός αξιοποίησης της βιομάζας.
4. Η μεγάλη διασπορά της και η εποχιακή παραγωγή της.

Εξαιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων, πολλές φορές το κόστος της βιομάζας παραμένει συγκριτικά προς το πετρέλαιο υψηλό. Το πρόβλημα αυτό πάντως εξαφανίζεται βαθμιαία λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου και των εκ της καύσεως των προκαλουμένων περιβαντολογικών προβλημάτων.

2.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Μια από τις παλαιότερες μεθόδους εξαγωγής ενέργειας από τα αποθέματα της γης είναι η υδροενέργεια. Η ενέργεια αυτή είναι κινητική και χρησιμοποιώντας τις βαρυντικές δυνάμεις των υδατοπτώσεων, παράγεται μηχανική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή σήμερα χρησιμοποιείται για την περιστροφή υδροστροβίλων και την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η υδροενέργεια αποτελεί έμμεση μορφή ηλιακής ενέργειας, επειδή εξαρτάται από τον υδρολογικό κύκλο. Κατά τον κύκλο αυτό ο ήλιος εξατμίζει το νερό, το οποίο με τη μορφή υδρατμών μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα και μετά επιστρέφει πίσω στη γη μέσω της βροχής ή του χιονιού και καταλήγει στη θάλασσα μέσω ποταμών και χειμάρρων. Σε αυτό το σημείο γίνεται και η αξιοποίηση της υδροενέργειας με την κατασκευή τεχνητών φραγμάτων και υδροηλεκτρικών εργοστασίων.

Η παγκόσμιος υδροίςχύς του πλανήτη μας είναι της τάξεως 10^6 kW.

Σε ότι αφορά τη χώρα μας, έχει αξιοποιηθεί μεγάλο ποσοστό του υδροηλεκτρικού δυναμικού, με το οποίο καλύπτεται το 10% περίπου της ετήσιας κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα περισσότερα υδροηλεκτρικά εργοστάσια της χώρας βρίσκονται στη Δυτική Ελλάδα, όπου οι βροχοπτώσεις είναι αφθονότερες και υπάρχουν ποτάμια με μεγάλη παροχή και απότομες κλίσεις.

Οι μεγαλύτεροι υδροηλεκτρικοί σταθμοί αξιοποιούν τα νερά του Αχελώου, του παραποτάμου του Μέγδοβα, του Αλιάκμονα και του Αράχθου.

2.4 Θερμότητα Ωκεανών.

Η θερμότητα των ωκεανών είναι εκμεταλλεύσιμη. Μπορεί να κατασκευαστεί μια θερμική μηχανή που να εκμεταλλεύεται την θερμοκρασιακή διαφορά της υδατικής μάζας στην επιφάνεια και σε κάποιο βάθος της θάλασσας. Κατά τη μετατροπή της ωκεάνιας θερμικής ενέργειας, η ηλιακή ενέργεια «εξάγεται» από τον ωκεανό και χρησιμοποιείται για την δημιουργία

κάποιας στροβιλονεννήτριας. Αυτό δεν είναι νέα εύρεση. Τη θεωρητική μελέτη της θερμικής μηχανής (κάθε διάταξη που μετασχηματίζει θερμότητα σε μηχανικό έργο, επαναλαμβάνοντας συνεχώς την ίδια θερμοδυναμική μεταβολή π.χ. ατμομηχανή) με μέγιστη δυνατή απόδοση την παρουσίασε πρώτος ο Carnot το 1824. Ο φυσικός αυτός απέδειξε ότι μπορούσε να εξάγει μηχανική ενέργεια από τη ροή της θερμότητας μεταξύ μιας θερμότερης και μιας ψυχρότερης περιοχής.

Επίσης οι Kelvin – Planck διατύπωσαν ότι αποκλείεται η κατασκευή μιας μηχανής που θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί τα τεράστια ποσά θερμικής ενέργειας των θαλασσών, αφού θα ήταν απαραίτητη μια δεύτερη δεξαμενή θερμότητας, μικρότερης θερμοκρασίας T_2 από αυτή των θαλασσών T_1 .

2.5. Παλιρροιακή ενέργεια.

Και η ενέργεια αυτή αποτελεί μορφή ηλιακής ενέργειας. Οι παλίρροιες προκαλούνται από τη βαρυντική έλξη του ήλιου και της σελήνης, καθώς και από την περιστροφή της γης .

Οι παλίρροιες γίνονται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα και έτσι η κίνηση των νερών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια αυτή είναι κινητική ενέργεια του νερού που κατευθύνεται από την πλημμυρίδα προς τη ρηχία. Στα παλιρροιακά συστήματα ενέργειας, κατασκευάζεται ένα φράγμα στην είσοδο του παλιρροιακού κόλπου. Τα συστήματα αυτά είναι εξοπλισμένα με υδατοφράκτες και πύλες στροβίλων. Οι υδατοφράκτες επιτρέπουν την είσοδο του νερού στο φράγμα, κατά την πλημμυρίδα. Όταν το νερό φτάσει στο μέγιστο επίπεδο, οι υδατοφράκτες κλείνουν. Μετά από έξι περίπου ώρες έχει περάσει η πλημμυρίδα και το νερό διέρχεται μέσω των πυλών του στροβίλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται συνεχώς με διαστήματα περίπου 12 ωρών. Η παραγόμενη ισχύς εξαρτάται από το πλήθος των εγκατεστημένων στροβίλων και της ποσότητας του νερού που εκρέει από την παλιρροιακή λεκάνη

2.6 Αιολική Ενέργεια

Η κινητική ενέργεια του ανέμου αποτελεί μια ενδιαφέρουσα πηγή ενέργειας, η οποία ονομάζεται « αιολική ενέργεια ». Η αιολική ενέργεια ανήκει

στις ήπιες ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αφενός επειδή δε ρυπαίνει το περιβάλλον και αφετέρου επειδή είναι θεωρητικά ανεξάντλητη (ανανεώνεται συνεχώς). Η αιολική ενέργεια προέρχεται από μετατροπή ενός μικρού ποσοστού (περίπου 0,2 %) της ηλιακής ενέργειας, που φτάνει στο έδαφος του πλανήτη μας, σε κινητική ενέργεια του ανέμου. Η ισχύς του ανέμου σε ολόκληρο τον πλανήτη μας εκτιμάται σε $36 \cdot 10^6$ Wh, ενώ σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας (Π.Ο.Μ.), ποσοστό περίπου 1% της αιολικής ενέργειας, είναι διαθέσιμο για ενεργειακή αξιοποίηση σε διάφορα μέρη του κόσμου.

Οι πλέον ευνοούμενες περιοχές στον πλανήτη από πλευράς αιολικού δυναμικού είναι οι χώρες της πολικής και της εύκρατης ζώνης, ιδιαίτερα κοντά στις ακτές. Βέβαια η αξιοποίηση της δωρεάν ενέργειας που προσφέρει η φύση στον άνθρωπο, προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλων μηχανών, για την δέσμευση της αιολικής ενέργειας και την μετατροπή της στην επιθυμητή μορφή ενέργειας.

Τα τελευταία είκοσι χρόνια, ιδιαίτερα μετά τις τελευταίες ενεργειακές κρίσεις και σε συνδυασμό με τα οξυμένα περιβαλλοντικά προβλήματα, οι άνθρωποι έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Αξίζει να σημειώσουμε στο σημείο αυτό, ότι από τεχνικοοικονομικής απόψεως η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα την πλέον συμφέρουσα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, δεδομένου ότι ήδη το κόστος της παραγόμενης αιολικής kWh συναγωνίζεται το κόστος της συμβατικής kWh, χωρίς μάλιστα να συμπεριληφθεί το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος από την παραγωγή ενέργειας. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια γίνονται σοβαρές επενδύσεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας τόσο από δημόσιους όσο και από ιδιωτικούς φορείς, κυρίως στις πιο ανεπτυγμένες χώρες του πλανήτη μας. Βέβαια από την άλλη πλευρά αντιπαρατίθεται το γεγονός, ότι η αιολική ενέργεια δεν είναι ακριβώς προβλέψιμη ούτε και συνεχής, ενώ παράλληλα είναι μια μορφή ενέργειας χαμηλής πυκνότητας (« αραιή» μορφή ενέργειας), γεγονός που μας υποχρεώνει σε μεγάλες κατασκευές.

Οπωσδήποτε οι παραπάνω ισχυρισμοί, ότι η αιολική ενέργεια μπορεί να επιλύσει τα ενεργειακά προβλήματα μιας χώρας, είναι υπερβολικοί, τουλάχιστον με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες, δεδομένου ότι ένα πολύ μικρό τμήμα του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί τελικά.

Είναι όμως τελείως ρεαλιστική η εκτίμηση, ότι η σωστή αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας θα βελτιώσει το ενεργειακό ισοζύγιο, ενώ στην περίπτωση της χώρας μας θα ανακουφίσει σημαντικά το πλήρως εξαρτώμενο από εισαγόμενα καύσιμα ενεργειακό ισοζύγιό της, χωρίς ταυτόχρονα να επιβαρύνει με πρόσθετους ρύπους την ατμόσφαιρα.

2.7 Ηλιακή ενέργεια.

Η ηλιακή ενέργεια προέρχεται από τον ήλιο. Ο ήλιος έχει διάμετρο $1,4 \cdot 10^9$ m, απέχει από τον πλανήτη μας μια μέση απόσταση $1,5 \cdot 10^{11}$ m. Ο ήλιος περιστρέφεται περί τον άξονά του μια φορά το μήνα. Η θερμοκρασία στο κέντρο του πυρήνα του είναι $8940 \cdot 10^6$ °K. Στην επιφάνεια του η θερμοκρασία ανέρχεται σε 5762 °K. Ο ήλιος μοιάζει με ένα τεράστιο αντιδραστήρα σύντηξης, που παράγει συνεχώς στο εσωτερικό του ενέργεια. Η ενέργεια αυτή ακτινοβολείται σφαιρικά στο διάστημα με ταχύτητα $3 \cdot 10^8$ m/sec. Το ποσό της ενέργειας που φτάνει στο όριο της ατμόσφαιρας είναι σταθερό και ονομάζεται ηλιακή σταθερά $I_{sc} = 1353$ W/m².

Ο ήλιος αποτελεί τη μοναδική πηγή ενέργειας που επηρεάζει την δυναμική της γήινης ατμόσφαιρας και το κλίμα της γης. Εκπέμπει ενέργεια με ρυθμό $3,27 \cdot 10^{26}$ KW με ακτινοβολία.

Το 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, προκαλώντας ανύψωση της θερμοκρασίας και 23% γίνεται η κινητήρια δύναμη των ανέμων, των ρευμάτων, των κυμάτων, διαμορφώνοντας έτσι το κλίμα και τον υδρολογικό κύκλο. Κατόπιν, τα ποσά αυτά επανακτινοβολούνται στο διάστημα. Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελείται από ένα σύνολο ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών με μήκη κύματος από 0,3 έως 3 μm και μπορεί να εξομοιωθεί με την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα μέλλον σώμα σε θερμοκρασία 5672 °K. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη, έξω από την ατμόσφαιρα είναι σταθερή και ισούται με 1367 W/m². Το μέγεθος όμως η διάρκεια και οι μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης σε μια περιοχή ποικίλει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας, την ώρα της ημέρας, την εποχή του έτους και το κλίμα της περιοχής.

Οι μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας άρχισαν στην Ελλάδα το 1955 από την Ε.Μ.Υ. και το Αστεροσκοπείο Αθηνών, που μετράνε την ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο ανά ώρα στην Αθήνα και την ηλιοφάνεια σε διάφορες πόλεις της Ελλάδος.

Με τον όρο ολική ακτινοβολία, εννοούμε το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης. Για τη μέτρησή της χρησιμοποιείται το πυρανόμετρο.

2.7.1 Το δυναμικό της Ελλάδας

Η Ελλάδα βρίσκεται σε μία από τις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας, τόσο από την πλευρά της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας όσο και από αυτήν της διαθεσιμότητας της. Πράγματι, στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρας, η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες το χρόνο. Στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές της, κυμαινόμενη από 2200 ως 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3100 ώρες ετησίως.

Ο συνδυασμός του γεωγραφικού πλάτους της Ελλάδας και της υψηλής ηλιοφάνειας της έχει ως αποτέλεσμα να προσπίπτουν ημερησίως, κατά μέσο όρο, 4,3 kWh ηλιακής ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο οριζόντιας επιφάνειας. Αυτό συντελεί στο να είναι δυνατή, σε ολόκληρη την επικράτεια, η οικονομικά επωφελής εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Αδιάψευστη απόδειξη του γεγονότος αυτού αποτελεί η μεγάλη εξάπλωση των κάθε είδους συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, με ευρύτερα διαδεδομένους τους γνωστούς σε όλους ηλιακούς θερμοσίφωνες.

Οι μεγάλες ποσότητες ενέργειας που είναι δυνατό να παραχθούν με οικονομικά συμφέροντα τρόπο, καθώς και η ευρεία ποικιλία των εφαρμογών που μπορούν να αναπτυχθούν, καθιστούν τα πάσης φύσεως συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας ενδιαφέροντα και, σε πολλές περιπτώσεις, ιδιαίτερω ελκυστικά. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι αυτά που γνωρίζουν τη μεγαλύτερη διάδοση, έχοντας φτάσει σε υψηλά επίπεδα τεχνολογικής και εμπορικής ωριμότητας, ενώ τα παθητικά ηλιακά και φωτοβολταϊκά συστήματα, αν και δεν έχουν εμφανίσει την ίδια επιτυχία μέχρι σήμερα, αναμένεται να εξαπλωθούν ευρύτερα στο άμεσο μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1 Γενικά

Ο ήλιος είναι μια μεγάλη και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Όμως η ηλιακή ενέργεια που προσφέρει στη γη σε μεγάλα ποσά δεν έχει μεγάλη πυκνότητα (ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας). Για να αξιοποιηθεί λοιπόν αυτή την ενέργεια χρειάζονται διάφορα συστήματα συλλογής και μετατροπής. Τα συστήματα αυτά μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τον τρόπο που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε χρησιμοποιούμενη ενέργεια. Έτσι διακρίνονται συστήματα :

1. Από ευθείας μετατροπής σε θερμότητα
 - Θέρμανση και ψύξη χώρων
 - Θέρμανση νερού
 - Αγροτικές εφαρμογές (θερμοκήπιο, αποξήρανση)
 - Αφαλάτωση νερού
 - Ηλιακοί φούρνοι
2. Από ευθείας μετατροπή σε ηλεκτρισμό
 - Φωτοηλεκτρική
 - Θερμοηλεκτρική
 - Θερμοϊονική
3. Μετατροπή σε ενδιάμεσες μορφές
 - Ηλιακοί πύργοι
 - Ηλιακές λίμνες
4. Μετατροπή σε χημική ενέργεια
 - Βιομάζα
 - Φωτοηλεκτρόλυση

3.2 Ηλιακά συστήματα

Σαν ηλιακό σύστημα μπορεί να θεωρηθεί κάθε διάταξη που αποτελείται είτε από μηχανικά μέσα είτε από δομικά στοιχεία κατασκευής κτιρίων, ή από συνδυασμό αυτών των δυο και είναι σχεδιασμένη και εφαρμοσμένη κατά τέτοιο

τρόπο, ώστε να αξιοποιεί σε ικανοποιητικό βαθμό την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω της.

Με την έννοια αυτή, ηλιακά συστήματα αποτελούν όλες οι απλές ή σύνθετες κατασκευές που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας. Ο όρος ηλιακά συστήματα, έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά, προκειμένου να υποδηλώσει αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, με σκοπό την θέρμανση νερού και θέρμανση ή ψύξη χώρων. Γενικά τα ηλιακά συστήματα, σύμφωνα με τον τελευταίο ορισμό, διακρίνονται σε ενεργητικά και παθητικά.

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα προϋποθέτουν εφαρμογή μηχανισμών συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας που αποκτάται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας. Απαιτούν τη χρησιμοποίηση μηχανικών μέσων όπως αντλίες, ανεμιστήρες, αντλίες θερμότητας κτλ, προκειμένου να εξασφαλίσουν τη θερμική ροή.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία, χωρίς χρήση μηχανικών μέσων. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών των κατασκευών και χρησιμοποιούν για τη συλλογή και αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας τα δομικά τους στοιχεία. Τα παθητικά συστήματα είναι τα απλούστερα που υπάρχουν εξαιτίας της απουσίας των μηχανικών μερών. Πρέπει όμως να σχεδιαστούν πολύ προσεκτικά γιατί η ροή θερμότητας στο σύστημα δεν ελέγχεται εύκολα. Όταν το σύστημα κατασκευαστεί δεν υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες τροποποίησης. Επίσης στα συστήματα αυτά οι συλλεκτικές επιφάνειες πρέπει να βρίσκονται κοντά στο σημείο στο οποίο απαιτείται θερμότητα, ενώ στα ενεργητικά συστήματα, η ενέργεια χρησιμοποιείται και αποθηκεύεται μακρύτερα από τους ηλιακούς συλλέκτες. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται αντλίες ή κυκλοφορητές για τη μετάδοση της θερμότητας από τους ηλιακούς συλλέκτες, στο σύστημα αποθήκευσης και μετά στο σύστημα κατανάλωσης. Τα ενεργητικά συστήματα αν και πιο πολύπλοκα έχουν το πλεονέκτημα του ευκολότερου ελέγχου της παραγόμενης θερμότητας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ακόμη ότι μια τρίτη κατηγορία ηλιακών συστημάτων αποτελούν τα υβριδικά συστήματα, τα οποία συνδυάζουν τη φυσική με την θερμική ροή. Η προσθήκη σε ένα παθητικό ηλιακό σύστημα, λόγου χάρη ενός ανεμιστήρα για την πιο αποτελεσματική μεταφορά της

θερμικής ενέργειας στους πίσω χώρους του κτιρίου ή ενός θερμοστάτη για τον έλεγχο της παρεχόμενης θερμότητας, μετατρέπουν το σύστημα σε υβριδικό.

Παρ' όλο που τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας και οι τρεις τύποι ηλιακών συστημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω έχουν τύχει ιδιαίτερης προσοχής, κυρίως από ερευνητική άποψη, στον εμπορικό τομέα μόνο τα συστήματα της πρώτης κατηγορίας φαίνεται να παρουσιάζουν αξιόλογο ενδιαφέρον.

3.3 Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα

3.3.1 Τρόπος λειτουργίας

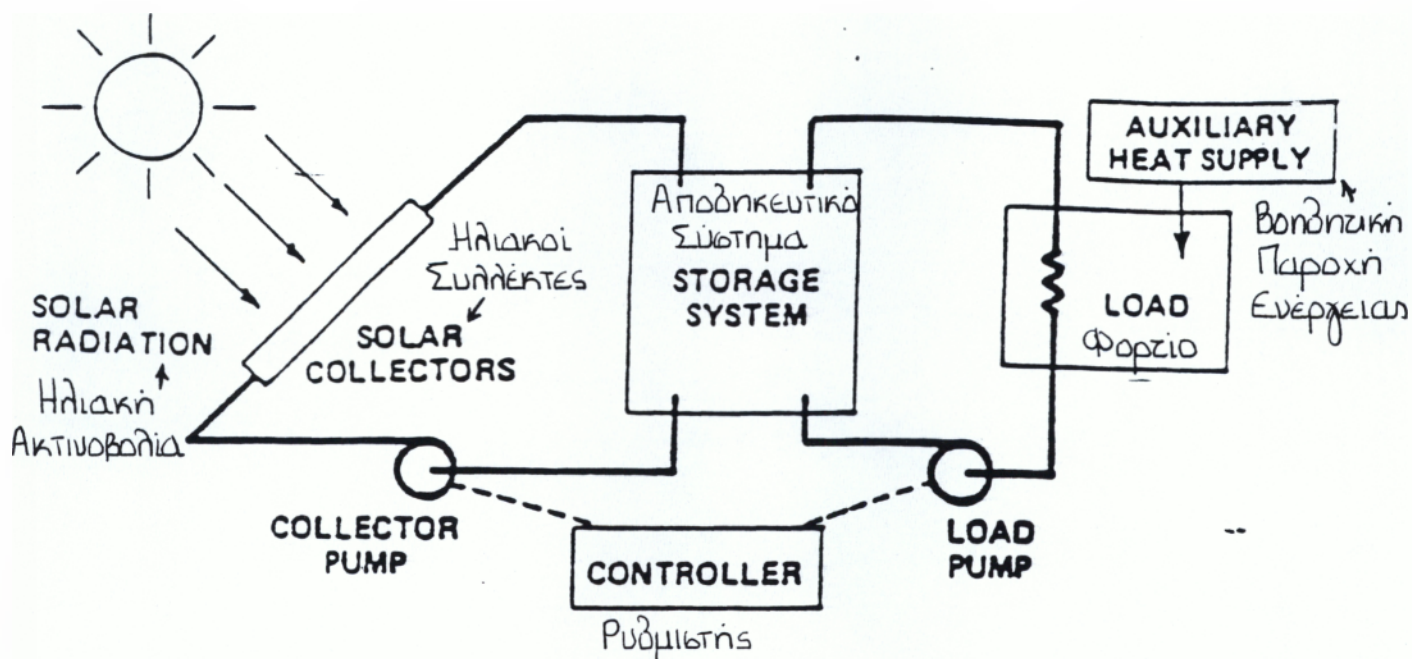
Τα Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και στη συνέχεια τη μεταφέρουν, υπό μορφή θερμότητας, σε νερό, αέρα ή κάποιο άλλο ρευστό μέσο εναλλαγής της θερμότητας. Για το σκοπό αυτό γίνεται χρήση διαφόρων μηχανικών μέσων, τα οποία αποτελούν και την ειδοποιό διαφορά των συστημάτων αυτών σε σχέση με τα υπόλοιπα ηλιακά συστήματα. Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή τους είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, χρησιμοποιούνται όμως ακόμη για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, αλλά και για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα αποτελείται από τα επιμέρους συστήματα που ακολουθούν:

- ◆ Πεδίο συλλεκτών
- ◆ Αποθήκη θερμότητας
- ◆ Αντλίες και συστήματα ελέγχου
- ◆ Βοηθητική πηγή θερμότητας

Με τα παραπάνω συστήματα επιτυγχάνεται θέρμανση νερού με δέσμευση ποσοστού 30% της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας, θερμοκρασίας 30 – 60 °C.

Το οργανόγραμμα ενός τυπικού ενεργητικού συστήματος φαίνεται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Διάγραμμα τυπικού ενεργητικού ηλιακού συστήματος

Οι γραμμές που ενώνουν τα επιμέρους τμήματα παριστάνουν τους σωλήνες μέσα στους οποίους κινείται το θερμοαπαγωγό ρευστό.

Το είδος του θερμοαπαγωγού ρευστού εξαρτάται από το θερμοκρασιακό πεδίο, ενώ όπως θα δούμε τα συνηθέστερα, είναι το νερό και ο αέρας.

Έστω λοιπόν το σύστημα του σχήματος χρησιμοποιεί σαν θερμοαπαγωγό ρευστό, νερό και του οποίου το αποθηκευτικό σύστημα είναι μια μεγάλη δεξαμενή νερού. Η γενική λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος έχει ως εξής:

Όταν στο συλλέκτη προσπίπτει ηλιακή ακτινοβολία, αυτό την απορροφά και την μετατρέπει σε θερμότητα. Ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου, ανιχνεύει την θερμοκρασία του νερού στο εσωτερικό του και αν αυτή είναι τέτοια ώστε το νερό κυκλοφορώντας στο εσωτερικό του να θερμανθεί σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από αυτή της αποθηκευτικής δεξαμενής, ο κυκλοφορητής του συλλέκτη τίθεται σε λειτουργία. Το νερό απάγεται από τη δεξαμενή για να θερμανθεί στο συλλέκτη και να επιστρέψει και πάλι σ' αυτή.

Εάν η τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας είναι τέτοια ώστε η θερμοκρασία του συλλέκτη να είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία του νερού της δεξαμενής, τότε ο κυκλοφορητής τίθεται εκτός λειτουργίας. Με τον τρόπο αυτό συλλέγεται η ενέργεια όταν είναι διαθέσιμη και αποθηκεύεται στη δεξαμενή.

Όταν απαιτείται να καταναλωθεί θερμότητα, τότε ένα δεύτερο κύκλωμα ελέγχου, συγκρίνει την θερμοκρασία της δεξαμενής με την θερμοκρασία που απαιτείται από το φορτίο. Αν η θερμοκρασία της δεξαμενής είναι μεγαλύτερη τότε ο

κυκλοφορητής του φορτίου τίθεται σε λειτουργία και το ζεστό νερό απάγεται από τη δεξαμενή προς την κατανάλωση. Αν η δεξαμενή δεν μπορεί να δώσει τα απαιτούμενα ποσά θερμότητας, τότε τίθεται σε λειτουργία το βοηθητικό σύστημα θέρμανσης.

Η καρδιά του ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Αυτός στην τυπική του μορφή αποτελείται από ένα θερμικά μονωμένο κιβώτιο που περιέχει κάτω από ένα ή περισσότερα διαφανή καλύμματα, μια απορροφητική επιφάνεια και κατάλληλα συγκολλημένους σε αυτή σωλήνες, μέσα στους οποίους ρέει το μέσο εναλλαγής της θερμότητας. Η απορροφητική επιφάνεια είναι μεταλλική και, συνήθως, βαμμένη με κατάλληλη σκουρόχρωμη βαφή, ώστε να αυξάνεται ο συντελεστής απορροφητικότητάς της και, έτσι, να δεσμεύεται η μέγιστη δυνατή ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας. Η μόνωση σκοπό έχει να περιορίσει της απώλειες της θερμότητας προς το περιβάλλον.

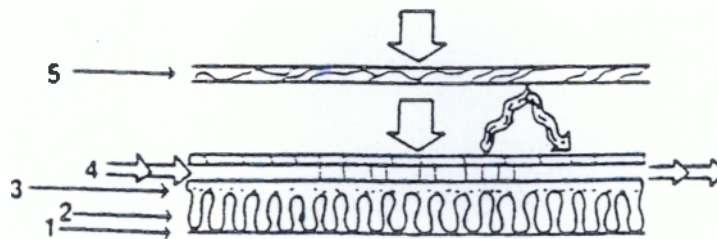
3.3.2 Ηλιακοί συλλέκτες

Διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες οι ηλιακοί συλλέκτες και αποτελούν το βασικότερο τμήμα του ηλεκτρικού συστήματος ήτοι, τους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες και τους συγκεντρωτικούς ηλιακούς συλλέκτες. Ο προορισμός του ηλιακού συλλέκτη, είναι να συλλέγει και να μετασχηματίζει την υπό μορφή ακτινοβολίας ηλιακή ενέργεια σε θερμότητα. Η περισσότερο διαδεδομένη μορφή είναι εκείνη του επίπεδου συλλέκτη.

3.3.2.1 Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες

Ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης είναι ένα σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται στις χαμηλές θερμοκρασίες κυρίως και προς τις μέσες θερμοκρασίες. Χρησιμοποιεί την ολική ηλιακή ακτινοβολία και η λειτουργία του βασίζεται στην αρχή του θερμοκηπίου. Τα βασικά τμήματα ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη όπως προκύπτει από το σχήμα 3 είναι:

- ❖ Ο απορροφητής, ο οποίος περιλαμβάνει την απορροφητική επιφάνεια και τους σωλήνες μέσα στους οποίους ρέει το θερμοαπαγωγό ρευστό
- ❖ Η μόνωση του απορροφητή
- ❖ Το διαφανές στην ορατή ακτινοβολία κάλυμμα
- ❖ Το πλαίσιο του συλλέκτη

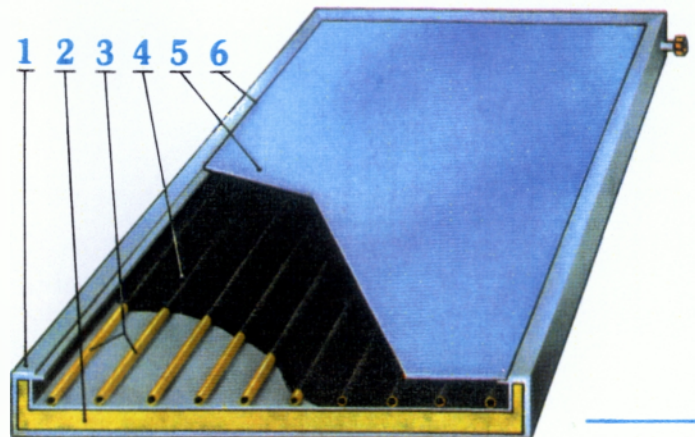


- 1 = τὸ πλαίσιο τοῦ συλλέκτη
- 2 = ἡ μόνωση τοῦ ἡλιοσυλλέκτη
- 3 = ὁ μαύρος ἀπορροφητῆρας τοῦ συλλέκτη
- 4 = οἱ σωληνώσεις διὰ τοῦ θεμαίνεται τὸ νερὸ ἢ ἕνα εἰδικὸ ὑγρὸ
- 5 = τὸ διπλὸ ἢ μονὸ ἐπικάλυμμα τοῦ ἡλιοσυλλέκτη ἀπὸ τζάμι ἢ πλαστικὸ.

Σχήμα 3. Βασικά τεχνητά υλικά ενός επίπεδου συλλέκτη

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

1. Πλαίσιο συλλέκτη ἀπὸ ἀνοδειωμένο ἀλουμίνιο
2. Μόνωση με συνδυασμὸ πολυουρεθάνης καὶ υαλοβάμβακα.
3. Υδροσκελετὸς ἐξ ολοκλήρου ἀπὸ χαλκὸ.
4. Συλλεκτικὴ ἐπιφάνεια ἀπὸ φύλλα ἀλουμινίου με εἰδικὴ ἀπορροφητικὴ ἐπικάλυψη.
5. Κρύσταλλο ἀσφαλείας.
6. Στήριξη τοῦ κρυστάλλου γιὰ ἐξασφάλιση στεγανότητος καὶ ἀντοχῆς στους κραδασμοὺς.

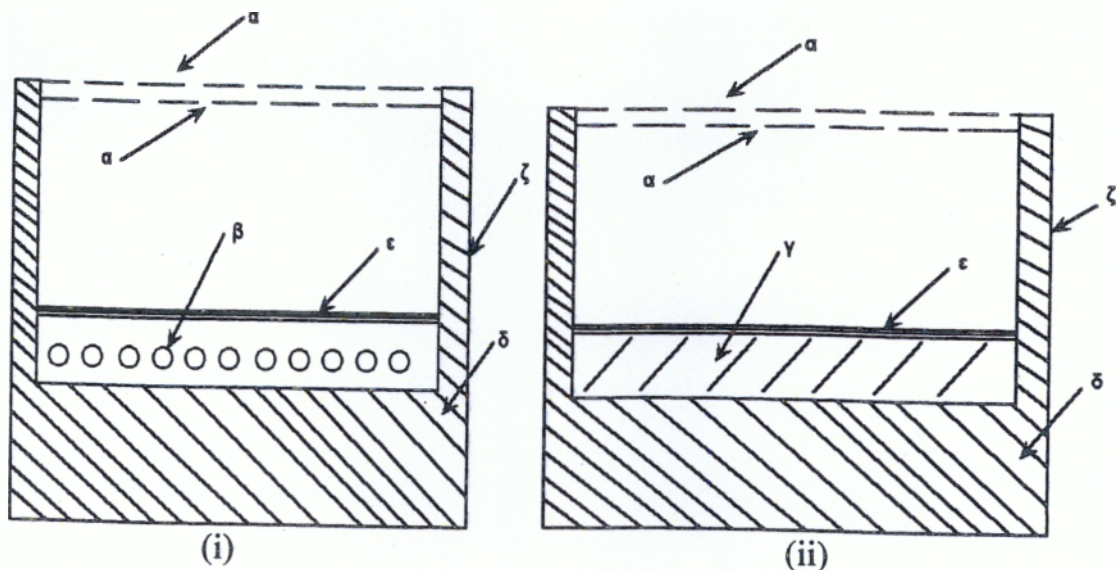


ΕΙΚ.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά συλλέκτη

Οι επίπεδοι ηλιακοὶ συλλέκτες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: επίπεδοι συλλέκτες υγροῦ καὶ επίπεδοι συλλέκτες ἀέρα, ἀνάλογα με τὸ μέσον παραλαβῆς τῆς θερμότητος ἀπὸ διερχόμενο υγρὸ σε κατάλληλες σωληνώσεις ἢ διερχόμενο ἀέρα σε κατάλληλα κανάλια διελεύσεως, ἐντὸς τοῦ συλλέκτη (σχῆμα 4)

Υπόμνημα

- α) Διαφανὴ καλύμματα
- β) Υγροφόροι σωλήνες
- γ) Αεροφόρα κανάλια
- δ) Μόνωση (3-5 cm) πολυουρεθάνη, υαλοβάμβακας, ορυκτοβάμβακας
- ε) Απορροφητῆρας
- ζ) Πλαίσιο στήριξης



Σχήμα 4. Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες (i) Υγρού (ii) Αέρα



Τα διαφανή καλύμματα είναι κατασκευασμένα από γυαλί ή ειδικό πλαστικό. Οι επίπεδοι συλλέκτες τοποθετούνται σε σταθερή θέση, ενώ η κλίση και ο προσανατολισμός τους εξαρτώνται από τον τόπο και την εποχή του έτους. Με αυτούς επιτυγχάνεται θέρμανση ύδατος στους 40-60° C.

Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από την πλάκα (απορροφητή) και η παραγόμενη θερμότητα διοχετεύεται μέσα-από την πλάκα στις σωληνώσεις υγρού ή στα κανάλια αέρα, όπου κυκλοφορεί το θερμαντικό ρευστό απαγωγής της θερμότητας. Το είδος και η θερμαντική επιφάνεια του ρευστού έχουν μεγάλη σπουδαιότητα, καθώς επίσης η ταχύτητα και παροχή του ρευστού. Για τους συλλέκτες υγρού έχουμε μια παροχή (0,010 – 0,015) lit/sec, και για τους

συλλέκτες αέρα έχουμε παροχή 0,010 m³/sec. Ο απορροφητήρας αποτελεί μια μεταλλική-μαύρη πλάκα, η οποία απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας σε αυτό ηλιακής ενέργειας. Η μόνωση στους συλλέκτες αποσκοπεί στον περιορισμό των απωλειών θερμότητας δι' αγωγιμότητας του ρευστού στον περιβάλλοντα χώρο.

3.3.2.2 Απώλειες των επίπεδων συλλεκτών

Το σύνολο της ενέργειας που μεταδίδεται από τον συλλέκτη προς τον περιβάλλοντα χώρο αποτελεί τις απώλειες, οι οποίες προέρχονται από τους εξής επιμέρους παράγοντες:

1) Απώλειες στα διαφανή καλύμματα

α) από αντανάκλαση της προσπίπτουσας σ' αυτά ακτινοβολίας

β) από σχετική απορρόφηση της διερχόμενης από αυτά ακτινοβολίας και την προς το περιβάλλον απαγωγής της

2) Απώλειες δι' ακτινοβολίας από τον απορροφητήρα προς τα καλύμματα και εκείθεν προς το εξωτερικό περιβάλλον. Αναλυτικότερα έχουμε την εξής πορεία της προσπίπτουσας στον συλλέκτη ηλιακής ενέργειας – αρχικά συλλαμβάνεται μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας από την απορροφητική πλάκα. Έτσι η πλάκα αυξάνει την θερμοκρασία της και κατόπιν μεταδίδεται θερμότητα από τον απορροφητή στο ρευστό. Μικρό όμως μέρος μεταδίδεται και προς το περιβάλλον και αυτό αποτελεί την απώλεια του συλλέκτη. Η τελευταία απώλεια συντελείται με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία. Με αγωγή μεταδίδεται θερμότητα από παράπλευρα μέρη και την πίσω πλευρά του απορροφητή, δια μέσου του θερμομονωτικού υλικού και του πλαισίου στήριξης στην εξωτερική επιφάνεια. Με μεταφορά μεταδίδεται η θερμότητα από την επιφάνεια του απορροφητή στο διαφανές κάλυμμα μέσω του αέρα των ενδιάμεσων χώρων (πλάκας – κάλυμμα). Ο αέρας ερχόμενος σε επαφή με τον απορροφητήρα παραλαμβάνει θερμότητα και την μεταδίδει δια μεταφοράς προς τα καλύμματα. Όταν πνέει ισχυρός άνεμος είναι φυσικό να παρατηρείται μεγαλύτερες απώλειες.

Τέλος με ακτινοβολία (μεγάλου μήκους κύματος) μεταδίδεται θερμότητα από τον απορροφητήρα στο διαφανές κάλυμμα το οποίο και θερμαίνεται. Στη συνέχεια μεταδίδεται στο εξωτερικό περιβάλλον κατά ένα μέρος.

Συμπερασματικά οι απώλειες του απορροφητή (Pr) χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες

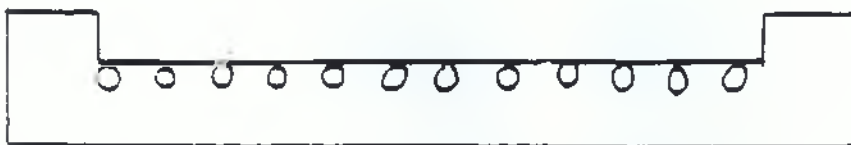
- απώλειες λόγω μεταφοράς (P_{con}) εξαιτίας της φυσικής ή εξαναγκασμένης ροής του αέρα του περιβάλλοντος
- απώλειες λόγω ακτινοβολίας (P_{ray}), κάθε σώμα εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ισχύος ανάλογη της τέταρτης δύναμης της θερμοκρασίας του εκφρασμένη σε βαθμούς Κ.
- απώλειες λόγω αγωγής (P_{cond}) διαμέσου όλων των σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή με τον απορροφητήρα.

Επομένως : $P_p = P_{con} + P_{ray} + P_{cond}$

Οι διάφορες απώλειες, είναι αύξουσες συναρτήσεις της θερμοκρασίας του απορροφητήρα T_m . Στην πράξη έχουμε ένα ρευστό δεδομένης θερμοκρασίας T_e , το οποίο επιθυμούμε να φέρουμε σε θερμοκρασία T_s . Επομένως η θερμοκρασία του απορροφητήρα T_m είναι δεδομένη. Άρα το πρόβλημα του κατασκευαστή είναι να κατασκευάσει ένα σύστημα, ελαχιστοποιώντας τις απώλειες του απορροφητήρα, αυξάνοντας ταυτόχρονα την ροή της ακτινοβολίας, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση.

3.3.2.3 Απλός επίπεδος συλλέκτης

Η πρώτη λύση για να περιοριστούν οι απώλειες του συλλέκτη είναι να μονωθεί η πίσω πλευρά του με ένα μονωτικό υλικό πάχους e . Με τον τρόπο αυτό οι απώλειες λόγω ακτινοβολίας και λόγω μεταφοράς της πίσω πλευράς πρακτικά εκμηδενίζονται και παραμένουν μόνο οι απώλειες με αγωγή. Τα συστήματα αυτού του τύπου πρέπει να χρησιμοποιούνται σε θερμοκρασιακές εφαρμογές που δεν υπερβαίνουν τους 35°C . Αν είναι επιθυμητές θερμοκρασίες υψηλότερες, διατηρώντας ένα σχετικά μεγάλο βαθμό απόδοσης τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που θα επιτρέπει την ελάττωση των απωλειών λόγω μεταφοράς και ακτινοβολίας.



Σχήμα 5. Απλός επίπεδος συλλέκτης

3.3.2.4 Επίπεδος συλλέκτης με αιγλό κάλυμμα

Για να ελαττωθούν οι θερμικές απώλειες του προηγούμενου συστήματος, λόγω μεταφοράς και ακτινοβολίας, ο απορροφητήρας καλύπτεται από μια γυάλινη πλάκα, η οποία χαρακτηρίζεται από έναν συντελεστή διαπερατότητας τ και έναν συντελεστή εκπομπής ϵ_n . Οι ανταλλαγές θερμότητας γίνονται σε δυο επίπεδα. Αφενός μεν μεταξύ του απορροφητήρα θερμοκρασίας T_m και του γυάλινου καλύμματος θερμοκρασίας T_n και αφετέρου μεταξύ της γυάλινης πλάκας και του εξωτερικού αέρα θερμοκρασίας T_a .

Συγκρίνοντας τον βαθμό απόδοσης του συντελεστή με ιζάμι, με την αντίστοιχη του απλού, ακάλυπτου συλλέκτη που έχει την ίδια θερμοκρασία απορροφητή T_m , παρατηρούμε ότι οι θερμοκρασίες που εμφανίζονται τώρα είναι χαμηλότερες. Συμπερασματικά για να έχει θετική επίδραση η προσθήκη του ιζαμιού, πρέπει η ελάττωση του συντελεστή απόδοσης εξαιτίας της διαπερατότητας του να εξισορροπείται από τον περιορισμό των θερμικών απωλειών.



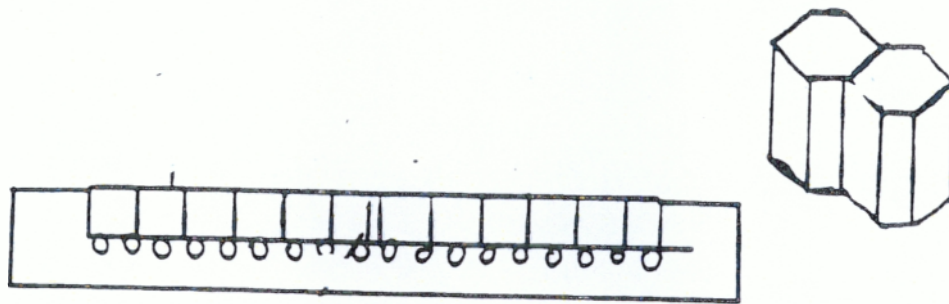
Σχήμα 6. Επίπεδος συλλέκτης με απλό κάλυμμα

3.3.2.5 Επίπεδος συλλέκτης με κυψελίδες.

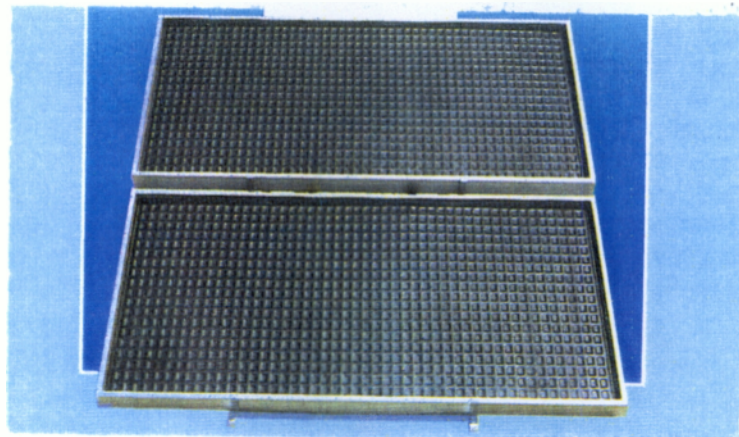
Οι κυψελίδες όπως δηλώνει και το όνομά τους έχουν τη δομή κυψέλης. Κατασκευάζονται από διαφανές υλικό, πάρα πολύ μικρού πάχους (γυαλί ή πλαστικό). Οι κυψελίδες αυτές τοποθετούνται σε επαφή με τον απορροφητήρα και το σύνολο καλύπτεται με ένα ιζάμι, όπως και στην περίπτωση του ηλιακού συλλέκτη. Η δράση των κυψελίδων είναι διπλή.

- αφ' ενός ο όγκος κάθε στοιχειώδους κυψελίδας είναι τόσο μικρός ώστε ο αέρας που περικλείεται δεν μπορεί να τεθεί σε κίνηση εξαιτίας των αναπτυσσόμενων δυνάμεων ανώσεως, γεγονός που περιορίζει τις ανταλλαγές θερμότητας λόγω μεταφοράς μεταξύ απορροφητήρα και τζαμιού. Κύριος μηχανισμός μετάδοσης θερμότητας μεταξύ απορροφητήρα και τζαμιού, γίνεται αυτός της αγωγής, μέσω των στρωμάτων του αέρα.

- αφ' ετέρου δε, ένα σημαντικό τμήμα της εκπεμπόμενης από τον απορροφητήρα ακτινοβολίας παγιδεύεται από τις κυψελίδες λόγω των πολλαπλών ανακλάσεων, στα τοιχώματά τους με αποτέλεσμα να μην φτάνει στο τζάμι.



Σχήμα 7. Επίπεδος συλλέκτης με κυψελίδες



3.3.2.6 Επίπεδος συλλέκτης κενού

Πρόκειται για απλό επίπεδο συλλέκτη, κατασκευασμένο όμως από υλικά τέτοια και κατά τρόπο ώστε να μπορεί να γίνει κενό αέρος στον χώρο μεταξύ απορροφητήρα και τζαμιού. Στην περίπτωση αυτή η θερμότητα μεταδίδεται από τον απορροφητήρα στο τζάμι μόνο με ακτινοβολία. Η ελαχιστοποίηση των απωλειών με αγωγή και μεταφορά μεταξύ του γυαλιού και του απορροφητή δεν

αρκεί. Πρέπει να περιοριστούν επίσης και οι απώλειες με ακτινοβολία. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται απορροφητήρες με επιλεκτική επικάλυψη, δηλαδή μια επικάλυψη με υψηλό συντελεστή απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας η οποία ταυτόχρονα έχει πολύ μικρό συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας. Μια συνήθης επιλεκτική επιφάνεια είναι το μέλαν του χρωμίου. Φυσικά οι επιλεκτικές επικαλύψεις δεν χρησιμοποιούνται μόνο σε συλλέκτες κενού, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλους τους τύπους που αναφέρθηκαν προηγουμένους.

3.4 Συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες

Ένα συγκεντρωτικό σύστημα (δηλαδή σύστημα συγκέντρωσης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μια διάταξη η οποία είτε ανακλώντας είτε διαθλώντας την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, αυξάνει την ροή ακτινοβολίας που φτάνει στο επίπεδο του απορροφητή).

Η ηλιακή ακτινοβολία στο έδαφος είναι λίγο μικρότερη του 1kW/m^2 .

Τα συγκεντρωτικά συστήματα κυλινδρικής συμμετρίας αυξάνουν τη ροή αυτή σε μερικές δεκάδες kW/m^2 , με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται θερμοκρασίες ρευστού στην έξοδο του συλλέκτη της τάξεως των 300°C περίπου. Για υψηλότερες θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται συγκεντρωτικά συστήματα εκ περιστροφής, τα οποία επιτυγχάνουν ροή ακτινοβολίας στο επίπεδο του απορροφητή της τάξεως μερικών εκατοντάδων kW/m^2 .

Πέρα όμως από το βασικό πλεονέκτημα τα συγκεντρωτικά συστήματα παρουσιάζουν και ορισμένα μειονεκτήματα, τα οποία από φυσικής σκοπιάς είναι:

- ♦ Ελάττωση του ποσοστού της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας εξαιτίας της ανάκλασής του ή διάθλασής του από το συγκεντρωτικό σύστημα.
- ♦ Δεν χρησιμοποιείται καθόλου η διάχυτη ακτινοβολία.

Το μειονέκτημα από τεχνολογικής και οικονομικής σκοπιάς είναι ότι ένας συγκεντρωτικός συλλέκτης είναι πολυπλοκώτερος σε σχέση με έναν επίπεδο συλλέκτη (γιατί διαθέτει κινητά μέρη κτλ) κατά συνέπεια είναι και ακριβότερος τόσο κατά την αγορά του όσο και για την συντήρησή του.

Στους συγκεντρωτικούς συλλέκτες η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται από μεγάλη επιφάνεια και συγκεντρώνεται, με οπτικά συστήματα, σε πολύ μικρότερη

επιφάνεια όπου και απορροφάται. Η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται από τη σχέση: $C = A_a / A_r$

Η σχέση αυτή εκφράζει το λόγο συγκέντρωσης του συλλέκτη, δηλαδή την επιφάνεια συλλογής (A_a) της απορροφημένης ακτινοβολίας, προς την επιφάνεια απορρόφησης (A_r).

Βασικοί τύποι συγκεντρωτικών συλλεκτών είναι:

- | | | |
|--------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1. Επίπεδα κάτοπτρα | $C \simeq 2$ | $\theta \simeq 100^\circ \text{C}$ |
| 2. Παραβολικά κάτοπτρα | $C \simeq 200$ | $\theta \simeq 400^\circ \text{C}$ |
| 3. Παραβολοειδή κάτοπτρα | $C \simeq 10.000$ | $\theta \simeq 3000^\circ \text{C}$ |
| 4. Φακοί Fresnel | | |



Εικ. 3. Συγκεντρωτικά παραβολικά κάτοπτρα

3.4.1 Κινητοί συλλέκτες

Οι συλλέκτες αυτοί διακρίνονται σε συλλέκτες σημειακής συγκέντρωσης και σε συλλέκτες γραμμικής συγκέντρωσης. Οι συγκεντρωτήρες των συλλεκτών σημειακής συγκέντρωσης, έχουν σχήμα εκ περιστροφής και έχουν την δυνατότητα να κινούνται γύρω από δυο άξονες.

