

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
Σ.Τ.Ε.Φ.
ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



Πτυχιακή

ΘΕΜΑ:
ΧΡΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΗΛΙΑΚΗ-ΚΙΝΗΤΙΚΗ)
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΓΚΕΚΑ ΣΩΤΗΡΙΑ
ΠΗΛΙΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΒΛΕΨΗ
ΤΟΥ Κ. Κ. ΜΑΥΡΙΔΗ

ΠΑΤΡΑ 2001

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	3150
----------------------	------

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Πριν αρχίσουμε την ανάλυση του θέματος αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε όλους όσους βοήθησαν άμεσα ή έμμεσα στην περάτωση αυτής της εργασίας.

Καταρχήν θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή μας κ. Κων/νο Μαυρίδη για το κίνητρο που μας έδωσε να ασχοληθούμε με αυτό το θέμα, καθώς και για την καθοδήγησή του καθ' όλο το χρονικό διάστημα που ασχοληθήκαμε με το θέμα.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους μας έδωσαν χρήσιμες πληροφορίες γι' αυτό το τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Με τιμή
Γκέκα Σωτηρία
Πήλιος Σταύρος

2.6.4	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	70
2.6.5	ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3₀ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	72
3.2	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ.....	74
3.2.1	ΩΚΕΑΝΙΑ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	74
3.2.2	ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ.....	77
3.3	ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΠΗΓΩΝ ΕΜΜΕΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	78
3.3.1	ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	78
3.3.2	ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΒΙΟΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ.....	78
3.3.3	ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	79
3.3.4	ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΑΛΙΡΡΟΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	80
3.3.5	ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	80
3.3.6	ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΩΚΕΑΝΙΑΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	81
3.4	ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	82
3.4.1	ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ - ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	82
3.4.2	ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟ- ΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	83
3.5	ΠΗΓΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ	85
3.5.1	ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ	85
3.5.2	ΤΟ ΥΔΡΟΓΟΝΟ ΩΣ ΠΗΓΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ	86
3.5.3	ΚΥΤΤΑΡΑ ΩΣ ΠΗΓΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ	86
3.5.4	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΑΠΟ ΚΑΡΒΟΥΝΟ	89
3.6	ΑΛΛΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	92
3.6.1	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	92
3.6.2	ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ - ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	93
3.6.3	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΝΤΗΞΕΩΣ - ΦΛΟΓΑ ΣΥΝΤΗΞΕΩΣ	94

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1₀– ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	
1.1 Ο ΗΛΙΟΣ	3
1.2 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	3
1.2.1 ΠΩΣ ΔΙΑΔΙΔΕΤΑΙ Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ. ΜΟΝΑΔΕΣ.....	3
1.2.2 ΕΝΤΡΟΠΙΑ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	5
1.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	7
1.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	8
1.4.1 ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΤΗΡΙΩΝ	8
1.4.2 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	19
1.4.3 ΗΛΙΑΚΟΙ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΕΣ	20
1.4.4 ΗΛΙΑΚΟΙ ΒΡΑΣΤΗΡΕΣ	21
1.4.5 ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ	21
1.4.6 ΑΛΑΤΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	22
1.4.7 ΗΛΙΑΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ	23
1.4.8 ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΦΩΣ ΕΝΑΝΤΙΟΝ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	24
1.5 ΑΛΛΑΓΗ ΦΑΣΕΩΣ ΥΛΙΚΩΝ – ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	24
1.6 ΗΛΙΑΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ	27
1.6.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ	28
1.6.2 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ	29
1.7 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	31
1.7.1 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	31
1.7.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	32
1.7.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2₀- ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	
2.1 ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	37
2.1.1 ΜΟΡΦΕΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	37
2.1.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	38
2.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	39
2.2.1 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ	39
2.2.2 ΤΥΠΟΙ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	42
2.3 ΑΝΕΜΟΙ	47
2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ	47
2.3.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΕΜΩΝ	48
2.3.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	53
2.3.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΕΜΩΝ	57
2.4 ΚΥΜΑΤΑ	57
2.4.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΥΜΑΤΩΝ	57
2.4.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΥΜΑΤΩΝ	59
2.5 ΠΑΛΙΡΡΟΙΑ	60
2.5.1 ΑΙΤΙΕΣ ΤΩΝ ΠΑΛΙΡΡΟΙΩΝ	60
2.5.2 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΛΙΡΡΟΙΩΝ	61
2.6 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	65
2.6.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΙΟΣ	65
2.6.2 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ – ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ	65
2.6.3 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ	68

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1 Ο ΗΛΙΟΣ

Ο ήλιος, η μεγαλύτερη ενεργειακή πηγή, ένας πυρηνικός αντιδραστήρας που μετατρέπει τη μάζα σε ενέργεια. Το 1/3 της ενέργειας αυτής απορροφάται από την ατμόσφαιρα και το υπόλοιπο θερμαίνει την επιφάνεια της γης και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα είτε με ακτινοβολία είτε με την εξάτμιση του νερού.

Χωρίς τον ήλιο ο πλανήτης μας δεν θα γνώριζε τι σημαίνει <<καιρός>>. Χάρης τη θερμότητα του ήλιου μπαίνει σε κίνηση η ατμόσφαιρα και δημιουργούνται οι άνεμοι, τα σύννεφα, οι βροχές και οι χιονοπτώσεις. Η ηλιακή θερμότητα παρουσιάζει διακυμάνσεις από τόπο σε τόπο, από μέρα σε μέρα που οφείλονται στις μεταβολές της γωνίας του ήλιου στο στερέωμα αλλά και στα σύννεφα, που απορροφούν ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ο ήλιος έχει ηλικία πάνω από 5 δισεκατομμύρια χρόνια. Σ' αυτό το χρονικό διάστημα μετατρέπει σε ακτινοβολία ενέργεια τέσσερα εκατομμύρια τόνους ηλιακής ύλης ανά δευτερόλεπτο. Μόνο ένα στα 2 δισεκατομμύρια από τις ακτίνες του ήλιου φθάνουν στη γη. Η ακτινοβολία διαδίδεται προς τα έξω από τον ήλιο προς όλες τις κατευθύνσεις, όπως ακριβώς το φως από ένα λαμπτήρα φωτισμού, όταν δεν έχει ειδικό ανακλαστήρα. Η γη συλλαμβάνει μόνο ένα μικρό μέρος της ενέργειας.

Το φως και η θερμότητα που ακτινοβολείται από τον ήλιο προέρχονται από θερμοπυρηνικές αντιδράσεις, που συντελούνται στον πυρήνα του. Η ένωση των πυρήνων των ατόμων είναι αυτό που παράγει τη θερμότητα και το φως που εκπέμπει ο ήλιος. Η διαδικασία αυτή λέγεται **πυρηνική σύντηξη**. Το υδρογόνο στο εσωτερικό του ήλιου βρίσκεται υπό μεγάλη πίεση και άρα μεγάλη πυκνότητα. Επίσης, οι θερμοκρασίες είναι μεγάλες, οπότε οι πυρήνες υδρογόνου κινούνται με πολύ μεγάλες ταχύτητες. Συγκρούονται μεταξύ τους τόσο δυνατά, ώστε οι πυρήνες τους συντήκονται. Καθώς συμβαίνει αυτό, μικρό ποσοστό της μάζας τους μετατρέπεται σε ενέργεια. Η ενέργεια ανέρχεται στην επιφάνεια του αστέρα και ακτινοβολείται προς τα έξω.

1.2 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

1.2.1 Πως διαδίδεται η ενέργεια ακτινοβολίας. Μονάδες.

Οι ακτινοβολίες που εκπέμπονται από τον Ήλιο διαιρούνται βασικά σε κυματικές και σωματιακές. Κυματικές ακτινοβολίες είναι: 1) η ορατή ακτινοβολία, 2) η υπεριώδης ακτινοβολία, 3) οι ακτίνες X, 4) η υπέρυθη ακτινοβολία, 5) η ραδιοφωνική ακτινοβολία.

Το *ορατό φως* που εκπέμπεται από τον Ήλιο, μοιάζει με το φως μέλανος σώματος σε θερμοκρασία 6.000° Κελσίου. Με φασματοσκοπική ανάλυση

διαχωρίζεται το λευκό φως στα γνωστά χρώματα. Σε όλο το πλάτος του ορατού φάσματος υπάρχουν χιλιάδες σκοτεινές γραμμές, που αντιστοιχούν σε απορροφήσεις από άτομα διαφόρων στοιχείων. Έτσι με τη φασματοσκοπία πιστοποιείται η ύπαρξη πολλών στοιχείων στον Ήλιο. Το μεγαλύτερο ποσοστό διαφόρων στοιχείων του Ήλιου είναι άτομα υδρογόνου (90%) και ηλίου (10%) ενώ όλα τα άτομα άλλων στοιχείων δεν ξεπερνούν το δέκατο του 1%.

Η υπεριώδης ακτινοβολία και οι ακτίνες X, ιονίζουν την ανώτερη γήινη ατμόσφαιρα (ιονόσφαιρα) και απορροφιούνται από αυτήν. Η υπέρυθη ακτινοβολία απορροφείται από τα κατώτερα στρώματα της γήινης ατμόσφαιρας.

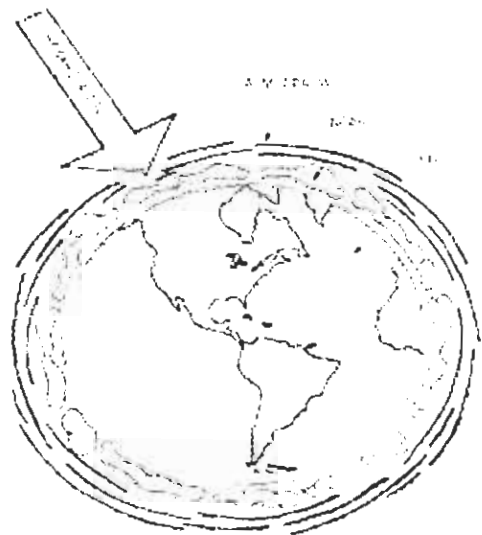
Η ραδιοφωνική ακτινοβολία διέρχεται από την ατμόσφαιρα και δίνει πολλές πληροφορίες για το σώμα που την εκπέμπει. Η μελέτη του Ήλιου είναι δυο ειδών, η θερμική και η μη θερμική, και προέρχεται κυρίως από τα ανώτερα στρώματα του στέμματος. Οι κυματικές ακτινοβολίες φθάνουν στη Γη σε 8 λεπτά και 20 δευτερόλεπτα.

Οι σωματιακές ακτινοβολίες αποτελούνται από φορτισμένα σωματάρια, πρωτόνια, ηλεκτρόνια και ιονισμένα άτομα υδρογόνου, ηλίου. Ο ηλιακός άνεμος είναι συνεχής ροή ηλεκτρονίων και πρωτονίων από την επιφάνεια του Ήλιου. Οι σωματιακές ακτινοβολίες επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα γήινα φαινόμενα και επιδρούν στο μαγνητικό πεδίο της γης.

Χρησιμοποιούνται τρεις μονάδες για την μέτρηση της ακτινοβολίας:

- **Langley** (Λάνγκλει). Ισούται με 1 θερμίδα (calorie) ανά τετραγωνικό εκατοστό (cm^2). Ισούται επίσης με $0,001163 \text{ Whr/cm}^2$ ή $4,18 \text{ J/cm}^2$.
- **Θερμίδα** (calorie). Σε αυτή βασίζεται η μονάδα μετρήσεως θερμότητας ανά επιφάνεια (calorie/cm^2).
- **Watt**. Σε αυτό βασίζεται η μονάδα ισχύος ανά επιφάνεια (ενέργεια /χρόνος/ επιφάνεια) : 1 Watt/m^2 .

Για τον καθορισμό της προερχόμενης από τον Ήλιο και κατευθυνόμενης προς τη Γη ενέργειας χρησιμοποιούμε τη μονάδα <<ηλιακή σταθερά>> (σχ.1-1). Ηλιακή σταθερά είναι το ποσό της θερμότητας που δεχεται σε χρόνο ενός λεπτού μια επιφάνεια ενός τετραγωνικού εκατοστού. Με μετρήσεις βρέθηκε ότι η ηλιακή σταθερά της Γης έξω από την ατμόσφαιρα είναι περίπου 2 θερμίδες (2 cal), ενώ στην επιφάνειά της είναι μία θερμίδα (1cal). Έτσι σε επιφάνεια Γης ενός τετραγωνικού μέτρου παρέχεται από τον Ήλιο και σε διάστημα ενός έτους ενέργεια ίση με 1000 κιλοβάτ.

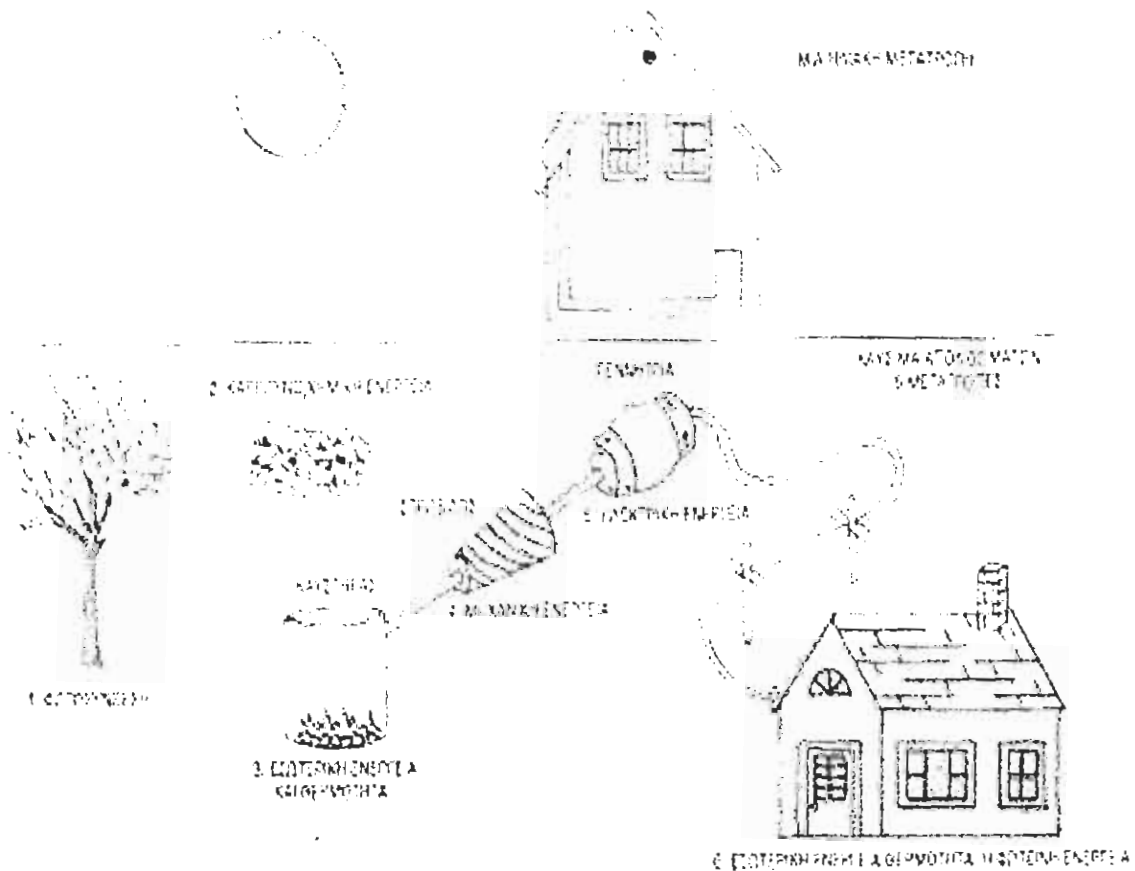


Σχ. 1-1. Η ηλιακή σταθερά δείχνει το συνολικό ποσό ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην ανώτατη ατμόσφαιρα της Γης. Πόση από αυτή φθάνει στο έδαφος εξαρτάται από τα σύννεφα, τη διάχυση, το γεωγραφικό πλάτος και άλλες συνθήκες.

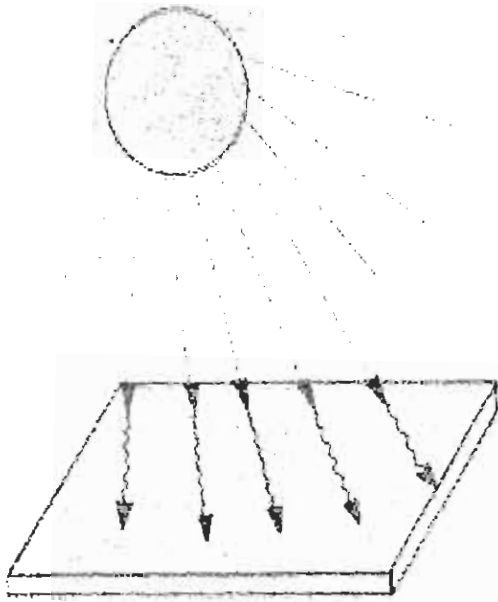
1.2.2 Εντροπία και ηλιακή ακτινοβολία.

Κάθε φορά που ενέργεια μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη χάνει μέρος της ικανότητάς της να παράγει έργο. Αυτό μειώνει την απόδοση του συστήματος παραγωγής ισχύος. Η άμεση ηλιακή ενέργεια έχει ένα προσόν: μετατρέπεται μία μόνο φορά από ενέργεια ακτινοβολίας σε χρήσιμη εσωτερική ενέργεια ή σε θερμότητα. Τα καύσιμα απολιθωμάτων πρέπει να περάσουν από πολλές διαφορετικές μετατροπές, πριν γίνουν χρησιμοποιήσιμο καύσιμο. Χρειάζονται πολλές επιπλέον μετατροπές για να μπορούν να παράγουν χρήσιμη ενέργεια.

Παρατηρούμε το φως που εκπέμπεται από κάποιον ηλεκτρικό λαμπτήρα. Η ενέργεια για την παραγωγή φωτός ήταν αρχικώς ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μετατράπηκε σε χημική μέσα σε φυτά. Όταν ξεράθηκαν τα φυτά και διασπάστηκαν έγιναν κάρβουνο. Το κάρβουνο δίνει την ενέργειά του εκλύοντας στο περιβάλλον θερμότητα, όταν καίγεται. Η θερμότητα παράγει ατμό, που κινεί στροβίλους. Η μηχανική ενέργειας του στροβίλου κινεί γεννήτρια, που παράγει ηλεκτρική ισχύ. Η ηλεκτρική ισχύς διανέμεται στον καταναλωτή, όπου μετατρέπεται σε φως, εσωτερική ενέργεια και στη συνέχεια σε θερμότητα, καθώς και σε μηχανική ενέργεια. Συνολικά σημειώθηκαν έξι μετατροπές, ξεκινώντας από την ηλιακή ενέργεια, πηγαίνοντας στο καύσιμο απολιθωμάτων και καταλήγοντας στο φως της ηλεκτρικής λάμπας (σχ. 1-2). Η απόδοση του συστήματος, που έχει υποστεί τόσες πολλές μετατροπές, είναι πολύ χαμηλή.



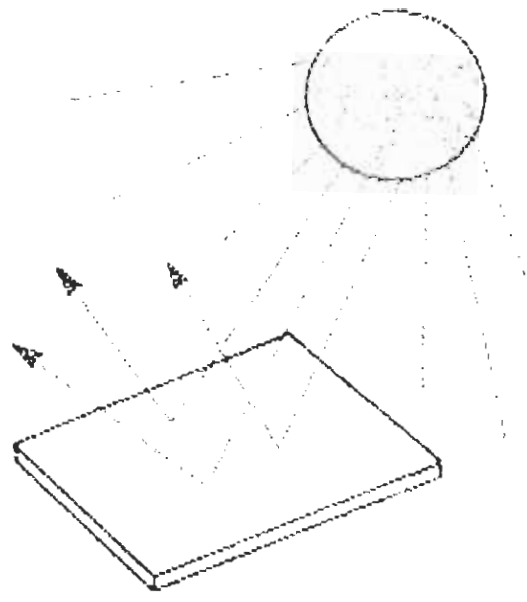
Σχ. 1-2. Η ηλιακή ενέργεια είναι πολύ αποδοτική, διότι μετατρέπεται από ενέργεια ακτινοβολίας απευθείας σε εσωτερική ενέργεια. Η ενέργεια από καύσιμα απολιθωμάτων μπορεί να περάσει από έξι το πολύ μετατροπές, για να δώσει εσωτερική ενέργεια ή φως.



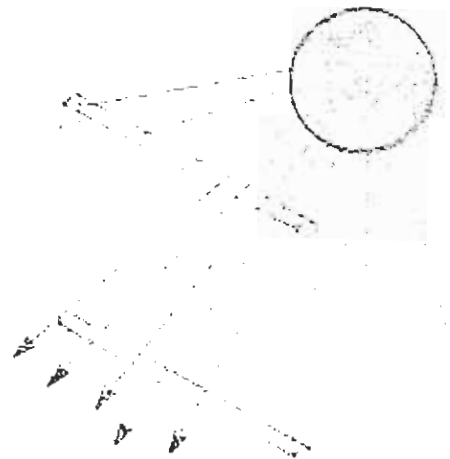
Σχ.1-3. Σκούρες επιφάνειες που είναι τραχειές απορροφούν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία.

Η ενέργεια ακτινοβολίας διασχίζει εκατομμύρια χιλιόμετρα διαστημικού χώρου χωρίς ουσιώδη επίπτωση στο σχεδόν κενό διάστημα. Όταν "χτυπήσει" κάποιο υλικό, μπορεί να συμβούν τρία πράγματα.

- Το υλικό μπορεί να απορροφήσει την ενέργεια και να τη μετατρέψει σε εσωτερική (σχ. 1-3).
- Η επιφάνεια του υλικού μπορεί να ανακλάσει την ακτινοβολία στον αέρα (σχ. 1-4).
- Το υλικό μπορεί να επιτρέψει την ακτινοβολία να διέλθει δια αυτού και να περάσει στο γύρο χώρο ή σε κάποιο άλλο αντικείμενο (σχ. 1-5).



Σχ.1-4. Λείες, γυαλιστερές επιφάνειες ανακλούν περισσότερη ηλιακή ενέργεια από ό,τι σκούρες ή τραχειές επιφάνειες.



Σχ. 1-5. Διαφανή υλικά επιτρέπουν σε ηλιακό φως να περάσει δι'αυτών.

Όταν ένα υλικό απορροφήσει την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται, η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε εσωτερική (δηλ. θερμοδυναμική) και το σώμα μπορεί να μεταβιβάσει στο περιβάλλον του θερμότητα. Τα μόρια του υλικού κινούνται (ατάκτως) γρηγορότερα και η θερμοκρασία του αυξάνεται.

Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία κάποιου υλικού, μέρος της ενέργειάς του διαδίδεται (διάδοση θερμότητας) στο περιβάλλον του. Δεν μεταβιβάζεται θερμότητα, κανονικά, από ψυχρά σε θερμότερα σώματα.

Αντιθέτως, πάντοτε θερμότητα μεταβιβάζεται από θερμό σώμα προς το ψυχρό περιβάλλον του. Αυτή η μεταβίβαση θα συνεχιστεί μέχρις ότου η θερμοκρασία του ψυχρότερου υλικού γίνει ίση με αυτήν του περιβάλλοντος. Τότε

λέμε ότι το υλικό έχει φθάσει σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον. Θερμότητα είναι η μεταφερόμενη ενέργεια λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Ένα (θερμό) σώμα έχει εσωτερική ή θερμοδυναμική ενέργεια. Η μεταβίβαση θερμότητας γίνεται με τρεις φυσικούς τρόπους: 1) με αγωγή, 2) με μεταφορά, 3) με ακτινοβολία. Αυτές οι διαδικασίες είναι σημαντικές για τη λειτουργία συστημάτων, που χρησιμοποιούν την ενέργεια από τον ήλιο.

1.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να αποθηκευθεί με πολλούς τρόπους, για να χρησιμοποιηθεί αργότερα. Όλα τα συστήματα ηλιακής ενέργειας στηρίζονται στην παράδοση και συγκράτηση της ενέργειας μέσα σε ύλη για κάποια χρονική περίοδο.

Ένας τρόπος να γίνει αυτό είναι να εκτεθεί στον ήλιο ένα μεγάλο κομμάτι ύλης, όπου μπορεί να θερμανθεί. Ένας άλλος τρόπος είναι η μεταφορά ζεστού αέρα στο υλικό. Ένας τρίτος είναι να μετατραπεί η ακτινοβολία του ήλιου σε ηλεκτρισμό. Μερικά υλικά μπορούν να αποθηκεύσουν περισσότερη ενέργεια από ό,τι άλλα. Αυτά τα υλικά έχουν μεγάλες ειδικές θερμότητες (θερμοχωρητικότητες). Επομένως, είναι περισσότερο κατάλληλα για αποθήκευση ενέργειας. Η ικανότητα ενός υλικού να απορροφά θερμότητα, χαρακτηρίζεται από την **ειδική θερμότητά του** (ειδική θερμοχωρητικότητα). Αριθμητικά ισούται με τη θερμότητα σε θερμίδες ή σε joule, που πρέπει να απορροφήσει μια ουσία με μάζα ενός γραμμαρίου ή ενός χιλιογράμμου, για να ανέβει η θερμοκρασία του κατά 1 kelvin (δηλαδή 1°C).

Για τις περιπτώσεις κτηρίων όμως, η ποσότητα της ύλης δίνεται σε μονάδα όγκου, όπως cm^3 ή m^3 . Τότε οι ειδικές θερμότητες αναφέρονται σε όγκο (ανά μονάδα όγκου). Οι ειδικές θερμότητες στην περίπτωση αυτή λέγονται **ειδικές θερμότητες όγκου**. Η μετατροπή από τη συνήθη ειδική θερμότητα (ανά μονάδα μάζας) σε ειδική θερμότητα όγκου επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας την πρώτη επί την πυκνότητα του υλικού. Φυσικά χρησιμοποιούνται οι κατάλληλες μονάδες. Στο σχήμα 1-6 παρουσιάζονται οι ειδικές θερμότητες, οι πυκνότητες και οι ειδικές θερμότητες όγκου για το νερό και μερικά συνήθη δομικά υλικά.

Υλικό	Ειδική θερμότητα (J/Kg/K)	Πυκνότητα (Kg/m ³)	Ειδική θερμότητα Όγκου (J/m ³ /K)
Νερό	4,19	1×10^3	$4,19 \times 10^3$
Σκυρόδεμα	1,13	$2,2 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$
Τούβλο	0,84	$2,2 \times 10^3$	$1,8 \times 10^3$
Γύψος	1,09	$1,2 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$
Μάρμαρο	0,88	$2,9 \times 10^3$	$2,6 \times 10^3$
Άσφαλτος	0,92	$2,1 \times 10^3$	$1,9 \times 10^3$
Άμμος	0,80	$1,5 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$
Ξύλο πεύκου	2,81	$0,43 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$
Αέρας (24 ^o C)	1,01	1,20	1,2

Σχ. 1-6. Ειδική θερμότητα και ειδική θερμότητα όγκου για μερικά δομικά υλικά και για το νερό. Το νερό είναι από τα καλύτερα υλικά για "αποθήκευση" ενέργειας (εσωτερική ενέργεια) (HUD).

Πρόβλημα: Κάποιο δομικό υλικό έχει ειδική θερμότητα (μάζας) $1,13 \text{ J/Kg/K}$ και πυκνότητα $2,1 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$. Πόση είναι η ειδική θερμότητα όγκου;
 $1,13 \times 2,1 \times 10^3 \text{ J/m}^3/\text{K} = 2,4 \times 10^3 \text{ J/m}^3/\text{K}$.

Το πώς αποθηκεύεται ηλιακή ενέργεια, για να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση οικιών εξαρτάται από το είδος του συστήματος που χρησιμοποιείται για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι: σκυρόδεμα, μπλοκ από σκυρόδεμα, νερό, κεραμικές πλάκες, ξύλο, πέτρες και αέρα. Άλλα υλικά που υπόσχονται πολλά είναι διάφορα άλατα των οποίων μπορούμε να επιτύχομε τη μεταβολή από τη στερεά στην υγρή κατάσταση. Λέγονται **υλικά μεταβαλλόμενης καταστάσεως** ή **υλικά μεταβαλλόμενης φάσεως**.

Όταν άλατα, όπως το ένυδρο θεικό νάτριο (με δέκα μέρη νερού) θερμαίνονται, μεταβάλλονται σε υγρό, σε θερμοκρασίες γύρω στους 32°C . Όταν ψυχθούν, μετατρέπονται ξανά σε στερεά. Κατά τη διαδικασία της ρευστοποίησης τα άλατα μπορούν να συλλέξουν και μετά να ελευθερώσουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας. Έτσι, μικρή ποσότητα αλάτων μπορεί να αποθηκεύσει μεγάλες ποσότητες θερμότητας υπό μορφή εσωτερικής ενέργειας.

1.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.4.1 Ηλιακή θέρμανση κτηρίων.

Μια ηλιόλουστη μέρα, στην επιφάνεια της γης παρέχονται $2,3 \times 10^3 \text{ KJ}$ ακτινοβόλου ενέργειας ανά m^2 . Αυτή η ενέργεια αντιστοιχεί σε αρκετή ενέργεια, ώστε να θερμαίνει κτήρια. Χρησιμοποιούνται δυο ηλιακά συστήματα θερμάνσεως:

- Παθητικά ηλιακά συστήματα.
- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.

Παθητική ηλιακή θέρμανση

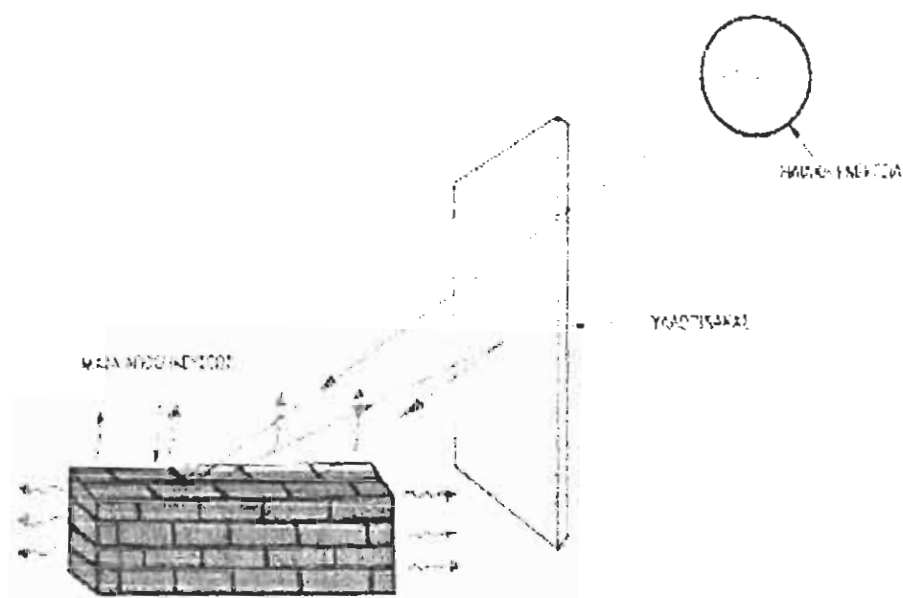
Τα παθητικά συστήματα δεν έχουν κινούμενα μέρη. Συλλέγουν ηλιακή ενέργεια και τη μεταφέρουν ως θερμότητα μέσα στο σπίτι χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων, όπως ανεμιστήρες, κινητήρες ή αντλίες. Η θερμότητα ρέει με ακτινοβολία, με αγωγή και δια ρευμάτων.

Δύο πράγματα είναι αναγκαία για τα παθητικά συστήματα:

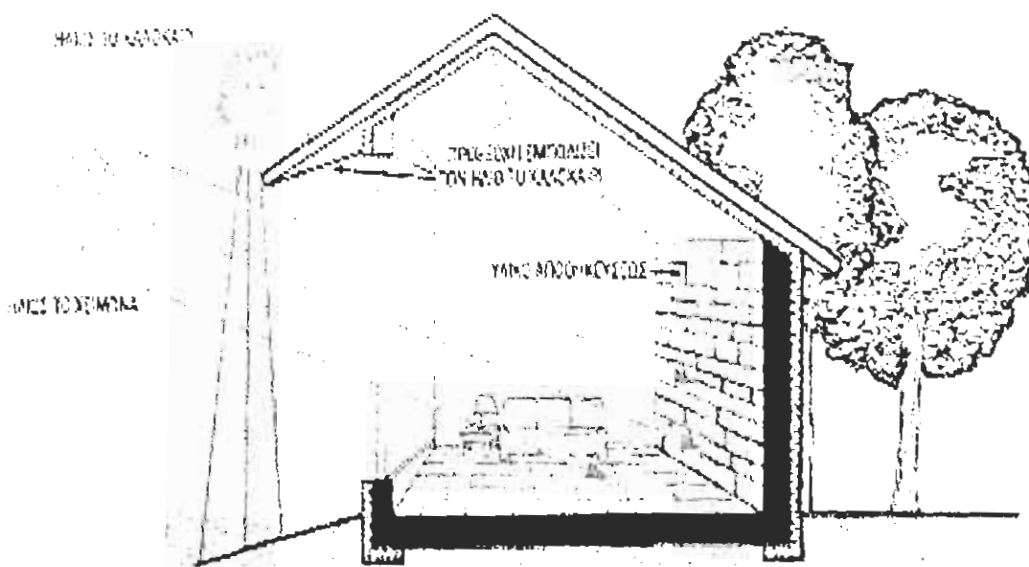
- Υαλοπίνακες, δια των οποίων διέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία. έτσι παγιδεύεται η θερμότητα (ακτινοβολία) και εμποδίζεται η ανάκλασή της στην ατμόσφαιρα.
- Ένα υλικό, που θα απορροφήσει τη θερμότητα θα την αποθηκεύσει ως θερμοδυναμική (εσωτερική) ενέργεια και τέλος θα τη διοχετεύσει δια ακτινοβολίας στον αέρα, στο εσωτερικό του κτηρίου. Το σχήμα 1-7 παρουσιάζει τα βασικά στοιχεία του συστήματος.

Υπάρχουν πολλά είδη παθητικών συστημάτων. Τα περισσότερα έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό. Τα στοιχεία του συστήματος είναι τμήματα του ίδιου του κτηρίου. Το απλούστερο και λιγότερο δαπανηρό είναι το ηλιακό σύστημα θερμάνσεως άμεσης δράσεως. Ο θερμαινόμενος χώρος δέχεται άμεσα την ακτινοβολία του ηλίου (σχ. 1-8). Ακτινοβολία, διερχόμενη δια μέσου μεγάλων παραθύρων με υαλοπίνακες, που "βλέπουν" προς το νοτιά, πέφτει στα πατώματα ή/και στους τοίχους. Αυτά τα τμήματα του σπιτιού πρέπει να είναι κατασκευασμένα

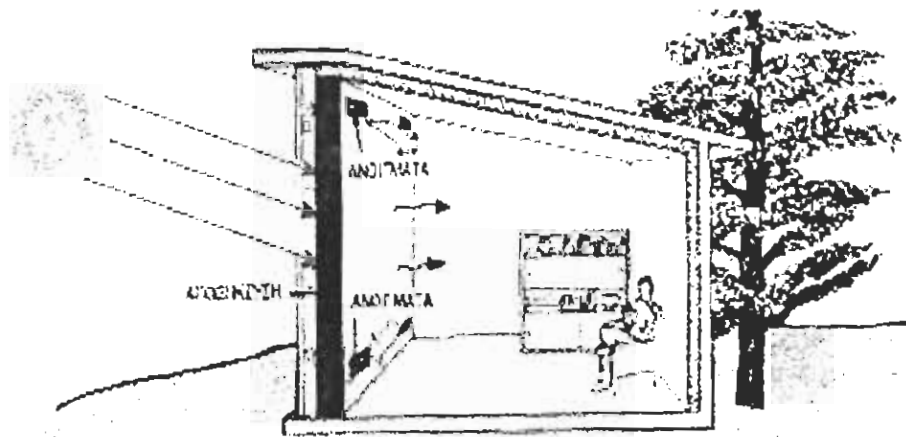
από υλικά ενδεδειγμένα για την αποθήκευση ενέργειας (θερμοδυναμικής). Δομικά υλικά που ενδείκνυνται για τον σκοπό αυτό είναι το σκυρόδεμα, τα τούβλα, η πέτρα και οι πλίνθοι (που έχουν ψηθεί στον ήλιο). Ηλιακή ακτινοβολία πέφτει στη σκούρα επιφάνεια του δομικού υλικού που έχει μεγάλο πάχος. Η ακτινοβολία απορροφάται και το σώμα ζεσταίνεται. Η εσωτερική του ενέργεια αυξάνεται. Καθώς το δωμάτιο θα ψύχεται, η ενέργεια που αποθηκεύτηκε θα μειώνεται. Υπάρχει φυσική ροή θερμότητας από ζεστό σε ψυχρό σώμα. Σύμφωνα με αυτό, τα θερμανθέντα άμεσα από τον ήλιο δομικά υλικά διαδίδουν θερμότητα προς το ψυχρότερο από αυτά αέρα. Συνήθως, το πάχος τέτοιων τοίχων και πατωμάτων αποθηκείσεως είναι 20 με 30 cm. Η δομική επιφάνεια πρέπει να είναι εκτεθειμένη (ελεύθερη) ώστε να μπορεί εύκολα να απορροφά και να ακτινοβολεί ακτινοβολία (θερμότητα).



Σχ. 1-7. Η παθητική ηλιακή θέρμανση επιτυγχάνεται, όταν ο ήλιος "φωτίζει" μέσα από υαλοπίνακα ένα χώρο, οπότε η ηλιακή ενέργεια αποθηκεύεται σε κάποιο υλικό, όπως είναι οι πλάκες του πατώματος του δωματίου.



Σχ. 1-8. Σε ηλιακό σύστημα άμεσης δράσεως, ηλιακή θερμότητα συλλέγεται και αποθηκεύεται ως εσωτερική ενέργεια άμεσα στο λειτουργικό χώρο του κτηρίου.



Σχ. 1-9. Σε ένα σύστημα έμμεσης δράσεως αποθηκεύεται ενέργεια σε κάποιο είδος μάζας πριν να εισαχθεί στο χώρο χρήσεως. Εδώ ένας τοίχος Trombe (από δομικά υλικά) έχει τοποθετηθεί αμέσως πίσω από τον υαλοπίνακα.

Η έμμεση ηλιακή θέρμανση είναι ένας άλλος τύπος παθητικής ηλιακής θερμάνσεως. Κατ' αρχάς, το ηλιακό φως κτυπά κάποια μάζα. Δεν αποθηκεύεται ενέργεια στον ενεργό (λειτουργικό) του δωματίου. Πρώτα απορροφάται και αποθηκεύεται στη μάζα και κατόπιν μεταβιβάζεται στο λειτουργικό χώρο.

Ένας τρόπος είναι να τοποθετηθεί η μάζα αποθήκευσης μέσα στα τοιχώματα. Μερικά έμμεσα συστήματα χρησιμοποιούν νερό για αποθήκευση ενέργειας. Μερικά χρησιμοποιούν πετρώδη υλικά. Ένας άλλος τρόπος είναι να αποθηκεύεται νερό στη σκεπή του κτηρίου, σε ένα είδος δεξαμενής. Το ηλιακό φως θερμαίνει το νερό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τη νύκτα η εσωτερική ενέργεια του νερού θα μεταβιβασθεί ως θερμότητα στο χώρο των δωματίων κάτω από τη σκεπή. Στο σχήμα 1-9 εικονίζεται τοίχος αποθήκευσης από πετρώδη υλικά, ο οποίος αποτελεί ένα σύστημα έμμεσης δράσεως. Λέγεται τοίχος Trombe, προς τιμή του σχεδιαστή του Felix Trombe, ενός Γάλλου επιστήμονα.

Οι τοίχοι Trombe είναι συνήθως κατασκευασμένοι από τούβλα, τσιμεντόλιθους ή είναι ένας συμπαγής τοίχος. Μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να χρησιμοποιείται ξύλο. Η πλευρά του τοίχου που "βλέπει" προς τον ήλιο βάφεται μαύρη ή σκούρα, ώστε να απορροφά καλύτερα την ηλιακή ακτινοβολία.

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό του τοίχου Trombe είναι η ύπαρξη διαπερατής επιφάνειας μπροστά από τον τοίχο. Η διαφάνεια του υλικού είναι τέτοια, που να επιτρέπει στο μεγαλύτερο μέρος των ηλιακών ακτίνων να εισέρχεται, αλλά να μην επιτρέπει στην ακτινοβολία του ζεστού τοίχου να βγει έξω από το γυαλί. Ο υαλοπίνακας αυτός απέχει συνήθως 10 cm από τον τοίχο.

Καθώς η ακτινοβολία του ήλιου διέρχεται δια μέσου του υαλοπίνακα, ζεσταίνει και τον τοίχο και τον αέρα μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα. Μερικοί τοίχοι Trombe εκμεταλλεύονται το ζεστό αέρα, για να θερμάνουν άμεσα το εσωτερικό του δωματίου. Υπάρχουν ανοίγματα, που λέγονται ανοίγματα αερισμού, στο ύψος της οροφής και του δαπέδου. Αέρας που έχει θερμανθεί στο χώρο μεταξύ του υαλοπίνακα και του τοίχου διαστέλλεται και γίνεται ελαφρύτερος από τον ψυχρό αέρα. Ανέρχεται, περνά από τα ανοίγματα κοντά στην οροφή και ζεσταίνει το χώρο του δωματίου. Εν τω μεταξύ, ψυχρός αέρας αναρροφάται στο

χώρο μεταξύ υαλοπίνακα και τοίχου δια μέσου των ανοιγμάτων κοντά στο πάτωμα. Αυτή η κίνηση αέρα λέγεται **θερμοσιφωνισμός**.

Ο τοίχος Trombe μπορεί επίσης να ζεσταίνει το χώρο του δωματίου με έναν άλλο τρόπο. Η ηλιακή ακτινοβολία ζεσταίνει τον παχύ τοίχο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στην αρχή ζεσταίνεται η πλευρά που βλέπει προς τον ήλιο. Σιγά σιγά θερμότητα άγεται διά του τοίχου, ώσπου όλος ο τοίχος να αποκτήσει την ίδια θερμοκρασία. Όταν η πλευρά προς τη μεριά του εσωτερικού του δωματίου θερμανθεί, θα μεταβιβασθεί θερμότητα στο εσωτερικό του δωματίου που είναι ψυχρότερο.

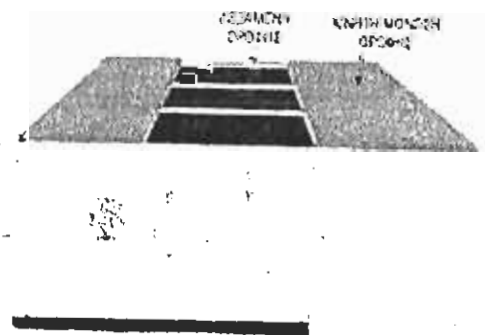
Αν ο τοίχος είναι αρκετά παχύς, αυτό θα συμβεί αφού ο ήλιος βασιλέψει. Ο τοίχος θα συνεχίσει να δίνει θερμότητα, όσο είναι πιο ζεστός από το περιβάλλον του. Όσο παχύτερος είναι ο τοίχος, τόσο πιο μεγάλο χρονικό διάστημα θα περάσει για να θερμανθεί και τόσο μεγαλύτερο διάστημα θα εξακολουθεί να παρέχει θερμότητα στο περιβάλλον του.

Το κατάλληλο πάχος τοίχου είναι αρκετά σημαντικό. Αν είναι πολύ λεπτός ο τοίχος, θα αρχίσει να ζεσταίνει το χώρο πολύ γρήγορα. Το δωμάτιο μπορεί να γίνει ενοχλητικά ζεστό, ενώ ακόμη ο ήλιος λάμπει. Επίσης, μπορεί να μεταβιβάσει την ενέργειά του ως θερμότητα πολύ γρήγορα και έτσι ο χώρος του δωματίου να κρυώσει κατά τη διάρκεια της νύκτας. Τοίχος πολύ παχύς ίσως να μην μπορεί να δώσει την αποθηκευμένη ενέργειά του, παρά μόνο αφού νυκτώσει για τα καλά. Θα εξακολουθήσει να θερμαίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν πια ο ήλιος θα αρχίσει να ζεσταίνει τον αέρα του δωματίου μέσω του συστήματος κυκλοφορίας. Το πάχος τύπου Trombe μπορεί να ποικίλλει από 20 μέχρι 40 cm.

Από το διάγραμμα του σχήματος 1-6, το νερό είναι καλύτερο για την αποθήκευση ενέργειας από ό,τι άλλα δομικά υλικά. Το νερό μπορεί να αποθηκεύεται σε βαρέλια, στάμνες στέρνες ή ελεύθερους κατακόρυφους σωλήνες. Ενώ το νερό αποθηκεύει περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα μάζας από ό,τι τα πετρώδη υλικά, είναι δύσκολο να το συγκρατήσει κάποιος κάπου. Αν το δοχείο στο οποίο έχει τοποθετηθεί έχει διαρροή, δεν θα προκληθεί μόνο απώλεια νερού, ίσως προκληθεί και καταστροφή επίπλων και άλλων αντικειμένων του σπιτιού ή και των δομικών υλικών αυτού. Το νερό μπορεί επίσης να αποθηκευθεί σε μεγάλες δεξαμενές στην οροφή κατασκευασμένες από ανθεκτικό πλαστικό (σχ. 1-10).

Κατά τη νύκτα, η δεξαμενή σκεπάζεται με κινητά καλύμματα. Κατά την ημέρα, η μόνωση μετακινείται και η δεξαμενή είναι προσιτή στο ηλιακό φως, ώστε το νερό να απορροφά ηλιακή ενέργεια. Αργότερα, μεταβιβάζεται θερμότητα στο χώρο των δωματίων.

Ο χώρος που συλλέγεται και αποθηκεύεται ηλιακή ενέργεια, είναι διαχωρισμένος από το χώρο, που πρόκειται να θερμανθεί. Αυτός ο τύπος λέγεται διαχωρισμένων λειτουργιών. Αποθηκεύεται ενέργεια στο σύστημα και



Σχ. 1-10. Αποθήκευση ηλιακής ενέργειας στην οροφή, σε δεξαμενές νερού. Κινητή μόνωση καλύπτει την οροφή τις νύκτες του χειμώνα.

μπορεί να λαμβάνεται όποτε χρειάζεται. Το σύστημα "θερμοκηπίου", που εφάπτεται του κατοικήσιμου χώρου, συλλέγει την ηλιακή ενέργεια. Η μάζα αποθηκεύσεως περιλαμβάνει τον τοίχο, που διαχωρίζει το χώρο του θερμοκηπίου από τον κυρίως κατοικήσιμο χώρο, και δοχεία με το νερό. Μερικές φορές χρησιμοποιείται πέτρα για την κατασκευή του παραπάνω αποθηκευτικού συστήματος (σχ. 1-11).

Άλλοι συνήθεις τρόποι ηλιακής θερμάνσεως με τη μέθοδο διαχωρισμένων λειτουργιών είναι:

- Με κύκλο μεταφοράς (δια ρευμάτων).
- Με ηλιακό συλλέκτη παραθύρου.

Και οι δυο τρόποι για να λειτουργήσουν στηρίζονται στο θερμοσιφωνισμό (θερμοσιφωνισμός είναι το φαινόμενο, κατά το οποίο ζεστός αέρας ή νερό ανυψώνεται και κρύος αέρας ή νερό ρέει καταλαμβάνοντας τη θέση του).

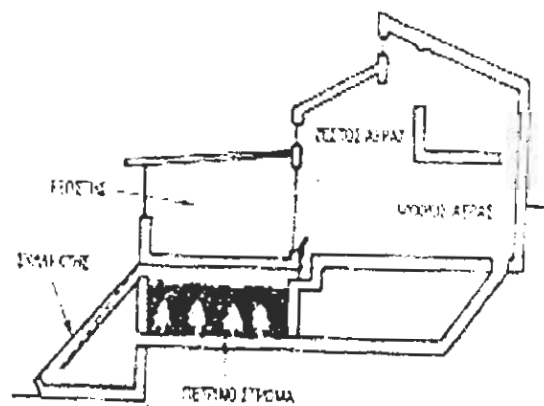
Στον κύκλο μεταφοράς (σχ. 1-12) υπάρχει και επίπεδη πλάκα, που λειτουργεί ως συλλέκτης, η οποία συνδέεται με δοχείο αποθηκεύσεως ή δεξαμενή αποθηκεύσεως με πέτρες. Καθώς ζεσταίνεται νερό ή αέρας στο συλλέκτη, ανέρχεται και εισέρχεται στο χώρο αποθηκεύσεως. Συγχρόνως, ψυχρότερο νερό ή αέρας από το κάτω μέρος του δοχείου αποθηκεύσεως αναρροφάται προς το συλλέκτη. Αυτή η φυσική μεταφορά πραγματοποιείται όσο λάμπει ο ήλιος. Ο συλλέκτης με επίπεδο παράθυρο λειτουργεί με την ίδια αρχή. Είναι παρόμοιος στη λειτουργία με τον κύκλο μεταφοράς με τη διαφορά ότι:

- Δεν χρησιμοποιούνται ειδικές σωληνώσεις. Ακτινοβολία διέρχεται δια μέσου ενός υαλοπίνακα, πέφτει σε μαύρο απορροφητικό υλικό και θερμαίνει τον αέρα. Ο αέρας ανέρχεται και ψυχρός αέρας παίρνει τη θέση του.
- Ο ίδιος ζεστός αέρας εισέρχεται στο προς θέρμανση χώρο του δωματίου και δεν κατευθύνεται σε χώρο αποθηκεύσεως ενέργειας. Το σχήμα 1-13 εικονίζει ένα συλλέκτη παραθύρου (με υαλοπίνακα).

Τα κτήρια με συστήματα παθητικής θερμάνσεως χρειάζονται κάποια μέθοδο ελέγχου, για να εμποδίζουν τον ήλιο, όταν δεν είναι επιθυμητός. Επίσης, τη νύκτα που ο αέρας είναι κρύος, απαραίτητη είναι κάποια



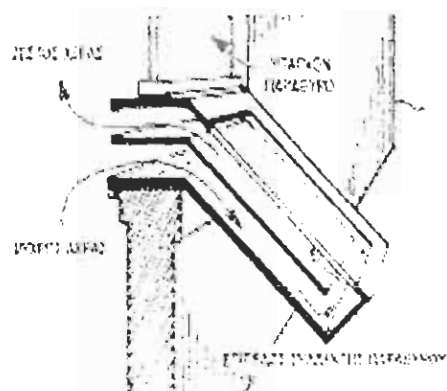
Σχ. 1-11. Σε σύστημα ηλιακής θερμάνσεως διαχωρισμένων λειτουργιών μπορεί να αποθηκεύεται ενέργεια σε πέτρινο σύστημα.



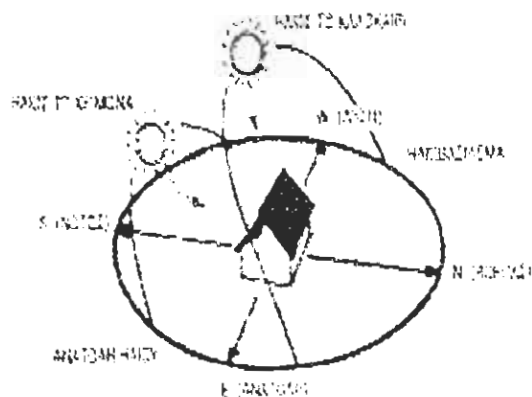
Σχ. 1-12. Το σύστημα κύκλου μεταφοράς στηρίζεται στο ότι ο ήλιος αναγκάζει ζεστό αέρα ή νερό να κινείται προς την περιοχή αποθηκεύσεως ενέργειας ή προς το χώρο του προς θέρμανση δωματίου (U.S. Dept. Of Energy).

προστασία για τον περιορισμό των απωλειών θερμότητας. Το σχήμα 1-14 δείχνει πως μεταβάλλεται η τροχιά του ηλίου από το καλοκαίρι στο χειμώνα. Μια μεγάλη προέκταση της στέγης "κόβει" την άμεση ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα, που ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα, η άμεση ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο σπίτι (σχ. 1-15).