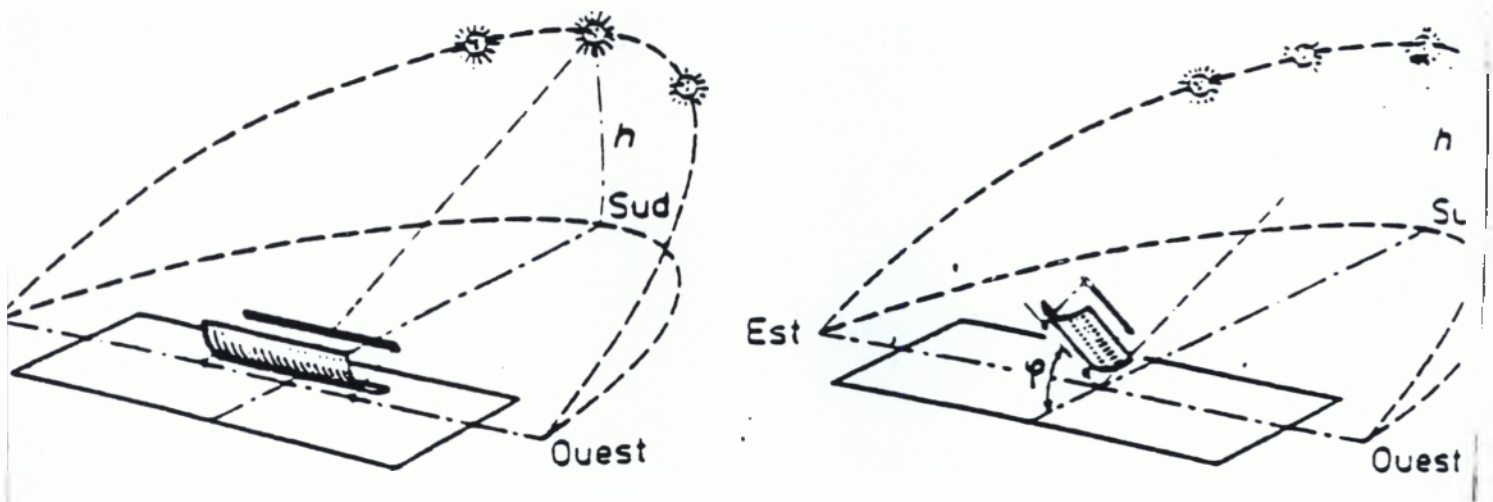
Οι συλλέκτες γραμμικής συγκέντρωσης χρησιμοποιούν κυλινδρικούς συγκεντρωτήρες περί έναν άξονα περιστροφής. Η ουσιαστική διαφορά που υπάρχει μεταξύ των συστημάτων γραμμικής και σημειακής συγκέντρωσης, έγκειται στην τιμή της τελικής γεωμετρικής συγκέντρωσης, και επομένως στην τελική θερμοκρασία εξόδου του ρευστού. Για να επιτευχθούν θερμοκρασίες εξόδου μεγαλύτερες των 300°C , πρέπει να χρησιμοποιηθούν συστήματα σημειακής συγκέντρωσης.

Και τα συστήματα όμως γραμμικής συγκέντρωσης έχουν πλεονεκτήματα όπως

- απαιτούν ένα μόνο άξονα περιστροφής
- το μήκος του κυκλώματος κυκλοφορίας του θερμοαπαγωγού ρευστού είναι πολύ μικρότερο
- στην περίπτωση δικτύου γραμμικών συγκεντρωτικών συλλεκτών η σκίαση που δημιουργεί ο καθένας από αυτούς προς τους άλλους είναι πολύ μικρότερη.

Τα πλεονεκτήματα αυτά συνοδεύονται και από τα εξής μειονεκτήματα:

- το μέγεθος του πεδίου ροής πάνω στον απορροφητήρα μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της μέρας
- τα άκρα του απορροφητήρα εμφανίζουν μεγάλες απώλειες, οι οποίες περιορίζονται επιλέγοντας συγκεντρωτήρες μεγάλου μήκους.



Σχήμα 8. Συλλέκτες με άξονα περιστροφής κατά την έννοια ανατολής – δύσης

3.4.2 Συλλέκτες ακίνητου απορροφητήρα και κινητού συγκεντρωτήρα

Η λύση αυτή βρίσκει εφαρμογή στους ηλιακούς σταθμούς πύργου και στους ηλιακούς σταθμούς γραμμικής εστίας. Ο απορροφητήρας μεγάλου μεγέθους είναι ακίνητος. Το σύστημα συγκέντρωσης της ακτινοβολίας αποτελείται από ένα σύστημα ηλιοστατών, που ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία προς τον απορροφητήρα. Η τεχνολογική δυσκολία στην κατασκευή τέτοιων σταθμών είναι η πολύ μεγάλη ακρίβεια που πρέπει να έχει το ατομικό σύστημα του σταθμού.

3.4.3 Συλλέκτες σταθερού συγκεντρωτήρα και κινητού απορροφητήρα

Σε ένα συγκεντρωτικό σύστημα το τμήμα το οποίο συγκεντρώνει την ακτινοβολία είτε με ανάκλαση είτε με διάθλαση είναι ογκώδες και μεγάλου βάρους. Αυτός ο λόγος οδήγησε στην λύση σταθερού συγκεντρωτήρα και κινητού απορροφητήρα, όπου και παρατηρούνται τα λιγότερα προβλήματα όσο αφορά την στήριξη του συλλέκτη ώστε αυτός να μην επηρεάζεται από τον άνεμο. Η σταθερότητα όμως του συγκεντρωτήρα παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι η επίδραση του συνημιτόνου έχει μεγάλη επίδραση στην απορροφούμενη ακτινοβολία. Ο βέλτιστος προσανατολισμός των συστημάτων αυτών είναι, όπως και στην περίπτωση των επίπεδων συλλεκτών το οπτικό τους πεδίο να έχει κλίση ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.

3.4.4 Απορροφητήρας συγκεντρωτικών συλλεκτών

Στην εστία του συγκεντρωτικού συστήματος τοποθετείται ο απορροφητήρας στον οποίο γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα. Η διαδικασία μετατροπής έχει γενικά ως εξής : η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία απορροφάται από το υλικό κάλυψης του απορροφητήρα. η θερμική ενέργεια μεταδίδεται στο εσωτερικό του μετάλλου με αγωγή και μετά μεταφέρεται στο θερμοαπαγωγό ρευστό με εξαναγκασμένη μεταφορά. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του απορροφητήρα ενός συγκεντρωτικού συστήματος είναι τα ακόλουθα:

- ο φαινόμενος συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας, η παράμετρος αυτή μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου, αλλά επίσης είναι συνάρτηση της θέσης του ηλίου
- ο ολικός συντελεστής θερμικών απωλειών
- οι επιφάνειες ανταλλαγής θερμότητας μέταλλο – θερμοαπαγωγό ρευστό και μέταλλο – αέρας
- η ονομαστική και μέγιστη απώλεια του φορτίου του συστήματος κυκλοφορίας του θερμοαπαγωγού ρευστού
- η θερμοχωρητικότητα του μετάλλου και του θερμοαπαγωγού ρευστού, χαρακτηριστικά της θερμικής αδράνειας του συστήματος
- ο χρόνος παραμονής του ρευστού στον απορροφητήρα, σε συνθήκες ονομαστικής παροχής.

3.5 Σύγκριση επίπεδων και συγκεντρωτικών συλλεκτών

Επίπεδα συστήματα

1. Επιφάνεια συλλογής των ηλιακών ακτίνων ίση με την επιφάνεια απορρόφησης του
2. Λειτουργία σε χαμηλές θερμοκρασίες
3. Μεγάλο ποσοστό απωλειών, χαμηλή θερμική απόδοση
4. Αξιοποίηση άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας
5. Όχι ιδιαίτερες απαιτήσεις για την αντοχή και ποιότητα των υλικών
6. Απλουστευμένη τεχνολογία και κατασκευή
7. Όχι κινούμενα μέρη για να παρακολουθούν τον ήλιο
8. Χαμηλό κόστος κατασκευής
9. Μικρό κόστος συντήρησης
10. Όχι μεγάλη ευπάθεια σε καιρικές συνθήκες

Συγκεντρωτικά συστήματα

1. Επιφάνεια συλλογής των ακτίνων πολύ μεγαλύτερη από την επιφάνεια απορρόφησης
2. Λειτουργία σε υψηλότερες θερμοκρασίες ($> 200^{\circ}\text{C}$)
3. Μικρότερες απώλειες, υψηλότερη θερμική απόδοση
4. Αξιοποίηση μόνο άμεσης ακτινοβολίας
5. Απαιτούνται υλικά ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες
6. Υψηλή τεχνολογία και πολύπλοκη κατασκευή
7. Απαιτούνται πολύπλοκοι και ακριβείς μηχανισμοί ώστε να παρακολουθεί το σύστημα τον ήλιο κατά την κίνησή του
8. Υψηλό κόστος κατασκευής
9. Μεγάλο κόστος συντήρησης
10. Ευπάθεια των μεγάλων εγκαταστάσεων στους ανέμους, χαλάζι κλπ

3.6 Προσανατολισμός του συλλέκτη

Η θέση του συλλέκτη και συγκεκριμένα ο προσανατολισμός και η κλίση της απορροφητικής πλάκας επηρεάζει ουσιαστικά την απόδοση του συλλέκτη, αφού εξαρτάται από αυτά η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας, που προσπίπτει στην επιφάνειά του, καθώς και οι τιμές των συντελεστών διαφάνειας (τ) των καλυμμάτων και απορροφήσεως (α) της απορροφητικής πλάκας. Για τον καθορισμό της θέσης αυτής, σημαντικό ρόλο παίζουν τα μετεωρολογικά στοιχεία, που υπάρχουν για την συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Ειδικότερα τέτοια στοιχεία είναι:

- α) Η ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο, εκφραζόμενη σε MJ/m², κατά μήνα
- β) Η μέση θερμοκρασία του αέρα στο 24ωρο, σε °C.
- γ) Η μέση θερμοκρασία του αέρα (°C) κατά ημέρα
- δ) Οι απαιτήσεις θέρμανσης σε βαθμοημέρες θέρμανσης

Ως βαθμοημέρες θέρμανσης (Β.Η.Θ.) καλούμε το γινόμενο των ημερών θέρμανσης της περιόδου θέρμανσης (χειμερινή περίοδο) επί την υπερθερμοκρασία άνετης θέρμανσης ως προς τη μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Εάν συμβολίσουμε με (H_h) την μέση μηνιαία ακτινοβολία σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή σε οριζόντιο επίπεδο και (H_β) την αντίστοιχη ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο κατά γωνία (β) τότε ισχύει η σχέση:

$$H_\beta = R \cdot H_h \text{ όπου } .$$

(R): Είναι μια παράμετρος που εξαρτάται τόσο από την άμεση και διάχυτη ακτινοβολία, αλλά και από την ανακλώμενη από το έδαφος ακτινοβολία

Καλούμε (H_d), την μέση μηνιαία διάχυτη (έμμεση) ακτινοβολία.

(R_b): Τον λόγο της μέσης μηνιαίας άμεσης ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο, προς εκείνη στο οριζόντιο επίπεδο, (εκφραζόμενο και ως λόγος του αντιστοίχου συνημιτόνου των γωνιών προσπτώσεως της κεκλιμένης επιφάνειας και της οριζόντιας), προκειμένου για νότιο προσανατολισμό της επιφάνειας.

(β): Την κλίση της επιφάνειας συλλογής ως προς το οριζόντιο έδαφος

(r): Τον συντελεστή ανακλάσεως του εδάφους (0,20 – 0,70)

Έχουμε τη σχέση :

$$R = [1 - H_d / H_o \cdot R_b] + H_d / H_o \cdot [1 + \sin\beta / 2 + r \cdot 1 - \sin\beta / 2]$$

Άμεση ακτινοβολία Έμμεση ακτινοβολία Ανακλώμενη από το φως
ακτινοβολία

Ο λόγος $\tau = H_d/H_o$ κυμαίνεται μεταξύ 0,2 – 0,8 εξαρτώμενος από το βαθμό καθαριότητας του συλλέκτη και του (Fc). Ο λόγος (R_i) διαμορφώνεται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, από την κλίση (β) του συλλέκτη, την γωνία δύσης του ήλιου (ω) και την Ζενίθια γωνιακή απόκλιση (θ_z) του ήλιου, ανάλογα με την ημέρα του έτους. Οι τιμές (R_o) είναι μεταξύ (0-3).

Συνήθως ο προσδιορισμός της τιμής της παραμέτρου (R) γίνεται με την βοήθεια πινάκων, που ισχύουν γιατί κάθε συγκεκριμένη περιοχή με παράμετρο την κλίση της κύριας επιφάνειας του συλλέκτη. Πρέπει να σημειωθεί ότι η διαδικασία προσδιορισμού του προσανατολισμού και της κλίσης του συλλέκτη είναι εξαιρετικά δύσκολη, αφού τα διάφορα μετεωρολογικά στοιχεία που προαναφέρθηκαν δεν είναι σταθερά στην διάρκεια του χρόνου. Από μακροχρόνιες μετρήσεις για τη χώρα μας ο καλύτερος προσανατολισμός είναι προς Νότο με κλίση ($10 - 15^\circ$) μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος δηλαδή με κλίση ($45 - 55^\circ$), εάν πρόκειται για θέρμανση χώρων και 40° αν πρόκειται για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης όλο το χρόνο.

Το ποσοστό της έμμεσης ή διάχυτης ακτινοβολίας H_d ως προς την οριζόντια ακτινοβολία H_o προσεγγιστικά μπορεί να την πάρουμε από τον ακόλουθο πίνακα:

Βαθμός καθαρότητας του συλλέκτη και της ατμόσφαιρας						
Kt	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
H_d/H_o	1	0,80	0,50	0,30	0,10	0

Ο πίνακας αναφέρεται σε επιφάνεια συλλέκτη με νότιο προσανατολισμό.

3.7 Δίκτυο απαγωγής θερμότητας

Είναι το σύνολο εκείνο των σωληνώσεων μέσω των οποίων κυκλοφορεί το θερμοαπαγωγό ρευστό από τον απορροφητήρα μέχρι το σημείο αποθήκευσης ή χρήσης της θερμότητας. Η επιλογή της διαμέτρου των σωληνών γίνεται και με κριτήρια ίδια με αυτά όλων των άλλων υδραυλικών εφαρμογών, παίρνοντας υπόψη ότι η κυκλοφορία του ρευστού γίνεται :

- με σταθερή ταχύτητα συνήθως μερικών δεκάτων του μέτρου ή μέτρου ανά δευτερόλεπτο για τα υγρά και μερικών μέτρων ή δεκάδων μέτρων για τα αέρια

- με σταθερή γραμμική απώλεια φορτίου, η οποία είναι της τάξης μερικών εκατοστών ή μερικών δεκάτων του bar ανά μέτρο

Κατά την διαστασιολόγηση παίρνεται επίσης υπόψη, η καταναλισκόμενη ενέργεια για την άντληση του ρευστού καθώς επίσης και το κόστος αγοράς των σωλήνων. Το πάχος του μετάλλου υπολογίζεται ανάλογα με την πίεση λειτουργίας του συστήματος.

3.8 Θερμοαπαγωγά ρευστά

Το θερμοαπαγωγό ρευστό πρέπει να έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Αυξημένο συντελεστή μεταφοράς θερμότητας για συγκεκριμένη ταχύτητα ρευστού και δεδομένες διαμέτρους σωληνώσεων
- Αυξημένη θερμοχωρητικότητα ώστε να μην απαιτείται μεγάλη παροχή
- Μικρό ιξώδες ώστε η ενέργεια που απαιτείται για την κυκλοφορία του να είναι μικρή
- Να μην οξειδώνεται ώστε να αποφεύγεται η εναπόθεση των προϊόντων της διάσπασης στα τοιχώματα των σωλήνων
- Η πίεση των ατμών του να είναι χαμηλή ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χαμηλές πιέσεις
- Να μην είναι διαβρωτικό
- Να μην είναι τοξικό
- Να είναι χαμηλού κόστους

3.8.1 Νερό ή υδρατμοί

Οι θερμοφυσικές ιδιότητες του νερού το καθιστούν ένα πολύ καλό θερμοαπαγωγό ρευστό. Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μεταξύ μετάλλου και ρευστού είναι πολύ καλός και μπορεί να γίνει ακόμα καλύτερος κάτω από συνθήκες βρασμού. Η χρησιμοποίησή του όμως υπό την υγρή του μορφή σε υψηλές θερμοκρασίες απαιτεί σημαντική πίεση. Για το λόγο αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 320° C (150 bar). Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι ευνοεί την οξείδωση. Ακόμα και σε περιπτώσεις παγετού μπορεί να δημιουργεί στο σύστημα σημαντικές βλάβες.

3.8.2 Λάδια

Υπάρχουν αυτή τη στιγμή πολλά λάδια συνθετικά ή ορυκτά, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν θερμοαπαγωγά ρευστά. Αυτά τα προϊόντα μπορούν να καλύψουν μια μεγάλη γκάμα θερμοκρασιών μέχρι και πάνω από 400° C.

Οι θερμοφυσικές τους ιδιότητες και ιδιαίτερα η θερμοχωρητικότητα δεν είναι τόσο καλές όσο του νερού αλλά έχουν το πλεονέκτημα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπό συνθήκες χαμηλής πίεσης. Το ιξώδες τους είναι ισχυρή συνάρτηση της θερμοκρασίας, για το λόγο αυτό, ρευστά που χρησιμοποιούνται σε υψηλές θερμοκρασίες δεν μπορούν να κυκλοφορήσουν σε μικρές θερμοκρασίες.

Επειδή είναι εύφλεκτα δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με τον αέρα. Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται ένα δοχείο διαστολής με πίεση αζώτου.

3.8.3 Ειδικά ρευστά

Η χρήση μιγμάτων αλάτων περιορίζεται στις υψηλότερες θερμοκρασίες (500 – 600° C). Ο υδράργυρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασίες μεταξύ 360 και 540° C αλλά είναι τοξικός και υψηλού κόστους. Το νάτριο χρησιμοποιείται στους 650° C και εμφανίζει στις θερμοκρασίες αυτές τον καλύτερο συντελεστή μεταφοράς θερμότητας. Το μειονέκτημα του είναι ότι δεν μπορεί να αντληθεί σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 100° C και είναι επικίνδυνο. Αντίθετα το μίγμα νατρίου – καλίου (Na 22, K 78 τοις εκατό) μπορεί να αντληθεί σε θερμοκρασίες μέχρι και – 11° C.

3.8.4 Αέρια

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες μεταξύ 500 – 1000° C αέρια υπό πίεση. Μειονέκτημα είναι η χαμηλή θερμοχωρητικότητα των αερίων γι' αυτό απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας ώστε να κυκλοφορούν σε υψηλές ταχύτητες. Για τον λόγο αυτό απαιτείται ειδική σχεδίαση του απορροφητήρα.

3.9 Παθητικά ηλιακά συστήματα

3.9.1 Αρχές λειτουργίας

Στα κτίρια, η επίδραση του ήλιου είναι άλλοτε ευπρόσδεκτη και άλλοτε ανεπιθύμητη. Πράγματι το χειμώνα, οπότε ο ήλιος διανύει τροχιά σε μικρό ύψος ως προς τον ορίζοντα, εισέρχεται από τα ανοίγματα των κτιρίων αρκετά βαθιά στο εσωτερικό τους και τα ζεσταίνει.

Αντίθετα, το καλοκαίρι, που εν γένει είναι δυσάρεστη η επίδρασή του στην άνεση των ενοίκων, βρίσκεται ψηλά στον ουρανό, και εισχωρεί στα κτίρια σε πολύ μικρότερο βάθος. Στην περίπτωση αυτή, εάν τα ανοίγματα των κτιρίων είναι εφοδιασμένα με κατάλληλα σκίαστρα, ο ήλιος εμποδίζεται να φτάσει στο εσωτερικό τους και να τα υπερθερμάνει. Γενικότερα, τα κτίρια μπορούν να σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε με την εκμετάλλευση του ηλίου, του ανέμου και της βλάστησης, να επιτυγχάνονται στο εσωτερικό τους συνθήκες θερμικής άνεσης, με ταυτόχρονη εξοικονόμηση μέρους ή ολόκληρης της ενέργειας που θα καταναλώναν για τη θέρμανση ή το δροσισμό τους. Βασικές συνιστώσες ενός τέτοιου σχεδιασμού αποτελούν τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα, τα οποία είναι δομικά στοιχεία κατάλληλα σχεδιασμένα ώστε, συνδυαζόμενα μεταξύ τους, να υποβοηθούν την καλύτερη άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

3.9.2 Τρόπος λειτουργίας – Εφαρμογές .

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων θέρμανσης βασίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου», σύμφωνα με το οποίο η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά τις γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων του κτιρίου και η θερμότητα της εγκλωβίζεται στο εσωτερικό του, ζεσταίνοντας τόσο τα δομικά στοιχεία του (δάπεδα, τοίχοι), όσο και τον εσωτερικό αέρα. Μέρος της θερμότητας που αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία αποδίδεται αργότερα, κατά τις χωρίς ηλιοφάνεια ώρες, ζεσταίνοντας το χώρο για μεγαλύτερο διάστημα. Το απλούστερο από αυτά τα συστήματα αποτελείται από μία γυάλινη επιφάνεια και τον εσωτερικό χώρο που παρουσιάζονται απαιτήσεις θέρμανσης. Ένα τέτοιο σύστημα ονομάζεται παθητικό ηλιακό σύστημα άμεσου κέρδους.

Πιο σύνθετα είναι τα συστήματα έμμεσου κέρδους, στα οποία μεταξύ της γυάλινης επιφάνειας και του χώρου που απαιτείται να θερμανθεί παρεμβάλλεται κάποιο άλλο στοιχείο, που μπορεί να είναι ένας τοίχος ή ένας ηλιακός χώρος,

π.χ. ένα θερμοκήπιο. Η θερμότητα των ηλιακών ακτίνων που διαπερνούν το τζάμι εγκλωβίζεται στο στοιχείο όπου απορροφάται και αποθηκεύεται και, στη συνέχεια, αποδίδεται στο χώρο, είτε περνώντας με τον αέρα μέσα από μικρά ανοίγματα (θυρίδες), είτε μέσω κάποιου τοίχου, εκμεταλλευόμενοι την αγωγιμότητα του. Το πλεονέκτημα αυτών των συστημάτων είναι ότι, μεταδίδοντας σταδιακά τη θερμότητα που έχει συλλεχθεί προς το χώρο, βοηθούν στη μικρότερη διακύμανση των εσωτερικών θερμοκρασιών και στη διατήρηση συνθηκών άνεσης για περισσότερες ώρες στο κτίριο.

Εκτός από παθητικά συστήματα θέρμανσης υπάρχουν και παθητικά συστήματα δροσισμού, τα οποία, εκμεταλλευόμενα τις φυσικές πηγές (ήλιος, άνεμοι, νερό κ.λπ.), απορρίπτουν προς το περιβάλλον τη θερμότητα που συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο, με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του. Επιπλέον, βοηθούν στη δημιουργία πιο ευχάριστων (άνετων) συνθηκών στους διάφορους χώρους και με τον άμεσο δροσισμό των ενοίκων. Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η ηλιοπροστασία του κτιρίου, δηλαδή η παρεμπόδιση της εισόδου σ' αυτό των ανεπιθύμητων, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ακτίνων του ήλιου.

Αυτή μπορεί να επιτευχθεί με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου, καθώς και με τη χρήση διάφορων ειδών σκιάστρων, εξωτερικών ή εσωτερικών, μόνιμων ή κινητών. Ένας οριζόντιος πρόβολος πάνω από ένα νοτίως προσανατολισμένο παράθυρο επιτρέπει στον ήλιο το χειμώνα να περνάει στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ τον εμποδίζει το καλοκαίρι. Όταν, όμως, ο ήλιος ανατέλλει ή δύει, βρίσκεται αρκετά χαμηλά, ακόμα και το καλοκαίρι, οπότε ένα οριζόντιο σκίαστρο δεν μπορεί να εμποδίσει τις ηλιακές ακτίνες να εισέλθουν από τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα αντίστοιχα. Έτσι, στα ανοίγματα αυτά προτιμώνται τα μόνιμα κατακόρυφα σκίαστρα.

Αλλά και η βλάστηση (αειθαλή ή φυλλοβόλα δένδρα, φυτά σε πέργκολες κ.λπ.) μπορεί να προσφέρει ηλιοπροστασία στους τοίχους και τα ανοίγματα του κτιρίου. Τα φυλλοβόλα δέντρα έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν σταδιακή ηλιοπροστασία από την άνοιξη έως και το φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα επιτρέπουν στις ηλιακές ακτίνες να εισχωρούν στο κτίριο. Εκτός όμως από τη σκίαση, η βλάστηση έχει τη δυνατότητα να εμποδίζει ή να κατευθύνει τους ανέμους προς το κτίριο και συνεισφέρει στην εξατμιστική ψύξη τόσο αυτού, όσο και των γύρω χώρων.

Ο φυσικός αερισμός, που βασίζεται κυρίως στη διευκόλυνση της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, αποσκοπεί στην ανανέωση του ζεστού εσωτερικού αέρα με δροσερό εξωτερικό, προκειμένου να απομακρυνθεί από τους χώρους του κτιρίου η συσσωρευμένη θερμότητα και, ταυτόχρονα, οι αέριοι ρύποι και οσμές. Όταν, βέβαια, οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλές, θα πρέπει τα ανοίγματα μέσω των οποίων γίνεται ο αερισμός να παραμένουν κλειστά και να ανοίγουν μόνο τη νύχτα. Πέρα από τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη σωστή τοποθέτηση των ανοιγμάτων στο κέλυφος του, μπορούν να εγκατασταθούν και πιο σύνθετα συστήματα, για την υποβοήθηση του φυσικού αερισμού και δροσισμού, όπως είναι, ενδεικτικά, η ηλιακή καμινάδα, ο πύργος εξαερισμού, η αεριζόμενη οροφή, οι ανεμιστήρες οροφής κ.ά.

Με την κατάλληλη διάταξη των χώρων και των ανοιγμάτων ενός κτιρίου μπορεί να εξασφαλισθεί παράλληλα και ο φυσικός φωτισμός του, με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο στόχος του φυσικού φωτισμού είναι διπλός και αφορά τόσο την εξασφάλιση της κατάλληλης ποσότητας φωτισμού, όπως αυτή προβλέπεται από τη χρήση του κάθε χώρου, όσο και την καλή ποιότητα του, για άνετη και ξεκούραστη όραση. Όσο μεγαλύτερα και περισσότερα είναι τα ανοίγματα (παράθυρα) και μικρότερο το βάθος των χώρων, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του φωτός που εισέρχεται σ' αυτούς και, παράλληλα, υποβοηθάται η ομοιόμορφη κατανομή του με την αποφυγή των φωτεινών αντιθέσεων (σκοτεινά και φωτεινά σημεία στο πεδίο όρασης), οι οποίες κουράζουν και δημιουργούν αίσθημα οπτικής δυσφορίας.

Η καλή ποιότητα του φυσικού φωτισμού διασφαλίζεται, επίσης, με τη χρήση ανακλαστικών περσιδών στα ανοίγματα που δέχονται άμεσα το ηλιακό φως, τη δημιουργία ανοιγμάτων σε σημεία όπου δεν προσπίπτει άμεσα η ηλιακή ακτινοβολία, όπως είναι οι βορεινές πλευρές ενός κτιρίου, καθώς και την κατάλληλη διαμόρφωση και βαφή με ανοιχτά-ματ χρώματα των εσωτερικών επιφανειών, ώστε να διαχέουν ομοιόμορφα το φως. Ο φυσικός φωτισμός, εξάλλου, αποτελεί σημαντικό κεφάλαιο του βιοκλιματικού σχεδιασμού ενός κτιρίου. Αυτός έχει ως στόχο την εναρμόνιση του κτιρίου με το περιβάλλον και το μικροκλίμα της περιοχής που βρίσκεται ώστε, με την εκμετάλλευση των υφιστάμενων στοιχείων της φύσης, να επιτυγχάνεται θερμική και οπτική άνεση μέσα σ' αυτό

Κατά το βιοκλιματικό σχεδιασμό ενός κτιρίου, ο αρχιτέκτονας μηχανικός χρησιμοποιεί ως εργαλεία τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού, την επαρκή μόνωση, το σωστό προσανατολισμό και σχήμα του κτιρίου, καθώς και την κατάλληλη διαμόρφωση, όταν είναι δυνατό, του περιβάλλοντος χώρου. Μπορεί, έτσι, να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς περιορίζονται οι ανάγκες του κτιρίου σε θέρμανση, ψύξη ή /και τεχνητό φωτισμό. Παράλληλα, οι συνθήκες διαβίωσης σ' αυτό βελτιώνονται σημαντικά. Εάν, μάλιστα, ληφθεί υπ' όψη ότι το κόστος εφαρμογής των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού σε μία νέα κατασκευή είναι από μικρό έως μηδενικό, οι λύσεις που προσφέρονται είναι οικονομικά ελκυστικές. Έτσι εξηγείται το γεγονός ότι, τα τελευταία χρόνια, αυξάνει ολοένα το ενδιαφέρον για τις δυνατότητες εφαρμογής των αρχών αυτών στα διάφορα κτίρια.

3.9.3 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα - Θερμοκήπια

Όπως έχουμε αναφέρει, παθητικά λέγονται τα ηλιακά συστήματα που αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα στη δομή μιας κατασκευής και συνεισφέρουν ενεργειακά από τον Ήλιο χωρίς να καταναλώνουν ενέργεια. Το θερμοκήπιο είναι μια Ηλιακή Παθητική κατασκευή που λειτουργεί σαν ένας συλλέκτης ηλιακής ενέργειας. Βασίζεται στην εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας η οποία αφού διαπεράσει το διαφανές υλικό κάλυψης, εγκλωβίζεται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου προσφέροντας θετικά στο ενεργειακό ισοζύγιο, σύμφωνα με το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

3.9.4 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που φτάνει από τον Ήλιο στο έδαφος της Γης είναι στο μεγαλύτερο ποσοστό της στο ορατό φάσμα. Κατά τη διάρκεια της ημέρας φτάνει λοιπόν στη Γη και τη θερμαίνει. Στη συνέχεια κατά τη διάρκεια της νύχτας η θερμότητα αυτή αποβάλλεται από τη Γη προς το διάστημα με μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας, έτσι ώστε ο μέσος όρος θερμοκρασίας της Γης να παραμένει σταθερός.

Η μόλυνση όμως της γήινης ατμόσφαιρας με συστατικά όπως το διοξείδιο του άνθρακα κ.τ.λ. εμποδίζει την υπέρυθρη ακτινοβολία να φύγει από τη Γη γιατί το μήκος κύματος της είναι μεγαλύτερο και διέρχεται δυσκολότερα

από τα στρώματα του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας. Έχουμε λοιπόν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης.

Το φαινόμενο που μόλις περιγράψαμε ονομάζεται φαινόμενο του θερμοκηπίου, γιατί είναι ακριβώς αυτό που συμβαίνει σε ένα πραγματικό θερμοκήπιο (ή ακόμα και σε ένα αυτοκίνητο που το αφήσαμε στον ήλιο).

Δηλαδή φωτεινή ακτινοβολία περνά μέσα από το διαφανές υλικό (πλαστικό ή γυαλί) και θερμαίνει το χώρο. Για να μεταφερθεί αυτή η θερμότητα προς τα έξω θα πρέπει υπέρυθρη ακτινοβολία να μπορεί να φύγει από το θερμοκήπιο. Όμως το μήκος κύματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι αρκετά μεγάλο για να περάσει από το υλικό κατασκευής του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου.

3.9.5 Ενεργειακό ισοζύγιο θερμοκηπίου

Το ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο ενός θερμοκηπίου στο μέσο γεωγραφικό πλάτος της Ελλάδας είναι θετικό, όμως υπάρχουν αρκετές ώρες του 24ώρου και κάποιες ημέρες οπότε το ενεργειακό ισοζύγιο του θερμοκηπίου είναι ελλειμματικό. Τέτοιες περιπτώσεις είναι πολλές από τις νύκτες του έτους και αρκετά χειμωνιάτικα 24ωρα, όταν υπάρχει αυξημένη νέφωση και χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Για να καλυφθούν οι ελλειμματικές περιόδους πρέπει κυρίως να αυξηθεί η θερμοχωρητικότητα του θερμοκηπίου η οποία ευρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα σχετικά με την έκταση του και τις θερμικές του απαιτήσεις. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται διάφορες παθητικές και υβριδικές κατασκευές κυρίως αποθήκευσης της θερμότητας που προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια και αποδίδεται στον χώρο κατά την διάρκεια της ελλειμματικής ενεργειακά περιόδου. Τέτοιες περιπτώσεις είναι συνήθως οι νυκτερινές ώρες και οι χειμερινές ημέρες με αυξημένη νέφωση. Τα συστήματα αυτά αναλύονται στην συνέχεια. Παρόλα αυτά όμως βρέθηκε στην πράξη ότι δεν συμφέρει οικονομικά να γίνονται κατασκευές που να καλύπτουν το 100% των ενεργειακών αναγκών των θερμοκηπίων με ηλιακά συστήματα, οπότε γίνεται υποχρεωτική η χρήση βοηθητικών συμβατικών συστημάτων θέρμανσης.

Στις χώρες της Νότιας Ευρώπης τα θερμοκήπια που διαθέτουν συμβατικά συστήματα θέρμανσης καταναλώνουν κατά μέσο όρο περίπου 7,5 Lt καυσίμων τον χρόνο ανά τετραγωνικό μέτρο καλυμμένης επιφάνειας που αντιστοιχεί περίπου στο 30% του συνολικού κόστους λειτουργίας του. Στην

Ελλάδα μόνο το 6,4% περίπου των θερμοκηπίων διαθέτει κάποιο εφεδρικό σύστημα θέρμανσης. Στην περίπτωση που υπάρχει συμβατικό σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να γίνεται τουλάχιστον ετήσια συντήρηση για να μειώνονται οι πιθανότητες επισκευής που θα απαιτηθεί όταν χαλάσει το όποιο σύστημα.

3.9.6 Εξοικονόμηση Ενέργειας

Πρώτη προτεραιότητα του καλλιεργητή πρέπει να είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και στην συνέχεια η εγκατάσταση πρόσθετων ενεργειακών συστημάτων.

Οι θερμοκουρτίνες κυρίως για τον σκιασμό του θερμοκηπίου κατά την διάρκεια της ημέρας όταν το φωτιστικό επίπεδο είναι απαγορευτικό για τα καλλιεργούμενα φυτά και όταν η εσωτερική θερμοκρασία του θερμοκηπίου φθάσει σε ανεπιθύμητα επίπεδα. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και κατά την διάρκεια της νύκτας ούτως ώστε να απομονώνει την οροφή και τις πλευρές του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα να εξοικονομείται ενέργεια της τάξεως του 35%. Σε ανεμώδης περιοχές μπορεί να εξοικονομηθεί το 5 με 10% των χρησιμοποιούμενων καυσίμων κατασκευάζοντας ανεμοπροστασία κυρίως στην βορεινή πλευρά του θερμοκηπίου.

Εξοικονόμηση της τάξεως του 5 με 25% μπορεί να επιτευχθεί σε ένα θερμοκήπιο με την καλή κατασκευή του και συντήρηση του γιατί δεν θα υπάρχουν δίοδοι διαφυγής του θερμού αέρα από το εσωτερικό του.

Οι περισσότερες ενεργειακές απώλειες σε ένα θερμοκήπιο προέρχονται από την επιφάνεια του διαφανούς του καλύμματος. Για παράδειγμα, ένα θερμαινόμενο θερμοκήπιο με διπλό κάλυμμα εξοικονομεί περίπου το 40% της θερμότητας του συγκριτικά με θερμοκήπιο με μονό πλαστικό ή ακόμα και τζαμιού. Βέβαια υπάρχει και η αντίστοιχη μείωση της φωτοπερατότητας του που είναι απαγορευτική για τις καλλιέργειες. Επίσης υπάρχει ο κίνδυνος της υπερθέρμανσης κατά διάρκεια της ημέρας και πρέπει να λαμβάνεται ειδική μεριμνα.

3.9.7 Αποθήκευση θερμότητας

Ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη αποθήκη θερμότητας μπορεί να γίνει μια ταξινόμηση των παθητικών θερμοκηπίων. Η αποθήκη αυτή μπορεί να

χρησιμοποιεί σαν μέσο αποθήκευσης το νερό, το έδαφος, τα χαλίκια, τα διφασικά τυλικά κλπ. Κατασκευάζεται συνήθως είτε στο εσωτερικό του θερμοκηπίου είτε στο υπέδαφος του. Γενικά τοποθετείται σε σημεία που δεν εμποδίζουν στην καλλιέργεια και οπωσδήποτε δεν δεσμεύουν καλλιεργούμενο χώρο γιατί στην περίπτωση του θερμοκηπίου κάθε τετραγωνικό μέτρο καλυμμένης επιφάνειας κοστίζει κάποιες εκατοντάδες χιλιάδες δραχμές. Η κατασκευή της αποθήκης θερμότητας θα πρέπει να προβλεφθεί και να προηγηθεί για να μην επιβαρύνει υπερβολικά το κόστος του θερμοκηπίου όταν αυτή γίνει εκ των υστέρων. Πρέπει βεβαίως να συνεκτιμηθεί και η εξοικονόμηση που θα προκύψει από την μείωση του κόστους λειτουργίας του θερμοκηπίου, με την ελάττωση του κόστους για την συμβατική θέρμανση, καθώς και η βελτιστοποίηση της απόδοσης της καλλιέργειας λόγω των καλύτερων εσωτερικών συνθηκών.

Αποθήκευση στο υπέδαφος του θερμοκηπίου

Χρησιμοποιούνται πλαστικοί σωλήνες μεγάλης διαμέτρου (γύρω στα 20 cm) που θάβονται στο υπέδαφος του θερμοκηπίου με διάταξη την μεγάλη διάσταση του και έχουν δύο στόμια (είσοδο - έξοδο) για την κυκλοφορία του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Το βάθος ταφής τους κυμαίνεται από 1m ως τα 5m, ανάλογα με το αν πρόκειται για "ημερήσια" ή "διεποχιακή" αποθήκευση αντίστοιχα. Στην "ημερήσια" αποθήκευση ανακτάται η θερμότητα κατά την διάρκεια της νύκτας που αποθηκεύτηκε την προηγούμενη ημέρα. Στην "διεποχιακή" αποθήκευση ανακτάται η θερμότητα κατά την διάρκεια των πρώτων χειμερινών ημερών που αποθηκεύτηκε κατά την διάρκεια του προηγούμενου καλοκαιριού. Το σύστημα αυτό χαρακτηρίζεται σαν υβριδικό γιατί είναι απαραίτητη η παρουσία ενός ανεμιστήρα στο στόμιο κάθε σωλήνα αποθήκευσης, οπότε υπάρχει κάποια μικρή κατανάλωση ενέργειας. Οι σωλήνες τοποθετούνται παράλληλα σε απόσταση περίπου 2m μεταξύ τους. Η είσοδος του αέρα πρέπει να γίνεται εναλλάξ στους σωλήνες ούτως ώστε να υπάρχει κατά πλάτος του θερμοκηπίου ομοιομορφία στην αποθηκευόμενη θερμότητα.

Κατά την κατασκευή πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην κλίση των οριζοντίων τμημάτων των σωληνώσεων που πρέπει να είναι περίπου 1 % για την απορροή των συμπυκνωμάτων που θα παρουσιασθούν στο εσωτερικό τους.

Η διαδικασία της λειτουργίας της αποθήκευσης στο υπέδαφος του θερμοκηπίου είναι απλός και προφανής. Όταν κατά την διάρκεια της ημέρας παρουσιασθεί πρόσθετη θερμότητα στο περιβάλλον του θερμοκηπίου, τίθενται σε λειτουργία οι ανεμιστήρες και την αποθηκεύουν στο έδαφος. Αντίστροφα, όταν παρουσιασθεί έλλειψη θερμότητας στο περιβάλλον του θερμοκηπίου κατά την διάρκεια της νύκτας, τίθενται σε λειτουργία οι ανεμιστήρες και λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας, ανακτάται η αποθηκευμένη ενέργεια. Αντίστοιχη είναι και η διαδικασία της "διεποχιακής" αποθήκευσης.

Από τον τρόπο λειτουργίας της διαδικασίας αυτής, γίνεται κατανοητό ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον δροσισμό του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Σημειώνεται ότι το έδαφος σε μικρό βάθος από την επιφάνεια παρουσιάζει μικρότερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις από ότι ο αέρας του περιβάλλοντος. Έτσι κατά την διάρκεια του χειμώνα είναι 2 - 3°C θερμότερο από το περιβάλλον και το αντίστροφο κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.

Η χρήση των πλαστικών σωλήνων προτείνεται για οικονομικούς λόγους και για την ανθεκτικότητά τους σε δυσμενείς συνθήκες λειτουργίας (υψηλή υγρασία, τοξικότητα κ.τ.λ.) και όχι για την καλή θερμική συμπεριφορά τους. Τα στόμια θα πρέπει να προεξέχουν από το έδαφος γύρω στο 1m για να μην εμποδίζεται η ροή του αέρα από τα υπερκείμενα φυτά. Στο βάθος ταφής των σωλήνων σημαντικό ρόλο παίζει το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα στην περιοχή του θερμοκηπίου που δεν πρέπει να είναι πολύ μικρό ούτως ώστε να είναι υγρό το περιβάλλον στο οποίο αποθηκεύεται η θερμότητα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην πολύ καλή ποιότητα των σωλήνων και στην επίσης πολύ καλή συναρμολόγηση και ταφή τους, γιατί μια ενδεχόμενη επισκευή τους κοστίζει πάρα πολύ ακριβά.

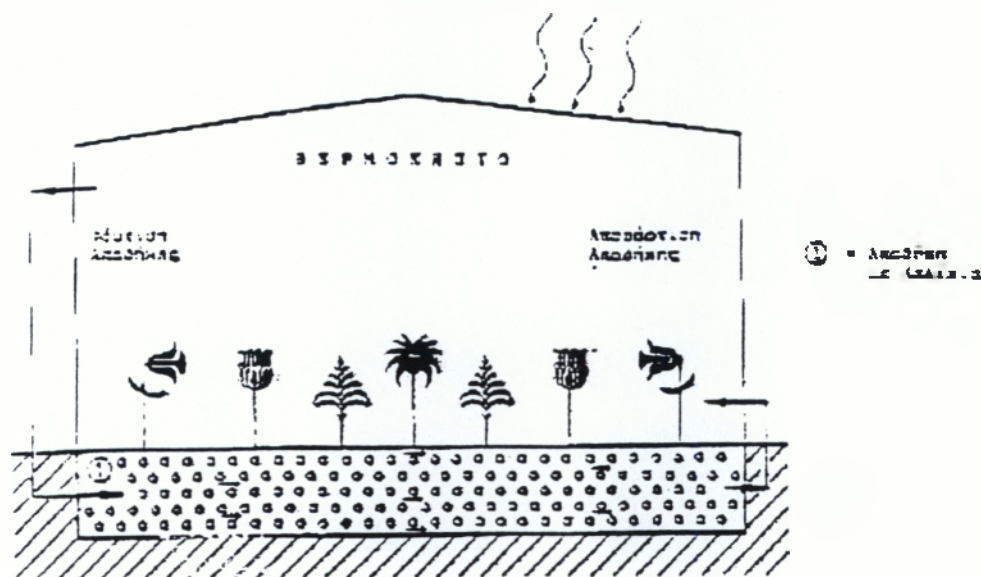
Συμπερασματικά σημειώνεται ότι με τον τρόπο αυτό μπορεί να καλυφθεί μόνον ένα μέρος των θερμικών αναγκών του θερμοκηπίου που κυμαίνεται μεταξύ 10 και 30% περίπου ανάλογα με την θέση εγκατάστασης του , την καλλιέργεια, την ποιότητα της κατασκευής του κ.λ.π.

Αποθήκευση σε χαλίκια

Η αποθήκευση σε χαλίκια βασίζεται στην ίδια αρχή λειτουργίας με την αποθήκευση στο υπέδαφος του θερμοκηπίου. Η διαφορά του έγκειται στο γεγονός ότι στην περίπτωση των χαλικιών δεν χρειάζονται τα οριζόντια τμήματα

των σωλήνων του υπεδάφους. Υπάρχουν μόνον τα κάθετα στόμια με τους ανάλογους ανεμιστήρες που πρέπει να φθάνουν μέχρι το μέσον περίπου του στρώματος των χαλικιών. Εδώ ο αέρας κυκλοφορεί στο ενδιάμεσο κενό των χαλικιών (διαμέτρου 20-100 mm) και η θερμότητα αποθηκεύεται στο σώμα των χαλικιών. Τα χαλίκια θα πρέπει να καλύπτουν ολόκληρο το υπεδάφος του θερμοκηπίου σε αρκετό βάθος, αφού βεβαίως έχει προηγηθεί η εκσκαφή του και η επικάλυψη τους με το στρώμα του εδάφους για φύτευση. Ένα επιπλέον ευεργέτημα στην περίπτωση αυτή είναι και η πολύ καλή αποστράγγιση του εδάφους του θερμοκηπίου από το πότισμα.

Ακολουθεί ένα σχήμα με την διάταξη της αποθήκευσης θερμότητας ενός θερμοκηπίου υπεδάφος.



Σχήμα 9. Αποθήκευση σε χαλίκια

Αποθήκευση σε νερό

Στο εσωτερικό του θερμοκηπίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρόχειρες κατασκευές σαν αποθήκες θερμότητας όπως είναι οι σακούλες ή τα βαρέλια με νερό που τοποθετούνται σε νεκρούς καλλιεργητικά χώρους που θα μπορούσαν να είναι οι υποχρεωτικοί διάδρομοι στο μέσον του θερμοκηπίου ή η βορεινή του πλευρά. Τα βαρέλια θα μπορούσαν να καλύπτουν ολόκληρη την βορεινή πλευρά του θερμοκηπίου χωρίς ιδιαίτερο πρόβλημα στην φωτεινότητα ή την πιθανότητα σκίασης των φυτών και για μεγαλύτερη απόδοση μπορούν να θερμομονωθούν στην βορεινή τους πλευρά ώστε να περιορίζουν τις θερμικές

απώλειες τόσο του θερμοκηπίου, όσο και του αποθηκευμένου νερού. Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο θερμοκήπιο από νότια κατεύθυνση προσπίπτει στα βαρέλια (μαύρου χρώματος κατά προτίμηση), απορροφάται από το περιεχόμενο νερό αυξάνοντας την θερμοκρασία του και αποθηκεύεται. Αποδίδεται μάλιστα στον χώρο με φυσικές διαδικασίες κατά τις νυκτερινές ώρες ή όταν παρουσιασθεί ελλειμματική ενεργειακή περίοδος στο περιβάλλον του θερμοκηπίου οπότε η θερμοκρασία του περιβάλλοντος του θα είναι μικρότερη από αυτή του νερού.

Οι πλαστικές σακούλες τοποθετούνται στις άκρες των διαδρόμων που βρίσκονται ανάμεσα στις γραμμές φύτευσης και διευκολύνουν στην καλλιέργεια, το πότισμα, τη συγκομιδή, τη βοηθητική θέρμανση κ.λ.π. Πρόκειται για διαφανείς ανθεκτικές πλαστικές σακούλες που για τη μόνωση τους παρεμβάλλεται προς το έδαφος κάποιο μονωτικό υλικό (π.χ. φελιζόλ) που θα μπορούσε στην πάνω του πλευρά να έχει μαύρη επιφάνεια για να αυξηθεί η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Για να αποφευχθεί ο σκιασμός των αποθηκών θερμότητας είναι προτιμότερη η διάταξη των διαδρόμων καλλιέργειας κατά την διεύθυνση Βορράς - Νότος.

Οι αποθήκες νερού θα μπορούσαν βεβαίως να τοποθετηθούν στο υπέδαφος του θερμοκηπίου, αλλά γενικά είναι προβληματικές τέτοιες κατασκευές λόγω της δυσκολίας στην απαραίτητη συντήρησή τους. Επίσης θα μπορούσαν να τοποθετηθούν σε κάποιο πρόσφορο νεκρό σημείο εκτός του θερμοκηπίου (π.χ. στην βορεινή του πλευρά) αλλά δεν συνίσταται γιατί υπάρχει το πρόβλημα των απωλειών και η απαιτούμενη θερμομόνωση έχει υψηλό κόστος. Δε θα πρέπει να διαφεύγει της προσοχής ότι το μέσο αποθήκευσης (νερό) εργάζεται σε χαμηλές θερμοκρασίες και κάθε θερμική απώλεια το καθιστά ανώφελο.

Σε εξεζητημένες περιπτώσεις, το νερό, μπορεί να κυκλοφορεί στο διπλό κέλυφος του καλύμματος του θερμοκηπίου, από όπου αφού θερμανθεί αποθηκεύεται σε κάποια δεξαμενή από όπου ανακτάται με σωληνώσεις πάνω στο έδαφος ή ακόμα και από το ίδιο το διπλό κέλυφος. Για να μειωθούν οι θερμικές απώλειες από την αποθήκη θερμότητας συνήθως κατασκευάζονται δύο δεξαμενές, μια μικρή και μια μεγαλύτερη. Όταν φορτιστεί σε ικανοποιητικό σημείο η μικρή αποθήκη, τότε το θερμό νερό μεταφέρεται και ακολούθως επαναφορτίζεται η μικρή αποθήκη.

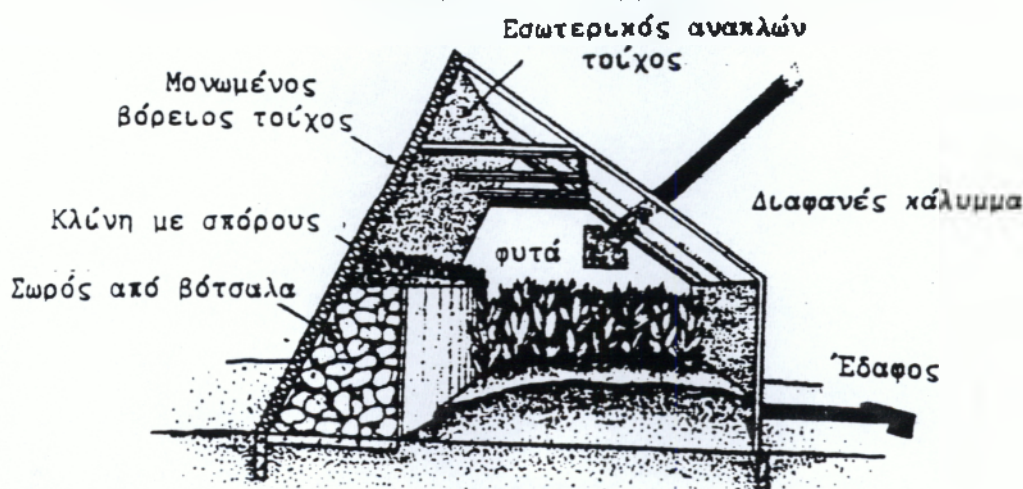
Βόρειος αποθηκευτικός Τοίχος

Άλλος τρόπος παθητικής θέρμανσης ενός θερμοκηπίου είναι η κατασκευή ενός βόρειου αποθηκευτικού τοίχου. Πρόκειται για έναν συμπαγή τοίχο που αντικαθιστά το διαφανές κάλυμμα της βόρειας πλευράς του θερμοκηπίου. Συνήθως χρησιμοποιούνται τσιμεντόλιθοι οι οποίοι γεμίζονται με μπετόν και εσωτερικά προς το θερμοκήπιο σοβαντίζονται και βάφονται με μαύρο χρώμα, ενώ προς την εξωτερική τους πλευρά θερμομονώνονται π. χ. με φελιζόλ, πολυουρεθάνη, υαλοβάμβακα κλπ.

Μπορεί να δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα υπερθέρμανσης κατά την διάρκεια του καλοκαιριού που όμως λύνεται με απογευματινό ψεκασμό του τοίχου, οπότε απάγεται η αποθηκευμένη θερμότητα και δεν επιβαρύνεται το περιβάλλον του θερμοκηπίου με επιπλέον ακτινοβολία από τον τοίχο. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται κάποιος πρόσθετος δροσισμός, αφού βεβαίως έχει ψεκασθεί το κάλυμμα του θερμοκηπίου με στόκο ή ασβέστη κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.

Η λειτουργία του συστήματος είναι καθαρά παθητικός και βασίζεται στην απορρόφηση θερμότητας με ακτινοβολία και μεταφορά από τον τοίχο κατά την διάρκεια της ημέρας, όταν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία και η θερμοκρασία του θερμοκηπίου είναι μεγαλύτερη του τοίχου. Αντίστροφα κατά την διάρκεια της νύκτας αποφορτίζεται ο τοίχος προς όφελος του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου. Επιπλέον υπάρχει πρόσθετο κέρδος από την μείωση των απωλειών του θερμοκηπίου προς την μονωμένη βορεινή του πλευρά, που είναι και ο δυσμενέστερος θερμικά προσανατολισμός.

Με την χρήση του βόρειου αποθηκευτικού τοίχου, ενώ δεν μειώνεται σημαντικά η φωτιστική στάθμη, γίνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10%, ενώ παράλληλα δεν επιβαρύνεται υπερβολικά το συνολικό κόστος του



Εικόνα 10 Βορεινός αποθηκευτικός τοίχος

Διφασικά Υλικά

Διφασικά ή Υλικά Αλλαγής Φάσης λέγονται τα υλικά που σε συνήθεις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος βρίσκονται σε στερεά κατάσταση και εάν ζεσταθούν αλλάζουν φάση στην υγρή κατάσταση. Τέτοια υλικά είναι οι Παραφίνες, ο Χλιαρόλιθος κλπ. Αυτή η συγκεκριμένη ιδιότητα χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της θερμότητας σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπως είναι οι περισσότερες ηλιακές εφαρμογές. Συγκεκριμένα, ένα διφασικό υλικό σε στερεά κατάσταση είναι αποφορτισμένο από θερμότητα. Όταν θερμαίνεται δεν αυξάνει η θερμοκρασία του, αλλά αλλάζει φάση (λιώνει). Η θερμότητα που αποθηκεύει χωρίς να αυξηθεί η θερμοκρασία του, λέγεται λανθάνουσα θερμότητα. Η ιδιότητα αυτή είναι χρήσιμη για την αποθήκευση της θερμότητας γιατί όπως είναι γνωστό, οι απώλειες μιας αποθήκης θερμότητας αυξάνουν όσο μεγαλώνει η θερμοκρασία της αποθήκης με την συγκεκριμένη μόνωση.

Δηλαδή όσο μεγαλώνει η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο σημείων, τόσο αυξάνει ο ρυθμός της ροής της θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σημείο. Ο Χλιαρόλιθος ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) με θερμοκρασία τήξεως τους 25°C έχει λανθάνουσα θερμότητα 37.000 Kcal ανά κυβικό μέτρο. Πράγμα που σημαίνει ότι σε 1m^3 Χλιαρόλιθου μπορούν να αποθηκευθούν 37.000 Kcal χωρίς να αυξηθεί η θερμοκρασία του πάνω από τους 25°C . Το μεγάλο πρόβλημα με αυτού του τύπου τις αποθήκες θερμότητας είναι ότι κατά την αποφόρτιση της ψύχονται αρχικά τα εξωτερικά της στρώματα τα οποία στερεοποιούνται με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση της μέχρι την πλήρη αποφόρτιση της. Για τον λόγο αυτό συσκευάζονται σε λεπτές σακούλες (σαν λεπτό σαλάμι) για να μπορούν να αποφορτιστούν μέχρι το κέντρο τους χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία. Άλλη πιο προωθημένη κατασκευή είναι αυτή με τον περιστρεφόμενο εναλλάκτη, όπου το διφασικό υλικό τοποθετείται σε μια αποθήκη σαν βαρέλι και φορτίζεται από έναν περιστρεφόμενο εναλλάκτη. Με τον τρόπο αυτό, στερεοποιείται μεν το υλικό που εφάπτεται στον εναλλάκτη, αλλά με την περιστροφή του εναλλάκτη αποκολλάται και αναμιγνύεται με το υπόλοιπο υλικό μέχρι την πλήρη στερεοποίηση του.

Το δεύτερο μεγάλο τους πρόβλημα είναι το ότι χάνουν την ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας μετά από 2 έως 3 χρόνια, οπότε πρέπει να αντικαθίστανται με αρκετά σημαντικό κόστος. Επίσης σημαντικό είναι και το κόστος κατασκευής της ίδιας της αποθήκης γιατί είναι αρκετά υψηλής

τεχνολογίας και μεγάλου μεγέθους, οπότε δημιουργείται άλλο πρόβλημα για τον χώρο τοποθέτησης της.

3.9.8 Παθητική Γεωμετρία Κατασκευής

Η Παθητική γεωμετρία κατασκευής του θερμοκηπίου αναφέρεται στην ειδική μελέτη και κατασκευή του έτσι ώστε να μεγιστοποιούνται τα ηλιακά κέρδη του. Παράλληλα πρέπει να λαμβάνεται ειδική μέριμνα για να μειώνονται οι θερμικές απώλειες από το κέλυφος του θερμοκηπίου. Πρέπει δηλαδή να λαμβάνονται υπ' όψη οι τοπικές κλιματολογικές συνθήκες (μικροκλίμα) για να σχεδιασθεί σωστά το θερμοκήπιο και να προδιαγραφούν λεπτομερώς οι εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας του. Στην κατηγορία αυτή θα μπορούσε να αναφερθεί και η χρήση ανακλαστήρων για την αύξηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Πρέπει να τονιστεί ότι δεν είναι υποχρεωτικό να χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα οι παραπάνω τρόποι παθητικής θέρμανσης, θα μπορούσαν να συνδυαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να χρησιμοποιηθούν και όλοι μαζί. Βασική βέβαια προϋπόθεση είναι να μην αναιρούνται οι λειτουργίες μεταξύ τους.

Ακόμα θα μπορούσαν να συνδυαστούν με ενεργητικές ηλιακές τεχνολογίες, με γεωθερμία κ.λ.π.

Πάντα όμως θα πρέπει να υπάρχει και ένα μικρό ποσοστό θερμικής κάλυψης από κάποιο συμβατικό σύστημα θέρμανσης για την μικρή πιθανότητα να μην μπορεί να δουλέψει κανένα από τα άλλα συστήματα εκμετάλλευσης των ήπιων μορφών ενέργειας

3.10 Φωτοβολταϊκά συστήματα

3.10.1 Αρχή φωτοβολταϊκού στοιχείου

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι διατάξεις ημιαγωγίμων υλικών που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.

Υλικό

Το πλέον συνηθισμένο φωτοβολταϊκό στοιχείο γίνεται από το πυρίτιο (Si), στοιχείο αρκετά διαδεδομένο υπό τη μορφή της άμμου, όπου ακολουθώντας διάφορα στάδια επεξεργασίας καταλήγει σε μια μορφή μονοκρυσταλλικού Si μεγάλου βαθμού καθαρότητας.

Η λειτουργία του, βασίζεται στις ηλεκτρονικές ιδιότητες που απαιτούνται από το Si όταν ξένα προς αυτό άτομα (προσμίξεις) εγκαθίστανται στο κρυσταλλικό πλέγμα (doping) αυτού.

- Εάν το άτομο του υλικού της πρόσμιξης περιέχει περισσότερα ηλεκτρόνια (e) από το άτομο πυριτίου, το υλικό θα περιέχει ελεύθερα ηλεκτρόνια σε περίσσεια: θα είναι «τύπου n», δότης (π.χ. Si νοθευμένο με P)
- Εάν αντιθέτως το άτομο του υλικού της πρόσμιξης περιέχει λιγότερα e από το άτομο Si το υλικό θα παρουσιάζει έλλειμμα e οι προσμίξεις αυτές είναι «τύπου p», γνωστές ως αποδέκτες, (π.χ. Si νοθευμένο με B).

3.10.2 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι συνέπεια της αλληλεπίδρασης του φωτός με τα άτομα ενός στερεού. Γι' αυτή την αλληλεπίδραση το φως θεωρείται αποτελούμενο από στοιχειώδη σωματίδια, τα φωτόνια, των οποίων η ενέργεια μεταβάλλεται με το μήκος κύματος σύμφωνα με το νόμο:

$$E=h \cdot c/\lambda$$

E= ενέργεια σε joules (J)

h= σταθερά Planck : 6.62×10^{-34} JS

$c =$ ταχύτητα του φωτός : 3×10^8 m/sec

$\lambda =$ μήκος κύματος (m)

Ένα φωτόνιο αρκετής ενέργειας που προσκρούει ένα άτομο μπορεί να απελευθερώσει ένα e^- και να του μεταδώσει κάποια ταχύτητα. Αν δεν ληφθεί καμία προφύλαξη ειδική, τα δημιουργηθέντα ηλεκτρικά φορτία έχουν κάθε τύχη να ανασυζευχθούν.

Η πραγματοποίηση ενός ηλιακού κυττάρου συνίσταται στην κατασκευή μιας επαφής δύο ζωνών αντίθετων τύπων (επαφή p-n). Στη γειτονιά της επαφής εμφανίζεται ένα ηλεκτρικό πεδίο το οποίο διατηρεί το χωρισμό των θετικών και αρνητικών φορτίων. Το ελεύθερο ηλεκτρόνιο θα επιταχυνθεί από ηλεκτρικό πεδίο και θα φτάσει στη ζώνη τύπου «n», το ίδιο και το θετικό φορτίο θα διαδοθεί προς τη ζώνη τύπου «p». Έτσι μια ηλεκτρική τάση εμφανίζεται μεταξύ των δύο πλευρών της επαφής οι οποίες συνδεόμενες δια ενός εξωτερικού κυκλώματος επιτρέπουν την διέλευση ρεύματος δι' αυτού. Επομένως η ενέργεια των φωτονίων μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Απόδοση

Η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου είναι ο λόγος μεταξύ της αποδιδόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και της ηλιακής ενέργειας της λαμβανόμενης από το σύνολο της επιφάνειας του.

Όλη η λαμβανόμενη ενέργεια του ηλιακού φωτονίου δεν μετατρέπεται σε ηλεκτρική διότι:

- μερικά φωτόνια ανακλώνται
- μερικά φωτόνια δεν έχουν αρκετή ενέργεια τόση ώστε να ελευθερώσουν ένα ηλεκτρόνιο
- μόνο τα φωτόνια ικανής ενέργειας απορροφώνται και δημιουργούν ζεύγη ηλεκτρονίων - οπών.

Η περίσσεια ενέργειας αυτών μεταβιβάζεται σαν κινητική ενέργεια, την οποία χάνουν εύκολα και αποδίδεται υπό μορφή θερμότητας.

- αρκετά από τα δημιουργούμενα ηλεκτρόνια συναντούν θετικά φορτία και ανασυνδέονται.

Τα διάφορα αυτά φαινόμενα περιορίζουν την απόδοση σε 22% για το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Πρακτικά, τα χρησιμοποιούμενα φωτοβολταϊκά

στοιχεία, βελτιστοποιημένα του κόστους, έχουν απόδοση της τάξεως 12 έως 14%.

Συλλογή ρεύματος

Η συλλογή του ρεύματος φωτοβολταϊκής μετατροπής, δηλ. η ανάκτηση των ηλεκτρικών φορτίων που διέσχισαν την επαφή, γίνεται στην εμπρός και πίσω επιφάνεια.

- Η εμπρός επιφάνεια συνίσταται από ένα πλέγμα που επιτρέπει τη συλλογή των αρνητικών φορτίων αφήνοντας να περάσει το φως (αρνητικός πόλος).

- Η πίσω επιφάνεια είναι εξ' ολοκλήρου καλυμμένη από μία μεταλλική επαφή που συλλέγει τα θετικά φορτία (θετικός πόλος).

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο έχει επιφάνεια ορισμένων m^2 , δίδει δε ηλεκτρική ενέργεια σε συνεχές ρεύμα δια μέσου των δύο καλωδίων σύνδεσης.

3.10.3 Τεχνολογία Φωτοβολταϊκών στοιχείων

Στοιχεία μονοκρυσταλλικού Si (Si-mono)

Τα φωτοβολταϊκά από μονοκρυσταλλικό Si καταλαμβάνουν σήμερα ένα μεγάλο μέρος της παγκόσμιας παραγωγής. Στο κρυσταλλικό πυρίτιο τα άτομα είναι τοποθετημένα σε ορισμένη κανονική δομή που επαναλαμβάνεται σε όλο το στερεό. Αυτό είναι συνέπεια κατά κύριο λόγο της χρησιμοποίησης του μονοκρυσταλλικού πυρίτιου σαν υλικού βάσης στην ηλεκτρονική.

Η τεχνολογική διαδικασία η οποία ακολουθείται στην πράξη για την κατασκευή τέτοιου τύπου ηλιακών κυττάρων περιλαμβάνει γενικότερα :

- Την κατασκευή των μονοκρυσταλλικών πλακών
- Την κατασκευή της φωτοβολταϊκής δομής ή δομής συλλογής του φωτοδημιουργούμενου ρεύματος.
- Την επιμετάλλωση (δημιουργία επαφών)
- Την επίθεση αντανεκλαστικού στρώματος

Αυτή η διαδικασία είναι αρκετά δαπανηρή και οδηγεί σε υψηλού κόστους φωτοβολταϊκά στοιχεία

Στοιχεία πολυκρυσταλλικού Si

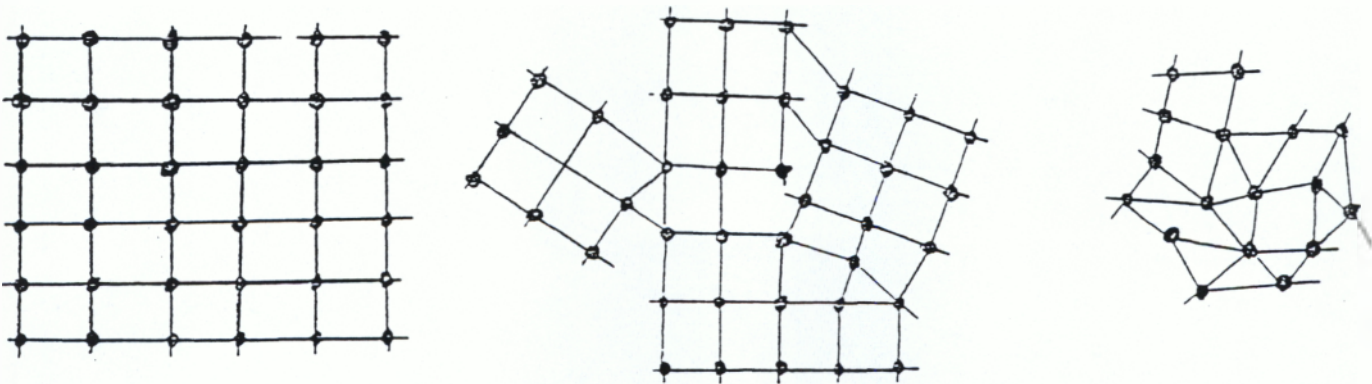
Ηλιακά κύτταρα μπορούν να κατασκευασθούν από ράβδους που έχουν παραχθεί ψύχοντας κατά ελεγχόμενο τρόπο το λιωμένο πυρίτιο. Στο πολυκρυσταλλικό πυρίτιο η κρυσταλλική δομή δεν είναι ίδια σε όλο το στερεό αλλά παίρνει διαφορετικό προσανατολισμό σε διάφορες περιοχές του στερεού που χωρίζονται μεταξύ τους σε συγκεκριμένες νοητές γραμμές.

Η μορφή τους αποδεικνύει την ύπαρξη κρυστάλλου διαστάσεων μερικών χιλιοστών και η μέθοδος αυτή είναι πιο φτηνή από εκείνη της ανάπτυξης μονοκρυστάλλων. Συντελεστής απόδοσης αν και υπερβαίνει το 10% σήμερα, ακόμα παραμένει αρκετά χαμηλότερος του συντελεστή απόδοσης του μονοκρυσταλλικού Si.

Στοιχεία άμορφου Si

Ακόμη και άμορφο πυρίτιο, μη κρυσταλλικό υλικό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φωτοβολταϊκά. Το άμορφο πυρίτιο είναι καθαρό πυρίτιο χωρίς κρυσταλλική δομή. Τα άτομα του πυριτίου στο στερεό είναι τυχαία τοποθετημένα και η δομή του είναι εντελώς ακανόνιστη. Επειδή αποφεύγεται η κρυσταλλοποίηση, τα στοιχεία από άμορφο πυρίτιο είναι πολύ φθηνά στην κατασκευή τους.

Οι αποδόσεις τους όμως είναι μικρές, περίπου 5 - 9%.



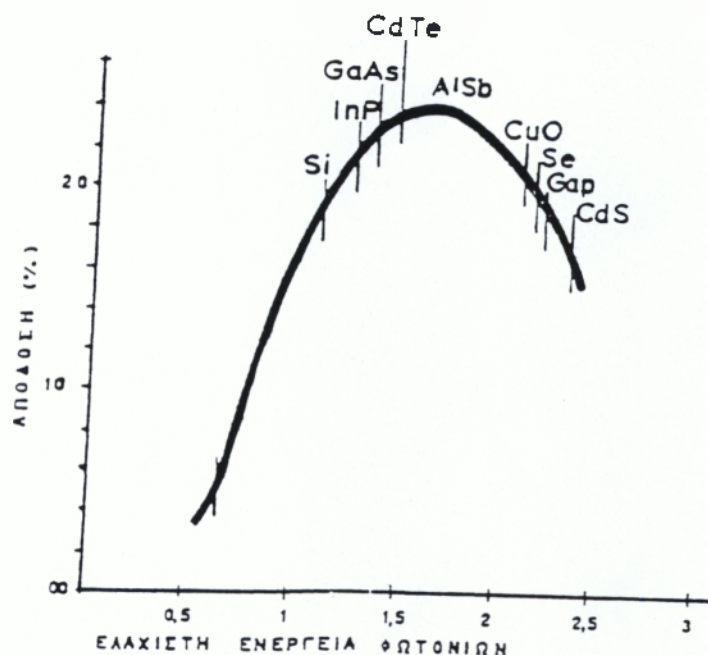
Σχήμα 11 Μορφές πυριτίου α) κρυσταλλικό β) πολυκρυσταλλικό και γ) άμορφο

3.10.4 Ισχύς Φωτοβολταϊκών στοιχείων

Η ισχύς που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι περίπου 16% της ισχύς 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 παραπροϊόντα της ψύξης).

Οι παραπάνω αποδόσεις επιτυγχάνονται με μονοκρυσταλλικά στοιχεία, που δυστυχώς όμως είναι πολύ ακριβά. Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία έχουν απόδοση μειωμένη κατά 75% αλλά το κόστος τους είναι χαμηλότερο κατά 65%. Η τεχνολογία όμως των φωτοβολταϊκών στοιχείων εξελίσσεται ραγδαία και υπόσχεται ότι σύντομα το κόστος θα υποδεκαπλασιασθεί. Το θειούχο Κάδμιο (CdS) είναι ένα υλικό που υπόσχεται πολλά. Άλλοι ημιαγωγοί που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι: Ge, GaAs, GdTe και άλλα.



Σχήμα 12. Απόδοση φωτοβολταϊκών στοιχείων

3.10.5 Αρχές Λειτουργίας ενός Αυτόνομου Φ/Β Συστήματος

Γενική Περιγραφή Συστήματος

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τα επί μέρους εκείνα τμήματα που είναι απαραίτητα για την παροχή ισχύος σ' ένα συγκεκριμένο ηλεκτρικό φορτίο. Τα Φ/Β συστήματα χωρίζονται στα αυτόνομα και μη αυτόνομα συστήματα.

Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα ορίζεται ως εκείνο το σύστημα που δεν είναι συνδεδεμένο με άλλες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος. Ένα αυτόνομο Φ/Β σύστημα περιλαμβάνει απαραίτητα τα εξής μέρη:

- φωτοβολταϊκά πλαίσια
- σύστημα ελέγχου και ρυθμίσεων
- μπαταρίες αποθήκευσης (συσσωρευτές)

Οι μπαταρίες αποθήκευσης φορτίζονται από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια και εκφορτίζονται από το φορτίο. Η ενέργεια προς ή από τους συσσωρευτές είναι θετική κατά τη διάρκεια της φόρτισης και αρνητική κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης.

Επιπλέον, ένα ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας χάνεται εξαιτίας των εσωτερικών απωλειών του συστήματος.

Συσσωρευτές

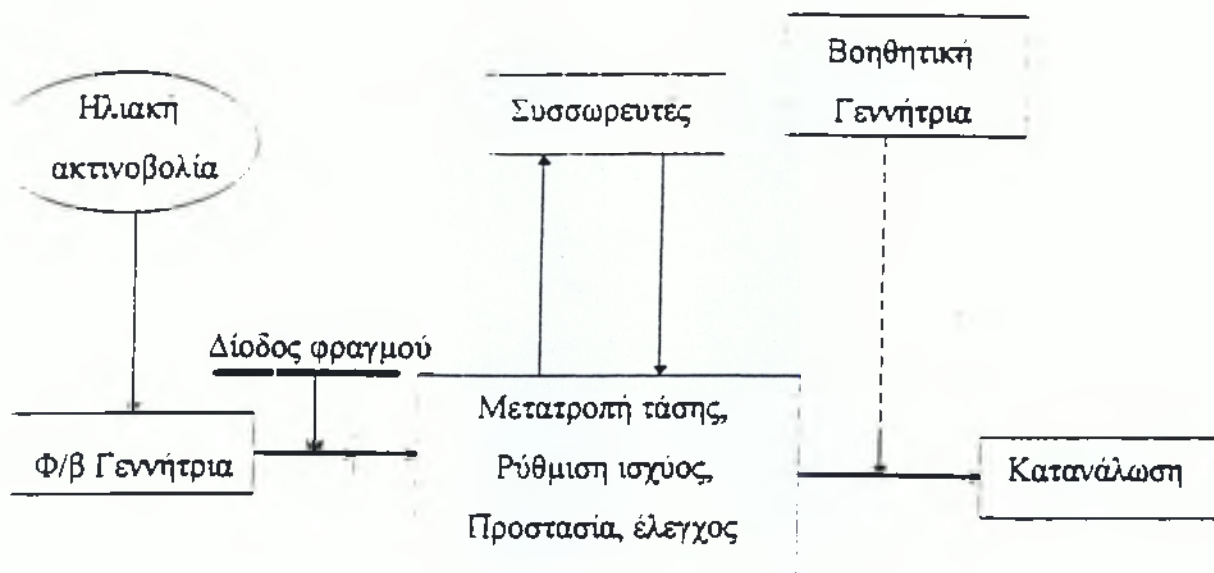
Ένα αξιόπιστο σύστημα πρέπει να παρέχει επαρκή ηλεκτρική ενέργεια για την ικανοποίηση της ζήτησης και στα χρονικά διαστήματα που δεν υπάρχει αντίστοιχη ηλιακή ακτινοβολία. Προφανώς, εννοούμε κυρίως τις νυχτερινές ώρες, τις συννεφιασμένες ημέρες και τις χρονικές αιχμές της κατανάλωσης.

Τα Φ/Β συστήματα που είναι συνδεδεμένα με κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής, αντλούν από αυτά την απαιτούμενη συμπληρωματική ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης διοχετεύουν προς τα δίκτυα την ενδεχόμενη περίσσεια της παραγόμενης φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας, όταν υπερβαίνει την κατανάλωση του συστήματος. Όμως, τα απομονωμένα αυτόνομα Φ/Β συστήματα δεν έχουν αυτή τη δυνατότητα ενεργειακής ανταλλαγής. Επομένως, χρειάζεται να αποθηκεύουν μια ποσότητα από την περίσσεια της ηλεκτρικής τους παραγωγής, ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή της Φ/Β γεννήτριας. Ως προς την άλλη απαίτηση, δηλαδή την απαλλαγή του συστήματος από την περίσσεια της παραγόμενης φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας, πέρα από τη ζήτηση της κατανάλωσης και τη δυνατότητα της αποθήκευσης, αυτή αναγκαστικά αντιμετωπίζεται με τη διοχέτευση της στη γη ή σε ηλεκτρικές αντιστάσεις.

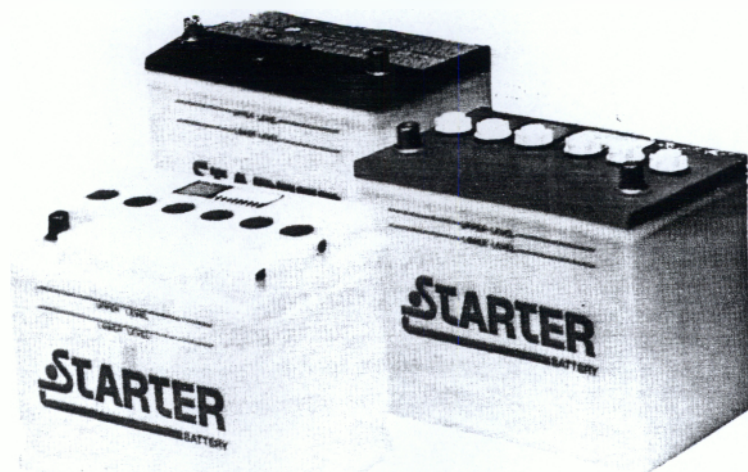
Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να προνοείται να αποθηκεύεται, εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και απαιτήσεις, και κυρίως το μέγιστο πλήθος των πιθανών συνεχών ημερών συννεφιάς, τις αιχμές της

κατανάλωσης και τον βαθμό αξιοπιστίας που θα πρέπει να παρουσιάζει το σύστημα, σε συνδυασμό με την ύπαρξη ή όχι βοηθητικών ενεργειακών πηγών. Συνήθως, από τα αυτόνομα Φ/Β συστήματα ζητείται να εξασφαλίζουν μια αυτοδυναμία τουλάχιστον 3 ως 10 ημερών περίπου.

Σε ειδικές περιπτώσεις, η φωτοβολταϊκή ενέργεια μπορεί, με νέα μετατροπή, να αποθηκεύει σε ηλεκτρική μορφή. Π.χ. να κινήσει ηλεκτρικές αντλίες που μεταφέρουν νερό σε υπερυψωμένες δεξαμενές, από όπου στη συνέχεια, με την πτώση του νερού, παράγεται πάλι ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών. Επίσης μπορεί να ηλεκτρολύσει νερό και παράγει υδρογόνο, το οποίο αποθηκεύεται σε αεριοφυλάκια και χρησιμοποιείται στη συνέχεια ως καύσιμο σε μικρούς θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Συνήθως, όμως η αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στα αυτόνομα Φ/Β συστήματα γίνεται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές.



Σχήμα 13. Παράδειγμα γενικού διαγράμματος ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος

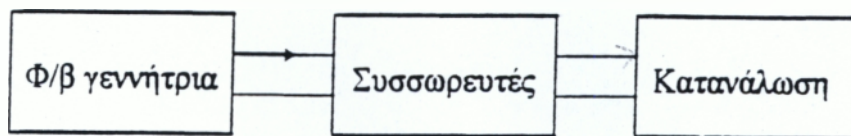


ΕΙΚ.4 Συσσωρευτές

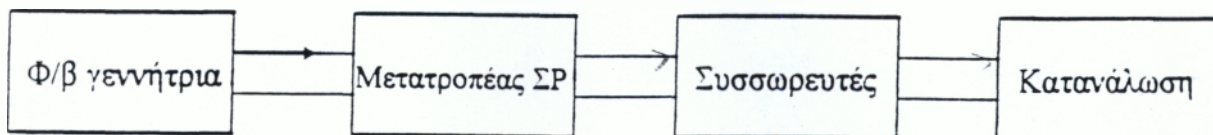
Σύστημα Ελέγχου και Ρυθμίσεων

Η καλή λειτουργία και η αυξημένη απόδοση των Φ/Β συστημάτων υποβοηθείται συχνά με τη χρησιμοποίηση ειδικών διατάξεων, συνήθως ηλεκτρονικών ισχύος, που επεξεργάζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η φωτοβολταϊκή γεννήτρια.

Η τάση φόρτισης των συσσωρευτών μπορεί να ανεξαρτητοποιηθεί εντελώς από την τάση εξόδου της Φ/Β γεννήτριας, με την παρεμβολή ενός μετατροπέα συνεχούς ρεύματος. Ο μετατροπέας αυτός παραλαμβάνει την τάση που δίνει η Φ/Β γεννήτρια, που είναι αναγκαστικά ασταθής λόγω των διακυμάνσεων της ηλιακής ακτινοβολίας, τη μετατρέπει στην ευνοϊκή τάση για τη φόρτιση των συσσωρευτών και τη σταθεροποιεί, ώστε να εξασφαλίζονται οι βέλτιστες συνθήκες φόρτισης.



(α)



(β)

Σχήμα 14. Απλοποιημένα διαγράμματα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος α) χωρίς ρυθμιστή τάσης β) με ρυθμιστή για τη φόρτιση των συσσωρευτών στη βέλτιστη τάση. Και στις δύο περιπτώσεις προβλέπεται η τοποθέτηση μιας προστατευτικής διόδου για την αποφυγή της εκφόρτισης των συσσωρευτών διαμέσου της Φ/Β γεννήτριας, αν μειωθεί σημαντικά η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, όταν οι συσσωρευτές του συστήματος φορτιστούν πλήρως, η περίσσεια του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται στη Φ/Β γεννήτρια διοχετεύεται από τον ρυθμιστή προς κατάλληλες αντιστάσεις ή προς τη γη, και έτσι προστατεύονται οι συσσωρευτές από τους κινδύνους της υπερφόρτισης

Εκτός από τον ρυθμιστή τάσης, τα Φ/Β συστήματα μπορούν να περιέχουν και άλλες ηλεκτρονικές διατάξεις, όπως είναι οι ρυθμιστές ισχύος, γνωστοί με τη

συντομογραφία MPPT (από την αγγλική έκφραση maximum power point trackers, δηλαδή διατάξεις παρακολούθησης του σημείου της μέγιστης ισχύος). Ο προορισμός τους είναι να επιδιώκουν τη λειτουργία της Φ/Β γεννήτριας στο σημείο της καμπύλης τάσης - έντασης που αντιστοιχεί στη μέγιστη απόδοση, όσο επιτρέπει ο συντελεστής πλήρωσης (FF). Στη συνέχεια, με τον μετατροπέα τάσης, η τάση εξόδου της Φ/Β γεννήτριας μετατρέπεται στην απαιτούμενη για τη φόρτιση των συσσωρευτών του συστήματος. Πάντως, το κόστος των διατάξεων αυτών είναι σημαντικό, και έτσι, συνήθως παραλείπονται στα σχετικά μικρής ισχύος Φ/Β συστήματα.

Τέλος, στην έξοδο των Φ/Β συστημάτων παρεμβάλλεται συχνά ένας αναστροφέας, που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα της Φ/Β γεννήτριας και των συσσωρευτών σε εναλλασσόμενο, αν αυτό εξυπηρετεί καλύτερα το δίκτυο της τοπικής κατανάλωσης. Κύρια κίνητρα για την προτίμηση της εναλλασσόμενης τάσης, και την τοποθέτηση μεταλλακτών και μετασχηματιστών, είναι ότι οι ηλεκτρικές συσκευές του εμπορίου είναι συνήθως κατασκευασμένες για εναλλασσόμενο ρεύμα και έχουν μικρότερο κόστος από τις αντίστοιχες του συνεχούς ρεύματος. Επίσης, η ανύψωση της τάσης, που γίνεται συγχρόνως με τη μετατροπή της από συνεχή σε εναλλασσόμενη, συνεπάγεται μείωση των απωλειών στους αγωγούς του δικτύου. Σημειώνεται, πάντως, ότι και η λειτουργία των παραπάνω διατάξεων συνοδεύεται με συχνά αξιόλογες απώλειες, π.χ. ο συντελεστής απόδοσης των διαφόρων ηλεκτρονικών ισχύος που αναφέραμε είναι συνήθως περίπου 90-95 %, εφόσον λειτουργούν κοντά στην ονομαστική τους ισχύ, αλλά γίνεται πολύ μικρότερος όταν η ισχύς είναι μειωμένη.

3.10.6 Εφαρμογές

Ανάλογα με τη χρήση του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος, τα φωτοβολταϊκά συστήματα κατατάσσονται σε:

- ♦ Αυτόνομα, όπου η παραγόμενη ενέργεια καταναλώνεται εξολοκλήρου από το χρήστη. Αυτά διαθέτουν συνήθως και σύστημα αποθήκευσής της.
- ♦ Συνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο της περιοχής, όπου τυχόν πλεονάζουσα παραγόμενη ενέργεια, ή το σύνολο αυτής διοχετεύεται στο δίκτυο.

Σήμερα, τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται σε πάρα πολλές εφαρμογές και μπορούν να εξυπηρετούν τα πλέον απαιτητικά φορτία χωρίς κανένα πρόβλημα.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία τα ξεχωρίζουν από τα συμβατικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και από αντίστοιχες εφαρμογές των άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι ότι αυτά:

- Παράγουν απευθείας ηλεκτρικό ρεύμα.
- Μπορούν να ενσωματωθούν στην αρχιτεκτονική ενός κτιρίου και να χρησιμοποιηθούν ως δομικά στοιχεία του.
- Έχουν αθόρυβη λειτουργία.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία, χωρίς μάλιστα να εμφανίζουν απαιτήσεις συντήρησης.

Ως μειονέκτημα για τη χρήση των συστημάτων αυτών σε ευρεία κλίμακα θεωρείται το κόστος της παραγόμενης ενέργειας, έναντι αυτής που παράγεται από συμβατικές πηγές. Καθώς, όμως, βελτιώνεται η απόδοση τους και αυξάνει ο όγκος παραγωγής τους, το κόστος τους μειώνεται διαρκώς.

Η ευελιξία που προσφέρουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα στη χρήση τους έχει οδηγήσει στην εφαρμογή τους εκεί όπου είναι ασύμφορο, δύσκολο ή αδύνατο να μεταφερθεί ηλεκτρικό ρεύμα από το υπάρχον δίκτυο. Πέρα από τις εφαρμογές τους σε δυσπρόσιτες περιοχές, π.χ. σε ορεινές κατοικίες, κατοικίες σε μικρά νησιά και βραχονησίδες ή σε πλωτούς φάρους, φωτοβολταϊκά συστήματα μικρού μεγέθους χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία τηλεφωνικών θαλάμων, μηχανημάτων εκδόσεως εισιτηρίων, ηλεκτρονικών πινακίδων πληροφοριών και σηματοδοτών, καθώς και για το φωτισμό οδών και εξωτερικών χώρων γενικότερα.

Υπάρχουν βέβαια και μεγαλύτερες εγκαταστάσεις που εξυπηρετούν τις ανάγκες μικρών οικισμών, ξενοδοχείων ή σχολείων. Η πρώτη μεγάλη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων που κατασκευάστηκε στη χώρα μας (από τη ΔΕΗ), είναι το Φωτοβολταϊκό Πάρκο της Κύθνου, το οποίο λειτουργεί σε συνδυασμό με το επίσης εγκατεστημένο στο νησί Αιολικό Πάρκο, καθώς και με τον υπάρχοντα συμβατικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο, το οποίο έχει μέγιστη δυνατότητα εξόδου 100 KW, τροφοδοτεί το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο μειώνοντας με τον τρόπο αυτό την ποσότητα ενέργειας που παράγεται από

συμβατικά καύσιμα. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια συνδέονται με το τοπικό ηλεκτρικό-δίκτυο μέσω ειδικού αναστροφέα, με τον οποίο επιτυγχάνεται επιπλέον η ασφαλής και αποδοτική διείσδυση τους στο δίκτυο

Αν και οι μεγαλύτερου μεγέθους εγκαταστάσεις αυτού του είδους δεν είναι ακόμα οικονομικά ανταγωνιστικές, η διαρκής πρόοδος της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών στοιχείων τα καθιστά ολοένα και πιο συμφέροντα. Με την πάροδο του χρόνου, η αύξηση της απόδοσης και ο ταυτόχρονος περιορισμός του κόστους κατασκευής τους έχουν συντελέσει στο να περάσουν οι εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων από τις εξειδικευμένες εφαρμογές, όπου η χρήση τους σ' αυτές είναι απαραίτητη λόγω έλλειψης εναλλακτικής πηγής ενέργειας, σε πιο γενικές. Η ευρύτερη διάδοση των συστημάτων αυτών, όπως και όλων των άλλων συστημάτων εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αναμένεται ότι θα συνεισφέρει σημαντικά στην προσπάθεια που καταβάλλεται παγκοσμίως αφ' ενός για την εξοικονόμηση των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων και αφ' ετέρου για την προστασία του περιβάλλοντος, μέσω του περιορισμού των εκπεμπόμενων προς αυτό ρύπων.

3.10.7 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία

Το παρόν και το μέλλον της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας

Ο μεγαλύτερος φωτοβολταϊκός σταθμός, ισχύος 1 MW, βρίσκεται στη Βικτροβίλ της Καλιφόρνιας και λειτουργεί με επιτυχία από το 1983, τροφοδοτώντας το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο.

Άλλοι μικρότεροι φωτοβολταϊκοί σταθμοί υπάρχουν επίσης σε δεκάδες αναπτυσσόμενες ή αναπτυσσόμενες χώρες.

Στην Ελλάδα, που λόγω της ευνοϊκής γεωγραφικής θέσης και του κλ ματος, ιδίως στις νοτιότερες περιοχές της, δέχεται αρκετά σημαντική ηλιακή ακτινοβολία (περίπου 4600 MJ/m^2 ετησίως, κατά μέσο όρο, σε σύγκριση με 8000 MJ/m^2 τροπικές και 2200 MJ/m^2 κοντά στις αρκτικές περιοχές), έχουν ήδη κατασκευασθεί από το 1982 δύο σχετικά μεγάλοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί. Ο πρώτος, ισχύος 50 kW είναι στην Αγία Ρούμελη της Κρήτης και ο δεύτερος, ισχύος 100 kW, είναι στην Κύθνο.

Τρεις ακόμη σταθμοί, μικρότερης ισχύος, έχουν κατασκευαστεί στα νησιά Γαύδος, Αντικύθηρα και Αρκοί, με τη χρηματοδότηση της ΔΕΗ και της ΕΟΚ, και άλλοι βρ σκονται στο στάδιο της μελέτης

Υπάρχουν επίσης αρκετές άλλες, περίπου 100 φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις που ηλεκτροδοτούν φάρους, τηλεπικοινωνιακούς αναμεταδότες απομονωμένες κατοικίες, αντλητικά συγκροτήματα, σκάφη αναψυχής, συσκευές σεισμικής πρόγνωσης κλπ.

Έτσι, η συνολική ισχύς αιχμής των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα φτάνει περίπου τα 200 MW. Τα περιθώρια παραπέρα διάδοσης των φωτοβολταϊκών εφαρμογών, έστω και με το σημερινό υψηλό κόστος, είναι μεγάλα.

Ειδικότερα στην Ελλάδα, θα μπορούσαν να ηλεκτροδοτηθούν πολλοί από τους περίπου 1000 μικρούς οικισμούς, με συνολικό πληθυσμό 50.000 κατοίκων, που δεν έχουν ακόμα συνδεθεί με το δίκτυο της ΔΕΗ, καθώς και τις άλλες περίπου 50.000 κατοικίες, διάσπαρτες σε διάφορες περιοχές της χώρας, που είναι χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα φωτοβολταϊκής ηλεκτροδότησης πολλών από τα περίπου 6000 επαγγελματικά σκάφη και αναψυχής μήκους 8-15 m (στα μικρότερα δεν χρειάζονται διότι συνήθως δεν έχουν ηλεκτρικές συσκευές, ενώ τα μεγαλύτερα σκάφη είναι έτσι και αλλιώς εξοπλισμένα με νηξελογεννήτριες), τους 800 φάρους, τις 2000 σιδηροδρομικές διαβάσεις που δεν έχουν ηλεκτρική σήμανση.

Στον ακόλουθο πίνακα, δίνεται το κόστος (εξέλιξη χρονική) των στοιχείων πυριτίου και στο σχήμα 15 η παραγωγή τους (χρονική εξέλιξη) σε παγκόσμια κλίμακα. Παρατηρώντας το σχήμα βλέπουμε πόσο εντυπωσιακά αυξάνεται η εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β πλαισίων παγκοσμίως.

Πίνακας 2. Η εξέλιξη του κόστους των Φ/Β στοιχείων πυριτίου.

<i>Έτος</i>	<i>Κόστος ανά W</i>
1956	\$1,000
1960	400
1970	100
1975	40
1980	10
1985	6



Σχήμα 15 Χρονική εξέλιξη παγκόσμιας εγκατεστημένης Φ/Β ισχύος

Εφαρμογές των φωτοβολταϊκών Ηλιακών Συστημάτων

Οι πρώτες προσπάθειες διάθεσης στο εμπόριο φωτοβολταϊκών συστημάτων για γήινες εφαρμογές άρχισαν στα μέσα της δεκαετίας του 1950, όπως αναφέρει ο Macomber με κύριες κατευθύνσεις στην τροφοδοσία ραδιοφώνων, ακουστικών βαρηκοΐας, σημάτων κινδύνου, μηχανών για την αποκωδικοποίηση διάτρητων καρτών και ταινιών κ.τ.λ. Το κόστος τους όμως ήταν τόσο μεγάλο ώστε να μη μπορούν ν' ανταγωνιστούν τις συμβατικές πηγές ηλεκτρικής ισχύος. Έτσι, οι διαστημικές εφαρμογές κυριάρχησαν στην αγορά των φωτοβολταϊκών συστημάτων για κοινές εφαρμογές όπως στα παιχνίδια και ωρολόγια καθώς και εφαρμογές σε μικρούς και απομακρυσμένους τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς αναμετάδοσης, σε όργανα μετρήσεως περιβαντολλογικών παραμέτρων, σε συστήματα πλοήγησης, σε τηλεφωνικούς θαλάμους σ' εθνικούς δρόμους και σε συστήματα προστασίας από τη διαβρωση.

Οι Κυβερνήσεις των διαφόρων κρατών στην Ευρώπη, Βόρεια Αμερική και Απω Ανατολή άρχισαν το 1975 να παίρνουν στα σοβαρά τη φωτοβολταϊκή μετατροπή ως μία δυνατή πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, άρχισαν Κυβερνητικά προγράμματα στην Ιαπωνία, στη Γαλλία, στη Γερμανία, στη Βρετανία, στον Καναδά και στις Η.Π.Α. Η Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα (ΕΟΚ) άρχισε ένα πολυεθνικό πρόγραμμα στη φωτοβολταϊκή μετατροπή και Διεθνείς Οργανισμοί και Ινστιτούτα, όπως η Παγκόσμια Τράπεζα, τα Ηνωμένα Έθνη, το Ευρωπαϊκό Ταμείο Ανάπτυξης, άρχισαν να ενδιαφέρονται για τα

φωτοβολταϊκά συστήματα και ειδικότερα για εφαρμογές στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Εκτός από την ενίσχυση της έρευνας και τεχνολογίας, τα κυβερνητικά προγράμματα ενισχύουν επίσης ένα μεγάλο αριθμό επιδείξεων εφαρμογών. Οι κατηγορίες εφαρμογών που ενισχύονται εκτείνονται από αυτόνομα συστήματα μέχρι εφαρμογές σε κατοικίες και τώρα σε μικρούς κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος.

Στο μεταξύ η βιομηχανία αναπτύχθηκε σημαντικά από το 1973 εγκαθιστώντας χιλιάδες φωτοβολταϊκά συστήματα σ' όλον τον Κόσμο, κυρίως όμως για εφαρμογές μικρής ισχύος και σε απομακρυσμένες περιοχές. Τέτοιες εφαρμογές περιλαμβάνουν συστήματα προστασίας από τη διάβρωση, συστήματα πλοήγησης, συστήματα άντλησης νερού, τηλεπικοινωνιακά συστήματα, συστήματα ψύξης, συστήματα φωτισμού, συστήματα ασφαλείας και, πρόσφατα, μικρά συστήματα ηλεκτρικής ισχύος για απομακρυσμένες κατοικίες. Τώρα τελευταία, αρχίζει να αναπτύσσεται η αγορά για ηλιακά συστήματα για κατοικίες, τα οποία είναι συνδεδεμένα με το συνηθισμένο δίκτυο της πόλης καθώς και για εφαρμογές στην κατασκευαστική βιομηχανία.

Η ΕΟΚ έχει επιλέξει και ενισχύσει αυτήν τη στιγμή ένα σημαντικό αριθμό από προγράμματα για φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Έτσι λοιπόν, έχουμε τη φωτοβολταϊκή μονάδα 300 kW στο νησί Pellworm της Γερμανίας για την παροχή ηλεκτρικής ισχύος σ' ένα κέντρο διακοπών (Kurhaus). Επίσης έχουμε τη μονάδα 100 kW στην Κύθνο για την παροχή ηλεκτρικής ισχύος, καθώς και άλλες μονάδες στη χώρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ

4.1 Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας στη θέρμανση του θερμοκηπίου

Το θερμοκήπιο από την ίδια του την κατασκευή αποτελεί ένα παθητικό σύστημα συλλογής ηλιακής ενέργειας. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η ηλιακή ενέργεια που δέχεται στο εσωτερικό του το θερμοκήπιο κατά το μεγαλύτερο διάστημα του έτους είναι μεγαλύτερη από αυτήν που απαιτείται για να αποκτήσει την επιθυμητή θερμοκρασία στο χώρο του. Μερικές όμως ημέρες του χειμώνα, όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι σημαντικά χαμηλότερη από την επιθυμητή θερμοκρασία του αέρα στο θερμοκήπιο, συχνά συμβαίνει η ηλιακή ενέργεια που φθάνει στο εσωτερικό του θερμοκηπίου να μην αρκεί για να καλύψει πλήρως τις απώλειες του θερμοκηπίου σε θερμότητα.

Σ' αυτές τις περιπτώσεις, για να διατηρηθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στο χώρο του πρέπει να προστεθεί θερμότητα από κάποιο σύστημα θέρμανσης.

Τις νύχτες, που δεν υπάρχει καθόλου ηλιακή ακτινοβολία, σχεδόν όλη η θερμότητα που απαιτείται για να διατηρηθεί η θερμοκρασία στο χώρο του θερμοκηπίου στα επιθυμητά επίπεδα προέρχεται από κάποιο σύστημα θέρμανσης. Πολύ λίγη ενέργεια έχει αποθηκευθεί στο έδαφος από την ημέρα, περίπου 10-15% της απαιτούμενης. Η προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί ηλιακή ενέργεια αντί των συμβατικών καυσίμων για τη θέρμανση του θερμοκηπίου γίνεται για τρεις κυρίως λόγους:

- α) Για οικονομικότερη αντιμετώπιση του προβλήματος της θέρμανσης του θερμοκηπίου,
- β) Για τη μείωση της καταστροφής των φυσικών πόρων του πλανήτη μας, και
- γ) Για τη μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος από τα αέρια της καύσης των συμβατικών καυσίμων

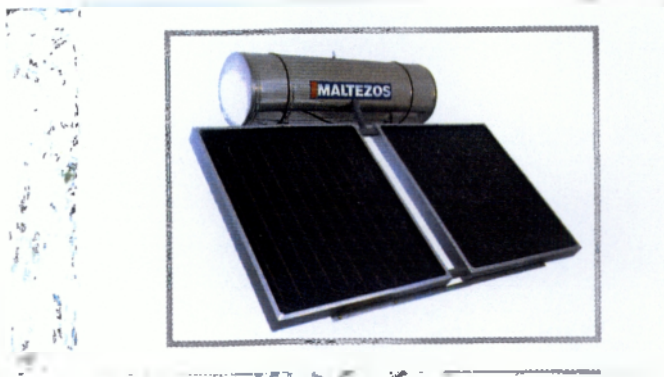
Η χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας είναι πράγματι μια ελκυστική λύση, διότι αποτελεί μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και συχνά εύκολα προσιτή. Το συνηθέστερο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται όμως, οφείλεται στο γεγονός ότι η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας και μάλιστα μεταβάλλεται η ποσότητα της τις διάφορες εποχές του χρόνου (μικρή ποσότητα κατά το χειμώνα), με αποτέλεσμα να μην συγχρονίζεται η ζήτηση της ενέργειας για θέρμανση, που είναι κυρίως τη νύχτα και μάλιστα το χειμώνα. Αυτό επιβάλλει τη χρησιμοποίηση, εκτός των συστημάτων συλλογής της ηλιακής ενέργειας, και αποθηκών ενέργειας για βραχυχρόνια ή μακροχρόνια αποθήκευση.