Το θερμοκήπιο ως σύστημα θερμάνσεως κατοικιών, μπορεί να έχει ανοίγματα εξαερισμού για τον έλεγχο της θερμοκρασίας με τη μεταφορά θερμότητας στην ατμόσφαιρα. Διαθέτει ανοίγματα, που μπορεί να ανοίγουν ή να κλείνουν σύμφωνα



Σχ. 1-13. Το σύστημα με επίπεδο συλλέκτη, βασίζεται στην αρχή του θερμοσιφωνισμού. Θερμανθείς αέρας ανέρχεται και έτσι αναρροφάται ψυχρός αέρας από το κάτω μέρος του συλλέκτη.



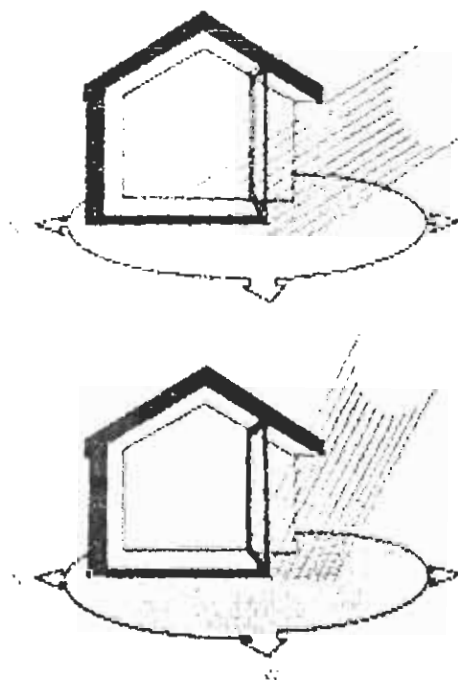
Σχ. 1-14. Για τις κατασκευές παθητικής ηλιακής θερμάνσεως πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η εποχιακή διαδρομή του ηλίου έτσι, ώστε η κατοικία να εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι ο ήλιος είναι "χαμηλά" το χειμώνα και να σκιάζεται από τον καλοκαιρινό ήλιο.

με τις ανάγκες. Συγχρόνως, ανοίγματα στους τοίχους του θερμοκηπίου, που οδηγούν στο κατοικήσιμο χώρο, μπορεί να κλείνουν κατά τους θερμούς μήνες.

Και τα δύο συστήματα, το σύστημα άμεσης δράσεως (λειτουργίας) και αυτό των διαχωρισμένων λειτουργιών χρειάζονται θερμομόνωση και/ή διαφράγματα (παράθυρα). Μεγάλες επιφάνειες με υαλοπίνακες χάνουν θερμότητα προς τον ψυχρότερο αέρα της νύκτας. Μονωτικά καλύμματα και παράθυρα (διαφράγματα) βοηθούν τον έλεγχο τέτοιων απωλειών.

ΕΝΕΡΓΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΕΩΣ

Τα ενεργά ηλιακά συστήματα θερμάνσεως είναι πολύ διαφορετικά από τα παθητικά συστήματα. Τα παθητικά συστήματα στηρίζονται στη φυσική ακτινοβολία και μεταφορά για τη δια-



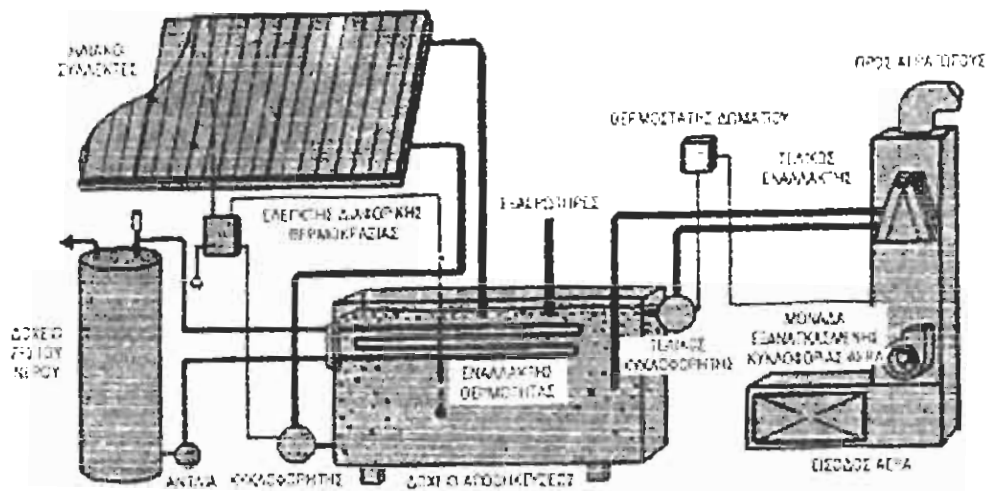
Σχ.1-15. Κατάλληλα σχεδιασμένη προέκταση της σκεπής εμποδίζει τον ήλιο το καλοκαίρι και επιτρέπει τις ακτίνες του ήλιου το χειμώνα να μπαίνουν στο σπίτι και να ζεσταίνουν το χώρο.

νομή της ηλιακής θερμότητας. Τα ενεργά συστήματα στηρίζονται σε πολλούς μηχανισμούς για τη διανομή θερμότητας. Επιπλέον, ενώ οι παθητικές κατασκευές είναι συνήθως μέρος της αρχιτεκτονικής του κτηρίου, τα ενεργά συστήματα δεν εντάσσονται στο δομικό σκελετό του κτηρίου.

Το ενεργό ηλιακό σύστημα θερμάνσεως είναι σχεδιασμένο, ώστε να:

- Συλλέγει και παγιδεύει ηλιακή ακτινοβολία.
- Παίρνει θερμότητα από το συλλέκτη και να τη μεταφέρει εκεί όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί.
- Να αποθηκεύει ενέργεια για να χρησιμοποιηθεί, όταν δεν λάμπει ο ήλιος.

Στους διάφορους μηχανισμούς, δια των οποίων πραγματοποιούνται όλες αυτές οι λειτουργίες, περιλαμβάνονταν ηλιακοί συλλέκτες, σωληνώσεις ή αεραγωγοί ανενιστήρες, αντλίες, κινητήρες, εναλλάκτες θερμότητας και δοχεία αποθηκείσεως με πέτρες (σχ. 1-16).



Σχ. 1-16. Διάγραμμα ενεργού συστήματος θερμάνσεως χώρου και νερού (Department of Energy).

ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Τα μέρη ενός ενεργού ηλιακού συστήματος θερμάνσεως που απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία, ονομάζονται ηλιακοί συλλέκτες. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι:

- **Επίπεδοι συλλέκτες.** Είναι πιο κατάλληλοι για τη χρήση σε κατοικίες.
- **Συλλέκτες σωλήνων κενού.** Είναι πιο ακριβοί και με αυτούς έχουμε υψηλότερες θερμοκρασίες.
- **Παραβολικοί συγκεντρωτές.** Με αυτόν τον τύπο μπορούμε να έχουμε πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Βασικά, ένας επίπεδος συλλέκτης είναι ένα κλειστό θερμομονωμένο κουτί με διαφανές σκέπασμα. Ο "ήλιος" μπορεί να εισέρχεται στο κουτί και να ζεσταίνει το μαύρο εσωτερικό (σχ. 1-17).

Η επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη που απορροφά θερμότητα από τον ήλιο λέγεται **απορροφητής**. Πρέπει να είναι μαύρη ή να έχει πολύ σκούρο χρώμα. Η υφή της επιφάνειας πρέπει να είναι κάπως πιο τραχιά από ό,τι το κέλυφος του αυγού.

Σε συστήματα που χρησιμοποιούν ρευστά, για να απορροφήσουν τη συλλεγόμενη θερμότητα, ο συλλέκτης έχει πολλούς σωλήνες με ρευστό, με

χρησιμοποιούνται σε περιοχές με ψυχρό κλίμα, ο υαλοπίνακας μπορεί να είναι διπλός. Ο επίπεδος συλλέκτης είναι ο συχνότερα χρησιμοποιούμενος.

Στο συλλέκτη **σωλήνων κενού**, ο απορροφητής είναι σωλήνας μέσα σε άλλον σωλήνα. Οι δυο διαχωρίζονται με κενό. Σχεδόν δεν υπάρχει αέρας για να μεταφέρει θερμότητα από τον εσωτερικό γυάλινο στον εξωτερικό γυάλινο σωλήνα. Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να περάσει εύκολα το κενό και να ζεστάνει τον εσωτερικό σωλήνα, αλλά δεν γίνεται μεταφορά ρευμάτων θερμότητας από το ζεστό εσωτερικό σωλήνα προς τον εξωτερικό· έτσι οι απώλειες είναι πολύ μικρές. Αυτό το σύστημα, που έχει μεγάλη απόδοση, είναι ιδιαίτερα καλό για ψυχρά κλίματα, όπου οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ του απορροφητή και του αέρα στην ατμόσφαιρα είναι πιο μεγάλες.

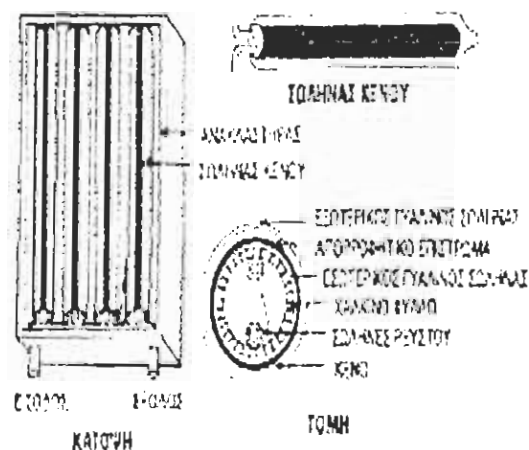
Ο απορροφητικός σωλήνας είναι καλυμμένος με σκούρο υλικό, ώστε να απορροφά καλύτερα την ακτινοβολία. Στο εσωτερικό υπάρχει ένα φύλλο από χαλκό και σωλήνες για τη μεταφορά του θερμού ρευστού και επομένως της θερμότητας. Το σχήμα 1-19 δείχνει ένα απλό διάγραμμα του συλλέκτη σωλήνων κενού. Είναι πιο κατάλληλος όπου χρειάζονται θερμοκρασίες 95 °C ή και μεγαλύτερες.

Ο **συγκεντρωτικός συλλέκτης** παίρνει ηλιακή ακτινοβολία και την ανακλά σε πολύ μικρή απορροφητική επιφάνεια. Ο απορροφητής ζεσταίνεται γρηγορότερα και αποκτά πιο μεγάλη θερμοκρασία. Υπάρχουν πολύ λιγότερες απώλειες, διότι ο απορροφητής έχει μικρότερη επιφάνεια. Εύκολα αναγνωρίζονται οι συγκεντρωτικοί συλλέκτες. Ένας τύπος έχει σχήμα πιάτου (σχ. 1-20). Το σχήμα 1-21 παρουσιάζει δύο τύπους με σχήμα παραβολικών ημικυλίνδρων (αυλακιών). Και ο τύπος σχήματος πιάτου και ο τύπος με ημικύλινδρο είναι επικαλυμμένος με πολύ ανακλαστικό μεταλλικό επίχρισμα. Στον τύπο με βαθύ αυλάκι η ακτινοβολία διαθλάται με τη βοήθεια φακού, που λειτουργεί περίπου σαν μεγεθυντικός φακός. Η ποσότητα ενέργειας που κατευθύνεται στον απορροφητήρα μπορεί να είναι και 50 φορές αυτή που συλλέγεται με επίπεδο συλλέκτη.

Υπάρχουν πολλά μειονεκτήματα στους συγκεντρωτικούς συλλέκτες:

- Λειτουργούν μόνο με άμεση ακτινοβολία.
- Ο προσανατολισμός τους πρέπει να είναι πολύ καλός. Αυτό απαιτεί ένα ακριβό κατευθυντικό σύστημα που χρειάζεται και συντήρηση.
- Οι συγκεντρωτές χρειάζονται βαριά πλαίσια στηρίξεως για τον περιορισμό των ταλαντώσεων. Το μεγάλο βάρος του πλαισίου και του πιάτου ή του αυλακιού τους καθιστούν ακατάλληλους για πολλές εφαρμογές.

Και ο τύπος με συγκεντρωτήρα και ο τύπος με σωλήνες κενού είναι πιο ακριβοί από ό,τι ο τύπος με επίπεδο



Σχ. 1-19. Συλλέκτης σωλήνων κενού. Ένας σωλήνας μέσα σε άλλον που περιβάλλεται από κενό. Αυτός ο σχεδιασμός είναι πολύ αποτελεσματικός. Η ακτινοβολία από τον ήλιο μπορεί να διέλθει δια του κενού προς τα μέσα. Όμως οι απώλειες θερμότητας προς τα έξω με αγωγή είναι μηδενικές λόγω του κενού (HUD).

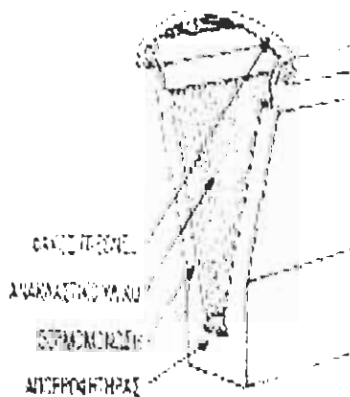
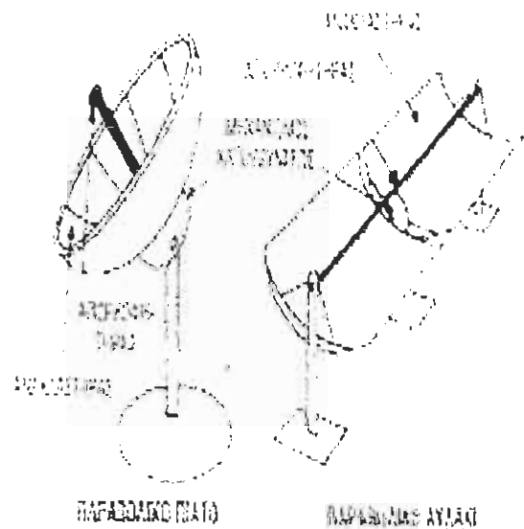
δο συλλέκτη. Λίγοι από τους πρώτους έχουν κατασκευασθεί. Ο πίνακας στο σχήμα 1-22 παρουσιάζει τις εφαρμογές για τις οποίες είναι κατάλληλος κάθε τύπος συλλέκτη.

Οι ενεργοί ηλιακοί συλλέκτες χρειάζονται συστήματα για τη μεταφορά θερμότητας. Χρησιμοποιούνται δυο συστήματα:

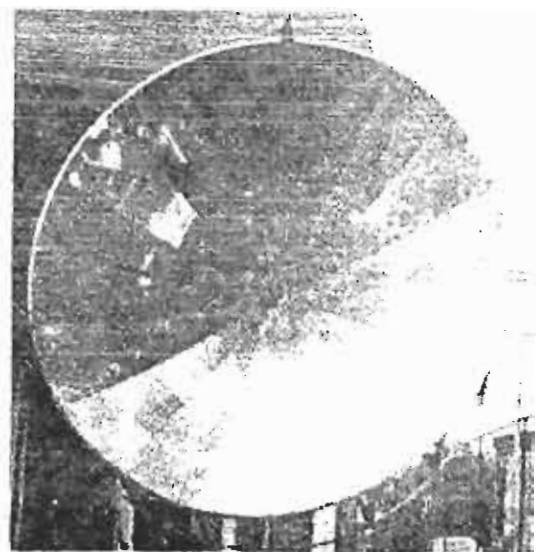
- Συστήματα με αέρα.
- Συστήματα με υγρό.

Τα συστήματα με αέρα διαθέτουν ανεμιστήρες και αεραγωγούς, για να κυκλοφορεί ο αέρας που έχει θερμανθεί με επίπεδο συλλέκτη. Ο συλλέκτης μπορεί να είναι τοποθετημένος σε δώμα, σε τοίχο ή στο έδαφος. Αεραγωγοί μεταφέρουν το θερμό αέρα από το συλλέκτη και ψυχρό αέρα σε αυτόν. Ένα βασικό σύστημα φαίνεται στο σχήμα 1-23.

Ζεσταμένος αέρας, που δεν χρειάζεται άμεσα, αποθηκεύεται. Το υλικό αποθηκείσεως είναι συνήθως στερεό, όπως κατασκευή από πέτρα. Στο επάνω και κάτω μέρος της πέτρινης κατασκευής υπάρχουν άδεια μέρη, για να μπορεί να ρέει ο αέρας. Αυτά λέγονται **γεμίσματα**.



Σχ. 1-21. Δυο τύποι συλλέκτη παραβολικού αυλακιού. Επάνω: Με αβαθές αυλάκι. Κάτω: Συλλέκτης με βαθύ αυλάκι. Ο απορροφητήρας είναι στο δάπεδο του αυλακιού (HUD).



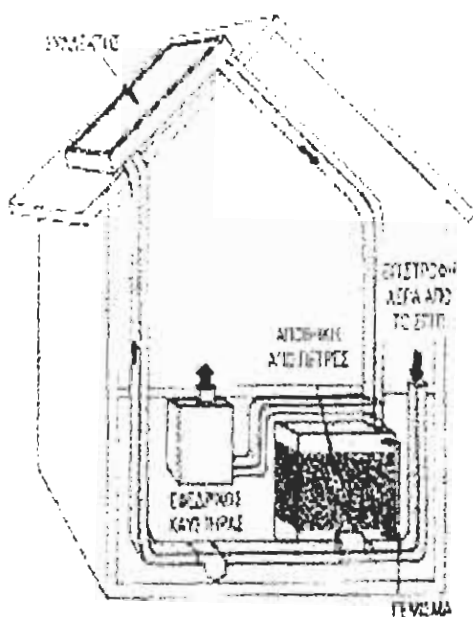
Σχ. 1-20. Αυτός ο τύπος συγκεντρωτικού συλλέκτη λέγεται παραβολικό πιάτο. Επάνω: Βασικός σχεδιασμός συλλέκτη με τα ονόματα των διαφόρων τμημάτων του (HUD). Κάτω: Άποψη παραβολικού πιάτου, όπου φαίνεται η κατασκευή του ανακλαστήρα και του απορροφητήρα.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ
Γεωργία και θέρμανση πισίνας	Χωρίς υαλοπίνακα ή με μονό υαλοπίνακα (συνήθως), επίπεδος (συνήθως πλαστικός).
Θέρμανση χώρου και νερού	Επίπεδος μεταλλικός (συνήθως), σωλήνας κενού, συγκεντρωτήρας χωρίς μηχανισμό προσανατολισμού.
Ηλιακός κλιματισμός	Επίπεδος μεγάλης αποδόσεως, σωλήνας κενού, συγκεντρωτήρας (με ή χωρίς μηχανισμό προσανατολισμού).
Βιομηχανική θερμότητα (90-180 °C)	Σωλήνας κενού, (συνήθως), συγκεντρωτήρας (με ή χωρίς μηχανισμό προσανατολισμού).
Βιομηχανική θερμότητα (επάνω από 180 °C)	Συγκεντρωτήρας με μηχανισμό προσανατολισμού.
Ηλιακή θερμική ηλεκτροπαραγωγή	Ηλιοστάτης (συνήθως), συγκεντρωτήρας με μηχανισμό προσανατολισμού.

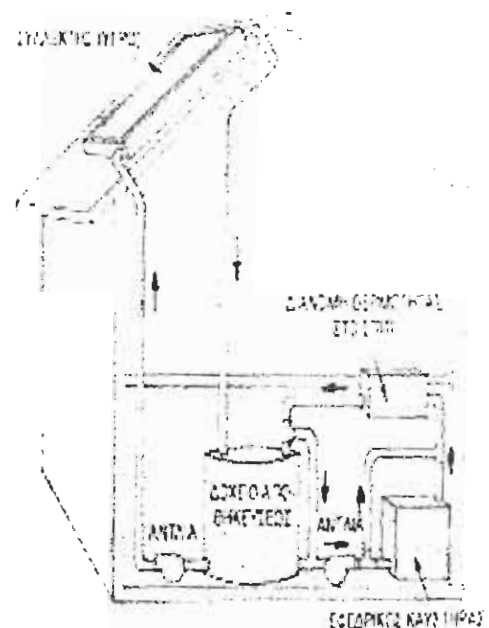
Σχ. 1-22. Συνήθεις εφαρμογές διαφόρων τύπων συλλεκτών (HUD).

Ζεστός αέρας εισέρχεται στην αποθήκη από επάνω. Ψυχρός αέρας αναρροφάται από κάτω και επιστρέφει στο συλλέκτη. Κατά τις ημέρες που επικρατούν νεφώσεις και τη νύκτα, το σύστημα παίρνει θερμότητα από την πέτρινη αποθήκη. Οι αποθήκες από πέτρα κατασκευάζονται συνήθως μέσα στο σπίτι, στο ισόγειο ή στο υπόγειο. Μπορεί να είναι χωμένοι και στο έδαφος, έξω από το σπίτι. Αυτό όμως δεν συνίσταται. Μπορεί να εισέλθει νερό μέσα στη κατασκευή και να καταστρέψει τη θερμομόνωση. Μπορεί επίσης να εισαχθεί αέρας με πολύ υγρασία μέσα στο σπίτι.

Οι πέτρες που χρησιμοποιούνται για αυτήν την αποθήκη ενέργειας πρέπει να έχουν διάμετρο από 2 έως 4 cm. Τα χαλίκια των ποταμών (κροκάλες) είναι η συνήθης επιλογή. Χρησιμοποιούνται πολλές φορές και άλλα υλικά, όπως χυτοσίδηρος, τούβλα ή κεραμικά μπλοκ.



Σχ. 1-23. Διάγραμμα ενεργού συστήματος ηλιακού συλλέκτη. Χρησιμοποιείται αέρας για τη μεταφορά θερμότητας (HUD).



Σχ. 1-24. Αυτός ο ενεργός ηλιακός συλλέκτης χρησιμοποιεί υγρό ως μεταφορά θερμότητας.

Ο οικισμός με τις πέτρες μπορεί να είναι κατασκευασμένος είτε από πετρώδη υλικά είτε από ξύλο. Πρέπει να είναι αεροστεγής. Οι κατασκευές από ξύλο πρέπει να μειώνονται σε τιμή μονώσεως μεταξύ R-19 και R-44.

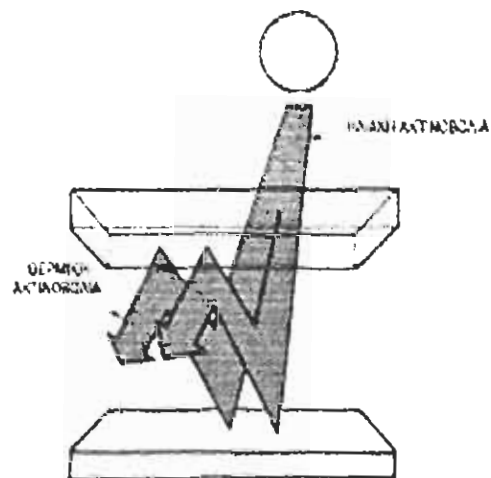
Ένα σύστημα με υγρό φαίνεται στο σχήμα 1-24. Ενέργεια, που απορροφήθηκε από το συλλέκτη, μεταφέρεται ως θερμότητα από το νερό που κυκλοφορεί σε σωληνώσεις συνδεδεμένες με το στοιχείο απορροφήσεως ακτινοβολίας του συλλέκτη. Με τις σωληνώσεις απομακρύνεται από το συλλέκτη το ζεστό και μεταφέρεται κρύο νερό σε αυτόν, για να θερμανθεί. Οι σωληνώσεις συνδέονται με το σύστημα θερμάνσεως του χώρου και με το δοχείο αποθηκείσεως ζεστού νερού. Χρειάζονται 40 με 95 λίτρα νερού στο σύστημα για κάθε τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας του συλλέκτη.

Το δοχείο αποθηκείσεως του νερού μπορεί να είναι από τσιμέντο, ατσάλι ή φάιμπεργκλας (fiberglass). Τα δοχεία από ατσάλι πρέπει να έχουν εσωτερική επένδυση από γυαλί ή ρητίνη. Λόγω του ότι το τσιμέντο είναι πορώδες, πρέπει να έχει επένδυση από λάστιχο. Σε ψυχρά κλίματα, χρησιμοποιούνται αντιπηκτικά μίγματα αντί για σκέτο νερό. Τότε πρέπει να χρησιμοποιείται εναλλάκτης θερμότητας.

1.4.2 Φαινόμενο θερμοκηπίου.

Τα υλικά που επιτρέπουν να διέλθουν μέσω αυτών όλες, ή σχεδόν όλες, οι ορατές ακτίνες που πέφτουν επάνω τους λέγονται διαφανή. Ένα παράδειγμα τέτοιου υλικού είναι το γυαλί. Υλικά που είναι διαφανή σε ορατό φως δεν είναι διαφανή κατά ανάγκη σε κύματα της θερμικής ακτινοβολίας. Το γυαλί απορροφά σχεδόν όλη τη θερμική ακτινοβολία. Όταν υλικό φως διέλθει δια μέσου γυαλιού και απορροφηθεί από σώματα, που βρίσκονται μέσα στον κλειστό χώρο που περιβάλλεται από το γυαλί, η θερμική ενέργεια που ακτινοβολείται από το εσωτερικό δεν περνά εύκολα από το γυαλί (σχήμα 1-25). Αυτή η παγίδευση θερμικής ακτινοβολίας λέγεται φαινόμενο θερμοκηπίου. Για παράδειγμα όταν κάποιο αυτοκίνητο αφήνεται στον ήλιο μερικές ώρες δημιουργείται το φαινόμενο θερμοκηπίου. Το εσωτερικό του δηλαδή γίνεται πολύ πιο ζεστό από ό,τι ο αέρας έξω από αυτό.

Γυαλισμένες ή αστραφτερές επιφάνειες ανακλούν ηλιακή ακτινοβολία σε μεγάλο βαθμό. Επιφάνειες με ανοιχτά χρώματα επίσης τείνουν να ανακλούν μέρος της ακτινοβολίας. Η οροφή ενός σπιτιού, για παράδειγμα, με ανοικτό χρώμα δεν απορροφά τόσο πολύ ηλιακό φως όσο μία με σκούρο χρώμα. Τείνει να ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία στην ατμόσφαιρα.



Σχ. 1-25. Ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται εύκολα από το γυαλί. Όμως στο εσωτερικό υπάρχει κυρίως θερμική ακτινοβολία, που έχει μεγαλύτερα μήκη κύματος και δεν διέρχεται εύκολα από το γυαλί. Έτσι παγιδεύεται στον εσωτερικό χώρο που περικλείεται από τις γυάλινες επιφάνειες.

1.4.3 Ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Με την εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας μπορούν σήμερα όλα τα σπίτια να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους σε νερό χρήσης με τη βοήθεια των ηλιακών θερμοσίφωνων. Με αυτόν τον τρόπο ανεξαρτητοποιούμαστε από το πετρέλαιο ή την ηλιακή ενέργεια.

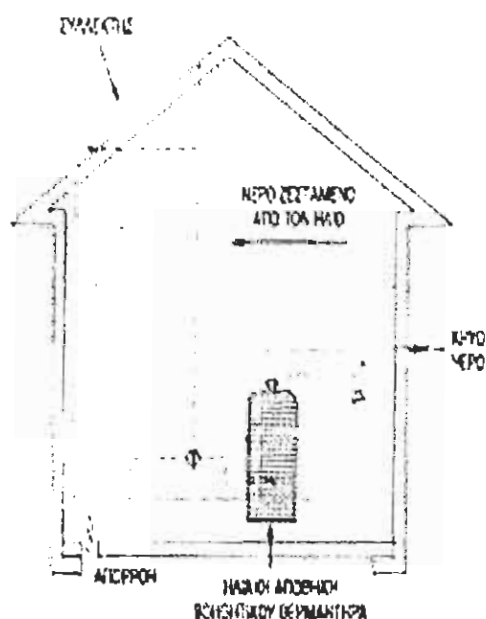
Τα πιο διαδεδομένα και απλούστερα ενεργειακά ηλιακά συστήματα είναι αυτά που χρησιμοποιούνται για θέρμανση νερού. Οι αρχές του συστήματος είναι ίδιες με αυτές του συστήματος για θέρμανση χώρου.

Ο ηλιακός θερμοσίφοντας όμως είναι πολύ πιο απλός. Υπάρχουν τρία συστήματα:

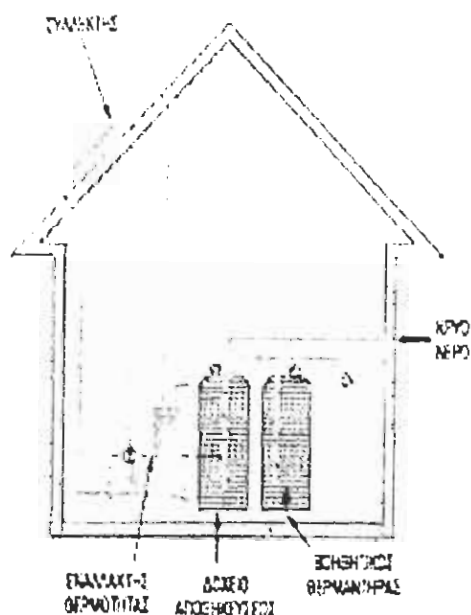
- Το σύστημα άμεσης κυκλοφορίας είναι παθητικό σύστημα.
- Το άμεσο σύστημα με κυκλοφορητή.
- Το έμμεσο (κλειστού κύκλου) σύστημα.

Στο άμεσο σύστημα με κυκλοφορητή, το νερό που θερμάνθηκε με τον ήλιο πηγαίνει το ίδιο στο δοχείο ενός συνήθους θερμαντήρα νερού (θερμοσίφωνα). Ψυχρό νερό από την υδραυλική εγκατάσταση του σπιτιού συμπληρώνει το νερό του συστήματος στον ηλιακό συλλέκτη (σχ. 1-26).

Τα έμμεσα συστήματα ονομάζονται έτσι διότι ο ηλιακός συλλέκτης δεν θερμαίνει άμεσα το νερό, που χρησιμοποιείται. Το υγρό που θερμαίνεται από τους συλλέκτες δεν έρχεται σε επαφή με το ζεστό νερό. Το διάλυμα-υγρό διέρχεται και από το συλλέκτη και από το δοχείο παροχής ή το θερμαντήρα (θερμοσίφωνα) νερού. Μεταφέρεται θερμότητα στο νερό δια του εναλλάκτη θερμότητας. Ο εναλλάκτης είναι συνήθως ένας σπειροειδής σωλήνας μέσα στο δοχείο παροχής νερού. Καθώς το ζεσταμένο υγρό διέρχεται δια του σπειροειδούς σωλήνα, μεταφέρει θερμότητα στο νερό του δοχείου. Το σχήμα 1-27 δείχνει ένα τυπικό έμμεσο σύστημα κλειστού κύκλου.



Σχ. 1-26. Σε άμεσο σύστημα με κυκλοφορητή, ο κυκλοφορητής κινεί νερό δια του συλλέκτη στην οροφή.



Σχ. 1-27. Σε αυτό το σύστημα, το ζεστό νερό που έρχεται από το συλλέκτη στην οροφή απόδίδει θερμότητα στο σύστημα παροχής ζεστού νερού με τη βοήθεια εναλλάκτη θερμότητας.

1.4.4 Ηλιακοί βραστήρες.

Από όλες τις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας οι ηλιακοί βραστήρες είναι αναμφισβήτητα οι πιο διαδεδομένες και απλές κατασκευές και χρησιμοποιούνται σε παγκόσμια κλίμακα για την Παρασκευή φαγητών και ροφημάτων. Ο ηλιακός βραστήρας είναι συσκευή του <<μικρού νοικοκύρη>> σε πολλές από τις λεγόμενες αναπτυσσόμενες χώρες. Εκεί είναι ιδιαίτερα κατάλληλος, επειδή οι χώρες αυτές έχουν συχνά ηλιοφάνεια, ενώ είναι φτωχές σε άλλες πηγές ενέργειας. Οι ηλιακοί βραστήρες κατασκευάστηκαν και διατέθηκαν αμέσως στην αγορά σε πολλές ποικιλίες.

Ο Αμερικανός επιστήμονας Dr.C.G.Abbot κατασκεύασε έναν έμμεσο ηλιακό βραστήρα, στον οποίο η ηλιακή ακτινοβολία συγκεντρώνεται και θερμαίνει ένα υγρό το οποίο ακολούθως θερμαίνει το μαγειρικό σκεύος. Ο ανακλαστήρας είχε επιφάνεια 30 m² και μπορούσε να στρέφεται σύμφωνα με την πορεία του ήλιου, εστιάζοντας τις ακτίνες σε ένα μαυρισμένο μεταλλικό σωλήνα, όπου κυκλοφορούσε το μέσο μεταφοράς θερμότητας. Για να μειωθούν οι απώλειες θερμότητας από την επιφάνεια συλλογής, τον περιέκλεισε σε έναν γυάλινο σωλήνα διπλού τοιχώματος. Υψηλά πάνω από τον ανακλαστήρα βρίσκονταν μια διάταξη με μαγειρικές πλάκες. Η κυκλοφορία του υγρού μεταξύ της επιφάνειας συλλογής και της πλάκας στηριζόταν στην αρχή του θερμοσιφωνισμού.

Στη Μέση Ανατολή έχουν χρησιμοποιηθεί ηλιακοί βραστήρες και απλούστερης μορφής, με τη βοήθεια των οποίων μπορούν να θερμανθούν μέχρι βρασμού 2 λίτρα νερού σε διάστημα 20 λεπτών. Είναι φανερό, ότι οι βραστήρες αυτού του είδους, ασχέτως τρόπου κατασκευής, είναι πολύ χρήσιμοι κυρίως στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές επειδή εκεί τα στερεά καύσιμα είναι πολλές φορές πολύ σπάνια ή ανύπαρκτα και πολύ περισσότερο δεν υπάρχει ούτε και ηλεκτρικό ρεύμα.

1.4.5 Αφαλάτωση για την παραγωγή πόσιμου νερού.

Το ζωοφόρο γλυκό νερό αποτελεί μόνο το 3% του νερού που υπάρχει στη γη, ενώ το υπόλοιπο είναι αλμυρό. Ωστόσο ακόμα και το 3%, ως γνωστό, έχει καταμεμηθεί άνισα. Πάντως η αύξηση του πληθυσμού της γης και η ανάπτυξη της βιομηχανίας και της γεωργίας δημιουργούν διαρκώς μεγαλύτερες ανάγκες σε πόσιμο νερό.

Γενικά υπάρχουν δυο τρόποι αφαλάτωσης του νερού: α) ο διαχωρισμός του νερού από το αλατούχο διάλυμα (το θαλασσινό νερό) και β) ο διαχωρισμός του αλατιού από το διάλυμα (δηλαδή η λειτουργία γίνεται με τη μορφή ενός <<κόσκινου>> από το οποίο ή περνά το νερό και μένει το αλάτι ή περνά το αλάτι και μένει το νερό.

Κατά τον πρώτο τρόπο απαιτείται η αλλαγή φάσης του νερού, δηλαδή η μετατροπή του από υγρό σε ατμό κατά την εξάτμιση και έπειτα η επαναφορά του στη υγρή φάση κατά τη συμπύκνωση. Ο δεύτερος τρόπος γίνεται με τη βοήθεια ειδικών μεμβρανών οι οποίες έχουν την ιδιότητα να επιτρέπουν τη διέλευση των μορίων του άλατος, όχι όμως και του νερού.

Με τον πρώτο τρόπο λειτουργεί μια πολύ μεγάλη εγκατάσταση αφαλάτωσης νερού στο Τορνικ της Λιβύης. Η εγκατάσταση αυτή παράγει 10 μετρικούς τόνους πόσιμου νερού ημερήσια, παραμένει όμως μια μικρή περιεκτικότητα άλατος.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι εγκαταστάσεις που λειτουργούν με την αρχή της αντίστροφης όσμωσης. Η τεχνική αυτή απαιτεί την εφαρμογή της ηλεκτρικής ενέργειας για την αντιστροφή της τάσης που έχουν τα μόρια του άλατος να βρίσκονται σε διάλυμα με το νερό και να επιτευχθεί ο διαχωρισμός μέσω των μεμβρανών. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι σχετικά μικρή και φθάνει τα 7 kWh ανά 5.000 lt πόσιμου νερού. Τα δοχεία μέσα στα οποία γίνεται η αντίστροφη όσμωση, είναι χαλύβδινα και περιέχουν διατάξεις διαδοχικών ζευγών μεμβρανών που φθάνουν μέχρι τις διακόσιες. Η διάρκεια ζωής των μεμβρανών είναι περίπου 1^{1/2}-2 χρόνια. Το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί φυσικά να προέρχεται από μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με τη βοήθεια των φωτοβολταϊκών μετατροπέων ή στοιχείων. Εκτός από τις μεμβράνες οι οποίες δημιουργούν διαδοχικά διαμερίσματα αλμυρού και γλυκού νερού, χρησιμοποιούνται και κατάλληλα ηλεκτρόδια από τα οποία τα θετικά είναι εμβαπτισμένα στο γλυκό και τα αρνητικά στο αλμυρό νερό. Η τροφοδοσία πηγαίνει στα διαμερίσματα του γλυκού νερού, απ' όπου τα ιόντα του άλατος, με τη βοήθεια του ηλεκτροστατικού πεδίου που δημιουργούν τα ηλεκτρόδια, οδεύουν προς τα διαμερίσματα του αλμυρού νερού μέσω των μεμβρανών. Έτσι το παραγόμενο αφαλατωμένο νερό είναι πολύ μικρής περιεκτικότητας σε άλατα, κατάλληλο για οποιαδήποτε εφαρμογή. Ο χειρισμός μιας τέτοιας μονάδας είναι πολύ απλός και μπορεί να γίνει από δυο άτομα.

1.4.6 Αλατοπαραγωγή με ηλιακή ενέργεια.

Η αλατοπαραγωγή, είτε από λάκκους άλατος είτε από αλατωρυχεία είτε από θάλασσα με εξάτμιση, είναι κατά βάση μια από τις αρχαιότερες τεχνικές της ανθρωπότητας, αν και η καθαρότητα του αλατιού ήταν παλαιότερα αισθητά μικρότερη.

Κατά την άνοιξη, όταν το αλμυρό νερό έχει κορεστεί τελείως, προετοιμάζονται οι λίμνες κρυστάλλωσης. Τον Απρίλιο με Μάιο η άλμη συγκεντρώνεται στις προετοιμασμένες λίμνες που έχουν επιφάνεια 800 έως 2.400 στρεμμάτων η καθεμιά. Μόλις γεμίσουν οι δεξαμενές μέχρις 60 cm, σχηματίζονται σταδιακά λεπτοί κρύσταλλοι από αλάτι. Το φθινόπωρο βρίσκεται στο έδαφος ένα λεπτό στρώμα κρυστάλλων αλατιού πάχους 10 – 15 cm. Το υπόλοιπο υγρό, η άλμη, πλούσιο σε μαγνήσιο, βρώμιο και ασβέστιο, αποχετεύεται και χρησιμοποιείται για άλλους σκοπούς. Το αλάτι που είναι πια 97,8% καθαρό χλωριούχο νάτριο, είναι τώρα έτοιμο για τη συγκομιδή.

Η συγκέντρωση αλατιού γίνεται από το Σεπτέμβριο ως το Δεκέμβριο, πριν αρχίσουν οι βροχές. Το αλάτι μεταφέρεται έπειτα με τους συρμούς απευθείας στη μονάδα έκπλυσης όπου απομακρύνονται τα τελευταία ίχνη της μητρικής άλμης και όλες οι άλλες προσμίξεις. Το πλυμένο αλάτι τοποθετείται σε υψηλούς σωρούς έτοιμο για διάθεση. Μονολότι έχει ήδη καθαρότητα 99,4% σε NaCl, ονομάζεται ακόμα <<ακατέργαστο αλάτι>>. Για την τελική κατεργασία, το αλάτι πλένεται ξανά και ξηραίνεται περίπου στους 130 °C σε περιστροφικούς φούρνους αερίων. Έτσι το προϊόν απαλλάσσεται από τις οργανικές ουσίες και αποκτά καθαρότητα 99,7%. Αυτό το αλάτι χρησιμοποιείται κυρίως σαν βιομηχανική πρώτη ύλη, αλλά και σαν ζωοτροφή.

Η παραγωγή μαγειρικού αλατιού γίνεται από την εταιρία Leslie: η πρώτη ύλη επεξεργάζεται έπειτα υπό κενό, για να εξαχθεί προϊόν με το μεγαλύτερο δυνατό βαθμό καθαρότητας και μαγειρικούς σκοπούς, δηλαδή 99,99%. Η διαδικασία που ακολουθείται, ονομάζεται ανακρυστάλλωση και είναι η παρακάτω: Το αλάτι από το σωρό αποθήκευσης διαλύεται σε μικρή ποσότητα καθαρού πόσιμου νερού και στη συνέχεια προστίθενται κατάλληλες χημικές ουσίες για να απομακρυνθούν τα παραμένοντα ίχνη ασβεστίου και μαγνησίου. Ακολουθώντας το διάλυμα τοποθετείται μέσα σε μεγάλα δοχεία που λειτουργούν υπό κενό, όπου θερμαίνεται με ατμό με τη βοήθεια ενός εναλλάκτη θερμότητας. Με αυτόν τον τρόπο το νερό εξατμίζεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό και το αλάτι κρυσταλλώνεται πάλι. Ένας πολτός κρυστάλλων αλατιού και άλμης διοχετεύεται κατόπιν σε φυγοκεντρικό φίλτρο όπου απομακρύνεται όλη η υγρασία. Από το αλάτι που παράγεται στον κόλπο του Αγίου Φραγκίσκου, το 10% χρησιμοποιείται για γεωργικούς σκοπούς, το 70% για τη βιομηχανία (χημεία, επεξεργασία νερού, ξεπάγωμα των δρόμων) και το 20% για την επεξεργασία και παρασκευή τροφίμων.

Το ποσοστό για βιομηχανικούς σκοπούς είναι υψηλό, αφού και μόνο για τεχνητές ίνες, σαπούνι, λιπάσματα και πλαστικά χρησιμοποιείται το 37%. Υπολογίζεται ότι εάν αγορασθεί μόνο 1,5 κιλό αλάτι για οικιακή χρήση, τότε ξοδεύονται 125 κιλά αλάτι κατ'άτομο το χρόνο για άλλες χρήσεις. Η παγκόσμια ετήσια αλατοπαραγωγή με ηλιακή ενέργεια (εξάτμιση) ξεπέρασε τα 10 εκατομμύρια τόννους και θα αυξηθεί περισσότερο.

1.4.7 Ηλιακοί κινητήρες.

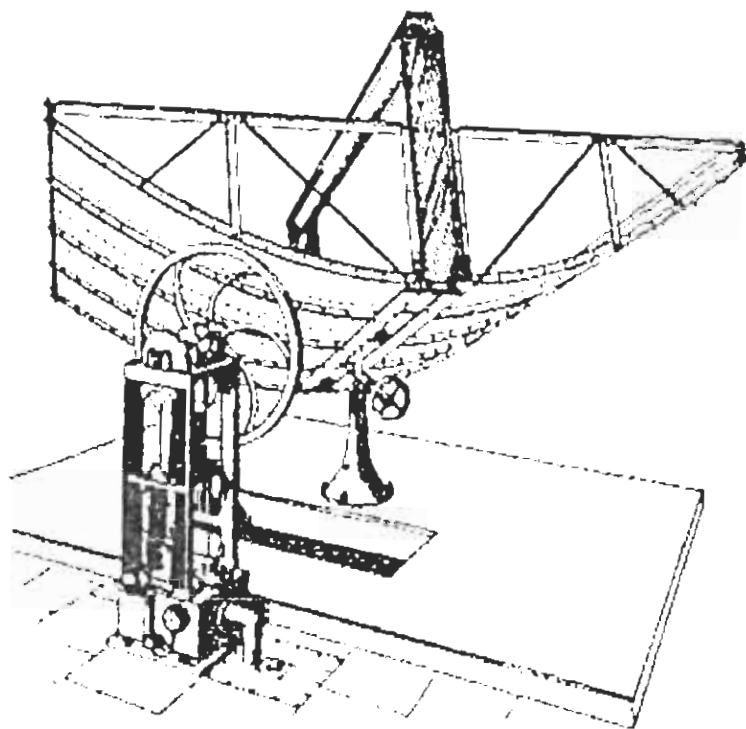
Οι ηλιακοί κινητήρες που δεν πρέπει να συγχέονται με τους ηλιακούς φούρνους ή τους ηλιακούς βραστήρες, είναι ένα συγκεκριμένο είδος μηχανών, άγνωστο στους πατέρες της βιομηχανικής επανάστασης. Αυτοί μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε μηχανική που κινεί απευθείας τους ατμοστρόβιλους και άλλες μηχανικές διατάξεις.

Από τους πρώτους ηλιακούς κινητήρες που κατασκευάστηκαν ήταν και αυτοί του Ericsson. Μέχρι το 1875 ο Ericsson είχε κατασκευάσει πάνω από 7 ηλιακούς κινητήρες. Ο πρώτος του 1870 λειτουργούσε με ατμό, που παραγόταν σε ένα σωλήνα χωρητικότητας 0,75 λίτρων νερού με την επίδραση των ηλιακών ακτίνων, που συγκεντρώνονταν στο σωλήνα με τη βοήθεια μιας παραβολικής κατοπτρικής επιφάνειας ενός τετραγωνικού μέτρου. Για το δεύτερο κινητήρα (1872) ο Ericsson αναφέρει ότι ο σφόνδυλος πραγματοποιούσε 400 περιστροφές σε ένα λεπτό με την παρατήρηση ότι: <<τα καύσιμα είναι δωρεάν και δεν είναι ανάγκη να μεταφέρονται>>.

Το 1883 ακολούθησε ο ηλιακός κινητήρας του σχήματος 1-28: ο ατμός παραγόταν σε ένα κυλινδρικό θερμαντήρα που είχε τοποθετηθεί στην εστία μιας ορθογώνιας παραβολικής σκάφης μήκους 3,30 m και πλάτους 4,80 m. Τα τοιχώματα της σκάφης είχαν καλυφθεί με γυάλινα κάτοπτρα αργύρου πλάτους 7,5 cm και μήκους 6,5 cm το καθένα. Η ολική επιφάνεια ήταν αρκετή για να δεχθεί την ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνεια 8,7 m² και να συγκεντρώσει τις ανακλώμενες ακτίνες σε επιφάνεια θερμοσωλήνα 0,8 m². Έτσι επιτεύχθηκε παραγωγή 10 kg ατμού ανά 10 cm² θερμοσωλήνα.

1.4.8 Το ηλιακό φως έναντι της ρύπανσης από το πετρέλαιο.

Σχετικά με τη συμβολή των θαλασσών και των ρευμάτων στα συστήματα χρησιμοποίησης της ηλιακής ενέργειας μπορούν να αναφερθούν ακόμα τα πειράματα για την αποτελεσματική καταπολέμηση των κηλίδων πετρελαίου στο νερό. Στα περισσότερα λιμάνια η << επιδημία πετρελαίου >> δημιουργεί με αυξανόμενο ρυθμό προβλήματα και κινδύνους. Από το πετρέλαιο που διαφεύγει σχηματίζονται συχνά τεράστιες κηλίδες, ακόμα και στους ωκεανούς.



Σχ. 1-28. Ο μεγάλος ηλιακός κινητήρας του J.Ericsson. παραγωγή ατμού με τη βοήθεια παραβολικού κατόπτρου.

Ερευνητές του Πανεπιστημίου του Λονδίνου προσπάθησαν να επιτύχουν την αποσύνδεση των κηλίδων πετρελαίου η οποία μπορεί να επιτευχθεί σιγά με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Για το σκοπό αυτό προστέθηκαν στα στρώματα πετρελαίου φωτοπαθείς ουσίες, που απορροφούν εύκολα τη μεγάλη μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία και σχηματίζουν ελεύθερες χημικές ρίζες. Οι ρίζες προσβάλλουν το πετρέλαιο και το μετατρέπουν σε πτητικές ουσίες ή στερεά προϊόντα που καταβυθίζονται χωρίς να προκαλέσουν μεγάλη ζημιά στο φυτικό και ζωικό βασίλειο της θάλασσας. Η μέθοδος φαίνεται ελπιδοφόρα. Από ένα πείραμα προέκυψε π.χ ότι τμήματα μιας κηλίδας πετρελαίου εμποτισμένα με φωτοπαθή σωματίδια εξαφανίζονταν γρήγορα, ενώ μη επεξεργασμένες επιφάνειες της ίδιας κηλίδας ήταν ακόμα αμετάβλητες έπειτα από 10 μέρες. Η επιτυχία της μεθόδου εξαρτάται από το πάχος των στηριζόμενων στρωμάτων και από τη σύνθεση των υδρογονανθράκων. Με τις αυξανόμενες εμπειρίες η μέθοδος γίνεται όλο και περισσότερο εφαρμόσιμη.

1.5 ΑΛΛΑΓΗ ΦΑΣΕΩΣ ΥΛΙΚΩΝ – ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Δοκιμάζονται πειραματικώς μονάδες αποθηκεύσεως, που χρησιμοποιούν υλικά, τα οποία αλλάζουν φάση. Αυτά είναι υλικά, των οποίων η μορφή τους αλλάζει, καθώς ζεσταίνονται ή ψύχονται. Για παράδειγμα, το βούτυρο είναι σκληρό, όταν είναι κρύο, αλλά ρευστοποιείται όταν ζεσταθεί. Όταν τα υλικά που αλλάζουν φάση χρησιμοποιούνται ως αποθήκες θερμοδυναμικής ενέργειας, συνήθως περιέχονται σε σωλήνες ή σε δοχεία σχήματος ορθογωνίου ταψιού. Το σύστημα πρέπει να είναι στεγανό, ώστε να μη βγαίνει έξω το μέσο και χαθεί, και να μη μεταφέρεται υγρασία. Χρειάζονται πολλές μονάδες αποθηκεύσεως, για να

δημιουργηθεί μια μεγάλη επιφάνεια για ανταλλαγή θερμότητας. Αυτό κάνει τα εν'λόγω συστήματα πολύ ακριβά. Στο σχήμα 1-29 γίνεται σύγκριση των δυνατοτήτων αποθηκεύσεως ενέργειας του νερού, της πέτρας και των υλικών που αλλάζουν φάση.

ΥΛΙΚΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΕΩΣ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Νερό	- Το φθηνότερο για γέμισμα λόγω μικρού μεγέθους.	- Πιθανό σκούριασμα. - Κάποια απώλεια αποδόσεως από την ανάγκη εναλλακτών θερμότητας, όταν χρησιμοποιούνται υγρά που δεν παγώνουν ή αντискωριακά. - Η διαρροή μπορεί να είναι καταστροφική.
Πέτρα	- Δεν χρειάζεται εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ συλλεκτών και αποθήκευσεως. - Διαρροή, παρόλο που δεν είναι επιθυμητή, δεν είναι καταστροφική.	- Δύσκολο να εντοπισθεί διαρροή αερίου. - Το γέμισμα είναι ακριβό λόγω του μεγάλου μεγέθους της αποθήκης και των αεραγωγών.
Υλικά με αλλαγή φάσεως	- Πολύ μικρού μεγέθους αποθήκευση και καλό γέμισμα.	- Ακριβό δοχείο/εναλλάκτης θερμότητας. - Αξιοπιστία με το χρόνο.

Σχ. 1-29. Σύγκριση τριών υλικών που χρησιμοποιούνται για αποθήκευση θερμοδυναμικής ενέργειας σε σύστημα ηλιακής θερμάνσεως.