Γενικά για να γίνει δυνατή η χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση του θερμοκηπίου και κατά τη διάρκεια της νύχτας, θα πρέπει να προηγηθούν:

1. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας (μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα).
2. Η αποθήκευση της θερμικής ενέργειας, ώστε να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας.
3. Η εγκατάσταση ενός συστήματος διανομής της θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου.

Για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιούνται συνήθως τα παρακάτω μέσα:

- α. Ξεχωριστοί ηλιακοί συλλέκτες (αέρα ή νερού) που τοποθετούνται έξω από το θερμοκήπιο (Εικ. 5)
- β. Ηλιακοί συλλέκτες που αποτελούν στοιχεία της κατασκευής του θερμοκηπίου, όπως π.χ. θερμοκήπιο με διπλό τοίχωμα (Σχήμα 11), στο εσωτερικό του οποίου κυκλοφορεί διάλυμα που απορροφά την υπέρυθη μόνο ακτινοβολία.
- γ. Το ίδιο το θερμοκήπιο, με τη χρησιμοποίηση της περίσσειας θερμότητας που συχνά συμβαίνει στον ίδιο το χώρο του κατά τη διάρκεια της ημέρας.



Εικ. 5. Ηλιακοί συλλέκτες νερού

Για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας χρησιμοποιούνται συνήθως τα παρακάτω υλικά:

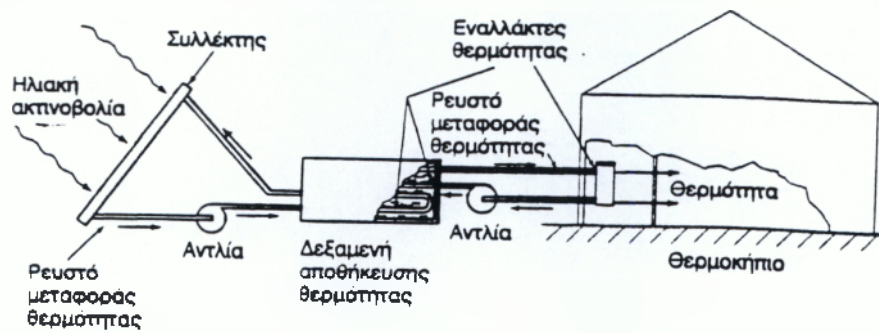
1. Νερό σε δεξαμενές
2. Ηλιακές λίμνες
3. Πέτρες και χαλίκια
4. Έδαφος
5. Υλικά αλλαγής φάσης.

Οι πέτρες και τα χαλίκια είναι ταυτόχρονα και στοιχεία αποθήκευσης και εναλλάκτες θερμότητας, είναι όμως οπωσδήποτε ογκώδη υλικά. Διάφορα συστήματα θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια έχουν εφαρμοστεί κατά κτηρούς πειραματικά στα θερμοκήπια. Τα συστήματα αυτά (τεχνολογίες) μπορεί να ταξινομηθούν σε σχέση με τη θέση του χρησιμοποιούμενου συλλέκτη ηλιακής ενέργειας και τον τρόπο αποθήκευσης της ενέργειας, ως ακολούθως:

1. Τεχνολογίες στις οποίες ο ηλιακός συλλέκτης βρίσκεται εκτός θερμοκηπίου
α) Αναρτημένος συλλέκτης νερού
 1. Βιομηχανικού τύπου συλλέκτης.
 2. Συλλέκτης κατασκευαζόμενος από το χρήστη, με υλικά χαμηλού κόστους (πλαστικό κλπ). Αποθήκη θερμότητας και στις δύο περιπτώσεις είναι δεξαμενή νερού.

β) Συλλέκτης νερού οριζόντιος επί του εδάφους (συνήθως είναι φθηνοί πλαστικοί συλλέκτες ή ηλιακές λίμνες). Αποθήκη θερμότητας είναι δεξαμενή νερού.

γ) Συλλέκτης αέρα. Αποθήκη θερμότητας είναι ένας χώρος γεμάτος χαλίκια (Σχήμα 16)



Σχήμα 16. Σύστημα θέρμανσης θερμοκηπίου με ηλιακή ενέργεια

2. Τεχνολογίες στις οποίες ο ηλιακός συλλέκτης βρίσκεται εντός του θερμοκηπίου ή είναι ενσωματωμένος στην κατασκευή του θερμοκηπίου

- α) Ενσωματωμένος στην κατασκευή συλλέκτης νερού (π.χ. ροή νερού μεταξύ του διπλού καλύμματος κατά τη διάρκεια της ημέρας). Αποθήκη θερμότητας είναι δεξαμενή νερού.
- β) Συλλέκτης νερού εντός του θερμοκηπίου. Αποθήκη θερμότητας είναι δεξαμενή νερού.
- γ) Συλλέκτης αέρα εντός του θερμοκηπίου. Αποθήκη θερμότητας είναι συνήθως χαλίκια.
- δ) Παθητικό σύστημα νερού, που είναι ταυτόχρονα συλλέκτης, αποθήκη και αποδότης
 1. διαφανή δοχεία,
 2. μαύρα δοχεία
- ε) Βορεινός τοίχος συλλέκτης και αποθήκη ηλιακής ενέργειας (παθητικό σύστημα).
- ζ) Συλλέκτης βορεινός τοίχος και αποθήκη θερμότητας το έδαφος.

3. Τεχνολογίες στις οποίες το ίδιο το θερμοκήπιο χωρίς σημαντικές μετατροπές χρησιμοποιείται ως ηλιακός συλλέκτης αέρα. Σ' αυτή την περίπτωση αλλάζει μόνο η αποθήκη θερμότητας.

- α) Αποθήκη θερμότητας χαλίκια ή πέτρες ή τούβλα.
- β) Αποθήκη θερμότητας το υπέδαφος.
- γ) Αποθήκη θερμότητας υλικά αλλαγής Φάσης.
- δ) Αποθήκη θερμότητας δεξαμενή νερού.

Για να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί σωστά μια ηλιακή εγκατάσταση με σκοπό τη θέρμανση θερμοκηπίου, πρέπει να έχουμε υπόψη μας τις εξής παραμέτρους:

1. Την απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση του θερμοκηπίου.

- II. Το ποσοστό της συλλεγόμενης ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση
- III. Την ηλιακή ενέργεια που είναι διαθέσιμη κάθε μέρα κατά την περίοδο θέρμανσης καθώς και την ωριαία κατανομή της.
- IV. Το ποσοστό της απαιτούμενης ενέργειας που μπορεί να καλύψει η συλλεγόμενη ενέργεια.
- V. Επιλογή του κατάλληλου ηλιακού συστήματος θέρμανσης.
- VI. Απόδοση του επιλεγόμενου ηλιακού συστήματος.
- VII. Η θερμοκρασιακή διαφορά του εσωτερικού του θερμοκηπίου με το εξωτερικό περιβάλλον του και κατά πόσο είναι αναγκαίο πρόσθετο σύστημα συμβατικής θέρμανσης.
- VIII. Το οικονομικό αποτέλεσμα της θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια.

Για τους υπολογισμούς στη θέρμανση με ηλιακή ενέργεια δεν αρκεί μόνον η ημερήσια ποσότητα της ενέργειας, αλλά απαιτείται επίσης και η ένταση της ολικής ακτινοβολίας στις διαφορες ώρες της ημέρας.

Για την αποθήκευση θα πρέπει κανείς να εξετάσει:

- ♦ Το υλικό στο οποίο θα γίνει η αποθήκευση της θερμότητας
- ♦ Τον απαιτούμενο ρυθμό εναλλαγής της θερμότητας
- ♦ Την αποδοτικότητα της αποθήκης και τις απώλειες της
- ♦ Τη θέση της αποθήκης
- ♦ Το μέγεθος της αποθήκης

4.2. Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας σε θερμοκήπια.

Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας σε επιχειρηματικής μορφής θερμοκήπια έχει γίνει με τα ακόλουθα συστήματα:

1. Με τη χρησιμοποίηση εξωτερικού ηλιακού συλλέκτη ζεστού νερού και αποθήκης νερού κάτω από το έδαφος. Τη νύχτα το ζεστό νερό κυκλοφορεί στο θερμοκήπιο και αποδίδει τη θερμότητα του σ' αυτό.
2. Με τη χρησιμοποίηση εξωτερικού ηλιακού συλλέκτη ζεστού αέρα και αποθήκης θερμότητας σε χαλίκια που βρίσκονται κάτω από τα τραπέζια καλλιέργειας ή κάτω από το έδαφος του θερμοκηπίου. Τη νύχτα ο αέρας του θερμοκηπίου κυκλοφορεί μέσα από τα χαλίκια και ζεσταίνεται

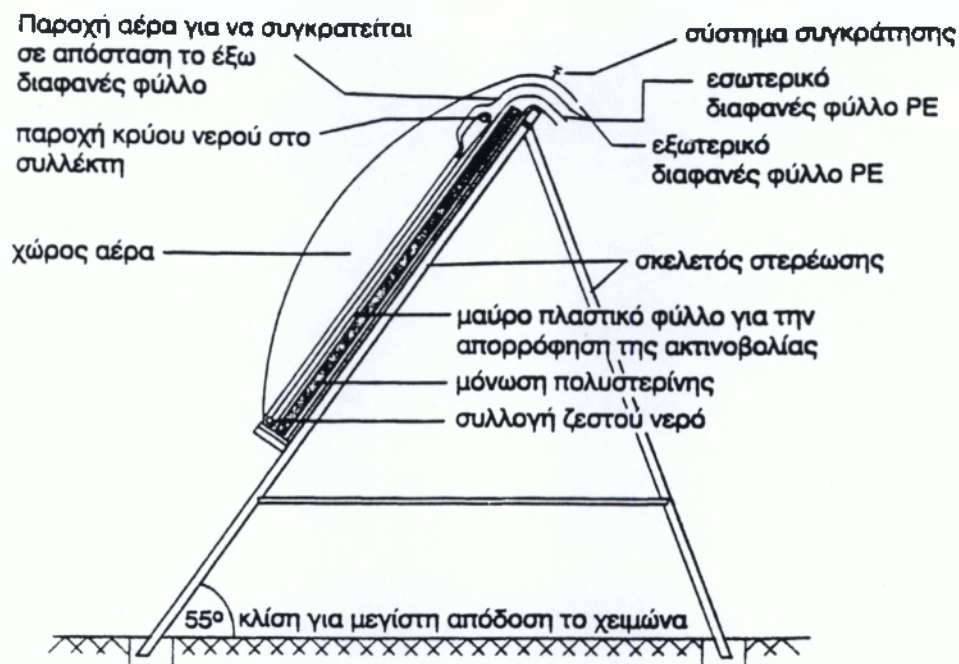
3. Με τη χρησιμοποίηση διαφανών σωλήνων μεγάλης διαμέτρου (0,5 -0.75 m) λεπτών τοιχωμάτων, γεμάτων νερό, που τοποθετούνται μεταξύ των γραμμών των φυτών μέσα στο θερμοκήπιο και ενεργούν ως παθητικό σύστημα θέρμανσης.

4. Με τη χρησιμοποίηση εναλλάκτη εδάφους - αέρα.

5. Με τη χρησιμοποίηση αντλιών θερμότητας αέρα - αέρα ή νερού - νερού και νερού - αέρα.

4.2.1. Εξωτερικός ηλιακός συλλέκτης

Για την εγκατάσταση του συλλέκτη απαιτείται έκταση περίπου 30% επιπλέον αυτής του θερμοκηπίου.



Σχήμα 17. Εξωτερικός ηλιακός συλλέκτης από πλαστικό φύλλο

Το σύστημα αποτελείται από:

- 1 Το συλλέκτη της ηλιακής ακτινοβολίας, που είναι κατασκευασμένος
 - α) Από την απορροφούσα μαύρη επιφάνεια (μέταλλο, μεμβράνη πλαστικού ή άλλο υλικό), πάνω στην οποία περνά το νερό ή ο αέρας, ανάλογα με το αν πρόκειται για συλλέκτη που θερμαίνει νερό ή αέρα
 - β) Από το διαφανές υλικό (τζάμι ή πλαστικό), που καλύπτει το συλλέκτη από τη νότια πλευρά.

γ) Από τη μόνωση που βρίσκεται στη βόρεινη πλευρά

2. Την αποθήκη θερμότητας, που γίνεται συνήθως με εκσκαφή στο έδαφος. Είναι δεξαμενή στην οποία αποθηκεύεται το ζεστό νερό στην περίπτωση που θερμαίνεται ζεστό νερό ή στην περίπτωση του συλλέκτη ζεστού αέρα τοποθετούνται χαλίκια τα οποία συγκρατούν τη θερμότητα από το ζεστό αέρα.

3. Το σύστημα απόδοσης της θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου που μπορεί να αποτελείται από απλούς σωλήνες πλαστικούς ή μεταλλικούς ή από αερόθερμα ζεστού νερού.

4. Διάφοροι σωλήνες, αντλίες νερού ή ανεμιστήρες.

5. Τα όργανα αυτοματισμού για τη λειτουργία του συστήματος, που συνήθως αποτελούνται από διαφορικούς θερμοστάτες και χρονοδιακόπτες, οι οποίοι δίδουν εντολή σε αντλίες ή ανεμιστήρες.

6. Τη συμπληρωματική θέρμανση, που λειτουργεί με σύνθετες καύσιμα για τις περιόδους εκείνες κατά τις οποίες δεν επαρκεί η ενέργεια που έχει συλλέξει. Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από την θέση του και από την εποχή του έτους.

4.2.2. Παθητικό ηλιακό σύστημα με διαφανείς σωλήνες γεμάτους νερό.



Εικ 6. Σωλήνες πολυαιθυλενίου γεμάτοι νερό για παθητική συλλογή και απόδοση της ηλιακής ενέργειας.

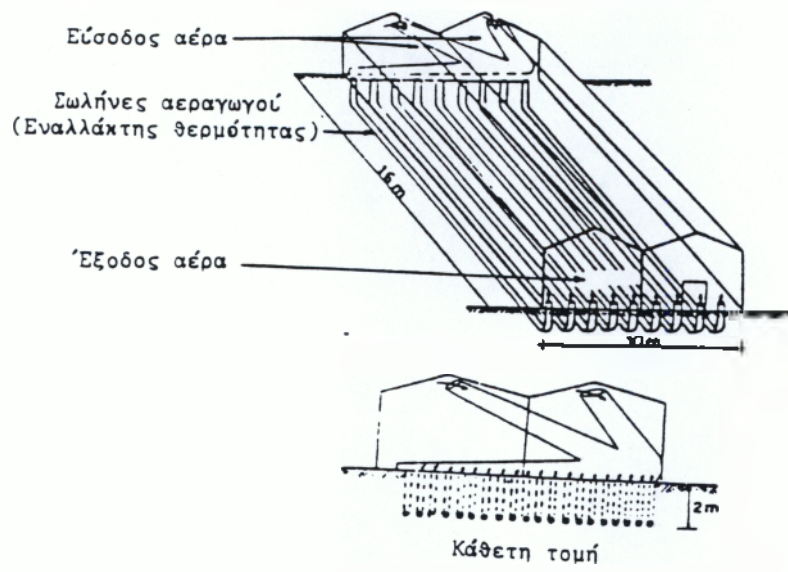
Χρησιμοποιούνται σωλήνες (διαφανείς ή μη), μεγάλης διαμέτρου (0,5 - 0,75 m), λεπτών τοιχωμάτων, γεμάτοι νερό, που τοποθετούνται μεταξύ των γραμμών των φυτών μέσα στο θερμοκήπιο και ενεργούν ως παθητικό σύστημα θέρμανσης (ΕΙΚ 6). Την ημέρα θερμαίνεται το νερό που περιέχουν, κυρίως από την ηλιακή και θερμική ακτινοβολία που φθάνει σ' αυτό, αλλά και με συναγωγή από τον θερμότερο αέρα του θερμοκηπίου. Το βράδυ αποδίδει την θερμότητα στο χώρο του θερμοκηπίου με θερμική ακτινοβολία και συναγωγή. Η απόδοση αυτού του συστήματος είναι μικρή το χειμώνα, ιδιαίτερα όταν τα φυτά είναι μεγάλου ύψους οπότε δεν υπάρχει πολλή διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία κάτω από αυτά. Τις άλλες εποχές η απόδοση γίνεται μεγαλύτερη.

4.2.3. Εναλλάκτης εδάφους – αέρα

Στο υπέδαφος του θερμοκηπίου και σε βάθος 1 – 2 m εγκαθίσταται εναλλάκτης θερμότητας εδάφους - αέρα που αποτελείται συνήθως από πλαστικούς σωλήνες μικρού πάχους και διαμέτρου 0,2 - 0,4m . Η θερμοκρασία του χώρου του θερμοκηπίου ρυθμίζεται με κυκλοφορία του αέρα του θερμοκηπίου σε κλειστό κύκλωμα, μέσα από το σύστημα του εναλλάκτη. Η κυκλοφορία του αέρα γίνεται με τη λειτουργία ανεμιστήρων οποτεδήποτε η θερμοκρασία του χώρου πέσει κάτω από την ελάχιστη επιθυμητή θερμοκρασία ή υπερβεί τη μέγιστη επιθυμητή. Επειδή η θερμοκρασία του υπεδάφους μεταβάλλεται πολύ λίγο και με χρονική υστέρηση κατά τη διάρκεια του 24ώρου και είναι συνήθως υψηλότερη από την ελάχιστη επιθυμητή και χαμηλότερη από τη μέγιστη επιθυμητή του αέρα του θερμοκηπίου, ο αέρας που κυκλοφορεί στον εναλλάκτη όταν έχει χαμηλή θερμοκρασία αποσπά ενέργεια από το υπέδαφος, ενώ όταν έχει υψηλή θερμοκρασία αποδίδει ενέργεια στο υπέδαφος. Κατ' αυτό τον τρόπο το υπέδαφος χρησιμοποιείται ως φθηνή αποθήκη ενέργειας που ταυτόχρονα αποθηκεύει και με φυσικό τρόπο ενέργεια από το καλοκαίρι μέχρι και το χειμώνα. Οποσδήποτε το ύψος της ελάχιστης θερμοκρασίας που μπορεί να διατηρηθεί στο χώρο του θερμοκηπίου το χειμώνα για τις συνθήκες της χώρας μας, δεν είναι συνήθως μεγαλύτερο των 12° C.

Προς το παρόν, τα ηλιακά συστήματα στο θερμοκήπιο δεν έχουν εκτεταμένη εφαρμογή, διότι εμφανίζουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης. Με τη συνεχή όμως βελτίωση τους και την αύξηση της τιμής των καυσίμων, δεν αποκλείεται σύντομα να εφαρμοστούν με θετικό οικονομικό

αποτέλεσμα σε μεγάλη έκταση.



Σχήμα 18. Υπόγειος εναλλάκτης θερμότητας εδάφους – αέρα.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΜΕΣΩ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.

Σύμφωνα με τον πίνακα θερμικών απωλειών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1), οι θερμικές απώλειες του θερμοκηπίου είναι 210.000 Kcal/h ή 244.186,04 Watt αφού 1 Watt δίνει 0,86 Kcal/h. Επομένως πρέπει να παράξουμε ισχύ ίση με $Q_{\theta\epsilon\rho} = 244.186,04 \text{ Watt}$.

Για να υπολογίσουμε την επιφάνεια των φωτοβολταϊκών που θα χρησιμοποιήσουμε, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας την ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα και να επιλέξουμε για τους υπολογισμούς μας το μήνα με τη μικρότερη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας.

Από το σχήμα 1. παρατηρούμε ότι ο μήνας με τη μικρότερη ηλιακή ακτινοβολία είναι ο Δεκέμβριος, με ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας 73 KWh/m^2 με κλίση 60° . Προχωρώντας στον υπολογισμό της επιφάνειας των των φωτοβολταϊκών στοιχείων πρέπει να λάβουμε υπόψη μας την απόδοση του Φ/Β πλαισίου ($\alpha_{\phi\omega\tau}$), την απόδοση του Φ/Β πλαισίου λόγω θερμικής μεταβολής ($\alpha_{\theta\epsilon\rho}$), την απόδοση των παρελκομένων του Φ/Β πλαισίου [φορτιστή (α_{ϕ}), καλωδιώσεων (α_{κ}), συσσωρευτή (α_{σ})]. Υπολογίζοντας το αλγεβρικό γινόμενο των παραπάνω στοιχείων και διαιρώντας την μηνιαία συνολική ηλιακή ακτινοβολία με το σύνολο των ημερών βρίσκουμε την απόδοση στην έξοδο των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

$$\alpha_{\epsilon\chi} = (I/31) \alpha_{\phi\omega\tau} \alpha_{\theta\epsilon\rho} \alpha_{\phi} \alpha_{\kappa} \alpha_{\sigma}$$

Επιλέγουμε Φ/Β πλαίσιο KYOCERA 110-1 το οποίο έχει ισχύ 110 Watt και επιφάνεια πλαισίου $0,9291 \text{ m}^2$. Το παραπάνω Φ/Β έχει απόδοση $\alpha_{\phi\omega\tau} = 0,13$ ενώ οι αποδόσεις του λόγω θερμοκρασιακής μεταβολής, του συσσωρευτή, των καλωδιώσεων και του φορτιστή έχουν ως εξής:

$$\alpha_{\theta\epsilon\rho} = 0,94250 \quad \alpha_{\phi} = 0,97 \quad \alpha_{\kappa} = 0,99 \quad \alpha_{\sigma} = 0,85 \text{ οπότε}$$

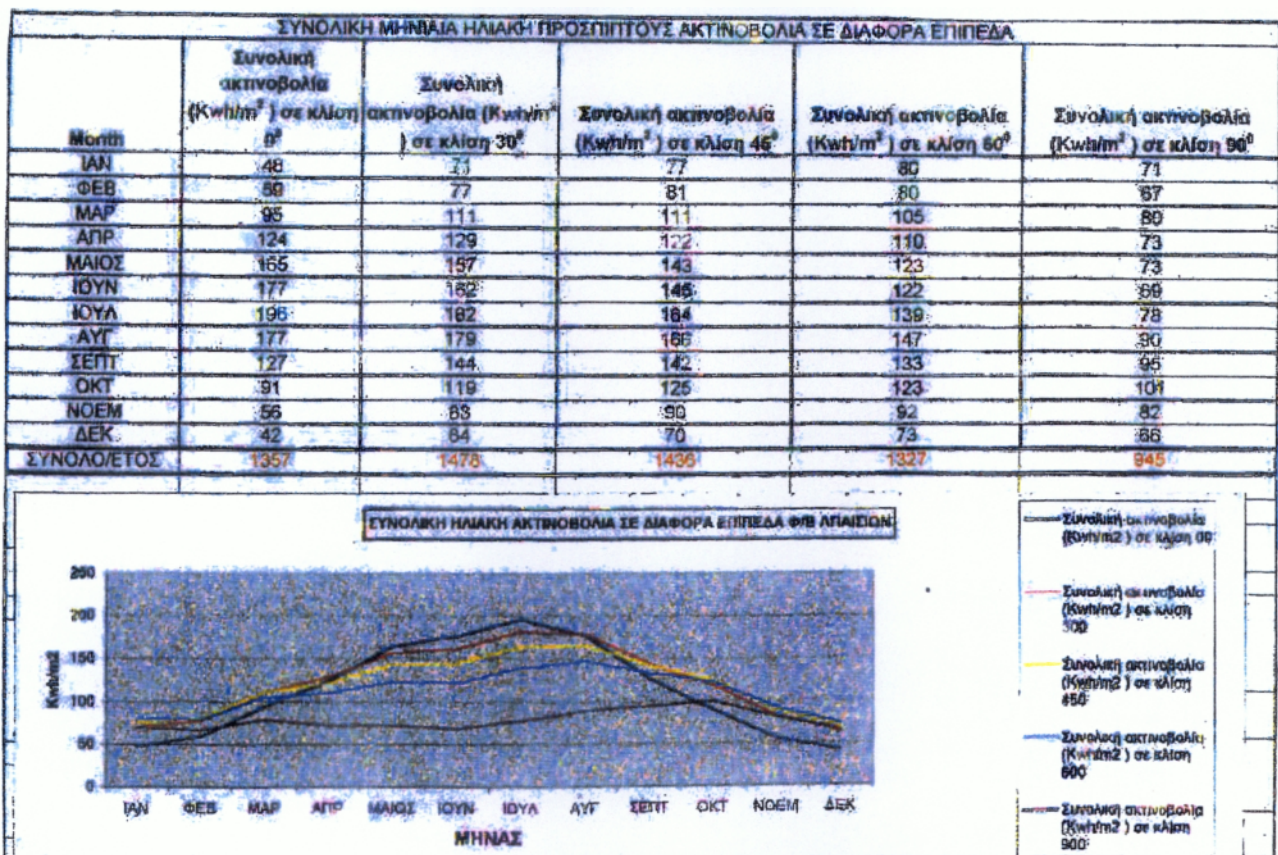
$$\alpha_{\epsilon\chi} = \frac{73 \text{ KWh/m}^2}{31} 0,94250 * 0,97 * 0,99 * 0,85 = 235,5112904 \text{ Wh/m}^2$$

Η συνολική απόδοση (α) του Φ/Β πλαισίου για μια μέρα είναι $\alpha = \alpha_{εξ} \cdot 24h = 235,5112904 \text{ Wh/m}^2 \cdot 24h = 5652,27097 \text{ W/m}^2$

Σύμφωνα με τα παραπάνω για να βρούμε την επιφάνεια του Φ/Β πλαισίου που θα χρειαστεί, αρκεί να διαιρέσουμε τις απώλειες του θερμοκηπίου με την απόδοση στην έξοδο των Φ/Β.

$$\text{Έτσι έχουμε } S = Q_{\text{θερ}} / \alpha = 244.186,04 \text{ W} / 5652,27097 \text{ W/m}^2 = 43,201404 \text{ m}^2$$

Ο αριθμός των Φ/Β που θα χρειαστούμε για να τροφοδοτήσουμε το θερμοκήπιο με την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια θα βρεθεί από τη διαίρεση της συνολικής επιφάνειας των Φ/Β με την επιφάνεια της μιας μονάδας. Δηλαδή $S/S_{\text{Φ/Β}} = 43,201404 \text{ m}^2 / 0,9291 \text{ m}^2 = 46,49812$ άρα θα χρειαστούμε 47 φωτοβολταϊκά πλαίσια.



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΜΕΣΩ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ.

Η επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη υπολογίζεται με βάση τον τύπο:

$$Q = F_R * A_C * [I_T * (\tau\alpha) - U_L (T_i - T_a)]$$

όπου Q = ωφέλιμη συλλεγόμενη θερμική ισχύς (Watt)

A_C = επιφάνεια συλλέκτη (m^2)

F_R = συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη

I_T = ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη
(Watt / m^2)

τ = ο συντελεστής διάβασης των διαφανών καλλυμάτων στην ηλιακή
ακτινοβολία

α = ο συντελεστής απορρόφησης του απορροφητήρα

U_L = ο συντελεστής ενεργειακών απωλειών του συλλέκτη
(Watt/ $m^2 * ^\circ C$)

T_i = η θερμοκρασία του ρευστού στην είσοδο του συλλέκτη ($^\circ C$)

T_a = η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ($^\circ C$)

Λύνοντας τον παραπάνω τύπο ως προς το A_C και αντικαθιστώντας τα παρακάτω δεδομένα, υπολογίζουμε την επιφάνεια του συλλέκτη, η οποία είναι περίπου $23 m^2$, με απόκλιση $\pm 20\%$.

Τα δεδομένα είναι:

$$F_R * (\tau\alpha) = 0,75$$

$$Q = 244.186 \text{ Watt}$$

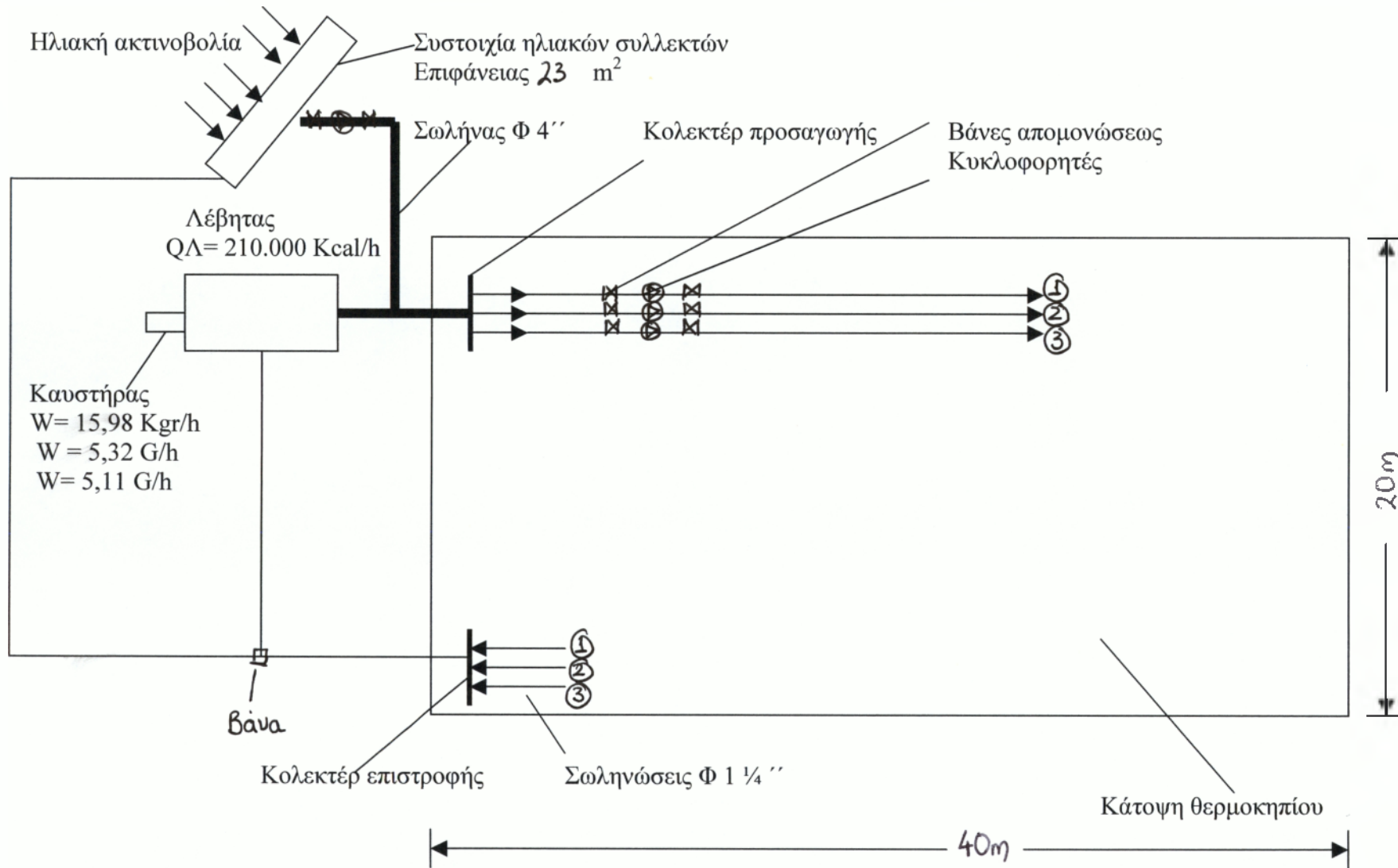
$$F_R * U_L = 5 \text{ (Watt}/m^2 * ^\circ C \text{)}$$

$$(T_i - T_a) = 19 ^\circ C$$

$$I_T = 140.974,6 \text{ Watt}$$

Άρα χρειαζόμαστε επιφάνεια συλλεκτών ίση με $23 m^2$ με απόκλιση $\pm 20\%$.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΗΛΙΑΚΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ



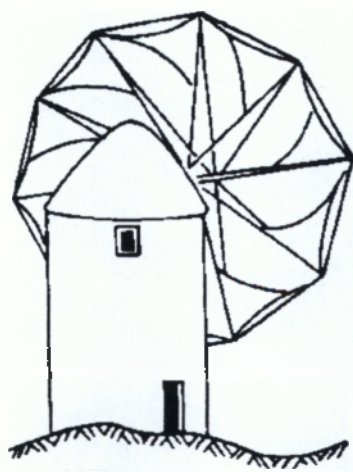
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ι. Σύντομη ιστορική αναδρομή

Η αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας του ανέμου ξεκίνησε από τα πρώιμα ιστορικά χρόνια και έπαιξε αποφασιστικό ρόλο στην εξέλιξη της ανθρωπότητας με την χρήση τόσο στην ναυτιλία όσο και στην άρδευση, καθώς και στις αγροτικές καλλιέργειες. Η αναφορά της ελληνικής μυθολογίας στο θεό «Αίοιο», ο οποίος με την βοήθεια των οκτώ θεών (Βορέα, Καικία, Απηλιώτη, Εύρο, Νότο, Λιψ, Ζέφυρο και Σκίρωνα) θεωρείται ο διαχειριστής των ανέμων (βλ. «...άνοιξε τους ασκούς του Αιόλου»), υπογραμμίζει την σημασία της αιολικής ενέργειας στην οικονομική και παραγωγική δραστηριότητα εκείνων των χρόνων.

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον άνθρωπο για την κίνηση των ιστιοφόρων πλοίων. Γνωστοί είναι επίσης από ιστορικές και αρχαιολογικές αναφορές οι ανεμόμυλοι, οι οποίοι αποτελούν τις πρώτες αιολικές μηχανές (ΕΙΚ. 1).



ΕΙΚΟΝΑ 1

Σκοπός τους ήταν η άλεση των δημητριακών, το κόψιμο του καπνού, του ξύλου και άλλων γεωργικών προϊόντων, καθώς επίσης και η άντληση νερού για άρδευση ή αποξήρανση. Στην χώρα μας η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας 87

στη ναυσιπλοΐα ήταν καθιερωμένη από αρχαιοτάτων χρόνων, ενώ ιστορικές μαρτυρίες -αναφέρουν ότι οι ανεμόμυλοι ήταν ήδη γνωστοί στα νησιά του Αρχιπελάγους και στην Κρήτη από το 2000π.Χ. Υπολογίζεται μάλιστα ο αριθμός τους μόνο στην Κρήτη γύρω στους 6000. Η μεγαλύτερη διάδοση των ανεμόμυλων έγινε στην Ολλανδία, όπου με την βοήθειά τους απορροφήθηκαν τα νερά των τεραστίων σε έκταση περιοχών της χώρας που βρίσκονταν σε χαμηλή στάθμη και διοχετεύθηκαν στη θάλασσα.

Στις αρχές του αιώνα μας πρώτοι οι Δανοί παράγουν ηλεκτρισμό από τον άνεμο, ενώ στην Αμερική ανεμόμυλοι μεταλλικής κατασκευής χρησιμοποιούνται επίσης για ηλεκτροδότηση. Στα χρόνια που ακολουθούν το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, η χρήση της ατομικής ενέργειας και οι χαμηλές τιμές του πετρελαίου περιόρισαν δραστικά το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Όμως η ρύπανση του περιβάλλοντος και οι διαδοχικές ενεργειακές κρίσεις υποχρέωσαν ξανά τις τεχνολογικά αναπτυγμένες χώρες να ενδιαφερθούν έντονα, γι' αυτή καθαρή και αρχαία ενεργειακή πηγή του πλανήτη μας, τον άνεμο.

II. Η Αιολική Ενέργεια στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά

Οι διαδοχικές ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του εβδομήντα έσπρωξαν αρκετές χώρες στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Με άξονα τις Η.Π.Α. (και κύρια την πολιτεία της Καλιφόρνια) και τη Δανία στην Ευρώπη, εγκαταστάθηκε σημαντικός αριθμός αιολικών μηχανών τη δεκαετία 1980-90. Σημαντική ώθηση στην εξάπλωση των εφαρμογών της αιολικής ενέργειας έπαιξε αφενός η σημαντική μείωση των τιμών των αιολικών μηχανών (υποτριπλασιάστησαν σε δέκα χρόνια), αφετέρου η βελτίωση της αξιοπιστίας των αιολικών εγκαταστάσεων. Επιπλέον η παροχή σημαντικών επενδυτικών κινήτρων από τις κυβερνήσεις αρκετών χωρών, όπως οι Η.Π.Α. και η Δανία, έδωσαν την απαραίτητη αρχική ώθηση ώστε να ξεκινήσουν οι επενδύσεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια αξιόλογο ενδιαφέρον έδειξαν και άλλες χώρες, όπως ο Καναδάς, η Ινδία, η Κίνα, η Ολλανδία, η Γερμανία, η Ισπανία, η Μεγάλη Βρετανία και η Ελλάδα (πίνακας 5.1). Αξίζει δε να σημειωθεί ότι η δραστηριοποίηση της Γερμανικής και της Ινδικής αγοράς αιολικής ενέργειας, 88

καθορίζει τις εξελίξεις του παγκόσμιου ανταγωνισμού τα τελευταία χρόνια.

Πίνακας 5.1

Χώρα της Ε.Ε.	1991 (MW)	1994 (MW)	1997(MW)
Δανία	360	535	1059
Ολλανδία	55	145	318
Γερμανία	55	643	2000
Ισπανία	15	68	378
Μεγ. Βρετανία	10	145	312
Ελλάς	5.	27	29
Ιταλία	5	10	94
Σουηδία	-	47	110
Πορτογαλία	2	2	19
Ιρλανδία	0	7	46

Παράλληλα ο σκληρός ανταγωνισμός μείωσε σημαντικά τον αριθμό των κατασκευαστών ανεμογεννητριών σε ολόκληρο τον κόσμο, με αποτέλεσμα να παραμένουν στην αγορά οι ισχυρότεροι και πλέον αξιόπιστοι παραγωγοί αιολικών μηχανών (πίνακας 5.2).

Πίνακας 5.2

Κατασκευαστής	Διαθέσιμες Μηχανές (kW)	Κατασκευαστής	Διαθέσιμες Μηχανές(kW)
AN BONUS	150,300,500,600	NORDEX	150,250,800
CARTER	300	NORDIC	400,1000
ENERGON	200,500	NORDTANK	150,300,500
FLOWIND	275,300,400	RIVA CALZONI	200,350
FUHLANDER	30,100,250	SEEWIND	110,132,750
GET DANWIN	225,600	SUDWIND	30,37,45,270
HSW	30,250,750,1000	TACKE	80,300,600
JACOBS	33,500	US WINDPOWER	362,405
KVAERNER	3000	VENTIS	5,100,500
LAGERWEY	50,80,250,750	VESTAS	225,500,600
MADE	330	WEG	400
MICON	225,250,400,500,600	WEST	320,2000
MITSUBISHI	300,450	WIND WORLD	150,220,250,500
NEDWIND	500,1000	WINDMASTER	200,500

Τέλος, έχουν διαμορφωθεί σήμερα σαφείς τάσεις που αναμένεται να επικρατήσουν στη διεθνή αγορά της αιολικής ενέργειας τα επόμενα χρόνια, και οι οποίες περιλαμβάνουν την καθιέρωση ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα με δύο ή τρία πτερύγια, ονομαστικής ισχύος 500kW ή 1MW, και οι οποίες τυγχάνουν της αποδοχής αν όχι και της ενθάρρυνσης εκ μέρους των πολιτών και των κυβερνήσεων, δεδομένου ότι η αιολική ενέργεια υποκαθιστά συμβατικές μορφές ενέργειας με έντονες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

III. Η Αιολική Ενέργεια στην ελληνική ενεργειακή αγορά

Στη χώρα μας, όπως και στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες, έγινε σύντομα αντιληπτός ο κίνδυνος εξάντλησης των συμβατικών καυσίμων, καθώς και η όξυνση των προβλημάτων ρύπανσης από την καύση των παραγωγών πετρελαίου και του άνθρακα. Παρόλα αυτά παρατηρήθηκε σημαντική καθυστέρηση στα προγράμματα αξιοποίησης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, κατά συνέπεια και στο αιολικό πρόγραμμα. Τα αποτελέσματα μακρόχρονων μετρήσεων κατέδειξαν την υψηλή ποιότητα του αιολικού δυναμικού στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου, καθώς και σε αρκετά παραθαλάσσια μέρη της ηπειρωτικής χώρας. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '80 οι εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες δεν υπέρβαιναν τις 35, ενώ τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του '90 παρατηρήθηκε μια σημαντικότερη αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος. Από τα τέλη του 1994 δεν υπήρξε καμία σημαντική μεταβολή της υφιστάμενης αιολικής ισχύος, παρόλη τη θεσμοθέτηση νέου νομοθετικού πλαισίου για την αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), Ν.2244/94. Τα τελευταία ωστόσο χρόνια έχουν παρουσιασθεί αρκετά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα οποία καλύπτουν ακόμη και την γεωργία. Στον παρακάτω πίνακα 5.3 βρίσκονται κάποιες από τις ήδη εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες στην Ελλάδα.

Πίνακας 5.3

Α/α	Περιοχή	Ισχύς (kW)	Εταιρεία	Έναρξη Λειτ.	Ω.Δ.	Ιδιοκτήτης
1	Εύβοια, Στενή	1x55	Vestas	1984	.014	ΜΙΜΙΚΟΣ
2	Σύρος	1x55	Vestas	1985	.142	ΔΑΛΕΖΙΟΣ
3	Αττική	1x55	Vestas	1985	.000	ΓΕΡΟΥΛΥΜΑΤΟΣ
4	Ρόδος	1x75	Vestas	1986	.228	Κεραμικά Νεοφύτου
5	Ρόδος	1x110	Wincon	1987	.000	Sun Beach
6	Ρόδος	1x110	Wincon	1987	.137	Γενική Τεχνική
7	Ρόδος	1x110	Wincon	1987	.150	Καλλιθέα
8	Νάξος	1x75	Nordtank	1988	.181	Ένωση αγροτικών Συνεταιρισμών
9	Χίος, Βροντάδες	2x150	Nordtank	1989	.171	Προμηθευτική
10	Κρήτη, Ανωγεια	1x150	Nordtank	1989	.171	DETEA
11	Καρπενήσι	1x110	Wincon	1992	.000	Ευρυτανία
12	Αττική, Λαύριο	1x110	Wincon	1993	.102	Κ.Α.Π.Ε.
13	Κρήτη, Ζηρός	1x500	Tacke	1993	.325	Αναπτυξιακός Οργ. Σητείας
14	Λέσβος, Μυτιλήνη	2x300	HMZ	1994	.126	Αιολική Δημ. Επιχ. Μυτιλήνης
15	Αγ. Ευστράτιος	1x100	Wind Harvester	1995	-	Κοινότητα Αγίου Ευστρατίου
16	Λέσβος, Κουτσούμπαρα	1x225	Micon	1997	-	Αιολική Μυτιλήνης
17	Εύβοια	300+ 500	Enercon	1997	-	Enercon Hellas
18	Ακαρνανικά	1x90	Vestas	1989	.032	ΟΤΑ
19	Κέα	1x60	Wincon	1991	.289	ΟΤΑ
20	Πάρος	1x110	Wincon	1991	.000	ΟΤΑ
21	Σύρος	1x110	Wincon	1991	.291	ΟΤΑ
22	Ρόδος, Καταβιά	1x110	Wincon	1992	NA	ΟΤΑ
23	Κώς	1x60	Wincon	1992	.439	ΟΤΑ
24	Ρόδος, Ατάβιρος	1x110	Wincon	1992	.179	ΟΤΑ

Για την ολοκληρωμένη εικόνα της εγχώριας αγοράς, πρέπει να επισημανθεί η έλλειψη αξιόλογης κατασκευαστικής δραστηριότητας στο τομέα των ανεμοκινητήρων σε συνδυασμό με την έντονη δραστηριότητα ξένων κατασκευαστών.

IV. Μειονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας

Όπως προαναφέρθηκε η αιολική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν από τον άνθρωπο, τόσο στην ναυτιλία όσο και στην άρδευση και τη γεωργία. Όμως αντικαταστάθηκε από άλλες πηγές ενέργειας για ολόκληρο σχεδόν τον εικοστό αιώνα, λόγω των σημαντικών μειονεκτημάτων που παρουσίαζε σε τις υπόλοιπες «πυκνότερες» μορφές ενέργειας. Βέβαια σήμερα οι χρησιμοποιούμενες μηχανές δεν έχουν καμία σχέση τόσο από αεροδυναμικής σκοπιάς όσο και από κατασκευαστικής αντοχής και ποιότητας με τους θρυλικούς ανεμόμυλους, εμφανίζουν δε αξιοσημείωτη συγκέντρωση ισχύος. Παρόλα αυτά είναι χρήσιμο να εξετάσουμε τα κυριότερα μειονεκτήματα που αποδίδονται στην αιολική ενέργεια, ώστε να αποκτήσουμε μια πλέον ολοκληρωμένη εικόνα.

- ♦ Η **χαμηλή ροή** αξιοποιήσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου (Watt/m^2) κατατάσσει την αιολική ενέργεια στις «αραιές» μορφές ενέργειας. Τυπικές τιμές ροής της αξιοποιούμενης αιολικής ισχύος κυμαίνονται μεταξύ 200W/m^2 και 400W/m^2 . Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη χρήση είτε μεγάλου αριθμού ανεμογεννητριών είτε τη χρήση μηχανών μεγάλων διαστάσεων, για την παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας ενέργειας. Σήμερα καταβάλλονται προσπάθειες αύξησης της συγκέντρωσης ισχύος των αιολικών μηχανών, οι οποίες σε επιλεγμένες περιπτώσεις πλησιάζουν ή και υπερβαίνουν τα 500W/m^2 .
- ♦ Η **αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης** της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ανέμων δεν μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που την χρειαζόμαστε. Το γεγονός αυτό μας υποχρεώνει να χρησιμοποιούμε τις αιολικές μηχανές κυρίως σαν εφεδρικές πηγές ενέργειας σε συνδυασμό πάντοτε με κάποια άλλη πηγή ενέργειας (π.χ. σύνδεση με ηλεκτρικό δίκτυο, παράλληλη λειτουργία με μονάδες Diesel, με φωτοβολταϊκά συστήματα κ.λ.π.).

- ◆ Σε **περιπτώσεις διασύνδεσης** της αιολικής εγκατάστασης με το ηλεκτρικό δίκτυο η παραγόμενη ενέργεια δεν πληρεί πάντα τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου της άεργης ισχύος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σήμερα έχει δώσει λύσεις στα περισσότερα από τα αναφερόμενα προβλήματα, ιδιαίτερα με την κατασκευή ανεμογεννητριών μεταβλητού βήματος και μεταβλητών στροφών. Παρόλα αυτά υπάρχει κάποιο αυξημένο κόστος για την βελτίωση των χαρακτηριστικών της παραγόμενης ενέργειας, το οποίο προστίθεται στο συνολικό κόστος της παραγόμενης kWh. Τέλος, ακόμα και σήμερα εξακολουθούν να μας απασχολούν οι διαδικασίες ζεύξης-απόζευξης αιολικών μηχανών στα ηλεκτρικά δίκτυα, λόγω των μεταβατικών προβλημάτων που προκαλούν. Λόγω των τελευταίων προβλημάτων απαγορεύεται η διασύνδεση, πέραν ενός ορίου παραγόμενης ισχύος, αιολικών μηχανών σε μικρά τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα, τα οποία όμως αποτελούν και την πλειοψηφία των δικτύων του ελληνικού Αρχιπελάγους.
- ◆ Αντίστοιχα, σε **περιπτώσεις αυτόνομων μονάδων** είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, σε μια προσπάθεια να έχουμε συγχρονισμό της ζήτησης και της διάθεσης ενέργειας. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται αυξημένο αρχικό κόστος (λόγω της προσθήκης του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας) και βέβαια πλέον απώλειες ενέργειας κατά τις φάσεις μετατροπής και αποθήκευσης, καθώς και αυξημένες υποχρεώσεις συντήρησης και εξασφάλισης της ομαλής λειτουργίας.
- ◆ Ένα ακόμα μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι η **περιορισμένη δυνατότητα αξιοποίησης** του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού. Στην πραγματικότητα αξιοποιούμε μερικώς μόνο την κινητική ενέργεια, η οποία αντιστοιχεί σε ένα περιορισμένο φάσμα ταχύτητας του ανέμου.
- ◆ Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι από το σύνολο της απορροφούμενης αιολικής ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια, μόνο ένα **περιορισμένο μέρος της μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια** λόγω των αεροδυναμικών και των μηχανικών απωλειών και περιορισμών.
- ◆ Τέλος, θα πρέπει να επισημάνουμε το σχετικά **υψηλό κόστος της αρχικής επένδυσης** για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας, ειδικά μάλιστα για⁹³

αυτό πρέπει να προσθέσουμε ότι η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και ο ανταγωνισμός μεταξύ των κατασκευαστών έχει τα τελευταία χρόνια συμπίεσει τις τιμές των ανεμογεννητριών.

V. Πλεονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας

Αν και δεν είναι δυνατό να αγνοήσουμε τα μειονεκτήματα που συνοδεύουν την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, είναι επίσης σημαντικό να ληφθούν υπόψη και οι παρακάτω παράγοντες, ορισμένοι από τους οποίους ισχύουν ιδιαίτερα για τη χώρα μας, ώστε να διαμορφώσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα για τις δυνατότητες και τους περιορισμούς αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα:

- ♦ Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια **καθαρή μορφή ενέργειας, ήπια προς το περιβάλλον**. Η χρήση της δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης και παράλληλα αντικαθιστά ιδιαίτερα ρυπογόνες πηγές ενέργειας, όπως το κάρβουνο, το πετρέλαιο και την πυρηνική ενέργεια. Τα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα των περισσότερων αναπτυγμένων χωρών καθώς και της χώρας (π.χ. Αθήνα, Πτολεμαΐδα, Μεγαλόπολη κ.λπ.) καθιστούν την αιολική ενέργεια ιδιαίτερα ελκυστική σε σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος.

Επιπλέον ειδικά για την χώρα μας ισχύουν και τα ακόλουθα στοιχεία:

- ♦ Η χώρα μας διαθέτει πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό (κυρίως τα νησιωτικά συμπλέγματα του Αιγαίου) και μάλιστα άριστης ποιότητας. Πράγματι στα περισσότερα νησιά του Αρχιπελάγους εμφανίζονται άνεμοι σημαντικής ταχύτητας και διάρκειας ολόκληρο το έτος.
- ♦ Η περιορισμένη συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο, με αμελητέα μάλιστα τη συμμετοχή της αιολικής ενέργειας, καθιστά προφανείς τις σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες σύστασης αιολικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, σε μια αγορά με σημαντικό αριθμό αναξιοποίητων θέσεων εγκατάστασης.
- ♦ Η ισχυρή εξάρτηση της χώρας μας από εισαγόμενα καύσιμα, τα οποία οδηγούν φ' ενός σε συναλλαγματική αιμορραγία την χώρα μας, αφ' ετέρου σε εξάρτησή της από χώρες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

- ♦ **Η υψηλή σεισμικότητα της χώρας μας εγκυμονεί κινδύνους** για τις θερμοηλεκτρικές και κυρίως τις πυρηνικές εγκαταστάσεις, με αποτέλεσμα να θεωρείται προβληματική στο άμεσο μέλλον η κατασκευή πυρηνικών μονάδων στην χώρα μας. Προφανώς με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα είναι δυνατή η λειτουργία υψηλής ασφαλείας συμβατικών μονάδων, με δυσανάλογη όμως αύξησης του κόστους της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.
- ♦ **Η σημαντική διασπορά και ανομοιομορφία του κόστους παραγωγής** της ηλεκτρικής ενέργειας στα διάφορα τμήματα της χώρας μας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, ότι ακόμα και σε περίπτωση που η μέση τιμή διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας θα είναι ελαφρώς κατώτερη του οριακού κόστους της παραγόμενης αιολικής kWh, σε αρκετά νησιά της χώρας μας, το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολλαπλάσιο, ενίοτε και υπερδεκαπλάσιο του οριακού κόστους παραγωγής της Δ.Ε.Η.
- ♦ **Η δυνατότητα τόνωσης της ελληνικής κατασκευαστικής δραστηριότητας** με προϊόντα υψηλής Εγχώριας Προστιθέμενης Αξίας (Ε.Π.Α.) και συγκριτικά χαμηλού επενδυτικού κόστους, όπως θα μπορούσε να αποτελέσει η απόφαση συμπαραγωγής ανεμογεννητριών στη χώρα μας, συνεισφέροντας ταυτόχρονα και στην μείωση της ανεργίας.
- ♦ **Η υψηλή Ε.Π.Α.** η οποία συνοδεύει την απόφαση εγχώριας παραγωγής ανεμογεννητριών. Η εκτιμώμενη Ε.Π.Α. μπορεί να φτάσει και να υπερβεί με τη σταδιακή απόκτηση πείρας και στο 90% του συνολικού κόστους μιας ανεμογεννήτριας, ενισχύοντας ταυτόχρονα την εθνική οικονομία.
- ♦ **Η αξιόλογη εγχώρια ηλεκτρο-μηχανολογική εμπειρία**, και το σημαντικό επιστημονικό-ερευνητικό ενδιαφέρον και δραστηριότητα στη γνωστική περιοχή της αιολικής ενέργειας.
- ♦ **Η δυνατότητα αξιοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων**, που χρηματοδοτούνται εν μέρει από ελληνικούς και κοινοτικούς φορείς, δεδομένων των υψηλών επιχορηγήσεων και του συγκριτικά χαμηλού κόστους που συνοδεύουν παρόμοιες επενδύσεις σε τομείς αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπλέον είναι δυνατή στην περίπτωση ίδρυσης αιολικών πάρκων η σταδιακή εγκατάσταση των μηχανών, με διαχρονική κατανομή του κόστους επένδυσης σύμφωνα με τον σχεδιασμό του επενδυτή.

- ◆ **Η έλλειψη ισχυρών ελληνικών οικονομικών συμφερόντων**, που έχουν επενδύσει σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως για παράδειγμα η πυρηνική ενέργεια στην Γαλλία, το πετρέλαιο στις Αραβικές χώρες, και τα οποία θα μπορούσαν να αποθαρρύνουν τυχόν κυβερνητικό ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Πράγματι τα τελευταία χρόνια με την ενθάρρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η πολιτεία έχει δείξει έντονο ενδιαφέρον για τη διείσδυση της αιολικής ενέργειας στην εγχώρια ενεργειακή αγορά, με τη θέσπιση νομικού πλαισίου (π.χ. Ν. 2244/94) αλλά και τη χρηματοδότηση αντίστοιχων έργων (π.χ. Ν. 2234\94 ή 2601\98), χωρίς βέβαια να αρθούν πλήρως οι αντιξοότητες που συνοδεύουν τη λειτουργία της κρατικής μηχανής και των αντίστοιχων γραφειοκρατικών μηχανισμών.
- ◆ **Η δυνατότητα αποκεντρωμένης ανάπτυξης** μέσα από αυτόνομα συστήματα παραγωγής ενέργειας, γεγονός που μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την οικονομική δραστηριότητα των τοπικών κοινωνιών.

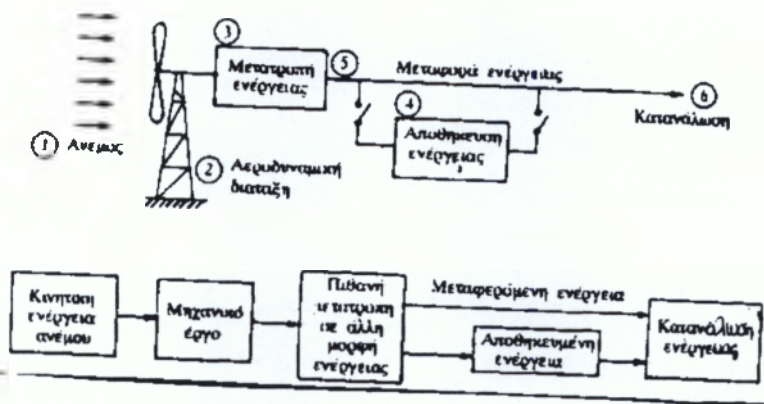
Συνοψίζοντας τα ανωτέρω, πιστεύουμε ότι τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ασυγκρίτως περισσότερα και σοβαρότερα από τα υπάρχοντα μειονεκτήματα. Για το λόγο αυτό η στρατηγική απόφαση να αξιοποιηθεί στη χώρα μας το υπάρχον αιολικό δυναμικό, καθώς και να αναπτυχθούν κατασκευαστικές μονάδες παραγωγής ανεμογεννητριών, μπορεί κάλλιστα να οδηγήσει σε οικονομικά βιώσιμες αλλά και ελκυστικές επενδύσεις, μη λαμβάνοντας υπόψιν στους ισολογισμούς μας τα παράλληλα οφέλη, που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος και την οικονομική ανεξαρτησία της χώρας μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΑΙΟΛΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

6.1 Εισαγωγή

Ο ανεμοκινητήρας από την εποχή της εμφάνισής του μέχρι σήμερα, έχει περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης, τόσο ως προς τον τύπο του (οριζοντίου ή κατακόρυφου άξονα) όσο και από τα υποσυστήματά του (πτερύγια, κιβώτιο ταχυτήτων, πύργος, αυτοματισμοί, γεννήτρια κ.τλ). Εξελίξεις έχουν σημειωθεί και στον τρόπο δέσμευσης, αξιοποίησης, αποθήκευσης ή μεταφοράς της ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από τον ανεμοκινητήρα σε άλλη «αναβαθμισμένη» μορφή ενέργειας. Μια εικόνα των βασικών μερών που αποτελούν μια διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, καθώς και της ροής ενέργειας παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1 Διάταξη εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας

Η διάταξη αυτή είναι μια γενική περίπτωση, όπου η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με τη βοήθεια μιας αεροδυναμικής διάταξης (πχ. Μιας έλικας) . Αυτό το μηχανικό έργο μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμο επί τόπου (πχ. Άντληση νερού). Στη γενικότερη, όμως, περίπτωση απαιτείται η μετατροπή του σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας, είτε γιατί δεν χρειαζόμαστε μόνο μηχανικό έργο, είτε γιατί ο τόπος της κατανάλωσης⁹⁷

απαιτείται η μεταφορά της δεσμευόμενης αιολικής ενέργειας. Σε αυτήν την περίπτωση η πιο πρόσφορη διάταξη είναι εκείνη που μετατρέπει το μηχανικό έργο σε άλλη μορφή ενέργειας, που μπορεί να μεταφέρεται εύκολα και αποδοτικά στο χώρο κατανάλωσης. Εδώ και πολύ καιρό μάλιστα οι περισσότερες έρευνες στρέφονται προς τη κατεύθυνση της μετατροπής του μηχανικού έργου του δρομέα του ανεμοκινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια, λόγω της εύκολης μεταφοράς της.

Είναι γνωστές οι μεγάλες διακυμάνσεις της ενέργειας του ανέμου με το χρόνο. Είναι επίσης γνωστό ότι πολλές φορές δεν πνέει καθόλου άνεμος για ορισμένα χρονικά διαστήματα. Αυτά έχουν ως συνέπεια χρονική ασυμφωνία μεταξύ ζήτησης και παραγωγής ενέργειας. Η λύση στο πρόβλημα βρίσκεται φυσικά στην αποθήκευση της ενέργειας. Η αποθηκευμένη ενέργεια καλύπτει το ενεργειακό έλλειμμα που παρουσιάζεται, όταν η ισχύς του ανέμου πέφτει κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο.

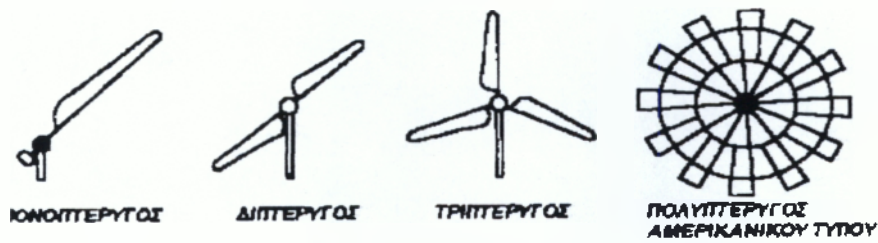
6.2 Κατάταξη αιολικών μηχανών

Οι αιολικές μηχανές αποτελούν ανθρώπινες επινοήσεις, που έχουν σαν σκοπό την αξιοποίηση του μεγαλύτερου δυνατού ποσοστού της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Τελικός σκοπός είναι η μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ωφέλιμη ενέργεια, δηλαδή σε οποιαδήποτε εύχρηστη μορφή ενέργειας, άμεσα απολήψιμης από τον άνθρωπο. Λέγεται ότι μέχρι σήμερα έχουν επινοηθεί και εφαρμοστεί περισσότεροι τύποι ανεμοκινητήρων από οποιοδήποτε τύπο εφεύρεσης, τόσο ως προς τον τύπο του (οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα) όσο και ως προς τα υποσυστήματά του (πτερύγια, κιβώτιο ταχυτήτων, πύργος, αυτοματισμοί, γεννήτρια κ.λπ.). Εξελίξεις έχουν επίσης σημειωθεί και στον τρόπο δέσμευσης, αξιοποίησης, αποθήκευσης ή μεταφοράς της ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από τον ανεμοκινητήρα σε άλλη «αναβαθμισμένη» μορφή ενέργειας.

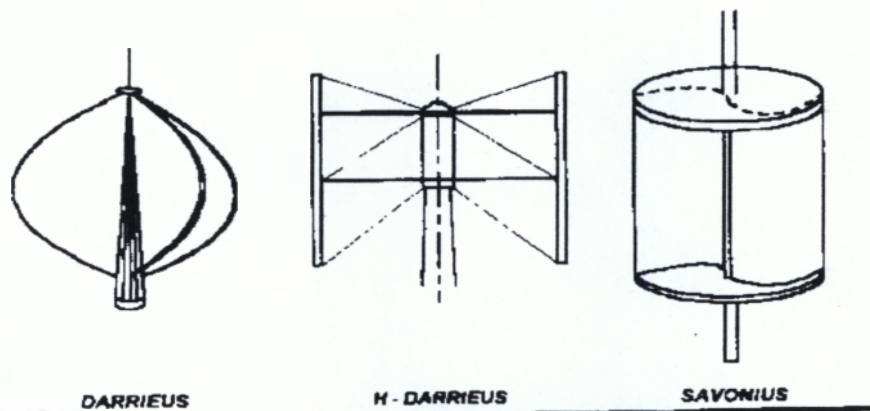
Οι επικρατέστεροι τύποι ανεμοκινητήρων ταξινομούνται κυρίως σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου. Ως εκ τούτου οι πλέον διαδεδομένοι τύποι ανεμοκινητήρων είναι οι ανεμοκινητήρες «οριζοντίου» και οι ανεμοκινητήρες «κατακόρυφου» άξονα (ΕΙΚ.2)

Βασικοί Τύποι Ανεμογεννητριών

ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΗΡΙΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ



ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΗΡΙΕΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ



ΕΙΚΟΝΑ 2

Οι ανεμοκινητήρες οριζώντιου άξονα έχουν συνήθως τον άξονά τους παράλληλο προς την κατεύθυνση του ανέμου (head on), ενώ σε μερικές περιπτώσεις έχουμε ανεμογεννήτριες των οποίων ο άξονας είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της γης και κάθετος προς την κατεύθυνση του ανέμου (cross-wind). Οι ανεμοκινητήρες κατακόρυφου άξονα εμφανίζουν το σημαντικό πλεονέκτημα της αυτόματης προσαρμογής στη διεύθυνση του ανέμου, δεδομένου ότι ο άξονάς τους είναι κάθετος σε αυτή και στην επιφάνεια της γης. Επίσης έχουν επινοηθεί και άλλοι τύποι ανεμοκινητήρων, όπως για παράδειγμα οι ανεμοκινητήρες τύπου μεταφοράς, αποτελούμενοι από οχήματα που κινούνται σε μια καθορισμένη διαδρομή (τύπου σιδηροδρομικών βαγονιών) και είναι συνδεδεμένα με ηλεκτρογεννήτριες.

Ανάλογα με την μηχανική τους ισχύ « N_o » που παρέχουν οι ανεμοκινητήρες στην έξοδό τους κατατάσσονται από πλευράς μεγέθους ως:

A. «Μικροί», όταν για την ονομαστική ισχύ τους έχουμε ότι:

$$50W < N_o < 30kW$$

B. «Μεσαίοι», όταν για την ονομαστική ισχύ τους έχουμε ότι:

$$30kW < N_o < 200kW$$

Γ. «Μεγάλοι», όταν για την ονομαστική ισχύ τους έχουμε ότι:

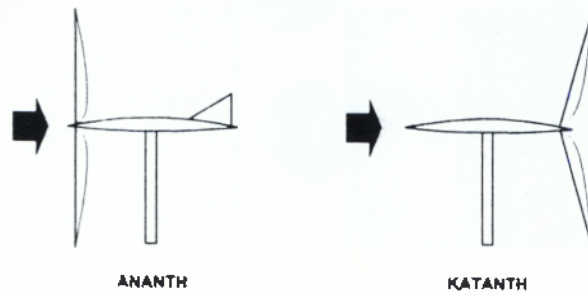
$$200kW < N_o < 4MW$$

Ο χαρακτηρισμός ενός ανεμοκινητήρα σε μικρό ή μεγάλο δεν ακολουθεί αυστηρά τα παραπάνω νούμερα, δεδομένου ότι οι εν λόγω τιμές είναι ενδεικτικές.

Τέλος, οι υφιστάμενες μηχανές κατατάσσονται και βάσει του αριθμού των πτερυγίων που διαθέτει η πτερωτή τους. Ως εκ τούτου οι ανεμοκινητήρες διακρίνονται σε πολυπτέρυγους, όπως οι παραδοσιακοί ανεμόμυλοι χαμηλών ταχυτήτων περιστροφής, και οι ολιγοπτέρυγοι που αποτελούν την πλειοψηφία των σύγχρονων ανεμοκινητήρων οριζοντίου και κάθετου άξονα, με αριθμό πτερυγίων που κυμαίνεται από ένα έως τρία πτερύγια σε κάθε πτερωτή.

6.3 Μηχανές Οριζοντίου Άξονα

Όπως αναφέραμε οι ανεμοκινητήρες οριζοντίου άξονα έχουν τον άξονά τους παράλληλο προς την επιφάνεια της γης και συνήθως παράλληλο και με τη διεύθυνση του ανέμου (head on), αν και κάποτε η διεύθυνσή τους είναι κάθετη προς τη διεύθυνση του ανέμου (cross-wind). Επιπλέον οι ανεμοκινητήρες οριζοντίου άξονα μπορούν να έχουν ένα, δύο, τρία ή ακόμη και πενήντα πτερύγια, ενώ η πτερωτή τους μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε προσήνεμη διάταξη (up-wind ή ανάντι), δηλαδή μπροστά από τον πύργο στήριξης, είτε σε υπήνεμη διάταξη (down-wind ή κατάντι), δηλαδή πίσω από τον πύργο στήριξης σε σχέση με την διεύθυνση του ανέμου(ΕΙΚ.3).



ΕΙΚΟΝΑ 3

Ανάμεσα στους ανεμοκινητήρες οριζοντίου άξονα συγκαταλέγονται οι κλασσικοί παραδοσιακοί ανεμόμυλοι (τύπου Μυκόνου) καθώς και αργές μηχανές πολλών πτερυγίων «αμερικάνικου τύπου» (εικ.4). Στην κατηγορία των αιολικών μηχανών οριζοντίου άξονα περιλαμβάνονται οι ανεμοκινητήρες που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σήμερα (περίπου το 90% του συνολικού των εγκατεστημένων παγκοσμίως μηχανών), και οι οποίοι ονομάζονται ανεμοκινητήρες τύπου «έλικας». Οι μηχανές αυτές εμφανίζουν σημαντικές περιφερειακές ταχύτητες, ενώ τα πτερύγιά τους, που είναι συνήθως ένα έως τρία, βασίζονται στην τεχνολογία των αεροπορικών ελίκων αλλά και σε αυτής της έλικας ελικοπτέρου.

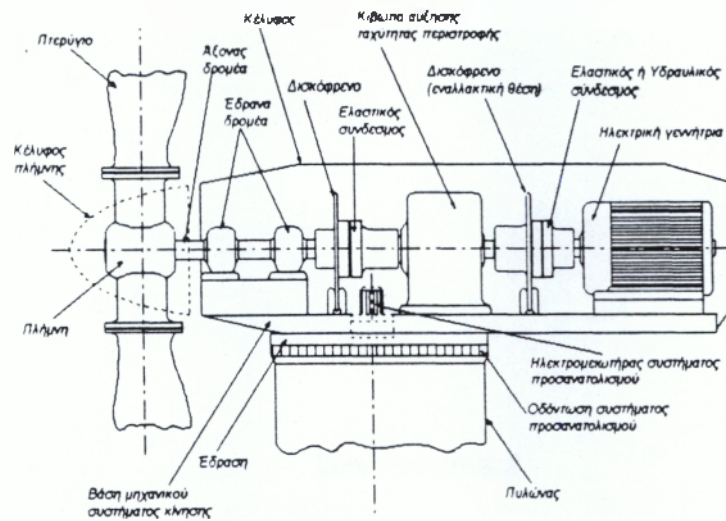
Στις μηχανές τύπου «έλικας» γίνεται ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής της πτερωτής και για λόγους προστασίας της σε περιπτώσεις πολύ ισχυρών ανέμων, είτε με την χρήση ειδικών αεροδυναμικών βοηθημάτων (π.χ. "Flaps") στην άκρη των πτερυγίων, είτε με τη στροφή της πτερωτής υπό γωνία σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου. Η αιολική ισχύς μεταφέρεται από την πτερωτή είτε μέσω συστήματος μετάδοσης κίνησης (οδοντωτοί τροχοί) στη βάση του πύργου στήριξης, είτε από τον άξονα της πτερωτής στην ηλεκτρική γεννήτρια, που βρίσκεται και αυτή συνήθως στον πύργο στήριξης. Οι μηχανές οριζοντίου άξονα συνεχίζουν να αναπτύσσονται και σήμερα, ενώ έχουν κατασκευαστεί ή κατασκευάζονται μονάδες με ισχύ, που κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες Watt έως και αρκετά MW.

Τα βασικά μέρη μιας τυπικής αιολικής μηχανής οριζοντίου άξονα, δίνοντας έμφαση στην περιγραφή μιας όσο το δυνατό πιο διαδεδομένης και αντιπροσωπευτικής μηχανής στην παγκόσμια αγορά της αιολικής ενέργειας (ΕΙΚ.4)

είναι i) πύργος στηρίξεως, ο οποίος αποτελείται συνήθως είτε από ένα μεταλλικό δίκτυωμα είτε από μια στήλη μπετόν ή μεταλλικό σωλήνα για μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες. Στην τελευταία περίπτωση υπάρχει ειδική μέριμνα για εσωτερική σκάλα, ενώ για ανεμογεννήτριες μεγάλων διαστάσεων υπάρχει πρόσθετη μέριμνα για εγκατάσταση ανελκυστήρα. Το ελάχιστο ύψος του πύργου στήριξης είναι συνήθως ίσο με την διάμετρο της πτερωτής, ενώ κατά την εκλογή του πρέπει να ληφθούν υπόψιν τόσο το αυξημένο κόστος κατασκευής και θεμελίωσης για μεγάλα ύψη όσο και η δυνατότητα αξιοποίησης υψηλότερων ταχυτήτων του ανέμου, με την αύξηση του ύψους τοποθέτησης της πτερωτής. ii) η πτερωτή, η οποία αποτελείται από πτερύγια, των οποίων το σχήμα έχει προέλθει από αντίστοιχα πτερύγια αεροπορικών κινητήρων και είναι κατασκευασμένα συνήθως από ελαφρά κράματα μετάλλων, ενισχυμένα πολυεστέρα, αλλά και από ξύλο σε συνδυασμό με ειδικές ρητίνες. Όπως προαναφέραμε η πτερωτή τοποθετείται είτε ανάντη είτε κατόντη του πύργου στηρίξεως. Όταν ο δρομέας λειτουργεί στα κατόντη του πύργου στηρίξεως έχουμε μεν αυξημένο επίπεδο αεροδυναμικού θορύβου, αλλά και αυτόματο προσανατολισμό της πτερωτής στη διεύθυνση του ανέμου. Στην ανάντη λειτουργίας της πτερωτής εκλείπουν τα παραπάνω φαινόμενα, με αποτέλεσμα η διάταξη να προτιμάται σήμερα. Τέλος για λόγους ασφαλείας της ανεμογεννήτριας, τα πτερύγια είναι συνήθως εφοδιασμένα με συστήματα αεροδυναμικής πέδησης (αερόφρενα), τα οποία διακόπτουν τη λειτουργία της μηχανής σε έκτατες περιπτώσεις. Ο άξονας περιστροφής, iii) η πλήμνη, η οποία αποτελεί το δεύτερο συστατικό της πτερωτής (δρομέας) και περιλαμβάνει εκείνο το μέρος της ανεμογεννήτριας πάνω στο οποίο προσαρμόζονται τα πτερύγια, iv) ο άξονας της ανεμογεννήτριας, ο οποίος κατασκευάζεται από ειδικό ενισχυμένο χάλυβα. Η δυνατότητα περιστροφής του άξονα σε διεύθυνση παράλληλη προς αυτή του ανέμου εξασφαλίζεται από τη χρήση καθοδηγητικών πτερυγίων και ειδικών αυτοματισμών, v) το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το οποίο είναι ένα από τα σπουδαιότερα τμήματα της ανεμογεννήτριας και το οποίο περιλαμβάνει υδραυλικό ή μηχανικό φρένο και ελαστικούς συνδέσμους. Για την προστασία των τμημάτων της ανεμογεννήτριας από καιρικές συνθήκες χρησιμοποιείται ειδικό κέλυφος από σύνθετο υλικό, π.χ. ειδικά κράματα χάλυβα ή αλουμινίου, που στην περιοχή της πλήμνης πρέπει να έχει και αεροδυναμική μορφή.

Επιπλέον το κέλυφος πρέπει να έχει και αντιδιαβρωτική προστασία, ν) ολοκληρώνοντας την σύντομη περιγραφή των βασικών τμημάτων της ανεμογεννήτριας πρέπει να αναφέρουμε και την ύπαρξη των ηλεκτρικών γεννητριών, που χρησιμοποιούνται για την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική, καθώς και συστημάτων αυτοματισμού.

Τυπική Μορφή Ανεμογεννήτριας Οριζοντίου Άξονα



ΕΙΚΟΝΑ 4

Τέλος έχουν επινοηθεί και προταθεί κατά καιρούς διάφορες μηχανές τύπου "cross-wind", οι οποίες όμως δεν είναι περισσότερο αποτελεσματικές από τους άλλους τύπους. Αντίθετα οι συγκεκριμένοι ανεμοκινητήρες παρουσιάζουν μειονεκτήματα όσον αφορά τη συλλογή της παραγόμενης ενέργειας καθώς και την ρύθμιση της πτερωτής σε περιπτώσεις έντονων μεταβολών του ανέμου.

6.4 Μηχανές Κατακόρυφου Άξονα

Οι μηχανές κατακόρυφου άξονα εμφανίζουν δύο σημαντικά πλεονεκτήματα, τα οποία τις κάνουν κατασκευαστικά απλούστερες από τις μηχανές οριζοντίου άξονα. Το πρώτο είναι αυτό της αυτόματης προσαρμογής στη διεύθυνση του ανέμου. Αυτό σημαίνει πως δεν απαιτούν πτερύγιο ή σύστημα αυτοματισμού για τον προσανατολισμό του δρομέα στη διεύθυνση πνοής του ανέμου. Και το δεύτερο πλεονέκτημα αφορά το σύστημα μετατροπής

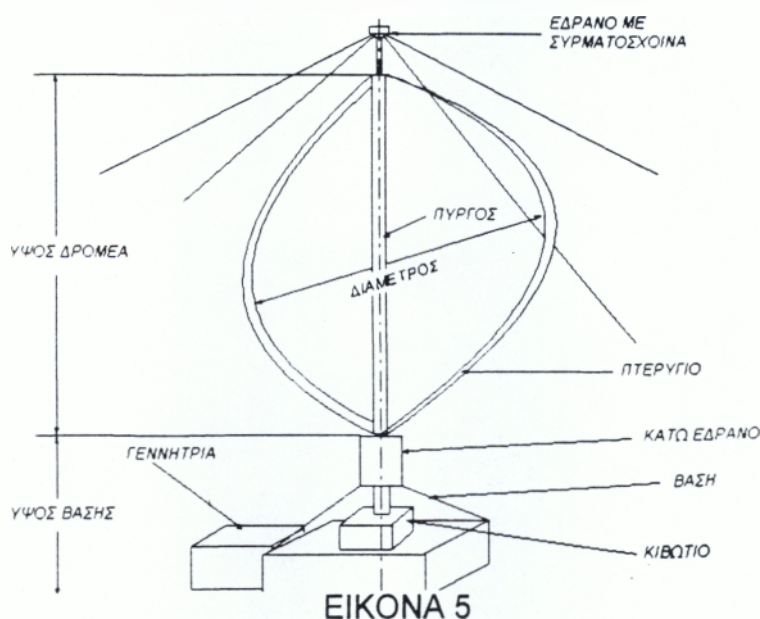
της μηχανικής ενέργειας του δρομέα σε άλλη μορφή ενέργειας. Αυτό βρίσκεται στο έδαφος, στη βάση του ανεμοκινητήρα και συνεπώς τα έξοδα αυτοματισμού, συντήρησης ή επισκευών είναι σαφώς μικρότερα σε σύγκριση με αυτά του ανεμοκινητήρα οριζοντίου άξονα.

Συνοπτικά οι ανεμοκινητήρες κατακόρυφου άξονα περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα κάθετο τόσο στη διεύθυνση του ανέμου όσο και στο έδαφος. Οι αεολικές μηχανές του τύπου αυτού έχουν καλή αεροδυναμική απόδοση, ανεξαρτησία ως προς την διεύθυνση του ανέμου, χαμηλό κόστος κατασκευής και σχετικά απλά συστήματα ελέγχου. Δεν απαιτείται επίσης βαρύς πυλώνας καθώς οι μηχανισμοί και η γεννήτρια βρίσκονται κατά κανόνα στο έδαφος.

Οι πλέον γνωστοί τύποι ανεμοκινητήρων κατακόρυφου άξονα είναι οι μηχανές τύπου "Darrieus" και οι μηχανές τύπου "Savonius". Να σημειωθεί ότι οι μηχανές τύπου "Darrieus" αποτελούν έναν από τους πλέον διαδεδομένους τύπους ανεμοκινητήρων στη διεθνή αγορά. Πιο αναλυτικά για αυτού του τύπου ανεμοκινητήρων έχουμε:

- i. **Darrieus** : Ο ανεμοκινητήρας τύπου Darrieus επινοήθηκε από τον Γάλλο G.J.M.Darrieus γύρω στα 1920 και έγινε ιδιαίτερα γνωστός στον Καναδά τη δεκαετία του 1970. Ο ανεμοκινητήρας Darrieus είναι μηχανή που χαρακτηρίζεται από καμπυλωτά πτερύγια (Egg beater). Έχει σχετικά μικρή αρχική ροπή εκκίνησης και ως εκ τούτου έχει το μειονέκτημα να μη ξεκινάει μόνος του όταν φυσάει

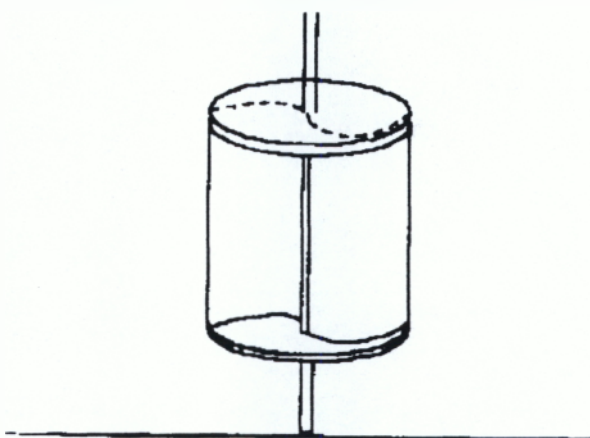
Ανεμοκινητήρας "Darrieus", Κατακόρυφου Άξονα



άνεμος. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μορφές ανεμοκινητήρων Darrieus, όπως: α) με δύο ή τρία πτερύγια β) με ευθύγραμμο πτερύγιο και γ) με σπαστά πτερύγια, για ρύθμιση της ισχύος (ΕΙΚ.5)

ii. **Savonius:** Ο ανεμοκινητήρας τύπου Savonius πρωτοπαρουσιάστηκε το 1931 από τον Savonius. Τα βασικά του χαρακτηριστικά είναι ο χαμηλός συντελεστής ισχύος, το περιορισμένο μέγεθος και η εξαιρετική του απλότητα και οικονομικότητα της κατασκευής. Παρά τα μειονεκτήματα, το τελευταίο πλεονέκτημα σε συνδυασμό με το γεγονός ότι δεν χρειάζεται σύστημα προσανατολισμού προς τον άνεμο, έχει δώσει ώθηση σε μια σειρά από έρευνες πάνω στον Savonius για την εύρεση του καλύτερου συνδυασμού των διαφόρων παραμέτρων (ΕΙΚ.6).

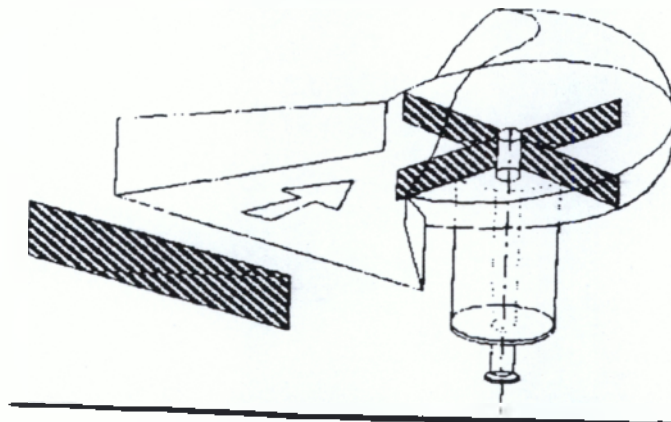
Ανεμοκινητήρας Κατακορύφου Άξονα τύπου "Savonius"



ΕΙΚΟΝΑ 6

Υπάρχουν τώρα βέβαια και άλλοι τύποι ανεμικινητήρων τους οποίους θα αναφέρουμε ονομαστικά. Αυτοί είναι οι ανεμοκινητήρες τύπου "Lebost"(ΕΙΚ.7),

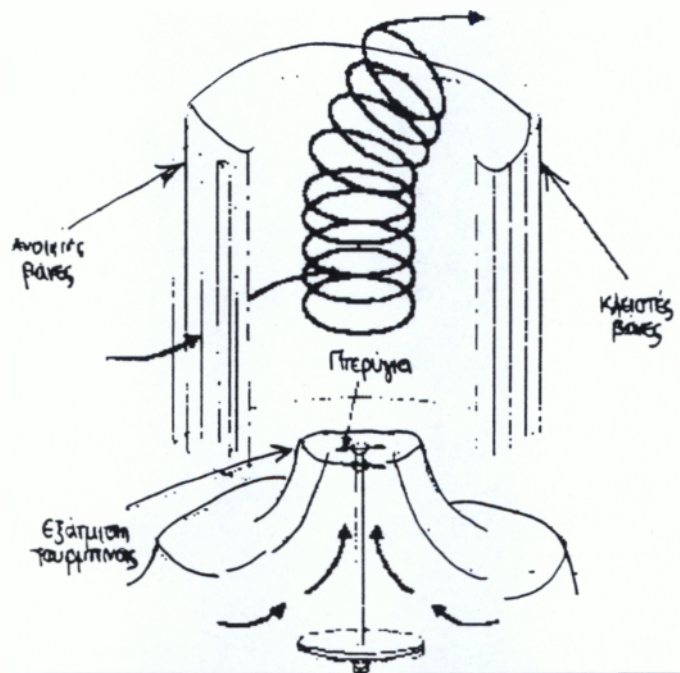
Α.Κ. τύπου "Lebost"



ΕΙΚΟΝΑ 7

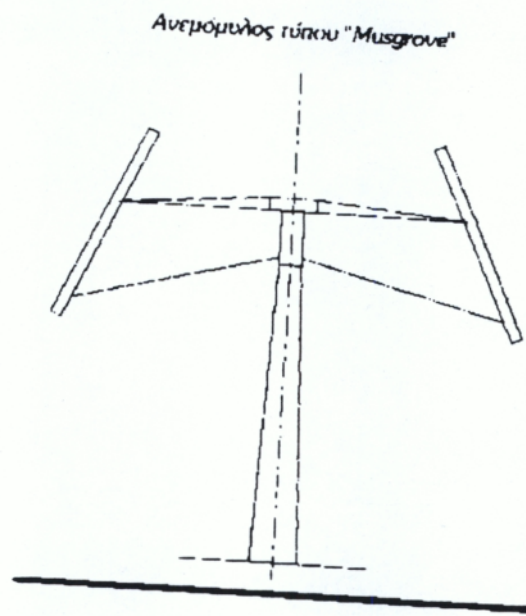
ανεμοκινητήρες τύπου "Tornado"(ΕΙΚ. 8),

Λοιπική Μηχανή, "Tornado"



ΕΙΚΟΝΑ 8

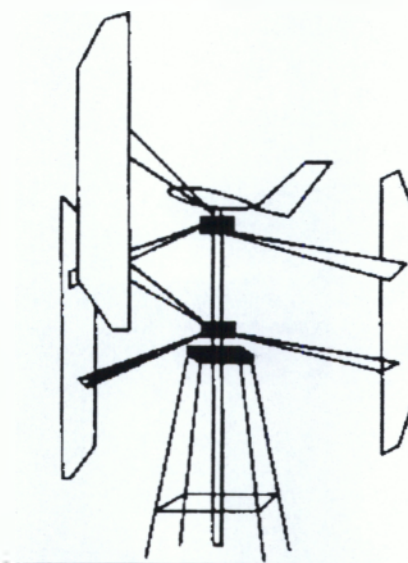
ανεμοκινήτες τύπου "Musgrove"(ΕΙΚ.9).



ΕΙΚΟΝΑ 9

ανεμοκινήτες τύπου "Gyromill"(ΕΙΚ.10) και πολλοί άλλοι.

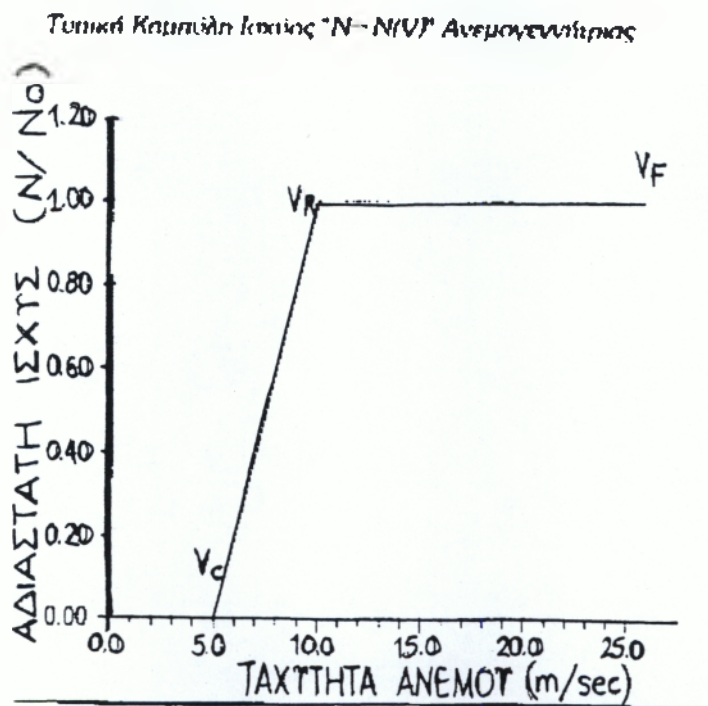
Ανεμόμυλος τύπου «Gyromill»



ΕΙΚΟΝΑ 10

6.5 Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας Ανεμοκινητήρα

Στο σημείο αυτό θα εξεταστεί η μορφή της καμπύλης ισχύος ενός ανεμοκινητήρα ως συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, στοιχείο που είναι απαραίτητα για τον καθορισμό της παραγόμενης ενέργειας. Η παραγόμενη ισχύς του ανεμοκινητήρα είναι μηδενική, όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρότερη από την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας " V_c ". Συνεπώς για ταχύτητες ανέμου μικρότερες της " V_c " δεν έχουμε αξιοποίηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού. Οι τιμές της ταχύτητας έναρξης λειτουργίας κυμαίνονται μεταξύ των 3m/sec και των 6m/sec (ΕΙΚ. 11). Όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας και μέχρι την ταχύτητα της ονομαστικής ισχύς " V_R " η ισχύς του ανεμοκινητήρα αυξάνεται καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου. Στη βιβλιογραφία οι τιμές της ταχύτητας ονομαστικής ισχύος βρίσκονται από 8m/sec έως και 15m/sec.



ΕΙΚΟΝΑ 11

Από την ταχύτητα ονομαστικής λειτουργίας και μέχρι την ταχύτητα διακοπής της λειτουργίας " V_F " ενός ανεμοκινητήρα επιχειρείται η παραγόμενη ισχύς να είναι κατά το δυνατόν σταθερή και ίση με την ονομαστική τιμή της

Η ρύθμιση της ισχύος, κυρίως σε μηχανές οριζοντίου άξονα, γίνεται μηχανικά με τη χρήση αερόφρενων ή με την μεταβολή της θέσης της πτερωτής σε σχέση με αυτήν του ανέμου. Οι τιμές της ταχύτητας διακοπής λειτουργίας μεταβάλλονται από τα 20m/sec για ελαφρές κατασκευές μέχρι τα 30m/sec για πλέον στιβαρές εγκαταστάσεις. Για ταχύτητες ανέμου πάνω από την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας, η παραγόμενη ισχύς είναι μηδενική, δεδομένου ότι λόγοι ασφάλειας της εγκατάστασης επιβάλλουν τη διακοπή λειτουργίας του ανεμοκινητήρα.

Τέλος η εγκατάσταση είναι ασφαλής, χωρίς βέβαια να παράγει ωφέλιμη ενέργεια, μέχρι τη λεγόμενη ταχύτητα επιβίωσης "V_s" της εγκατάστασης, η οποία κυμαίνεται μεταξύ των 50m/sec και των 80m/sec (180km/h με 280km/h). Οι ταχύτητες αυτές αντιστοιχούν σε ανέμους θυελλώδεις, που ξεπερνούν τα 9 ή και τα 10 Beauforts .

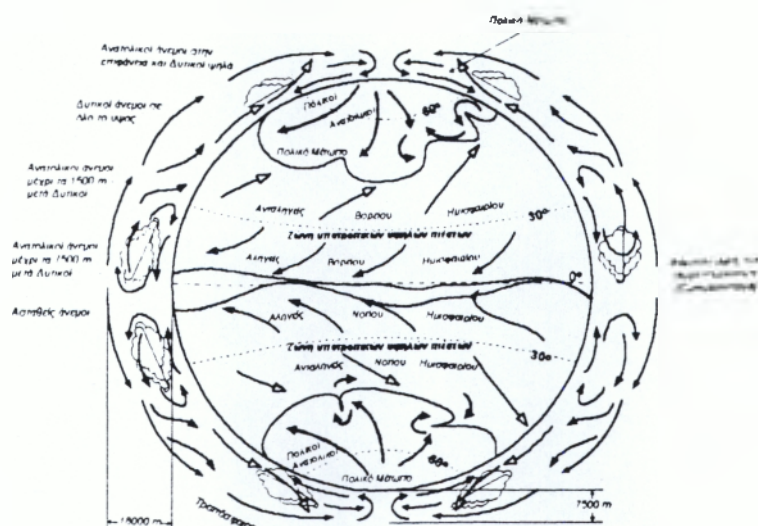
Βαθμοί Beaufort	Γενική Περιγραφή	Προσδιορισμός	m/sec	Km/h
0	Νηνεμία	Καπνός ανέρχεται κατακόρυφα (άπνοια)	<0.6	<1
1	Υποπνέων	Η διεύθυνση καθορίζεται από τον Καπνό, αλλά όχι από τους Ανεμοδείκτες	0.6-1.7	1-6
2	Ασθενής	Αισθητός στο πρόσωπο. Θρόισμα φύλλων. Κινεί συνήθη ανεμοδείκτη.	1.8-3.3	7-12
3	Λεπτός	Φύλλα και κλώνοι σε συνεχή κίνηση. Εκτείνεται λεπτή σημαία.	3.4-5.2	13-18
4	Μέτριος	Εγείρεται κονιορτός και φύλλα χαρτιού. Μικροί κλάδοι δένδρων κινούνται.	5.3-7.4	19-26
5	Λαμπρός	Μικρά δένδρα και κλάδοι λυγίζουν. Κυματίδια σε μεσόγεια νερά.	7.5-9.8	27-35
6	Ισχυρός	Μεγάλοι κλάδοι δένδρων κινούνται. Συριγμοί στα τηλεγραφικά σύρματα. Δύσκολη η χρήση ομπρέλλας.	9.9-12.4	36-44

7	Σφοδρός	Κινεί ολόκληρα δένδρα. Βάδισμα αντίθετα προς τον άνεμο με δυσχέρεια.	12.5-15.2	45-55
8	Ορμητικός	Θραύει κλώνους δένδρων και το βάδισμα γενικά εμποδίζεται	15.3-18.2	56-66
9	Θύελλα	Κίνδυνος για μικρές κατασκευές.	18.3-21.6	67-78
10	Ισχυρή Θύελλα	Ξεριζώνονται δένδρα και προσκαλούνται σημαντικές ζημιές στις οικοδομές.	21.7-25.4	79-90
11	Σφοδρή Θύελλα	Σπάνια σημειώνεται στην στεριά και προκαλεί εκτεταμένες ζημιές.	25.5-29.0	91-104
12	Τυφώνας	Εξαιρετικά σοβαρές ζημιές.	>29.0	>105

6.6 Εξαγωγή Ισχύος από τον άνεμο και ενεργειακές απώλειες

Οι μεγάλες μάζες του ανέμου που διαρκώς μετακινούνται στην ατμόσφαιρα περιέχουν τεράστια ποσά ενέργειας που προσφέρονται περισσότερο από κάθε άλλη μορφή ενέργειας για μετατροπή και εκμετάλλευση (ΕΙΚ.12).

Πεδίο Ανέμων γύρω από τον Γλαντίτη μας



ΕΙΚΟΝΑ 12

Η στιγμιαία ισχύς που περιέχεται σε ένα ρεύμα αέρα διατομής A ομοιόμορφης στιγμιαίας ταχύτητας V και πυκνότητας ρ , υπολογίζεται από την σχέση :

$$P = \frac{\rho}{2} A V^3$$

Και είναι ανάλογη του κύβου της στιγμιαίας ταχύτητας του ανέμου. Αυτό όμως έχει τεράστια σημασία, αφού η ταχύτητα δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται σε ευρύτατα όρια με τον χρόνο. Το γεγονός της ευρύτατης χρονικής μεταβολής μας επιβάλλει έναν ξεχωριστό τρόπο επεξεργασίας των μετεωρολογικών δεδομένων, όταν ενδιαφερόμαστε για την εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου και την εύρεση του κατάλληλου ανεμοκινητήρα για μια ορισμένη περιοχή.

Η ισχύς όμως που παρέχει η έλικα είναι μικρότερη από την ισχύ του ανέμου, σύμφωνα με την σχέση:

$$P_{ΑΚ} = C_p \frac{\rho}{2} V^3 A$$

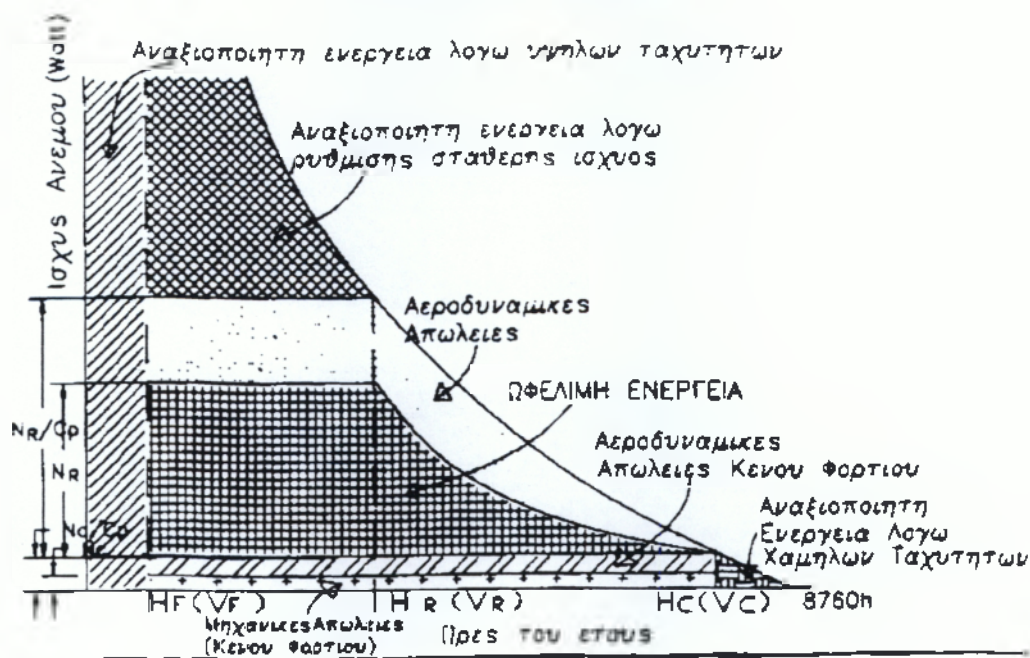
Το μέγεθος C_p λέγεται συντελεστής ισχύος. Προσοχή χρειάζεται στο ότι το C_p δεν είναι αυστηρά ο βαθμός απόδοσης του δρομέα, αφού αναφέρεται σε μια ισχύ που δεν μπορούμε να εκμεταλλευτούμε ολόκληρη, ακόμη και με μια ιδανική έλικα. Όπως έδειξε ο Betz, η μέγιστη τιμή του είναι :

$$C_p = \frac{19}{27}$$

Το όριο αυτό καλείται το όριο του Betz.

Στην πραγματικότητα ο συντελεστής ισχύος του δρομέα θα είναι ακόμη μικρότερος λόγω των ενεργειακών απωλειών που παρουσιάζει (ΕΙΚ.13).

Κατανομή ισχύος ανέμου



ΕΙΚΟΝΑ 13

Έτσι ο ανεμοκινητήρας δεν μπορεί να αξιοποιήσει όλη την ενέργεια του ανέμου για τους ακόλουθους λόγους:

- ❖ Ο ανεμοκινητήρας είναι σε θέση να αποδώσει ωφέλιμη ισχύ μόνο όταν η ισχύς του ανέμου είναι μεγαλύτερη από τις απώλειες (τριβές άξονα, μειωτήρα, γεννήτριας)
- ❖ Καθώς η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται, αυξάνει και η αποδιδόμενη ισχύς μέχρι να φτάσει την ονομαστική ισχύ της γεννήτριας. Κατόπιν, όσο και να αυξάνεται η ισχύς του ανέμου επιδιώκουμε να διατηρήσουμε την ισχύ σταθερή. Αυτό γίνεται είτε με την χρησιμοποίηση των μεταπτερυγίων (flaps) είτε με την αλλαγή της γωνιακής θέσης του δρομέα με τον άνεμο. Η μικρότερη ταχύτητα ανέμου στην οποία ο δρομέας αναπτύσσει την ονομαστική ισχύ της μηχανής ορίζεται ως V_R και ονομάζεται ονομαστική ταχύτητα ανέμου. Άρα για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες της V_R χάνεται ένα ποσό του αιολικού δυναμικού.