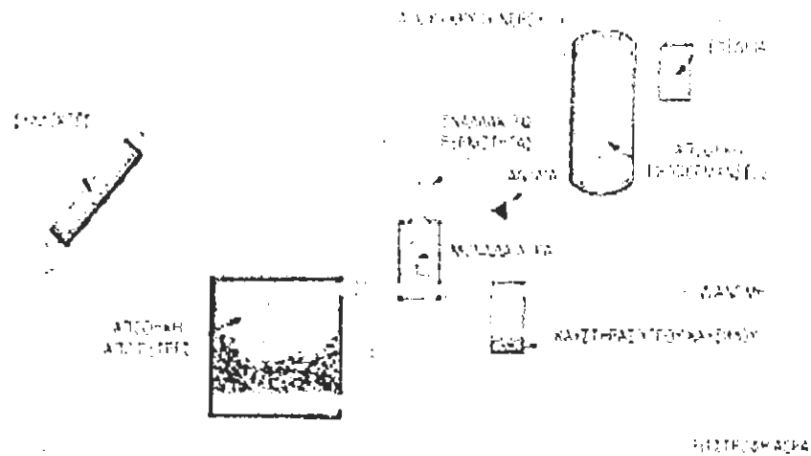
Ο **εναλλάκτης θερμότητας** είναι διάταξη, που χρησιμοποιείται σε συστήματα θερμάνσεως ή ψύξεως. Μετακινεί, δηλαδή μεταφέρει ενέργεια υπό μορφή θερμότητας από ένα μέσο σε άλλο.

Το ψυγείο του αυτοκινήτου είναι ένας τύπος εναλλάκτη θερμότητας, που είναι γνωστός σχεδόν στον καθένα. Εσωτερική ενέργεια που παράγεται κατά τη λειτουργία του κινητήρα μεταφέρεται ως θερμότητα από το νερό που κυκλοφορεί γύρω από τη μηχανή. Καθώς το νερό κυκλοφορεί δια μέσου του ψυγείου, μεταφέρεται θερμότητα στον αέρα που περνά μέσα από τις κυψέλες του ψυγείου. Έτσι το νερό ψύχεται. Οι εναλλάκτες θερμότητας στα ηλιακά συστήματα με υγρό λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο. Υπάρχουν πολλοί τύποι. Οι πιο συνήθεις είναι από:

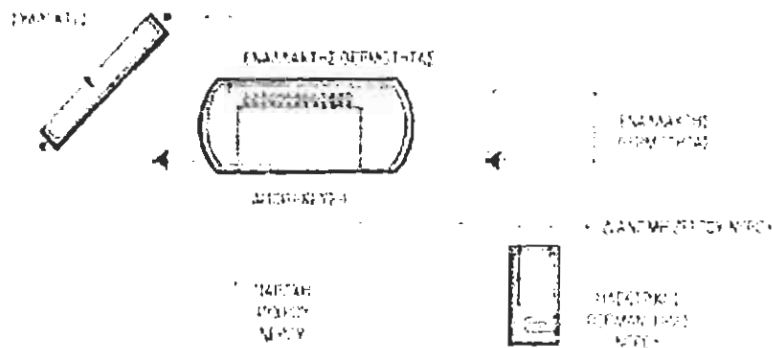
- Αέρα προς υγρό.
- Υγρό προς αέρα.
- Υγρό προς υγρό.

Το σχήμα 1-30 παρουσιάζει ένα απλό σχέδιο εναλλάκτη από υγρό σε αέρα και αέρα σε υγρό. Το σχήμα 1-31 δείχνει έναν εναλλάκτη υγρού προς υγρό.

Η αντλία θερμότητας είναι συσκευή, που είναι σχεδιασμένη για να παίρνει θερμότητα από μια πηγή και να την ελευθερώνει σε ένα άλλο μέρος, που έχει υψηλότερη θερμοκρασία. Μπορεί να συνδεθεί με ηλιακά συστήματα, για να παίρνει περισσότερη θερμότητα από αυτά. Η αντλία θερμότητας μεταφέρει θερμότητα, με τη βοήθεια του υγρού μεταφοράς, στο δωμάτιο που έχει μεγαλύτε-



Σχ. 1-30. Μερικά συστήματα με ηλιακούς συλλέκτες χρησιμοποιούν εναλλάκτες θερμότητας τέτοιους, που το υλικό μεταφοράς και το υλικό που θερμαίνεται να παραμένουν διαχωρισμένα. Αυτό είναι το διάγραμμα θερμότητας από αέρα προς υγρό (HUD).

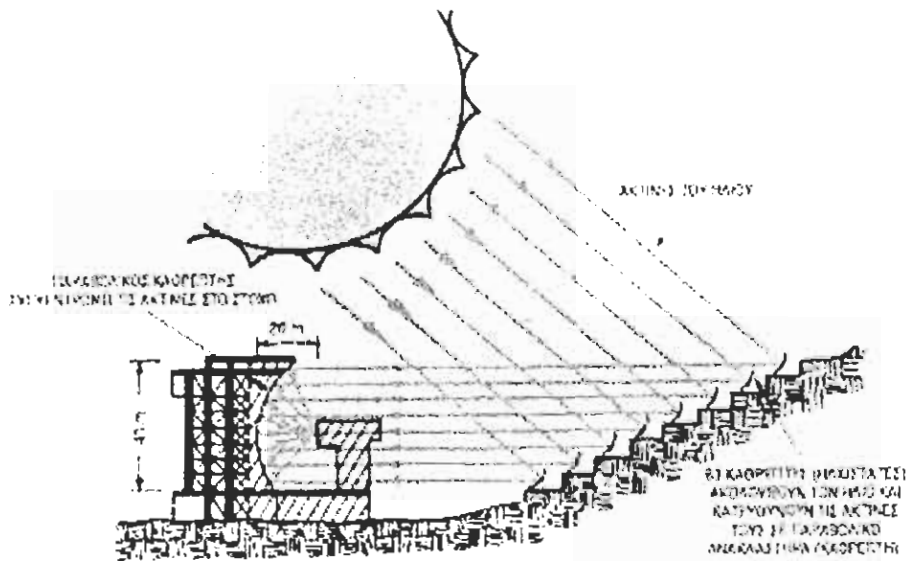


Σχ. 1-31. Σχηματικό διάγραμμα εναλλάκτη από υγρό προς υγρό.

ρη θερμοκρασία. Περιστρέφοντας μια βαλβίδα, η διαδικασία μπορεί να αναστραφεί έτσι, ώστε μπορεί να μεταφέρεται θερμότητα από το δωμάτιο και έτσι αυτό να ψύχεται. Η θερμότητα παρέχεται στο νερό του δοχείου, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ζεστού νερού.

Η θέρμανση κτηρίων γίνεται με ηλιακά συστήματα, που οδηγούν σε όχι πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Η ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών είναι κάτι δύσκολο, όχι όμως αδύνατο, με τη χρήση ηλιακής ακτινοβολίας. Απαιτείται η χρήση ηλιακού συγκεντρωτήρα. Ο συγκεντρωτήρας συλλέγει ηλιακή ενέργεια από μεγάλη επιφάνεια και τη συγκεντρώνει σε πολύ μικρή επιφάνεια. Αυτό επιτυγχάνεται με διάταξη από πολλούς καθρέπτες ή ηλιοστάτες, που παίρνουν το ηλιακό φως και το συγκεντρώνουν με ανάκλιση σε ειδικό συλλέκτη.

Η αρχή της συλλογής ηλιακής ενέργειας μεγάλης θερμοκρασίας είναι γνωστή από παλιά. Όμως, δεν επιχειρήθηκε να αναπτυχθούν ηλιακές εστίες, παρά μόνο τελευταία. Η πρώτη μεγάλη εστία σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στο Mountlouis, στη Γαλλία, το 1952. Αργότερα, οι Γάλλοι κατασκεύασαν μια δεύτερη στο Odeillo. Στο σχήμα 1-32 εικονίζεται ένα διάγραμμα αυτής της κατασκευής.



Σχ. 1-32. Απλοποιημένο σχήμα ηλιακής εστίας. Οι καθρέπτες ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία και την οδηγούν σε παραβολικό καθρέπτη (πίατο συγκεντρωτήρα). Αυτός συγκεντρώνει το φως στο στόχο που βρίσκεται ο βραστήρας.

Εξήντα τρεις καθρέπτες είναι διευθετημένοι απέναντι σε ένα στόχο. Οι καθρέπτες είναι κινητοί, ώστε να μπορούν να παρακολουθούν τον ήλιο, που κινείται στον ουρανό. Το φως κτυπά τους καθρέπτες και ανακλάται σε ένα παραβολικό συλλέκτη ύψους 45 μέτρων. Και αυτός είναι κατασκευασμένος από μικρούς καθρέπτες. Λόγω του σχήματος του συλλέκτη, το φως που ανακλάται κατευθύνεται σε ένα μικρό στόχο, όπου υπάρχει ο βραστήρας. Οι 9500 καθρέπτες που σχηματίζουν το συγκεντρωτήρα είναι επίπεδοι. Ο καθένας πρέπει να ρυθμιστεί με το χέρι, ώστε η επιφάνεια στην οποία συγκεντρώνεται το ανακλώμενο φως να είναι περίπου διαμέτρου μόνο 17 cm. Συγκεντρώνονται περί τα 270 kW σε αυτήν την επιφάνεια.

Δεν έχει γίνει ακόμη εμπορική χρήση ηλιακών εστιών. Είναι ακόμη στο στάδιο της αναπτύξεως. Η εστία του Mountlouis αποτέλεσε πρότυπο για τις άλλες. Αυτές κατασκευάστηκαν στα παρακάτω μέρη:

- Natick, Μασσαχουσέτη.
- Sendai, Ιαπωνία.
- Odeilo, Γαλλία.

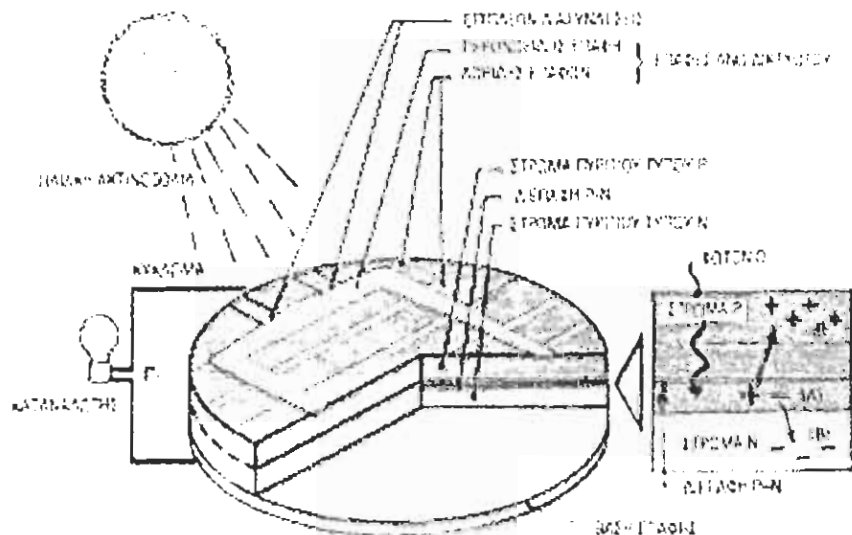
Αν η ηλιακή εστία αποδειχθεί επιτυχής, θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού με σκοπό την ηλεκτροπαραγωγή. Ο ατμός επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για βιομηχανική θερμότητα. Ένα από τα κύρια μειονεκτήματα της ηλιακής εστίας είναι η ανάγκη συλλογής ηλιακής ενέργειας από μεγάλη επιφάνεια. Αυτό απαιτεί εκατοντάδες ηλιοστάτες που καλύπτουν πολλά στρέμματα.

1.6 ΗΛΙΑΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

1.6.1 Λειτουργία και παραγωγή ηλιακών κυττάρων.

Η απευθείας παραγωγή ηλεκτρισμού από ηλιακή ενέργεια ήταν δυνατή από το 19^ο αιώνα.

Έγινε, όμως, μικρή χρήση της τεχνολογίας αυτής, διότι με τις διατάξεις αυτές επιτυγχάνονταν παραγωγή ηλεκτρισμού σε μικρές μόνο ποσότητες. Το ηλιακό κύτταρο (σχ. 1-33) είναι μικρός κρύσταλλος πυριτίου, που έχει ως προσμίξεις άλλα στοιχεία, όπως το βόριο και ο φώσφορος. Τέτοια κύτταρα μπορούν να μετατρέψουν ενέργεια φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια σχετίζεται με την κίνηση ηλεκτρονίων μέσα σε αγωγιμα υλικά.



Σχ. 1-33. Αυτό το απλοποιημένο σχήμα δείχνει πως είναι κατασκευασμένο ένα ηλιακό στοιχείο και πως λειτουργεί (Solar Power Corp.).

Το ηλιακό κύτταρο είναι βασικά μια (κρυσταλλο)δίοδος. Η δίοδος επιτρέπει στο ρεύμα να διέρχεται εύκολα κατά τη μία φορά, ενώ το εμποδίζει κατά την αντίθετη φορά. Η ηλιακή ακτινοβολία που "κτυπά" το κύτταρο, γενικώς, θερμαίνει το υλικό αυξάνοντας την θερμική κίνηση των ατόμων του ημιαγωγού. Αν η ενέργεια του κάθε φωτονίου είναι αρκετή, ηλεκτρόνιο που απορροφά μπορεί να μεταπηδήσει στη ζώνη αγωγιμότητας (από τη ζώνη σθένους). Εκεί τα ηλεκτρόνια είναι "ελεύθερα" να κινηθούν ως φορείς ρεύματος. Αν συνδεθούν πολλά κύτταρα μαζί σε κλειστό κύκλωμα, έχουμε ροή ρεύματος, άρα δυνατότητα τροφοδοσίας ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών διατάξεων.

Η τεχνολογία των ηλιακών κυττάρων έχει αναπτυχθεί σε αργούς ρυθμούς, αλλά έχουν γίνει σημαντικές πρόοδοι τα τελευταία χρόνια. Μερικά από τα πρώτα επιτυχή κύτταρα στοιχίζουν περί τα 7.000 δολάρια το τετραγωνικό μέτρο. Η απόδοσή τους ήταν περίπου 11%.

Χρησιμοποιούνται πολλές μέθοδοι παραγωγής: μονοκρυστάλλου πυριτίου, άμορφου πυριτίου, πολυκρυσταλλικού πυριτίου και πυριτίου - κορδέλα. Οι δυο κυριότεροι τύποι κυττάρου είναι το κύτταρο κρυσταλλικού πυριτίου και το κύτταρο άμορφου πυριτίου. Και οι δυο λειτουργούν καλά έξω (στο ηλιακό φως) παρ'όλο που τα κύτταρα άμορφου πυριτίου χρησιμοποιούνται ευρέως σε υπολογιστές τσέπης και ρολόγια χειρός, επειδή αποδίδουν καλύτερα με φωτισμό λυχνιών φθορίου από ό,τι με φυσικό φως. Η παραγωγή κυττάρων κρυσταλλικού πυριτίου ήταν η πρώτη που αναπτύχθηκε.

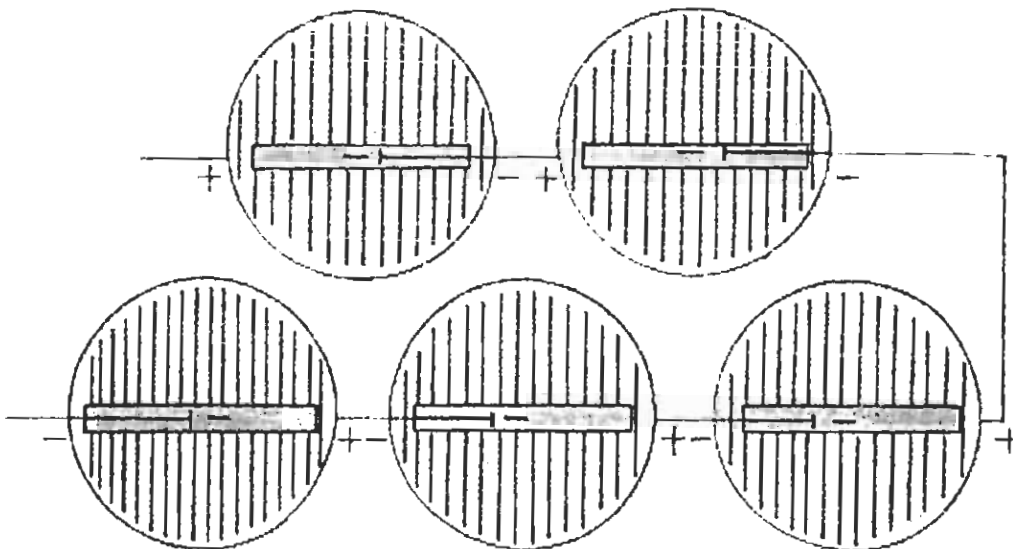
Αυτή η μέθοδος είναι αργή και ακριβή. Το βασικό υλικό για τη διαδικασία αυτή είναι το κρυσταλλικό πυρίτιο. Η πρώτη ύλη αρχικά τήκεται. Κατόπιν το τηγμένο υλικό εξάγεται αργά από τα δοχείο τήξεως, σχηματίζοντας ψυχόμενο

μονοκρύσταλλο σε σχήμα ράβδων κυκλικής διατομής. Ο κρύσταλλος, που είναι πολύ σκληρός κόπτεται σε λεπτές φέτες (δίσκους) πάχους 1/25 της ίντσας (περίπου 1 mm). Επειδή το πυρίτιο είναι πολύ σκληρό, η κοπή του επιτυγχάνεται με εργαλείο που έχει διαμάντι. Το περισσότερο από το πολύτιμο ακριβό υλικό σπαταλάται, γιατί το εργαλείο κοπής είναι παχύτερο από τους δίσκους που προκύπτουν. Αφού κοπούν οι δίσκοι, πρέπει να γυαλισθούν. Κατόπιν, επειδή το πυρίτιο είναι κακός αγωγός ρεύματος, προστίθενται προσμίξεις (όπως βόριο και φώσφορος), καθώς τα κύτταρα επαναθερμαίνονται. Οι προσμίξεις καθιστούν τη μια πλευρά του δίσκου (wafer) θετική και την άλλη αρνητική. Σε μια λεπτή περιοχή στο μέσο του δισκίου δεν εισέρχονται προσμίξεις. Στη θετική πλευρά του κυττάρου βρίσκεται το στρώμα P. στην αρνητική το στρώμα N. η ουδέτερη περιοχή είναι η **διεπαφή PN**. Η διεπαφή απομονώνει τα στρώματα P και N.

Τα ηλιακά κύτταρα υφίστανται μια διαδικασία διαβρώσεως. Αυτή η διαδικασία φτιάχνει ένα κατάλληλο μεταλλικό πλέγμα, δηλαδή μια αγωγίμη επικάλυψη. Αυτό επιτρέπει σε ηλεκτρικά φορτία να μετακινούνται από και προς το κύτταρο, όταν γίνει σύνδεση με εξωτερικά καλώδια.

Τα επιμέρους κύτταρα συνδέονται με άλλα σε σειρά (θετικός ακροδέκτης με αρνητικό ακροδέκτη) όπως φαίνεται στο σχήμα 1-34. Ομάδα διασυνδεδεμένων κυττάρων αποτελεί ενιαίο σύνολο, γνωστό ως **module** (μοντούλ). Μπορούν να συνδεθούν οσαδήποτε, για να δώσουν την απαιτούμενη φάση.

Τα μοντούλ είναι τοποθετημένα σε προστατευτική βάση και είναι καλυμμένα. Ένα στερεό πλαίσιο παρέχει πρόσθετη προστασία και αποτελεί ένα μέσο στερώσεως του μοντούλ.



Σχ. 1-34. Διάγραμμα διατάξεως ηλιακών κυττάρων συνδεδεμένων σε σειρά. Η συνολική τάση είναι το άθροισμα των επιμέρους τάσεων και κυττάρων.

1.6.2 Κόστος και βελτιώσεις της αποδόσεως.

Η παραγωγή ηλιακών κυττάρων είναι δαπανηρή. Το 1974 το κόστος ενός μοντούλ ηλιακών κυττάρων ήταν 50 δολάρια ανά watt ισχύος κορυφής εξόδου. (Η **κορυφή εξόδου**, που λέγεται μερικές φορές κορυφή ισχύος, είναι η μέγιστη έξοδος φωτοβολταϊκού κυττάρου κατά το μεσημέρι). Αυτή η τιμή εξόδου

χρησιμοποιείται ως ενδεικτική του μεγέθους της φωτοβολταϊκής εγκαταστάσεως παραγωγής ισχύος. Το μοντούλ σήμερα στοιχίζει περίπου 5 δολάρια ανά watt ισχύος κορυφής. Το 1988 τα (εργαστήρια) Sandia National Laboratories στο Albugueue, στο New Mexico των ΗΠΑ ανέπτυξαν ένα ηλιακό κύτταρο δυο στρώσεως με απόδοση 31%.

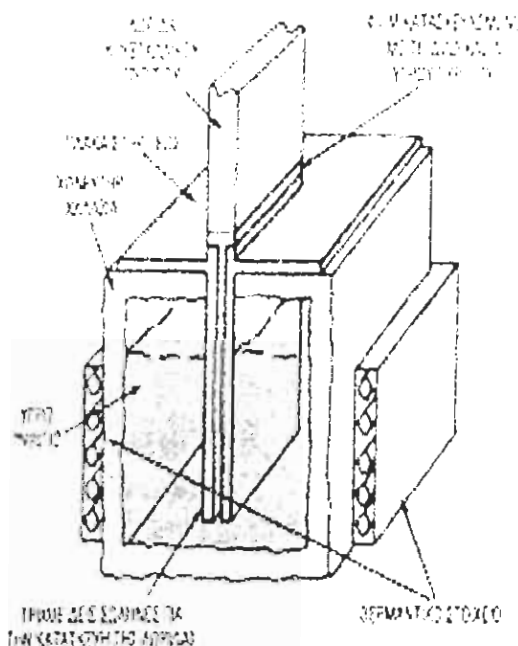
Το άνω στρώμα αποτελούμενο από γυαλί – αρσενικό μετατρέπει 27,2% του φωτός που πέφτει επάνω του σε ηλεκτρισμό· διερχόμενο φως που δεν απορροφήθηκε φθάνει στο κάτω στρώμα κρυσταλλικού πυριτίου, που έχει επιπλέον απόδοση 3,7%. Προβλέπεται ότι με τον καιρό το κόστος ανά κιλοβάτ θα πέσει κάτω από μισό δολάριο το κιλοβάτ. Αυτό εξακολουθεί να είναι πολύ πιο ακριβό από το κόστος του ηλεκτρισμού, που παράγεται από συστήματα με πυρηνικά καύσιμα απολιθωμάτων. Όμως, το 2000 και μετά το κόστος των ηλιακών κυττάρων θα μειωθεί επιπλέον στο επίπεδο του 0,1 με 0,3 του δολαρίου ανά κιλοβάτ.

Γίνεται συνεχώς έρευνα για την κατασκευή πιο αποδοτικών και φθηνότερων ηλιακών κυττάρων. Μεταξύ των εναλλακτικών διαδικασιών παραγωγής είναι:

- Ανάπτυξη κυττάρων άμορφου πυριτίου, όπου οι δίσκοι (wafers) παράγονται σε φύλλα, που δεν χρειάζεται να κοπούν. Η διαδικασία είναι πιο γρήγορη και τα άχρηστα υλικά από αυτήν είναι ελάχιστα (σχ.1-35). Αν μπορούν να παραχθούν ηλιακά κύτταρα με αυτόν τον τρόπο, είναι βέβαιο ότι θα είναι πιο ανταγωνιστικά στο χώρο της παραγωγής ενέργειας. Ενώ η απόδοση των κυττάρων που παράγονται με αυτόν τον τρόπο είναι μικρή, κοστίζουν πολύ λιγότερο. Ένα άλλο πλεονέκτημα της τεχνολογίας άμορφου πυριτίου είναι η δυνατότητα της διαδικασίας να παράγει μεγαλύτερα κύτταρα. Πολλές εταιρίες τώρα παράγουν εμπορικά μοντούλ, που έχουν διαστάσεις τετραγώνου πλευράς 30 cm μέχρι 1,2 m.

- Ηλιακά κύτταρα λεπτού φιλμ. Κατά τη διαδικασία αυτή, πυρίτιο με τη μορφή ατμού ή υγρού εναποτίθεται σε κάποια βάση, όπως πλάκες ή φύλλο γυαλιού. Παρ'όλο που είναι λιγότερο αποδοτικά κατά 4 ή 6% σε σχέση με τα κύτταρα κρυσταλλικού πυριτίου, τα κύτταρα λεπτού φιλμ είναι φθηνά. Λεπτότερα μέχρι και 10 φορές από ό,τι τα κρυσταλλικά κύτταρα, μπορούν να τοποθετηθούν το ένα πάνω από το άλλο και να βελτιωθεί έτσι η απόδοση.

- Μπορεί να χρησιμοποιηθούν οι συγκεντρωτές για την αύξηση της αποδόσεως. Οι συγκεντρωτές είναι συγκεντρωτικοί φακοί ή κάτοπτρα, που αυξάνουν την ένταση του φω-



Σχ. 1-35. Αυτό είναι ένα απλοποιημένο διάγραμμα που δείχνει μια μέθοδο παραγωγής λωρίδων πυριτίου για ηλιακά κύτταρα.

τός επάνω στα ηλιακά κύτταρα. Ενώ αυτό δημιουργεί μεγάλη θέρμανση, που μειώνει την απόδοση, η θερμότητα που εκλύεται μπορεί να ληφθεί και να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς. Οι συγκεντρωτές είναι ακριβοί, επειδή χρειάζονται συστήματα παρακολούθησής του ηλίου.

- Κύτταρα λωρίδων. Το πυρίτιο παίρνει τη μορφή λεπτών λωρίδων και κόβεται με λέιζερ, για να περιορισθούν οι απώλειες. Η υπόλοιπη διαδικασία είναι παρόμοια με αυτήν, που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλιακών κυττάρων.

Το φως που πέφτει στο κύτταρο είναι ροή φωτονίων. Καθώς τα φωτόνια το "κτυπούν" ελευθερώνουν ηλεκτρόνια, τα οποία κινούνται με τη βοήθεια του δικτύου αγωγών δια του κυκλώματος, που συνδέεται με το κύτταρο. Ένα φωτόνιο απορροφάται από ένα ηλεκτρόνιο.

Μικρή μόνο ποσότητα ρεύματος μπορεί να ληφθεί από ένα επιμέρους ηλιακό κύτταρο. Όταν όμως συνδεθούν πολλά μαζί, μπορεί να ληφθεί σημαντική ισχύς. Μια συστοιχία ηλιακών κυττάρων λέγεται και ηλιακός συσσωρευτής (μπαταρία) ή ηλιακή συστοιχία. Λειτουργεί σαν συσσωρευτής, αλλά με μια μεγάλη διαφορά. Ο συσσωρευτής θα αδειάσει κάποτε, ενώ το κύτταρο θα δίνει συνέχεια ρεύμα, όσο φωτίζεται.

1.7 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

1.7.1 Προοπτικές της φ/β Τεχνολογίας.

Η φωτοβολταϊκή ενέργεια προσφέρει <<άπλετο>> φως, εξοικονόμηση ενέργειας και περιορισμό της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα και του θειαφίου που προκαλούν καταστροφική ρύπανση στο περιβάλλον. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι δυνατή τόσο από το τεχνητό φως όσο και από το φως του ηλίου. Το κόστος βέβαια είναι ιδιαίτερα υψηλό, επειδή για την παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας απαιτούνται εργοστάσια υψηλής δυνατότητας παραγωγής. Επίσης, το κόστος κατασκευής των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται από την ποσότητα του υλικού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των ηλιακών στοιχείων και από τις εργασίες και τα πρόσθετα υλικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Γιαυτό, οι έρευνες που γίνονται στοχεύουν στην ανακάλυψη πιο φτηνών πρώτων υλών και γενικά λιγότερο δαπανηρών διαδικασιών κατασκευής.

Η τεχνολογία κατασκευής ηλιακής φ/β στοιχείων κρυσταλλικού πυριτίου είναι η πιο μελετημένη και προχωρημένη σε σχέση με την κατασκευή ηλιακών στοιχείων από άλλα υλικά. Οι παράγοντες που περιορίζουν την απόδοση των ηλιακών στοιχείων πυριτίου έχουν προσδιορισθεί και γίνονται προσπάθειες για να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση από το 22% που υπάρχει σήμερα. Όπως είδαμε όμως, κατά την αποκοπή του κρυσταλλικού πυριτίου σε λεπτές φέτες για την κατασκευή των φ/β στοιχείων, ένα μεγάλο ποσοστό του αρχικού κρυστάλλου μετατρέπεται σε σκόνη που αχρηστεύεται. Κατασκευάστηκαν γι' αυτό τα φ/β στοιχεία με τη χρησιμοποίηση του υδρογονομένου άμορφου πυριτίου (a-Si:H) με απόδοση που δεν ξεπερνά το 12% αλλά οι έρευνες που γίνονται σ' αυτόν τον τομέα δημιουργούν πολύ καλές προοπτικές για τη βελτίωση της απόδοσης αυτής.

Επίσης έρευνες γίνονται για τη κατασκευή φ/β ηλιακών στοιχείων από πολυκρυσταλλικούς ημιαγωγούς που φαίνεται ότι έχουν την ίδια απόδοση με το

άμορφο πυρίτιο αλλά η κατασκευή τους είναι πολύ πιο εύκολη και παρουσιάζουν μεγαλύτερη σταθερότητα στις υψηλές θερμοκρασίες. Μεγάλες προοπτικές παρουσιάζει και η έρευνα που γίνεται με το κρυσταλλικό και πολυκρυσταλλικό Αρσενιούχο Γάλλιο GaAs, το οποίο μελετήθηκε από τις αρχές του 1970 από μεγάλη ερευνητική ομάδα στο πανεπιστήμιο του Salford στην Αγγλία. Η απόδοση των φ/β στοιχείων από το υλικό αυτό είναι 19% αλλά φαίνεται ότι με τις προσπάθειες που γίνονται θα φθάσει και το 25%.

Ένας νέος ημιαγωγός που χρησιμοποιήθηκε τελευταία και έχει μεγάλες προοπτικές πλατειάς κατανάλωσης είναι ο Δισεληνιούχο – Ινδίο – Χαλκός CuInSe_2 (Copper Indium diselenide CIS). Με ελάχιστη ποσότητα από τον ημιαγωγό αυτό είναι δυνατή η κατασκευή πολύ λεπτού φ/β στοιχείου που όμως παρουσιάζει πολύ μεγάλη απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας από αυτή που παρουσιάζει το φ/β στοιχείο κρυσταλλικού πυριτίου. Μετά από μεγάλες προσπάθειες τα φ/β στοιχεία CIS αποτελούν σήμερα ένα βασικό συμπλήρωμα του φ/β στοιχείου άμορφου πυριτίου.

Με συνδυασμό διαφόρων ημιαγωγών με το καθένα να έχει κατάλληλα χαρακτηριστικά, επιτυγχάνεται η κατασκευή διπλών φ/β στοιχείων στα οποία ο ένας ημιαγωγός επικάθεται στον άλλο ώστε να αλληλοσυμπληρώνονται ως προς την απορροφητικότητα των διαφόρων χρωμάτων του ηλιακού φάσματος με αποτέλεσμα να αυξάνεται πολύ η απόδοσή τους. Δυο τέτοια υλικά που χρησιμοποιούνται τώρα και με μεγάλες προοπτικές για εμπορική κατανάλωση είναι το πυρίτιο και το CIS. Προβλέπεται ότι σε περίπτωση που η τιμή των διπλών φ/β στοιχείων – πλαισίων πέσει κάτω από 3 δολάρια για κάθε Wp , δεν θα συμφέρει πλέον η κατασκευή φ/β στοιχείων κρυσταλλικού πυριτίου. Με την εισαγωγή των στοιχείων αυτών και την πείρα που έχει αποκτηθεί μέχρι σήμερα, φαίνεται ότι ο στόχος της τιμής του ενός δολαρίου για κάθε (Wp) του φ/β πλαισίου δεν θα αργήσει να επιτευχθεί. Με την τιμή αυτή, με ένα ισοδύναμο αριθμό ωρών 4 ώρες την ημέρα και με χρόνο ζωής φ/β συστημάτων 25 χρόνια, η κιλοβατώρα θα στοιχίζει 3 αμερικάνικα σέντς και έτσι θα βρίσκεται μέσα στα πλαίσια της τιμής της από το ηλεκτρικό δίκτυο και μάλιστα θα τη συναγωνίζεται.

1.7.2 Εφαρμογές φ/β συστημάτων.

Η φ/β τεχνολογία έχει φθάσει σε υψηλά επίπεδα ώστε να δίνει προϊόντα και πρακτικές εφαρμογές ευρείας εμπορικής κατανάλωσης. Καθώς η τιμή τους πέφτει, τα ηλιακά στοιχεία γίνονται αρκετά πρακτικά και η χρήση τους γενικεύεται. Η πρώτη τους χρήση, για να παρέχουν δηλαδή ηλεκτρική ισχύ σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου δεν υπάρχουν άλλες πηγές, συνεχίζει να είναι σημαντική. Εκτός από τα διαστημικά προγράμματα, όπου ηλιακά κύτταρα παρέχουν ηλεκτρισμό 24 ώρες το 24ωρο για τις λειτουργίες δορυφόρων, αυτή η συναρπαστική πηγή ενέργειας χρησιμοποιείται σήμερα για:

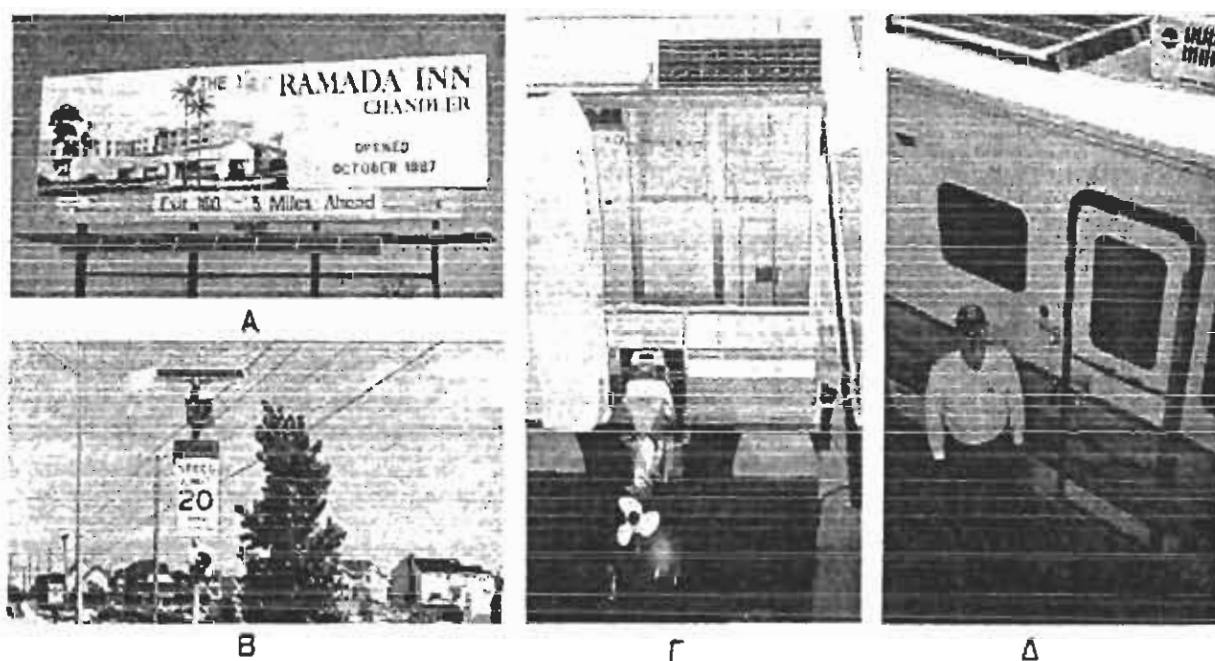
- Φορητά συστήματα καθαρισμού νερού.
- Λειτουργία φορτιστών μικρών (επαναφορτιζόμενων) συσσωρευτών.
- Τηλεφωνικές επικοινωνίες.

Η άλλη δημοφιλής, παγκόσμια εφαρμογή του ηλιακού κυττάρου είναι στη λήψη φωτογραφιών. Μερικές τέτοιες μονάδες υπάρχουν σε πολλά φωτόμετρα

φωτογραφικών μηχανών, που δείχνουν ή ελέγχουν (ρυθμίζουν) την κατάλληλη έκθεση του φιλμ.

Λόγω της πτώσεως της τιμής των στοιχείων αυτών χρησιμοποιούνται σε καινούργιες εφαρμογές. Σε αυτές περιλαμβάνεται η τροφοδοσία:

- Αντλιών νερού.
- Σημάτων φωτισμού σε οδικές και σιδηροδρομικές αρτηρίες.
- Ελαφρών ηλεκτρογεννητριών που παρέχουν ηλεκτρισμό από τον ήλιο σε πλοία και επίγεια οχήματα, όπως καρότσια του γκολφ (σχ. 1-36).
- Μια ενδιαφέρουσα και συναρπαστική πειραματική εφαρμογή του ηλιακού στοιχείου ήταν η επιτυχής χρήση του για να πετάξει ένα μικρό αεροπλάνο. Το Δεκέμβριο του 1980 το Solar Challenger, ένα ειδικό κατασκευασμένο μικρό αεροπλάνο με μάζα περίπου 84 Kg, μετέφερε έναν πιλότο σε μεγάλη απόσταση χρησιμοποιώντας μόνο ηλιακή ενέργεια για την κίνησή του. Το αεροπλάνο έκανε περίπου 45 πτήσεις. Η μακρύτερη ήταν περίπου 30 Km.

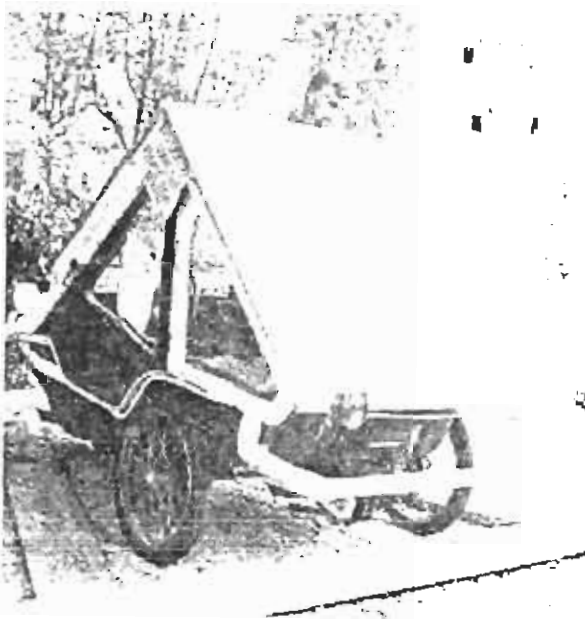


Σχ. 1-36. Τα ηλιακά κύτταρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παροχή ηλεκτρικής ισχύος σε πολλές περιπτώσεις όπου δεν χρειάζονται μεγάλες ποσότητες ηλεκτρισμού. Α – Διαφημιστικός πίνακας. Β – Σήμα τροχαίας σε περιοχή κοντά σε σχολείο. Γ – Φώτα καμπίνας σε ποταμοπλοίαριο (Hank Meels). Δ. Φωτισμός τροχόσπιτου.

Η Northeast Sustainable Energy Association (Ένωση για την Ανάπτυξη Συντηρουμένων Πηγών Ενέργειας) με έδρα στο Greenfield της Μασσαχουσέτης στις ΗΠΑ, προπαγανδίζει υπέρ της ηλιακής ενέργειας με την οργάνωση ενός ετησίου αγώνα δρόμου ηλιακών αυτοκινήτων.

Οι ετήσιοι αγώνες στις ΗΠΑ με τον τίτλο American Tour de Sol, από το Albany της Νέας Υόρκης μέχρι το Plymouth της Μασσαχουσέτης, διοργανώνονται για να προσελκύσουν νέους ώστε να γίνουν μηχανικοί ηλιακών συστημάτων (σχ. 1-37). Ένας πειραματικός σταθμός φωτοβολταϊκών λειτουργεί στην Καλιφόρνια από το 1983. Τα στοιχεία είναι τοποθετημένα επάνω σε μηχανισμούς, που κινούνται με κινητήρες και με αυτόματο τρόπο παρακολουθούν τον ήλιο.

Τίθενται σε λειτουργία το πρωί και σταματούν το βράδυ. Παρέχουν ηλεκτρισμό σε 10.000 ανθρώπους, όταν λειτουργούν όλες οι μονάδες.



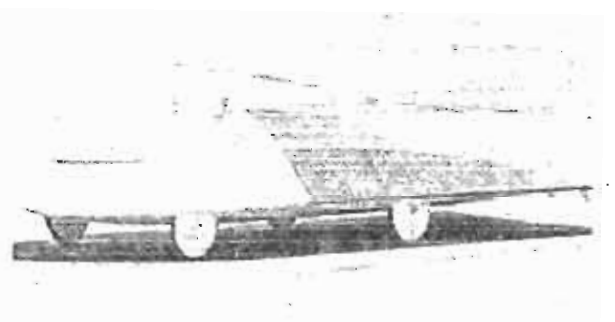
Α



Γ



Β



Δ

Σχ. 1-37. Έχει δοθεί μεγάλη έμφαση στη χρήση ηλιακής ενέργειας στις μεταφορές. Α – Αυτοκίνητο με ηλιακή ενέργεια στην παγκόσμια Έκθεση του 1982. Β – Μία από τις συμμετοχές στους αγώνες του 1992 για την κάλυψη με ηλιακά (tour de Sol) της διαδρομής από το Albany, της Νέας Υόρκης, στο Greenfield της Μασσαχουσέτης. Γ – Νικητής των προηγούμενων αγώνων του έτους 1990 εφοδιάζεται με ενέργεια σε ένα από τα σημεία στάσεως (Mark Morelli). Δ – Το όχημα Sunracer της εταιρίας GM (General Motors) των ΗΠΑ ήταν ο νικητής των αγώνων διαδρομής περίπου 3000 Km (World Solar Challenge), από το Darwin στην Adelaide, στην Αυστραλία. Κάλυψε τη διαδρομή σε 44 ώρες και 54 λεπτά.

Τα φ/β στοιχεία συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα και δημιουργούν έτσι ένα συλλέκτη. Ο αριθμός των στοιχείων του συλλέκτη καθορίζει την παραγόμενη ενέργεια με προσέγγιση $\pm 10\%$.

Μια ηλιακή ηλεκτρογεννήτρια αποτελείται από μια συστοιχία φ/β συλλεκτών, συσσωρευτές, ρυθμιστή τάσης (BVR) και το ηλεκτρικό φορτίο (σχ. 1-38).

Οι συστοιχίες των συλλεκτών μαζί με τους συσσωρευτές αποθήκευσης εφοδιάζουν σε ημερήσια βάση τα αναγκαία Αμπερώρια (δηλαδή Α επί ώρες λειτουργίας). Μια σειρά από συσσωρευτές χρησιμεύει σαν αποθήκη ρεύματος για τη νύκτα και τις ημέρες χωρίς ήλιο.

Τα πλεονεκτήματα του φ/β συλλέκτη είναι:

1. Αυτόματη, αξιόπιστη και αθόρυβη λειτουργία.
2. Πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής.

3. Καμιά συντήρηση.
4. Αντοχή σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος από -55°C ως $+60^{\circ}\text{C}$.
5. Αντοχή σε ανέμους μέχρι 280 Km/h.
6. Αντοχή σε υγρασία από 0 έως 100%.
7. Πλήρης αντοχή στη θάλασσα ακόμη και αν βρέχεται.
8. Πολύ μεγάλη μηχανική αντοχή σε βάρος και στρέβλωση.
9. Αντοχή στην οξείδωση.
10. Εύκολη μεταφορά, τοποθέτηση και σύνδεση.
11. Παραγωγή ρεύματος χωρίς εξάρτηση από τις τιμές των καυσίμων.
12. Καμιά επιβάρυνση από δημοτικούς φόρους.

Ο **φωτοβολταϊκός συλλέκτης** χρησιμοποιείται σε εξοχικά σπίτια camping κλπ. συλλέκτες φωτοβολταϊκών στοιχείων δίνουν ηλεκτρισμό σε απομακρυσμένες οικιακές περιοχές, σε ολόκληρα χωριά όπως η Αγία Ρούμελη στη Νότια Κρήτη, σε εξοχικά σπίτια όπου η σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ είναι οικονομικά ασύμφορη, σε ορειβατικά και χιονοδρομικά καταφύγια του ΕΟΤ, σε απόμακρα camping, σε κάθε λυόμενο σπίτι, κάθε τροχοβίλα και κάθε αγροικία.

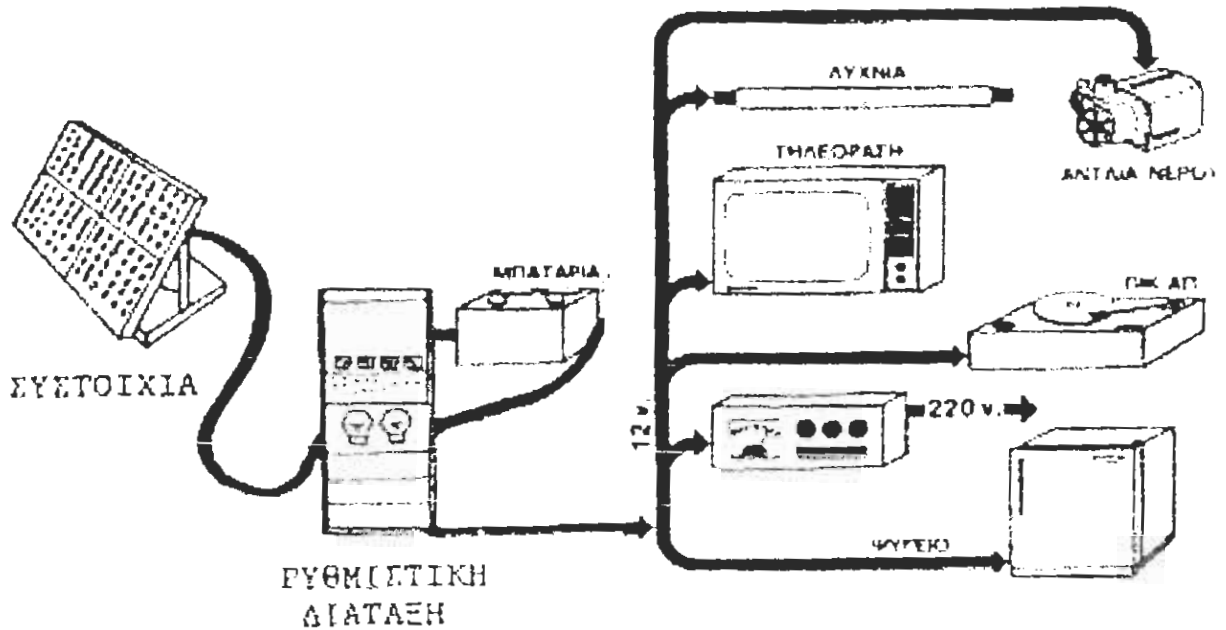
Τροχόσπιτα, κινητά γραφεία παρακολούθησης έργου τεχνικών εταιριών, κινητά συνεργεία οργανισμών κοινής ωφέλειας στην ύπαιθρο, επιστημονικές αποστολές (τοποθέτηση σειсмоγράφων κ.α.) λατομία για κάθε εγκατάσταση μακριά από το δίκτυο διανομής γίνονται ενεργειακά αυτόνομες. Μια συστοιχία από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες, δίνει ρεύμα για το φωτισμό, τη τηλεόραση, το κασετόφωνο και το στέρεο, το ψυγείο, την αντλία του νερού και για άλλες τις μικροηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι που έτσι γίνεται ηλεκτρικά αυτόνομο.

Βασικά η απλότητα των φωτοβολταϊκών συλλεκτών και η ικανότητά τους να παράγουν απρόσκοπτη ηλεκτρική ενέργεια χωρίς καμία εξάρτηση από ειδικευμένο προσωπικό, συντήρηση, προμήθειες καυσίμων, καιρικές και περιβαντολλογικές συνθήκες και κυρίως η οικονομική τους λειτουργία, τους έκαναν παγκόσμια αμέσως αποδεκτούς σε ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών από το αφιλόξενο διάστημα που κινούνται οι δορυφόροι, την κρύα τούντρα της Αλάσκας, τους ερήμους της Σουηδικής Αραβίας έως το ζεστό και υγρό Νότιο Ειρηνικό.

Ενδεικτικά μέσα από την πληθώρα των εφαρμογών αναφέρουμε:

- Αναμεταδότες μικροκυμάτων VHE.
- Αναμεταδότες ραδιοφωνικών σταθμών UHF.
- Αναμεταδότες τηλεπικοινωνιών RF.
- Αναμεταδότες δορυφορικών σημάτων.
- Τηλεφωνικά κέντρα και προειδοποιητικά σήματα με δρόμους ταχείας κυκλοφορίας.
- Εγκαταστάσεις RADAR.
- Σταθμοί μεταβίβασης σημάτων επιστημονικών οργάνων όπως σειсмоγράφων, μετρητών ρύπανσης, σταθμών κ.α.
- Καθοδική προστασία για οξείδωση σε γέφυρες, πετρελαιοαγωγούς, υπόγειες καλωδιώσεις, γεωτρύπανα κ.α.
- Συνεχή λειτουργία αρδευτικών εγκαταστάσεων.
- Ενεργειακές ανάγκες θερμοκηπίων.
- Δασικά παρατηρητήρια.

- Μη φυλασσόμενες διασταυρώσεις σιδηροδρόμων.
- Απομακρυσμένοι φάροι, φωτεινές σημάσεις ναυσιπλοΐας, σηματοδούρες, ποντισμένες πλατφόρμες γεωτρυπάνων.
- Επίγειοι σταθμοί αεροπλοΐας.
- Συνοριακά στρατιωτικά φυλάκια.
- Διαβιβάσεις Ενόπλων Δυνάμεων.
- Κινητά χειρουργεία.
- Σταθμοί Α΄ Βοηθειών σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης.



Σχ. 1-38. Διάταξη φωτοβολταϊκών στοιχείων με φορτίο.

1.7.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα δορυφόρων.

Από το 1968 επιστήμονες συζητούσαν τη δυνατότητα κατασκευής και χρήσεως ηλιακών συστημάτων ισχύος υπό μορφή τεχνητών δορυφόρων, που θα αποτελούνταν από τεράστιες συστοιχίες φωτοβολταϊκών κυττάρων για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Με τη βοήθεια μετατροπέων μικροκυμάτων και κεραιών θα κατηύθυναν την ηλεκτρική ισχύ σε σταθμούς στην επιφάνεια της γης. Οι δορυφόροι θα είναι σε γεωστατική τροχιά σε ύψος 35.800 Km επάνω από τη γη. Επειδή θα περιστρέφονται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα, όπως η γη, θα βρίσκονται πάντα επάνω από τον ίδιο σταθμό συλλογής ενέργειας στην επιφάνεια της γης.

Από τη θέση τους – πολύ ψηλά – θα "βλέπουν" τον ήλιο 24 ώρες το 24ωρο. Πότε πότε οι ακτίνες θα εμποδίζονται λόγω εκλείψεων ηλίου, αλλά μόνο για μικρά χρονικά διαστήματα πριν και μετά τις ισημερίες. Τα ηλιακά επίπεδα θα είναι διευθετημένα έτσι, ώστε να κατευθύνονται στον ήλιο συνέχεια. Οι κεραιές θα έχουν κατεύθυνση προς τη γη.

ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

2.1.1 Μορφές κινητικής ενέργειας

Κάθε κινούμενο σώμα διαθέτει μια μορφή ενέργειας που λέγεται <<κινητική>>. Η κινητική ενέργεια ενός σώματος είναι ανάλογη με τη μάζα του και μεγαλώνει καθώς αυξάνεται η ταχύτητά του. Το 1686 ο γερμανός μαθηματικός Γκότφριντ Βίλχελμ Λάιμπνιτς (1646-1716) εισήγαγε τον όρο vis visa (ζώσα δύναμη) – μια έννοια αρκετά συγγενική με τη κινητική ενέργεια, που εμφανίζεται στην επιστημονική βιβλιογραφία στις αρχές του 19^{ου} αιώνα. Σύμφωνα με τον Λάιμπνιτς, η <<ζώσα δύναμη>> ενός κινούμενου σώματος εξαρτάται από τη μάζα και την ταχύτητά του.

Οι επιστήμονες παρατήρησαν ότι αυτή η μορφή ενέργειας διατηρείται σε ορισμένα φυσικά φαινόμενα – π.χ. μια κινούμενη μπάλα μεταβιβάζει όλη την κινητική της ενέργεια σε μια ακίνητη μέσω της κρούσης. Όταν, όμως, ένα κινούμενο σώμα προσκρούει σε μαλακό υλικό, π.χ. την άμμο, η κινητική ενέργεια δεν διατηρείται, αλλά την απορροφά ο άμμος. Αυτός ο γρίφος έμεινε άλυτος μέχρις ότου οι επιστήμονες έδειξαν ότι η κινητική ενέργεια μετασχηματίζεται σε άλλες ενεργειακές μορφές. Έτσι, όταν ένα κινούμενο σώμα σφηνώνεται στην άμμο, η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα. Η κινητική και δυναμική ενέργεια είναι οι δυο μορφές μηχανικής ενέργειας.

Η κινητική ενέργεια είναι ένα είδος μηχανικής ενέργειας που μπορεί να προέλθει από:

- Μετατροπές άλλων μορφών ενέργειας.

Η βενζίνη είναι ένα καλό παράδειγμα μιας πηγής ενέργειας που μετατρέπεται, για να παράγει κίνηση. Η βενζινομηχανή καίει το καύσιμο και κινεί ένα έμβολο. Η κίνηση του εμβόλου μπορεί να κινεί τροχούς, όπως αυτούς ενός αυτοκινήτου. Μια παρόμοια αλλά μικρότερη μηχανή μπορεί να περιστρέφει μια κοπτική λεπίδα σε μηχανήμα κοπής γρασιδιού (σχ. 2-1).

- Από αξιοποίηση μιας φυσικής πηγής.

Οι περισσότερες μορφές κινητικής ενέργειας που απαντούν στη φύση είναι αποτέλεσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Επομένως, μπορούμε να τις ονομάζουμε έμμεσες μορφές ηλιακής ενέργειας. Έμμεσες ηλιακές πηγές είναι οι ακόλουθες:

- Άνεμος (σχ. 2-2). Η θέρμανση του αέρα από τον ήλιο δημιουργεί ανέμους, που μπορεί να έχουν μεγάλες ταχύτητες άρα και μεγάλες ενέργειες.
- Κύματα (σχ. 2-3). Οι άνεμοι δημιουργούν κύματα με μεγάλη ενέργεια.
- Παλίρροιας. Η βαρυτική έλξη του φεγγαριού και του ήλιου κάνουν τη στάθμη της θάλασσας να ανεβαίνει και να κατεβαίνει με κανονικό ρυθμό.
- Νερό που πέφτει ή ρέει (σχ. 2-4). Η βροχή μπορεί να πέφτει σε υψηλά μέρη και το νερό να ρέει στη συνέχεια σε χαμηλότερες στάθμες λόγω της βαρυτικής έλξης της γης. Έτσι αποκτά κινητική ενέργεια.

2.1.2 Μετατροπή κινητικής ενέργειας.

Για να μπορέσει κάποια μορφή ενέργειας να παράγει χρήσιμο έργο, πρέπει να γίνει προηγουμένως κάποια μετατροπή αυτής. Η κινητική ενέργεια είναι πιο κοντά στη μορφή ενέργειας ικανής να παράγει έργο.

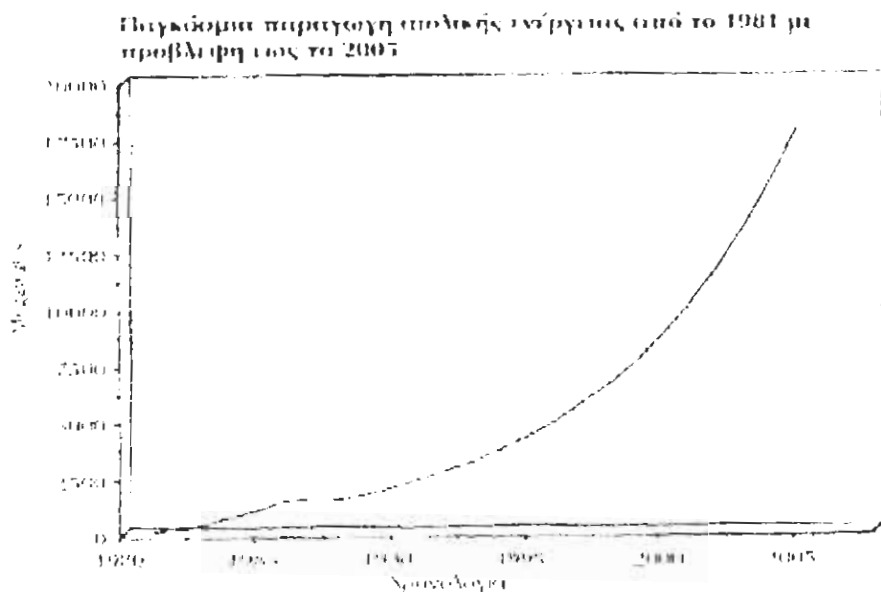
Έτσι, ο άνεμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άμεση κίνηση, ιά τοποθετήσουμε ένα πανί στο αντικείμενο που θέλουμε να κινηθεί, όπως για παράδειγμα σε κάποιο πλοίο. Ένας χαρταετός είναι σαν το πανί του πλοίου. Παραμένει στον αέρα με τη βοήθεια του ανέμου. Το ίδιο συμβαίνει με τα ανεμόπτερα . ένας ποταμός μπορεί να μεταφέρει κορμούς στο εργοστάσιο κοπής ξύλου ή να κινήσει κάποιο πλοίο προς τα κάτω. Οι ανεμόμυλοι χρησιμοποιούν τη δύναμη του ανέμου, για να περιστρέψουν έναν τροχό. Ο τροχός κινεί κάποια γρανάζια και ένα στρόφαλο, ο οποίος με τη σειρά του κινεί μια ράβδο πάνω κάτω και έτσι αντλείται νερό. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως η κινητική ενέργεια που απαντά στη φύση σχηματίζεται με άλλη μορφή ενέργειας. Αυτό κυρίως συμβαίνει, για να γίνει δυνατή η αποθήκευσή της ή η μεταφορά της εκεί, όπου χρειάζεται. Το καλύτερο παράδειγμα γι' αυτήν την περίπτωση είναι ο σφόνδυλος στροβίλου μηχανής με αέρα, συνδεδεμένης με ηλεκτρογεννήτρια. Ο ηλεκτρισμός μπορεί να σταλεί μακριά, σε διάφορα μέρη, με τη βοήθεια καλωδίων. Μπορεί επίσης να αποθηκευθεί σε συσσωρευτές (μπαταρίες). Η αιολική ενέργεια μπορεί επίσης να αποθηκευθεί ως χημική. Αυτό επιτυγχάνεται με την ηλεκτρόλυση. Ηλεκτρισμός που παράγεται με τη βοήθεια ανεμογεννήτριας, διαχωρίζει το υδρογόνο του νερού. Το υδρογόνο μπορεί να αποθηκευθεί ή να μεταφερθεί μέσα σε δοχεία και να χρησιμοποιηθεί οπωσδήποτε ως καύσιμο.

Μερικές μορφές κινητικής ενέργειας είναι αποτέλεσμα σχεδιασμένης αποθηκεύσεως. Υπάρχουν πολλές τέτοιες μορφές:

- Βαρυτική αποθήκευση. Τα καλύτερα παραδείγματα είναι τα ρολόγια με βάρη, και οι πύργοι (δεξαμενές) νερού, που δημιουργούν την πίεση νερού, η οποία χρειάζεται για την τροφοδοσία με νερό των σπιτιών και των εργοστασίων. Άλλο παράδειγμα είναι τα φράγματα, όπου αποθηκεύεται νερό για την παραγωγή ηλεκτρισμού.
- Αδρανειακή αποθήκευση. Είναι η αποθήκευση σε σφονδύλους (τροχούς). Αδράνεια είναι η τάση ενός κινούμενου (ή στρεφόμενου) σώματος να διατηρήσει την κίνησή του. Ένας τέτοιος σφόνδυλος μπορεί να κινήσει μια ηλεκτρική γεννήτρια ή να κινήσει οχήματα ή μηχανήματα, όπως αυτό που κόβει το γρασίδι.
- Αποθήκευση αέρα υπό πίεση. Ο αέρας με μεγάλη πίεση μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να κινήσει γεννήτριες. Ο πεπιεσμένος αέρας χρησιμοποιείται, για να στηρίζει τα μεταφορικά οχήματα με τη πνευματικών ελαστικών και αποσβεστήρων (αμορτισέρ) αέρα.
- Αποθήκευση με παραμόρφωση. Το απλούστερο παράδειγμα αυτού του τύπου αποθηκεύσεως είναι το κούρδισμα ελατηρίου για να κινήσει τους μηχανισμούς ενός ρολογιού. Το ελατήριο προσπαθεί να επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση. Καθώς ξεκουρδίζεται κάνει τους τροχούς του ρολογιού να περιστρέφονται και να κινούν αργά τους δείκτες. Ένα απλό παράδειγμα είναι κάποιο παιχνίδι, που κινείται με τη βοήθεια ενός λάστιχου.

προς τους πόλους. Ακόμη και με αυτή τη φυσική ροή, αναπτύσσονται σταθεροί άνεμοι. Από την ηλιακή ενέργεια που καταφθάνει στη γη, μόνο το 2% μετατρέπεται σε ανέμους. Ακόμη όμως και το μικρό αυτό ποσοστό, περιέχει περισσότερη ενέργεια από αυτήν που χρησιμοποιεί η ανθρωπότητα μέσα σε έναν χρόνο. Από το 2%, γύρω το 30% παράγεται κάτω από το ύψος 3.120 ft (936 m) της ατμόσφαιρας, πράγμα το οποίο επιτρέπει την εκμετάλλευση της ενέργειας αυτής. Στις ΗΠΑ, η διαθέσιμη αιολική ενέργεια είναι 9 φορές μεγαλύτερη από τη συνολική ποσότητα χρησιμοποιούμενης ενέργειας.

Μέσα στα τελευταία 15 χρόνια, έχει σημειωθεί τεράστια πρόοδος στην τεχνολογία μετατροπής της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Αυτά τα τεχνολογικά επιτεύγματα, έχουν διαδώσει την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα. Το σχήμα 2-5, απεικονίζει μια δυναμική αύξηση της αιολικής ενέργειας από το 1982 με πρόβλεψη μέχρι το 2005. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2-5, στις αρχές του 21^{ου} αιώνα η αιολική ενέργεια θα παράγει περισσότερα από 17.700 Mwatts παγκοσμίως. Αυτή η αύξηση, αναμένεται να είναι συγκεντρωμένη περισσότερο στις ΗΠΑ (Καλιφόρνια) και στην Ευρώπη, καθώς οι κυβερνήσεις ενθαρρύνουν τις επενδύσεις στην ενεργειακή αυτή πηγή.



Σχ. 2-5. Γραφική απεικόνιση της αύξησης της αιολικής ενέργειας από το 1981 με πρόβλεψη μέχρι το 2005. Στις αρχές του 21^{ου} αιώνα η αιολική ενέργεια θα παράγει περισσότερα από 17.700 Mwatts.

Το δυναμικό παραγωγής ηλεκτρισμού από την αιολική ενέργεια, είναι τεράστιο. Στην Ευρώπη, η αιολική ενέργεια θα μπορούσε να καλύψει όλες τις ηλεκτρικές ανάγκες της ηπείρου. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) προάγει την αιολική ενέργεια για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων. Το πρόγραμμα της ΕΕ προβλέπει την παραγωγή 8.000 Mwatts ηλεκτρισμού από την αιολική ενέργεια, μέχρι το έτος 2005. Αυτό, θα καλύψει περίπου το 1% των ηλεκτρικών αναγκών της περιοχής. Σήμερα, το μεγαλύτερο ποσοστό παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο, κατέχεται από τη Δανία. Στη χώρα αυτή, οι ανεμογεννήτριες είναι διανεμημένες παντού και παρέχουν το 3% των ηλεκτρικών της αναγκών. Άλλες χώρες που προωθούν τη χρήση αιολικής ενέργειας, είναι η Γερμανία, η Ολλανδία και η ΗΠΑ.

Στις ΗΠΑ, παράγονται περισσότερες από 2,9 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες ηλεκτρισμού, από την αιολική ενέργεια. Θεωρητικά, οι άνεμοι στο Great Plains θα μπορούσαν να ικανοποιήσουν αρκετές φορές όλες τις ηλεκτρικές ανάγκες της χώρας. Η αύξηση στις ΗΠΑ της παραγωγής ηλεκτρισμού από τον άνεμο, αναμένεται να είναι σημαντική μέσα στα επόμενα 10 χρόνια. Αυτό, είναι αποτέλεσμα της κυβερνητικής πολιτικής, η οποία παρέχει φορολογική ελάφρυνση για τις κιλοβατώρες που παράγονται από την αιολική ενέργεια. Πολλές πολιτείες αναμένεται να αναπτύξουν αιολικά πάρκα μέσα στην επόμενη δεκαετία. Τα αιολικά πάρκα είναι ομάδες ανεμογεννητριών οι οποίες παράγουν ηλεκτρισμό προς πώληση στις τοπικές ηλεκτρικές εταιρίες.

Η Καλιφόρνια κατέχει τα πρωτεία παγκοσμίως στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, με περισσότερες από 16.000 ανεμογεννήτριες σε χρήση. Η ανάπτυξη αυτή άρχισε στην Καλιφόρνια, πριν από μια δεκαετία. Την εποχή εκείνη, η Καλιφόρνια όπως και άλλες πολιτείες ήταν εξαρτημένη πολύ από τους καύσιμους υδρογονάνθρακες για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Αντιδρώντας στο υψηλό κόστος των καυσίμων στα μέσα της δεκαετίας του 1980, η κυβέρνηση των ΗΠΑ επένδυσε και προσέφερε φορολογικές ελαφρύνσεις για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων και ανεξάντλητων πηγών ενέργειας. Έτσι δημιουργήθηκαν τα κατάλληλα κίνητρα για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας. Από το 1982 μέχρι το 1986, η παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο, αυξήθηκε στην Καλιφόρνια από 6 εκατομμύρια σε 1,2 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες.

Παρότι πολλές από τις φορολογικές ελαφρύνσεις της δεκαετίας του 1980 έχουν σήμερα καταργηθεί, η χρήση της αιολικής ενέργειας συνεχίζεται σε όλες τις πολιτείες. Οι ηλεκτρικές εταιρίες και οι εργολάβοι στην Καλιφόρνια, συνεχίζουν την εγκατάσταση αιολικών πάρκων για την ικανοποίηση των αυξανόμενων αναγκών παραγωγής ηλεκτρισμού. Οι περισσότερες από 16.000 ανεμογεννήτριες της Καλιφόρνια, παράγουν πάνω από 2,9 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες ηλεκτρισμού (αρκετές για την ικανοποίηση των αναγκών περισσότερων από 1,2 εκατομμυρίων ανθρώπων). Για το μέλλον, σχεδιάζεται η εγκατάσταση ακόμη περισσότερων αιολικών πάρκων.

Η ελκυστικότητα της αιολικής ενέργειας οφείλεται σε ορισμένα μοναδικά χαρακτηριστικά της. Πρώτο χαρακτηριστικό, είναι το δυναμικό της αιολικής ενέργειας για την πλήρη ικανοποίηση των παγκοσμίων αναγκών ηλεκτρισμού. Σύμφωνα με τους ειδικούς, σε περίπτωση πλήρους εκμετάλλευσης ολόκληρου του παγκοσμίου αιολικού δυναμικού, θα μπορούσαν να παραχθούν ετησίως 210 τρισεκατομμύρια κιλοβατώραν ηλεκτρισμού. Δεύτερον, η παραγωγή ηλεκτρισμού από τον άνεμο, δεν μολύνει την ατμόσφαιρα. Τρίτον, δεν προκαλεί όξινη βροχή ή εκπομπές μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα. Τέλος, έχει το μικρότερο κόστος από όλες τις νεότερες τεχνολογίες εξαγωγής και μετατροπής χρήσιμης ενέργειας.

Στην Ελλάδα, ενδιαφέρον παρουσιάζει η ενέργεια του ανέμου προς ηλεκτροπαραγωγή, για τους ακόλουθους σκοπούς:

- Την αυτόνομη κάλυψη ενεργειακών αναγκών απομακρυσμένων περιοχών με δυνατότητα αποθήκευσης, μέσω διάταξης συστήματος μετατροπής του παραγόμενου εναλλασσόμενου ρεύματος με συνεχές ρεύμα για την αποθήκευσή

του σε συσσωρευτές (μπαταρίες) και στη συνέχεια τη μετατροπή του πάλι σε εναλλασσόμενο ρεύμα, για την κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών.

- Την συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με σταθμούς DIESEL (που συνήθως υπάρχουν στα νησιά), ή ηλιακής ενέργειας, ή γεωθερμίας.
- Την εναλλακτική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, και
- Τη διασύνδεσή τους σε εθνική κλίμακα μέσω υποβρυχίων καλωδίων με αιολικά εργοστάσια μεγάλης ισχύος, σε περιοχές που παρουσιάζουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ανεμοδυναμικού, με βάση σχετικές προσεκτικές μετρήσεις, σε τρόπο ώστε να λειτουργούν σαν "αβέβαιοι Σταθμοί βάσης".

Στον Ελληνικό χώρο πιο συγκεκριμένα, με βάση τα αποτελέσματα μετρήσεων, ήδη στην Κύθνο κατασκευάστηκε και λειτουργεί από τις αρχές του Ιουνίου του 1982 το αιολικό πάρκο από πέντε ανεμογεννήτριες της MAN, με ισχύ η καθεμία 20 KW, για παράλληλη λειτουργία με τους τοπικούς σταθμούς παραγωγής.

Στα πλαίσια της Ελληνογαλλικής συνεργασίας με την εταιρία AEROWATT, συμφωνήθηκε η κατασκευή στην Άνδρο μιας ανεμοηλεκτρικής μονάδας 100 KW και ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 0,3-0,4 GWH, για παράλληλη λειτουργία με τον τοπικό σταθμό.

2.2.2 Τύποι αιολικών συστημάτων.

Το πρόγραμμα για των μετατροπή της αιολικής ενέργειας αναπτύσσει τρεις κύριους τύπους των αιολικών συστημάτων:

- Μικρά προηγμένα αιολικά συστήματα: θα χρησιμοποιούνται στα "αγροκτήματα", στις αγροτικές περιοχές και σε απομονωμένες κοινότητες. Αυτά τα μικρά αιολικά συστήματα θα παράγουν πάνω από 100 KW ισχύ στην έξοδό τους.
- Αιολική τουρμπίνα μεσαίας τάξεως: αναπτύσσεται για άρδευση (πότισμα) και για τροφοδότηση μικρών εργοστασίων. Αυτά τα συστήματα θα παράγουν από 100 KW μέχρι και 1MW.
- Αιολικά συστήματα μεγάλης κλίμακας: θα έχουν δυναμικότητα τουλάχιστον 1 MW με μια φτερωτή διαμέτρου πάνω από 91 μέτρα. Οι τουρμπίνες αυτές σχεδιάστηκαν για οικιακή και βιομηχανική χρήση. Κατασκευαστικοί περιορισμοί αποκλείουν τα συστήματα αυτά να είναι μεγαλύτερα από 4 ή 5 MW. Έτσι ομάδες τέτοιων αιολικών σταθμών εγκατεστημένες σε ένα αιολικό πεδίο θα συνεργάζονται για την κάλυψη σε μεγάλο ποσοστό των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια μιας περιοχής. Γίνονται προσπάθειες πρόσφατα για την ανάπτυξη μεθόδων για άντληση νερού για εκτεταμένες αρδεύσεις, κατ'ευθείαν θερμάνσεις και ανάλογες εφαρμογές.

Μικρά αιολικά συστήματα.

Ο στόχος του προγράμματος των μικρών αιολικών συστημάτων είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των πραγματοποιήσιμων συστημάτων και να εξασφαλίσει την όσο το δυνατόν έγκαιρη εμπορικοποίησή τους. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος απαιτείται προηγμένη τεχνολογία και μια ισχυρή βιομηχανική υποδομή. Από τα μέσα του 1980 διατίθενται συστήματα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια σε κόστος μεταξύ 2,40 και 3,60 δρχ. για κάθε KWh (κιλοβατώρα).

Τελειοποιήσεις των αιολικών αυτών συστημάτων αλλά και η συνεχής άνοδος του κόστους της ενέργειας, θα κάνουν αυτά τα συστήματα πιο οικονομικά και πιο ελκυστικά. Ταυτόχρονα, επιδείξεις θα υποκινήσουν την αποδοχή του κόσμου και θα προαγάγουν κατασκευαστικές δυνατότητες τοποθέτησεως. Τα κέντρα δοκιμών θα εξηγήσουν τις προσπάθειες για να αναπτυχθεί ανταγωνισμός, και στο να υποστηριχθούν μικρά αιολικά συστήματα στη βιομηχανία. Στα κέντρα ερευνών λειτουργούν δοκιμαστικά 12 πύργοι, και τώρα συναρμολογούνται άλλοι 18. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από αυτές τις δοκιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κατασκευαστές και από χρήστες μικρών αιολικών συστημάτων. Δοκιμές που γίνονται τον χειμώνα αξιοποιούν καταιγίδες με ταχύτητες 40 έως 60 μίλια την ώρα (mph) και μπουρίνια που φθάνουν τα 100 μίλια την ώρα.

Μηχανικοί ερευνών ανέπτυξαν πρόσφατα εννέα αιολικά προηγμένα συστήματα μεγέθους από 1-40 KW για την εξυπηρέτηση αγροτικών και εμπορικών αναγκών.

Μεσαίου μεγέθους και μεγάλα αιολικά συστήματα.

Εταιρίες, όπως η εταιρία "Έντισον της Βόρειας Καρολίνας", η εταιρία παραγωγής της Μπόννε Βιλ, και το γραφείο εγγειοβελτιώσεως δείχνουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην ισχύ των μεγάλων αιολικών συστημάτων. Πάντως, τεχνικές και οικονομικές δυσκολίες, θα εμποδίσουν τα αιολικά συστήματα να αντικαταστήσουν περισσότερο από το 20 έως το 30% της συνολικής παραγωγής ηλιακής ενέργειας.

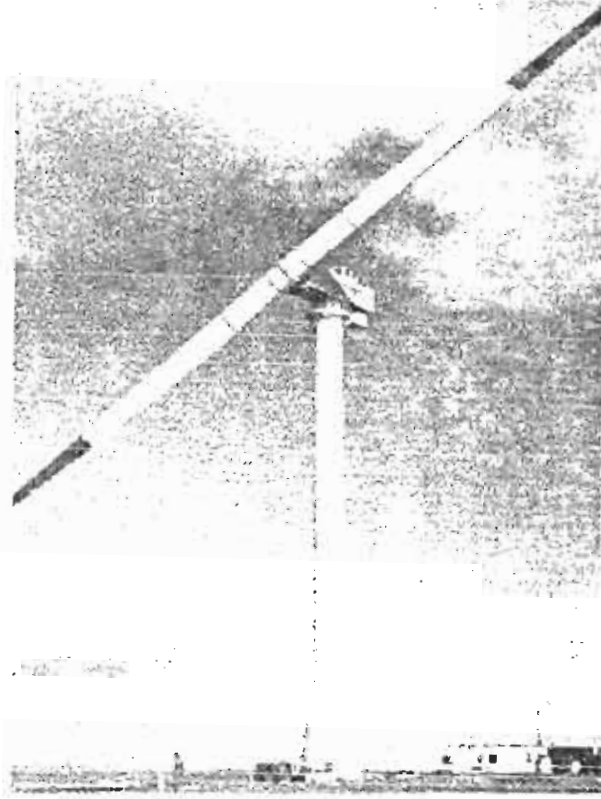
Το 1973, μετά την κρίση του πετρελαίου, η Ομοσπονδιακή κυβέρνηση των ΗΠΑ άρχισε να χρηματοδοτεί προγράμματα ανεμογεννητριών. Το πρώτο ξεκίνησε στο Lewis Research Center της NASA (ερευνητικό κέντρο) από τη National Science Foundation (Χρηματοδοτικός Κυβερνητικός Οργανισμός). Αναπτύχθηκε ένας αεροστρόβιλος. Η δοκιμαστική μηχανή ονομάστηκε "Mod-O". Είχε δυο λεπίδες, πτερύγια (ρότορα) και ένα κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο αύξανε την ταχύτητα. Ο ρότορας στρέφονταν με 40 στροφές το λεπτό και το κιβώτιο ταχυτήτων έστρεφε τις γεννήτριες με 1800 στροφές το λεπτό. Με άνεμο 19 Km/h μπορούσε να παράγει ηλεκτρική ισχύ 100 KW. Άρχισε να λειτουργεί στην περιοχή Plum Brook της NASA το Σεπτέμβριος του 1975. Ο σκοπός ήταν να ληφθούν τεχνικές πληροφορίες, που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αιολικά προγράμματα μεγάλης κλίμακας.

Ένας μεγαλύτερος αεροστρόβιλος, ο Mod-OA, αναπτύχθηκε στο Clayton, στο New Mexico των ΗΠΑ, το 1977. Μπορούσε να παράγει ηλεκτρική ενέργεια 200 KW με ταχύτητα περιστροφής του ρότορα 40 στροφές το λεπτό, δηλαδή ισχύ διπλάσια από ότι ο Mod-O. Το 1976 η Ομοσπονδιακή κυβέρνηση πρόσθεσε μια Τρίτη ανεμογεννήτρια στο δοκιμαστικό πρόγραμμα. Ήταν η Mod-I, που σχεδιάστηκε για 2000 KW ηλεκτρικής ισχύος με ταχύτητα ανέμου 40 km/h. Αυτή η μηχανή τοποθετήθηκε στο Boone, στη Βόρεια Καρολίνα και άρχισε να λειτουργεί το 1979, αλλά αργότερα σταμάτησε. Το 1983 πουλήθηκε σε ιδιωτική εταιρία, που σχεδίαζε να μετατρέψει τη γεννήτρια, ώστε αυτή να λειτουργεί πλέον με υδροστρόβιλο ή ατμοστρόβιλο.

Ένα άλλο πειραματικό πρόγραμμα με αιολική ενέργεια είναι το Mod-2. Κατασκευάστηκε από την εταιρία αεροπλάνων Boeing για το υπουργείο ενέργειας των ΗΠΑ. Είναι μια κατασκευή με τη φτερωτή πίσω που μπορεί να παράγει

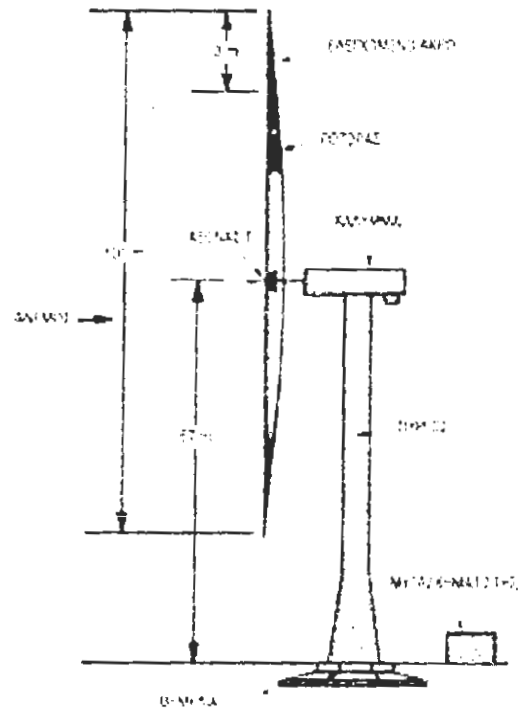
ηλεκτρισμό 2,5 MW. Τρεις τέτοιες μονάδες λειτουργούν στο Goodnoe Hills κοντά στο Goldendale, στην πολιτεία Washington των ΗΠΑ (σχ. 2-6 και 2-7).

Ο τύπος Mod-2 ελέγχεται πλήρως από μικροπροσέσορα (μικροϋπολογιστή) που είναι τοποθετημένος στο κάλυμμα της γεννήτριας (σχ. 2-8). Η παραγόμενη στο σύστημα Mod-2 ισχύς διοχετεύεται στο τοπικό δίκτυο διανομής ισχύος του Bonneville Power Administration (τοπική επιχείρηση ηλεκτρισμού).

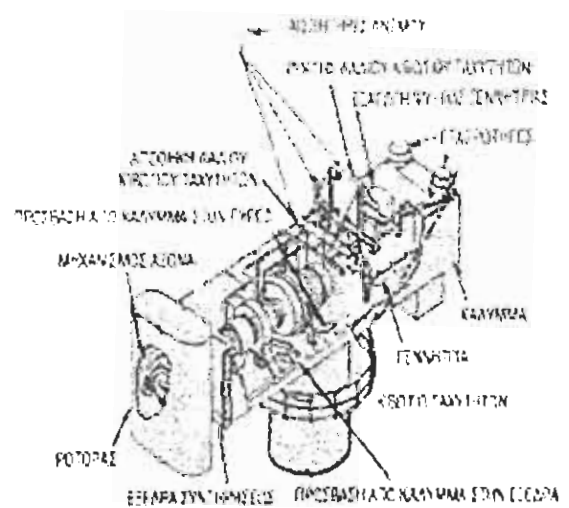


Σχ. 2-6. Ένας από τους τρεις Mod-2 αεροστρόβιλους που βρίσκονται στο νότιο μέρος της πολιτείας Washington στις ΗΠΑ. Αυτός ο τύπος είναι ελαφρύτερος κατά 20% από ό,τι ο Mod-1 και παράγει διπλάσιο ηλεκτρισμό.

Οι μονάδες αρχίζουν να παράγουν ηλεκτρισμό, όταν ο άνεμος έχει ταχύτητα 22 km/h. Στα 44 km/h φθάνουν την ονομαστική ισχύ τους των 2,5 MW. Σε ισχυρότερους ανέμους οι λεπίδες στρέφονται και αλλάζουν γωνία ως προς τον άνεμο, ώστε να μην καταστραφεί η διάταξη (περιορίζεται η ταχύτητα περιστροφής). Για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 72 km/h, οι μονάδες τίθενται εκτός λειτουργίας. Με ταχύτητες ανέμου 22 km/h μια μονάδα Mod-2 μπορεί να παράγει περίπου 10 εκατομμύρια kWh ηλεκτρι-



Σχ. 2-7. Διαστάσεις του Mod-2. Ο πύργος του είναι κατασκευασμένος από ατσάλι και έχει σχήμα κυλίνδρου. Οι λεπίδες του ρότορα είναι επίσης από ατσάλι.



Σχ. 2-8. Τομή του καλύμματος του Mod-2, στην οποία φαίνονται γρανάζια και άλλοι μηχανισμοί, που ελέγχουν την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ. Δεν φαίνεται ο έλεγχος με μικροϋπολογιστή.

σμού το χρόνο. Αυτό ισοδυναμεί με ηλεκτρική ενέργεια, που καταναλώνουν περί 700 σπίτια. Οι ερευνητές με τα προγράμματα Mod ήθελαν να αποδείξουν ότι οι μεγάλες μηχανές αιολικής ενέργειας είναι πρακτικές. Επίσης, ήθελαν να προσδιορίσουν το κόστος της βιομηχανικής παραγωγής τους.

Πλήρη αιολικά συστήματα ισχύος.

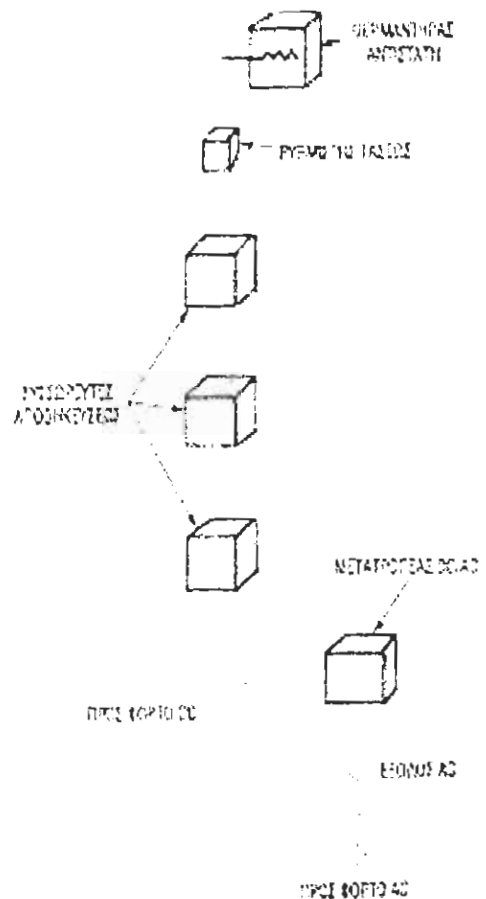
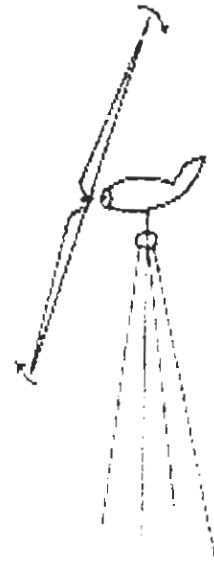
Ο πύργος, ο ρότορας και ο στρόβιλος ή η γεννήτρια αποτελούν μόνο μέρη ενός αιολικού συστήματος ισχύος. Το σχήμα 2-9 είναι ένα διάγραμμα ενός πλήρους, μικρής κλίμακας, συστήματος αιολικής ενέργειας.

Ένα πλήρες σύστημα περιλαμβάνει επιπλέον τα ακόλουθα:

1. Ρυθμιστή τάσεως για να διατηρεί την τάση σε ορισμένη στάθμη.
2. Συσσωρευτές αποθηκείσεως, εντός των οποίων αποθηκεύεται ηλεκτρική ενέργεια μέχρι να χρειασθεί.
3. Έναν μετατροπέα DC/AC , ο οποίος ανυψώνει την τάση και μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

Ενώ μερικές ανεμογεννήτριες παράγουν (άμεσα) εναλλασσόμενο ρεύμα μόνο συνεχές ρεύμα μπορεί να αποθηκευθεί σε συσσωρευτές. Μικρές φθηνές ανεμογεννήτριες παράγουν 12 V DC (συνεχές). Μεγαλύτερες μονάδες παράγουν 24, 36, 120 ή ακόμη και 240 V DC.

α) Ο σκοπός του ρυθμιστή τάσεως, είναι να εξασφαλίσει έξοδο σταθερής τάσεως στο φορτίο. Αν η τάση της ανεμογεννήτριας δεν είναι πάνω από την τάση, στην οποία έχει τεθεί ο ρυθμιστής, κάποιες επαφές στο ρυθμιστή κλείνουν. Αυτό επιτρέπει στο ρεύμα να διέλθει από το κύκλωμα στο φορτίο. Όταν η γεννήτρια αυξήσει την τάση που παρέχει και φθάσει την ονομαστική τάση του ρυθμιστή, οι επαφές ανοίγουν και το ρεύμα αναγκάζεται να περάσει μέσα από κάποιο αντιστάτη. Αυτό μειώνει την τάση της γεννήτριας.



Σχ. 2-9. Ένα πλήρες αιολικό σύστημα ισχύος χρειάζεται όλα αυτά τα εξαρτήματα. Ο μετατροπέας DC/AC χρειάζεται, για να μετατρέπει τάση ή ρεύμα DC σε AC .

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (ΙΤΥΥ Δ.Ε.)
ΛΙΟΘΗΚΗ

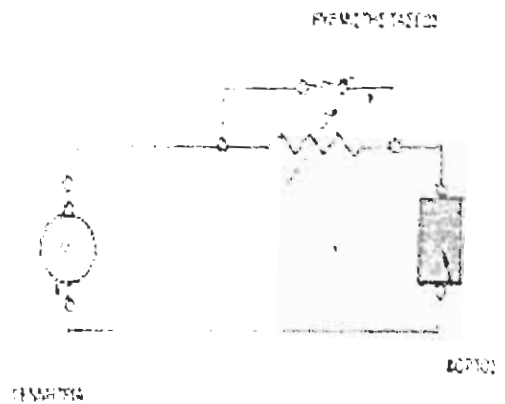
Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται έτσι, η τάση εξόδου που φθάνει στο φορτίο να μην υπερβεί κάποια ονομαστική τιμή (σχ. 2-10).

β) Περίσσεια ηλεκτρισμού, που παράγεται από την ανεμογεννήτρια, μπορεί να αποθηκευθεί σε **συσσωρευτές** (μπαταρίες) που συνδέονται όλοι μαζί. Ο συσσωρευτής αποτελείται από πολλά στοιχεία. Το κάθε στοιχείο περιέχει θετικές και αρνητικές πλάκες, που διαχωρίζονται η μια από την άλλη. Οι θετικές πλάκες συνδέονται με το θετικό πόλο του συσσωρευτή και οι αρνητικές με τον αρνητικό. Οι πλάκες εμβαπτίζονται σε ηλεκτρολύτη. Ο ηλεκτρολύτης είναι μίγμα οξέος και νερού που άγει το ρεύμα.

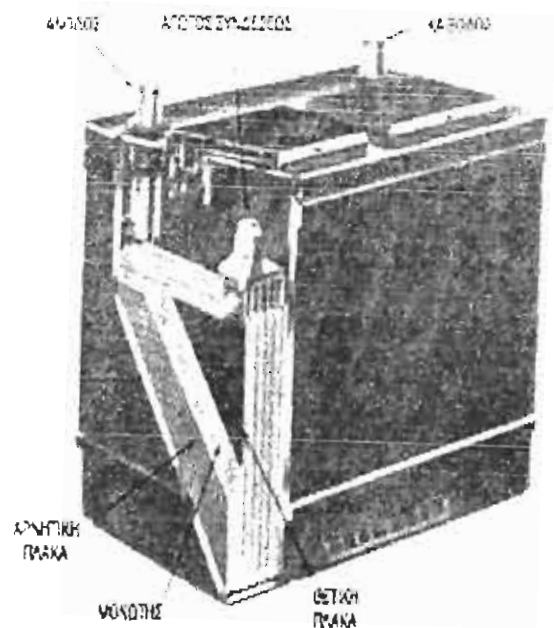
Οι συσσωρευτές οξέος – μολύβδου (σχ. 2-11) διαθέτουν πλάκες από μόλυβδο και ηλεκτρολύτη που είναι μίγμα θετικού οξέος και νερού. Οι αλκαλικοί συσσωρευτές έχουν πλάκες από νικέλιο, σίδηρο και διοξείδιο του νικελίου. Ο ηλεκτρολύτης είναι μίγμα υδροξειδίου του καλίου και του νερού. Όταν ένας συσσωρευτής μολύβδου – οξέος φορτίζεται με ηλεκτρικό ρεύμα, συντελούνται χημικές μεταβολές σε αυτόν. Το νερό διασπάται σε ιόντα υδρογόνου και οξυγόνου. Τα ιόνια υδρογόνου έλκουν θετικά ιόνια που έχουν εναποτεθεί στις πλάκες όταν ο συσσωρευτής αποφορτίζεται. Δημιουργείται έτσι θειικό οξύ.

Όταν ένας συσσωρευτής παρέχει ρεύμα, το θειικό οξύ διασπάται ξανά σε υδρογόνο και θειικά ιόντα. Τα ιόντα υδρογόνου και οξυγόνου συνδυάζονται και σχηματίζουν νερό. Τα θειικά ιόντα συνδυάζονται με μόλυβδο και σχηματίζουν θειικό μόλυβδο, που έναποτίθεται στις πλάκες.

γ) Τέτοιοι **μετατροπείς** μετατρέπουν **DC** (συνεχές) ρεύμα (ή τάση) σε **AC** (εναλλασσόμενο). Ένας στρεφόμενος μετατροπέας (ζεύγος) είναι κινητήρας DC που κινεί γεννήτρια AC. Ο ηλεκτρονικός μετατροπέας διαθέτει τρανζίστορ και άλλα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, για να επιτύχει τη μετατροπή αυτή. Όταν το ρεύμα που περισσεύει, πρόκειται να διοχετευτεί στις γραμμές του ηλεκτρικού δικτύου μετα-



Σχ. 2-10. Αυτό το διάγραμμα είναι ένα κύκλωμα, που περιλαμβάνει ρυθμιστή τάσεως. Όταν η τάση της γεννήτριας υπερβεί κάποια στάθμη, οι επαφές του ρυθμιστή ανοίγουν, έτσι το ρεύμα περνά μέσα από τον αντιστάτη και κατ'αυτόν τον τρόπο η τάση στο φορτίο ελαττώνεται σε ασφαλή στάθμη.

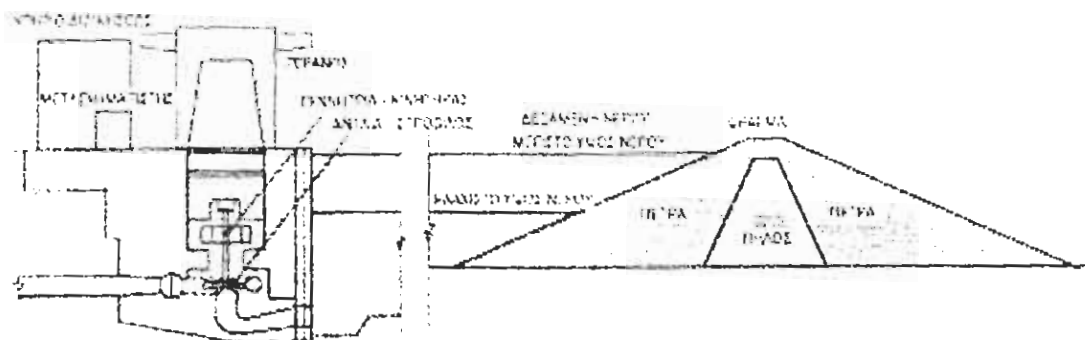


Σχ. 2-11. Ο συσσωρευτής οξέος – μολύβδου του τύπου που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα είναι κατάλληλος για αποθήκευση της επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας από το αιολικό σύστημα παραγωγής ισχύος.

φοράς ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιείται ένας σύγχρονος μετατροπέας. Έτσι δεν χρειάζονται συσσωρευτές για την αποθήκευση ενέργειας που περισσεύει.

Οι συσσωρευτές είναι ένας ακριβός και περιορισμένων δυνατοτήτων τρόπος αποθηκεύσεως ηλεκτρικής ενέργειας. Για συστήματα παραγωγής ισχύος χρησιμοποιούνται νέοι μέθοδοι αποθηκεύσεως. Μια είναι η αποθήκευση με τη βοήθεια αντλημένου νερού. Κατά τη μέθοδο αυτή αντλείται νερό και αποθηκεύεται σε δεξαμενές μεγάλου όγκου (σχ. 2-12). Αργότερα το νερό ελευθερώνεται και κινεί υδροηλεκτρικές γεννήτριες. Αυτό γίνεται στους καταρράκτες του Νιαγάρα και σε άλλα μέρη, όπου υπάρχουν υδροηλεκτρικά συστήματα. Μια τέτοια μεγάλη διάταξη αποθηκεύσεως βρίσκεται κοντά στο Ludington στην παραλίμνια περιοχή της λίμνης Michigan στις ΗΠΑ. Η αποθήκη που έχει κατασκευασθεί εκεί, έχει μήκος περίπου 3 km και πλάτος περίπου 1,5 km. Έχει χωρητικότητα περίπου 100 δισεκατομμύρια λίτρα και υψόμετρο 23 m. Κατά τις ώρες που η κατανάλωση ενέργειας είναι χαμηλή, το νερό αντλείται και οδηγείται προς την αποθήκη. Κατά τις ώρες αιχμής, το νερό ελευθερώνεται για να παράγει τον ηλεκτρισμό που χρειάζεται.

Μια άλλη εκδοχή που ερευνάται είναι η αποθήκευση ενέργειας με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα. Ηλεκτρικοί κινητήρες θα λειτουργούν συμπιεστές, που θα συμπιέζουν αέρα και θα αποθηκεύουν σε υπόγειες στοές. Όταν χρειάζεται η ενέργεια, ο πεπιεσμένος αέρας θα μπορεί να γυρίζει στροβίλους, για να παραχθεί ηλεκτρισμός.



Σχ. 2-12. Τυπική διάταξη για αποθήκευση με άντληση νερού. Κατά τις ώρες που δεν σημειώνεται μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, ο σταθμός αντλήσεως - παραγωγής ρεύματος (αριστερά) αντλεί νερό, το οποίο αποθηκεύεται στη δεξαμενή (δεξιά). Κατά τις ώρες αιχμής, το αποθηκευμένο νερό ελευθερώνεται και παράγει πρόσθετη ηλεκτρική ισχύ.

2.3 ANEMOI

2.3.1 Γενικά.

Η κυκλοφορία των αερίων μαζών κατά διευθύνσεις λίγο ή πολύ παράλληλες προς την επιφάνεια της γης, είναι γνωστή σαν **άνεμος**. Η κίνηση του αέρα προκαλείται από τις μεταβολές της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Όταν ο αέρας θερμαίνεται μειώνεται η πυκνότητά του με συνέπεια να γίνεται ελαφρότερος και να αντικαθίσταται από ψυχρότερο αέρα.

Οι μεταβολές της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα που προκαλούνται από τη διαφορετική επιφανειακή απορροφητικότητα θερμότητας της ξηράς σε σχέση με τις υδάτινες επιφάνειες και των βουνών σε σχέση με τις κοιλάδες και οι

θερμοκρασιακές μεταβολές μεταξύ ημέρας και νύκτας έχουν σαν συνέπεια τοπικούς ανέμους και αύρες. Οι δροσερές αύρες των ακτών κατά τη διάρκεια της ημέρας ή εκείνες που προέρχονται από τα βουνά για να αντικαταστήσουν τον θερμό αέρα των κοιλάδων τη νύκτα, είναι παράδειγμα του φαινομένου αυτού. Εκτός από τους τοπικούς ανέμους και αύρες, υπάρχει μια γενική ροή αέρα, που προκαλείται από την αντικατάσταση του θερμότερου αέρα του Ισημερινού από ψυχρότερο που πνέει από βορρά και νότο και εκτρέπεται από την περιστροφή της γης.

Κάθε τόπος σχεδόν υπόκειται σε ό,τι ονομάζεται επικρατών άνεμος ή άνεμος που πνέει από μια γενική διεύθυνση της πυξίδας για μια μεγάλη περίοδο του έτους. Οι μουσώνες, είναι επικρατούντες εποχιακοί άνεμοι, που πνέουν κατά μια διεύθυνση σε ένα τμήμα του χρόνου και κατά την αντίθετη τον υπόλοιπο χρόνο. Οι μουσώνες είναι οι επικρατούντες στο δυτικό Ειρηνικό. Πολύ συχνά έρχονται από άλλες διευθύνσεις άνεμοι μεγαλύτερης έντασης. Η διεύθυνση του ανέμου δίνεται από το σημείο της πυξίδας από το οποίο πνέει προς τον παρατηρητή. Η πλευρά του έργου που αντιμετωπίζει τη διεύθυνση απ' όπου πνέει ο άνεμος είναι η προσήνεμος πλευρά, ενώ η αντίθετη είναι η απήνεμος πλευρά. η ένταση των ανέμων ταξινομείται σύμφωνα με μια κλίμακα που εισήχθη από τον Admiral Beaufort γνωστή σαν κλίμακα του Beaufort όπου η περιοχή της έντασης δίνεται με 13 αριθμούς, από 0 έως 12, όπου κάθε αριθμός αντιπροσωπεύει μια προσεγγιστική ταχύτητα και γενική περιγραφή της έντασης. Ο πίνακας 2-13 δίνει την κλίμακα του Beaufort.

Αριθμός Beaufort	Ονομασία	Ταχύτητα σε μίλια ανά ώρα
1	Νηνεμία	0 – 1
2	Υποπνέων	1 – 3
3	Ασθενής	4 – 7
4	Λεπτός	8 – 12
5	Μέτριος	13 – 18
6	Λαμπρός	19 – 24
7	Ισχυρός	25 – 31
8	Σφοδρός	32 – 38
9	Ορμητικός	39 – 46
10	Θύελλα	47 – 54
11	Ισχυρή θύελλα	55 – 63
12	Σφοδρή θύελλα	64 – 75
13	Τυφώνας	Πάνω από 45

Σχ. 2-13. Πίνακας παρουσίασης της κλίμακας Beaufort.

2.3.2 Ταξινόμηση ανέμων.

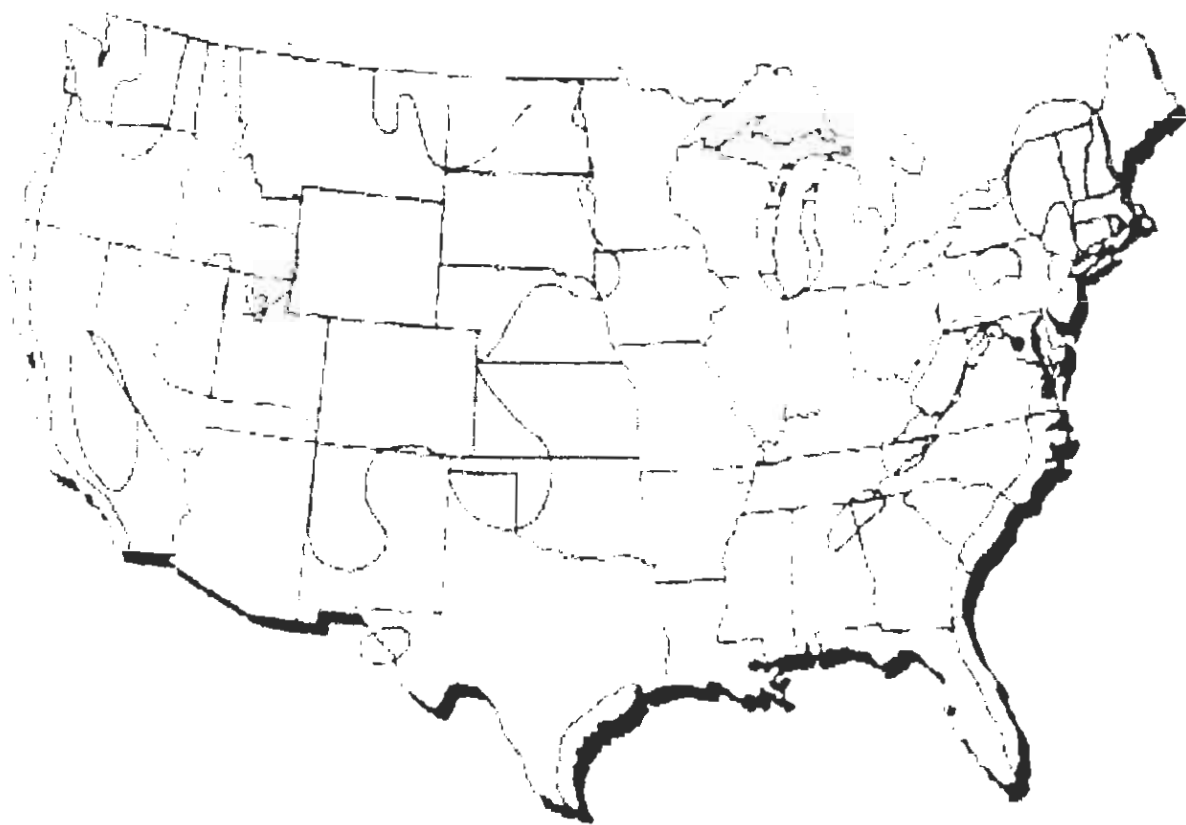
Οι άνεμοι ταξινομούνται σε δυο κατηγορίες: ενεργειακοί και επικρατέστεροι άνεμοι (η ταχύτητα του ανέμου εξαρτάται από τη γεωγραφική τοποθεσία). Οι ισχυρότεροι ενεργειακοί άνεμοι συναντώνται κυρίως στις εύκρατες και πολικές περιοχές. Οι ασθενείς και οι επικρατέστεροι άνεμοι συναντώνται στις τροπικές περιοχές. Επίσης, οι άνεμοι είναι ισχυρότεροι στους ωκεανούς και στις παράκτιες περιοχές, συγκριτικά με τις ηπειρωτικές περιοχές. Ακόμη, ισχυροί άνεμοι πνέουν

και στις ορεινές περιοχές. Το σχήμα 2-14, απεικονίζει τις περιοχές των ΗΠΑ με αρκετά υψηλές εντάσεις ανέμων. Για την κατανόηση της επίδρασης της τοπογραφίας, στο σχήμα 2-15 αναγράφονται οι μέσες ταχύτητες ανέμου επιφανείας, σε διάφορες πόλεις των ΗΠΑ.