- ❖ Όταν ο άνεμος φτάνει σε υψηλές ταχύτητες ενδείκνυται η διακοπή της λειτουργίας της εγκατάστασης για λόγους ασφαλείας. Η ταχύτητα διακοπής λειτουργίας (furling speed), συμβολίζεται με V_F και η ενέργεια του ανέμου για ταχύτητες μεγαλύτερες της παραμένει εντελώς αναξιοποίητη.
- ❖ Κατά την διάρκεια της λειτουργίας της έχουμε αεροδυναμικές απώλειες.
- ❖ Και τέλος κατά την διάρκεια της λειτουργίας του ανεμοκινητήρα έχουμε πρόσθετες μηχανικές απώλειες που μπορούν να θεωρηθούν σταθερές. Ανάλογα με τα υποσυστήματα του κινητήρα οι απώλειες μπορεί να ανέρχονται και στο 10% της ονομαστικής ισχύς της μηχανής.

6.7 Επιλογή θέσης εγκατάστασης

Αν εξαιρεθούν οι απαιτήσεις που συνδέονται με τα ανεμολογικά στοιχεία μιας περιοχής, η διαδικασία εγκατάστασης μιας ή περισσότερων ανεμογεννητριών χαρακτηρίζεται από τα ίδια τα οικονομικοτεχνικά κριτήρια, που δεσμεύουν οποιαδήποτε ενεργειακή επένδυση. Δηλαδή για παράδειγμα η εγκατάσταση του ανεμοκινητήρα θα πρέπει να βρίσκεται σε περιοχή προσπελάσιμη στα συνήθη μεταφορικά μέσα, να υπάρχει πρόσβαση σε λιμάνια ή συγκοινωνιακούς κόμβους. Παράλληλα απαιτείται η σύμφωνη γνώμη του κοινωνικού περίγυρου, με την διαβεβαίωση ότι οι ανεμοκινητήρες δεν θα αλλοιώσουν το περιβάλλον, καθώς και με την διαβεβαίωση πως οι ανεμοκινητήρες είναι μια τελείως καθαρή μορφή ενέργειας.

Από την πλευρά της βέλτιστης επιλογής της θέσης εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας σε σχέση με το αιολικό δυναμικό της περιοχής, η τήρηση των βασικών ανεμολογικών κριτηρίων προϋποθέτει την επιλογή τοποθεσιών με:

- A) Υψηλή μέση ταχύτητα ανέμου
 - B) Αιολικό δυναμικό υψηλής ποιότητας, δηλαδή μεγάλη διάρκεια ισχυρών ανέμων και περιορισμένη ύπαρξη περιόδων νηνεμίας
 - Γ) απουσία αποφράξεων του ανέμου καθώς και υψηλών εμποδίων
- Βάσει των παραπάνω κριτηρίων ενδιαφέροντα μέρη αποτελούν οι 113

ορίζοντα, καθώς και οι ανοικτές πεδιάδες, οι ακρογιαλιές ή τέλος και τα ανώματα των βουνών που δημιουργούν φυσικούς επιταχυντές (ρεύματα αέρα).

6.8 Παράμετροι επιλογής τοποθεσίας αιολικών εγκαταστάσεων

Η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής αποτελεί ένα καθοριστικό αλλά όχι και το μοναδικό παράγοντα που προσδιορίζει την περιοχή εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας. Έτσι θα πρέπει να συνυπολογιστούν και άλλοι παράμετροι στην επιλογή της οριστικής θέσης της ανεμογεννήτριας. Πιο συγκεκριμένα η επιλογή θα είναι η καλύτερη δυνατή εφόσον συνυπολογιστούν και οι ακόλουθες συνιστώσες:

α) Επιδράσεις στο περιβάλλον. Είναι εν γένει γνωστό ότι οι ανεμοκινητήρες προκαλούν περιορισμένες επιδράσεις στο περιβάλλον.

- i) οπτική αισθητική επίδραση, η οποία είναι κάπως έντονη σε περιπτώσεις εγκατάστασης ανεμοκινητήρων μεγάλων διαστάσεων (άνω των 500kW, ύψος 50m, διάμετρος πτερωτής 35m) σε σχετικά κλειστές περιοχές. Αντίθετα η εγκατάσταση αιολικής μηχανής σε ανοικτό χώρο φαίνεται πως δεν επηρεάζει αρνητικά την αισθητική της περιοχής.
- ii) Οι επιδράσεις στα πουλιά είναι δυνατόν να περιοριστούν, εφόσον αποφεύγονται περιοχές οι οποίες αποτελούν νυκτερινά περάσματα αποδημητικών πουλιών. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η μείωση του πληθυσμού των πτηνών και εμποδίζεται η καταστροφή των πτερυγίων της μηχανής.
- iii) Η ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση δημιουργείται λόγω της ανάκλασης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια του δρομέα. Ειδικότερα στη χώρα μας το θέμα έχει αντιμετωπισθεί και νομοθετικά καθώς για την έκδοση άδειας εγκατάστασης από το ΥΠ.ΑΝ. απαιτείται είτε βεβαίωση της αρμόδιας Νομαρχίας ότι η αιολική εγκατάσταση απέχει τουλάχιστον 1km από αναμεταδότες της τηλεόρασης και ραδιοφωνικούς σταθμούς ή έγγραφη συναίνεση των οργανισμών αυτών για μικρότερες αποστάσεις.

iv) Το πρόβλημα του θορύβου, τέλος, αποτελεί ίσως την μόνη πραγματική επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την ύπαρξη αιολικών μηχανών, ιδιαίτερα στην περίπτωση πολλών μηχανών μεγάλων διαστάσεων. Βέβαια στο σημείο αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι η εγκατάσταση γίνεται κυρίως σε περιορισμένες περιοχές, ενώ ο προσεκτικός σχεδιασμός των σύγχρονων μηχανών έχει περιορίσει στο ελάχιστο τόσο τον αεροδυναμικό όσο και κάθε άλλο ηλεκτρομηχανολογικό θόρυβο.

β) Κανονισμοί και περιορισμοί στη χρήση γης: Κατά την φάση προεπιλογής των θέσεων εγκατάστασης των ανεμοκινητήρων πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι τοπικοί νόμοι και κανονισμοί, που πιθανόν να εμποδίζουν τη χρησιμοποίηση της γης, για την εγκατάσταση κυρίως μεγάλων ανεμοκινητήρων. Τέτοιοι νόμοι αναφέρονται κυρίως είτε στην προστασία ιστορικών και αρχαιολογικών χώρων, είτε στην προστασία του περιβάλλοντος με τη διατήρηση των τοπικών οικοσυστημάτων.

γ) Ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες: Κατά την αξιολόγηση θέσεων εγκατάστασης πρέπει να συνυπολογιστούν και πιθανές ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στις υποψήφιες περιοχές. Ορισμένες από αυτές είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντικές φθορές στην εγκατάσταση, ενώ οι υπόλοιπες αυξάνουν το κόστος συντήρησης και λειτουργίας της μηχανής περιορίζοντας ίσως ακόμη και τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης.

i) Ο παγετός επιδρά στην λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας με αρκετούς τρόπους. Αρχικά η επικάλυψη πάγου στα μέρη της εγκατάστασης αυξάνει την στατική τους και την μηχανική τους καταπόνηση, με αποτέλεσμα να πρέπει τα μέρη της εγκατάστασης να υπολογισθούν σε αυξημένα φορτία. Επίσης, η επικάλυψη πάγου πάνω στα πτερύγια μιας μηχανής έχει και σαν πιθανή συνέπεια την εκτόξευση τμημάτων πάγου κατά την περιστροφή των πτερυγίων. Για να αντιμετωπισθούν αυτά πρέπει να ακινητοποιηθεί η ανεμογεννήτρια και να καθαριστούν τα πτερύγια. Σε περιπτώσεις Δε συχνών παγετών είναι κατανοητή η μείωση της διαθεσιμότητας της εγκατάστασης. Ένας επιπρόσθετος κίνδυνος είναι η καταστροφή των ανεμόμετρων ή η βλάβη των συστημάτων

- ii) Η υγρασία και οι βροχοπτώσεις επιδρούν επίσης σημαντικά στη συμπεριφορά μιας αιολικής μηχανής. Πράγματι η υψηλή υγρασία επιταχύνει φαινόμενα οξειδωσης και διάβρωσης της μηχανής, ενώ αντίθετα αυξάνει την πυκνότητα του αέρα και συνεπώς την αποδιδόμενη ισχύ.
 - iii) Οι υπερβολικά ισχυροί άνεμοι (άνω των 9 Beaufort) και η συχνότητα εμφάνισης αυτών πρέπει να συνεκτιμούνται κατά την επιλογή της υποψήφιας περιοχής. Με τον τρόπο αυτό επιλέγονται κατασκευές που είναι ικανές να λειτουργούν σε μεγάλες ταχύτητες του ανέμου, ενώ διαθέτουν την κατάλληλη στιβαρότητα για να επιβιώσουν σε ιδιαίτερα δυσμενείς ανεμολογικές καταστάσεις (η ταχύτητα επιβίωσης πλησιάζει τα 80m/sec).
 - iv) Η έντονη τύρβη μιας υποψήφιας περιοχής έχει σαν συνέπεια τη διαρκή μεταβολή του μέτρου και της διεύθυνσης του ανέμου. Οι διαρκείς αυτές μεταβολές προκαλούν κόπωση των συστατικών κατασκευής με αποτέλεσμα τη μείωση της διάρκειας ζωής της ανεμογεννήτριας.
 - v) Τα μεταφερόμενα υλικά από τον άνεμο προκαλούν σημαντικές αλλοιώσεις στα μέρη της μηχανής. Έτσι μηχανές οι οποίες πρόκειται να εγκατασταθούν σε παραθαλάσσιες περιοχές κινδυνεύουν από διάβρωση , δεδομένου των σημαντικών ποσοτήτων αλάτων που περιέχει ο αέρας στις περιοχές αυτές. Για το λόγο αυτό ορισμένα τμήματα της κατασκευής πρέπει να διαθέτουν αυξημένη αντισκωριακή προστασία.
 - vi) Η σταθερότητα των πνεόντων ανέμων σε μια περιοχή συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση της καταπόνησης ενός ανεμοκινητήρα, με αποτέλεσμα την επιμήκυνση του χρόνου ζωής της εγκατάστασης.
- δ) Αποδοχή από το κοινό:** Ένας βασικός παράγοντας επιτυχούς επιλογής μιας τοποθεσίας είναι και η αποδοχή της από την κοινή γνώμη της περιοχής. Δεδομένων των περιβαλλοντικών προβλημάτων, η κοινή γνώμη έχει θετική άποψη για τις αιολικές εγκαταστάσεις, αφού αυτές δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον, εξοικονομούν συμβατικά καύσιμα και έχουν ως πρώτη ύλη μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Εφόσον ληφθεί μέριμνα στο να περιορισθεί στο ελάχιστο δυνατόν η στάθμη του παραγόμενου

θορύβου κατά την λειτουργία της εγκατάστασης, δεν αναμένονται ιδιαίτερα προβλήματα από τους κατοίκους των υποψηφίων περιοχών.

ε) Αποδοχή της ανεμογεννήτριας από το τοπικό δίκτυο: Κατά την αξιολόγηση των προς εγκατάσταση περιοχών είναι ιδιαίτερα σημαντικό να είναι αποδεκτή η διασύνδεση των υποψηφίων μηχανών με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο, ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά της παραγόμενης αιολικής-ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς προβλήματα.

στ) Οικονομική αξία: Όπως είναι προφανές στόχος, εκτός των άλλων, κάθε αιολικής εγκατάστασης, είναι η παραγωγή φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας και μάλιστα φθηνότερης από την ήδη παραγόμενη από συμβατικά καύσιμα.

Ολοκληρώνοντας πρέπει να επισημάνουμε ότι όλες οι συνιστώσες που προαναφέρθηκαν επιδρούν στην οικονομική βιωσιμότητα μιας αιολικής εγκατάστασης, για αυτό θα πρέπει να συνεκτιμώνται κατά τη λήψη των τελικών αποφάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

7.1 Γενικά

Ο προσδιορισμός και η αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι ίσως το σημαντικότερο κομμάτι της μελέτης. Ο άνεμος είναι η αστείρευτη πηγή ενέργειας και μέσω των συστημάτων αξιοποίησής της χρησιμοποιείται για την παραγωγή «καθαρής» ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι προφανές πως το επίπεδο του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα, αρχικά για τη δυνατότητα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας μέσω των αντίστοιχων συστημάτων και στην συνέχεια για την ίδια την βιωσιμότητα αυτών των συστημάτων στην υπό μελέτη περιοχή. Συνεπώς, ο προσδιορισμός του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής αποτελεί μια πολύ σημαντική εργασία, που δεν είναι πάντα απλή υπόθεση, αφού θα πρέπει να διερευνηθεί η ικανότητα ασφαλούς πρόβλεψης της μακροχρόνιας συμπεριφοράς του ανέμου από καταγεγραμμένα στοιχεία.

7.2 Μέτρηση Αιολικού Δυναμικού

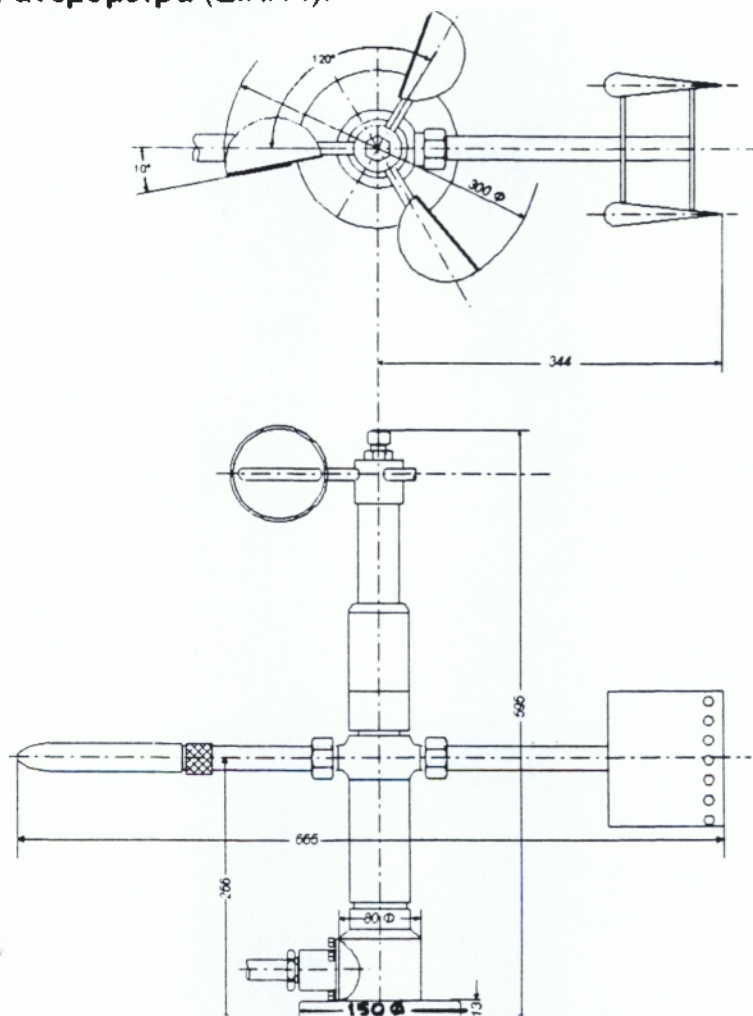
Το πρώτο βήμα για το καθορισμό της ποιότητας του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι η μέτρηση του αιολικού δυναμικού της περιοχής. Επειδή η ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος, με την φράση "μέτρηση του αιολικού δυναμικού" εννοούμε τον προσδιορισμό του διανύσματος της ταχύτητας, δηλαδή της τιμής του μέτρου της ταχύτητας του ανέμου, καθώς και την διεύθυνση – φορά που έχει ο άνεμος για μια δεδομένη χρονική στιγμή (στιγμιαίες τιμές). Η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου εξαρτώνται τόσο από ειδικούς παράγοντες (γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία, πεδίο πίεσης) όσο και από τοπικούς παράγοντες (ανάγλυφο περιοχής, ύπαρξη θάλασσας, κ.τλ.)

Για την μέτρηση του ανέμου χρησιμοποιούνται τα ανεμόμετρα ή οι 118

ένταση του ανέμου προκύπτει από την ταχύτητα περιστροφής που επιβάλλει ο άνεμος σε ορισμένα τμήματα του οργάνου. Τα ανεμόμετρα αυτού του τύπου είναι αθροιστικά και μετρούν μέσες τιμές της έντασης του ανέμου. Για την καταγραφή των στιγμιαίων τιμών της έντασης του ανέμου χρησιμοποιούνται τα ανεμόμετρα πίεσης, στα οποία η ένταση προσδιορίζεται από την πίεση που ασκεί ο άνεμος σε ορισμένα τμήματα του οργάνου.

Επιπλέον των προαναφερομένων και συνηθισμένων τρόπων μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου χρησιμοποιούνται και ανεμόμετρα θερμού στοιχείου καθώς και ανεμόμετρα τύπου "laser", κυρίως σε πειραματικές εγκαταστάσεις υψηλής ακριβείας, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση μελέτης ανεμογεννήτριας μέσα σε αεροδυναμική σήραγγα.

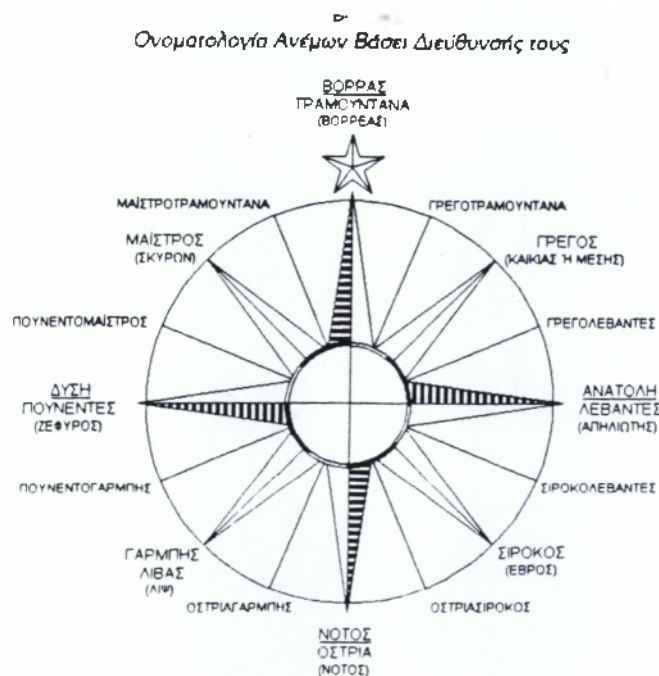
Από τα κλασικά ανεμόμετρα ταχύτητας, τα πλέον γνωστά είναι τα **κυπελλοφόρα ανεμόμετρα (ΕΙΚ. 14).**



ΕΙΚΟΝΑ 14

Η αρχή της λειτουργίας τους στηρίζεται στο γεγονός ότι η αεροδυναμική αντίσταση της κοίλης πλευράς είναι σημαντικά μεγαλύτερη της κυρτής, έτσι το σύστημα περιστρέφεται υπό την επίδραση του ανέμου και ο αριθμός των περιστροφών του καταγράφεται δια μέσου του κατακόρυφου άξονα σε ένα καταγραφικό σύστημα. Το καταγραφικό σύστημα μετατρέπει τη γραμμική ταχύτητα του ανέμου, με βάση τη σχέση βαθμονόμησης που διαθέτει. Ένα βασικό μειονέκτημα των ανεμόμετρων αυτού του τύπου είναι το γεγονός ότι δεν έχουν συμμετρική απόκριση στην αύξηση ή στην μείωση της έντασης του ανέμου, δεδομένου ότι τα κύπελλα του οργάνου εξακολουθούν λόγω αδράνειας να περιστρέφονται ακόμη και όταν ο άνεμος έχει σταματήσει. Στις περιπτώσεις αυτές οι ενδείξεις του οργάνου είναι μεγαλύτερες από την πραγματική ένταση του ανέμου.

Η διεύθυνση του ανέμου σε μια περιοχή δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται συνεχώς, καθορίζεται δε με βάση το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος, σε σχέση με την θέση μέτρησης.



ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΝΕΜΩΝ

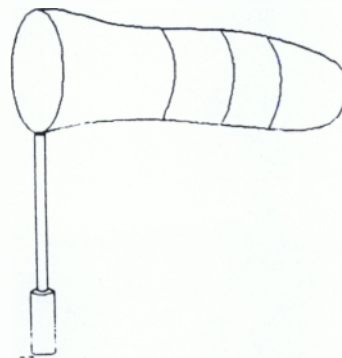
ΝΑΥΤΙΚΕΣ ΟΝΟΜΑΣΙΕΣ (ΕΝΕΤΙΚΕΣ)
 (ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΟΝΟΜΑΣΙΕΣ)

ΕΙΚΟΝΑ 15

Κατά την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής, χαρακτηρίζεται σαν **κύρια διεύθυνση** του ανέμου κάθε διεύθυνση η οποία συνεισφέρει τουλάχιστον 10% στη συνολική διαθέσιμη αιολική ενέργεια. Οι κύριες διευθύνσεις του ανέμου είναι διαφορετικές για κάθε περιοχή, δεδομένου ότι ο προσανατολισμός των λόφων, των βουνών, των κοιλάδων, η υπάρχουσα βλάστηση καθώς και η ύπαρξη κτιρίων ανάμεσα στα άλλα επηρεάζουν τις κύριες διευθύνσεις του ανέμου (ΕΙΚ. 15). Η διεύθυνση του ανέμου η οποία έχει στην υπό μελέτη περιοχή τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ονομάζεται **επικρατούσα διεύθυνση**. Η επικρατούσα διεύθυνση αλλάζει ανάλογα με την εποχή του χρόνου. Τέλος, ο χώρος μεταξύ του σημείου στο οποίο θέλουμε να εγκαταστήσουμε μια ανεμογεννήτρια και του σημείου του οριζοντα από το οποίο πνέει συνήθως ο άνεμος (επικρατούσα διεύθυνση), μας προσδιορίζει την **προσήνεμη περιοχή**. Αντίστοιχα, η **υπήνεμη περιοχή** είναι αυτή η οποία είναι προστατευμένη από τον άνεμο (περιοχές που εκτίθενται σε ανέμους με ελάχιστη συχνότητα εμφάνισης) και είναι συχνά αντίθετη της προσήνεμης περιοχής. Στον ελλαδικό χώρο η επικρατούσα κατά κανόνα διεύθυνση των ανέμων είναι η βόρεια και η βορειανατολική, ιδιαίτερα στην περιοχή του Αιγαίου, χωρίς βέβαια να αποκλείονται περιπτώσεις περιοχών με διαφορετική επικρατούσα διεύθυνση.

Η διεύθυνση του ανέμου βρίσκεται τώρα συνήθως με τη βοήθεια των ανεμοδεικτών (ΕΙΚ.16).

Ανεμοδείκτης Αεροδρομίων

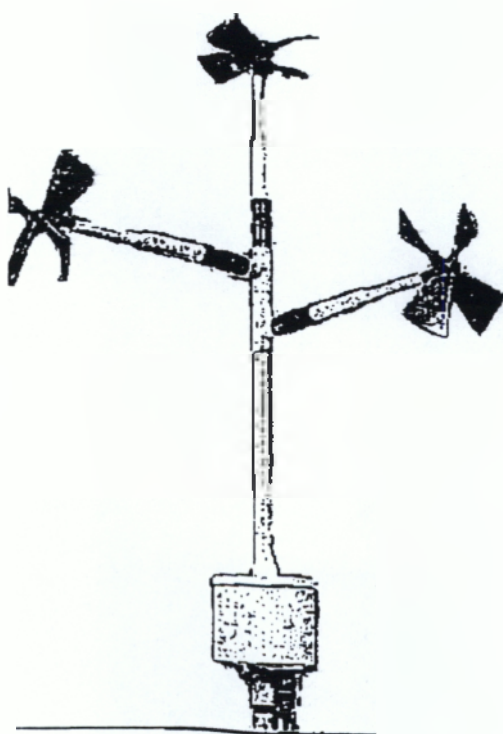


ΕΙΚΟΝΑ 16

Ο ανεμοδείκτης αποτελείται από ένα κατακόρυφο άξονα στο επάνω άκρο του οποίου περιστρέφεται ένας οριζόντιος άξονας με ένα ή δυο ελάσματα στο ένα άκρο του. Όταν η πίεση που ασκεί ο άνεμος εξισορροπηθεί και από τις δύο μεριές του ελάσματος του ανεμοδείκτη, αυτός έχει στραφεί έτσι ώστε ο δείκτης του ανεμοδείκτη (που βρίσκεται και το αντίβαρο εξισορρόπησης του ελάσματος) να διευθύνεται προς τη μεριά από την οποία φυσά ο άνεμος.

Ένας πιο εξελιγμένος τύπος ανεμογράφου είναι ο **τριαξονικός ανεμογράφος**. Αυτός ο ανεμογράφος χρησιμοποιείται για να καταγράψει και τις τρεις συνιστώσες της ταχύτητας ανέμου, δηλαδή μας δίνει ταυτόχρονα την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου. Οι ανεμογράφοι του τύπου αυτού θεωρούνται υψηλής ακρίβειας, δεν επηρεάζονται από την αύξηση ή την μείωση της ταχύτητας του ανέμου και χρησιμοποιούνται κυρίως για μικρομετεωρολογικές εφαρμογές (ΕΙΚ. 17).

Τριαξονικός Ανεμογράφος



ΕΙΚΟΝΑ 17

Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί ότι από το σύνολο των κινήσεων του ανέμου η απουδαιότερη σε σχέση με το προσδιορισμό του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι η οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητας του ανέμου. Βέβαια για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης ενός ανεμοκινητήρα απαιτείται επιπλέον της γνώσης για τη ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου, να έχουν καταγραφεί οι επικρατούσες στην περιοχή αναταράξεις, ο στροβιλισμός και η τύρφη του ανέμου, η τραχύτητα του εδάφους, το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής καθώς και η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου συναρτήσει του ύψους από το έδαφος.

Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν τιμές ταχύτητας ανέμου, διευθύνσεις ανέμων και εντάσεις ανέμων που έχουν καταγραφεί αλλά και αξιολογηθεί από το Κ.Α.Π.Ε. για την συγκεκριμένη περιοχή της Κορώνης(τμήμα Αιολικής Ενέργειας, Δρ. Φραγκούλης).

7.3 Επεξεργασία Αιολικού Δυναμικού

Για τις ανάγκες υπολογισμού του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού μιας περιοχής δεν επαρκεί η γνώση της μέσης ταχύτητας του ανέμου της περιοχής, αλλά μας χρειάζονται αναλυτικές πληροφορίες και για την κατανομή της πιθανότητας εμφάνισης των διαφόρων τιμών ταχύτητας του ανέμου μέσα στον χρόνο, με έμφαση στην καταγραφή των διαστημάτων νηνεμίας καθώς και των διαστημάτων εμφάνισης πολύ ισχυρών ανέμων.

Για τον σκοπό αυτό πριν πάρουμε την τελική απόφαση για την εγκατάσταση του ανεμοκινητήρα στην περιοχή μας είναι απαραίτητο να συγκεντρώσουμε τα διαθέσιμα ανεμολογικά στοιχεία της περιοχής και να τα επεξεργαστούμε στατιστικά. Επιπλέον είναι σημαντικός ο εντοπισμός της συχνότητας και της διάρκειας των περιόδων χαμηλών ταχυτήτων και άπνοιας (δηλαδή " $V < V_c$ "), οπότε και ο ανεμοκινητήρας βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Στις χρονικές αυτές περιόδους πρέπει να αναζητήσουμε άλλες πηγές ενέργειας, γεγονός που επηρεάζει ταυτόχρονα και την επιλογή και καταπόνηση των συσσωρευτών αποθήκευσης ενέργειας.

Όπως καταλαβαίνουμε για να μπορέσουμε να καταλήξουμε σε ασφαλή αποτελέσματα απαιτούνται μακροχρόνιες και αναλυτικές μετρήσεις. Όμως το σημαντικό κόστος μετρήσεων, αλλά και η αναπόφευκτη καθυστέρηση σε 123

συγκεκριμένες «ενδιαφέρουσες» περιοχές, μας υποχρεώνει να καταφύγουμε σε ημιεμπειρικά αναλυτικά μοντέλα, που περιγράφουν το τοπικό αιολικό δυναμικό μιας περιοχής βάση μικρού αριθμού παρατηρήσεων. Οι χρησιμοποιούμενες αυτές σχέσεις εκτός από τα προβλήματα ακρίβειας που παρουσιάζουν, εμφανίζουν και επιπλέον προβλήματα αξιοπιστίας σε τοπικό επίπεδο για μια συγκεκριμένη περιοχή.

Οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες αναλυτικές διανομές πιθανότητας είναι η **διανομή “Weibull”** και η **διανομή “Rayleigh”**. Η διανομή που προτάθηκε από τον Weibull περιγράφει ικανοποιητικά τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά στις περιοχές της εύκρατης ζώνης και για ύψος μέχρι 100 μέτρα από το έδαφος. Η εν λόγω διανομή προσδιορίζει την πιθανότητα η ταχύτητα του ανέμου να βρίσκεται σε μια περιοχή της ταχύτητας “V” βάσει δύο μόνο παραμέτρων. Η αναλυτική έκφραση της **διανομής “Weibull”** δίνεται ως:

$$f(V) = \frac{k}{C} \cdot \left[\frac{V}{C}\right]^{k-1} \cdot \exp.\left\{-\left[\frac{V}{C}\right]^k\right\} \quad (7.1)$$

Η παράμετρος “C” της εξίσωσης (3.1) συνδέεται με τη μέση ταχύτητα \bar{V} βάσει της σχέσης (εικ. 18, 19):

$$V = C \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (7.2)$$

Όπου με “Γ” συμβολίζουμε την αριθμητική συνάρτηση “Γάμμα”. Τυπικές τιμές της συνάρτησης “Γάμμα” δίνονται στον πίνακα Α, ενώ για γρήγορους υπολογισμούς και για παραθαλάσσιες περιοχές (οπότε η παράμετρος “k” παίρνει τιμές μεταξύ του 1,3 και του 2,0) μπορούμε να θεωρήσουμε ότι :

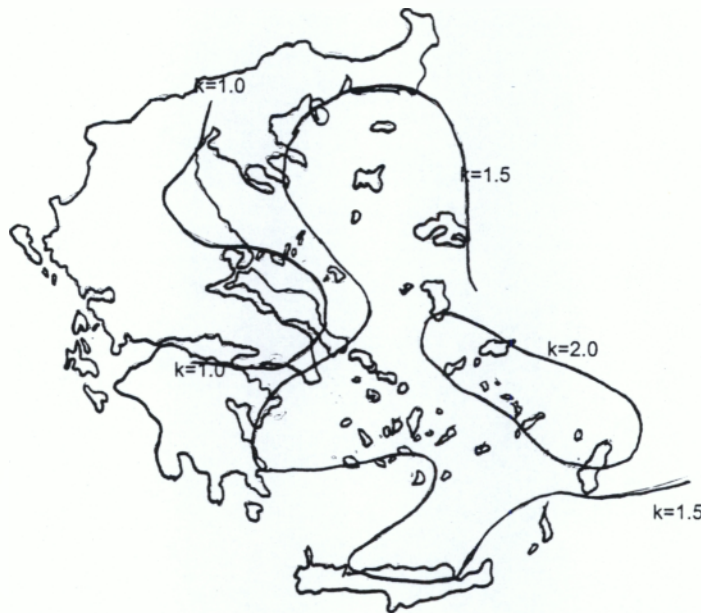
$$C \cong 1,1V \quad (7.3)$$

Γεωγραφική Διανομή Παραμέτρου "C"



ΕΙΚΟΝΑ 18

Γεωγραφική Διανομή Παραμέτρου "k"



ΕΙΚΟΝΑ 19

Επιπλέον για την συνάρτηση "Γάμμα" ισχύει ότι:

$$\Gamma(n+1) = n \cdot \Gamma(n) \quad n > 0 \quad (7.4)$$

με αποτέλεσμα να είναι δυνατός ο υπολογισμός της "Γ(n)" για κάθε τιμή του $n > 0$ με τη βοήθεια του πίνακα Α.

Πίνακας Α
Συνάρτηση "Γάμμα", Τυπικές τιμές

N	Γ(n)
1,00	1,0000
1,10	0,9514
1,20	0,9182
1,30	0,8975
1,40	0,8873
1,50	0,8862
1,60	0,8935
1,70	0,9086
1,80	0,9314
1,90	0,9618
2,00	1,0000

Αντίστοιχα η δεύτερη παράμετρος της διανομής "Weibull", δηλαδή η παράμετρος "k", είναι αντιστρόφως ανάλογη της διασποράς "σ²" των ταχυτήτων του ανέμου ως προς την μέση ταχύτητα, δηλαδή:

$$\sigma^2 = C^2 \cdot [\Gamma(1 + \frac{2}{k}) - [\Gamma(1 + \frac{1}{k})]^2] \quad (7.5)$$

Πιο συγκεκριμένα μεγαλύτερες τιμές του "k" εκφράζουν μικρότερη διασπορά των ταχυτήτων του ανέμου και συνεπώς μεγαλύτερη συγκέντρωση γύρω από τη μέση τιμή της ταχύτητας.

Η αντίστοιχη **διανομή "Rayleigh"** είναι μια ειδική μορφή της διανομής "Weibull" και προκύπτει από αυτή όταν η παράμετρος "k" ληφθεί ίση με 2,0. Η προτεινόμενη τιμή της παραμέτρου "k" αποτελεί μια αρκετά ρεαλιστική τιμή για τις παραθαλάσσιες περιοχές της Ελλάδας. Με τον τρόπο αυτό απλοποιούνται οι αναλυτικές σχέσεις και για τον προσδιορισμό της διανομής χρειάζεται μόνο η

μέση ταχύτητα του ανέμου στην υπό μελέτη περιοχή, δηλαδή:

$$f(V) = \pi \frac{V}{2} V^2 \exp \left[-\pi \frac{V}{4} V^2 \right] \quad (7.6)$$

Η διανομή "Rayleigh" χρησιμοποιείται εναλλακτικά στη θέση της διανομής "Weibull" επειδή παρουσιάζει συγκρίσιμα αποτελέσματα με λιγότερες μαθηματικές πράξεις.

7.4 Εκτίμηση του αιολικού δυναμικού στην περιοχή της Κοινότητας Κορώνης

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) στα πλαίσια των στόχων του για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη χώρα μας ανέλαβε για λογαριασμό της ΤΕΔΚ νομού Μεσσηνίας τη μέτρηση και καταγραφή του αιολικού δυναμικού της περιοχής της Κορώνης. Έτσι στις 17/07/92 τοποθετήθηκε ένας δεκάμετρος ιστός σε κορυφή δυτικά της κοινότητας και σε υψόμετρο 500 μέτρων από το επίπεδο της θάλασσας.

Στην κορυφή του δεκάμετρου ιστού τοποθετήθηκαν ένα ανεμόμετρο τύπου κυπέλλων και ένας ανεμοδείκτης. Το σήμα από τα δύο αυτά αισθητήρια όργανα οδηγείται στη βάση του ιστού όπου καταγράφεται σε ειδικό καταγραφικό όργανο. Το καταγραφικό αποθηκεύει προσωρινά στη μνήμη του, ανά δευτερόλεπτο, τις τιμές της ταχύτητας και της διεύθυνσης και καταγράφει τη μέση τιμή τους κάθε δέκα λεπτά. Επίσης κάθε δέκα λεπτά καταγράφεται και η τυπική απόκλιση της ταχύτητας που είναι ενδεικτική της ποιότητας της ροής του ανέμου στην περιοχή. Τέλος, για κάθε χρονική περίοδο μέτρησης (περίπου 1 μήνα) καταγράφεται η μέγιστη στιγμιαία τιμή της ταχύτητας (ριπή, gust). Η παράμετρος αυτή είναι ενδεικτική της μέγιστης δύναμης που θα δεχθεί μια κατασκευή τοποθετημένη μέσα στο συγκεκριμένο πεδίο ροής. Ας σημειωθεί πως για το διάστημα που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο συγκεκριμένο σημείο η μέγιστη ριπή ήταν 31 m/sec^2 .

Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 17/07/92 και τερματίστηκαν στις 05/06/93, λίγο πριν ολοκληρωθεί ένας πλήρης χρόνος μετρήσεων λόγω καταστροφής των

αισθητηρίων οργάνων, πιθανώς από δολιχοφθορά. Ο χρόνος των 11 μηνών που ήταν και ο χρόνος διάρκειας των μετρήσεων θεωρείται ωστόσο ικανοποιητικός για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Από την επεξεργασία των μετρήσεων προέκυψαν μερικά σημαντικά στοιχεία για το αιολικό δυναμικό της περιοχής. Συγκεκριμένα:

- ✓ Το αιολικό δυναμικό της περιοχής χωρίς να συγκρίνεται σε ένταση με αυτό των νησιών του Αιγαίου είναι μέσα στα όρια της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας με μέση ταχύτητα για την περίοδο μετρήσεων $5,2 \text{ m/sec}^2$ στα δέκα(10) μέτρα από το έδαφος.
- ✓ Η περιοχή δεν παρουσιάζει προβλήματα παγετού, χιονοπτώσεων κ.τλ.
- ✓ Οι κυριότερες διευθύνσεις του ανέμου είναι βόρειοι-βορειοδυτικοί(B-ΒΔ) και νοτιοανατολικοί(NA). Μελετώντας την μέση ημερήσια κατανομή του ανέμου παρατηρείται κάποια αύξηση στην ταχύτητα του ανέμου τις μεσημεριανές-απογευματινές ώρες (11:00 – 16:00).
- ✓ Η μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου δεν παρουσιάζει σημαντική μεταβολή μέσα στη διάρκεια του χρόνου, πράγμα το οποίο θεωρείται θετικό για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

Στην συνέχεια στον Πίνακα 1 για κάθε μήνα μετρήσεων υπάρχει η μέση ταχύτητα του ανέμου και οι παράμετροι K, C της κατανομής Weibull από τους οποίους προκύπτει η ενέργεια που θα παρήγαγε η ανεμογεννήτρια WINCON 110XT/LM και η ανεμογεννήτρια VESTAS V27. Πρόκειται για δύο τυπικές ανεμογεννήτριες που έχουν δοκιμαστεί με επιτυχία στον ελληνικό χώρο. Η πρώτη έχει ονομαστική ισχύ 110KW και η δεύτερη 225KW. Ας σημειωθεί ότι η ενέργεια αυτή προκύπτει θεωρώντας συντελεστή διαθεσιμότητας της μηχανής 100%.

Πίνακας 1

ΜΗΝΕΣ	K	C(m/sec ²)	Μέση	Ταχι	Ένταση Τύρβης	Ενέργεια (KWH)	
			(m/sec ²)		(%)	Wincon110	VestasV17
ΙΟΥΛΙΟΣ '92	2,17	5,4	4,8		14,6	16.000	37.000
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ'92	2,32	5,8	5,1		13,4	19.000	44.000
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ'92	1,78	5,1	4,6		14,0	15.000	35.000
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ'92	1,73	6,0	5,3		13,0	22.000	49.000
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ'92	1,79	5,9	5,3		13,3	21.000	47.000
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ'92	2,13	6,5	5,7		14,2	25.000	57.000
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ'92	1,90	6,0	5,3		13,5	22.000	49.000
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ'92	1,85	6,5	5,7		14,0	25.000	57.000
ΜΑΡΤΙΟΣ'92	1,73	5,9	5,2		13,9	21.000	48.000
ΑΠΡΙΛΙΟΣ'92	1,73	5,9	5,1		13,3	19.000	43.000
ΜΑΪΟΣ'92	2,02	5,7	5,1		12,9	19.000	43.000

Για υπολογίσουμε τώρα τις παραμέτρους k και C της διανομής Weibull, αρκεί να βρούμε την μέση τιμή τους. Έτσι έχουμε ότι k=1,9 και C=5,9. Άρα στο εξής για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας από τους ανεμοκινητήρες θα χρησιμοποιούνται αυτές οι τιμές για τις παραμέτρους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

8.1 Εισαγωγή

Η υψηλή ενεργειακή απόδοση αποτελεί ίσως το βασικότερο παράγοντα βιωσιμότητας και αποτελεσματικότητας μιας αιολικής εγκατάστασης. Για την προεκτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς μιας τέτοιας εγκατάστασης, γίνεται η εισαγωγή της έννοιας του **μέσου συντελεστή ισχύος (capacity factor)**.

Η μέση ετησίως παραγόμενη ενέργεια από μια αιολική μηχανή ονομαστικής ισχύος "N_o" μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω εξίσωση:

$$E = 8760 \cdot \Omega \cdot N_o \quad (8.1)$$

Όπου με "Ω" συμβολίζουμε το μέσο ετήσιο συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης, ο οποίος ορίζεται ως:

$$\Omega = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \frac{N(V)}{N_o} \cdot \delta(t) \cdot dt \quad (8.2)$$

Ενώ η παράμετρος "T" αναφέρεται στη χρονική περίοδο ενός έτους, δηλαδή 8760h ή 31.536.000 sec. Ένας πλέον εύχρηστος τρόπος για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή ισχύος, ιδιαίτερα χρήσιμος για ενεργειακές προβλέψεις και προκαταρτικούς υπολογισμούς, προκύπτει εάν χρησιμοποιήσουμε τη **μέση διαθεσιμότητα "Δ"** της εγκατάστασης καθώς και τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας εμφάνισης ανέμων, "f(V)", για μια περιοχή. Με την χρήση των παραπάνω μεγεθών η εξίσωση (4.1) γράφεται ως:

$$E = 8760 \cdot \Delta \cdot \omega \cdot N_o \quad (8.3)$$

$$\omega = \int_0^{\infty} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \cdot dV \quad (8.4)$$

Επειδή όμως η παραγόμενη ενέργεια εκ μέρους του ανεμοκινητήρα είναι μηδενική για ταχύτητες ανέμου μικρότερες της ταχύτητας ενάρξεως λειτουργίας και μεγαλύτερες της ταχύτητας διακοπής λειτουργίας, η εξίσωση (4.4) γράφεται:

$$\omega = \int_{V_c}^{V_R} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \cdot dV \quad (8.5)$$

Τέλος υπενθυμίζεται ότι:

$$\int_0^{\infty} f(V) \cdot dV = 1 \quad (8.6)$$

Βάσει των εξισώσεων (4.3) και (4.5) η ακριβής τιμή του μέσου συντελεστή ισχύος είναι συνάρτηση αφενός του τοπικού αιολικού δυναμικού μιας περιοχής και αφετέρου των λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός υπό μελέτη ανεμοκινητήρα. Έτσι για να εκτιμήσουμε την ενεργειακή συνεισφορά "ω₁" του πρώτου μεταβατικού σταδίου λειτουργίας ενός ανεμοκινητήρα από την στιγμή που θα αποκτήσει ταχύτητα εκκίνησης (V_c) μέχρι την στιγμή που θα αποκτήσει την ονομαστική ταχύτητα (V_R) έχουμε :

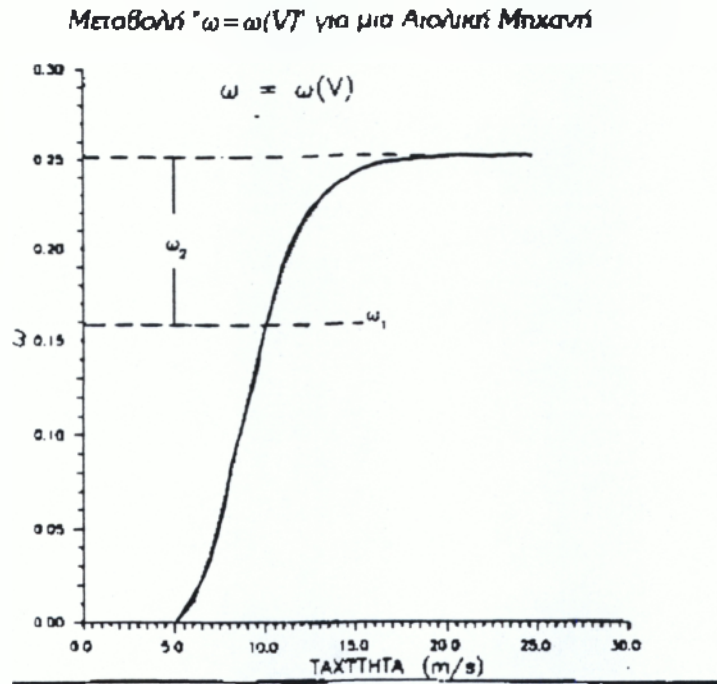
$$\omega_1 = \int_{V_c}^{V_R} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \cdot dV \quad (8.7)$$

Αντίστοιχα για το δεύτερο μεταβατικό στάδιο λειτουργίας ενός ανεμοκινητήρα από την στιγμή, δηλαδή, που θα αποκτήσει την ονομαστική ταχύτητα (V_c) μέχρι την στιγμή που θα αποκτήσει την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας, οπότε και θα διακόψει έχουμε "ω₂" :

$$\omega_2 = \int_{V_R}^{V_F} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \, dV \quad (8.8)$$

όπου:

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 \quad (\text{ΕΙΚ. 20}) \quad (8.9)$$



ΕΙΚΟΝΑ 20

Οι συναρτήσεις (4.7) και (4.8) με την βοήθεια της διανομής "Weibull" γίνονται :

$$\omega_1 = \exp.\left[-\left(\frac{V_C}{C}\right)^k\right] - \exp.\left[-\left(\frac{V_R}{C}\right)^k\right] \quad (8.10)$$

και

$$\omega_2 = \exp.\left[-\left(\frac{V_R}{C}\right)^k\right] - \exp.\left[-\left(\frac{V_F}{C}\right)^k\right] \quad (8.11)$$

Από τις τελευταίες εξισώσεις (4.10) και (4.11) καταλαβαίνουμε πως η αριθμητική τιμή του ω εξαρτάται από τις τιμές των V_C , V_R , V_F του ανεμοκινητήρα καθώς και από τις παραμέτρους k και C της διανομής Weibull.

8.2 Αρχική διαστασιολόγηση του συστήματος

Σε αυτήν την παράγραφο θα αναφερθούμε αναλυτικά σε κάθε ένα από τα εξαρτήματα που συνθέτουν τη διάταξη της προτεινόμενης εγκατάστασης, κάνοντας παράλληλα μια αρχική διαστασιολόγηση καθενός από αυτά, με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος.

1. Ανεμοκινητήρας (Wind Turbine)

Ο ανεμοκινητήρας αποτελεί ένα από τα δύο πιο σημαντικά τμήματα της διάταξης, αφού είναι ουσιαστικά η μηχανή που δεσμεύει την αιολική ενέργεια του ανέμου και τη μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια.

Αρχικά για να υπολογίσουμε την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτεί η θερμοκηπιακή μας εγκατάσταση και άρα πρέπει να παραχθεί από τον ανεμοκινητήρα σε χρονικό διάστημα ενός έτους αρκεί να κάνουμε τους παρακάτω υπολογισμούς:

Εάν το θερμοκήπιο έχει απώλειες $Q_A = 210.000 \text{Kcal/h}$ τότε αυτές είναι σε Watt :

$$1 \text{ Watt} \text{ ισούται με } 0,86 \text{ Kcal/h}$$

$$X \text{ ισούται με } 210.000 \text{ Kcal/h}$$

$$X = 244.186 \text{ Watt}$$

Οι απαιτήσεις για μια ολόκληρη ημέρα για 24 h δηλαδή είναι:

$$244.186 \text{ Watt} \cdot x 24\text{h} = 5.860.464 \text{ Watt}$$

Οι απαιτήσεις για έναν ολόκληρο μήνα είναι:

$$5.860.464 \text{ Watt} \cdot x 30 \text{ ημέρες} = 175.813.920 \text{ Watt} = 175813,92 \text{ KWatt} = 175,81392 \text{ MW}$$

Οι απαιτήσεις για έναν ολόκληρο χρόνο είναι:

$$175,81392 \text{ MW} \cdot x 12 \text{ μήνες} = 2109,76704 \text{ MW} = 2110 \text{ MW}$$

Άρα ο ανεμοκινητήρας ή οι ανεμοκινητήρες που θα επιλέξουμε θα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις των 2110 MW.