Οι ενεργειακοί άνεμοι έχουν ταχύτητες 10 μέχρι 25 μίλια/ώρα (mph), και φυσούν με την ένταση αυτή για περίπου 2 έως 3 μέρες την εβδομάδα. Οι επικρατέστεροι άνεμοι είναι οι ασθενέστεροι, περί τα 5 μέχρι 15 μίλια/ώρα (mph), και φυσούν με την ένταση αυτή για περίπου 3 έως 5 μέρες την εβδομάδα. Οι ενεργειακοί άνεμοι είναι περισσότερο αποδοτικοί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της μεγαλύτερης ταχύτητας, οι επικρατέστεροι άνεμοι είναι λιγότερο αποδοτικοί στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, και επομένως λιγότερο οικονομικά ελκυστικοί.

Μια άλλη ταξινόμηση των ανέμων προέρχεται από το Pacific Northwest Laboratory, στο Richland της Washington. Σύμφωνα με την ταξινόμηση αυτή, υπάρχουν επτά διαφορετικές κατηγορίες ανέμων. Στην πρώτη τάξη ανήκουν άνεμοι μέση ταχύτητας μικρότερης των 12,5 mph. Στην έβδομη τάξη, ανήκουν άνεμοι μέση ταχύτητας μεγαλύτερης των 19,7 mph. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο, διεξάγεται σε περιοχές με ανέμους πέμπτης τάξης (περί τα 17 mph μέση ταχύτητα), αλλά με βελτιώσεις στη σχεδίαση των ανεμογεννητριών αναμένεται η εκμετάλλευση ανέμων μέσης ταχύτητας 14 mph.

Περιοχές των ΗΠΑ με υψηλές εντάσεις ανέμων



Σχ. 2-14. Ο χάρτης αυτός, απεικονίζει τις περιοχές των ΗΠΑ με αρκετά υψηλές εντάσεις ανέμων, για τη λειτουργία ανεμογεννητριών.

Μέσες ταχύτητες ανέμου επιφανείας σε ορισμένες πόλεις των ΗΠΑ (μίλια ανά ώρα – mph)

FARGO, North Dakota	14.5	DETROIT, Michigan	10.5
WICHITA, Kansas	13.5	DENVER, Colorado	9.9
BOSTON, Massachusetts	13.0	KANSAS CITY, Missouri	9.7
NEW YORK, New York	12.7	ATLANTA, Georgia	9.6
FORT WORTH, Texas	12.4	WASHINGTON, D.C.	9.6
DES MOINES, Iowa	12.0	PHILADELPHIA, Pennsylvania	9.5
HONOLULU, Hawaii	12.0	PORTLAND, Maine	9.5
MILWAUKEE, Wisconsin	12.0	NEW ORLEANS, Louisiana	8.9
CHICAGO, Illinois	11.5	LITTLE ROCK, Arkansas	8.8
MINNEAPOLIS, Minnesota	11.5	SALT LAKE CITY, Utah	8.8
CLEVELAND, Ohio	11.0	MIAMI, Florida	8.9
INDIANAPOLIS, Indiana	10.7	ALBUQUERQUE, New Mexico	8.6
PROVIDENCE, Rhode island	10.6	TUCSON, Arizona	8.0
SEATTLE – TACOMA, Washington	10.6	BIRMINGHAM, Alabama	7.8
SAN FRANCISCO, California	10.5	ANCHORAGE, Alaska	6.7
BALTIMORE, Maryland	10.5	LOS ANGELES, California	6.7

Σχ. 2-15. Πίνακας μέσων ταχυτήτων ανέμου επιφανείας σε ορισμένες πόλεις των ΗΠΑ (μίλια ανά ώρα).

Όλοι οι άνεμοι από τους πιο ασθενικούς ως τους τυφώνες, προκαλούνται από τρεις φυσικές αιτίες:

- α) Διαφορές θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα.
- β) Περιστροφή της γης.
- γ) Ανομοιόμορφη θέρμανση των ωκεανών και της στεριάς.

α) Ο αέρας είναι εξαιρετικά ελαφρύς. Όμως, έχει βάρος και μπορεί να διασταλεί και να συσταλεί, όπως όλα τα αέρια. Ένα κυβικό μέτρο αέρα μια ζεστή ανοιξιιάτικη μέρα ζυγίζει περίπου όσο ένα χιλιόγραμμα. Όταν ο αέρας ζεσταίνεται από τον ήλιο, αρχίζει να κινείται. Πρώτα διαστέλλεται και γίνεται ελαφρύτερος. Έτσι ανέρχεται. Ψυχρότερος αέρας, επειδή είναι βαρύτερος, βυθίζεται και καταλαμβάνει το χώρο κάτω από το ζεστό.

Μια από τις αιτίες που γίνεται αυτό είναι ότι ο ζεστός αέρας, όταν ανέρχεται, δημιουργεί μικρότερη πίεση στο χώρο κάτω από αυτόν. Ο ψυχρότερος αέρας γύρω-γύρω βρίσκεται σε μεγαλύτερη πίεση και έτσι κινείται στο χώρο, τον οποίο ελευθερώνει ο θερμός αέρας. Έτσι, όταν η ατμόσφαιρα σε κάποιο μέρος της γης ζεσταθεί πιο πολύ από ό,τι σε άλλα μέρη, ο κρύος αέρας κινείται προς τη θερμότερη περιοχή. Αυτή η κίνηση προκαλεί τον άνεμο.

Παγκοσμίως, υπάρχουν πολύ μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, οι τροπικές περιοχές μπορεί να έχουν θερμοκρασίες πάνω από 38 °C, ενώ στις πολικές περιοχές η θερμοκρασία είναι πολύ κάτω από το σημείο πάγου.

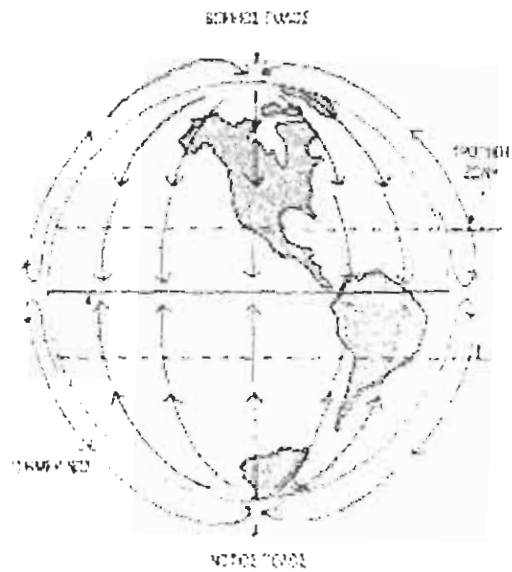
Οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ αυτών των περιοχών οφείλονται κυρίως στη διαφορετική γωνία, υπό την οποία οι ακτίνες του ήλιου κτυπούν την επιφάνεια της γης στον ισημερινό και στους πόλους. Στον ισημερινό οι ακτίνες κτυπούν την επιφάνεια σχεδόν κατακόρυφα. Στους πόλους όμως οι ακτίνες πέφτουν υπό τέτοια γωνία με αποτέλεσμα να μην μεταφέρουν αρκετή ενέργεια και να μην απορροφώνται αρκετά. Η ακτινοβολία που κτυπά κάθετα απορροφάται καλύτερα από την επιφάνεια της γης. Η ακτινοβολία που κτυπά τη γη στους πόλους κυρίως ανακλάται πίσω στο διάστημα.

Οι μεγάλες διαφορές στη θερμοκρασία μεταξύ της Ισημερινής ζώνης και των πολιτικών περιοχών προκαλούν μεγάλες μετακινήσεις αέρα. Ζεστός, ελαφρύς αέρας από τις τροπικές περιοχές ανυψώνεται και κινείται προς τους πόλους, ενώ την ίδια στιγμή βαρύτερος αέρας από τους πόλους κινείται κάτω από το ζεστό προς τον ισημερινό. Το σχήμα 2-16 δείχνει αυτό το πράγμα. Αυτή η κίνηση μαζών αέρα λέγεται **πλανητικός άνεμος**.

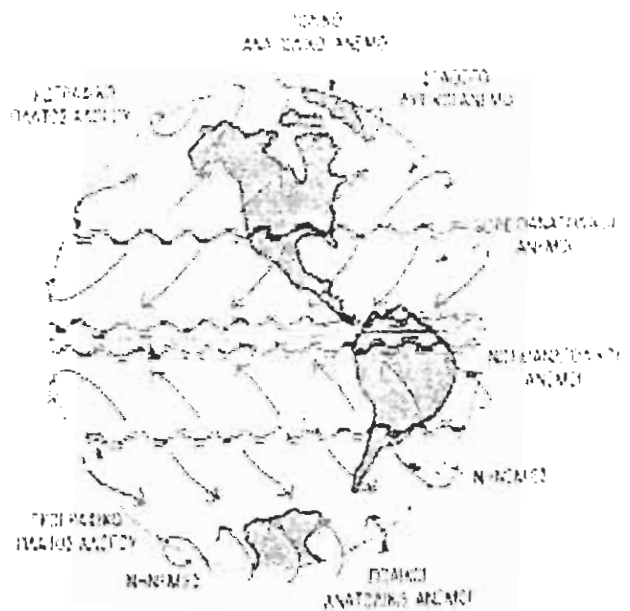
β) Η κίνηση του αέρα, που προκαλείται από την ανομοιόμορφη θέρμανση της γης, επηρεάζεται έντονα από την περιστροφή της γης. Η ταχύτητα της επιφάνειας της γης λόγω περιστροφής είναι περίπου 1600 km/h στον ισημερινό και μηδέν στους πόλους. Στην πραγματικότητα η περιστροφή δεν δημιουργεί άνεμο, αλλά επηρεάζει την κατεύθυνση του ανέμου, ο οποίος δημιουργείται από άλλους παράγοντες. Αν η γη δεν περιστρέφονταν, οι ψυχροί άνεμοι από το βόρειο και το νότιο πόλο θα φυσούσαν με κατεύθυνση ακριβώς προς τον ισημερινό. Ο ζεστός αέρας θα ανυψώνονταν στον ισημερινό και θα έρεε με κατεύθυνση ακριβώς προς το βόρειο και το νότιο πόλο.

Λόγω της περιστροφής, ο αέρας που κατευθύνεται προς τον ισημερινό κλίνει προς τα δυτικά. Αέρας που κινείται προς τους πόλους κλίνει προς τα ανατολικά (σχ. 2-17).

Στο σχήμα 2-18 υπάρχουν τρεις διακριτές περιοχές σχηματισμών ανέμων βόρεια και νότια του ισημερινού. Αυτές οι περιοχές λέγονται **κελύφη** (cells). Στον ισημερινό είναι το τροπικό κέλυφος. Εκτείνεται κατά 30 μοίρες βόρεια και 30 μοίρες νότια. Ο αέρας στην επιφάνεια της γης σε αυτό το κέλυφος ανυψώνεται και είναι πάντα ζεστός και υγρός. Ο άνεμος εκεί είναι μικρής εντάσεως, αλλά μπορεί να δημιουργηθούν ασθενικοί άνεμοι από κάθε κατεύθυνση. Ο ουρανός έχει σύννεφα και σημειώνονται συχνά βροχές και καταιγίδες. Η πίεση του αέρα είναι πάντοτε χαμηλή.



Σχ. 2-16. Ανομοιόμορφη θέρμανση της γης από τον ήλιο δημιουργεί παγκόσμιους σχηματισμούς ανέμων. Άνεμοι σε μικρό ύψος ρέουν προς τον ισημερινό από το Βόρειο και από το Νότιο Πόλο.



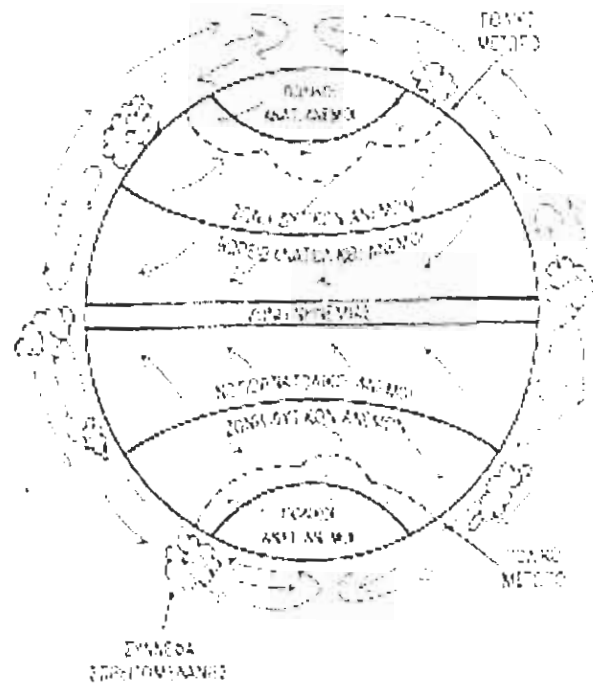
Σχ. 2-17. Η περιστροφή της γης επηρεάζει την κατεύθυνση των πλανητικών ανέμων. Δημιουργούνται σχηματισμοί, όπου υπάρχουν ζώνες με ροή ανέμου και ζώνες νημεμίας. Οι κυματοειδείς γραμμές δείχνουν ζώνες με μικρής εντάσεως άνεμο.

Βόρεια και νότια του τροπικού κελύφους είναι τα γεωγραφικά πλάτη του αλόγου (horse latitudes). Πρόκειται για ζώνες υψηλής πίεσεως, όπου αέρας κατέρχεται προς την επιφάνεια. Ο αέρας είναι ξηρός και λίγο θερμός. Οι άνεμοι είναι ασθενείς και μεταβλλόμενοι ή μπορεί να μην υπάρχει καθόλου άνεμος επί πολλές ημέρες. Οι περισσότερες έρημοι στον πλανήτη μας είναι στις ζώνες αυτές. Το όνομα "horse latitudes" προήλθε από μια συνήθεια των πληρωμάτων των διερχομένων πλοίων. Όταν ιδρύονταν οι αποικίες στην Αμερική και σε άλλα μέρη του δυτικού ημισφαιρίου, συχνά τα πλοία ακινητοποιούνταν λόγω της άπνοιας. Έτσι, έριχναν άλογα στη θάλασσα, για να εξοικονομήσουν απόθεμα πόσιμου νερού, αφού το ταξίδι παρατείνονταν.

γ) Επειδή η ξηρά και το νερό θερμαίνονται και κρυώνουν με διαφορετικούς ρυθμούς, το μέγεθος και το σχήμα των μαζών της ξηράς επιδρούν σημαντικά στην κατεύθυνση και ένταση των ανέμων. Οι μάζες της ξηράς απορροφούν και χάνουν θερμότητα με πιο γρήγορους ρυθμούς από ό,τι το νερό. τα νερά των θαλασσών πάντα αναπαράσσονται και έτσι αναμιγνύονται, οπότε το κέρδος ενέργειας στην επιφάνεια κατανέμεται σε μεγάλους όγκους νερού. Έτσι, οι μεταβολές της θερμοκρασίας της επιφάνειας του νερού δεν είναι πολύ μεγάλες. Οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύκτας και μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού μειώνονται σημαντικά.

Στην ξηρά όμως, δεν εισέρχεται πολύ ενέργεια από την επιφάνεια στο εσωτερικό αυτής και έτσι παραμένει συγκεντρωμένη στην επιφάνεια. Το έδαφος χάνει την ενέργεια εύκολα το βράδυ και ψύχεται. Αποτέλεσμα αυτού και του γεγονότος ότι το νερό έχει τη μέγιστη θερμοχωρητικότητα από όλα τα συνήθη σώματα είναι ότι οι ημερήσιες και ετήσιες μεταβολές θερμοκρασίας στις θάλασσες είναι μικρότερες από ότι στις στεριές.

Άλλοι άνεμοι προκαλούνται από τοπικές διαφορές θερμοκρασίας και τοπογραφίας της περιοχής και λέγονται τοπικοί άνεμοι. Γνωστό είναι ότι η θάλασσα αύρα και η αύρα ξηράς, πνέουν σε παραθαλάσσιες και παραλίμνιες περιοχές. Την ημέρα ο αέρας επάνω από τη στεριά ζεσταίνεται πολύ πιο γρήγορα από τον αέρα πάνω από το νερό. ο θερμός αέρας πάνω από τη στεριά ανέρχεται, ενώ ψυχρότερος αέρας επάνω από το νερό κινείται προς την ξηρά. Τη νύκτα, η ξηρά ψύχεται πιο γρήγορα, ψύχοντας και τον αέρα, που υπάρχει πάνω από αυτήν. Εν τω μεταξύ, ο αέρας πάνω από το νερό έχει θερμανθεί από το νερό που ένα θερμότερο της ξηράς. Η ροή του ανέμου αντιστρέφεται. Ο ψυχρότερος αέρας της ξηράς κινείται προς τη θάλασσα κάτω από τον ανυψούμενο ζεστό αέρα της θάλασσας. Σε περιοχές που



Σχ. 2-18. Υπάρχει ένας καθορισμένος σχηματισμός ανέμων για όλο τον πλανήτη μας.

υπάρχουν λόφοι και βουνά, δημιουργούνται άνεμοι, λόγω ανομοιόμορφης θερμάνσεως των κλιτύων και των πυθμένων των κοιλάδων. Τις ξάστερες νύκτες δημιουργούνται κατερχόμενοι άνεμοι, διότι ο αέρας στα υψηλά σημεία των κλιτύων κρυώνει και γίνεται βαρύτερος από ότι ο αέρας που πνέει χαμηλότερα. Έτσι κατέρχεται προς την κοιλάδα.

Μερικοί τοπικοί άνεμοι παρουσιάζονται τόσο συχνά και φυσούν τόσο κανονικά, ώστε δίνονται σε αυτούς ειδικά ονόματα. Για παράδειγμα, το όνομα *μαϊστράλι* έχει δοθεί στον ισχυρό ψυχρό άνεμο, που πνέει κατά την ροή των υδάτων στην κοιλάδα του ποταμού Ρήνου, στη Γαλλία. Στην Ελλάδα έχουμε το βόρειο ψυχρό άνεμο *βαρδάρη*, στη Θεσσαλονίκη.

Όταν πνέει άνεμος κατά μήκος μιας πλαγιάς βουνού, το μέτωπο του ανέμου συμπιέζεται και ζεσταίνεται, έτσι, φυσά πάνω από το οροπέδιο ξηρός, θερμός άνεμος. Ένα παράδειγμα αυτού του είδους είναι ο άνεμος Σάντα Άννα στη νότια Καλιφόρνια των ΗΠΑ. Ξεκινά από την έρημο, που βρίσκεται σε υψόμετρο και πνέει κατά μήκος της παραθαλάσσιας επίπεδης περιοχής ως ξηρός άνεμος που παρασύρει σκόνη. Ο άνεμος αυτός είναι γνωστός επίσης ως *foehn* (φοέν).

2.3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγόμενη ενέργεια.

Τρεις είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα ενέργειας που εξάγεται από τον άνεμο. Αυτοί είναι, το ύψος της ανεμογεννήτριας, το μέγεθος των πτερυγίων του ρότορα της ανεμογεννήτριας και η ένταση του ανέμου. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ταχύτητα του ανέμου. Για παράδειγμα, στα 100 ft (30 m) ύψος, η ταχύτητα του ανέμου είναι 30 mph, ενώ στα 200 ft (10 m) ύψος η ταχύτητα του ανέμου είναι 40 mph.

Το μέγεθος των πτερυγίων του ρότορα, επηρεάζει και αυτό την παραγόμενη ενέργεια. Όταν η ταχύτητα του ανέμου ή η διάμετρος των πτερυγίων αυξάνεται, τότε αυξάνεται και η ετήσια ενεργειακή παραγωγή. Επομένως, για την εξαγωγή περισσότερης ενέργειας από τον άνεμο, η ανεμογεννήτρια θα πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατό ψηλότερα (πρακτικά και οικονομικά), οι διαστάσεις των πτερυγίων θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερες και η ανεμογεννήτρια θα πρέπει να τοποθετηθεί στη μεγαλύτερη δυνατή ένταση ανέμου.

Υπάρχουν δυο βασικές διαμορφώσεις ανεμογεννητριών: η **οριζοντίου** και η **κατακόρυφου άξονα**. Στις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, τα πτερύγια βρίσκονται επάνω σε έναν άξονα παράλληλο προς το έδαφος. Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, χρησιμοποιούν άξονα κατακόρυφο προς το έδαφος. Οι δυο αυτές διαμορφώσεις, χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες. Και με τους δυο αυτούς τύπους, ο άνεμος παρέχει τη μηχανική ενέργεια περιστροφής των πτερυγίων (είτε οριζοντίου είτε κατακόρυφου άξονα). Η μηχανική αυτή ενέργεια, χρησιμοποιείται για την άντληση νερού ή την περιστροφή μιας ηλεκτρικής γεννήτριας.

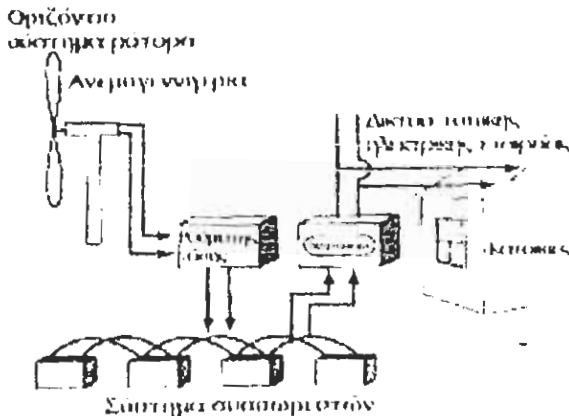
Οι χρησιμοποιούμενες γεννήτριες μπορεί να είναι εναλλασσόμενου (AC) ή συνεχούς ρεύματος (DC). Οι γεννήτριες DC, μπορεί να χρησιμοποιούνται για μικρότερες ή πιο απομακρυσμένες περιοχές. Μπορούν επίσης να συνδεθούν στο δίκτυο της ηλεκτρικής εταιρίας, μετά από τη μετατροπή τους σε εναλλασσόμενο ρεύμα. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής DC απεικονίζεται στο σχήμα 2-19. Η ενέργεια της γεννήτριας χρησιμοποιείται για τη φόρτιση συστήματος συσσωρευτών, το οποίο χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του δικτύου πόλης.

Πριν από την οδήγησή της στο σύστημα συσσωρευτών, η DC ηλεκτρική ενέργεια ρυθμίζεται κατάλληλα. Συνήθως, οι γεννήτριες παράγουν 12, 24, 110 ή 220 Volts DC. Όλη η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε συσσωρευτές. Για την απαιτούμενη τάση AC χρησιμοποιείται ένας αναστροφέας που μετατρέπει την DC τάση πριν από την εφαρμογή της στο δίκτυο της τοπικής ηλεκτρικής εταιρίας.

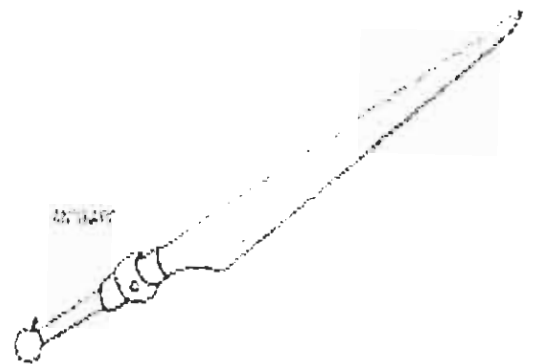
Κατά την λειτουργία των ανεμογεννητριών, υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, για τα AC και για τα DC συστήματα. Οι οικιακές καταναλώσεις είναι AC, επειδή η εναλλασσόμενη τάση μεταφέρεται αποδοτικότερα σε μεγάλες αποστάσεις. Το συνεχές ρεύμα παρουσιάζει μεγάλες απώλειες (θερμότητα) σε μεγάλες αποστάσεις μεταφοράς. Το κύριο πλεονέκτημα των συστημάτων DC, είναι ότι μπορούν να αποθηκεύουν ενέργεια σε συσσωρευτές.

Σε μια μηχανή **οριζοντίου άξονα** ο άξονας του ρότορα είναι οριζόντιος και η φτερωτή του ρότορα περιστρέφεται σε κατακόρυφο επίπεδο. Οι ανεμόμυλοι για αγροκτήματα είναι μια τέτοια περίπτωση. Ο ρότορας μπορεί να έχει μια, δυο, τρεις ή πολλές λεπίδες. Οι ρότορες με φτερωτή μιας λεπίδας (σχ. 2-20) χρειάζονται αντίβαρο στο άλλο μέρος του άξονα για τον περιορισμό των δονήσεων.

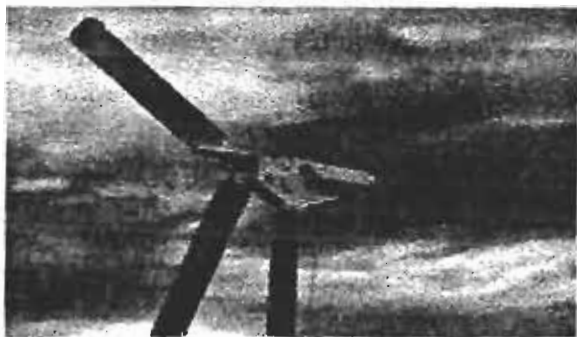
Αυτός ο τύπος δεν είναι πρακτικός εκεί όπου επικρατεί ψύχος, μπορεί να σχηματισθεί πάγος στο ρότορα, οπότε αυτός παύει να είναι ζυγοσταθμισμένος. Ο ρότορας με δυο λεπίδες (σχ. 2-6) είναι οι πιο δημοφιλείς, γιατί είναι ανθεκτικοί και πιο φθινοί να κατασκευασθούν. Ο ρότορας με τρεις λεπίδες (σχ. 2-21) διανέμει πιο όμορφα τις καταπονήσεις (τάσεις), ειδικότερα όταν ο άνεμος αλλάζει κατεύθυνση.



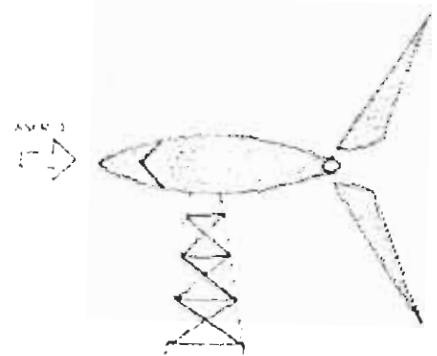
Σχ. 2-19. Κατά τη χρήση μιας ανεμογεννήτριας σε κάποια κατασκευή, συνήθως απαιτούνται επιπλέον τμήματα (συσσωρευτές, ρυθμιστές τάσεως και αναστροφείς).



Σχ. 2-21. Ο ρότορας με τρία περύγια κατανέμει πιο ομοιόμορφα τις τάσεις στο κεντρικό μέρος.

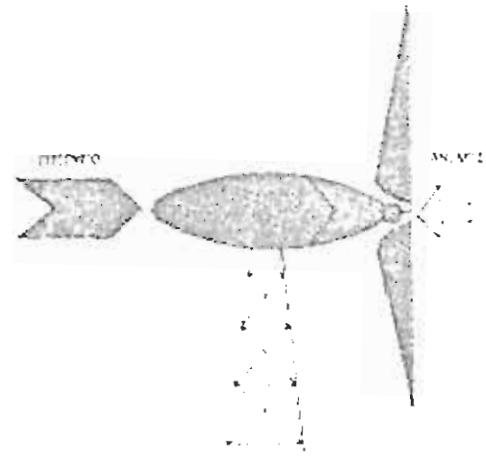


Σχ. 2-20. Οι ρότορες με φτερωτή μιας λεπίδας χρειάζονται αντίβαρο για να αποφευχθούν κατάστροφικές δονήσεις.



Σχ. 2-22. Οι μηχανές με τη φτερωτή πίσω δεν χρειάζονται περύγιο για να προσανατολισθούν στον άνεμο.

Ο τύπος με πολλές λεπίδες (πτερύγια), όπως και ο τροχός του ποδηλάτου με τις ακτίνες και αυτός με τη μορφή ιστίου είναι νέοι σχεδιασμοί ρότορα. Ο τύπος ρότορα "ρόδα ποδηλάτου" έχει πολλές λεπτές λεπίδες (πτερύγια) που κρατούνται υπό τάση μεταξύ του κεντρικού μέρους και της στερεάς μεταλλικής περιμέτρου. Είναι ελαφρύς και αντοχής. Ο ρότορας με ιστία χρησιμοποιεί μεταλλικό σωλήνα για την μπροστινή πλευρά της λεπίδας. Μικρές ράβδοι κάθετες προς τον σωλήνα σχηματίζουν λεπίδα του ρότορα (πτερύγιο).



Σχ. 2-23. Μηχανή με τη φτερωτή μπροστά. Ο ρότορας προσανατολίζεται προς τον άνεμο με τη βοήθεια πτερυγίου.

Ένα συμπαρόσχοινο είναι τεντωμένο μεταξύ της άκρης (κορυφής) και της βάσεως, που αποτελεί την πίσω πλευρά της λεπίδας. Η λεπίδα είναι καλυμμένη με πανί σαν γάντι.

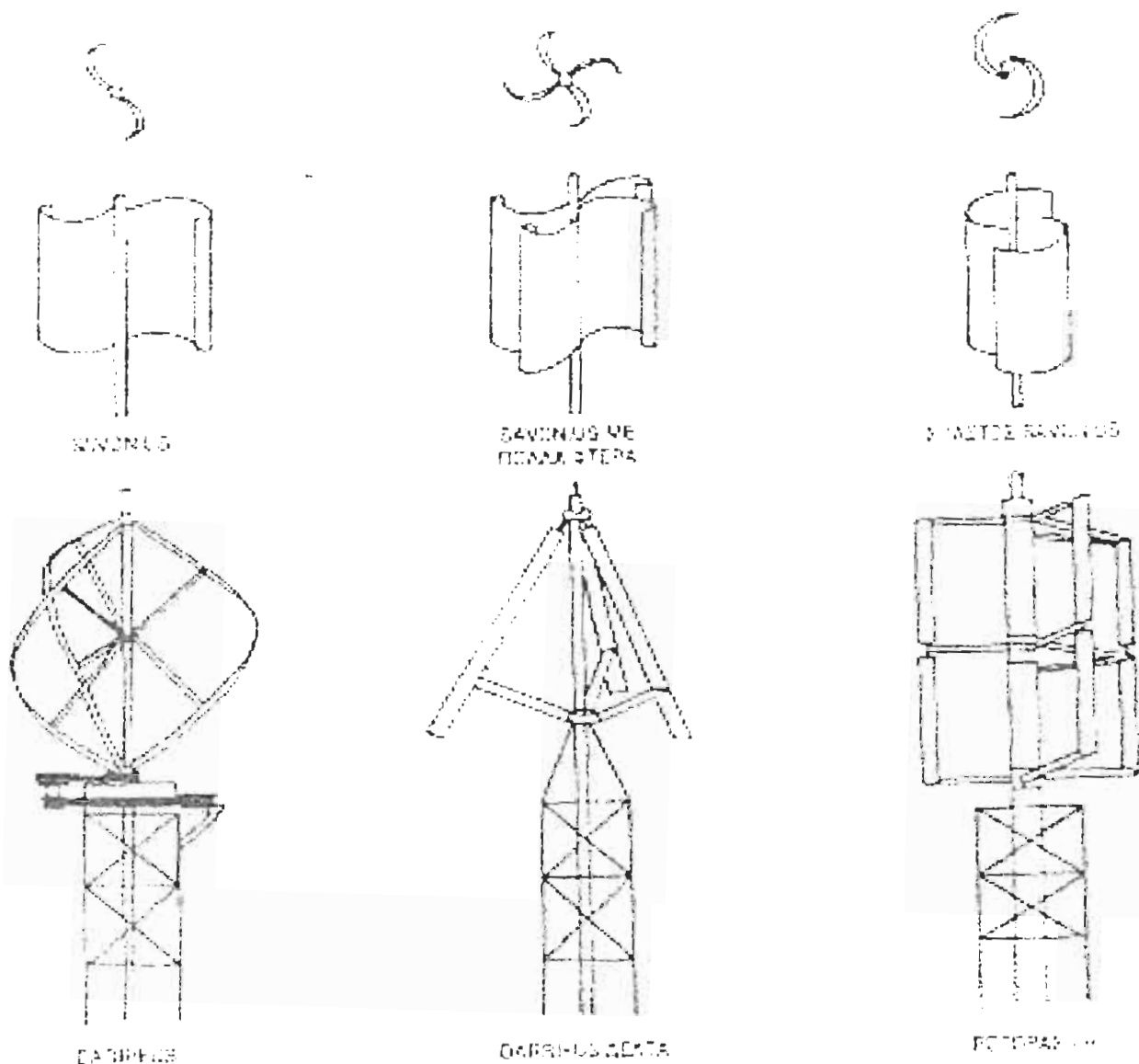
Οι ανεμομηχανές με οριζόντιο άξονα έχουν δυο άλλα χαρακτηριστικά, βάσει των οποίων διακρίνονται σε δυο τύπους:

- Τύπος με τη φτερωτή πίσω (σχ. 2-22).
- Τύπος με τη φτερωτή μπροστά (σχ. 2-23).

Στην ανεμομηχανή του τύπου με τη **φτερωτή πίσω** ο ρότορας βρίσκεται πίσω από τον πύργο και το κάλυμμα, όπου είναι και ο άξονας, δηλαδή, ο άνεμος που φυσά περνά πρώτα από αυτό το κάλυμμα και μετά κτυπά τη φτερωτή. Αυτός ο τύπος δεν διαθέτει τη μεταλλική πλάκα (πτερύγιο), που κρατά το ρότορα προσανατολισμένο στον άνεμο. Ο σχεδιασμός αυτός προτιμάται στις μηχανές που χρησιμοποιούνται για ισχυρότερους ανέμους.

Ο ρότορας με τη **φτερωτή μπροστά** είναι σχεδιασμένος να στρέφεται προς τον άνεμο με τη βοήθεια ενός πτερυγίου στην ουρά. Ένας δεύτερος μηχανισμός θέτει το ρότορα εκτός της ροής του ανέμου όταν φυσά πολύ δυνατά ή όταν η μηχανή τίθεται εκτός λειτουργίας.

Στις αεριομηχανές **κατακόρυφου άξονα**, ο ρότορας περιστρέφεται περί κατακόρυφο άξονα. Δεν χρειάζονται ειδικά πτερύγια για τον προσανατολισμό του, γιατί ο άνεμος μπορεί να φυσά από οποιαδήποτε κατεύθυνση. Στο σχήμα 2-24 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι. Ο ρότορας Savonius ή "S" σχεδιάστηκε το 1929 και μοιάζει με τους αρχαίους περσικούς ανεμόμυλους, που χρησιμοποιούνταν για άντληση νερού από πηγάδια. Είναι κατάλληλος σήμερα για άντληση νερού και για εξαερισμό σπιτιών. Περιστρέφεται πολύ αργά και γι' αυτό δεν είναι κατάλληλος για παραγωγή ηλεκτρισμού. Μια παραλλαγή του Savonius είναι ο τύπος Helius. Τα πτερύγια έχουν το ίδιο σχήμα και την ίδια εξάρτηση με αυτά του Savonius, αλλά είναι έτσι καμπυλωμένα, ώστε να λαμβάνεται περισσότερη ενέργεια από τον αέρα. Ο ρότορας Darrieus σχεδιάστηκε το 1931. Αυτός και ο Darrieus δέλτα είναι παραλλαγές με κατακόρυφο άξονα των αεριομηχανών με έλικες. Συνήθως δεν ξεκινούν από μόνοι τους και πρέπει να περιστραφούν από ηλεκτρικό κινητήρα.



Σχ. 2-24. Κατασκευές με κατακόρυφο άξονα του ρότορα. Ο τύπος Savonius είναι ο πλέον κατάλληλος για άντληση νερού και για εξαερισμό σπιτιών.

Ο ρότορας – Η έχει ρυθμιζόμενες λεπίδες, που αναποδογυρίζουν δυο φορές σε καθεμιά περιστροφή τους, για να εκμεταλλευθούν καλύτερα τον άνεμο. Περιστρέφεται πιο αργά από ό,τι ο Darrieus αλλά αναπτύσσει περισσότερη ισχύ.

Κάθε σύστημα ανεμογεννήτριας διαθέτει το δικό της συντελεστή ισχύος, ο οποίος εκφράζει την ενέργεια που μπορεί να εξαχθεί από τον άνεμο. Λόγω της δυναμικής του αέρα, και του τρόπου περιστροφής των πτερυγίων, θεωρητικά μπορεί να εξαχθεί μόνο το 59,3% της αιολικής ενέργειας. Όταν επιτυγχάνεται αυτό το ποσοστό, τότε λέμε ότι το συγκεκριμένο σύστημα ανεμογεννήτριας έχει συντελεστή ισχύος 100%. Μια ανεμογεννήτρια με συντελεστή ισχύος 80%, σημαίνει ότι εξαγάγει το 80% του μέγιστου 59,3%. Στην πράξη, οι ανεμογεννήτριες εξαγάγουν συνολικά περί το 35% της αιολικής ενέργειας. Αυτό εκφράζει το συνολικό βαθμό απόδοσης (πτερυγίων και γεννήτριας).

Οι τεχνολογικές εξελίξεις των ανεμογεννητριών είχαν τεράστια επίδραση στην οικονομική ανταγωνιστικότητα αυτών. Τα αιολικά πάρκα στην Καλιφόρνια, μπορούν να παράγουν ηλεκτρισμό με κόστος κλοβατώρας 0.047 έως 0.072

δολάρια. Με τις τιμές αυτές η αιολική ενέργεια είναι η πιο ανταγωνιστική μορφή ενέργειας. Επιπλέον, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των συστημάτων αυτών, είναι 0.008 μέχρι 0.012 δολάρια ανά κιλοβατώρα. Το κόστος συντήρησης των πυρηνικών εργοστασίων και των εργοστασίων καύσης γαιάνθρακα είναι 0.02 και 0.002 δολάρια ανά κιλοβατώρα, αντίστοιχα.

Άλλα πλεονεκτήματα της αιολικής ενέργειας, είναι η παντελής έλλειψη αποβλήτων, όπως είναι τα αναλωμένα καύσιμα των πυρηνικών εργοστασίων και η στάχτη των εργοστασίων γαιάνθρακα. Επίσης, δεν υπάρχει κόστος αγοράς καυσίμων (ο άνεμος είναι δωρεάν). Αντίθετα με τις μη-ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ο άνεμος είναι ανεξάντλητος και θα παραμείνει στο τρέχον κόστος. Μετά από όλα αυτά, είναι φανερό ό,τι η αιολική ενέργεια προσφέρει μια εναλλακτική λύση μακράς διάρκειας, στο πρόβλημα των πεπερασμένων ενεργειακών πόρων.

2.3.4 Μέτρηση ανέμου.

Οι μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου είναι αναγκαίες για την εύρεση κατάλληλης περιοχής για την τοποθέτηση μιας ανεμογεννήτριας. Η σωστή τοποθεσία παίζει σημαντικό ρόλο, διότι χρειάζεται καλός σταθερός άνεμος για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Μερικές φορές αυτή η πληροφορία δίνεται από μετρήσεις μετεωρολογικών σταθμών, αεροδρομίων ή στρατιωτικών βάσεων. Πολλά πανεπιστήμια, δημόσια σχολεία και ιδιωτικά κολέγια στις ΗΠΑ, έχουν μετεωρολογικούς σταθμούς και μπορούν να δώσουν πληροφορίες για το ό,τι ισχύει στην περιοχή σχετικά με τους ανέμους. Αν δεν υπάρχουν τέτοιες πηγές πληροφοριών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετρητής ταχύτητας ανέμου.

Η επιφάνεια της γης και τα υψηλά αντικείμενα. Όπως δένδρα και κτήρια, επηρεάζουν την ταχύτητα του ανέμου. Οι ταχύτητες του ανέμου σε χαμηλά ύψη είναι μέγιστη πάνω από νερά και επίπεδες περιοχές. Άνεμοι που πνέουν χαμηλά είναι πολύ ασθενείς επάνω από πόλεις, διότι υπάρχουν πολλά κτήρια.

Τα όργανα που μετρούν την ταχύτητα του ανέμου λέγονται *μετρητές ταχύτητας ανέμου* ή *ανεμόμετρα*. Ανεμόμετρο με καταγραφικό, καταγράφει την ταχύτητα του ανέμου για κάποιο χρονικό διάστημα.

1.4 ΚΥΜΑΤΑ

1.4.1 Ενέργεια κυμάτων.

Τα κύματα δημιουργούνται από τη μεταφορά ενέργειας από τον αέρα, που κινείται πάνω από την επιφάνεια της υδάτινης επιφάνειας. Η μεταφορά επηρεάζεται κατά δυο τρόπους: 1) Η επιφάνεια του νερού αντιδρά στις μικρές διαφορές πίεσης του κινούμενου αέρα, που δημιουργεί τις πρώτες μεταβολές στην υδάτινη επιφάνεια. Αυτές αυξάνονται από τη διαφορά της πίεσης που εξασκείται από τον κινούμενο άνεμο εμπρός και πίσω από το κύμα. 2) Η εφαπτομενική τάση λαμβάνει χώρα ανάμεσα σε δυο ρευστά, τον αέρα και το νερό, που βρίσκονται σε επαφή και κινούνται με διαφορετικές σχετικές ταχύτητες. Αφού και η ορθή πίεση και η εφαπτομενική τάση είναι συναρτήσεις της ταχύτητας του ανέμου, έπεται ότι τα χαρακτηριστικά του κύματος είναι επίσης συναρτήσεις της ταχύτητας του ανέμου.

Όταν φυσά άνεμος πάνω από μεγάλες εκτάσεις νερού, όπως θάλασσες, ωκεανοί ή λίμνες προκαλεί κύματα. Έτσι το νερό κατευθύνεται προς τη στεριά μεταφέροντας μεγάλη ενέργεια. Η ενέργεια εκλύεται, καθώς τα κύματα φθάνουν ορμητικά στις ακτές.

Η συμπεριφορά των θαλασσιών κυμάτων είναι ένα από τα πιο ενδιαφέρονται και επομένως ένα από τα ελάχιστα κατανοητά φυσικά φαινόμενα. Τα κύματα μπορεί να προκαλούνται από ορισμένες τεχνικές διαταραχές, όπως κινούμενα σκάφη ή εκρήξεις, ή μπορεί να προκαλούνται από σεισμούς, παλίρροιες ή ανέμους. Το τελευταίο αίτιο είναι εκείνο που ενδιαφέρει τους μηχανικούς και ασκεί τη μεγαλύτερη επίδραση στη μελέτη των θαλάσσιων κατασκευών. Γενικά οι παλίρροιες, λόγω της αργής ανύψωσης και πτώσης δεν επηρεάζουν σημαντικά το σχηματισμό των κυμάτων, εκτός στην περίπτωση των Tidal bores. Τα Tidal bores είναι συνηθισμένο φαινόμενο σε ορισμένες περιοχές και είναι τύπος μεμονωμένου μεγάλου κύματος, που προκαλείται από την εισβολή πλημμυρίδας σε έναν ποταμό, όπως τον Λμαζόνιο ή από την συνάντηση παλιρροιών, όπως στη λιμνοθάλασσα του Fundy.

Τα κύματα γίνονται αντιληπτά από την πτύχωση της υδάτινης επιφάνειας σε περιοδικά διαστήματα, εκτός από τα κύματα μεταφοράς και τα μεμονωμένα κύματα μεταφοράς, χωρίς πίεση κάτω από την ήρεμη επιφάνεια του νερού.

Η διαταραχή των κυμάτων γίνεται αισθητή σε σημαντικό βάθος και συνεπώς, το βάθος του νερού επιδρά στο χαρακτήρα του κύματος. Τα κύματα στα βαθιά νερά είναι εκείνα που εμφανίζονται σε βάθος μεγαλύτερο από το μέσο μήκος του κύματος ($d > L / 2$), στο οποίο βάθος ο πυθμένας δεν επιδρά σημαντικά στην κίνηση των μορίων του νερού. Τα κύματα στα άβαθα νερά είναι εκείνα, που παρατηρούνται σε βάθος θάλασσας μικρότερο από το μισό μήκος κύματος ($d < L / 2$) και η επίδραση του πυθμένα μεταβάλλει την τροχιακή κίνηση από κυκλική σε ελλειπτική ή σχεδόν ελλειπτική.

Ένα άθραυστο κύμα είναι κύμα ταλάντωσης και ακόμη μετά τη θραύση του στα βαθιά, το κύμα θα ανασχηματισθεί σε κύμα ταλάντωσης μειωμένου ύψους. Μόνο όταν φθάνει στα ριχά νερά και θραύεται, χωρίς να μπορεί να ανασχηματισθεί, μεταβάλλεται σε κύμα μεταφοράς, συνηθισμένη μορφή των θραυομένων κυμάτων κατά μήκος της ακτής. Το μόνο αποκλειστικά κύμα μεταφοράς είναι το μεμονωμένο κύμα, που είναι απλή έξαρση νερού, κινούμενη χωρίς αλλαγής μορφής με σταθερή ταχύτητα, με καθαρή μετατόπιση νερού κατά τη διεύθυνση της κίνησης του κύματος. Επιπλέον χαρακτηρίζεται από την ανεξαρτησία του από το μήκος κύματος.

Τα κύματα που δημιουργούνται στα άβαθα νερά περιορίζονται στο ύψος από δυο παράγοντες:

- Την τριβή στον πυθμένα.
- Τη θραύση.

Η τριβή στον πυθμένα αυξάνει με την ανάπτυξη των κυμάτων και τελικά διαμορφώνεται μια κατάσταση ηρεμίας, όπου η μεταφερόμενη από τον άνεμο ενέργεια καταναλίσκεται από την τριβή του πυθμένα και δεν απομένει ενέργεια για την ανάπτυξη του κύματος. Τα χαρακτηριστικά του κύματος στην κατάσταση ηρεμίας, συνδέονται έτσι με το βάθος του νερού και, φυσικά, με την ταχύτητα του ανέμου. Εξαρτώνται επίσης από τον συντελεστή τριβής που στις περισσότερες

περιπτώσεις μπορεί να ληφθεί σαν $f = 0,01$. Το ύψος του κύματος στα άβαθη νερά περιορίζεται και από ένα άλλο αίτιο. Πριν το κύμα φθάσει την κατάσταση ηρεμίας, μπορεί να θραυσθεί. Αυτό συμβαίνει όταν το κύμα φθάνει ένα ύψος που είναι περίπου το 0,8 του βάθους των ηρεμούντων νερών. Μόλις το κύμα αρχίσει να θραύεται, η πρόσθετη ενέργεια που μεταφέρεται σ' αυτό από τον άνεμο καταναλίσκεται στην θραυόμενη έξαρσή του και δεν είναι δυνατή πλέον μεγαλύτερη ανάπτυξη.

Μια άλλη σπουδαία παρατήρηση είναι η συμπεριφορά των κυμάτων που δημιουργούνται στα βαθιά νερά, και που κινούνται στα άβαθη νερά χωρίς πλέον δράση του ανέμου σ' αυτά. Στην περίπτωση αυτή ο πυθμένας κανονικά, έχει κλίση m και δυο αντίθετοι παράγοντες επηρεάζουν το ύψος του κύματος. Ο ένας είναι η τριβή του πυθμένα, που τείνει να ελαττώσει το ύψος του κύματος και ο άλλος είναι η επίδραση της βαθμιαίας μείωσης του βάθους, που τείνει να αυξήσει το ύψος του κύματος. Καθώς τα κύματα κινούνται σε άβαθη νερά, η ενέργεια του κύματος περιορίζεται καθώς μειώνεται βαθμιαία το βάθος του νερού. Η ποσότητα του νερού, όπου ασκείται η ενέργεια, ελαττώνεται, η ενέργεια κάθε μορίου νερού και το ύψος του κύματος αυξάνουν.

2.4.2 Ιδιότητες κυμάτων.

Όλα τα είδη κυμάτων είτε κινούνται στον αέρα είτε στο νερό, έχουν παρόμοιες ιδιότητες. Μερικές από αυτές είναι: το μήκος μεταξύ δυο διαδοχικών εξάρσεων είναι το μήκος κύματος (L) και η απόσταση ανάμεσα στο ανώτατο και το κατώτατο σημείο του κύματος είναι το ύψος του κύματος (H). το κύμα κινείται πάνω από την επιφάνεια του νερού και ο χρόνος που μεσολαβεί, ώστε δυο διαδοχικές εξάρσεις να περάσουν από ένα σημείο είναι η περίοδος του κύματος (T). Ταχύτητα του κύματος είναι η ταχύτητα διάδοσης του κύματος. Τα παραπάνω

$$u = \frac{L}{T} = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}} = \frac{gT}{2\pi} \quad L = \frac{2\pi u^2}{g} = \frac{gT^2}{2\pi} \quad T = \sqrt{\frac{2\pi L}{g}} = \frac{2\pi u}{g}$$

χαρακτηριστικά μεγέθη σχετίζονται με τις ακόλουθες εξισώσεις:

Όπου u = ταχύτητα διάδοσης του κύματος σε πόδια ανά sec.

L = μήκος κύματος (απόσταση μεταξύ διαδοχικών εξάρσεων κυμάτων) σε πόδια.

T = περίοδος κύματος (χρόνος που χρειάζεται το κύμα να διανύσει τα L πόδια) σε sec.

Το μέγεθος του κύματος σε μια ορισμένη θέση εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, τη διάρκεια του ανέμου, τη μεγαλύτερη απόσταση δράσης του ανέμου και το βάθος του νερού. Για τον καθορισμό του κύματος, που θα χρησιμοποιηθεί στη μελέτη ενός έργου σε μια ορισμένη θέση, μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί ο μελετητής να βασίζεται σε μια πλήρη σειρά παρατηρήσεων, που αφορούν σε μια μεγάλη χρονική περίοδο.

Παρατηρώντας μια σειρά κυμάτων διαπιστώνουμε ότι το ύψος μεμονωμένων κυμάτων ποικίλει. Όποιος έχει παρακολουθήσει τα κύματα ή βρέθηκε στη θάλασσα κατά τη διάρκεια τρικυμίας ξέρει ότι συχνά θα εμφανίζεται ένα κύμα

πολύ υψηλότερο από τα άλλα. Το μέσο ύψος του ψηλότερου ενός-τρίτου των κυμάτων σ'ένα γνωστό διάστημα ονομάζεται κύριο ύψος και έχει αποδειχθεί ότι το υψηλότερο ή μέγιστο ύψος είναι περίπου 1,87 φορές το κύριο ύψος.

Τα κύματα μεγαλώνουν γρήγορα αλλά όσο διαρκεί ο άνεμος αυξάνουν μ'ένα χαμηλότερο ρυθμό. Καθώς τα κύματα απομακρύνονται από την περιοχή της δημιουργίας τους, χάνουν διαρκώς ενέργεια και μειώνεται το ύψος τους, αλλά το μήκος τους, η περίοδος και η ταχύτητα αυξάνουν. Βασική αιτία της εξασθένησης του κύματος είναι η αντίσταση του αέρα, ενώ αμελείται το ιξώδες των μορίων και η εσωτερική τριβή.

2.5 ΠΑΛΙΡΡΟΙΑ

2.5.1 Αιτίες των παλίρροιών.

Η παλίρροια είναι περιοδική ύψωση και πτώση των υδάτων του ωκεανού, που προκαλείται από την έλξη της σελήνης και του ήλιου. Όταν η στάθμη είναι υψηλή έχουμε την πλημμυρίδα, όταν η στάθμη είναι χαμηλή έχουμε την άμπωτη. Η κίνηση είναι περισσότερο αντιληπτή στις ακτές, που κλίνουν βαθμιαία και αποκαλύπτουν μια βαθιά έκταση ακτής μεταξύ του υψηλότερου και χαμηλότερου επιπέδου παλίρροιας.