Έστω ότι επιλέγουμε δύο ανεμοκινητήρες για να καλύψουμε τις ανάγκες μας και έστω αυτοί πως είναι οι **Nordex N80/250** της εταιρείας Nordex και ο **Ventis 20-100**. Έτσι έχουμε:

Nordex N80/250: Από το φυλλάδιο με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ανεμοκινητήρα έχουμε ότι έχει ταχύτητα εκκίνησης (V_C) ίση με 3,5m/sec, ονομαστική ταχύτητα (V_R) ίση με 14m/sec και ταχύτητα διακοπής λειτουργίας (V_F) ίση με 25m/sec. Επίσης από το Κ.Α.Π.Ε. έχουμε για την περιοχή της Κορώνης ότι $k = 1,9$ και $C = 5,9$ από την διανομή Weibull. (Παράρτημα 2)

Για το πρώτο μεταβατικό στάδιο της λειτουργίας του ανεμοκινητήρα από $V_C = 3,5\text{m/sec}$ σε $V_R = 14\text{m/sec}$ έχουμε

$$\omega_1 = \int_{V_C}^{V_R} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \cdot dV$$

δηλαδή

$$\omega_1 = \exp.\left[-\left(\frac{V_C}{C}\right)^k\right] - \exp.\left[-\left(\frac{V_R}{C}\right)^k\right] = \exp.\left[-\left(\frac{3,5}{5,9}\right)^{1,9}\right] - \exp.\left[-\left(\frac{14}{5,9}\right)^{1,9}\right]$$

$$= \exp.(-0,370) - \exp.(-5,164) = 0,69 - 0,0057 = 0,684.$$

$$\text{Άρα } \omega_1 = 0,684$$

Για το δεύτερο μεταβατικό στάδιο λειτουργίας του κινητήρα από $V_R = 14\text{m/sec}$ σε $V_F = 25\text{m/sec}$ είναι

$$\omega_2 = \int_{V_R}^{V_F} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \cdot dV$$

δηλαδή

$$\omega_2 = \exp.\left[-\left(\frac{V_R}{C}\right)^k\right] - \exp.\left[-\left(\frac{V_F}{C}\right)^k\right] = \exp.\left[-\left(\frac{14}{5,9}\right)^{1,9}\right] - \exp.\left[-\left(\frac{25}{5,9}\right)^{1,9}\right]$$

$$= \exp.(-5,164) - \exp.(-15,54) = 0,0057 - 0,000000178 = 0,0057.$$

$$\text{Άρα } \omega_2 = 0,0057$$

$$\text{Έτσι } \omega = \omega_1 + \omega_2 = 0,684 + 0,0057 = 0,6897$$

Για την ετήσια παραγωγή ενέργειας από τον ανεμοκινητήρα ισχύει ο τύπος

$$E = 8760 \cdot \Delta \cdot \omega \cdot N_0$$

Όπου $\omega = 0,6897$, $N_0 = 250\text{KW}$ και από το Κ.Α.Π.Ε. $\Delta = 1$, άρα

$$E = 8760 \times 1 \times 0,6840 \times 250 = 1,510\text{MW}$$

Ventis 20-100 Από το φυλλάδιο με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ανεμοκινητήρα έχουμε ότι έχει ταχύτητα εκκίνησης (V_C) ίση με 3,3m/sec, ονομαστική ταχύτητα (V_R) ίση με 13m/sec και ταχύτητα διακοπής λειτουργίας (V_F) ίση με 25m/sec. (Παράρτημα 2)

Για το πρώτο μεταβατικό στάδιο της λειτουργίας του ανεμοκινητήρα από $V_C = 3,3\text{m/sec}$ σε $V_R = 13\text{m/sec}$ έχουμε

$$\omega_1 = \int_{V_C}^{V_R} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \cdot dV$$

δηλαδή

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \exp.\left[-\left(\frac{V_C}{C}\right)^k\right] - \exp.\left[-\left(\frac{V_R}{C}\right)^k\right] = \exp.\left[-\left(\frac{3,3}{5,9}\right)^{1,9}\right] - \exp.\left[-\left(\frac{13}{5,9}\right)^{1,9}\right] \\ &= \text{Exp.}(-0,33) - \text{exp.}(-4,486) = 0,7178 - 0,0112 = 0,7065. \end{aligned}$$

$$\text{Άρα } \omega_1 = 0,7065$$

Για το δεύτερο μεταβατικό στάδιο λειτουργίας του κινητήρα από $V_R = 13\text{m/sec}$ σε $V_F = 25\text{m/sec}$ είναι

$$\omega_2 = \int_{V_R}^{V_F} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \cdot dV$$

δηλαδή

$$\begin{aligned} \omega_2 &= \exp.\left[-\left(\frac{V_R}{C}\right)^k\right] - \exp.\left[-\left(\frac{V_F}{C}\right)^k\right] = \exp.\left[-\left(\frac{13}{5,9}\right)^{1,9}\right] - \exp.\left[-\left(\frac{25}{5,9}\right)^{1,9}\right] \\ &= \text{Exp.}(-4,486) - \text{exp.}(-4,687) = 0,0112 - 0,000000178 = 0,0112 \end{aligned}$$

$$\text{Άρα } \omega_2 = 0,0112$$

$$\text{Έτσι } \omega = \omega_1 + \omega_2 = 0,7065 + 0,0112 = 0,7177$$

Για την ετήσια παραγωγή ενέργειας από τον ανεμοκινητήρα ισχύει ο τύπος

$$E = 8760 \cdot \Delta \cdot \omega \cdot N_0$$

Όπου $\omega = 0,7177$, $N_0 = 100\text{kW}$ και από το Κ.Α.Π.Ε. $\Delta = 1$, άρα

$$E = 8760 \times 1 \times 0,7177 \times 100 = 628,7\text{MW}$$

Άρα συνολικά παραγόμενη ενέργεια από τους δύο ανεμοκινητήρες έχουμε:

$$E_{\text{ολ}} = 1510\text{MW} + 628,7\text{MW} = 2138,7\text{MW} = 2139\text{MW}$$

Οι απαιτήσεις μας είναι 2110MW, άρα οι δύο αυτοί ανεμοκινητήρες καλύπτουν τις ανάγκες μας.

Έστω τώρα πως επιλέγουμε έναν άλλο τύπο ανεμοκινητήρα, τον **Ventis V12** της εταιρείας Ventis. Από το φυλλάδιο με τα τεχνικά χαρακτηριστικά γνωρίζουμε πως έχει ταχύτητα εκκίνησης (V_C) ίση με 4m/sec, ονομαστική ταχύτητα (V_R) ίση με 12m/sec και ταχύτητα διακοπής λειτουργίας (V_F) ίση με 25m/sec. (Παράρτημα 2)

Για το πρώτο μεταβατικό στάδιο της λειτουργίας του ανεμοκινητήρα από $V_C = 4\text{m/sec}$ σε $V_R = 12\text{m/sec}$ έχουμε

$$\omega_1 = \int_{V_C}^{V_R} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \cdot dV$$

δηλαδή

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \exp.\left[-\left(\frac{V_C}{C}\right)^k\right] - \exp.\left[-\left(\frac{V_R}{C}\right)^k\right] = \exp.\left[-\left(\frac{4}{5,9}\right)^{1,9}\right] - \exp.\left[-\left(\frac{12}{5,9}\right)^{1,9}\right] \\ &= 0,62 - 0,0212 = 0,599. \end{aligned}$$

Άρα $\omega_1 = 0,7065$

Για το δεύτερο μεταβατικό στάδιο λειτουργίας του κινητήρα από $V_R = 12\text{m/sec}$ σε $V_F = 25\text{m/sec}$ είναι

$$\omega_2 = \int_{V_R}^{V_F} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \cdot dV$$

δηλαδή

$$\begin{aligned} \omega_2 &= \exp.\left[-\left(\frac{V_R}{C}\right)^k\right] - \exp.\left[-\left(\frac{V_F}{C}\right)^k\right] = \exp.\left[-\left(\frac{12}{5,9}\right)^{1,9}\right] - \exp.\left[-\left(\frac{25}{5,9}\right)^{1,9}\right] \\ &= 0,0212 - 0,000000178 = 0,0212 \end{aligned}$$

Άρα $\omega_2 = 0,0212$

$$\text{Έτσι } \omega = \omega_1 + \omega_2 = 0,7065 + 0,0212 = 0,62$$

Για την ετήσια παραγωγή ενέργειας από τον ανεμοκινητήρα ισχύει ότι

$$E = 8760 \cdot \Delta \cdot N_0 \cdot \omega = 8760 \cdot 1 \cdot 500 \cdot 0,62 = 2715,6\text{MW}.$$

Οι απαιτήσεις μας είναι 2110MW και ικανοποιούνται με την εγκατάσταση ενός και μόνο ανεμοκινητήρα Ventis V12.

Έστω τώρα πως επιλέγουμε ανεμοκινητήρα τύπου **NM 600/43** της εταιρείας NEG MICON. Από το φυλλάδιο με τα τεχνικά χαρακτηριστικά γνωρίζουμε πως έχει ταχύτητα εκκίνησης (V_C) ίση με 4m/sec, ονομαστική

ταχύτητα (V_R) ίση με 15m/sec και ταχύτητα διακοπής λειτουργίας (V_F) ίση με 25m/sec. (Παράρτημα 2)

Για το πρώτο μεταβατικό στάδιο λειτουργίας του ανεμοκινητήρα από $V_C = 4\text{m/sec}$ σε $V_R = 15\text{m/sec}$ έχουμε

$$\omega_1 = \int_{V_C}^{V_R} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \cdot dV$$

δηλαδή

$$\begin{aligned}\omega_1 &= \exp.\left[-\left(\frac{V_C}{C}\right)^k\right] - \exp.\left[-\left(\frac{V_R}{C}\right)^k\right] = \exp.\left[-\left(\frac{4}{5,9}\right)^{1,9}\right] - \exp.\left[-\left(\frac{15}{5,9}\right)^{1,9}\right] \\ &= 0,62 - 0,00277 = 0,617.\end{aligned}$$

Άρα $\omega_1 = 0,617$

Για το δεύτερο μεταβατικό στάδιο λειτουργίας του ανεμοκινητήρα από $V_R = 15\text{m/sec}$ σε $V_F = 25\text{m/sec}$ έχουμε

$$\omega_2 = \int_{V_R}^{V_F} \frac{N(V)}{N_0} \cdot f(V) \cdot dV$$

δηλαδή

$$\begin{aligned}\omega_2 &= \exp.\left[-\left(\frac{V_R}{C}\right)^k\right] - \exp.\left[-\left(\frac{V_F}{C}\right)^k\right] = \exp.\left[-\left(\frac{15}{5,9}\right)^{1,9}\right] - \exp.\left[-\left(\frac{25}{5,9}\right)^{1,9}\right] \\ &= 0,00277 - 0,000000178 = 0,0027\end{aligned}$$

Άρα $\omega_2 = 0,0027$

$$\text{Έτσι } \omega = \omega_1 + \omega_2 = 0,617 + 0,0027 = 0,6197$$

Για την ετήσια παραγωγή ενέργειας από τον ανεμοκινητήρα ισχύει ότι

$$E = 8760 \cdot \Delta \cdot N_0 \cdot \omega = 8760 \cdot 1 \cdot 600 \cdot 0,6197 = 3257,14\text{MW.}$$

Οι απαιτήσεις μας είναι 2110 και ικανοποιούνται από τον συγκεκριμένο τύπο ανεμοκινητήρα.

Από την εξέταση των συγκεκριμένων τύπων ανεμοκινητήρων το πρώτο και κυριότερο μέλημά μας ήταν η ικανοποίηση των απαιτήσεών μας. Αυτές ικανοποιούνται από όλους τους παραπάνω τύπους. Η τελική βέβαια επιλογή γίνεται και άλλα κριτήρια τα οποία θα εξετάσουμε παρακάτω. Από τους συγκεκριμένους πάντως τύπους απορρίπτουμε τον **NM 600/43** καθώς παράγει πολύ περισσότερη ενέργεια από χρειαζόμαστε και πιθανώς το τόσο μεγάλο πλεόνασμα να μας δημιουργήσει πρόβλημα. Από τους δύο άλλους τύπους θεωρούμε ότι είναι φρονιμότερο να επιλέξουμε τον συνδυασμό των δύο

ανεμοκινήτηρων **Nordex N80/250** και **Ventis 20-100** από τον ανεμοκινήτηρα **Ventis V12**, καθώς το ποσό της παραγόμενης ενέργειας είναι πιο κοντά στις απαιτήσεις μας και βέβαια σε περίπτωση βλάβης ενός από τους δύο υπάρχει δυνατότητα εξυπηρέτησης των βασικών αναγκών από τον άλλο.

2. Συσσωρευτής (Battery)

Οι συσσωρευτές αποτελούν το δεύτερο πιο σημαντικό τμήμα της διάταξης αφού ουσιαστικά αποτελούν την ενεργειακή "αποθήκη" όλου του συστήματος. Η ύπαρξή του είναι απαραίτητη για τη σωστή λειτουργία της εγκατάστασης, αφού σκοπός τους είναι να τροφοδοτούν τον καταναλωτή με ηλεκτρική ενέργεια σε στιγμές που η ανεμογεννήτρια δεν λειτουργεί για οποιοδήποτε λόγο ή λειτουργεί αλλά η παραγόμενη ενέργεια δεν φτάνει για να καλύψει τη ζήτηση ενέργειας. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν ο ανεμοκινήτηρας παράγει περισσότερη ενέργεια από την ζητούμενη, τότε η περισσευούμενη ενέργεια οδηγείται και αποθηκεύεται στους συσσωρευτές, ώστε να χρησιμοποιηθεί αργότερα όταν θα παρουσιαστεί μια αυξημένη ζήτηση ενέργειας.

Είναι φανερό ότι σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιούσαμε συσσωρευτές στην διάταξη μας, τότε ο καταναλωτής θα καλύπτονταν ενεργειακά μόνο τις στιγμές που η ανεμογεννήτρια λειτουργούσε κανονικά και παρήγαγε ικανοποιητική ποσότητα ενέργειας. Δεδομένου της απρόβλεπτης συμπεριφοράς του ανέμου, είναι φανερό δεν θα μπορούσε να γίνει καμία μελέτη και να δοθεί καμία εγγύηση για την ενεργειακή κάλυψη του καταναλωτή, αφού είναι σίγουρο ότι τα διαστήματα μη κάλυψης των αναγκών θα ήταν αρκετά και σημαντικά. Με άλλα λόγια οι συσσωρευτές λειτουργούν σαν ένα δοχείο εξισορρόπησης μεταξύ των διακυμάνσεων που εμφανίζονται στην παραγωγή και κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας, έτσι ώστε η ροή ενέργειας να είναι ομαλή.

Το μέγεθος των συσσωρευτών " Q_{max} " που χρησιμοποιούμε σε μια εγκατάσταση ανεμογεννητριών καθορίζεται κυρίως από το διάστημα " d_0 " των ωρών αυτονομίας που θέλουμε να έχει η εγκατάστασή μας. Επίσης εξαρτάται από τη συνολική ετήσια ενεργειακή ζήτηση " E_{tot} ", το βαθμό από-δοσης " η_s " του συστήματος αποθήκευσης, το μέγιστο επιτρεπτό βάθος εκφόρτισης

"DOD_L" των συσσωρευτών και τη τάση λειτουργίας "U" των συσσωρευτών. Συγκεκριμένα, η μέγιστη χωρητικότητα "Q_{max}" των χρησιμοποιούμενων συσσωρευτών υπολογίζεται αναλυτικά από την παρακάτω σχέση:

$$Q_{\max} = \frac{(d_o \cdot E_{10t})}{8760 \cdot n_s \cdot DOD_L \cdot U} \quad (8.11)$$

Η μέγιστη χωρητικότητα είναι ουσιαστικά το άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών ή απλά το μέγεθος των συσσωρευτών.

Σε αντιδιαστολή, υπάρχει και το κάτω όριο φόρτισης "Q_{min}" που εξαρτάται ουσιαστικά από το μέγιστο επιτρεπτό βάθος εκφόρτισης των συσσωρευτών, όπως φαίνεται στην σχέση που ακολουθεί :

$$Q_{\min} = DOD_L \cdot Q_{\max} \quad (8.12)$$

Το κάτω όριο φόρτισης είναι το ελάχιστο επίπεδο, κάτω από το οποίο δεν επιτρέπεται να πέσει το επίπεδο φόρτισης των συσσωρευτών, εάν θέλουμε η διάρκεια ζωής των συσσωρευτών να είναι αυτή που αναφέρει ο κατασκευαστής. Γι'αυτό το λόγο χρησιμοποιούμε το μέγεθος "DOD_L" , η τιμή του οποίου συνδέεται άμεσα με τη διάρκεια ζωής (κύκλοι φόρτισης – εκφόρτισης) των συσσωρευτών.

Το σύνολο των διαφόρων απωλειών εκφράζεται με τον βαθμό απόδοσης της μετατροπής ή βαθμό απόδοσης του συστήματος αποθήκευσης "η_s", ο οποίος περιλαμβάνει απώλειες εκφόρτισης συσσωρευτών, απώλειες στον ελεγκτή φόρτισης, απώλειες στον μετατροπέα DC/AC (inverter) και απώλειες στα καλώδια μεταφοράς. Έτσι ο βαθμός απόδοσης της μετατροπής εκτιμάται ότι έχει τιμή η_s = 0,80 , ενώ ο μέγιστος βαθμός εκφόρτισης των συσσωρευτών καθορίζεται στο 75%. Οπότε ο συνολικός βαθμός απόδοσης "η_{ολ}" μεταξύ συσσωρευτών και κατανάλωσης είναι

$$\eta_{\text{ολ}} = \eta_s \cdot \text{DOD}_L = 0,80 \cdot 0,75 = 0,6 \quad (8.12)$$

3. Ρυθμιστής Φόρτισης Συσσωρευτών (Charge Controller)

Ο ρυθμιστής φόρτισης ή μονάδα ελέγχου φόρτισης των συσσωρευτών αποτελεί τη συσκευή που, όπως φαίνεται και από το όνομά της, ουσιαστικά "ρυθμίζει" τη λειτουργία των συσσωρευτών και αναδεικνύει το σπουδαίο ρόλο τους στη διάταξη της εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, λαμβάνοντας συνεχώς ενδείξεις για την παραγόμενη και τη καταναλισκόμενη ενέργεια, καθορίζει αν θα εκφορτιστούν ή θα φορτιστούν οι συσσωρευτές και πόσο. Όταν η εκφόρτιση πλησιάζει και φθάσει το μέγιστο βάθος, τότε διακόπτει την περαιτέρω εκφόρτισή τους, απορρίπτοντας το υπάρχον φορτίο και προστατεύοντας έτσι τους συσσωρευτές από μια πέρα του καθορισμένου ορίου βαθιά εκφόρτιση που θα δημιουργούσε προβλήματα στη διάρκεια ζωής των συσσωρευτών και στην απόδοσή τους. Στην αντίθετη περίπτωση, όταν το επίπεδο φόρτισης πλησιάζει και φτάσει στο μέγιστο, δηλαδή στην ονομαστική μέγιστη χωρητικότητα των συσσωρευτών, τότε διακόπτει την περαιτέρω φόρτισή τους και οδηγεί την πλεονάζουσα παραγόμενη ενέργεια σε ειδικές ωμικές αντιστάσεις (αντιστάσεις εργασίας) όπου μετατρέπεται σε θερμότητα και εκλύεται στο περιβάλλον. Έτσι προστατεύονται οι συσσωρευτές από υπερφόρτωση που θα είχε επίσης αρνητικά αποτελέσματα για την λειτουργία, το βαθμό απόδοσης και το χρόνο ζωής των συσσωρευτών.

Το μέγεθος του ρυθμιστή φόρτισης καθορίζεται γενικά με βάση το μέγεθος της ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιούμε στην διάταξη και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών, όπως για παράδειγμα τη τάση φόρτισής τους "U".

4. Μετατροπέας AC/DC (AC/DC Rectifier)

Γενικά χρησιμοποιείται στην διάταξη όταν η ανεμογεννήτρια που έχουμε τοποθετήσει παράγει απ'ευθείας εναλλασσόμενο ρεύμα. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή η ανεμογεννήτρια παράγει απ'ευθείας συνεχές ρεύμα, η παρουσία του είναι περιττή και δεν χρησιμοποιείται. Τοποθετείται μετά την έξοδο της ανεμογεννήτριας και αμέσως πριν την είσοδο του ρυθμιστή

ανορθωτής μαζί που μετατρέπουν το ρεύμα εξόδου από την ανεμογεννήτρια (εναλλασσόμενο, 220V) σε ρεύμα εισόδου του ρυθμιστή φόρτισης (συνεχές, 24V). Η μετατροπή είναι απαραίτητο να γίνει διότι τόσο ο ρυθμιστής φόρτισης όσο και οι συσσωρευτές λειτουργούν με συνεχές ρεύμα τάσεως 24V.

Όπως και για το ρυθμιστή φόρτισης των συσσωρευτών, το μέγεθος του μετατροπέα AC/DC εξαρτάται από το μέγεθος της ανεμογεννήτριας. Ο βαθμός απόδοσης του μετατροπέα AC/DC εκτιμάται στο 90%.

5. Ανορθωτής (Inverter)

Ο ανορθωτής κάνει ακριβώς την αντίστροφη λειτουργία από αυτή του μετατροπέα, δηλαδή μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο (DC→AC). Τοποθετείται αμέσως μετά την έξοδο του ρυθμιστή φόρτισης και πριν την κατανάλωση και σε αντίθεση με τον μετατροπέα η χρήση του είναι υποχρεωτική ανεξάρτητα από το είδος της ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιούμε. Ουσιαστικά μετατρέπει το συνεχές ρεύμα τάσεως 24V που προέρχεται από το ρυθμιστή φόρτισης και κατ' επέκταση από τους συσσωρευτές σε εναλλασσόμενο ρεύμα τάσεως 220V με σταθερή συχνότητα 50Hz, που οδηγείται πλέον κατευθείαν στην κατανάλωση.

Η επιλογή του μεγέθους του ανορθωτή γίνεται με βάση την επιθυμητή κατανάλωση και μάλιστα έτσι ώστε να καλύπτεται το μέγιστο φορτίο ζήτησης της κατανάλωσης περιλαμβάνοντας πάντα και ένα συντελεστή ασφαλείας που θα καλύψει τις τυχόν μελλοντικές αυξήσεις του μέγιστου φορτίου ζήτησης καθώς και τις διάφορες απώλειες του ίδιου του ανορθωτή. Ο βαθμός απόδοσης του ανορθωτή δεν είναι σταθερός, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το απαιτούμενο φορτίο.

6. Σταθεροποιητής Τάσης (UPS)

Η συσκευή αυτή χρησιμοποιείται στη γραμμή απ' ευθείας τροφοδότησης της κατανάλωσης και σαν σκοπό έχει να ομαλοποιεί την τάση, την ένταση και τη συχνότητα του ρεύματος που παράγει η ανεμογεννήτρια. Λόγω των μεταβολών της ταχύτητας του ανέμου δημιουργούνται ορισμένες διακυμάνσεις στην ένταση και τη συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος, οι οποίες εάν¹⁴¹

Λόγο στην απ' ευθείας σύνδεση της ανεμογεννήτριας με την κατανάλωση παρεμβάλλουμε τη μονάδα UPS που ουσιαστικά λειτουργεί σαν φίλτρο εμποδίζοντας τις διάφορες διακυμάνσεις να περάσουν στην κατανάλωση.

Το μέγεθος της μονάδας εξαρτάται από την κατανάλωση και συγκεκριμένα από το μέγιστο φορτίο ζήτησης της κατανάλωσης, καθώς και από τη τάση λειτουργίας της κατανάλωσης. Ο βαθμός απόδοσης του σταθεροποιητή UPS εκτιμάται στο 90%.

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Η χωρητικότητα των χρησιμοποιούμενων συσσωρευτών υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο :

$$C = E / \alpha * \beta * V$$

Όπου E = η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη αναγκών τεσσάρων διαδοχικών ημερών (KWh)

α = συντελεστής απόδοσης των συσσωρευτών

β = βάθος εκφόρτισης των συσσωρευτών

V = η τάση λειτουργίας των συσσωρευτών.

Η ημερήσια κατανάλωση του θερμοκηπίου μας είναι $E_n = 210.000 \text{ Kcal/h} * 24 = 5.040.000 \text{ Kcal}$.

Όμως 1 KWh αντιστοιχεί σε 859,845 Kcal, άρα $E_n = 5861,52 \text{ KWh}$.

Σύμφωνα με τα παραπάνω $E = 4 * 5861,52 = 23446 \text{ KWh}$ και έχοντας σαν δεδομένα :

$$\alpha = 0,80$$

$$\beta = 0,75$$

$$V = 24 \text{ Volt}$$

Η χωρητικότητα είναι: $C = 23.446.000 \text{ Wh} / 0,80 * 0,75 * 24$

$$C = 1.628.194 \text{ Ah.}$$

Επιλέγουμε συσσωρευτές χωρητικότητας 915 Ah.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ

Στο εξής περίπου κοστολόγιο:

Ηλιακή ενέργεια:

1. Επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών παροχής ζεστού νερού $A_c = 23 \text{ m}^2$.
Επιλέγουμε συλλέκτη $1,90 \times 1,10$ ($2,09 \text{ m}^2$) αξίας $70.000 \text{ } \delta\rho\chi$. Το πλήθος των ηλιακών συλλεκτών που χρησιμοποιούμε είναι $23 \text{ m}^2 / 2,09 \text{ m}^2 = 11$ συλλέκτες.
Συνολική αξία : $11 * 70.000\delta\rho\chi = 770.000\delta\rho\chi$.
2. Σωληνώσεις ηλιακών συλλεκτών παραγωγής ζεστού νερού.
Επιλέγουμε σωλήνα $\Phi 4''$ μήκους 80 m και αξίας $14.000\delta\rho\chi / \text{m}$.
Συνολική αξία: $14.000\delta\rho\chi / \text{m} * 80\text{m} = 1.120.000\delta\rho\chi$.
3. Φωτοβολταϊκά τύπου KYOCERA 110-1 , τεμάχια 47 και αξίας $150.000\delta\rho\chi$ ανά τεμάχιο.
Συνολική αξία: $47 \text{ τεμ.} * 150.000\delta\rho\chi / \text{τεμ.} = 7.050.000\delta\rho\chi$.
4. Εξαρτήματα, μηχανισμοί 5% επί της συνολικής αξίας των φωτοβολταϊκών.
Συνολική αξία: $5\% * 11.750.000\delta\rho\chi = 587.500\delta\rho\chi$.

Αιολική ενέργεια:

1. Ανεμογεννήτριες.
Επιλέγουμε δυο ανεμογεννήτριες τύπου Nordex N80/250 και Ventis V12 με αντίστοιχες τιμές $33.000.000\delta\rho\chi$ και $15.000.000\delta\rho\chi$.
Συνολική αξία: $33.000.000 + 15.000.000 = 48.000.000\delta\rho\chi$.
2. Βάσεις στήριξης, συνδέσεις, εξαρτήματα 5% επί της συνολικής αξίας των ανεμογεννητριών.
Συνολική αξία: $5\% * 48.000.000\delta\rho\chi = 2.400.000\delta\rho\chi$.

Σύνολο: $59.927.500 \text{ } \delta\rho\chi$

+ Απρόβλεπτα 18%: $10.786.950 \text{ } \delta\rho\chi$

+ Φ.Π.Α. 18%: $10.786.950 \text{ } \delta\rho\chi$

Γενικό Σύνολο: $81.501.400 \text{ } \delta\rho\chi$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΗΜΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

9.1 Προγράμματα Οικονομικών Ενισχύσεων Για Τα Θερμοκήπια

1. Πρόγραμμα «Αξιοποίησης ήπιων μορφών ενέργειας για την βελτίωση της ποιότητας των κηπευτικών και ανθοκομικών προϊόντων»

Με βάση το πρόγραμμα αυτό χορηγείται οικονομική ενίσχυση για τις ακόλουθες δραστηριότητες.

Α. Εγκατάσταση σύγχρονων τυποποιημένων θερμοκηπίων με τον απαραίτητο εξοπλισμό τους για την αξιοποίηση ήπιων μορφών ενέργειας και περιορισμό της χρήσης φυτοφαρμάκων, με σκοπό την παραγωγή κηπευτικών και ανθοκομικών προϊόντων υψηλής ποιότητας.

Θερμοκήπιο με εξοπλισμό νοείται:

1. Σκελετός θερμοκηπίου με σύστημα αερισμού, υλικά κάλυψης θερμοκηπίου (πλαστικά, υαλοπίνακες), σκελετός και υλικά κάλυψης χώρου εργασίας και σκληραγώγησης φυτών, σκυρόδεμα θεμελίωσης και διαδρόμων θερμοκηπίου.

2. Σύστημα θέρμανσης με ήπια μορφή ενέργειας (ηλιακή, βιομάζα, γεωθερμία) και βοηθητικό κλασσικό μέσο θέρμανσης. Ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος.

3. Συστήματα αερισμού, υποστράγγισης, άρδευσης, λίπανσης, υδρονέφωσης, δροσισμού, υδροπονίας και βελτίωσης της ποιότητας του νερού. Αντλίες και δεξαμενές νερού.

4. Υλικά μόνωσης και σκίασης. Υλικά εδαφοκάλυψης.

5. Μέσα φυτοπροστασίας και απολύμανσης του εδάφους.

6. Τραπέζια καλλιέργειας, δίσκοι, δοχεία (γλάστρες) και υποστρώματα (περλίτης, τύρφες). Γεμιστικές, φυτευτικές, σπαρτικές και μηχανές κατεργασίας υποστρωμάτων.

7. Καλλιεργητικά και μεταφορικά μηχανήματα θερμοκηπίων (μεταφορικές ταινίες, φορτωτές, περονοφόρα, φρέζες, ανελκυστήρες κ.λπ.)

8. Ψυκτικοί θάλαμοι και μηχανές τυποποίησης και συσκευασίας.

9. Εγκατάσταση ειδικών δοχείων για τη συλλογή και αποκομιδή των απορριμμάτων της μονάδας, ώστε να διασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος.

10. Διαμόρφωση χώρου (ισοπέδωση, δρόμοι και επίστρωση δρόμων εντός του κτήματος), περίφραξη. Εξοπλισμός γραφείου και λογιστηρίου.

11. Λοιποί εξοπλισμοί, εργαλεία και όργανα θερμοκηπίων και το πολλαπλασιαστικό υλικό φυτικών διάρκειας 2 ετών τουλάχιστον για την ανθοκομία.

B. *Εξοπλισμό εγκατεστημένων τυποποιημένων θερμοκηπίων με συστήματα για την καλύτερη αξιοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας (ηλιακή, αιολική, βιομάζα, γεωθερμία) και περιορισμό της χρήσης φυτοφαρμάκων με σκοπό την παραγωγή κηπευτικών και ανθοκομικών προϊόντων υψηλής ποιότητας.*

Εξοπλισμός θερμοκηπίων εδώ νοείται:

1. Όλοι οι εξοπλισμοί της περίπτωσης Α από 2-9 νοούνται επίσης εξοπλισμοί θερμοκηπίων και δύναται να βελτιωθούν ή να αντικατασταθούν εάν δεν υπάρχουν, στα παραπάνω θερμοκήπια, υπό την προϋπόθεση ότι θα εγκατασταθεί απαραίτητα σύστημα αξιοποίησης ήπιας μορφής ενέργειας για την θέρμανση εάν δεν υπάρχει.

2. Ειδικότερα για την ανθοκομία, και μόνο, εντάσσονται και οι βελτιώσεις των παραγραφών 10 και 11 και οι χώροι εργασίας και σκληραγώγησης φυτών, μέχρι 1000τ.μ. συνολικά, που θα θεωρούνται ως θερμοκηπιακή έκταση και υπόκεινται σε βελτίωση ή εγκατάσταση εφόσον δεν υπάρχει.

Γ. Ύψος ενίσχυσης

Για τις παραπάνω Α και Β περιπτώσεις, η οικονομική ενίσχυση ορίζεται σε ποσοστό 50% επί της συνολικής επένδυσης.

Ειδικότερα για τους νέους γεωργούς (δηλαδή αυτούς [που είναι κάτω των 40 ετών και εφόσον έχουν εκμετάλλευση, αυτή να μην ξεπερνά τη διάρκεια λειτουργίας των πέντε ετών), δίδονται επιπλέον 10 ποσοστιαίες μονάδες, δηλαδή ποσοστό ενίσχυσης για τους νέους γεωργούς 60%. Σε περιπτώσεις εταιρειών με συμμετοχή νέων αγροτών, το επί πλέον ποσοστό της ενίσχυσης (10%) θα καταβάλλεται ανάλογα με την ποσοστιαία συμμετοχή των νέων αγροτών στην εταιρεία.

1. Για την εγκατάσταση σύγχρονων τυποποιημένων θερμοκηπίων με τον εξοπλισμό τους (περίπτωση Α), η ενίσχυση ορίζεται:

- Κηπευτικά μέχρι 11.590.000 δρχ/στρέμμα για υαλόφρακτα θερμοκήπια και μέχρι 8.540.000 δρχ/στρέμμα για θερμοκήπια με κάλυψη πλαστικού.
- Ανθοκομία μέχρι 16.775.000 δρχ/στρέμμα θερμοκηπίου.

2. Για τον εξοπλισμό εγκατεστημένων τυποποιημένων θερμοκηπίων (περίπτωση Β), η ενίσχυση ορίζεται:

- Κηπευτικά μέχρι 3.660.000δρχ/στρέμμα θερμοκηπίου.
- Ανθοκομία μέχρι 9.150.000 δρχ/στρέμμα θερμοκηπίου.

Δ. Μέγεθος μονάδων

1. Για τις νέες μονάδες (περίπτωση Α), η έκτασή τους δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 3 στρεμμάτων και μεγαλύτερη των 5 στρεμμάτων.

2. Για την βελτίωση υπάρχουσών μονάδων (περίπτωση Β) η έκτασή τους δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη των 5 στρεμμάτων.

3. Σε περίπτωση που πρόκειται για επέκταση θερμοκηπιακής μονάδας με την εγκατάσταση νέου θερμοκηπίου το τελικό μέγεθος της μονάδας δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο των 5 στρεμμάτων ενώ δεν θα ισχύει ο περιορισμός των 3 στρεμμάτων.

Ε. Δικαιούχοι του προγράμματος είναι:

- Γεωργοί κηπευτικών ή ανθοκομικών ειδών με εμπειρία και γνώση της καλλιέργειας καθώς και της διάθεσης του προϊόντος με βεβαίωση των αρχών.
- Νέοι γεωργοί που έχουν παρακολουθήσει ειδικά εκπαιδευτικά προγράμματα των Διευθύνσεων Γεωργίας με βεβαίωση αρχών.
- Γεωπόνοι και Τεχνολόγοι Γεωπονίας, ελεύθεροι επαγγελματίες, με βεβαίωση αρχών.
- Νομικά πρόσωπα των οποίων οι κύριοι μέτοχοι να είναι εκ των ανωτέρω.

Ζ. Τόπος εγκατάστασης

- Να έχει εύκολη πρόσβαση σε οδικό δίκτυο.
- Να βρίσκεται σε τέτοια απόσταση από κατοικίες ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα.
- Το έδαφος να είναι κατά το δυνατό επίπεδο ώστε να μην απαιτούνται μεγάλες δαπάνες διαμόρφωσης.
- Ν διαθέτει κατάλληλο νερό άρδευσης.
- Να δίδεται ιδιαίτερη έμφαση ώστε οι νέες μονάδες να εγκαθίστανται εντός θερμοκηπιακών ζωνών με την προοπτική ότι αυτές θα αποτελέσουν θερμοκηπιακά κέντρα που θα διαθέτουν τεχνική υποστήριξη και εφόδια για τους παραγωγούς και μέσα τυποποίησης, συσκευασίας, με την κατάλληλη Δε συγκέντρωση της παραγωγής θα δύνανται να προωθήσουν την εμπορία των προϊόντων στο εσωτερικό και εξωτερικό.

Η. Γενικά

Οι φορείς (δικαιούχοι) θα πρέπει να υποβάλλουν γεωργοοικονομική μελέτη στη Διεύθυνση Γεωργίας του τόπου εγκατάστασης της μονάδας. Η μελέτη θα πρέπει να εκπονείται και να υπογράφεται από γεωπόνο μελετητή ελεύθερο επαγγελματία μέλος του ΓΕΩΤΕΕ.

Οι μελέτες θα πρέπει να συνοδεύονται από πλήρη στοιχεία του θερμοκηπίου και των εξοπλισμών και αναλυτικές προσφορές αυτών.

Ιδιαίτερα για τα θερμοκήπια θα πρέπει να υποβάλλονται αναλυτικές τεχνικές προδιαγραφές (και σχέδιο ελέγχου) που να είναι σύμφωνες με αυτές του Υπουργείου Γεωργίας καθώς και εγγυήσεις των εργοστασίων όπως αυτές αναφέρονται στις Τεχνικές Προδιαγραφές θερμοκηπίων του Υπουργείου Γεωργίας. Σύμφωνα με αυτές τις αναλυτικές τεχνικές προδιαγραφές (και το σχέδιο ελέγχου) θα γίνει ο έλεγχος κατά την παραλαβή των θερμοκηπίων από τις Επιτροπές των Διευθύνσεων Γεωργίας.

Στο στάδιο υλοποίησης είναι δυνατή η παρέκκλιση από την αρχική μελέτη, πάντοτε όμως μετά από έγκριση της σχετικής Επιτροπής της Διεύθυνσης Γεωργίας και εντός των ορίων της εγκριθείσης οικονομικής ενίσχυσης. Είναι δυνατή η ένταξη ενός φορέα στο ένα ή και στα δύο σκέλη του προγράμματος (νέες μονάδες-βελτίωση υπαρχουσών μονάδων) . Στον τομέα της ανθοκομίας να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην βελτίωση των υπαρχουσών μονάδων.

Κατά την αξιολόγηση του φορέα, οι Διευθύνσεις Γεωργίας θα λαμβάνουν σοβαρά υπόψη την φερεγγυότητα αυτού, που αποδεικνύεται με έγγραφο των τραπεζών (και οπωσδήποτε της Α.Τ.Ε.) με τις οποίες συναλλάσσεται ο φορέας για την συναλλακτική του τάξη (οπωσδήποτε να μην έχει ληξιπρόθεσμες οφειλές). Κατά την αξιολόγηση του φορέα επίσης να λαμβάνεται υπόψη η συμμετοχή του σε Οργανώσεις Παραγωγών με βεβαίωση αυτών.

Οι Διευθύνσεις Γεωργίας αξιολογούν τους φορείς με γνώμονα τα ανωτέρω αλλά και τις δυνατότητές τους για ολοκλήρωση των επενδύσεων σε εύλογο χρονικό διάστημα καθώς και για την μετέπειτα βιωσιμότητά τους. Οι Διευθύνσεις Γεωργίας εισηγούνται, σύμφωνα με τις διαθέσιμες πιστώσεις, για την ένταξη των φορέων στο μέτρο στη Δ/ση Π.Α.Π. Δενδροκηπευτικής μέσα σε δύο μήνες το αργότερο από την ημερομηνία υποβολής της μελέτης. Η Διεύθυνση Π.Α.Π. Δενδροκηπευτικής εισηγείται στον Υπουργό Γεωργίας για την υπογραφή και έκδοση της σχετικής Υπουργικής Απόφασης ένταξης των φορέων στο μέτρο και αποστέλλει αυτήν στη Διεύθυνση Γεωργίας και στον φορέα για την υλοποίηση του έργου.

9.2 Ειδικά προγράμματα για νέους καλλιεργητές

Στα προγράμματα ενίσχυσης των νέων καλλιεργητών (ηλικίας μέχρι 40 ετών) διακρίνονται οι παρακάτω 3 κατηγορίες:

1. Κατά κύρια απασχόληση νέος καλλιεργητής. Στην κατηγορία αυτή υπάγεται κάποιος εφόσον είναι νέος ή νεοεισερχόμενος νέος καλλιεργητής και το μεγαλύτερο μέρος του εισοδήματός του προέρχεται από τις γεωργικές δραστηριότητες (φυτική και ζωική παραγωγή). Τότε, αν στο πρόσωπό του συντρέχουν και ορισμένες άλλες προϋποθέσεις (περισσότερες λεπτομέρειες από τις κατά τόπου Διευθύνσεις Γεωργίας), μπορεί με Σχέδιο Βελτίωσης της γεωργικής του εκμετάλλευσης να ενισχυθεί για συνολικό ύψος επένδυσης μέχρι 88 εκατομμύρια δρχ στα πλαίσια του Κανονισμού (Ε.Ε.) 950/97. Στην περίπτωση αυτή, χορηγούνται με επιδότηση κεφαλαίου τα πρώτα 44 εκατομμύρια δρχ (μετρητά) και τα επόμενα 44 εκατομμύρια δρχ με επιδότηση επιτοκίου.

Συγκεκριμένα, για τα πρώτα 44 εκατομμύρια δρχ του Σχεδίου Βελτίωσης η ενίσχυση θα χορηγηθεί με την μορφή επιδότησης κεφαλαίου (μετρητά) και το ύψος της μπορεί και μόνος του ο καλλιεργητής να το εκτιμήσει με βάση τα ακόλουθα:

- Εφόσον δεν έχει συμπληρώσει ο καλλιεργητής 5ετία στο αγροτικό επάγγελμα, τα ποσοστά με βάση τα οποία θα του υπολογιστεί το ύψος της ενίσχυσης είναι όπως στον πίνακα 1^α.

Πίνακας 1 ^α			
Είδος Επένδυσης	Τόπος: Κατοικίας, επένδυσης		
	Ορεινές Μειονεκτικές	Λοιπές περιοχές	Νησιά Αιγαίου
Ακίνητα	68%	56%	68%
Λοιπές επενδύσεις	50%	37%	68%

- Εφόσον έχει ο καλλιεργητής συμπληρώσει 5ετία στο αγροτικό επάγγελμα τα ποσοστά με βάση τα οποία θα του υπολογιστεί η ενίσχυση είναι όπως στον πίνακα 1β.

Πίνακας 1β			
Είδος επενδύσεις	Τόπος: Κατοικίες,		
Επένδυσης	Ορεινές Μειονεκτικές;	Λοιπές Περιοχές	Νησιά Αιγαίου
Ακίνητα	55%	45%	55%
Λοιπές επενδύσεις	40%	30%	55%

Για τα επόμενα 44 εκατομμύρια δρχ του Σχεδίου Βελτίωσης η ενίσχυση θα χορηγηθεί έμμεσα με την μορφή επιδότησης επιτοκίου του δανείου που θα λάβει ο καλλιεργητής. Το όφελος που θα έχει ο καλλιεργητής από την εν λόγω επιδότηση (μείωση του κόστους του δανείου) μπορεί και μόνος του να το εκτιμήσει με βάση τον Πίνακα 1γ.

Πίνακας 1γ		
Προέλευση εκμετάλλευσης	Ορεινές μειονεκτικές	Λοιπές περιοχές
Αν είναι καθολικός διάδοχος του συνόλου Προϋπάρχουσας εκμ/σης	80%	60%
Αν δημιουργεί την εκμ/ση από τμήματα άλλων εκμ/των	70%	50%

Τα ποσοστά αυτά ισχύουν μέχρι να εξαντληθεί η κεφαλοποιημένη αξία της ενίσχυσης που αντιστοιχεί :

- στο 68% του ύψους των εγκεκριμένων επενδύσεων που υπερβαίνουν τα αρχικά 44 εκατομμύρια δρχ εφόσον κατοικεί και επενδύει ο καλλιεργητής σε ορεινές και μειονεκτικές περιοχές.
- στο 55% στις άλλες περιπτώσεις.

2. Κατά κύρια απασχόληση νέος αγρότης. Στην κατηγορία αυτή υπάγεται ο καλλιεργητής εφόσον είναι νέος ή νεοεισερχόμενος νέος καλλιεργητής, αλλά το μεγαλύτερο μέρος του εισοδήματός του προέρχεται από τις λοιπές αγροτικές δραστηριότητες (αλιεία πλην υπερπόντιας, δάση, αγροτουρισμός, αγροβιοτεχνία, παραδοσιακή βιοτεχνία). Στην περίπτωση αυτή και εφόσον στο πρόσωπό του συντρέχουν και ορισμένες άλλες προϋποθέσεις, μπορεί με Γεωργοοικονομική Μελέτη της γεωργικής του εκμετάλλευσης να ενισχυθεί (επιδότηση επιτοκίου) για συνολικό ποσό επένδυσης μέχρι 44 εκατομμύρια δρχ στα πλαίσια εφαρμογής των δανειακών διευκολύνσεων του Ν.2520/97.

Συγκεκριμένα, η ενίσχυση θα του χορηγηθεί με την μορφή επιδότησης επιτοκίου του δανείου που θα λάβει για την πραγματοποίηση των επενδύσεων και το συνολικό όφελος που θα έχει μπορεί και μόνος του να το εκτιμήσει με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 2^ο.

Πίνακας 2 ^ο		
Προέλευση εκμετάλλευσης	Ορεινές μειονεκτικές	Λοιπές Περιοχές
Αν είναι καθολικός διάδοχος του συνόλου Προϋπάρχουσας εκμ/σης	80%	60%
Αν δημιουργήσει την εκμ/σή του από Τμήματα άλλων εκμ/σεων	70%	50%

Τα ποσοστά αυτά ισχύουν μέχρι να εξαντληθεί η κεφαλοποιημένη αξία της ενίσχυσης που αντιστοιχεί:

I. Στο 55% του συνολικού ύψους της επένδυσης και εφόσον οι επενδύσεις αφορούν:

- εξοικονόμηση ενέργειας π.χ. εγκατάσταση ήπιων μορφών ενέργειας σε ένα θερμοκήπιο, όχι όμως το ίδιο θερμοκήπιο,
- έργα εγγειοβελτίωσης,
- προστασία του περιβάλλοντος.

II. σε όλες τις άλλες περιπτώσεις επενδύσεων, μέχρι να εξαντληθεί το συνολικό ποσό που υπολογίζεται κατά περίπτωση επένδυσης από τα ποσοστά του Πίνακα 2β.

Πίνακας 2β			
Είδος Επένδυσης	Τόπος : κατοικίας, επένδυσης		
	Ορεινές μειονεκτικές	Λοιπές περιοχές	Νησιά Αιγαίου
Ακίνητα	42%	34%	42%
Λοιπές επενδύσεις	30%	23%	42%

3. **Μερικής απασχόλησης νέος αγρότης.** Στην κατηγορία αυτή υπάγεται ο καλλιεργητής, εφόσον είναι νέος (μέχρι 40 ετών), κατοικεί μόνιμα σε ορεινή και μειονεκτική περιοχή και αντλεί τουλάχιστο το ένα τέταρτο του συνολικού του εισοδήματος από αγροτικές δραστηριότητες. Τότε, αν στο πρόσωπό του συντρέχουν και ορισμένες άλλες προϋποθέσεις, μπορεί με το Σχέδιο Ανάπτυξης της εκμετάλλευσής του να ενισχυθεί με επιδότηση επιτοκίου για συνολικό ύψος επένδυσης μέχρι 44 εκατομμύρια δρχ στα πλαίσια εφαρμογής των δανειακών διευκολύνσεων του Ν. 2520/97.

Στην περίπτωση αυτή το ποσοστό επιδότησης επιτοκίου του δανείου που θα ωφεληθεί είναι 50% και η επιδότηση αυτή θα ισχύσει για το 42% του εγκεκριμένου ύψους επένδυσης για ακίνητα (π.χ. θερμοκήπια) και 30% για λοιπές επενδύσεις. Με το πρόγραμμα αυτό επιδοτούνται πολλές και διάφορες κατηγορίες επενδύσεων. Σχετικές με τα θερμοκήπια είναι κυρίως οι παρακάτω:

❖ *Επενδύσεις για τη δημιουργία μονάδων πολλαπλασιαστικού υλικού.*

Ενισχύονται οι δαπάνες για τις απαραίτητες εγκαταστάσεις (θερμοκήπιο, τραπέζια, λοιπός εξοπλισμός) για τη δημιουργία – επέκταση μονάδας σποροπαραγωγής και φυτωριακού υλικού προωθούμενων ειδών και ποικιλιών, καθώς και διατηρούμενων ή απαθαρρυνόμενων, εφόσον διασφαλίζεται η εξαγωγή τους. Δεν ενισχύονται οι δαπάνες για αναλώσιμα υλικά (γλάστρες, περλίτης, χώμα κ.λπ.)

❖ **Θερμοκήπια με ήπιες μορφές ενέργειας.**

Ενισχύονται οι δαπάνες εγκατάστασης θερμοκηπιακών μονάδων κατά προτεραιότητα ανθοκομικών προϊόντων: σκελετός, βάση στήριξης, υλικό κάλυψης (μόνο μια φορά), έργα εγχειοβελτίωσης – άρδευσης, σύστημα θέρμανσης με ήπιες μορφές ενέργειας, θερμοκουρτίνες, συστήματα αερισμού, υδρονέφωσης, μηχανικός και λοιπός εξοπλισμός. Σε υφιστάμενες μονάδες ενισχύονται οι δαπάνες εγκατάστασης συστήματος ήπιων μορφών ενέργειας με ή χωρίς αντικατάσταση των συμβατικών όπως θερμοκουρτίνες, σύστημα υδρονέφωσης, αερισμού κ.λπ. Επίσης ενισχύονται οι δαπάνες εγκατάστασης, όπου είναι εφικτό, συστημάτων βιολογικής και υδροπονικής καλλιέργειας (πολυετής) και υπό τον όρο ότι δεν δημιουργούνται προβλήματα στο περιβάλλον.

9.3 Ενισχύσεις με βάση τον κανονισμό (Ε.Ε.) 950/97

Κατά κύρια απασχόληση νέοι καλλιεργητές που είναι μόνιμοι κάτοικοι περιοχών της Ν. Αττικής ή πόλεων πληθυσμού άνω των 50.000 κατοίκων (εξαιρούνται από τα αυξημένα κίνητρα του προηγούμενου προγράμματος) καθώς και κατά αποκλειστικότητα καλλιεργητές ηλικίας 40-65 ετών μπορούν επίσης να επιδοτηθούν με βάση τον Κανονισμό (Ε.Ε.) 950/97. Και στην περίπτωση αυτή χρειάζεται Σχέδιο Βελτίωσης της γεωργικής εκμετάλλευσης. Χορηγείται ενίσχυση κεφαλαίου για επενδύσεις ύψους μέχρι 44 εκατομμύρια δρχ και το ποσοστό επιδότησης κυμαίνεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3			
Είδος Επένδυσης	Τόπος κατοικίας, επένδυσης		
	Ορεινές Μειονεκτικές	Λοιπές περιοχές	Νησιά Αιγαίου
Ακίνητα	55%	45%	55%
Λοιπές επενδύσεις	40%	30%	55%

Σημείωση: Οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να πληροφορούνται όλες τις λεπτομέρειες και να κάνουν τις απαιτούμενες αιτήσεις κ.λπ. στη Διεύθυνση Γεωργίας της περιοχής τους πριν την έναρξη της επένδυσης. Αιτήσεις επιδότησης μετά την έναρξη της επένδυσης είναι αδύνατο να ικανοποιηθούν.