Οι μεγαλύτερες πλημμυρίδες, που λαμβάνουν χώρα ανά διαστήματα μισού σεληνιακού μήνα ονομάζονται εαρινές παλίρροιας. Συμβαίνουν το χρόνο ή κοντά στο χρόνο που η σελήνη είναι νέα ή πλήρης. Δηλαδή, όταν ο ήλιος η σελήνη και η γη βρίσκονται απ'ευθείας και οι προκαλούσες την παλίρροια δυνάμεις της σελήνης και του ήλιου είναι προσθετικές. Όταν οι ευθείες που συνδέουν τη γη με τον ήλιο και τη σελήνη σχηματίζουν ορθή γωνία, δηλαδή όταν η σελήνη είναι στα τέρτατά της, τότε οι δράσεις της σελήνης και του ήλιου είναι αφαιρετικές και λαμβάνουν χώρα οι μικρότερες άμπωτίδες που ονομάζονται χαμηλές παλίρροιας.

Λόγω της επιβράδυνσης του παλιρροιακού κύματος στον ωκεανό από δυνάμεις τριβής, καθώς η γη περιστρέφεται ημερησίως γύρω από τον άξονά της και καθώς η παλίρροια τείνει να ακολουθήσει την κατεύθυνση της σελήνης, η μεγαλύτερη πλημμυρίδα, σε κάθε περιοχή, δεν συμπίπτει με την ευθεία διάταξη, αλλά συμβαίνει σε κάποια χρονική στιγμή μετά τη νέα και πλήρη σελήνη. Το διάστημα αυτό είναι γνωστό σαν η ηλικία της παλίρροιας, που μπορεί να ανέλθει, το πολύ, σε δύομισι ημέρες. Η παλίρροια διαφέρει κατά περιοχές κατά μήκος της ακτής του ωκεανού λόγω δευτερευόντων παλιρροιακών κυμάτων, που προκαλούνται από το πρωτεύον παλιρροιακό κύμα της υδάτινης μάζας, που κινείται γύρω από τη γη. Επίσης επηρεάζονται από το βάθος των ρηχών υδάτων και από τη διαμόρφωση των ακτών.

Η πλημμυρίδα και η άμπωτη σημειώνονται ημερησίως κατά διαστήματα, που μπορούν να προβλεφθούν. Η χρονική στιγμή της πλημμυρίδας σε κάποιο μέρος μπορεί να καθορισθεί προσθέτοντας 50,5 λεπτά στη χρονική στιγμή εκδηλώσεως της πλημμυρίδας της προηγούμενης ημέρας.

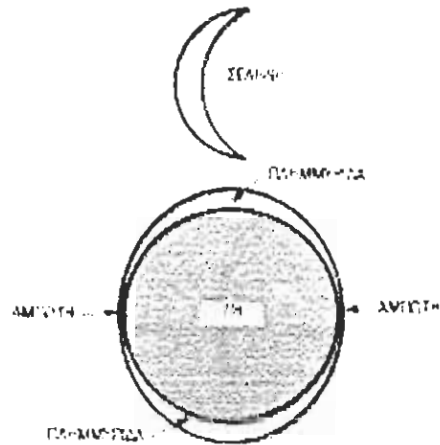
Οι παλίρροιας που συμβαίνουν δυο φορές κάθε σεληνιακή μέρα ονομάζονται ημι-ημερήσιες παλίρροιας. Σε ορισμένα μέρη όπως το Pensacola της Florida, συμβαίνει μόνο μια πλημμυρίδα την μέρα και οι παλίρροιας ονομάζονται τότε ημερήσιες παλίρροιας. Εάν μια από τις δυο ημερήσιες πλημμυρίδες δεν είναι

πλήρης, δηλαδή εάν δεν φθάνει στο ύψος της προηγούμενης παλίρροιας, όπως στο San Francisco της California, τότε οι παλίρροιας αναφέρονται σαν μικτές ήμι-ημερήσιες παλίρροιας.

Αυτή η καθυστέρηση συμπίπτει με την ημερήσια μεταβολή της ανατολής της σελήνης. Είναι επομένως εύκολο να διαπιστώσει κάποιος ότι το φεγγάρι είναι η αιτία αυτού του φαινομένου. Ειδικότερα, οφείλεται στη βαρυτική έλξη του φεγγαριού επί της γης. Έτσι, η σελήνη έλκει τη γη και δημιουργεί ένα μικρό εξόγκωμα στην επιφάνεια της, προς την πλευρά της σελήνης. Το εξόγκωμα γίνεται αισθητό στις περιοχές, όπου υπάρχει νερό. Ένα άλλο εξόγκωμα σχηματίζεται ταυτόχρονα στην άλλη μεριά της γης (σχ.2-25).



Α



Β

Σχ. 2-25. Α - Άποψη της γης από το διάστημα όπου φαίνονται μεγάλες εκτάσεις νερού. Όλες επηρεάζονται από τη βαρυτική έλξη της σελήνης. Β - Διάγραμμα που δείχνει απλοϊκά την παλίρροια. Αν η γη είναι πλήρως καλυμμένη από νερό, κατ' αυτόν τον τρόπο θα δημιουργούνται οι παλίρροιας.

Ο ήλιος επίσης ευθύνεται κάπως για τις παλίρροιας. Όμως, η βαρυτική έλξη αυτού δεν είναι τόσο ισχυρή, γιατί βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερη απόσταση από τη γη.

Παλιρροιακή μεταβολή είναι η διαφορά μεταξύ της στάθμης κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα. Οι μεγαλύτερες μεταβολές συμβαίνουν, όταν η βαρυτική έλξη του ηλίου και της σελήνης προστίθενται. Αυτό γίνεται όταν ο ήλιος και η σελήνη βρίσκονται προς την ίδια πλευρά της γης (σχ. 2-26 αριστερά). Άλλες φορές οι δράσεις αυτές αλληλοαναιρούνται (σχ. 2-26 δεξιά). Η μέγιστη παλίρροια ονομάζεται *μεγάλη παλίρροια*, ενώ η ελάχιστη καλείται *μικρή παλίρροια*.

2.5.2 Αξιοποίηση παλιρροιών.

Το νερό κατά την ανύψωση και ταπείνωσή του λόγω παλιρροιών, διαθέτει ενέργεια, που μπορεί να αξιοποιηθεί. Όπως και η αιολική, η παλιρροϊκή ενέργεια δεν είναι σταθερή. Πρέπει αυτού του είδους η ενέργεια να δεσμευθεί και να αποθηκευθεί.

Παλιρροϊκοί νερόμυλοι. Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας δεν είναι καινούργιο φαινόμενο. Εκατοντάδες χρόνια πριν νερά από παλίρροια δεσμεύονταν

στις εκβολές ποταμών. Η αποθηκευμένη ενέργεια χρησιμοποιούνταν, για να κινεί νερόμυλους. Κατασκευάστηκαν φράγματα σε ποτάμια. Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας διέρχονταν μέσω θυρών στο φράγμα και γέμιζαν τη (φυσική) αποθήκη. Κατά την πλημμυρίδα έκλειναν οι θύρες. Κατά την άμπωτη, που ακολουθούσε μετά από ώρες, το αποθηκευμένο νερό ελευθερώνονταν και κινούσε νερόμυλους.

Μεταξύ του 1851 και του 1822 σε μια από τις κάμαρες της γέφυρας του Λονδίνου είχε κατασκευαστεί ένας τέτοιος νερόμυλος. Χρησιμοποιούνταν, για να αντλεί νερό από τον ποταμό Τάμεση, στο κέντρο του Λονδίνου.

Ένας παλιρροϊκός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής λειτουργεί λίγο πολύ όπως οι παλαιοί παλιρροϊκοί νερόμυλοι. Δεσμευμένο νερό από παλίρροια εξέρχεται από άνοιγμα του φράγματος που κινεί υδροστρόβιλο. Ορισμένα παράλια μέρη είναι κατάλληλα για δέσμευση παλιρροϊκών υδάτων.

Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ ύψους κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι περίπου 10 m και παραπάνω. Οι συνθήκες αυτές υπάρχουν στις εξής περιοχές:

- Στην παράλια του Fundy, στον Ανατολικό Καναδά.
- Στην ακτή του Ειρηνικού, στην Αλάσκα.
- Στις εκβολές των ποταμών Severn και Solway, στην Αγγλία.
- Στις θάλασσες Barents και Okhotsk, στη Ρωσία.
- Στη βορειοδυτική Αυστραλία.
- Στη βορειοανατολική Βραζιλία.
- Στη Νότια Αργεντινή.
- Στη δυτική Αφρική.
- Στα ανατολικά παράλια των δυτικών Ινδιών.
- Στη βορειοδυτική Γαλλία.

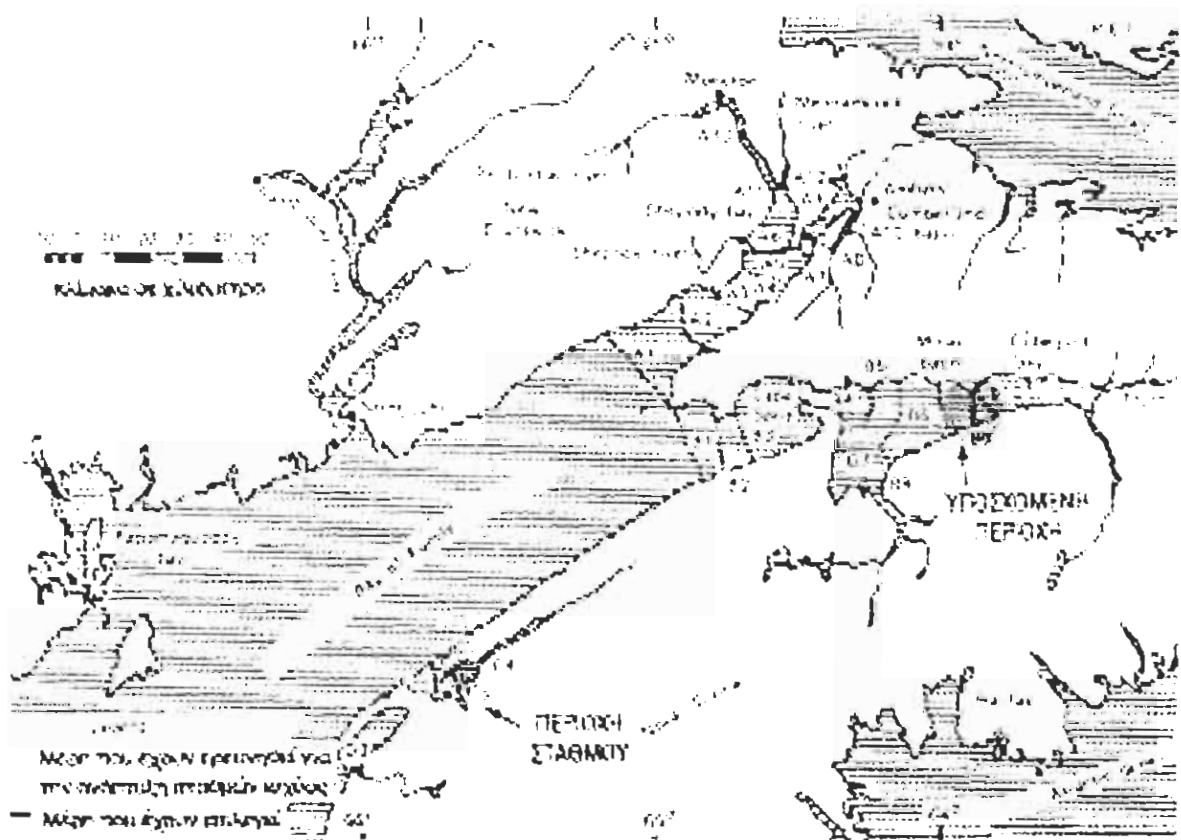
Πιστεύεται ότι αν κατασκευάζονταν σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής σε όλα αυτά τα μέρη, θα μπορούσαν να παράγουν σχεδόν 2000 δισεκατομμύρια κιλοβάτ ηλεκτρισμού.

Οι παλιρροϊκοί σταθμοί χρειάζονται πολύ νερό, για να διατηρούνται οι γεννήτριες σε λειτουργία. Επειδή τα νερά της παλίρροιας είναι διαθέσιμα μόνο για μικρά χρονικά διαστήματα κάθε μέρα, τα νερά πρέπει να δεσμευθούν σε μεγάλα φράγματα κατασκευασμένα στις εκβολές ποταμών. Είναι πολύ δαπανηρή η κατασκευή τέτοιων φραγμάτων και υδροστρόβιλων, που θα κινούν τις γεννήτριες. Οι εκβολές "πρέπει" να είναι τέτοιες που να μπορούν να κρατηθούν μεγάλες ποσότητες νερού στη λίμνη του φράγματος. Επίσης, η εισερχόμενη παλίρροια πρέπει να μεταφέρει τεράστιες ποσότητες νερού.

Υπάρχοντες και σχεδιαζόμενοι παλιρροϊκοί σταθμοί. Ο πρώτος τέτοιου είδους σταθμός κατασκευάστηκε στον ποταμό La Rance στη Βορειοδυτική Γαλλία το 1962. Ένας δεύτερος σταθμός, ο Kislaya Guba, κατασκευάστηκε στη Ρωσία, στη θάλασσα Barents. Ένας τρίτος λειτουργεί στην παράλια του Fundy.

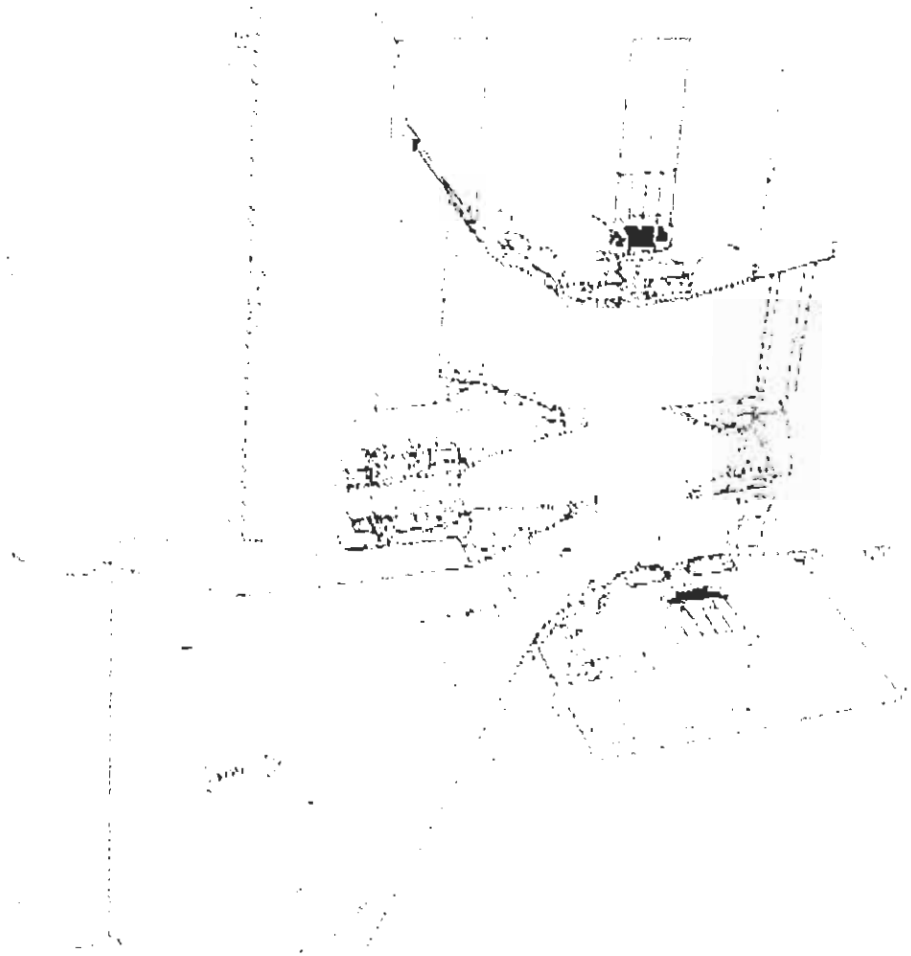
Οι υδροστρόβιλοι στο σταθμό του ποταμού La Rance μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ισχύ κατά την κίνηση των νερών και προς τις δυο κατευθύνσεις. Στις εκβολές σχηματίζεται μια μεγάλη φυσική δεξαμενή. Η διαφορά ύψους του νερού κατά την παλίρροια μπορεί να φθάσει τα 8,5 m.

Παλίρροϊκός σταθμός στην παραλία του Fundy. Αυτό το πρόγραμμα καταρτίστηκε, μόνο για να ελεγχθεί η δυνατότητα κατασκευής παλίρροϊκού σταθμού στην παραλία Fundy αλλά και για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ισχύος για την περιοχή Nova Scotia. Επελέγησαν πολλές τοποθεσίες για μελλοντικές εγκαταστάσεις (σχ. 2-26). Η πρώτη φάση κατασκευής ήταν ένα πιλοτικό πρόγραμμα, ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής, που κατασκευάσθηκε κοντά στο Annapolis Royal, στο νησί Hog's Island, στη βρειοδυτική Nova Scotia. Τα νερά της παλίρροιας συγκρατούνται σε φυσική δεξαμενή, δηλαδή σε λίμνη, που σχηματίζεται στο στόμιο του ποταμού Annapolis River. το πρόγραμμα θα ελέγξει την καταλληλότητα ενός νέου σχεδίου υδροστροβίλου. Η μονάδα αυτή είναι μια σύγχρονη προσαρμογή υδροστροβίλου τύπου αξονικής ροής με γεννήτρια τύπου στεφάνης. Είναι τοποθετημένος οριζόντια, για να "πιάσει" την ενέργεια οριζόντιας ροής νερού.



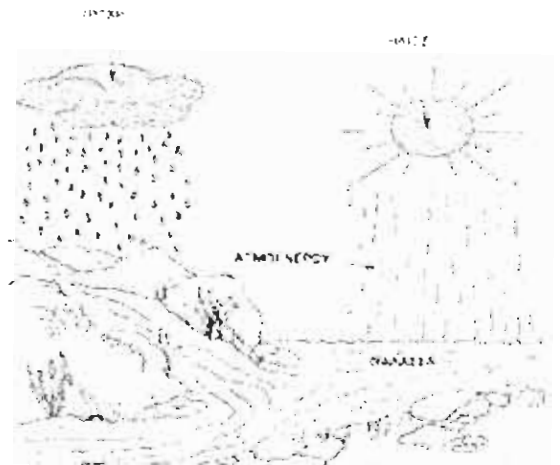
Σχ. 2-26. Χάρτης της περιοχής Fundy Bay στη Nova Scotia, που δείχνει σημεία για πιθανή ανάπτυξη παλίρροϊκών σταθμών. Το μέρος όπου εφαρμόζεται το δοκιμαστικό πρόγραμμα είναι κοντά στο στόμιο του ποταμού Annapolis. Το σημείο που έχει την ένδειξη "B9" θεωρείται ότι είναι αυτό που υπόσχεται πολλά για μελλοντική ανάπτυξη (Tidal Power Corp.).

Το σχήμα 2-27 είναι μια τομή του υδροστροβίλου και της γεννήτριας. Η φτερωτή έχει τέσσερα πτερύγια. Περιστρέφεται μέσα στον τεράστιο στάτορα της γεννήτριας. Μπορεί να λειτουργεί με υψόμετρο νερού από 1,4 m μέχρι 6,8 m. μπορεί να παράγει 50 GW ηλεκτρικής ισχύος κατά μέσο όρο το χρόνο. Το υψόμετρο της παλίρροιας στην περιοχή Annapolis Royal και σε άλλα σημεία κατά μήκος των ακτών της Nova Scotia είναι μέχρι 8,7m κατά τις μεγάλες παλίρροιας και μέχρι 4,4 m κατά τις μικρές παλίρροιας. Η μέση τιμή ύψους είναι 6,4 m.



Σχ. 2-27. Τομή ενός από τους υδροστρόβιλους σε παλιρροϊκό σταθμό. Είναι σχεδιασμένος να λειτουργεί και στις δυο κατευθύνσεις ροής. Οι πόλοι της γεννήτριας είναι διευθετημένοι γύρω από την εξωτερική πλευρά της φτερωτής (Tidal Power Corp.).

Νερό που πέφτει ή ρέει. Αυτό συμβαίνει στους ποταμούς. Μεγάλοι ποταμοί της υδρογείου μπορεί να ρέουν επί εκατοντάδες ή χιλιάδες χιλιόμετρα, πριν χυθούν στη θάλασσα. Η ροή του ποταμού οφείλεται στη δράση του ηλίου, ο οποίος δρα ως τεράστια αντλία. Αντλεί υγρασία από τους ωκεανούς και τη στεριά και την ελευθερώνει επάνω από την ξηρά. Αυτό συντηρεί την ροή των ποταμών με συνεχή ανακύκλωση. Η ροή αντιπροσωπεύει μια τεράστια πηγή κινητικής ενέργειας, η οποία μπορεί να ληφθεί και να παράγει έργο για τον άνθρωπο (σχ. 2-28).



Σχ. 2-28. Ο ήλιος είναι μια τεράστια αντλία. Αντλεί ατμούς από τη θάλασσα στην ατμόσφαιρα σε τεράστιες ποσότητες. Στη συνέχεια πέφτουν ως βροχή και διατηρούν τη ροή των ποταμών.

2.6 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.6.1 Γενικά – Υδροστρόβιλος.

Μια από τις παλαιότερες μεθόδους εξαγωγής ενέργειας από τα αποθέματα της γης, είναι η υδροενέργεια. Η ενέργεια αυτή είναι κινητική, και χρησιμοποιεί τις βαρυτικές δυνάμεις των υδατοπτώσεων, για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας. Σήμερα, η μηχανική αυτή ενέργεια συνήθως χρησιμοποιείται για την περιστροφή υδροστροβίλων και την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η ενέργεια αυτή, είναι αποτέλεσμα του υδρολογικού κύκλου.

Η υδροενέργεια αποτελεί έμμεση μορφή ηλιακής ενέργειας, επειδή εξαρτάται από το υδρολογικό κύκλο. Κατά τον κύκλο αυτό, ο ήλιος εξατμίζει το νερό, το οποίο μεταφέρεται υπό μορφή υδρατμών στην ατμόσφαιρα, κατόπιν επιστρέφει πίσω στη γη σε μορφή βροχής ή χιονιού, και καταλήγει στη θάλασσα μέσω ποταμών ή χειμάρρων, κοκ. Αυτός ο διαρκής κύκλος παρέχει τα διάφορα καιρικά φαινόμενα κατά την ανάπτυξη των ποταμών και χειμάρρων.

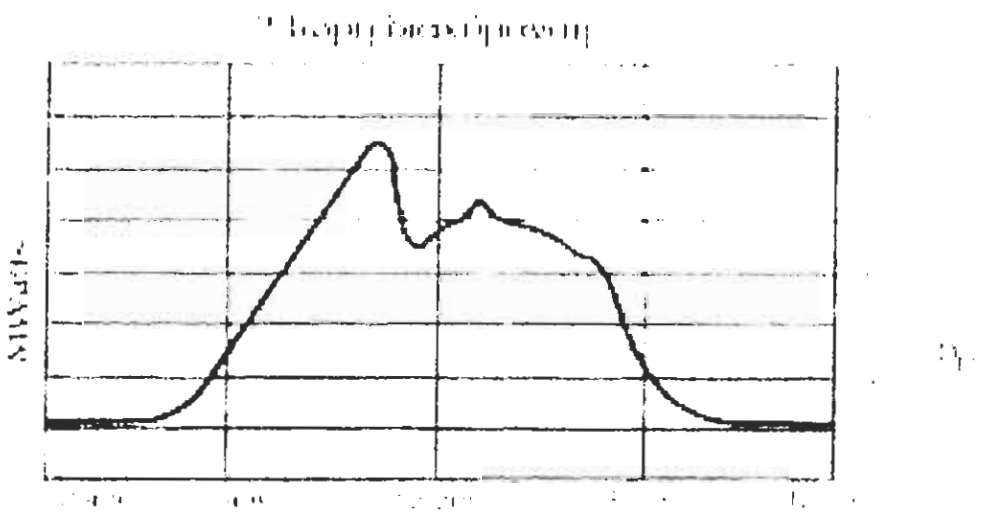
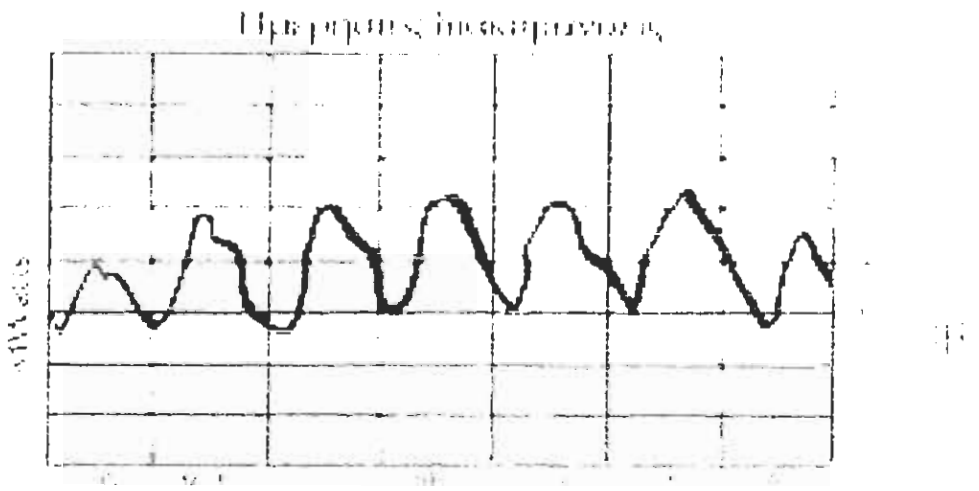
Καθώς το νερό των ποταμών και των χειμάρρων κινείται προς τη θάλασσα, η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε δυναμική (υδατοπτώσεις). Η μετατροπή αυτή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία υδροστροβίλων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο υδροστρόβιλος ή στρόβιλος αντίδρασης, επηρέασε σημαντικά την ανάπτυξη της τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρισμού, στα χρόνια που ακολούθησαν. Στο στρόβιλο αντίδρασης, ο τροχός κινείται από τη δύναμη του εξερχόμενου νερού (όπως στον υδροτροχό), μέσω πτερυγίων στην περιφέρειά του.

Η ανάπτυξη του υδροστροβίλου οφείλεται στον Benoit Fourmeyron, το 1820. Ο υδροστρόβιλος διέθετε πολλά πλεονεκτήματα συγκριτικά με το δημοφιλή υδροτροχό. Ήταν συμπαγής, υποβρύχιος και συνελάμβανε περισσότερη από την ενέργεια του κινούμενου νερού. Επίσης, μπορούσε να τοποθετηθεί και σε οριζόντια θέση, με κατακόρυφο άξονα. Μέχρι το 1837, ο Fourmeyron είχε βελτώσει τον υδροστρόβιλο, προσδιορίζοντας τη βέλτιστη τοποθέτηση των πτερυγίων και τις διαστάσεις του τροχού. Η πιο προηγμένη σχεδίαση είχε διάμετρο 1 ft, ζύγιζε 40 lbs και μπορούσε να παράγει 60 hp, με βαθμό απόδοσης 80%. Κατόπιν ορισμένων ακόμα βελτιώσεων, ο υδροστρόβιλος εφαρμόστηκε στην παραγωγή ηλεκτρισμού.

2.6.2 Σχεδίαση υδροηλεκτρικών φραγμάτων – εργοστασίων.

Οποιοδήποτε υδροηλεκτρικό φράγμα, θα πρέπει να διαθέτει κάποιο ελάχιστο ύψος κεφαλής (διαφορά μεταξύ επιπέδων εισόδου και εξόδου νερού). Στην πράξη, ανάλογα με την γεωγραφία, η κεφαλή μπορεί να αρχίζει από 20 ft (7 m) και να φθάνει μέχρι 100 ft (30 m) ή 1000 ft (350 m), ανάλογα με το φράγμα. Με την αύξηση των τιμών των καυσίμων, η κατασκευή φραγμάτων μικρής κεφαλής γίνεται πιο οικονομική. Όλα τα υδροηλεκτρικά φράγματα, θα πρέπει να διαθέτουν δεξαμενή αποθήκευσης του νερού. Η ποσότητα του αποθηκευμένου νερού, εξαρτάται από τις διακυμάνσεις του ηλεκτρικού φορτίου. Στο σχήμα 2-29, απεικονίζονται οι μηνιαίες, ημερήσιες και ωριαίες διακυμάνσεις του φορτίου (κατανάλωση).



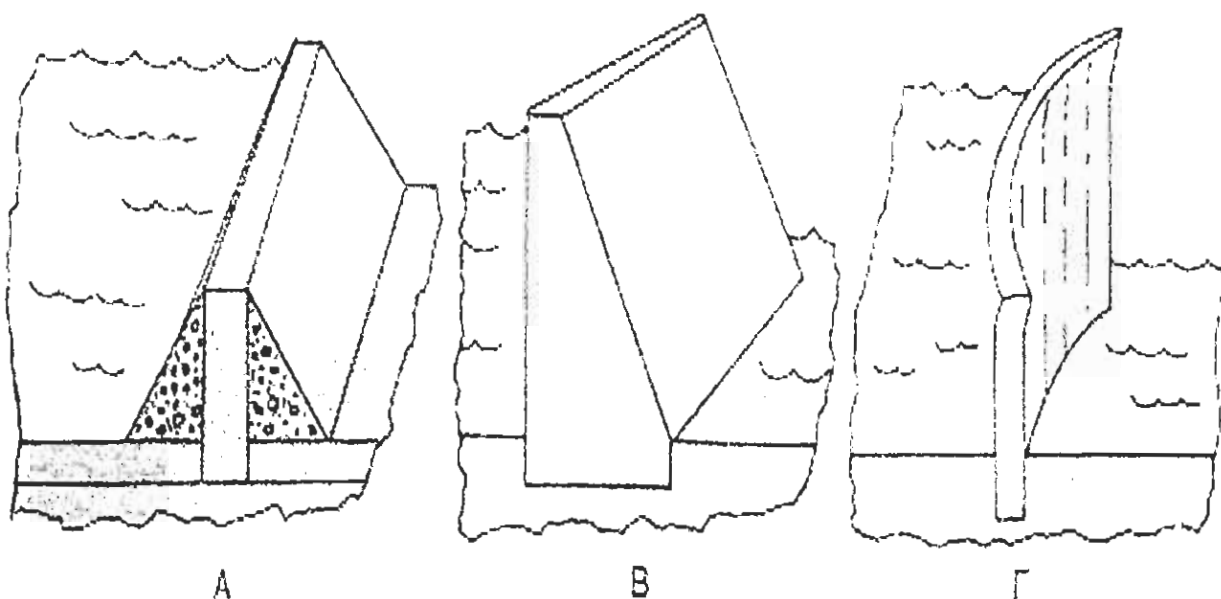
Σχ. 2-29. Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια, έχουν τη δυνατότητα να αντεπεξέρχονται στις διακυμάνσεις του φορτίου. Οι διακυμάνσεις του φορτίου μπορεί να είναι μηνιαίες, ημερήσιες ή ωριαίες.

Κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, οι κορυφώσεις οφείλονται κυρίως στη λειτουργία κλιματιστικών μηχανημάτων (σχ 2-29 (α)). Το σχήμα 2-29 (β) δείχνει ότι η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνει περί το μεσημέρι και πέφτει κατά τη διάρκεια της νύκτας. Οι ωριαίες διακυμάνσεις του σχήματος 2-29 (γ), δείχνουν ποιες ώρες της ημέρας απαιτούνται επιπρόσθετα φορτία. Με βάση αυτές τις διακυμάνσεις, είναι δύσκολη η κατασκευή ενός οικονομικά αποδοτικού εργοστασίου. Περί το 50% του χρόνου, το εργοστάσιο λειτουργεί χαμηλότερα από την πλήρη δυνατότητα που έχει.

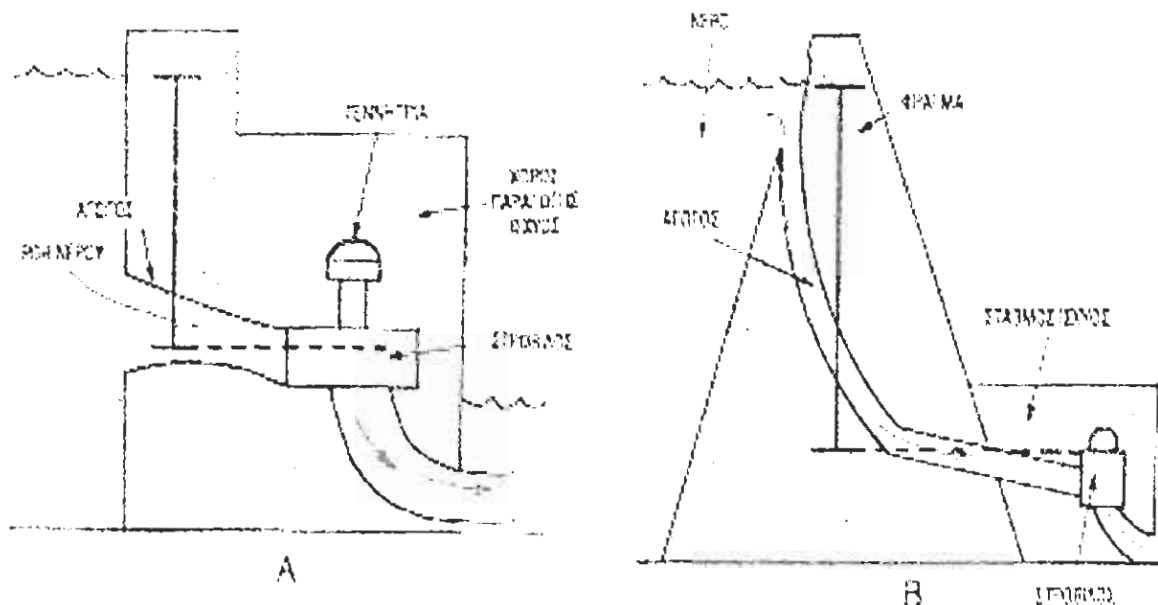
Για την αντιμετώπιση αυτής της ανισότητας, η ενέργεια αποθηκεύεται για τις ώρες αιχμής. Με τα υδροηλεκτρικά φράγματα ικανοποιούνται εύκολα οι κυμαινόμενες απαιτήσεις. Κατά τις ώρες αιχμής, η πύλη του φράγματος ανοίγει και επιτρέπει τη ροή περισσότερου νερού και έτσι παράγεται περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια.

Επίσης, ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο διαθέτει μεγαλύτερη ταχύτητα απόκρισης από ένα ατμοηλεκτρικό εργοστάσιο. Η ροή του νερού μπορεί να μεταβάλλεται άμεσα, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις της κατανάλωσης. Αντίθετα, αυξήσεις ή μειώσεις της πίεσης του ατμού, απαιτούν περισσότερο χρόνο για να επιτευχθούν.

Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια απαιτούν υψόμετρο (ύψος στάθμης νερού) τουλάχιστον 6 m. Ως υψόμετρο ορίζουμε την απόσταση μεταξύ της στάθμης του νερού και του σημείου, όπου βρίσκεται ο υδροστρόβιλος. Πολλά χαμηλού υψομέτρου φράγματα έχουν υψόμετρο όχι μεγαλύτερο από 30 m με 300 m (σχ. 2-30 και σχ. 2-31 για περισσότερες πληροφορίες για το σχεδιασμό φραγμάτων).



Σχ. 2-30. Τύποι φραγμάτων. Α – Στα φράγματα τύπου Embankment χρησιμοποιείται χώμα ή βράχοι. Είναι τα απλούστερα και τα φθηνότερα. Β – Τα φράγματα από σκυρόδεμα είναι μεγάλα και ακριβά. Συνήθως κατασκευάζονται σε πλατιές κοιλάδες. Γ – Τα τοξοειδή φράγματα έχουν λεπτό τοίχωμα και είναι κυρτά προς την πλευρά της λίμνης. Δυνάμεις από αποθηκευμένο νερό ασκούνται στο τοίχωμα και στον πυθμένα της δεξαμενής του φράγματος.



Σχ. 2-31. Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια λειτουργούν με διάφορα υψόμετρα νερού. Α – Χαρακτηριστικό εργοστάσιο χαμηλού υψομέτρου. Β – Χαρακτηριστικό εργοστάσιο μεγάλου υψομέτρου.

Η αποθήκευση του νερού είναι ένα άλλο σημαντικό στοιχείο στο σχεδιασμό. Η ποσότητα του νερού, που χρειάζεται να αποθηκευθεί εξαρτάται από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ισχύ στο σταθμό ηλεκτροπαραγωγής. Οι ανάγκες αυτές δεν είναι πάντοτε οι ίδιες.

Για την αντιμετώπιση των περιόδων αιχμής, υπάρχουν ορισμένα υδροηλεκτρικά εργοστάσια γνωστά ως αντλούμενης αποθήκευσης. Τα εργοστάσια αυτά, χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με αυτά της καύσης υδρογονανθράκων. Ένα τέτοιο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο χτίζεται σε μια μεγάλη δεξαμενή στην κορυφή ενός λόφου. Κατά τη διάρκεια της νύκτας ή σε περιόδους χαμηλής ζήτησης, το νερό αντλείται αργά για αποθήκευση πίσω στη δεξαμενή. Κατά τις ώρες αιχμής, το νερό αυτό χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Ο ηλεκτρικός φόρτος είναι μεγαλύτερος την ημέρα και σταδιακά μειώνεται το απόγευμα, φθάνοντας στο κατώτατο σημείο τη νύκτα. Η χρήση ηλεκτρικής ισχύος είναι επίσης μεγαλύτερη κατά τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, διότι στις ΗΠΑ χρησιμοποιούνται πολύ τα κλιματιστικά.

Το νερό πρέπει να αποθηκεύεται και να ελευθερώνεται σύμφωνα με τις ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια. Όταν οι ανάγκες είναι μεγάλες, ανοίγονται περισσότερο οι θύρες του φράγματος, για να επιτρέψουν σε περισσότερο νερό να περάσει από τον υδροστρόβιλο. Ως αποτέλεσμα έχουμε την παραγωγή περισσότερης ισχύος.

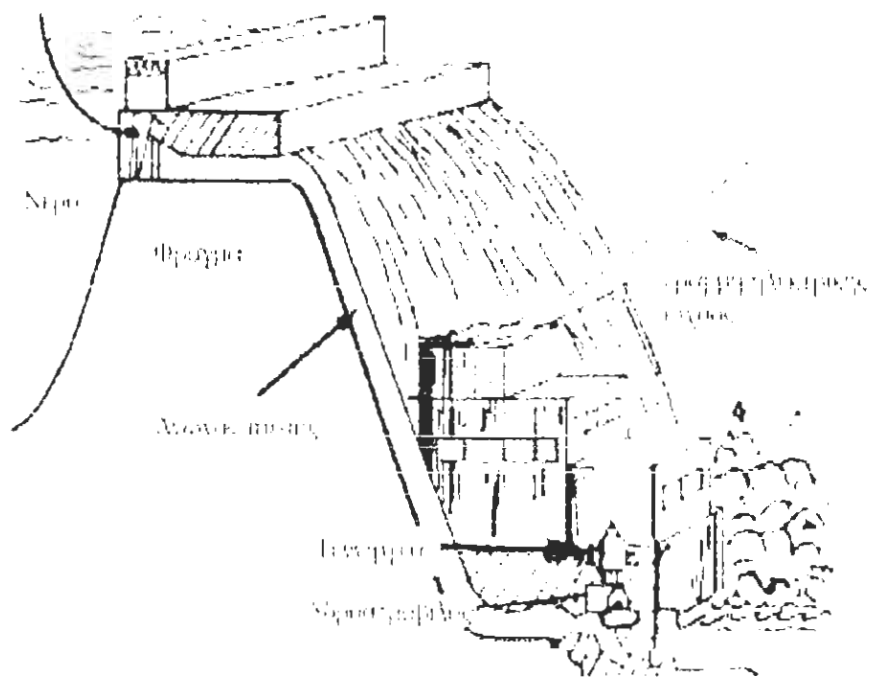
2.6.3 Υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

Το πρώτο παγκόσμιο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο που χρησιμοποίησε υδροστρόβιλο, εγκαταστάθηκε στο Appleton του Wisconsin, το 1822. Το εργοστάσιο αυτό παρήγαγε 12 kwatts, ισχύ αρκετή για να τροφοδοτήσει 250 λαμπτήρες. Επίσης, έδωσε στους εργολάβους την κατάλληλη τεχνική εμπειρία, για την εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων.

Το σχήμα 2-32, απεικονίζει τα κυριότερα τμήματα ενός τυπικού υδροηλεκτρικού εργοστασίου. Κατά τη λειτουργία το νερό αποστέλλεται μέσω μεγάλων σωλήνων, γνωστών ως αγωγών πίεσης, στον υδροστρόβιλο του εργοστασίου. Πριν από την είσοδό του στους αγωγούς πίεσης, το νερό της δεξαμενής φιλτράρεται από ένα διάφραγμα για τη συγκράτηση τυχόν ξένων αντικειμένων (σκουπιδιών).

Στο τέλος του αγωγού πίεσης, το κινούμενο νερό έχει αναπτύξει μεγάλη ταχύτητα και στρέφει έναν στρόβιλο αντίδρασης ή έναν στρόβιλο ώθησης. Στο στρόβιλο αντίδρασης, χρησιμοποιείται η συνολική επιφάνεια των πτερυγίων για την ανάπτυξη της πίεσης που περιστρέφει τον άξονα. Ωστόσο, στο στρόβιλο ώθησης η πίεση εφαρμόζεται στη μια μόνο πλευρά των πτερυγίων. Λόγω της διαφοράς αυτής, συνήθως οι στρόβιλοι αντίδρασης χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με φράγματα χαμηλής, ενώ οι στρόβιλοι ώθησης (απαιτούν υψηλή ταχύτητα νερού) χρησιμοποιούνται σε φράγματα υψηλής κεφαλής.

Διάφραγμα συγκράτησης σκουπιδιών



Σχ. 2-32. Σχηματικό διάγραμμα τυπικού υδροηλεκτρικού εργοστασίου. Το νερό ρέει μέσω του αγωγού πίεσης προς το στρόβιλο, για τη λειτουργία της γεννήτριας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο περιστρεφόμενος άξονας του στροβίλου, χρησιμοποιείται για τη λειτουργία κάποιας ηλεκτρικής γεννήτριας. Ανεξάρτητα του τύπου του χρησιμοποιούμενου στροβίλου, τα περισσότερα υδροηλεκτρικά εργοστάσια κατά τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική, επιτυγχάνουν βαθμό απόδοσης 92%. Το ποσοστό αυτό, είναι πολύ υψηλότερο από το 30 - 35% που επιτυγχάνουν τα εργοστάσια καυσίμων υδρογονανθράκων και πυρηνικής ενέργειας. Ο υψηλός βαθμός απόδοσης των υδροηλεκτρικών εργοστασίων, αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα. Ένας λόγος για την υψηλότερη απόδοση, είναι η λειτουργία για την πυκνότητα του νερού, συγκριτικά με αυτήν του αέρα. Το νερό, παράγει μεγαλύτερη δύναμη στα πτερύγια του στροβίλου, ανά μονάδα όγκου του χρησιμοποιούμενου μέσου. Ένας δεύτερος λόγος είναι, ότι δεν υπάρχουν θερμικές απώλειες (λόγω εντροπίας), όπως υπάρχουν στα εργοστάσια καυσίμων υδρογονανθράκων.

Μια άλλη μέθοδος εξαγωγής ενέργειας από υδατοπτώσεις, εστιάζεται στη χρήση μικρότερων υδροηλεκτρικών εργοστασίων. Οι εγκαταστάσεις αυτές, συνήθως ταξινομούνται ως *micro*, *mini* ή μικρές. Ωστόσο, σήμερα δεν φαίνεται να υπάρχει μεγάλη αίσθηση για τους ορισμούς αυτούς. Για λόγους διάκρισης, οι ορισμοί είναι οι ακόλουθοι:

- *Micro*, είναι το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο που παράγει ισχύ μικρότερη από 100 kwatts.
- *Mini*, είναι το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο που παράγει ισχύ από 100 έως 1000 kwatts.
- *Μικρό*, είναι το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο που παράγει ισχύ από 1 έως 30 Mwatts.

Τα υδροηλεκτρικά αυτά εργοστάσια, έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα συγκριτικά με τα μεγαλύτερα. Οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν χαμηλότερο κόστος κατασκευής και μπορούν να χτιστούν σε ποτάμια με χαμηλότερο ρυθμό ροής. Επίσης, επηρεάζουν λιγότερο το περιβάλλον από τα εργοστάσια με μεγαλύτερα φράγματα.

Σήμερα, η Κίνα είναι πρωτοπόρος στα μικρότερα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Έχει είδη αναπτύξει 58.000 από αυτά, τα οποία παρέχουν περισσότερα από 13.000 Mwatts ηλεκτρικής ισχύος. Συνήθως, τα εργοστάσια αυτά τροφοδοτούν αγροτικές κοινωνίες, χωρίς εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Άλλες χώρες που έχουν κινητοποιηθεί προς την κατεύθυνση αυτή, είναι η Γαλλία, η Ιταλία, οι ΗΠΑ και η Σουηδία. Κάθε μια από τις χώρες αυτές, έχει είδη αναπτύξει περισσότερα από 12.000 μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

Υπάρχουν πολλοί λόγοι, για τους οποίους δεν έχουν κατασκευασθεί περισσότερα υδροηλεκτρικά εργοστάσια:

- Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων, που αποτελούν την αποθήκη του νερού.
- Πρέπει συχνά να γίνουν επεμβάσεις σε εθνικούς δρόμους, σιδηροτροχιές, γραμμές μεταφοράς ηλεκτρισμού, μάλιστα χρειάζεται να μετακινηθούν πόλεις ή χωριά.
- Απαιτεί πολύ χρόνο και χρήμα ο σχεδιασμός και η κατασκευή του εξοπλισμού των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής (υδροστρόβιλοι, γεννήτριες κλπ.).
- Αγροτικές περιοχές, που σκεπάζονται από νερά του φράγματος είναι αυτονόητο ότι δεν μπορούν πλέον να καλλιεργηθούν.
- Συχνά, ειδικές ομάδες αντιτίθεται στην καταστροφή άλλων φυσικών χωρών και άγριας φύσης, η οποία θα προκληθεί από την κατασκευή φραγμάτων σε ποταμούς.

2.6.4 Υδροηλεκτρική ισχύς.

Σήμερα, ο κόσμος έχει συνεχίσει να αυξάνει την εξάρτησή του από την υδροηλεκτρική ισχύ. Από το 1973, έχει σχεδόν διπλασιαστεί η παραγωγή υδροηλεκτρικής ισχύος. Η υδροηλεκτρική ισχύς είναι η μεγαλύτερη ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Καλύπτει περίπου το 27% των παγκοσμίων ενεργειακών αναγκών. Η τεχνολογία της υδροηλεκτρικής ισχύος διαθέτει περισσότερο αποδοτικές σχεδιάσεις από την τεχνολογία των καυσίμων υδρογονανθράκων. Η υδροενέργεια,

είναι αποδεδειγμένα ανταγωνιστική των καυσίμων υδρογονανθράκων. Σήμερα, χρησιμοποιείται μόνον το 1/4 του παγκόσμιου δυναμικού υδροενέργειας. Ωστόσο, είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθεί ολόκληρο το δυναμικό, λόγω των κοινωνικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιουργούνται από τα τεράστια υδροηλεκτρικά φράγματα.

Πρόσφατα, η υδροηλεκτρική ισχύς έχει γίνει σημαντικότερη στις αναπτυσσόμενες χώρες. Χώρες όπως το Μεξικό, η Βόρεια Κορέα και η Βενεζουέλα, από το 1980 έχουν αυξήσει την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, ορισμένες χώρες της Αφρικής έχουν αρχίσει και αυτές να ασχολούνται με την ενέργεια αυτή. Η Βόρεια, Κεντρική και Νότια Αμερική, παράγουν την περισσότερη υδροηλεκτρική ισχύ.

Ο Καναδάς παράγει παγκοσμίως την περισσότερη υδροηλεκτρική ισχύ, ακολουθούμενος από τις ΗΠΑ, Βραζιλία και πρώην Σοβιετική Ένωση. Η Σουηδία και η Νορβηγία, έχουν και αυτές επενδύσει σημαντικά στην υδροηλεκτρική τεχνολογία. Σήμερα, η Νορβηγία παράγει το 90% των ηλεκτρικών αναγκών της και η Σουηδία το 50%, από τις υδατοπτώσεις.

Το κόστος της ανάπτυξης της υδροηλεκτρικής ενέργειας, εξαρτάται πολύ από τη γεωγραφική τοποθεσία. Το περιβάλλον και οι απαιτήσεις του εργοστασίου κυμαίνονται ανάλογα με την περιοχή. Ωστόσο, συγκριτικά με άλλες εξαντλούμενες και ανεξάντλητες πηγές ενέργειας, η υδροηλεκτρική ισχύς έχει το χαμηλότερο κόστος. Αν και το αρχικό κόστος ανάπτυξης και κατασκευής τέτοιων εγκαταστάσεων δεν είναι μικρό, έχουν όμως χαμηλότερο κόστος συντήρησης και λειτουργίας. Το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από υδροηλεκτρικά εργοστάσια, κυμαίνεται από 0.03 έως 0.06 cents ανά κιλοβατώρα. Αυτό, κάνει τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια ελκυστικά στην ικανοποίηση των αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών.

2.6.5 Συμμετοχή των υδροηλεκτρικών σταθμών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Στην Ελλάδα έχει αξιοποιηθεί μεγάλο ποσοστό του υδροηλεκτρικού δυναμικού με το οποίο καλύπτεται το 10% περίπου της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και το 3% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας (ηλεκτρικής και μη) της χώρας.

Τα περισσότερα υδροηλεκτρικά εργοστάσια της χώρας βρίσκονται στη Δυτική Ελλάδα, όπου οι βροχοπτώσεις είναι πιο άφθονες και υπάρχουν ποτάμια με μεγάλη παροχή και απότομες κλίσεις. Οι μεγαλύτεροι Υ.Η.Σ αξιοποιούν τα νερά του Αχελώου (σε 3 φάσεις, με τους Υ.Η.Σ Κρεμαστών, Καστρακίου και Στράτου) και παραποτάμιου του Μέγδοβα (Υ.Η.Σ Ταυρωπού), του Αλκιάμωνα (σε 3 φάσεις, με του Υ.Η.Σ Πολυφύτου, Σφηκιάς και Ασωμάτων), του Αράχθου (Υ.Η.Σ Πουρναρίου). Υπάρχουν ακόμη Υ.Η.Σ στον Λάδωνα, στις πηγές του Αθώου, στον Εδεσσαίο, στο Νέστο κ.α. κάθε Υ.Η.Σ αποτελείται από αριθμό ομοίων μονάδων στροβίλου – γεννήτριας (συνήθως 2,3 ή 4).

Ο μεγαλύτερος Υ.Η.Σ είναι αυτής των Κρεμαστών με ισχύ 437 MW. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς όλων των υδροηλεκτρικών σταθμών ξεπερνά τα 2500 MW (1990).

Τα τελευταία χρόνια, παράλληλα με τη συνέχιση της κατασκευής μεγάλων Υ.Η.Σ γίνεται προσπάθεια να αξιοποιηθεί το υδροδυναμικό δυναμικό με τη δημιουργία πολλών μικρών υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Μέχρι το 2000 προγραμματίζεται η κατασκευή σε διάφορα σημεία της χώρας περίπου 30 τέτοιων σταθμών με συνολική ισχύ 150 MW.

Οι Υ.Η.Σ της Ελλάδας λειτουργούν κυρίως ως σταθμοί αιχμής, λόγω του ότι τα διαθέσιμα αποθέματα νερού δεν επαρκούν για συνεχή λειτουργία. Η λειτουργία τους ως σταθμών αιχμής, επιβάλλεται λόγω του πλεονεκτηματός τους, να ξεκινούν αμέσως, χωρίς να μεσολαβεί χρόνος προετοιμασίας, όπως συμβαίνει στους Α.Η.Σ.

Υπάρχουν και οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί που λειτουργούν ως αντλητικοί σταθμοί. Αυτοί έχουν την δυνατότητα να αναστρέφουν την λειτουργία των υδροστροβίλων τους, ώστε να λειτουργούν ως αντλίες. Κατά τη διάρκεια της νύκτας απορροφούν ηλεκτρική ενέργεια και ανεβάζουν το νερό – από χαμηλά – στην τεχνητή λίμνη. Αργότερα, κατά τις ώρες της αιχμής, λειτουργούν κανονικά, αποδίδοντας την ενέργεια, που συσσωρεύτηκε. Παρόλο, που με τον τρόπο αυτό χάνεται ένα ποσό ενέργειας λόγω των απωλειών, υπάρχει το κέρδος από την εξομάλυνση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυξάνεται δηλαδή, τεχνητά, η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας τη νύκτα και μειώνεται τη μέρα. Με αυτόν τον τρόπο, αξιοποιούνται καλύτερα οι άλλοι σταθμοί (οι λιγνιτικοί), που πρέπει να λειτουργούν σε μόνιμη και σταθερή βάση.

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για τον κόσμο μας κάποια σταθερά, αξιόπιστα αποθέματα ενέργειας είναι μια πρόκληση και παρουσιάζουν ενδιαφέρον που συνεχώς αυξάνεται. Για την αξιοποίησή τους θα συνεχισθεί η καταβολή σοβαρών προσπαθειών από τους ανθρώπους στο ορατό μέλλον. Συγχρόνως, η παγκόσμια κοινότητα βρίσκεται σε μεγάλη ανησυχία λόγω της αυξήσεως της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη μας. Αυτό το φαινόμενο, που είναι γνωστό ως φαινόμενο θερμοκηπίου, είναι μέχρι ενός σημείου φυσιολογικό. Ωφελεί ενός μέχρι σημείου κάθε έμβιο ον επί της γης. Αέρια υπήρχαν πάντα στην ατμόσφαιρα. Αυτά επιτρέπουν στην περισσότερη από την ορατή ακτινοβολία του ηλίου να περάσει και να ζεστάνει τη γη. Όμως τα αέρια δεσμεύουν ορισμένη ποσότητα υπέρυθρης ακτινοβολίας, που ακτινοβολείται από την επιφάνεια της γης. Τα αέρια, κατά αυτόν τον τρόπο, δρουν σαν τις γυάλινες πλάκες των θερμοκηπίων. Έτσι, λόγω αυτών των αερίων, δεσμεύεται θερμοδυναμική ενέργεια (ζεστασιά), που καθιστά τη θερμοκρασία της γης κατάλληλη για τη διατήρηση της ζωής. Χωρίς αυτά, η γη θα ήταν ένα τεράστιο παγόβουνο, χωρίς ζωή, με μέση θερμοκρασία -19°C .

Αυτό που προκαλεί φόβο είναι ότι από τη βιομηχανική επανάσταση έχει συμβεί μια δραματική αύξηση αυτών των αερίων, που προκαλούν παγίδευση της ακτινοβολίας. Το αποτέλεσμα φαίνεται να είναι η αύξηση της θερμοκρασίας της γης, που μπορεί να προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στο κλίμα.

Η χρήση καυσίμων απολιθωμάτων θεωρείται ότι είναι μια από τις κυριότερες αιτίες που το φαινόμενο του θερμοκηπίου μπορεί να γίνεται εντονότερο. Οι βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες καταναλώνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες καυσίμων από απολιθώματα και συμβάλλουν πάρα πολύ στην αύξηση των ποσοστών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Ως σύνολο αυτές οι χώρες χρησιμοποιούν τρεις φορές την εμπορική ενέργεια που χρησιμοποιούν οι αναπτυσσόμενες χώρες. Συγχρόνως, ο κάθε άνθρωπος σε μια βιομηχανική χώρα χρησιμοποιεί 10 φορές την ενέργεια που χρησιμοποιεί ένας άνθρωπος στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Δεν μπορεί όμως όλη η μορφή για την αύξηση της θερμοκρασίας της γης να στραφεί μόνο στη βιομηχανική δραστηριότητα. Η φυσική διάσπαση στους βάλτους, (στα έλη) της γης επίσης ελευθερώνει στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο. Δραστηριότητες που σχετίζονται με την αποψίλωση της γης για άλλες χρήσεις είναι μια άλλη πηγή τέτοιων αερίων. Για παράδειγμα, οι δορυφόροι που καταμετρούν (παρατηρούν) τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου δείχνουν ότι μεγάλο ποσοστό μόλυνσεως οφείλεται στην κοπή και καύση παρθένων δασών, η οποία συντελείται σε υποανάπτυκτες χώρες της περιοχής του ισημερινού. Η καταστροφή των δασών μειώνει τον αριθμό των δένδρων που υπάρχουν και απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα.

Η ποσότητα μεθανίου στην ατμόσφαιρα έχει διπλασιασθεί σε 300 χρόνια. Μάλλον θα διπλασιασθεί ξανά σε 100 χρόνια με τα σημερινά δεδομένα. Υπάρχουν πολλές αιτίες για την αύξηση του μεθανίου. Μια αιτία είναι το άμεσο αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας της γης που αυξάνει το ρυθμό διασπάσεως (αποσυνθέσεως) της οργανικής ύλης. Μια άλλη αιτία είναι η παραγωγή τροφών. Άλλες αιτίες είναι οι αναθυμιάσεις από τις χωματερές, ορυχεία κάρβουνου και διαρροές αερίων από καύσιμα απολιθωμάτων. Το πρόβλημα επιδεινώνεται λόγω της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα από μηχανές. Είναι γνωστό ότι τα καυσαέρια εμποδίζουν μερικώς τη φυσική διαδικασία απομακρύνσεως του μεθανίου από την ατμόσφαιρα.

Η άμεση πρόκληση για τον άνθρωπο είναι να χρησιμοποιεί τα ενεργειακά αποθέματα πιο έξυπνα και αποτελεσματικά. Αυτό με τη σειρά του θα μειώσει τους ρύπους που δημιουργούν την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας. Συγχρόνως, θα γίνει οικονομία των συνεχώς ελαττωμένων αποθεμάτων καυσίμων. Μια δεύτερη πρόκληση είναι να αναπτυχθούν εναλλακτικές (ανανεώσιμες και ακατάλυτες) πηγές ενέργειας.

Οι αυστηρότεροι νόμοι είναι μια αντίδραση των κυβερνήσεων με στόχο τον περιορισμό της ρυπάνσεως. Για τον λόγο αυτό η έρευνα προσανατολίζεται στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών παραγωγής και οικονομίας της ενέργειας. Μια από αυτές είναι τα μη ρυπαντικά αυτοκίνητα. Αμερικανικές και άλλων χωρών αυτοκινητοβιομηχανίες κατασκευάζουν φθηνότερους, πιο ανθεκτικούς και αποδοτικούς συσσωρευτές (μπαταρίες) για την κίνηση νέων αυτοκινήτων.

Η Καλιφόρνια, πολιτεία των ΗΠΑ με προβλήματα μόλυνσεως από τα χειρότερα στον κόσμο, έχει θεσπίσει νόμους για τον περιορισμό των αυτοκινήτων με κινητήρες που προκαλούν μόλυνση του περιβάλλοντος. Μέχρι το 1998, τουλάχιστον το 2% από τα καινούργια αυτοκίνητα που πωλούνταν σε αυτήν τη πολιτεία έπρεπε να μην μολύνουν καθόλου. Μέχρι το 2003, το ποσοστό των πωλήσεων τέτοιων αυτοκινήτων πρέπει να είναι 10%.

Το πρόγραμμα της πόλης Los Angeles της Καλιφόρνιας προχωρεί ακόμη πέρα. Το Τμήμα Υδρεύσεως και Ισχύος (Department of Water and Power) μαζί με την ηλεκτρική εταιρία Έντισον της Νότιας Καλιφόρνιας (Southern California Edition) έχουν διαθέσει ένα κονδύλι 17 εκατομμυρίων δολαρίων (περίπου 4,25 δισεκατομμύρια δραχμές), για να χρηματοδοτήσουν την ανάπτυξη ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Είναι η πρόθεση της πόλης αυτής να έχει 10.000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα στη μητροπολιτική της περιοχή μέχρι το 1995. έχουν επιλεγεί δυο εταιρίες για να παράγουν αυτοκίνητα. Η μια θα κατασκευάσει αυτοκίνητα με βεληνεκές 240 km ενώ η δεύτερη ένα αυτοκίνητο τύπου βαν μεσαίου μεγέθους βεληνεκές περίπου 190 km.

Άλλες πολιτείες των ΗΠΑ μελετούν τη θέσπιση κινήτρων, για να ενθαρρύνουν την πώληση οχημάτων χαμηλής ή αμελητέας ρυπάνσεως. Πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες είναι κοντά στην παραγωγή ηλεκτρικών οχημάτων. Η μεγαλύτερη πρόκληση που αντιμετωπίζουν οι μηχανικοί είναι ένας φθηνότερος και πιο αποδοτικός συσσωρευτής με μικρότερο χρόνο φορτίσεως. Συγχρόνως, οι συσσωρευτές πρέπει να είναι ελαφρύτεροι και πιο ανθεκτικοί από αυτούς που χρησιμοποιούνται σήμερα.

3.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

3.2.1 Ωκεάνια θερμική ενέργεια.

Μετατροπή ωκεάνιας θερμικής ενέργειας.

Η ωκεάνια θερμική ενέργεια, αποτελεί σημαντικό απόθεμα για μελλοντική χρήση. Κατά τη μετατροπή της ωκεάνιας θερμικής ενέργειας, εκτελείται εκμετάλλευση της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ των θερμών επιφανειακών νερών και των ψυχρών βαθύτερων νερών. Επειδή οι ωκεανοί θερμαίνονται από τον ήλιο, η ωκεάνια θερμική ενέργεια θεωρείται έμμεση ηλιακή ενέργεια.

Κατά τη μετατροπή της ωκεάνιας θερμικής ενέργειας, η ηλιακή ενέργεια εξάγεται από τον ωκεανό και χρησιμοποιείται για τη λειτουργία κάποιας στροβιλογεννήτριας. Αυτό, δεν αποτελεί νέα ιδέα. Κατά τη δεκαετία του 1820, ο Γάλλος φυσικός Sadi Carnot είχε αποδείξει ότι μπορούσε να εξαχθεί μηχανική ενέργεια, από τη ροή θερμότητας μεταξύ μιας θερμότερης και μιας ψυχρότερης περιοχής.

Δυναμικό εργοστασίων ωκεάνιας θερμικής ενέργειας.

Οι ωκεανοί, αποτελούν ένα τεράστιο σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας. Εκτιμάται, ότι οι ωκεανοί απορροφούν περίπου το $\frac{1}{4}$ της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην ατμόσφαιρα της γης. Επειδή, τα συστήματα μετατροπής της ωκεάνιας θερμικής ενέργειας, είναι πρακτικά μόνο σε περιοχές με θερμοκρασιακές διαφορές νερού από 35 έως 50 °F (1,5 έως 10 °C) ή ακόμη περισσότερο, αυτά περιορίζονται στις τροπικές περιοχές του πλανήτη. Η καταλληλότερες θέσεις βρίσκονται μεταξύ του τροπικού του Καρκίνου και του τροπικού του Αιγόκερω (μια λωρίδα της γης και κυρίως νερού, γύρω από τον ισημερινό). Μερικές από τις καλύτερες τοποθεσίες τέτοιων συστημάτων, βρίσκονται στον Ειρηνικό Ωκεανό, όπου συναντώνται θερμοκρασιακές διαφορές μεγαλύτερες των 70 °F (21 °C).

Παρά τους περιορισμούς του σημείου τοποθέτησης, το δυναμικό ευρείας κλίμακας εκμετάλλευσης της ενέργειας αυτής, είναι ενθαρρυντικό. Τα θερμά νερά της τροπικής ζώνης, παρέχουν 36 εκατομμύρια τετράγωνα μιλίων, όπου θα μπορούσαν να τοποθετηθούν τέτοιες εγκαταστάσεις (περίπου το διπλάσιο διαθέσιμο δυναμικό της αιολικής ενέργειας).

Προφανώς, η θερμική ενέργεια των ωκεανών είναι τεράστια. Το υπουργείο ενέργειας των ΗΠΑ, εκτιμά ότι από το Ρεύμα του Κόλπου θα μπορούσαν να παραχθούν ετησίως 170 τρισεκατομμύρια κιλοβατώρες ηλεκτρισμού. Αυτό, είναι περισσότερο από 50 φορές η ετήσια παραγωγή ηλεκτρισμού των ΗΠΑ. Θεωρητικά, οι ωκεανοί μπορούν να δώσουν αρκετή θερμική ενέργεια, έτσι ώστε να ικανοποιήσουν όλες τις παγκόσμιες ανάγκες. Αν και ο βαθμός απόδοσης της τεχνολογίας μετατροπής είναι αρκετά χαμηλός, εξακολουθεί όμως να ενδιαφέρει η εφαρμογή της, επειδή η ενέργεια αυτή είναι ελεύθερη, απεριόριστη και συνεχώς ανανεώσιμη. Ο βαθμός απόδοσης, σχετίζεται άμεσα από τη διαφορά θερμοκρασίας (ΔT), μεταξύ θερμού και ψυχρού νερού. Τυπικά, για την οικονομική λειτουργία ενός τέτοιου εργοστασίου, απαιτείται μια θερμοκρασιακή διαφορά τουλάχιστον 35 έως 50 °F (1,5 έως 10 °C).

Λειτουργία συστημάτων ωκεάνιας θερμικής ενέργειας.

Η λειτουργία ενός συστήματος μετατροπής της ωκεάνιας θερμικής ενέργειας, είναι αρκετά απλή. Μέχρι σήμερα, έχουν δοκιμαστεί αρκετές βασικές σχεδιάσεις. Αυτές περιλαμβάνουν τα συστήματα κλειστού τύπου, ανοικτού τύπου, καθώς και ένα υβριδικό. Ένα τέτοιο εργοστάσιο, μπορεί να λειτουργεί από την ξηρά, από μια πλωτή φόρμα ή από κάποιο πλοίο. Αν και υπάρχει πολλή συζήτηση για το πιο σύστημα είναι το καλύτερο, οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι ένα ή περισσότερα από αυτά, θα βρίσκονται σε ανταγωνιστική λειτουργία με άλλες εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρισμού, μέχρι το έτος 2005.

Σύστημα ωκεάνιας θερμικής ενέργειας κλειστού τύπου.

Το θερμό επιφανειακό νερό αντλείται μέσα στην εγκατάσταση, από μεγάλες αντλίες κυκλοφορίας. Η αντλούμενη ποσότητα εξαρτάται από το εργοστάσιο. Ένα τυπικό εργοστάσιο παραγωγής 1.000 Mwatts θα αντλεί περίπου 100.000.000 γαλόνια νερού ανά λεπτό (1 γαλόνι = 3.785,411 lt).

Το θερμό νερό, ακολούθως διέρχεται από μια σειρά εναλλακτών θερμότητας, για την απομάκρυνση της θερμικής ενέργειας. Η ενέργεια αυτή μεταφέρεται σε κάποιο ψυκτικό μέσο και το νερό εκδιώκεται από το εργοστάσιο, μακριά από το τμήμα εισόδου του νερού.

Όταν το ψυκτικό μέσο φθάσει το σημείο βρασμού του, εξατμίζεται. Τα περισσότερα ψυκτικά μέσα βράζουν σε πολύ μικρές θερμοκρασίες, μικρότερες των 0 °F. Το ψυκτικό μέσο, σε αέρια πλέον μορφή και πίεση μικρότερη από 150 psi, οδηγείται σε μια στροβιλογεννήτρια. Ο στρόβιλος της γεννήτριας περιστρέφεται από το εκτονούμενο αέριο ψυκτικό μέσο, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια.

Ακολούθως, το ψυκτικό μέσο αποστέλλεται σε μια σειρά από συμπυκνωτές, όπου συμπυκνώνεται σε υγρό. Αυτό, επιτυγχάνεται με την άντληση ψυχρού νερού (30-35 °F) από βάθος 3.000 – 5.000 ft, το οποίο χρησιμοποιείται για την ψύξη του ψυκτικού. Ο ίδιος κύκλος συνεχίζει να επαναλαμβάνεται με τον ίδιο τρόπο.

Πάνω από την επιφάνεια του νερού, βρίσκεται μόνο λίγος εξοπλισμός και κάποιες ενδιαίτησεις του προσωπικού. Το μεγαλύτερο τμήμα του εργοστασίου είναι υποβρύχιο. Για τη σταθερότητα της εγκατάστασης, χρησιμοποιούνται δεξαμενές πλευστότητας. Οι διαστάσεις του μελλοντικού εργοστασίου μεταβάλλονται με την πρόοδο της τεχνολογίας, αλλά οι ενδείξεις δείχνουν ότι θα μπορούσε να έχει διάμετρο 390 ft (170 m) και βάθος 500 μέχρι 600 ft (150 μέχρι 180 m) κάτω από το νερό. Η είσοδος του ψυχρού νερού, μπορεί να έχει διάμετρο 43 ft (13 m) ή περισσότερο και να βρίσκεται σε βάθος 3000 μέχρι 5000 ft (900 μέχρι 1500 m), ανάλογα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες.

Σύστημα ωκεάνιας θερμικής ενέργειας ανοικτού τύπου.

Το σύστημα ανοικτού τύπου, σχεδιάστηκε αρχικά από τον Georges Claude στη δεκαετία του 1920. Είναι πολύ παρόμοιο με το προηγούμενο, με τη διαφορά ότι δεν χρησιμοποιείται καθόλου ψυκτικό μέσο. Το σύστημα ανοικτού τύπου εκμεταλλεύεται το γεγονός, ότι το νερό βράζει κάτω από το σημείο βρασμού, όταν η πίεσή του μειωθεί. Έτσι, το θερμό επιφανειακό νερό μετατρέπεται σε ατμό, κάτω από περιβάλλον μερικού κενού. Ο ατμός διέρχεται από ένα στρόβιλο και στη

συνέχεια συμπυκνώνεται ερχόμενος σε επαφή με το ψυχρό νερό, το οποίο αντλείται από βάθος 3000 μέχρι 5000 ft (900 μέχρι 1500 m). Ο στρόβιλος οδηγεί μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρισμού.

Υβριδικό σύστημα ωκεάνιας θερμικής ενέργειας.

Τα υβριδικά συστήματα χρησιμοποιούν στοιχεία και από τα δυο προηγούμενα συστήματα για την παραγωγή ηλεκτρισμού, καθώς επίσης και πόσιμου νερού από το θαλασσινό. Στην περίπτωση αυτή, το θερμό επιφανειακό νερό εξατμίζεται γρήγορα και ο παραγόμενος ατμός συμπυκνώνεται από αμμωνία, η οποία εξατμίζεται και οδηγεί στροβιλογεννήτρια παραγωγής ηλεκτρισμού. Παράγωγο του συστήματος, είναι το πόσιμο νερό που προκύπτει από τη συμπύκνωση του ατμού.

Αντιμετώπιση προβλημάτων συστημάτων ωκεάνιας θερμικής συστημάτων.

Η λειτουργία των συστημάτων μετατροπής της ωκεάνιας θερμικής ενέργειας, είναι αρκετά απλή. Ωστόσο, η αρκετά απαιτούμενη τεχνολογία είναι αρκετά περίπλοκη. Για τις αρχικές δοκιμές, χρησιμοποιούνται πλοία και όχι μόνιμες εγκαταστάσεις. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχει δυναμικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μακροπρόθεσμα ανταγωνιστικές τιμές. Υπάρχουν όμως ορισμένα προβλήματα, τα οποία θα πρέπει να επιλυθούν:

1. Εγκατάσταση και αγκυροβόλιο του εργοστασίου σε άσχημη κατάσταση θαλάσσης.
2. Αντιμετώπιση θαλάσσιας διάβρωσης σε όλα τα τμήματα.
3. Ξεβούλωμα διαφραγμάτων εισόδων αντλιών, από τα άλγη και τη θαλάσσια ζωή.
4. Βελτίωση των εναλλακτών θερμότητας.
5. Ανάπτυξη υποβρυχίων γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, σε μεγάλες αποστάσεις.
6. Αντιμετώπιση της μεταβαλλόμενης θερμοκρασίας ωκεάνιων ζωνών.

Το μέλλον των συστημάτων ωκεάνιας θερμικής ενέργειας.

Το μέλλον της τεχνολογίας αυτής, θα καθοριστεί από την εισαγωγή οικονομοτεχνικών εγκαταστάσεων, και την ανταγωνιστικότητα με τις άλλες μεθόδους διανομής ενέργειας. Επειδή, μέχρι σήμερα έχουν κατασκευαστεί μόνο ορισμένα μικρά εργοστάσια επίδειξης, είναι δύσκολο να εκτιμηθεί το κόστος κατασκευής μιας μεγάλης εγκατάστασης. Εκτιμήσεις, αναφέρουν ανά αρχικό κόστος 9.000 μέχρι 12.000 δολαρίων ανά kilowatt. Έτσι, θα μπορούσε να επιτευχθεί ένα κόστος λειτουργίας 0.08 cents ανά κιλοβατώρα. Όταν προστεθούν μαζί το αρχικό κόστος και το κόστος λειτουργίας, τότε στον καταναλωτή θα καταλήγει 0.12 μέχρι 0.25 cents ανά κιλοβατώρα. Ωστόσο, οι τιμές αυτές μπορεί να μειωθούν με τη δημιουργία αγορών πόσιμου νερού ή άλλων υποπροϊόντων που παράγονται από τα συστήματα αυτά.

Υπο-προϊόντα και οφέλη των συστημάτων ωκεάνιας θερμικής ενέργειας.

Τα συστήματα αυτά, παρέχουν πολλές επιλογές για την παραγωγή ηλεκτρισμού των διαφόρων υπο-προϊόντων. Παραδείγματα τέτοιων υπο-προϊόντων,

είναι το πόσιμο νερό (μέχρι 15 εκατομμύρια γαλόνια ημερησίως από ένα εργοστάσιο 100 Mwatts), άλγη (για βιο-ιατρικές εφαρμογές) και διάφορα θαλασσινά είδη (αστακοί, στρείδια, αχινοί και φύκια). Επίσης, μπορούν να παρέχουν το θαλασσινό νερό, για τα συστήματα κλιματισμού κτηρίων και ψύξης, τα οποία το χρησιμοποιούν. Τέλος, από όλες τις τεχνολογίες έμμεσης ηλιακής ενέργειας, η μετατροπή της θερμικής ενέργειας των ωκεανών μπορεί να λειτουργεί συνεχώς επί 24ωρης βάσης, καθώς η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ψυχρών και θερμών μαζών νερού, δεν μεταβάλλεται σημαντικά κατά τις νυχτερινές ώρες.

3.2.2 Ηλεκτρικά οχήματα.

Οι εκπομπές των ρύπων του μεταφορικού τομέα, είναι η κυριότερη αιτία του αστικού νέφους. Παρά τις προσπάθειες των κυβερνήσεων για τη μείωση του νέφους και τη χαμηλότερη κατανάλωση των νέων αυτών αυτοκινήτων, πολλές πόλεις αποτυγχάνουν στο περιορισμό των ρύπων κάτω από τα προβλεπόμενα όρια. Στις ΗΠΑ, το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού ζει σε περιοχές στις οποίες η μόλυνση υπερβαίνει τα όρια.

Οι προσπάθειες μείωσης των εκπομπών των οχημάτων, έχουν κύριο αντίπαλο το συνεχώς αυξανόμενο πλήθος των αυτοκινήτων. Η ποιότητα του αέρα μέσα στα επόμενα χρόνια, αναμένεται να χειροτερέψει αισθητά από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων. Μέχρι το 2010, οι εκπομπές από τα μοτοπλιάρια θα έχουν αυξηθεί κατά 40%.

Ως αντίδραση στις προβλέψεις αυτές, κυβερνήσεις εισάγουν νέες νομοθεσίες για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Εκτός από τις προσπάθειες μείωσης των εκπομπόμενων ρύπων, λαμβάνονται και ορισμένα πολύ αυστηρότερα μέτρα. Η Καλιφόρνια είναι η πρώτη πολιτεία των ΗΠΑ, που από το 1998 απαιτεί το 2% όλων των νέων τύπων αυτοκινήτων να μην εκπέμπουν καθόλου ρύπους. Μετά το 2003, το 10% όλων των νέων αυτοκινήτων που θα πωλούνται στην Καλιφόρνια δεν θα πρέπει να εκπέμπουν καθόλου ρύπους. Είναι δυνατή η μηδενική εκπομπή ρύπων;

Η απάντηση είναι θετική, αλλά όχι όμως χρησιμοποιώντας καύσιμους υδρογονάνθρακες. Η μοναδική και οικονομική λύση για να επιτευχθεί αυτό, είναι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Η χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων, σχεδόν μηδενίζει την παραγωγή οργανικών αερίων (υδρογονάνθρακες, μονοξείδιο του άνθρακα, κτλ). Επίσης, μειώνουν κατακόρυφα το οξείδιο του αζώτου. Γενικά, τα αυτοκίνητα αυτά, μειώνουν τα παραγόμενα αέρια θερμοκηπίου, σε ποσοστό μεγαλύτερο του 60%. Επομένως, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αποτελούν έναν καλό τρόπο καταπολέμησης της παγκόσμιας θέρμανσης.

Μειονέκτημα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι η μικρότερη εμβέλεια και η ταχύτητα. Σήμερα, η βιομηχανία αυτοκινήτων εργάζεται για να υπερνικήσει τα εμπόδια αυτά, έτσι ώστε να αναπτύξει ηλεκτρικά αυτοκίνητα τα οποία θα μειώνουν την παγκόσμια θέρμανση και θα ικανοποιήσουν τους αυστηρούς κανονισμούς της Καλιφόρνια. Ένα παράδειγμα, αποτελεί το ηλεκτρικό αυτοκίνητο Impact, της General Motor Corporation. Το Impact, είναι ένα διθέσιο σπορ κουπέ, το οποίο επιταχύνει 0 Ψ 60 mph σε 8 δευτερόλεπτα και αναπτύσσει τελική ταχύτητα 75 mph. Μπορεί να διανύσει 150 μίλια πριν απαιτηθεί φόρτιση από μια

τυπική πρίζα σπιτιού. Το αυτοκίνητο αυτό, διαθέτει λιγότερα κινούμενα μέρη από τα συμβατικά αυτοκίνητα και αναμένεται ότι θα απαιτεί λιγότερη συντήρηση κατά τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του.

Συνολικά, η αγορά ηλεκτρικού αυτοκινήτου αναμένεται να είναι εξαιρετικά μεγάλη. Οι μεγάλες πόλεις με σοβαρό πρόβλημα νέφους, θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Τα νοικοκυριά με δυο αυτοκίνητα, θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν για τις μικρές διαδρομές το ένα αυτοκίνητο με ηλεκτρικό, βοηθώντας με τον τρόπο αυτό στη μείωση της παγκόσμιας θέρμανσης, της όξινης βροχής και της ποιότητας του αέρα.

3.3 ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΠΗΓΩΝ ΕΜΜΕΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.3.1 Κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις αιολικής ενέργειας.

Αν και η χρήση της αιολικής ενέργειας αποτελεί μια από τις καθαρότερες ενεργειακές επιλογές, παρουσιάζει όμως μερικές κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μια από τις κριτικές είναι η αισθητική. Για ορισμένους, τα αιολικά πάρκα δεν παρουσιάζουν ευχάριστη εμφάνιση, ιδιαίτερα όταν τοποθετούνται κοντά σε κατοικημένες περιοχές ή φυσικά τοπία. Επίσης, η αιολική ενέργεια παράγει θόρυβο που μπορεί να ενοχλεί ορισμένους. Ωστόσο, τα αιολικά πάρκα παράγουν χαμηλότερο επίπεδο θορύβου από τους δρόμους μεγάλης κυκλοφορίας. Ένα περιβαλλοντικό θέμα, μπορεί να είναι ο θάνατος των πουλιών από τα πτερύγια των ανεμογεννητριών. Είναι πολύ συνηθισμένος ένας αριθμός 20 μέχρι 30 θανάτων πουλιών ετησίως, για κάθε αιολικό πάρκο. Έρευνα που διεξάγεται από τον τομέα αυτό, είναι πιθανό να εξαλείψει το πρόβλημα αυτό.

Υπάρχουν ακόμα τρία θέματα σχετικά με τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις της αιολικής ενέργειας: ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, χρήση εδάφους και καταστροφικές βλάβες. Στο παρελθόν, οι ανεμογεννήτριες έχουν προκαλέσει παρεμβολές σε τηλεοράσεις, ραδιόφωνα, μικροκυματικά και ναυτιλιακά συστήματα. Επειδή, οι νεότερες σχεδιάσεις δεν χρησιμοποιούν μεταλλικά πτερύγια, το πρόβλημα αυτό έχει ελαττωθεί. Σχετικά με τη χρήση του εδάφους, τα περισσότερα αιολικά πάρκα απαιτούν λιγότερα από 80 στρέμματα ανά Mwatt παραγόμενης ισχύος. Ο χώρος όμως κάτω από τις ανεμογεννήτριες, μπορεί να εξακολουθήσει να χρησιμοποιείται για γεωργικές ή άλλες χρήσεις. Τέλος, οι καταστροφικές βλάβες (πτώση πτερυγίων στο έδαφος), είναι σχετικά σπάνιες αν και όχι αμελητέες.

3.3.2 Κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις βιομετατροπής.

Η χρήση της βιομετατροπής, παρέχει στην ανθρωπότητα ένα δυναμικό κάλυψης αρκετών ενεργειακών αναγκών. Δεν συνεισφέρει στην όξινη βροχή, ούτε αυξάνει το επίπεδο του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Εάν εφαρμοστεί σε ευρεία κλίμακα, τα καύσιμα της βιομάζας μπορούν να μειώσουν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας. Επίσης, με τη χρήση αλκοόλ που προέρχεται από τη βιομάζα, ως καυσίμου, μειώνονται και οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα. Η χρήση ενεργειακών καλλιεργειών και προϊόντων αποβλήτων, καταπολεμούν την ανεργία στις αναπτυσσόμενες και βιομηχανικές χώρες, καθώς επίσης παρέχουν

ένα μηχανισμό απόρριψης των στερεών δημοτικών αποβλήτων. Ωστόσο, σε περίπτωση ευρείας κλίμακας εφαρμογής των προγραμμάτων της βιομάζας, υπάρχουν ορισμένες κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Το απόθεμα αυτό σε περίπτωση μη-ορθής χρήσης δεν θα είναι ανανεώσιμο και μετατρέπεται σε εξαντλήσιμο. Η αποψίλωση των δασών, αποτελεί ένα καλό παράδειγμα. Εάν δεν φυτεύονται νέα δένδρα για την εξασφάλιση της συνεχόμενης παροχής, είδη των οποίων η επιβίωση βασίζεται στα δάση αυτά εξαφανίζονται, καταστρέφεται το οικοσύστημα και το ενεργειακό απόθεμα εξαντλείται.

Επίσης, η αύξηση της παραγωγής βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες, συναγωνίζεται την παραγωγή τροφίμων. Αυτό, αποτελεί σοβαρό θέμα, τόσο για τις αναπτυσσόμενες όσο και για τις βιομηχανικές χώρες. Η πολιτική, η οικονομία και ο υπερπληθυσμός, συνεισφέρουν είδη στη δυσκολία διατροφής του παγκοσμίου πληθυσμού. Μια αυξημένη παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών, θα μπορούσε να μειώσει ακόμη περισσότερο την παγκόσμια παραγωγή τροφής, με δραστικά αποτελέσματα.

3.3.3 Κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Μπορεί κάποιος να σκέφτεται, ότι η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν προκαλεί καθόλου περιβαλλοντικά προβλήματα. Δεν παράγει καθόλου απόβλητα, ραδιενέργεια ή μόλυνση. Παρόλα αυτά, τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια θα πρέπει να επιλύσουν ορισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά, αφορούν περισσότερο τα μεγάλα φράγματα, ενώ τα μικρότερα φράγματα προκαλούν τα λιγότερα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Επειδή απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις γης για την κατασκευή υδροηλεκτρικών φραγμάτων, καταστρέφεται η φυσική ομορφιά των τοπίων. Πολλές φορές πρέπει να εγκαταλείπονται ολόκληρες πόλεις ή χωριά. Για παράδειγμα, το φράγμα των τριών φαραγγιών στην Κίνα, θα απαιτήσει τη μετακόμιση εκατοντάδων πόλεων και τη μετανάστευση 1,4 έως 10 εκατομμυρίων κατοίκων. Αυτό μπορεί να έχει μακροπρόθεσμα αρνητικά αποτελέσματα, επειδή στις αγροτικές περιοχές διαλύονται οι ζωές των ανθρώπων. Ταυτόχρονα, δημιουργούνται προβλήματα εξαφάνισης ζώων και δασών. Τέλος, η ποιότητα του νερού των φραγμάτων, μπορεί να είναι πολύ κακή.

Η κατασκευή των φραγμάτων σε ποτάμια, αλλάζει την ποιότητα του νερού με διάφορους τρόπους. Αν και τα κινούμενα ρεύματα αερίζονται και καθαρίζονται από μόνα τους, το νερό όμως των φραγμάτων παραμένει στάσιμο. Είναι θερμότερο, χωρίς οξυγόνο, επικίνδυνο για τα διάφορα είδη φυτών και ψαριών, και μπορεί να οδηγήσει στη συγκέντρωση μεταλλικών αλάτων.

Επίσης, τα φράγματα καταστρέφουν τις περιοχές εναπόθεσης των γόνων των ψαριών. Τα ψάρια δεν μπορούν να μεταναστεύουν αντίθετα με τη ροή των ποταμών, προκειμένου να γεννήσουν, και τα εκκολαπτόμενα μικρά δυσκολεύονται να κατέβουν προς τη θάλασσα. Αν και μπορούν να προστεθούν μικρές σκαλωσιές για τη διέλευση των ψαριών, αυτό αυξάνει κατά 50% το κόστος του προγράμματος. Ακόμη και με αυτόν τον τρόπο, θα εξακολουθούν να πεθαίνουν τα ψάρια που θα παγιδεύονται στον υδροστρόβιλο του εργοστασίου.

Όταν κατά τις ώρες μη-ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας απελευθερώνεται κάποια μικρή ποσότητα νερού, η θερμοκρασία του μπορεί να ανέλθει αρκετά ώστε να σκοτώσει ορισμένα υδρόβια είδη.

Συνήθως, τα υδροηλεκτρικά φράγματα ελέγχουν την ποσότητα του νερού που απελευθερώνεται. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια περιόδων λιγοστού νερού, ορισμένα εδάφη δεν τροφοδοτούνται ικανοποιητικά, οπότε μεταβάλλεται η εκμετάλλευση του εδάφους.

Τέλος τα φράγματα συσσωρεύουν λάσπη, από τα ποτάμια και τους χείμαρρους που καταλήγουν σε αυτό. Η λάσπη συγκεντρώνεται ακριβώς πίσω από το φράγμα, μειώνοντας τη λειτουργική του απόδοση και ενδεχομένως σε κάποια στιγμή να απαιτείται η πλήρης παύση της λειτουργίας του. Πολλές φορές, αυτό προκαλείται από τη διαχείριση των εδαφών πάνω από το φράγμα. Παράδειγμα, αποτελεί το φράγμα Sanmexia, του Κίτρινου ποταμού στην Κίνα. Μέσα σε τέσσερα χρόνια από την ολοκλήρωση κατασκευής του φράγματος, σχεδόν ολόκληρη η δεξαμενή γέμισε με λάσπη. Επίσης, χωρίς την ύπαρξη φραγμάτων, οι πλημμύρες εναποθέτουν στα εδάφη διάφορα θρεπτικά συστατικά. Τα φράγματα, σταματούν τη φυσική αυτή διαδικασία. Οι επιπτώσεις αυτές, ίσως να μην φαίνονται σημαντικές συγκριτικά με την πυρηνική ενέργεια και τα απόβλητα. Παρόλα αυτά, δημιουργούν προβλήματα που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν.

3.3.4 Κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις παλιρροϊκής ενέργειας.

Επειδή η θάλασσα αποτελεί μια σταθερή πηγή ενέργειας, προερχόμενη από τις βαρυτικές δυνάμεις του ηλίου, της σελήνης και την περιστροφή της γης, η παλιρροιακή ενέργεια μπορεί να θεωρηθεί ως ανεξάντλητη. Όπως και άλλες ανεξάντλητες ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έτσι και η παλιρροιακή ενέργεια αποφεύγει τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Επίσης, δεν χρησιμοποιεί κάποια φυσικά αποθέματα καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Ωστόσο, η παλιρροιακή ενέργεια παρουσιάζει ορισμένες περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

Υπάρχουν κίνδυνοι για τα θαλάσσια και ζωικά είδη, τα οποία εξαρτώνται από το θαλάσσιο οικοσύστημα. Με την κατασκευή παλιρροιακών εργοστασίων, αλλάζει η δυναμική συμπεριφορά των παλιρροιών στην περιοχή. Αν και η σοβαρότητα της ζημιάς εξαρτάται από τη γεωγραφία της περιοχής, η επίδραση στο τοπικό οικολογικό σύστημα θα εξαρτηθεί από τον τρόπο κατανομής των τροφικών στοιχείων στην περιοχή. Αλλάζοντας την παλιρροιακή συμπεριφορά, μπορεί να υπάρξουν επιπτώσεις στα ψάρια, μαλακόστρακα και πουλιά της περιοχής.

Άλλα θέματα που θα πρέπει να εξετασθούν, πριν από την ευρεία κλίμακα χρησιμοποίησης της παλιρροιακής ενέργειας, είναι η επίδραση στα ναυτιλιακά συστήματα. Επίσης, ορισμένοι δεν συμφωνούν στην ιδέα καταστροφής του φυσικού τοπίου από τα παλιρροιακά εργοστάσια.

3.3.5 Κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις γεωθερμικής ενέργειας.

Οικονομικά και περιβαλλοντικά προβλήματα εμφανίζει και εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας. Όπως αναφέρθηκε, η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να βρεθεί οπουδήποτε κάτω από τον εξωτερικό φλοιό της γης. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας αυτής, δεν μπορεί να εξαχθεί λόγω του

απαγορευτικού κόστους εκμετάλλευσης των βαθύτερων αποθεμάτων. Αυτό, αποθαρρύνει την προαγωγή της γεωθερμικής ενέργειας.

Ένα περιβαλλοντικό δίλημμα για τη γεωθερμική ενέργεια, είναι η μόλυνση του αέρα. Τα γεωθερμικά υγρά περιέχουν διαλυμένα αέρια, όπως διοξείδιο του άνθρακα και θειούχο υδρογόνο, τα οποία απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Αν και το διοξείδιο του άνθρακα δεν αναμένεται να βλάψει σοβαρά την ατμόσφαιρα (λόγω την κλίμακας των εργοστασίων αυτών), το θειούχο υδρογόνο έχει ενοχλητική οσμή (χαλασμένων αυγών). Επί πλέον, το θειούχο υδρογόνο είναι διαβρωτικό και προκαλεί σοβαρά προβλήματα υγείας. Με συγκεντρώσεις 667 ppm, το θειούχο υδρογόνο μπορεί να προκαλέσει θάνατο από αναπνευστική παράλυση. Ωστόσο, αναμένεται ότι τα περισσότερα γεωθερμικά εργοστάσια θα εκπέμπουν συγκεντρώσεις της τάξης του 1 ppm, χρησιμοποιώντας συστήματα συγκράτησης του αερίου πριν τη διαφυγή του στην ατμόσφαιρα.

Ένα άλλο πρόβλημα σχετικά με τη γεωθερμική ενέργεια, είναι η πιθανότητα μόλυνσης των νερών στην περιοχή του εργοστασίου. Το νερό και ο ατμός που εξάγονται από το γεωθερμικό απόθεμα, περιέχουν στοιχεία όπως αρσενικό, υδράργυρος και βόριο. Η αποβολή των στοιχείων αυτών στα επιφανειακά νερά, μπορεί να προκαλέσει σοβαρή περιβαλλοντική ζημιά. Σήμερα, η πρακτική είναι η περιστροφή του μολυσμένου νερού μέσα στο απόθεμα. Με την πρακτική αυτή, υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης των κοντινών στο γεωθερμικό εργοστάσιο νερών.

Η μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη των γεωθερμικών εργοστασίων, μπορεί να προκαλέσει υποχώρηση του εδάφους και αυξημένη σεισμική δραστηριότητα. Η υποχώρηση του εδάφους, προκαλείται όταν αφαιρεθούν από το εσωτερικό της γης μεγάλες ποσότητες ρευστού (νερού και ατμού), χωρίς την αντικατάστασή του. Η αυξημένη σεισμική δραστηριότητα μπορεί να προέλθει από την έγχυση (επιστροφή) νερού μέσα στα αποθέματα. Αν και αυτό καταπολεμά την καθίζηση, μπορεί όμως να προκαλέσει ολίσθηση των πετρωμάτων στις περιοχές των ρηγμάτων. Η ολίσθηση αυτή, μπορεί να προκαλέσει ζημιές στις εγκαταστάσεις του εργοστασίου, τη διάρρηξη των αγωγών, εκρήξεις των γεωθερμικών πηγών και σεισμούς.

Τέλος, η ανάπτυξη γεωθερμικών εργοστασίων μπορεί να καταστρέψει τη φυσική ομορφιά του τοπίου. Είναι όμως δυνατό να ελαττωθεί η οπτική επίπτωση των εγκαταστάσεων, οι περισσότερες από τις οποίες έχουν κακόγουστη εμφάνιση.

Παρά τα περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα, η γεωθερμική ενέργεια συνεχίζει να θεωρείται ως ένα σημαντικό ενεργειακό απόθεμα για το μέλλον. Εκτιμάται ότι στις αρχές του 21ου αιώνα, θα υπάρχει στις ΗΠΑ μια ετήσια παραγωγή 7.500 μέχρι 20.000 Mwatts ηλεκτρισμού, από τη γεωθερμική ενέργεια.

3.3.6 Κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις ωκεάνιας θερμ. ενέργειας.

Η μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη της ωκεάνιας θερμικής ενέργειας, εκτιμάται ότι θα προκαλέσει ορισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα. Όπως και με κάθε άλλη μη-δοκιμασμένη τεχνολογία, έτσι και εδώ η εκτίμηση των προβλημάτων είναι δύσκολη, εφόσον δεν τεθούν σε λειτουργία αρκετών ετών, κάποια μικρά εργοστάσια. Παρόλα αυτά, υπάρχουν ορισμένα θέματα που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Πρώτον, η μεγάλης κλίμακας χρήση θερμού και ψυχρού νερού, μπορεί να αλλάξει τα παγκόσμια καιρικά φαινόμενα. Δεύτερον, το διοξείδιο του άνθρακα

που υπάρχει στα μεγάλα βάθη του ωκεανού, μπορεί να απελευθερώνεται κατά τη λειτουργία των εργοστασίων ανοικτού κύκλου (το διοξείδιο του άνθρακα συνεισφέρει στην παγκόσμια θέρμανση). Τρίτον, θα απελευθερώνονται διάφορα χημικά και απόβλητα στον ωκεανό. Τέταρτον, στα κλειστού κύκλου ή υβριδικά συστήματα, το ψυκτικό ρευστό μπορεί να διαφεύγει στη θάλασσα. Επομένως, απαιτούνται επιπλέον μέτρα προφύλαξης στη σχεδίαση του συστήματος, για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού.

Δυο ακόμη περιβαλλοντικές και κοινωνικές ανησυχίες, είναι η επίδραση στη θαλάσσια ζωή και η χρήση χλωρίου για τον καθαρισμό των εναλλακτών θερμότητας. Τα συστήματα αυτά, απελευθερώνουν θερμό και ψυχρό νερό σε θερμοκρασίες διαφορετικές από αυτές του περιβάλλοντος. Αν και η απελευθέρωση νερού, μπορεί να ελέγχεται για την ελαχιστοποίηση της επίδρασης αυτής, το νερό αυτό θα εξακολουθήσει να μην έχει την ίδια θερμοκρασία με το περιβάλλον. Η ανησυχία των ειδικών στην προκειμένη περίπτωση αφορά τα διάφορα θαλάσσια είδη ζωής. Επίσης, το οικοσύστημα μπορεί να επηρεαστεί και από τη μεταβολή της αλατότητας, λόγω της απελευθέρωσης γλυκού νερού. Μια τελική ανησυχία, είναι ο περιοδικός καθορισμός των εναλλακτών θερμότητας με χλώριο. Η απελευθέρωση του χλωρίου στο περιβάλλον, είναι καταστροφική για τη θαλάσσια ζωή. Παρά τις επιπτώσεις αυτές, από τις διάφορες μελέτες που έχουν διεξαχθεί μέχρι σήμερα, φαίνεται ότι η αρνητική επίδραση της λειτουργίας τέτοιων εγκαταστάσεων, θα είναι μάλλον περιορισμένη.

3.4 ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΟΦΕΙΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.4.1 Κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη-επιπτώσεις της ηλ. ενέργειας.

Οι τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας, εμφανίζουν πολλά οφέλη συγκριτικά με τα παραδοσιακά καύσιμα και την πυρηνική ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί ήδη έναν αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο εξοικονόμησης των περιορισμένων αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Το κατά κεφαλή κόστος για ηλιακά θερμαινόμενο νερό, αποτελεί κατά μέσο όρο 25% χαμηλότερο συγκριτικά με το θερμαινόμενο νερό από ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη, βρίσκεται σε αφθονία και η ηλιακή τεχνολογία ζημιώνει ελάχιστα το περιβάλλον. Η χρήση των τεχνολογιών ηλιακής ενέργειας δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου ή στην παραγωγή βλαβερών για το περιβάλλον υποπροϊόντων.

Η κατασκευή του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στα συστήματα ηλιακής ενέργειας, πιθανόν να απαιτεί την ενέργεια που προέρχεται από την καύση υδρογονανθράκων ή την πυρηνική ενέργεια. Από την άποψη αυτή, η τεχνολογία ηλιακής ενέργειας απαιτεί για την κατασκευή και εγκατάσταση, την εξάντληση ορισμένων μη-ανανεώσιμων αποθεμάτων. Επίσης, τα συστήματα ηλιακής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιούν υγρά, τα οποία είναι τοξικά και απαιτούν περιοδική αντικατάσταση (προκαλούν διάβρωση και ρύπανση). Οι ουσίες αυτές, όπως και άλλα επικίνδυνα απόβλητα, θα πρέπει να απορρίπτονται με κατάλληλο τρόπο, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος, του ανθρώπου και των άλλων ειδών.

3.4.2 Κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις των φ/β συστημάτων.

Η παραγωγή ηλεκτρισμού από τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν ρυπαίνει τον αέρα, ενώ η κατασκευή ηλιακών στοιχείων πυριτίου αποδίδει λίγα απόβλητα. Ωστόσο, υπολογίζεται ότι το 97% του περιβαλλοντικού κινδύνου που προέρχεται από τα συστήματα αυτά, οφείλεται στην κατασκευή τους. Στην κατασκευαστική διαδικασία τέτοιων στοιχείων, ιδιαίτερα των νεότερης τεχνολογίας, τα χρησιμοποιούμενα υλικά μπορεί να είναι τοξικά. Το πρόβλημα βρίσκεται στην ανάπτυξη υλικών όπως το Αρσενιούχο γάλλιο και το θειούχο κάδμιο. Η κατασκευή τέτοιων στοιχείων, παράγει ορισμένα τοξικά απόβλητα, τα οποία θα πρέπει να χειρίζονται προσεκτικά και να απορρίπτονται με ασφαλή τρόπο.

Το φωτοβολταϊκό κύτταρο, γνωστό ως « PV » (photovoltaic), θα γίνεται όλο και πιο σημαντικό ως εναλλακτική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Φθηνότερες μέθοδοι παραγωγής μειώνουν το κόστος του. Συγχρόνως βελτιώνεται η απόδοση τους.

Καθώς αυξάνεται η ζήτηση συστοιχιών PV, θα συνεχίσει να μειώνεται το κόστος παραγωγής τους. Ως αποτέλεσμα, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν θα πέσει. Εταιρίες ενέργειας, ενθαρρυμένες από το χαμηλότερο κόστος και τη μεγαλύτερη απόδοση, θα αναπτύξουν φωτοβολταϊκά πεδία σε άγονες περιοχές. Ο ηλεκτρισμός που θα παράγεται από τις συστοιχίες των φωτοβολταϊκών κυττάρων στα πεδία αυτά θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία κατοικιών με ηλεκτρική ενέργεια ή ως φθηνή πηγή ενέργειας για την παραγωγή άλλων αποθεμάτων ενέργειας.

Η ανάπτυξη του φωτοβολταϊκού κυττάρου σχετίζεται άμεσα με την ανάπτυξη μιας άλλης εναλλακτικής (πηγής) ενέργειας-υδρογόνου. Νέα τεχνολογία για φθηνότερη μαζική παραγωγή φωτοβολταϊκών (PV) σημαίνει ότι τα μέρη του κόσμου με μεγαλύτερη ηλιοφάνεια θα μπορούσαν να χρησιμοποιούν φθηνότερο ηλεκτρισμό παραγόμενο από τον ήλιο, για να πάρουν υδρογόνο από το νερό.

Μια τέτοια εξέλιξη είναι δυνατή μέχρι το 2000. με κόστος περίπου 0,02 του δολαρίου (5 δρχ) ανά κιλοβατώρα ηλεκτρισμού, το καύσιμο υδρογόνο θα μπορούσε να λύσει πειστικά προβλήματα που σχετίζονται με καύσιμα από απολιθώματα, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται η μόλυνση του περιβάλλοντος στις πόλεις, η όξινη βροχή και η αύξηση της θερμοκρασίας της γης που προαναφέραμε.

Το υδρογόνο είναι πιο καθαρό από οποιοδήποτε καύσιμο απολιθωμάτων ή συγκαύσιμο (όπως η μεθανόλη). Δεν εκπέμπει μονοξείδιο του άνθρακα, σωματία ή διοξείδιο του θείου. Ο μόνος ρύπος του είναι το οξείδιο του αζώτου που μπορεί να ελεγχθεί και να κρατηθεί σε χαμηλά επίπεδα. Παρόλο που έχει μεγαλύτερο κόστος από ό,τι η παραγόμενη από καύσιμα απολιθωμάτων μεθανόλη, επιβαρύνει το περιβάλλον πολύ λιγότερο. Αν υπολογισθεί εκτός από το κόστος της μεθανόλης η προκαλούμενη από αυτήν μόλυνση και τα παρεπόμενα προβλήματα στους ανθρώπους, οι ειδικοί λένε ότι το υδρογόνο που παράγεται με τη βοήθεια των φωτοβολταϊκών πρέπει προφανώς να προτιμάται.

Με τη χρησιμοποίηση υλικών που αντέχουν περισσότερο στις μεταβολές των καιρικών συνθηκών που συμβαίνουν συνεχώς στην ατμόσφαιρα, υπάρχει προοπτική να αυξηθεί ο χρόνος ζωής των φωτοβολταϊκών πλαισίων από τα 25 χρόνια που είναι τώρα στα 30 χρόνια.

Είναι γνωστό ότι για να είναι σε θέση τα φωτοβολταϊκά συστήματα να συναγωνισθούν τα υπάρχοντα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να έχουν φθηνά και αποδοτικά πλαίσια με μεγάλο χρόνο ζωής, να έχουν βοηθητικές συσκευές καλής κατασκευής και απόδοσης. Ο δε σχεδιασμός του συστήματος να γίνεται με μεγάλη προσοχή.

Επιδίωξη των υποστηρικτών της χρησιμοποίησης ηλιακής ενέργειας είναι η απόκτηση ανεξαρτησίας από πλευράς ηλεκτρικής ενέργειας και αν είναι δυνατό η αποκοπή ακόμη και της σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο και η τροφοδότηση από δικό τους ανεξάρτητο και αυτοτελές φωτοβολταϊκό σύστημα. Πολλοί όμως καταναλωτές θα προτιμήσουν να διατηρήσουν τη σύνδεσή τους με το δίκτυο και με την χρησιμοποίηση του φωτοβολταϊκού συστήματος, να αγοράζουν από το δίκτυο λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια. Σε περίπτωση που έχουν μεγάλο φωτοβολταϊκό σύστημα και υπάρχει συνεχής ηλιοφάνεια είναι δυνατό και να πωλούν ενέργεια στο δίκτυο.