Συμπεράσματα

Οι ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Η.Μ.Ε.) παρουσιάζουν αξιοσημείωτη ποικιλία, η οποία γίνεται ακόμα ευρύτερη στο πεδίο των τεχνολογιών εκμετάλλευσης τους. Πράγματι, για κάθε μία από τις Η.Μ.Ε., όπως αυτές παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα, οι δυνατοί τρόποι αξιοποίησης της είναι πολλοί, καλύπτοντας έτσι και ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Σε πολλές από αυτές, η χρήση εναλλακτικής πηγής ενέργειας και η αντικατάσταση συμβατικών καυσίμων από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζει οικονομικό όφελος, το οποίο ενισχύεται περαιτέρω εάν συνυπολογιστεί και το αντίστοιχο περιβαλλοντικό όφελος.

Αν και δεν υπάρχει σαφής μεθοδολογία για την οικονομική αποτίμηση του περιβαλλοντικού οφέλους, έχει γίνει συνείδηση όλων, τα τελευταία χρόνια ιδίως, ότι η προστασία του περιβάλλοντος ή αλλιώς, η αποφυγή επιβάρυνσης του, είναι ένα θέμα που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη, σε αυτού του είδους τις επενδύσεις. Ειδικά σε θέματα ενέργειας, η διαθέσιμη σήμερα τεχνολογία προσφέρει σημαντικές δυνατότητες, ώστε η λειτουργία των νέων μονάδων που εγκαθίστανται να είναι φιλική προς το περιβάλλον, παρέχοντας την ενέργεια που απαιτείται χωρίς, ταυτόχρονα, να επιβαρύνεται η ατμόσφαιρα.

Πέραν, όμως, της μείωσης των εκπομπών ρύπων, με τη χρήση των Η.Μ.Ε. περιορίζεται και ο ρυθμός εξάντλησης των παγκοσμίως διαθέσιμων αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων. Αν και οι εκτιμήσεις για το χρόνο ζωής των αποθεμάτων αυτών ποικίλουν, είναι δεδομένο ότι, στο εγγύς μέλλον, αυτά θα εξαντληθούν. Η σταδιακή, λοιπόν, αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, σε μία ποικιλία εφαρμογών, παρατείνει το χρόνο για τον οποίο αυτά θα είναι διαθέσιμα. Καθώς οι σχετικές τεχνολογίες εξελίσσονται, τα διάφορα συστήματα εκμετάλλευσης των Η.Μ.Ε. μπορούν να εφαρμόζονται σε όλο και ευρύτερο πεδίο εφαρμογών, μειώνοντας έτσι την εξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα.

Για χώρες όπως η Ελλάδα, που δεν διαθέτουν αξιόλογα αποθέματα συμβατικών καυσίμων, η προαναφερθείσα προοπτική καθίσταται ακόμα σημαντικότερη, εάν επιπλέον ληφθεί υπόψη και η δυνατότητα εξοικονόμησης συναλλάγματος. Πράγματι, καθώς το μεγαλύτερο μέρος των συμβατικών καυσίμων που καταναλώνονται είναι εισαγόμενα, ακόμα και μικρή εξοικονόμηση

στην κατανάλωση τους συνεπάγεται σημαντικό συναλλαγματικό όφελος για τη χώρα. Όσο αυξάνει η χρήση των διάφορων συστημάτων εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αυξάνει και το όφελος αυτό.

Βέβαια, η εγκατάσταση των συστημάτων αυτού του είδους συνεπάγεται και αυτή, με τη σειρά της σημαντική συναλλαγματική δαπάνη. Όμως, η δαπάνη αυτή αποσβένεται σε σύντομο χρονικό διάστημα καθώς, λόγω της φύσης της πηγής ενέργειας των συστημάτων αυτών, η οποία είναι φθηνή και ανεξάντλητη, δεν υφίσταται ως πρόβλημα το κόστος του καυσίμου και οι διακυμάνσεις του, το οποίο είναι αναπόφευκτο για όλη τη διάρκεια ζωής ενός συμβατικού συστήματος. Εάν, μάλιστα, η ευρύτερη αξιοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας στην Ελλάδα συνδυαστεί και με μία αντίστοιχη προσπάθεια για ανάπτυξη της εγχώριας τεχνολογίας, τα οικονομικά οφέλη θα γίνουν ακόμα σημαντικότερα. Όσο μεγαλύτερο μέρος μιας εγκατάστασης εκμετάλλευσης των Η.Μ.Ε. μπορεί να σχεδιάζεται, να κατασκευάζεται ή/και να συντηρείται στην Ελλάδα, τόσο μεγαλύτερο γίνεται και το συναλλαγματικό όφελος που προκύπτει από αυτή. Επιπλέον, πέραν των θέσεων εργασίας που, ούτως ή άλλως, δημιουργούνται για την εγκατάσταση, παρακολούθηση και συντήρηση αυτών των συστημάτων, η ανάπτυξη της εγχώριας τεχνολογίας κατασκευής τους μπορεί να δημιουργήσει και άλλες τέτοιες θέσεις, οι οποίες, μάλιστα, θα αφορούν εργαζόμενους και ερευνητές με υψηλή στάθμη επιστημονικής και τεχνικής κατάρτισης.

Συγκεκριμένα, δε, για την θερμοκηπιακή μας εγκατάσταση, βγάζουμε το συμπέρασμα πως μπορεί μεν να είναι «βαρύ» το αρχικό κόστος εγκατάστασης των συστημάτων, αλλά με τις χρηματοδοτήσεις από την Ευρωπαϊκή Ένωση, οι οποίες μπορεί να φτάσουν ακόμη και το 70%, το αρχικό κόστος γίνεται πιο «ελκυστικό». Ιδιαίτερα ευνοούμενοι θεωρούνται από αυτά τα προγράμματα, σύμφωνα με το Κεφάλαιο 9, οι νέοι καλλιεργητές και αυτοί σε απομακρυσμένες περιοχές.

Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό ότι, η προσφορά των συστημάτων εκμετάλλευσης των Η.Μ.Ε. είναι υπολογίσιμη σε πολλά επίπεδα. Ακόμα και με στενά οικονομικά κριτήρια, το όφελος που προκύπτει από την εγκατάσταση τους είναι πολύ σημαντικό, τόσο για το μικρό ή μεγάλο ιδιώτη χρήστη τους, όσο και για την εθνική οικονομία. Εάν, μάλιστα, συνυπολογιστεί η συνεισφορά των συστημάτων αυτών στην προστασία, πρωτίστως, του περιβάλλοντος, αλλά και στη διαφύλαξη των εγχώριων αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων, τη μείωση

της εξαγωγής συναλλάγματος, τον περιορισμό της ανεργίας, καθώς και στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας, αφού τα συστήματα αυτά εγκαθίστανται κυρίως σε αγροτικές ή/και απομακρυσμένες περιοχές, προκύπτει ότι η ευκαιρία που δίνεται στη χώρα μας δεν πρέπει να πάει χαμένη;

Τα επόμενα χρόνια θα είναι καθοριστικά για την πορεία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα. Χωρίς την άμεση συμμετοχή όλων, δεν είναι εφικτό να επιτευχθεί η επιτυχής διάδοση σε ευρεία κλίμακα των συστημάτων αυτών, ούτε και η όσο το δυνατόν εντατικότερη εκμετάλλευση των διαθέσιμων στη χώρα μας Η.Μ.Ε., οι οποίες είναι άφθονες και καλής ποιότητας. Η προσπάθεια που γίνεται από την πολιτεία, μέσω των εφαρμογών που η ίδια υλοποιεί και των κινήτρων για σχετικές επενδύσεις που παρέχει στους ιδιώτες, είναι αξιόλογη, αλλά χρειάζεται και την ενίσχυση όλων μας. Για το λόγο αυτό, πρέπει ο καθένας, στο μέτρο που μπορεί, μετά από την κατάλληλη ενημέρωση του και, πιθανώς, εκπαίδευση του γύρω από τα θέματα των Η.Μ.Ε., να δραστηριοποιηθεί προς την κατεύθυνση αυτή.

Βιβλιογραφία:

1. Καγκαράκης Κ., 1983, «Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία».
2. Βαζαίος Ε. Η., 1981, «Εφαρμογές της Ηλιακής Ενέργειας. Υπολογισμός και σχεδίαση Φωτοβολταϊκών συστημάτων», έκδοση 1η.
3. Μπαλάρας Κ. Α., 1992, «Φωτοβολταϊκά συστήματα», Διδακτικές Σημειώσεις, τμήμα Μηχανολογίας, Τ.Ε.Ι. Πειραιά.
4. Μπαλάρας Κ. Α., 1992, «Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα», Διδακτικές Σημειώσεις, τμήμα Μηχανολογίας, Τ.Ε.Ι. Πειραιά.
5. Μπαλάρας Κ. Α., 1992, «Ηλιακή Ακτινοβολία», Διδακτικές Σημειώσεις, τμήμα Μηχανολογίας, Τ.Ε.Ι., Πειραιά.
6. Καλδέλλης Ι., 1999, «Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας», τεύχος 3^ο, Εργαστηριακές Σημειώσεις, τμήμα Μηχανολογίας, Τ.Ε.Ι. Πειραιά.
7. Σωτηροπούλου Α., 1999, «Ήπιες Μορφές Ενέργειας», Διδακτικές Σημειώσεις, τμήμα Θ.Ε.Κ.Α., Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
8. Πέτρου Μ., Ρουμπέλλη Ν., 1994, «Ηλιακή Ενέργεια – Φωτοβολταϊκά Συστήματα», Σεμινάριο Κατασκευαστικού Τομέα, Τ.Ε.Ι. Χαλκίδας.
9. Καραγούρης Α., 2000, «Ήπιες Μορφές Ενέργειας (Ηλιακή) και εφαρμογές σε θερμοκηπιακά συγκροτήματα», Πτυχιακή Εργασία, τμήμα Θ.Ε.Κ.Α., Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
10. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), 1999, «Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας».
11. Σιγάλας Ι., 1995, Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα», Εργαστηριακές Σημειώσεις, Τμήμα Μηχανολογίας, Τ.Ε.Ι. Πειραιά.
12. Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», έκδοση 2^η, εκδ. Σταμούλης, Αθήνα – Πειραιάς.
13. Χαρώνης Π., 1998, «Ηλιακά Παθητικά Θερμοκήπια», εκδ. Ίων, Αθήνα.
14. Καλδέλλης Ι., 1999, «Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας», εκδ. Σταμούλης, Αθήνα.
15. Καλδέλλης Ι., Καββαδίας Κ., 2001, «Εργαστηριακές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας», εκδ. Σταμούλης, Αθήνα.
16. Μπεργελές Γ., 1998, «Ανεμοκινητήρες», εκδ. Συμεών, Αθήνα.

17. Καλδέλλης Ι., 1994, «Βασικά στοιχεία διαχείρισης της Αιολικής Ενέργειας», Διδακτικές Σημειώσεις, τμήμα Μηχανολογίας, Τ.Ε.Ι. Πειραιά.

18. Μαχιάς Α., 1977, «Ηλεκτρολογικές Εγκαταστάσεις», εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα.

19. «Γεωργία και Κτηνοτροφία», Αφιέρωμα στα Θερμοκήπια.

20. Walter J. F., Jehkins N., 1997, "Wind Energy Technology».

21. Kreider J. F., Kreith F., "Solar Energy Handbook", Mc-Graw-hill book company, New York.

22. Τράπεζα Πληροφοριών Διαδικτύου (Internet):

- 1) <http://www.bwea.com>
- 2) <http://www.canwea.com>
- 3) <http://www.cranfield.ac.uk/sme/ppa/wind/>
- 4) <http://www.alternativepower.com>
- 5) <http://www.windpower.dk/code.html>
- 6) <http://www.windecenergy.com>
- 7) <http://www.awea.org.com>
- 8) <http://www.nedwind.dk>
- 9) <http://www.bonus.dk/>
- 10) <http://www.neg-micon.dk/>
- 11) <http://www.nordex.dk/>
- 12) <http://www.vestas.dk/>
- 13) <http://www.lagerwey.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΦΥΛΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Φύλλο ... 1

ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΚΟΡΩΝΗΣ - Ν. ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ

ΘΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΟΡΩΝΗ - ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ

1.	2.	3.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ					ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		16.
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜ. ΑΠΩΛ. κ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΑΥΞΕΙΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΧΩΡΟΥ
		(cm)	(m)	(m)	(m ²)		(m ²)	(m ²)	Kcal/hm ² °C	°C	(Kcal/h)	(%)	(%)	(1+%)	(Kcal/h)
1	A	Υ.Κ.Κ	10	3	30	4	-	120	6,3	19	14.364	-	-	1,30	18.673
2	A	Υ.Ν.Κ	10	1,5	15	4	-	60	6,3	19	7.182	-	-	1,30	9.337
3	N	Υ.Ν.Κ	5	1,5	3,75	4	-	15	6,3	19	1.795,5	-	-	1,35	2.424
4	N	Υ.Ν.Κ	5	3	15	4	-	60	6,3	19	7.182	-	-	1,35	9.696
5	Δ	Υ.Ν.Κ	10	3	30	4	-	120	6,3	19	14.364	-	-	1,35	19.392
6	Δ	Υ.Ν.Κ	10	1,5	15	4	-	60	6,3	19	7.182	-	-	1,35	9.696
7	B	Υ.Ν.Κ	5	1,5	3,75	4	-	15	6,3	19	1.795,5	-	-	1,45	2.604
8	B	Υ.Ν.Κ	5	3	15	4	-	60	6,3	19	7.182	-	-	1,45	10.414
ΔΑΠΕ	-	-	40	20	800	-	-	800	2,2	19	16.720	-	-	1,2	20.064
															102.296

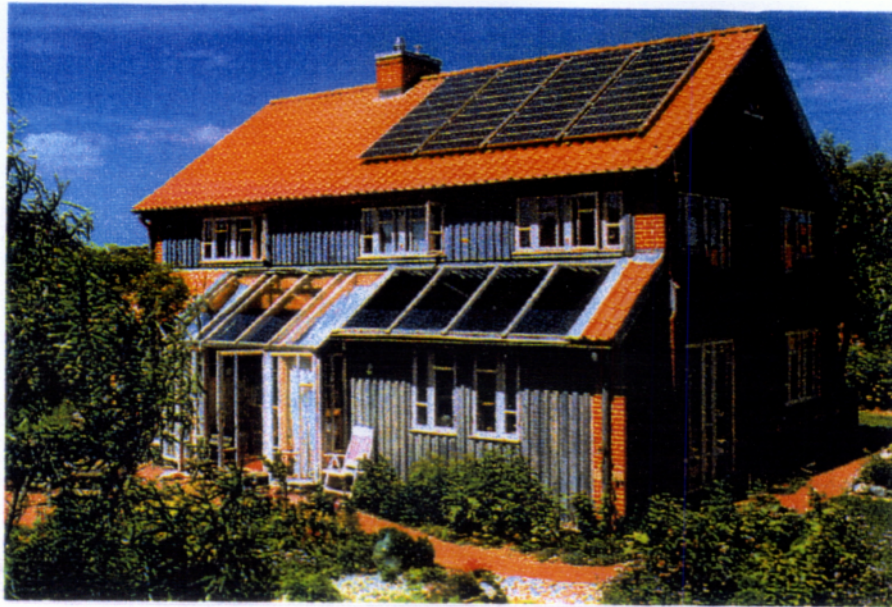
Οι θερμικές απώλειες είναι 102.296 Kcal/h. Σύμφωνα με τον τύπο $Q_A = \text{Θερμικές Απώλειες} \cdot \eta$, όπου $1,25 \leq \eta \leq 1,3$ επιλέγουμε $\eta = 1,25$ επειδή ο λέβητας είναι καινούργιος και έχει μεγάλη απόδοση.

Άρα $Q_A = 102.296 \cdot 1,25 = 127.870$ Kcal/h. Μπορούμε να επιλέξουμε λέβητα 150.000 Kcal/h, αλλά επειδή υπάρχει περίπτωση στο μέλλον να επεκτείνουμε το θερμοκήπιο, τοποθετούμε από τώρα λέβητα ισχύος

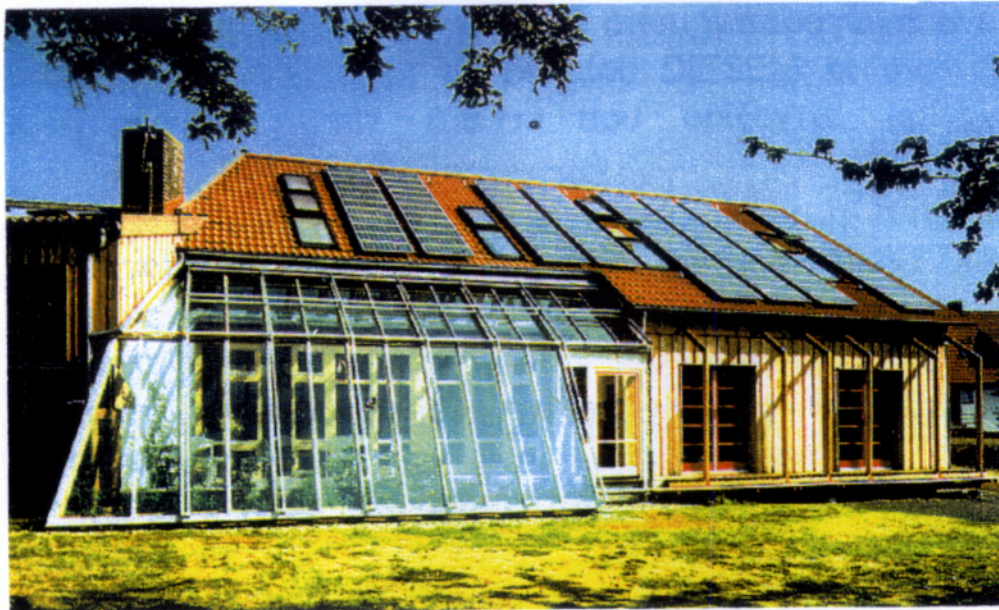
210.000 Kcal/h. Σύμφωνα με αυτό, τόσες είναι και οι απαιτήσεις μας σε παραγόμενη ισχύ από τα συστήματα αιολικής και ηλιακής ενέργειας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

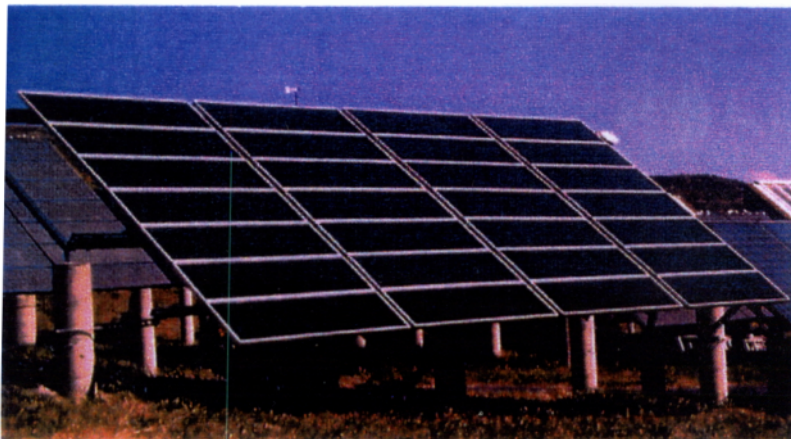


Εικόνα 1



Εικόνα 2

Κατοικίες με φωτοβολταϊκά στη στέγη (Εικόνα 1,2)



Μικρός φωτοβολταϊκός σταθμός
σε κάποιο ελληνικό νησί
(Εικόνα 3)

Εικόνα 3

Δημοτική Βιβλιοθήκη
στην Βαρκελώνη με
εγκατεστημένη ισχύ 53kW
(Εικόνα 4)

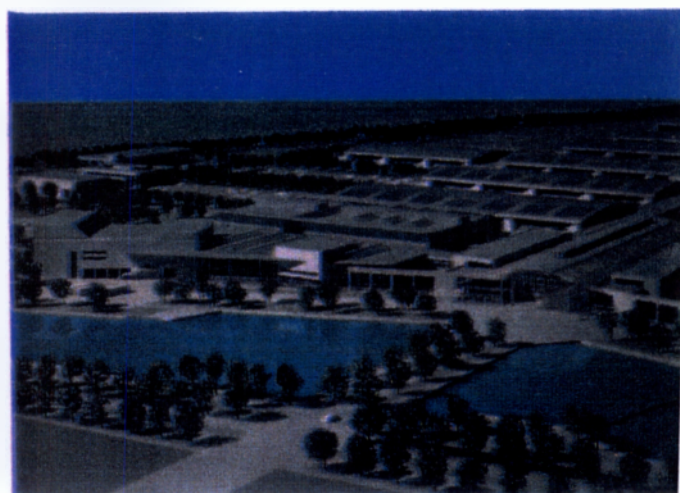


Εικόνα 4

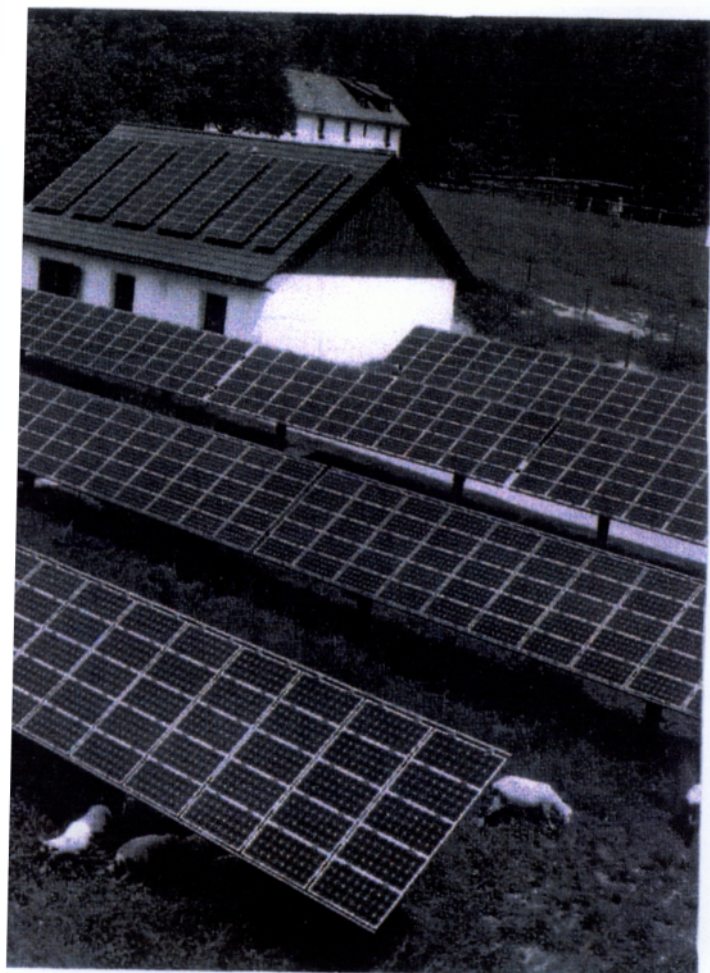
Φωτοβολταϊκός σταθμός
στην Κύθνο (Εικόνα 5)



Εικόνα 5

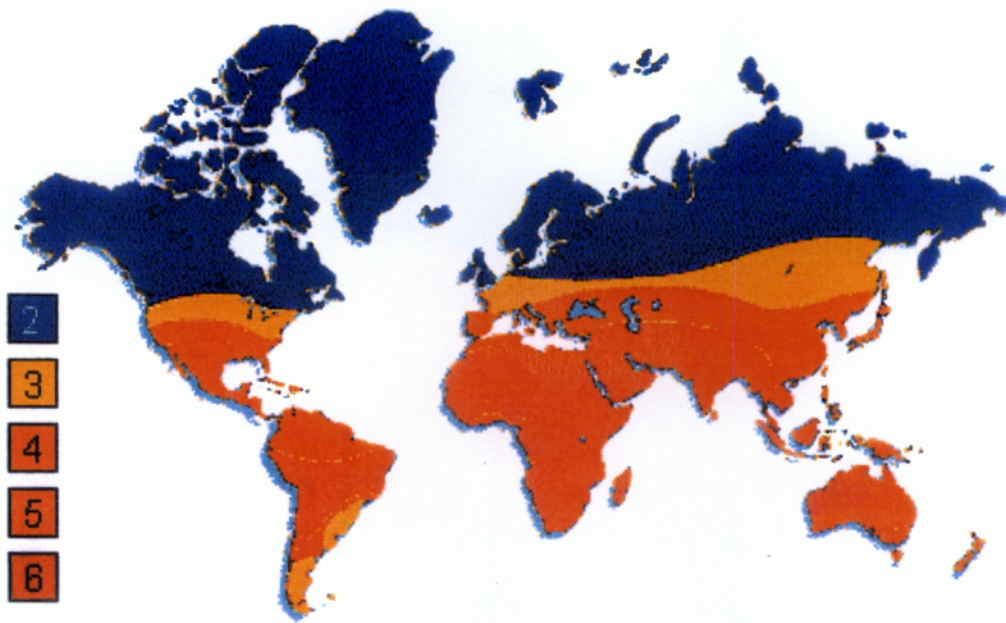


Εικόνα 6
Η μεγαλύτερη Φ/Β
εγκατάσταση στον κόσμο
(New Munich Trade Fair
Center) (Εικόνα 6)

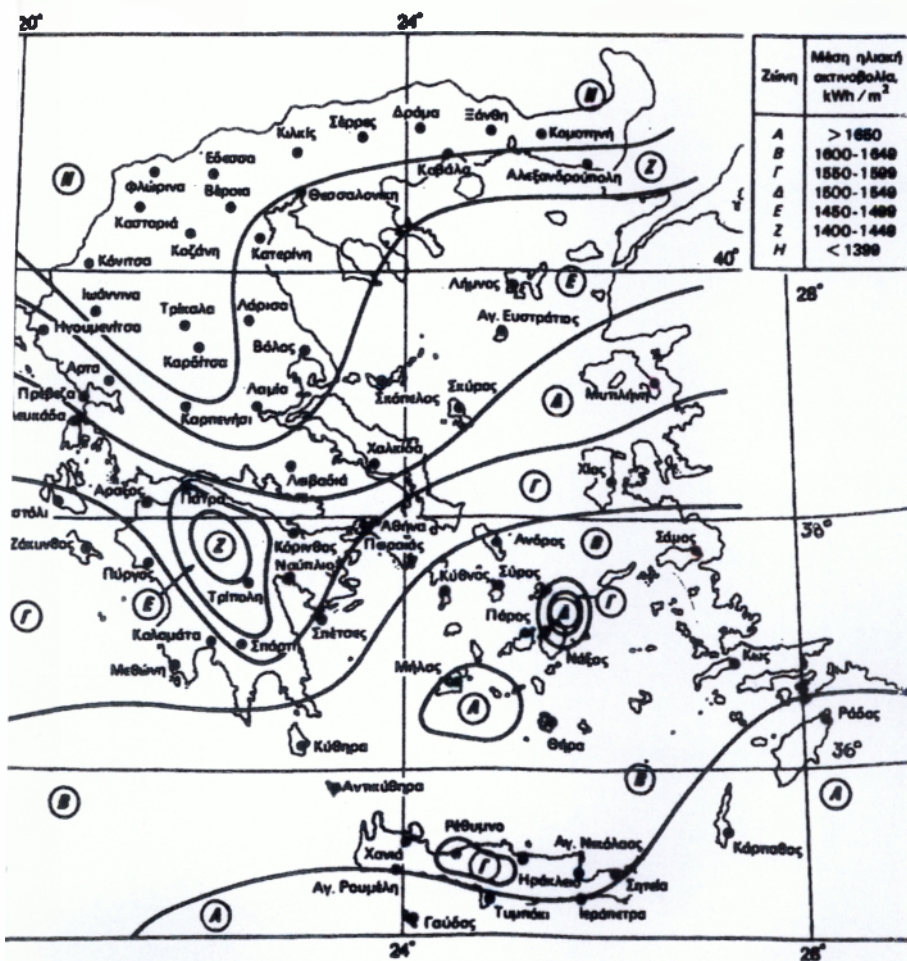


Εικόνα 7

Φωτοβολταϊκά πλαίσια
σε αγροικία στην
Γερμανία (Εικόνα 7)



Σχήμα 1. Ο χάρτης είναι χωρισμένος σε πέντε ζώνες. Η κάθε μια ζώνη έχει έναν συντελεστή περιοχής, ο οποίος είναι βασισμένος στην μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία και στην θερμοκρασία κάθε ζώνης. Βέβαια όπως είναι φυσικό μπορεί η αλλαγή κλίματος κάθε περιοχής να επηρεάσει την ηλιακή ακτινοβολία.



Κατανομή μέσης συνολικής ετήσιας έντασης ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο

Σχήμα 2.

N80/2500 kW - Main Data

The latest development from Nordex GmbH, and the largest turbine in production.

Rotor	
Type	3-bladed, horizontal axis, upwind
Rotor diameter	80 m.
Swept area	5.026 m ²
Power regulation	Pitch
RPM	10.3... 19.2 RPM (speed variable)
Cut-in / cut-out wind	3,5 / 25 m/s.
Nominal output at	14 m/s.
Design conditions	According to GL1
Calculated lifetime of turbine	20 years
Gear	
Type	2-stage planetary
Manufacturer	Flender, or similar
Cooling	Air-oil heat exchanger
Ratio	1:67.9
Blades	
Manufacturer	LM Glasfiber A/S or similar.
Blade length	38.8 m.
Material	Glass fibre reinforced plastic
Lightning protection	Receptor in blades
Generator	
Nominal power	2500 kW
Type	Double-fed asynchronous, water-glycol cooled
Protection classification	IP54
Grid connection	IGBT converter
Yaw system	
Type	Active yawing, electrically
Yaw control	By windvane
Yaw rate	0.6° per second
Controller	
Type	Nordex Remote Field Controller (RFC) / PLC
Grid connection	Through IGBT converter
Remote communication	By modem
Back-up system	UPS
Braking system	

Aerodynamic, type	Pitching of blades
Aerodynamic, activation	Electro-hydraulic
Mechanical, type	Fail safe active disc brake, hydraulic
Mechanical, location	On high speed shaft
Number of brake calipers	2
Towers	
Type	Tubular (cone-shaped)
Hub heights	60 or 80 m.
Corrosion protection	Sandblasted and painted with 250 my epoxy-paint
Weights	
Nacelle, excl. rotor and hub	83 t.
Rotor, incl. hub	36.3 t.
Gearbox	19 t.
Generator	12 t.
Tower, 80 m.	180 t.

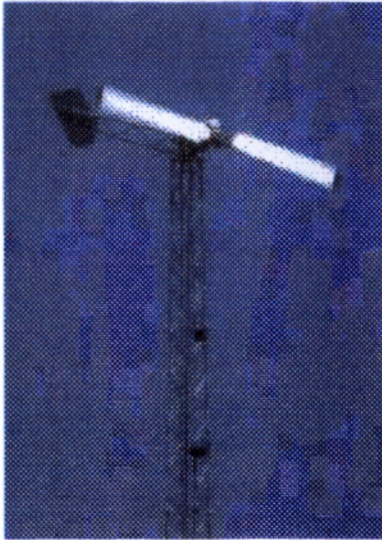


Data might change due to continuous development

Our Products

ventis produces currently wind turbines in three classes:

- 6 kW with a rotor diameter of 5 m
- 100 kW with a rotor diameter of 20 m
- 500/600 kW with a rotor diameter of 40/44 m

Technical data are tabulated as follows:

WEC-Typ	VENTIS 05-06	VENTIS 20-100	VENTIS V12
VENTIS wind turbines in operation			
Hub height	12/18 m	30.5/42.5 m	43.5/55 m
Rated power	6 kW	20/100 kW	500 kW
Tower construction	lattice	tubular steel	tubular steel
Tower weight	400/740 kg	10,800/19,200 kg	32,000/53,000 kg
Cut-in wind speed	3.5 m/s	3.3 m/s	4 m/s
Rated wind speed	12 m/s	13 m/s	12 m/s
Cut-out wind speed	none	25 m/s	25 m/s
Number and type of blades	2	2, NACA 44	2, NACA 64
Rotor diameter	5 m	20 m	40 m
Rotor speed	150-300 rpm	61/40 rpm	34 rpm
Blade tip speed	39-79 m/s	64/42 m/s	71 m/s
Blade weight	5 kg	310 kg	2,075 kg
Rotor speed control	tilt rotor	blade pitch	blade pitch

Overspeed control	none	pitch	pitch
Generator manufacturer	SSB	Loher and others	Loher and others
Generator type	synchronous	asynchronous	asynchronous
Power output	battery charger	grid connection	grid connection
Generator voltage	220/400 V	400 V	690 V
Gearbox manufacturer	none	P.I.V. and others	P.I.V. and others
Gearbox type		helical spur	helical spur
Gearbox steps		2	3
Gearbox ratio		1:25	1:45.5
Safe systems		fail-safe	fail-safe
Main brake	tilt rotor	blade feathering	blade feathering
2nd brake		disc brake	disc brake
Control unit	Ventis	Ventis	Ventis
Monitoring unit	Ventis	Ventis	Ventis

The 1.2-Megawatt-turbine **ventis** V30 will soon come into the market.

All **ventis** wind turbines are characterised by their robustness, low requirement on maintenance and high energy yield. The technical know-how of our company has offered the basis for high economic performance of our products.

Application areas of **ventis** wind turbines include, for instance,

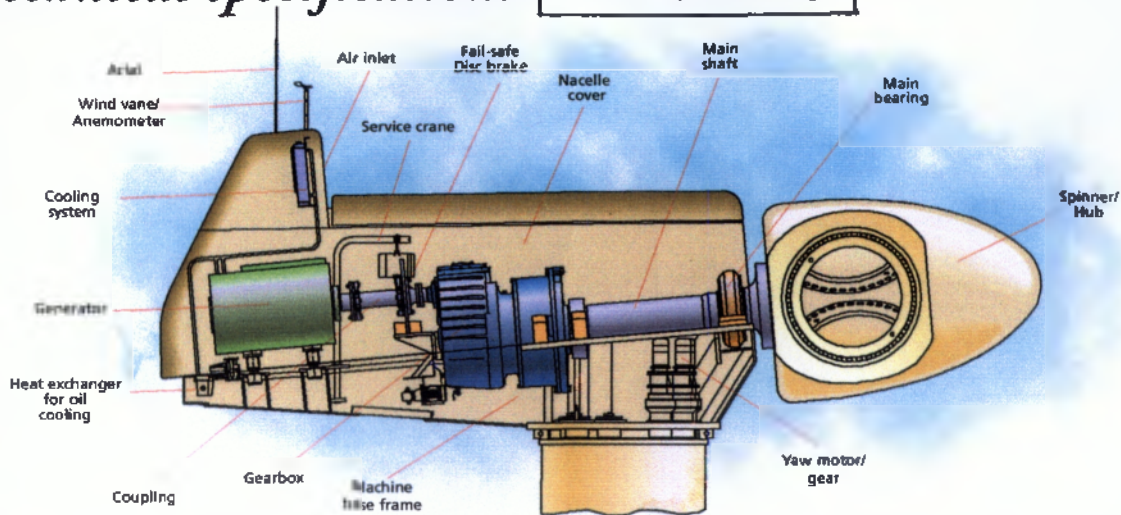
- connecting to grid
- building up local grid through wind / diesel hybrid systems
- stand-alone operations
- pumping water
- desalinating ocean water
- building up wind / solar (PV) hybrid systems
- producing hydrogen

Our wind turbines have so far been installed in following countries: Germany, Austria, Cyprus, India, Korea, Kasachstan, Iran, Egypt, Libya, Brasil and Argentina. Other countries like Italy, Great Britan, Poland, Vietnam, China, Australia and Jordan will follow up in the near future.

The service and maintenance of installed wind turbines through our specialist teams are guaranteed by localised **ventis** branches.

ventis is also prepared to finance projects with carefully developed operation models, such as

Technical specifications: NM 600/43



Operational parameters

Nominal output	600 kW
Power regulation	Stall
Nominal wind speed	15 m/s
Cut-in	4 m/s
Cut-out	25 m/s

Rotor

Rotor diameter	43 m
Rotor swept area	1452 m ²
Number of blades	3
Rotor revolutions	27/18 rpm
Rotor placing	Upwind rotor

Brake system

Blade tip air brake	Hydraulic, fail-safe
Disc brake	Hydraulic, fail-safe

Drive train

Gear type	Planetary - parallel axle
Ratio	1:55,6
Main shaft	Forged shaft and flange
Main bearing	Spherical roller bearing
Cooling	Heat exchanger with pump

Generator

Type	Asynchronous, 4/6 pole
Nominal voltage	690 V
Nominal frequency	50 Hz
Name plate rating	600/150 kW
Cooling	Liquid-cooled with pump

Yaw system

Type	Ball bearing
Yaw brake	Friction brake/motor break
Drive mechanism	3 electrical planetary gears

Tower

Type	Conical, steel, painted
Hub height	40/46/56 m

Controller

Type	Computer controlling
Cut in system	Soft by thyristors
Capacitor bank	No-load compensated
Remote control	By modem

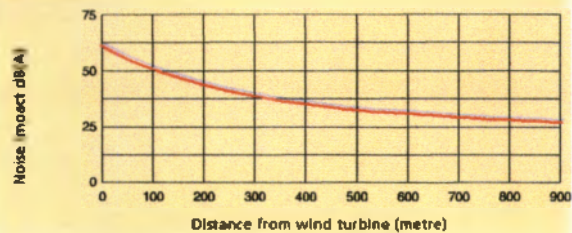
Sensors

RPM sensors	Rotor, generator, yaw system
Temperature sensors	Gear, generator, controller
Thermal sensors/warning	Main switch, engine protection
Vibration sensor	Nacelle, rotor
Meteorology	Anemometer, wind vanes, thermometer
Hydraulic systems	Pressure sensitive switches, pressure transducer

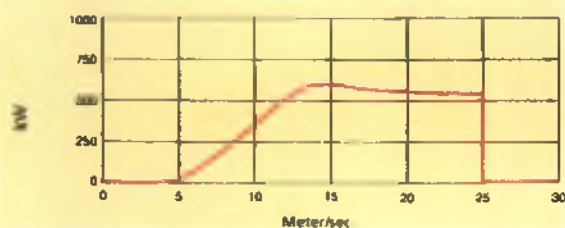
Lightning protection

According to standard	IEC 1024
Blades	Receptor in the blade tips
Nacelle	Aerial

Noise level

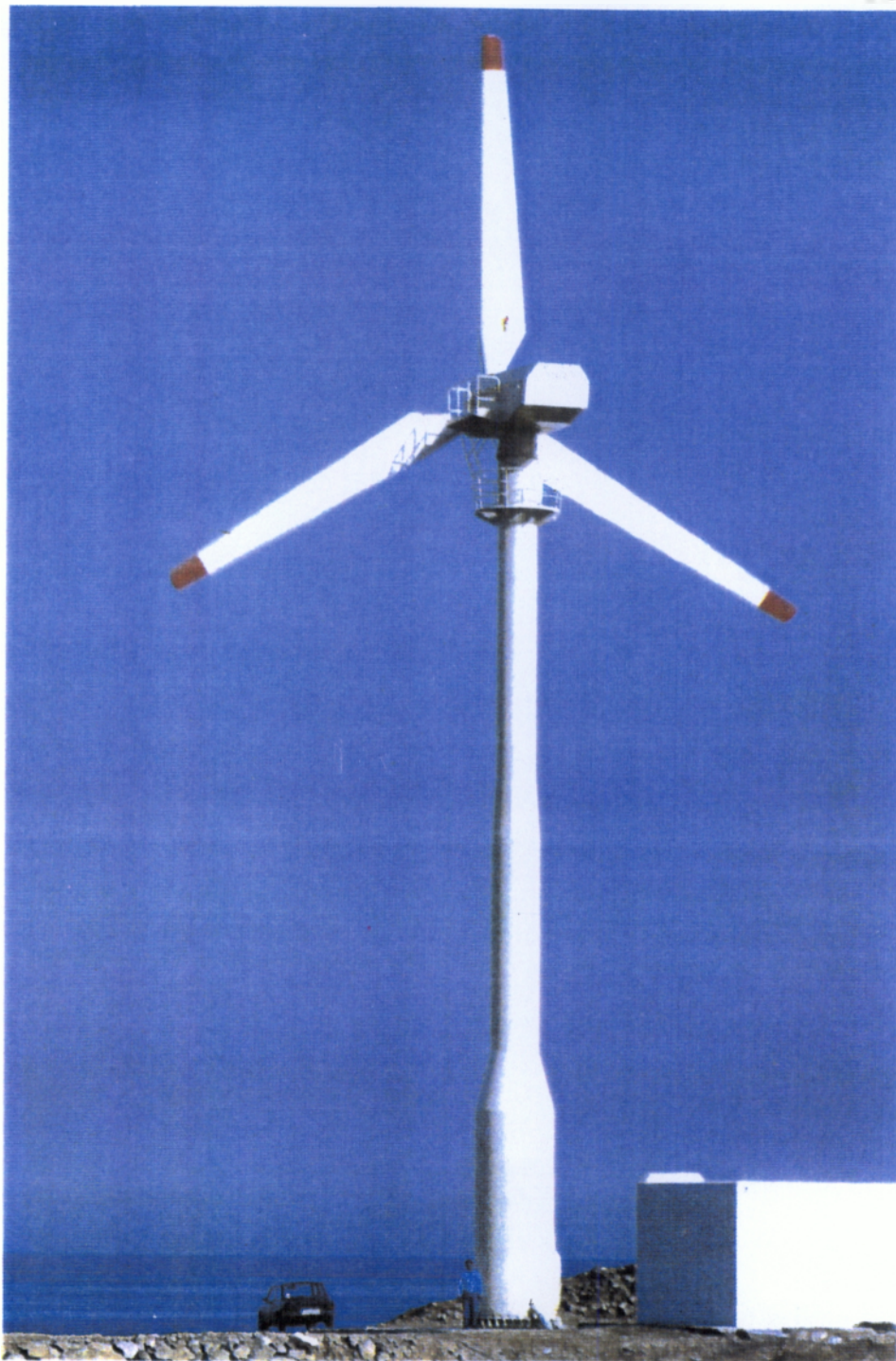


Power curve



Please note that the power curve has been noted at standard atmospheric density according to DIN ISO 2533.

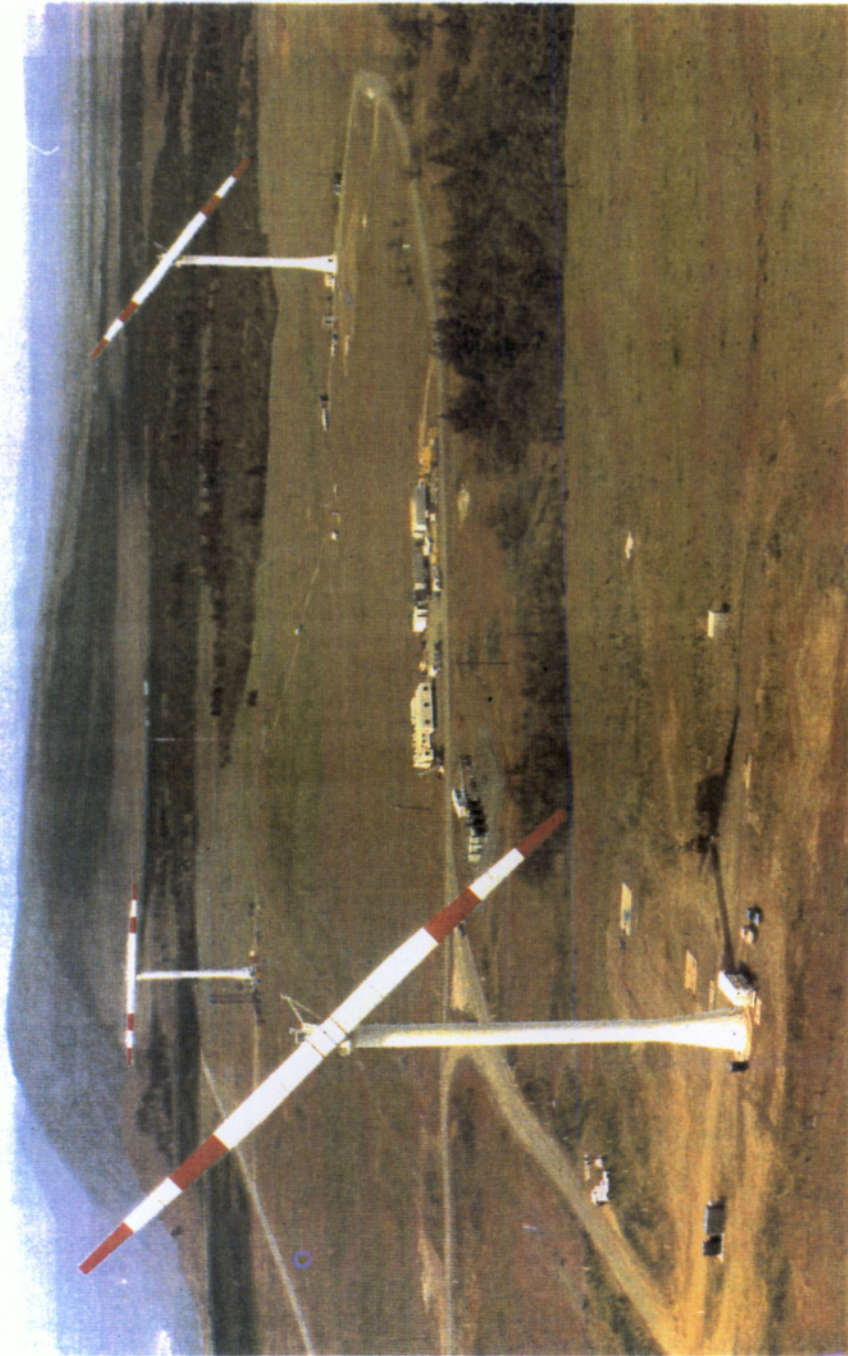
Please note that the rotor and the hub heights have been approved for specific markets and wind classes - please call for further information. Note that the turbine is also available in a 60 Hz version.



Φωτογραφία 1 Ανεμοκίνητης ονομαστικής ισχύος 150 KW (μεταβλητών στροφών), ελληνικής σχεδίασης και κατασκευής (Εργαστήριο Αεροδυναμικής Ε.Μ.Π.).



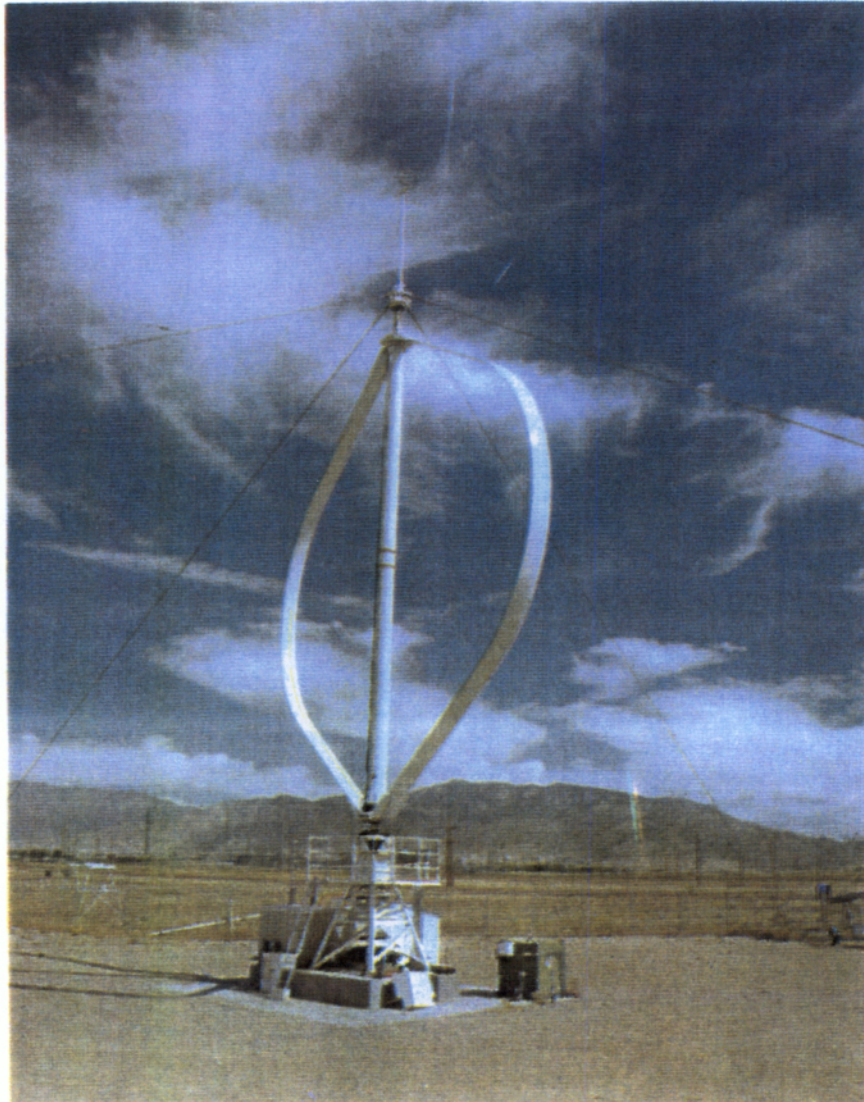
Φωτογραφία 2 DOE/NASA 2500kW Πειραματικός Α/Κ
Goodnoe Hillis, Washington.



Φωτογραφία 3 Αιολικό πάρκο 3 x 2,5MW, διάμετρος δρομέα 300 ft.



Φωτογραφία 4 Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα, μεταβλητού σχήματος πτερών, διαμέτρου 25m.



Φωτογραφία 5 Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα στο κέντρο δοκιμών Α/Κ των ΗΠΑ.



Φωτογραφία 6 Αιολικό πάρκο του οροπεδίου Λασιθίου Κρήτης