Προϋπόθεση για μεγαλύτερη ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας είναι να γίνουν προσπάθειες για την προσαρμογή των υπο κατασκευή φωτοβολταϊκών πηγών ενέργειας προς τα χαρακτηριστικά των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών που ήδη υπάρχουν.

Επίσης θα πρέπει να κατασκευάζονται νέες συσκευές με χαρακτηριστικά προσαρμοσμένα στις φωτοβολταϊκές πηγές ενέργειας. Αυτό είδη γίνεται σε κάποιο βαθμό και έτσι μπορεί να βρει κανείς σήμερα τηλεοράσεις, ψυγεία, λαμπτήρες φθορισμού που λειτουργούν με τη χαμηλή τάση που δίνουν οι φωτοβολταϊκές πηγές.

Γενικά η μέχρι τώρα στάση των διαφόρων αρχών ή εταιριών ηλεκτρισμού στις αναπτυσσόμενες χώρες ήταν πάντα θετική ως προς το θέμα της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων συνδεδεμένων με το ηλεκτρικό δίκτυο και αναμένεται ότι και η στάση της ΔΕΗ και ΑΗΚ (αρχή ηλεκτρισμού Κύπρου) θα είναι παρόμοια. Είναι φανερό ότι τα συστήματα αυτά θα καλύπτουν βασικές ανάγκες διότι μπορούν να εγκατασταθούν γρήγορα και έτσι να αντιμετωπίσουν τυχόν μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις περιόδους αιχμής.

Η λειτουργία τους είναι δυνατό να ελέγχεται με σήματα που θα στέλλονται σε αυτά δια μέσου του δικτύου ώστε να παράγουν ενέργεια χαμηλού κόστους κατά τις περιόδους αιχμής. Φυσικά τα συστήματα αυτά είναι δυνατό να λειτουργούν και σε περιόδους που δεν υπάρχει αιχμή, και η ενέργεια που θα παράγεται να χρησιμοποιείται για θέρμανση νερού σε καλά μονωμένα ντεπόζιτα ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν χρειαστεί. Επίσης η Αρχή η Εταιρία θα διοχετεύει δια μέσου του δικτύου της την ενέργεια που περισσεύει σε άλλους καταναλωτές που δεν έχουν φωτοβολταϊκά συστήματα.

Μεγάλα ποσά ενέργειας που θα παράγονται κατά τα Σαββατοκύριακα θα αποθηκεύονται σε μεγάλες μπαταρίες, που θα βρίσκονται κοντά στους χώρους κατανάλωσης, ώστε να αποφεύγονται μεγάλες απώλειες στα σύρματα μεταφοράς του δικτύου. Η μέθοδος αυτή τροφοδότησης του δικτύου με ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη από φωτοβολταϊκά συστήματα δεν θα παρουσιάζει κανένα πρόβλημα σταθερότητας τάσης ή συχνότητας ακόμη και σε περίπτωση που προέρχεται από φωτοβολταϊκά συστήματα πολύς μεγάλης ισχύος που κατά βάση θα αποτελούν ηλιακούς ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς. Τέτοιοι σταθμοί είναι δυνατό να

κατασκευασθούν σε διάφορες άγονες περιοχές κατά μήκος του δικτύου μεταφοράς από την ίδια την ΔΕΗ ή ΑΗΚ όπως επίσης και μεγάλα φωτοβολταϊκά συστήματα σε κτιριακά συγκροτήματα στα οποία οι ιδιοκτήτες δεν θα θέλουν ίσως να εγκαταστήσουν με δικά τους έξοδα.

Στις αναπτυσσόμενες χώρες η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε απομακρυσμένες περιοχές θα είναι μεγάλη εξυπηρέτηση διότι η κατασκευή μεγάλου θερμοηλεκτρικού σταθμού για την τροφοδότηση των περιοχών αυτών είναι δύσκολη και δαπανηρή. Αντιθέτως η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι γρήγορη και τα έξοδα είναι ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης. Εξάλλου το φωτοβολταϊκό σύστημα στην αρχή μπορεί να είναι μικρό και να επεκτείνεται με την τοποθέτηση νέων φωτοβολταϊκών ανάλογα με τη ζήτηση.

Η κατασκευή των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι δυνατό να αναληφθεί από την ίδια τη χώρα που πρόκειται να προωθήσει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων ώστε αυτά να στοιχίζουν λιγότερο. Έτσι η τιμή της κιλοβατώρας που θα παράγεται από τα φωτοβολταϊκά συστήματα θα είναι μικρότερη της αντίστοιχης από το ηλεκτρικό δίκτυο.

Φυσικά όλες οι προοπτικές που αναφέραμε εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την περαιτέρω εξέλιξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της και τις θέσεις που θα παράγουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα οι κυβερνήσεις κατά κύριο λόγο, αλλά και τα άτομα που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες του πληθυσμού.

3.5 ΠΗΓΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

3.5.1 Καύσιμα κινητήρων στο μέλλον.

Σχεδόν οι μισοί των κατοίκων της Βόρειας Αμερικής ζουν σε περιοχές που δεν ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές καθαρής ατμόσφαιρας. Ο μολυσμένος αέρας προκαλεί πολλές ασθένειες. Ο αέρας που αναπνέουν μπορεί να προκαλέσει χρόνιο βήχα, δυσκολία στην αναπνοή, πόνους στο στήθος ή ακόμη και καρκίνο. Οι κυριότεροι παράγοντες μόλυνσεως του αέρα είναι τα οχήματα, που εκπέμπουν καυσαέρια. Από αυτά τη μεγαλύτερη μόλυνση προκαλεί το ιδιωτικό αυτοκίνητο.

Τα καύσιμα του μέλλοντος επιβάλλεται να μολύνουν λιγότερο. Καταβάλλονται προσπάθειες, ώστε η βενζίνη να μολύνει λιγότερο και διεξάγεται έρευνα ώστε να βρεθούν εναλλακτικοί τρόποι καύσεως.

Η βενζίνη σήμερα, περιέχει μέχρι 100 διαφορετικούς υδρογονάνθρακες. Επίσης, περιέχει προσθετικά, τα οποία διατηρούν τα οκτάνια σε επιθυμητά επίπεδα. Αυτά αυξάνουν την μόλυνση του αέρα. Τα διυλιστήρια μπορούν και προσθέτουν οξυγονωμένες ενώσεις για να επιτυγχάνεται πληρέστερη καύση. Οι πιο συνήθεις είναι η μεθανόλη (ξυλόπνευμα), η αιθανόλη (αλκοόλη δημητριακών από καλαμπόκι ή καλαμοσάκχαρο) και αιθέρες που παράγονται από μεθανόλη ή από αιθανόλη. Οι οξυγονωτές μειώνουν τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, αλλά μπορεί να αυξήσουν τη δημιουργία αιθαλομίχλης. Μεγάλες εταιρίες πετρελαιοειδών, το Αμερικανικό Ινστιτούτο Πετρελαίου και τρεις αμερικανικές αυτοκινητοβιομηχανίες συμμετέχουν σε ένα ερευνητικό πρόγραμμα για την

παραγωγή πιο καθαρής βενζίνης. Τα αποτελέσματα είναι ακόμη ακαθόριστα, όμως θα μειωθεί αμέσως η μόλυνση, όταν το καύσιμο θα είναι διαθέσιμο.

3.5.2 Το υδρογόνο ως πηγή καυσίμου στο μέλλον.

Το υδρογόνο υπόσχεται να είναι μια απεριόριστη πηγή ενέργειας. Επιπλέον, δεν προκαλεί κανένος είδους μόλυνση, πράγμα που συμβαίνει με τα καύσιμα απολιθωμάτων. Το κύριο παραπροϊόν του είναι ατμοί νερού.

Χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνικές ηλεκτρολύσεως, το υδρογόνο μπορεί να εξαχθεί από το νερό σε μεγάλα κεντρικά εργοστάσια. Ο βασικός λόγος που δεν χρησιμοποιείται ευρέως είναι το κόστος του. Οι περισσότερες διαδικασίες μετατροπής καθιστούν το υδρογόνο πιο ακριβό από τη βενζίνη. Παρ' όλα αυτά, αν υπολογίζαμε την καταστροφή του περιβάλλοντος από τη βενζίνη και τις στρατιωτικές επιχειρήσεις για την εξασφάλιση σταθερής παροχής, θα καταλήγαμε στο συμπέρασμα ότι το υδρογόνο είναι ίσως φθηνότερο από αυτήν.

Τα ηλιακά κύτταρα, πιστεύουν πολλοί, ίσως σύντομα να καταστούν ένα φθηνότερο μέσο λήψεως υδρογόνου από το νερό. Μια από τις κυριότερες βιομηχανίες τέτοιων κυττάρων προβλέπει ότι τα ηλιακά κύτταρα (φωτοβολταϊκά) θα είναι μια ημέρα η κυριότερη πηγή ενέργειας για ηλεκτρόλυση νερού. Στη Γερμανία εργάζονται για ένα τέτοιο ερευνητικό πρόγραμμα. Γερμανοί επιστήμονες θα ήθελαν να τοποθετήσουν φωτοβολταϊκά πεδία παραγωγής υδρογόνου σε περιοχές της αφρικανικής ερήμου. Το υδρογόνο θα μπορούσε να διοχετεύεται με αγωγό στη Γερμανία. Η Σαουδική Αραβία έχει κατασκευάσει ένα ηλιακό εργοστάσιο υδρογόνου κοντά στο Ριάντ ως μια εγκατάσταση για δοκιμές και εκπαίδευση.

Στο Κεμπέκ του Καναδά και σε χώρες της Ευρώπης έχουν αρχίσει μελέτες για τη χρήση υδροηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να παραχθεί υδρογόνο. Θα μπορούσε να μεταφέρεται από μακριά στην Ευρώπη σε υγρή μορφή. Εκεί θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως πηγή καυσίμου για κύτταρα καυσίμου και οχήματα.

Άλλες πηγές καυσίμου και ενέργειας που έχουν πιθανότητα να αναπτυχθούν είναι: η μεθανόλη και η αιθανόλη, που ήδη χρησιμοποιούνται ως προσθετικά στη βενζίνη. Το φυσικό αέριο υπό πίεση, το καύσιμο υδρογόνο και ο ηλεκτρισμός που παράγονται με την ηλιακή ενέργεια.

Ο πίνακας στο σχήμα 3-1 συνοψίζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν αυτές οι εναλλακτικές πηγές.

3.5.2 Κύτταρα ως πηγή καυσίμου στο μέλλον.

Μια πολλά υποσχόμενη πηγή ενέργειας, που είναι γνωστή από πολύ καιρό, είναι το κύτταρο καυσίμου (σχ. 3-2). Είναι μια διάταξη όπως ο συσσωρευτής του αυτοκινήτου. Ελέγχει μια χημική αντίδραση, που παράγει ηλεκτρισμό από ένα καύσιμο και οξυγόνο. Το κύτταρο καυσίμου όμως διαφέρει από το συσσωρευτή σε δυο σημεία:

- Απαιτεί συνεχή παροχή καυσίμου για την παραγωγή ηλεκτρισμού.
- Το κύτταρο δεν χρειάζεται επαναφόρτιση. Η χημική του σύσταση είναι συνεχώς η ίδια κατά τη λειτουργία του.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

ΚΑΥΣΙΜΑ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
ΑΙΘΑΝΟΛΗ	<ul style="list-style-type: none"> - Έχει 105 οκτάνια σε σχέση με τα 87 της απλής αμόλυβδης και τα 93 της σούπερ. - Ανανεώσιμα αποθέματα. - Τα καυσαέρια περιέχουν λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από ό,τι η βενζίνη, αλλά στη συνολική παραγωγή CO₂ πρέπει να συμπεριληφθεί η διύλιση, η καλλιέργεια και η συγκομιδή του καρπού. - Προστιθέμενη στη βενζίνη μειώνει την εκπομπή CO. 	<ul style="list-style-type: none"> - Παρέχει λιγότερη ενέργεια ανά λίτρο. - Απαιτούνται συχνότερα γεμίσματα. - Είναι ακριβή. - Προστιθέμενη στη βενζίνη, ίσως προκαλεί σχηματισμό αιθαλομίχλης.
ΜΕΘΑΝΟΛΗ	<ul style="list-style-type: none"> - Πολλά οκτάνια (105). - Η εκπομπή υδρογονανθράκων είναι ελαττωμένη κατά 35% για M85· είναι μέχρι 90% χαμηλότερη για M100. - Από τις εξατμίσεις εκπέμπεται λιγότερο CO₂ (10% λιγότερο, αν παράγεται από φυσικό αέριο· 100% περισσότερο αν παράγεται από κάρβουνο). - Τοξικά στον αέρα 30%-40% λιγότερα από της βενζίνης. 	<ul style="list-style-type: none"> - Λιγότερη ενέργεια ανά λίτρο καυσίμου. - Τοξικότητα: Μπορεί να τυφλώσει ή να σκοτώσει αν την καταπιεί κανείς. - Διαβρωτικό. - Δύσκολα τίθενται σε λειτουργία οι μηχανές στο κρύο (-29 0C). - Εκπέμπει φορμαλδεΰδη, ένα αιωρούμενο καρκινογόνο, με ρυθμό 4 με 8 φορές μεγαλύτερο από ό,τι η βενζίνη.
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	<ul style="list-style-type: none"> - Αθόρυβος. - Σχεδόν ανύπαρκτη η εκπομπή καυσαερίων από το όχημα. 	<ul style="list-style-type: none"> - Τεχνολογία σχεδόν 2 χρόνια μακριά. - Συσσωρευτές πολύ ακριβοί. - Περιορισμένη εμβέλεια (όχι περισσότερο από 400 km). - Η φόρτιση διαρκεί 6 με 8 ώρες. - Έμμεση πηγή μόλυνσεως εξαρτώμενη από την πηγή της ηλεκτρικής ισχύος για τη φόρτιση.
ΚΑΥΣΙΜΟ ΗΛΙΑΚΟ-ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	<ul style="list-style-type: none"> - Ανανεώσιμη πηγή. - Πρακτικώς χωρίς εκπομπή καυσαερίων. - Δεν συμβάλει στην αύξηση της θερμοκρασίας της γης. 	<ul style="list-style-type: none"> - Εφικτή τεχνολογία, αλλά όχι διαθέσιμη σήμερα· ίσως σε 8-10 χρόνια.
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ	<ul style="list-style-type: none"> - Άφθονα αποθέματα. - Φθινό. - Χαμηλή εκπομπή υδρογονανθράκων - Χαμηλή εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα. - Χαμηλότερη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα. - Υπάρχει ήδη καλό σύστημα διανομής. 	<ul style="list-style-type: none"> - Συχνή επανατροφοδοσία οχήματος (κάθε 160 km). - Ογκώδες δοχείο καυσίμου. - Μεγάλη διάρκεια τροφοδοσίας.

Σχ. 3-1. Αυτά πιθανόν να είναι τα καύσιμα για τα μεταφορικά αυτοκίνητα του μέλλοντος.

Η αρχή του κυττάρου καυσίμου είναι γνωστή από πολύ καιρό. Η ιδέα χρονολογείται από το 1839. Ένας Βρετανός επιστήμονας, ο σερ William Grove, ενώ διασπούσε νερό με ηλεκτρόλυση, βρήκε ότι ενώνοντας ξανά τα άτομα υδρογόνου και οξυγόνου παραγόταν ηλεκτρισμός.

Από την ανακάλυψη αυτή στις αρχές του 19^{ου} αιώνα σημειώθηκαν μικρή πρόοδος μέχρι την εποχή που άρχισε η εξερεύνηση του διαστήματος τον 20^ο αιώνα. Τότε οι μηχανικοί χρειάστηκαν μια διαφορετική μέθοδο παροχής ηλεκτρισμού στα διαστημόπλοια. Το υδροξείκό κύτταρο καυσίμου ήταν η απάντηση. Ενώ ήταν πολύ καλό για το διάστημα, ήταν πολύ ακριβό για να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες δραστηριότητες, στη γη. Εργαστάσια ηλεκτρισμού παρήγαγαν ηλεκτρική ενέργεια 2 ½ φορές πιο φθηνή. Η χρήση κυττάρου καυσίμου δεν συνέφερε οικονομικώς.

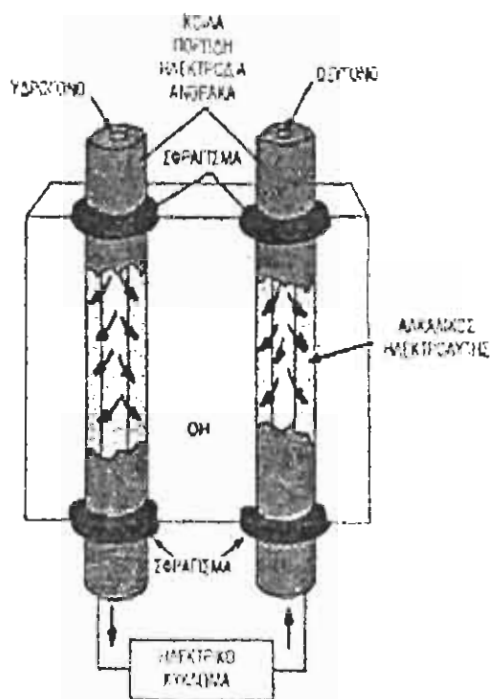
Αυτή η εικόνα εντούτοις, μεταβάλλεται, καθώς αυστηρότεροι κανονισμοί ευθύνονται για την αύξηση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα, το κόστος του ηλεκτρισμού από κύτταρο καυσίμου είναι μόνο 25% υψηλότερο.

Τα κύτταρα καυσίμου που αναπτύχθηκαν για χρήση σε διαστημόπλοια χρησιμοποιούν υδρογόνο ως καύσιμο και οξυγόνο ως οξειδωτικό (οξειδωτικό είναι μια ουσία που βοηθά την καύση ή σχετική χημική αντίδραση). Τα κύτταρα μπορούν να λειτουργήσουν με πολλά διαφορετικά καύσιμα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο από υδρογονάνθρακες, όπως το φυσικό αέριο ή το βιοαέριο από οργανικά απορρίμματα ή απόβλητα υπονόμων. Ένας ειδικός επεξεργαστής διασπά το καύσιμο, για να παραχθεί υδρογόνο.

Ένα απλό υδροξειδικό κύτταρο καυσίμου αποτελείται από ένα δοχείο, που περιέχει ηλεκτρολύτη, και ένα διάλυμα φωσφορικού οξέος. Στην κάθε μεριά του ηλεκτρολύτη υπάρχουν 2 πλάκες άνθρακα που λέγονται ηλεκτρόδια (ένα ηλεκτρόδιο είναι ένας ακροδέκτης ή αγωγός ηλεκτρισμού· τα ηλεκτρόδια είναι μέρος του δρόμου, από τον οποίο διέρχεται ο ηλεκτρισμός.)

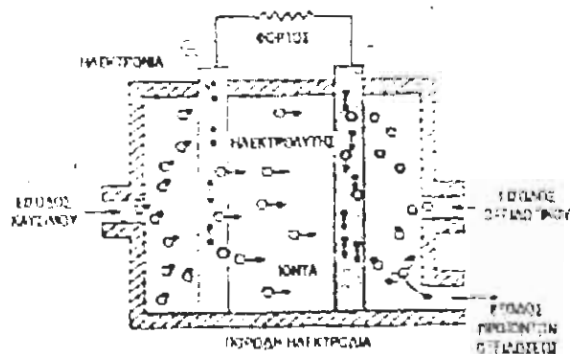
Στο κύτταρο διοχετεύονται υδρογόνο και οξυγόνο. Το καύσιμο κινείται μέσα στο αρνητικό ηλεκτρόδιο, που λέγεται κάθοδος, προς τα κάτω. Το καύσιμο χάνει ηλεκτρόνια, τα οποία παίρνει η κάθοδος. Η κάθοδος φορτίζεται αρνητικά.

Συγχρόνως η άνοδος (το θετικό ηλεκτρόδιο) τροφοδοτείται με οξυγόνο. Το οξυγόνο παίρνει ηλεκτρόνια από την άνοδο αφήνοντάς την θετικά φορτισμένη. Αυτό ετοιμάζει το κύτταρο για την επόμενη διαδικασία.



Σχ. 3-2. Απλοποιημένο διάγραμμα κυττάρου καυσίμου. Όπως ο συσσωρευτής αυτοκινήτου, παράγει ηλεκτρική ενέργεια ως αποτέλεσμα χημικής αντίδρασης. Όμως, σε αντίθεση με το συσσωρευτή, δεν χρειάζεται τότε επαναφόρτιση. Θα συνεχίσει να παράγει ηλεκτρισμό, για όσο τροφοδοτείται με καύσιμο και οξυγόνο.

Αν κάποιος φόρτος, όπως μια λυχνία, συνδεθεί μεταξύ ανόδου και καθόδου, ελεύθερα ηλεκτρόνια της καθόδου κινούνται δια του αγωγού σύρματος μέσα από τη λυχνία προς την άνοδο (σχ. 3-3). Καθώς γίνεται αυτό, θετικά ιόντα (σωματίδια) υδρογόνου αφήνουν την κάθοδο, κινούνται μέσα από τον ηλεκτρολύτη και συνδυάζονται με θετικά ιόντα οξυγόνου που αφήνει η άνοδος. Αυτή η αντίδραση παράγει νερό.



Σχ. 3-3. Σχηματικό διάγραμμα κυττάρου καυσίμου. Το κύτταρο θα δώσει ένα σταθερό ρεύμα, που μπορεί να κινήσει ηλεκτρικούς κινητήρες ή να ανάψει λαμπτήρες.

Υπάρχουν και άλλα απόβλητα εκτός από το νερό. Συμπεριλαμβάνονται σε αυτά άζωτο (από τον αέρα) και διοξείδιο του άνθρακα από το καύσιμο. Ένα άλλο προϊόν από τη διαδικασία είναι η παραγωγή εσωτερικής ενέργειας, που λόγω αυξήσεως της θερμοκρασίας οδηγεί σε ροή θερμότητας. Συνήθως είναι τόσο μεγάλη η αύξηση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να παράγεται ατμός. Η ελκυστική θερμότητα, που συχνά κατευθύνεται στην ατμόσφαιρα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς.

Σύγχρονα σχέδια κυττάρων καυσίμων χρησιμοποιούν δυο πορώδη ηλεκτρόδια. Ο ηλεκτρολύτης μπορεί να είναι ή φωσφορικό οξύ ή διάφορες στερεές ενώσεις ή μεμβράνες. Το κύτταρο παίρνει το οξυγόνο του από τον αέρα. Καταλύτες που περιβάλλουν τα ηλεκτρόδια βοηθούν το κύτταρο να σχηματίσει νερό. Εξαιτίας αυτού το κύτταρο παράγει ηλεκτρισμό και θερμοδυναμική ενέργεια.

Το σχήμα του κυττάρου ποικίλλει. Αυτά που χρησιμοποιούν φωσφορικό οξύ είναι τετράγωνα πλευράς 65 cm και πάχους 0,5 cm. Πολλές εκατοντάδες κυττάρων (στοιχείων) πακεταρισμένα σε μέγεθος 8 x 8 επί 3,5 m ύψος θα μπορούσαν να παράγουν ενέργεια για φωτισμό 150 σπιτιών.

Το κύτταρο καυσίμου λειτουργεί όσο τροφοδοτείται με καύσιμο. Το στοιχείο αυτό χρειάζεται πολύ λίγη συντήρηση. Κάθε πέντε χρόνια το σύστημα των κυττάρων (όπου συντελείται η αντίδραση) πρέπει να αντικατασταθεί.

Πριν το 2000 μπορούμε να δούμε κύτταρα καυσίμου να παρέχουν ηλεκτρισμό σε νοσοκομεία και δημόσια κέντρα. Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ένα επιπλέον πλεονέκτημα: η θερμότητα που εκλύεται μπορεί να προθερμάνει νερό ή να θερμάνει χώρους.

3.5.4 Παραγωγή καυσίμων από κάρβουνο.

Η αεριοποίηση του κάρβουνου είναι η διαδικασία μετατροπής του σε αέριο καύσιμο. Παρ' όλο που δεν είναι νέα ή μόλις αναπτυσσόμενη η μέθοδος αυτή μπορεί να έχει σημαντικές συνέπειες στο μέλλον, καθώς άλλα καύσιμα από απολιθώματα γίνονται πιο σπάνια.

Το κάρβουνο είναι σχεδόν καθαρός άνθρακας. Περιέχει μικρές μόνο ποσότητες υδρογόνου, οξυγόνου, θείου και αζώτου. Με την αεριοποίηση (ή με οποιαδήποτε άλλη διαδικασία που μετατρέπει κάρβουνο σε άλλο καύσιμο) προστίθενται άτομα υδρογόνου στα άτομα του άνθρακα.

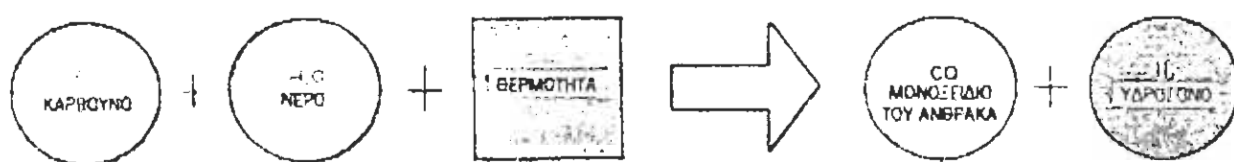
Στο κάρβουνο υπάρχουν 16 άτομα άνθρακα για κάθε άτομο υδρογόνου. Πολύ περισσότερα άτομα υδρογόνου βρίσκονται σε αέρια ή υγρά καύσιμα απολιθωμάτων (σχ. 3-4). Για την παραγωγή αυτών των καυσίμων από κάρβουνο, απαιτούνται μεγάλες ποσότητες υδρογόνου.

ΛΟΓΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΠΡΟΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ		
Καύσιμο	Αριθμός ατόμων άνθρακα	Αριθμός ατόμων υδρογόνου
Κάρβουνο	16	1
Βαρύ πετρέλαιο	6	1
Βενζίνη	1	2 ή 3

Σχ. 3-4. Σύγκριση του κάρβουνο με υγρά καύσιμα. Το κάρβουνο έχει πάρα πολλά άτομα στη δομή του.

Υπάρχουν τέσσερα κύρια συστατικά με την οποία επιτυγχάνεται η διαδικασία αεριοποίησης:

- Άνθρακας. Αυτός παράγεται από το κάρβουνο.
- Υδρογόνο. Μέρος αυτού παράγεται από το κάρβουνο. Το υπόλοιπο προέρχεται από τη διάσπαση φυσικού αερίου (το μεθάνιο είναι κυρίως υδρογόνο) ή προκύπτει από την εισαγωγή ατμού που αντιδρά με το κάρβουνο (το νερό, που είναι ατμός, έχει δυο άτομα υδρογόνου για κάθε άτομο οξυγόνου!).
- Οξυγόνο. Αυτό παρέχεται ή σε καθαρή μορφή ή από τον αέρα.
- Θερμότητα, η οποία προκύπτει από την καύση κάρβουνο ή ενός αερίου που είναι παραπροϊόν της διαδικασίας. Το σχήμα 3-5 δείχνει τη βασική χημική αντίδραση. Το αέριο που παράγεται κατά την αντίδραση αυτή (μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο) καίγεται, αλλά έχει μόνο το ένα τρίτο της θερμαντικής ικανότητας του μεθανίου. Μπορεί να καεί, για να βοηθήσει τη διαδικασία, αλλά δεν αξίζει τον κόπο να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις με σωλήνες (αγωγούς).



Σχ. 3-5. Βασική χημική αντίδραση για την αεριοποίηση καυσίμου.

Αντί αυτού, περνά από μια άλλη διαδικασία, που λέγεται **μεθανοποίηση**. Το υδρογόνο και το μονοξείδιο του άνθρακα συνδυάζονται με έναν καταλύτη (κάτι που εκκινεί μια χημική αντίδραση) και παράγεται μεθάνιο. Η παραγωγή μεθανίου ακολουθεί πολλά στάδια. Πρώτα το μονοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με ατμό και παράγει διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και υδρογόνο. Το διοξείδιο του άνθρακα στη συνέχεια διαχωρίζεται με ένα άλλο αέριο, το θειούχο υδρογόνο (H_2S). Το τελευταίο σχηματίζεται, όταν το υδρογόνο συνδυάζεται με προσμίξεις θείου στο αέριο. Επί του παρόντος, η διαδικασία αναπτύσσεται και τελειοποιείται για πιθανή εμπορική χρήση.

Όπως με την αεριοποίηση, η ρευστοποίηση του κάρβουνου αποσκοπεί στη μείωση του πηλίκου άνθρακα προς υδρογόνου από 16 προς 1 σε τουλάχιστον 6 προς 1. αυτό είναι το πηλίκο άνθρακα προς υδρογόνο των καυσίμων πετρελαίου. Υπάρχουν τρεις διαφορετικές διαδικασίες με τις οποίες επιτυγχάνεται αυτό:

- Υδρογόνωση. Προστίθενται καθαρό υδρογόνο. Παράγεται βαρύ πετρέλαιο, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εργοστάσια ισχύος.
- Πυρόλυση. Κάρβουνο θερμαίνεται απουσία υδρογόνου.
- Καταλυτικές μετατροπές.

Η πυρόλυση παράγει τρία καύσιμα: αέριο που μεταφέρεται με αγωγούς, ένα συνθετικό ακατέργαστο πετρέλαιο και ένα κατάλοιπο άνθρακα, που λέγεται **char**. Το char μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο, αν δεν περιέχει πάρα πολύ θείο.

Η καταλυτική μετατροπή παράγει την ίδια αντίδραση όπως η αεριοποίηση που περιγράψαμε πριν. Το μονοξειδίο του άνθρακα και το υδρογόνο στη συνέχεια συνδυάζονται με καταλύτη και παράγεται υγρό καύσιμο.

Η παραγωγή στερεού καυσίμου από κάρβουνο ονομάζεται **διαλυτικός καθαρισμός**. Το στερεό καύσιμο που παράγεται από αυτή τη μέθοδο καλείται καύσιμο διαλυτικού καθαρισμού ή SRC (solvent refined fuel).

Πρώτα, το κάρβουνο θρυμματίζεται και αναμιγνύεται με διαλυτικό, όπως ελαφρύ πετρέλαιο. Αυτό το μίγμα θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία και από υψηλή πίεση. Καθώς το κάρβουνο διαλύεται, οι στάχτες και οι προσμίξεις μπορούν να διαχωριστούν από αυτό. Το καύσιμο που προκύπτει είναι σαν στερεή πίσσα και μπορεί να θρυμματιστεί ή να θερμανθεί και να λιώσει. Η θερμαντική του ικανότητα είναι υψηλότερη από του κάρβουνου και είναι πιο καθαρό καύσιμο.

Η αεριοποίηση και η ρευστοποίηση έχουν μερικά σημαντικά μειονεκτήματα. Μεταξύ των πλέον σοβαρών είναι οι μεγάλες ποσότητες νερού, το οποίο όχι μόνο πρέπει να παράγει ψύξη, αλλά είναι και πρώτη ύλη για την παραγωγή υδρογόνου. Χρειάζονται περίπου 3,3 με 6,6 λίτρα για κάθε 2,2 kg κάρβουνου που χρησιμοποιείται. Αυτό είναι διπλάσιο από ό,τι χρειάζεται ένα εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής υπό κανονικές συνθήκες.

Επίσης, το περισσότερο από το κάρβουνο που αεριοποιείται στις ΗΠΑ βρίσκεται σε περιοχές, όπου δεν υπάρχει πολύ νερό (μεγάλα αποθέματα κάρβουνου υπάρχουν στα νοτιοδυτικά των ΗΠΑ, και στις βόρειες – κεντρικές περιοχές των πολιτειών Dakota, Montana και Wyoming).

Επιπλέον, με τις διαδικασίες αυτές επιβαρύνεται το περιβάλλον. Χρειάζονται συστήματα ελέγχου της μόλυνσης του αέρα που να κατακρατούν σωμάτια που προκαλούν μόλυνση και SO_x. Προκύπτουν επίσης στερεά απόβλητα. Μερικά από αυτά, φυσικά, θα επιστραφούν στις περιοχές εξορύξεως.

Ένας πρόσθετος κίνδυνος για την υγεία προέρχεται από την παραγωγή συνθετικών καυσίμων όπου υπάρχουν συνθετικές ουσίες. Πρόκειται για χημικές ουσίες που είναι πολύ επικίνδυνες, διότι προκαλούν καρκίνο σε όσους έρχονται σε επαφή με αυτές. Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που σημειώνονται για τη σύνθεση του κάρβουνου παράγονται ουσίες γνωστές ως πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH). Υπάρχουν πολλές ενδείξεις ό,τι αυτές οι ουσίες μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο.

Ειδικοί υποστηρίζουν ό,τι είναι δύσκολο να προβλεφθεί σε ποια έκταση θα γίνεται μετατροπή σε συνθετικά καύσιμα. Η ανάπτυξη των αναγκαίων εργοστασίων θα είναι πολυέξοδη και η ίδια διαδικασία θα στοιχίζει πολύ. Οι εταιρίες αερίων διστάζουν να αναλάβουν την ανάπτυξη τέτοιων εργοστασίων, γιατί αυτό θα σημάνει μείωση των εισόδων τους.

3.6 ΑΛΛΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.6.1 Μεταφορά ισχύος με ακτινοβολία.

Μεταφορά ισχύος με ακτινοβολία είναι η μεταφορά ενέργειας στο διάστημα με ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Είναι παρόμοια με την εκπομπή ραδιοκυμάτων χαμηλής ισχύος διά μέσου της ατμόσφαιρας προς απομακρυσμένους δέκτες. Ενέργεια θα μπορούσε να σταλεί από τη γη προς δορυφόρους ή από το διάστημα προς δέκτες στη γη. Δορυφόροι που θα δέχονταν δέσμες ενέργειας από τη γη θα μπορούσαν να την επανακατευθύνουν οπουδήποτε στο διάστημα ή στη γη. Διαστημικά και ατμοσφαιρικά οχήματα θα μπορούσαν έτσι να χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες και όχι μηχανές εσωτερικής καύσεως, που μολύνουν το χώρο.

Υπάρχουν ήδη σχέδια για τη χρήση δεσμών ενέργειας μέχρι το 2000. η πολιτεία Αλάσκα των ΗΠΑ έχει υποβάλει σχετική πρόταση προς το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ. Το σχέδιο της προτάσεως αυτής μηδενίζει τον κίνδυνο προκλήσεως πετρελαιοκηλίδων και δεν επιβαρύνει στο ελάχιστο το περιβάλλον σε αστικές περιοχές, πράγμα που συμβαίνει με τη χρήση καυσίμων απολιθωμάτων. Η πολιτεία Χαβάη των ΗΠΑ βλέπει τη μεταφορά ενέργειας με δέσμες ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ως ένα τρόπο αποφυγής πολυεξόδων υποθαλάσσιων γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ισχύος για την τροφοδότηση των ηφαιστειακών νησιών.

Οι **δορυφόροι ισχύος** είναι βασικά δορυφόροι σε γεωστατική τροχιά (κινούνται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα που έχει η γη κατά την περιστροφή της περί τον άξονα της). Σκοπός τους είναι να συλλέγουν ηλιακή ενέργεια και να την μετατρέπουν σε ηλεκτρική. Η μέθοδος των ηλεκτρομαγνητικών δεσμών θα επιτρέπει στους δορυφόρους να στέλνουν την ενέργεια στην επιφάνεια της γης σε κατάλληλους συλλέκτες.

Φωτοβολταϊκά κύτταρα τοποθετημένα στο διάστημα μπορούν να συλλέξουν τουλάχιστον τέσσερις φορές την ηλιακή ενέργεια που θα συνέλεγαν αν τοποθετούνταν στην πιο ηλιόλουστη περιοχή στην επιφάνεια της γης. Δεν υπάρχουν στο διάστημα σύννεφα, κακοκαιρίες ή νύκτες που να εμποδίζουν τον ήλιο.

Οι δορυφόροι ισχύος θα μπορούσαν να λειτουργούν όπως οι σημερινοί τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι. Από τις σταθερές θέσεις τους ως προς τη γη θα μπορούσαν να βρίσκονται συνεχώς σε επαφή με λήπτες (δέκτες) στη γη. Η ισχύς θα μεταφέρονταν με μικροκύματα. Οι δέκτες στη γη θα μετέτρεπαν τα μικροκύματα σε ηλεκτρισμό με μεγάλη απόδοση. Πιστεύεται ότι θα μπορούσαμε να έχουμε δορυφόρους ισχύος σε λειτουργία γύρω στο 2010.

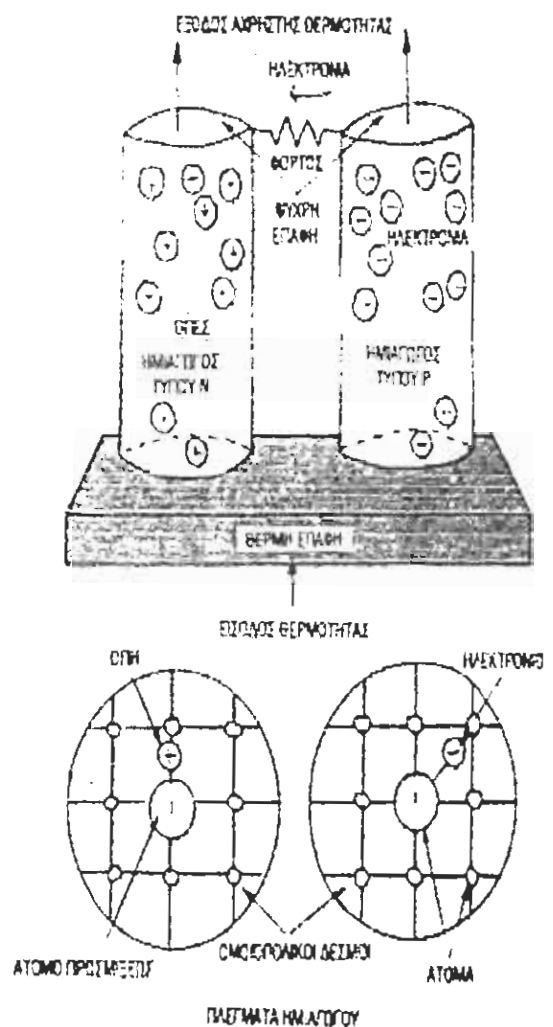
Ένας τέτοιος δορυφόρος θα μπορεί να παράγει ισχύ με έναν από τους δύο τρόπους:

- Χρησιμοποιώντας ένα παραδοσιακό στρόβιλο. Κοίλα κάτοπτρα από ανακλαστικό πλαστικό φύλλο θα συγκεντρώνουν ηλιακή ακτινοβολία επάνω σε αέριο ήλιο. Το διαστελλόμενο ήλιο θα κινεί στρόβιλο συνδεδεμένο με γεννήτρια. Τέσσερις μονάδες ανακλαστήρων μήκους 18 km θα μπορούσαν να παρέχουν τόση ηλεκτρική ισχύ, όση δέκα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής στην επιφάνεια της γης.
- Χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά (ηλιακά) κύτταρα, η ακτινοβολία μπορεί να μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρισμό. Μια συστοιχία από 10 δισεκατομμύρια κύτταρα που να καλύπτουν 51,2 τετραγωνικά χιλιόμετρα, θα παρείχε τόση ηλεκτρική ισχύ, όσοι πέντε σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής στη γη.

3.6.2 Θερμοηλεκτρικοί μετατροπείς – γεννήτριες ισχύος.

Οι **θερμοηλεκτρικοί μετατροπείς** είναι άλλες διατάξεις που μετατρέπουν θερμότητα σε ηλεκτρικό ρεύμα. Το παλαιότερο σύστημα αυτού του είδους είναι το **θερμοστοιχείο**. Το 1821 ένας Γερμανός φυσικός ανακάλυψε ότι αν δυο ανόμοια μέταλλα ενώνονταν και θερμαίνονταν, μπορούσε να μετρήσει κανείς στα ελεύθερα άκρα τους μια τάση ή ηλεκτρεγερτική δύναμη. Για περισσότερα από 100 χρόνια δεν επετεύχθη εφαρμογή αυτής της γνώσεως. Τότε βρέθηκαν οι ημιαγωγοί που είναι καλύτερα **θερμοηλεκτρικά υλικά**. Οι ημιαγωγοί έχουν προσμίξεις μέσα τους, χωρίς τις οποίες θα ήταν κακοί αγωγοί. Ένας είδος ημιαγωγού έχει άτομα προσμίξεως, που παράγουν ελεύθερα ηλεκτρόνια. Τα επιπλέον ηλεκτρόνια είναι ελεύθερα και κινούνται μέσα στο υλικό. Αυτός ο ημιαγωγός είναι γνωστός ως τύπος -n (αρνητικός τύπος).

Ένας δεύτερος τύπος ημιαγωγού έχει άτομα προσμίξεως με λίγα ηλεκτρόνια. Εξαιτίας αυτού δημιουργούνται θετικές σπές στον ημιαγωγό, αυτές οι σπές μπορούν να κινούνται όπως τα θετικά φορτία. Εάν συνδέσουμε έναν ημιαγωγό p-τύπου με ένα n-τύπου και θερμάνουμε την πλάκα με την ένδειξη "θερμή (δι) επαφή", θα συμβούν τα εξής:



Σχ. 3-6. Διάγραμμα θερμοηλεκτρικής διατάξεως. Επάνω: θερμοστοιχείο κατασκευασμένο από ζεύγος ημιαγωγών συνδεδεμένων με θερμή επαφή και φόρτο. Κάτω: τα άτομα προσμίξεως (στα κέντρα) είναι διαφορετικά στον κάθε βραχίονα. Το ένα έχει περισσότερα και το άλλο λιγότερα ηλεκτρόνια. Η θέρμανση οδηγεί στις σπές και τα ηλεκτρόνια προς τους ακροδέκτες.

- Η θέρμανση της θερμής (δι) επαφής οδηγεί στα ελεύθερα ηλεκτρόνια και τις οπές προς την ψυχρή (δι) επαφή. Φανταστείτε τα σαν αέρια, που κινούνται μέσα στο υλικό του ημιαγωγού λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας.
- Οι οπές κινούνται μέσα στον ένα ημιαγωγό και τα ηλεκτρόνια στον άλλο.
- Οι οπές φορτίζουν τον ένα ακροδέκτη θετικά και τα ηλεκτρόνια τον άλλο αρνητικά.
- Προκαλείται ροή ηλεκτρονίων δια του φόρτου, που είναι συνδεδεμένος στους ακροδέκτες. Στα άκρα του φόρτου υπάρχει διαφορά δυναμικού.
- Αν ο φόρτος είναι κάποια κατάλληλη λυχνία, η λυχνία θα φωτοβολήσει.

Οι θερμοηλεκτρικές γεννήτριες μπορεί να βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου δεν είναι δυνατόν να παρακολουθούνται. Λειτουργούν ικανοποιητικά χωρίς συντήρηση. Έχουν εκτοξευθεί στο διάστημα, μέσα σε δορυφόρους, μικρές μονάδες που λειτουργούν με πυρηνική ενέργεια. Επίσης, χρησιμοποιούνται στις πολικές περιοχές, και υποθαλασσίως.

Έχουν κατασκευαστεί μικρές μονάδες προπανίου ώστε να χρησιμοποιηθούν σε χώρους κατασκηνώσεως, σε θαλάσσιες επιπλέουσες κατασκευές και σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου χρειάζεται μικρή μόνο ποσότητα ηλεκτρισμού.

Η απόδοση της θερμοηλεκτρικής γεννήτριας είναι περίπου 5%. Αυτή η τιμή είναι χαμηλή σε σχέση με το 35 έως 40% των εργοστασίων που λειτουργούν με ατμό. Θα πρέπει οι αποδόσεις να γίνουν πολύ μεγαλύτερες, ώστε τα εργοστάσια θερμοηλεκτρικής ισχύος να αντικαταστήσουν τις μονάδες που λειτουργούν με ατμό.

Άλλες διατάξεις μετατροπής είναι υπό μελέτη και ανάπτυξη. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται:

- Ο θερμοιονικός μετατροπέας. Αυτή η διάταξη αποτελείται από δυο μεταλλικές πλάκες. Όταν η μία από αυτές θερμανθεί αναγκάζει τα ηλεκτρόνια να βγουν έξω και δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα.
- Σιδηροηλεκτρικός μετατροπέας. Ένα μη αγώγιμο υλικό απορροφά θερμότητα και τα μόρια υφίστανται μεταβολές.
- Θερμομαγνητικός μετατροπέας. Αυτή η κατασκευή απορροφά θερμότητα και έτσι μεταβάλλεται η μαγνήτιση ενός μαγνητικού υλικού.

Αυτές οι διατάξεις βρίσκονται ακόμη στο στάδιο αναπτύξεως. Όμως μπορεί να παρέχουν σημαντικές δυνατότητες μετατροπής ενέργειας στο μέλλον.

3.6.3 Ενέργεια συντήξεως – φλόγα συντήξεως.

Χρειάζεται να λυθούν πολλά προβλήματα πριν δαμαστεί και χρησιμοποιηθεί η πυρηνική σύντηξη ως πηγή ενέργειας. Μέχρι τώρα δεν έχει κατασκευαστεί αυτοσυντηρούμενος αντιδραστήρας συντήξεως. Πρέπει να υπάρχουν τρεις, με ακρίβεια καθορισμένες, συνθήκες ταυτόχρονα:

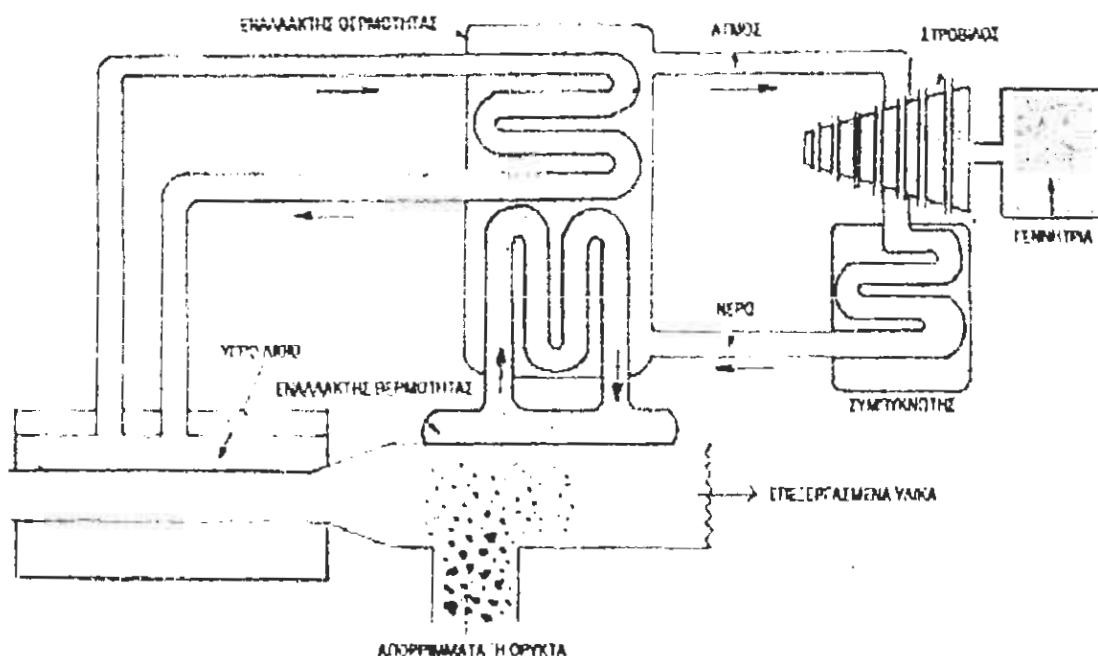
- Θερμοκρασία.
- Χρόνος περιορισμού.
- Πυκνότητα πλάσματος.

Μόνο τότε η αντίδραση συντήξεως θα συνεχισθεί (αυτοσυντηρούμενη). Παρά τα περίπου 30 τόσα χρόνια έρευνας πάνω στη σύντηξη. Οι επιστήμονες και οι μηχανικοί δεν κατόρθωσαν να επιτύχουν την ταυτόχρονη εμφάνιση αυτών των

τριών συνθηκών σε μια μηχανή. Όταν οι ερευνητές επιτύχουν στο μέλλον και δείξουν ό,τι πέτυχαν την εφαρμογή μεθόδου αυτοσυντηρούμενης συντήξεως, θα πρέπει να λυθούν άλλα προβλήματα. Ένα από αυτά θα είναι η κατασκευή θαλάμου, που να μπορεί να αντέξει στην αντίδραση της συντήξεως επί μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να καταστρέφεται. Ένα άλλο πρόβλημα θα είναι το τεράστιο κόστος σχεδιασμού και κατασκευής τέτοιου αντιδραστήρα. Αν οι μηχανικοί και οι επιστήμονες επιτύχουν να ξεπεράσουν τα εμπόδια, το ανθρώπινο γένος θα έχει μια πηγή ενέργειας για εκατομμύρια ή ακόμη και δισεκατομμύρια χρόνια.

Είναι δυνατόν, η ενέργεια από σύντηξη, εφόσον αναπτυχθεί, να χρησιμοποιηθεί και για άλλο σκοπό εκτός από την προώθηση οχημάτων και την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Μια πρόταση είναι η ανάπτυξη της "φλόγας συντήξεως".

Το πλάσμα από την έξοδο του αντιδραστήρα συντήξεως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να διασπάσει στερεά ή υγρά. Η εξαιρετικά υψηλή θερμοκρασία θα εξαέρωνε τα υλικά και θα τα ιόνιζε. Αυτό σημαίνει διάσπαση μέχρι το επίπεδο των ατόμων. Το σχήμα 3-7 δείχνει ένα απλοποιημένο διάγραμμα φλόγας συντήξεως.



Σχ. 3-7. Αυτό το απλοποιημένο διάγραμμα δείχνει πως μπορεί να λειτουργεί η φλόγα συντήξεως. Μέρος της ενέργειας από το υπερθερμασμένο πλάσμα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, για να αεριοποιήσει απορρίμματα ή ορυκτά και να τα μετατρέψει σε άτομα. Τα άτομα θα μπορούσαν να συνδυαστούν και να παραχθούν χρήσιμες πρώτες ύλες.

Η «φλόγα» θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία όλων των ειδών των απορριμμάτων, ορυκτών και για την παραγωγή υγρών καυσίμων. Πιστεύεται ό,τι η φλόγα συντήξεως θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή υπεριωδών ακτίνων ή ακτίνων X. Αυτό θα μπορούσε να γίνει τοποθετώντας μικρές ποσότητες βαρέων ατόμων στην έξοδο του πλάσματος.

Ενέργεια που θα παραγόταν κατά αυτόν τον τρόπο, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς:

ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Energy (sources/applications/alternatives), *Howard Bud Smith*.
- 2) Energy technology, Sources of Power, *Thomson Learning Tools*.
- 3) Design and Construction of Ports and Marine Structures, *Alonzo Def. Quinn*.
- 4) Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με φωτοβολταϊκά συστήματα, *Σ.Π. Κωνσταντινίδη, Α. Νεοκλέους*.
- 5) Ηλιακά παθητικά θερμοκήπια, *καθηγητή Τ.Ε.Ι. Πειραιά*.
- 6) Νέες πηγές ενέργειας, *Φίλιππα Ι. Δημόπουλου, Ιωάννη Μαλαφούρη*.
- 7) Ο επιστημονικός μου οδηγός (ανακαλύπτω τη γη), *John Fardon*.
- 8) Ανακαλύπτω την επιστήμη – ενέργεια, *Jack Challoner*.
- 9) Σειρά γνώσεων (επιστήμη και ζωή - εξάβιβλος), *Χατζηακώβου Α.Γ.*
- 10) Υδραία – Ελληνική και παγκόσμια μεγάλη εγκυκλοπαίδεια, *Εταιρία Ελληνικών εκδόσεων Α.Ε.*

