

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ
ΠΗΓΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΓΙΑ ΔΥΝΗΤΙΚΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ



Το εγχειρίδιο παρήχθη στο πλαίσιο του προγράμματος ALTENER με αρ. Συμβολαίου: 4.1030/Z/95-091



Η ανατύπωση & επικαιροποίηση του εγχειριδίου έγινε στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα» του Γ' Κ.Π.Σ.

Έργο συγχρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση κατά 75% (ΕΠΠΑ)

ΕΠΠΑ (Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης): Συμβολή στην άμβλυση των ανισοτήτων όσον αφορά την ανάπτυξη και το βιοτικό επίπεδο μεταξύ των διαφόρων περιφερειών, καθώς και τη μείωση της καθυστέρησης των λιγότερο ευνοημένων περιφερειών.

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΓΙΑ ΔΥΝΗΤΙΚΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ

ISBN: 960-86907-6-5



Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
19^ο χλμ Λεωφόρου Μαραθώνος,
19009, Πικέρμι
τηλ: 210 6603300
fax: 210 6603301-2
e-mail: cres@cres.gr
website: <http://www.cres.gr>

Περιεχόμενα

1. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

- 1.1. Τι είναι αιολική ενέργεια
- 1.2. Ιστορικά Στοιχεία
- 1.3. Τεχνολογία Ανεμογεννητριών
 - 1.3.1. Είδη Ανεμογεννητριών
 - 1.3.2. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας
- 1.4. Εφαρμογές των Ανεμογεννητριών
- 1.5. Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στον κόσμο
- 1.6. Ανάπτυξη και προοπτικές της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα
 - 1.6.1. Εφαρμογές
 - 1.6.1.1. Το υβριδικό πάρκο της Κύθνου
 - 1.6.1.2. Το αιολικό πάρκο της Άνδρου
 - 1.6.1.3. Η κατάσταση στην υπόλοιπη Ελλάδα
 - 1.6.2. Ανάπτυξη Εγχώριας Τεχνολογίας Ανεμογεννητριών
- 1.7. Συμπεράσματα

2. ΒΙΟΜΑΖΑ

- 2.1. Εισαγωγή
- 2.2. Παγκόσμιο και Ελληνικό Δυναμικό
- 2.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας
- 2.4. Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας-Εφαρμογές
 - 2.4.1. Κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης ή/και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες
 - 2.4.2. Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών
 - 2.4.3. Θέρμανση θερμοκηπίων
 - 2.4.4. Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας
 - 2.4.5. Παραγωγή καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας
 - 2.4.6. Ενεργειακές καλλιέργειες
 - 2.4.7. Βιοαέριο
 - 2.4.8. Παραγωγή οργανοχημικών λιπασμάτων από πτηνοτροφικά απόβλητα.
- 2.5. Προοπτικές της βιομάζας-Συμπεράσματα

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

- 3.1. Εισαγωγή
- 3.2. Προέλευση της γεωθερμικής ενέργειας - Ορολογία
 - 3.2.1. Τρόπος μεταφοράς της θερμότητας
 - 3.2.2 Τεχνολογία απόληψης της γεωθερμικής ενέργειας
 - 3.2.3. Ιστορικά στοιχεία
- 3.3. Εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας
 - 3.3.1. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
 - 3.3.2. Θερμικές εφαρμογές
 - 3.3.3. Προβλήματα από τη χρήση των γεωθερμικών ρευστών
 - 3.3.4. Οικονομικά στοιχεία

- 3.3.5. Περιβαλλοντικά οφέλη
- 3.4. Η κατάσταση στην Ελλάδα
 - 3.4.1. Πεδία χαμηλής θερμοκρασίας
 - 3.4.2. Πεδία υψηλής θερμοκρασίας
- 3.5. Συμπεράσματα

4. ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

- 4.1. Ο Ήλιος
- 4.2. Τα Θερμικά Ηλιακά Συστήματα
 - 4.2.1. Ηλιακοί Συλλέκτες
 - 4.2.2. Τοποθέτηση των Ηλιακών Συλλεκτών
 - 4.2.3. Δεξαμενή αποθήκευσης της θερμότητας
- 4.3. Δυνατότητες αξιοποίησης
 - 4.3.1. Οικιακά συστήματα
 - 4.3.2. Βιομηχανικές εφαρμογές-Θέρμανση χώρων-Ψύξη
 - 4.3.3. Ηλεκτροπαραγωγή
 - 4.3.3.1. Συστήματα παραβολικών κοίλων
 - 4.3.3.2. Συστήματα πύργου ισχύος (ή ηλιακού πύργου)
 - 4.3.3.3. Συστήματα δίσκου/μηχανής
- 4.4. Η Κατάσταση στην Ελλάδα
 - 4.4.1. Ηλιακό Χωριό
 - 4.4.2. Εμπορικές Εφαρμογές
- 4.5. Πιστοποίηση-Δοκιμές-Μετρήσεις
- 4.6. Χρηματοδότηση από τρίτους-Εγγυημένη απόδοση
- 4.7 Συμπεράσματα

5. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

- 5.1. Εισαγωγή
- 5.2. Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο
- 5.3. Τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα
 - 5.3.1 Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα-Λειτουργία
 - 5.3.2 Διασυνδεδεμένα Φωτοβολταϊκά Συστήματα - Λειτουργία

6. ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

- 6.1. Εισαγωγή
 - 6.1.1. Βασική αρχή
 - 6.1.2 Διάκριση των Υδροηλεκτρικών
- 6.2. Ο Υδάτινος Πόρος και το δυναμικό του
 - 6.2.1. Υδρολογία
 - 6.2.2. Επιλογή θέσης και βασική διαμόρφωση
- 6.3. Έργα Πολιτικού Μηχανικού
 - 6.3.1. Φράγματα και υδροφράκτες
 - 6.3.2. Στόμια εισόδου
 - 6.3.3. Κανάλια
 - 6.3.4. Αγωγοί πτώσης
 - 6.3.5. Αυλάκια απαγωγής
- 6.4. Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός
 - 6.4.1. Υδροστρόβιλοι
 - 6.4.2. Γεννήτριες
 - 6.4.3. Κιβώτιο ταχυτήτων
 - 6.4.4. Εξοπλισμός ελέγχου
- 6.5. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- 6.6. Οικονομικά στοιχεία των ΜΥΗ
- 6.7. Εμπόδια στην ανάπτυξη των ΜΥΗ

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1. Τι είναι αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μία μορφή ενέργειας, που δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μία περιοχή στην άλλη, δημιουργεί δηλαδή τους ανέμους. Ο άνεμος είναι δυνατό να περιστρέφει ανεμοτροχούς, να προωθεί ιστιοφόρα πλοία ή να κινεί αντικείμενα, μπορεί δηλαδή η ενέργειά του να καταστεί εκμεταλλεύσιμη.

Η πηγή αυτής της ενέργειας είναι πρακτικά ανεξάντλητη, ανανεούμενη συνεχώς, γι' αυτό και ονομάζεται ανανεώσιμη. Εάν υπήρχε η δυνατότητα με τη σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια από τον άνεμο θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Δυστυχώς, μόνο ένα μικρό ποσοστό της τεράστιας αυτής ποσότητας ενέργειας είναι σήμερα εκμεταλλεύσιμη. Εντούτοις, υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1 μέτρα το δευτερόλεπτο, σε ύψος 10 μέτρων πάνω από το έδαφος. Όταν σε μια περιοχή οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτήν την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα.

1.2. Ιστορικά Στοιχεία

Η ενέργεια του ανέμου χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο ήδη από την αρχαιότητα. Μάλιστα, τόσο είχε εκτιμηθεί η σπουδαιότητα και η χρησιμότητα των ανέμων, ώστε ο ίδιος ο Δίας, κατά την Ελληνική μυθολογία,

είχε ορίσει ειδικό "διαχειριστή" των ανέμων, τον Αίολο, ο οποίος τους κατηύθυνε από τη μυθική νήσο του, την Αιολία. Εξάλλου, ο εγκλωβισμός των ανέμων στον ασκό του Αιόλου, κατά τον Όμηρο, δείχνει ακριβώς την ανάγκη των ανθρώπων να διαθέτουν τους ανέμους στον τόπο και χρόνο που οι ίδιοι θα ήθελαν.

Για πολλές εκατοντάδες χρόνια, η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ η χρήση του ανεμόμυλου ως κινητήριας μηχανής, κυρίως στον αγροτικό τομέα, εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του αιώνα μας. Είναι η εποχή που εξαπλώνεται ραγδαία η χρήση των συμβατικών καυσίμων και ο ηλεκτρισμός φθάνει ως τα πιο απομακρυσμένα σημεία.

Το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, εκδηλώθηκε έντονα περί τα μέσα της δεκαετίας του '70 και ήταν αποτέλεσμα της πετρελαϊκής κρίσης που είχε εν τω μεταξύ ξεσπάσει. Από τότε, μέχρι σήμερα, υπάρχει μια συνεχώς αυξανόμενη τάση για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της εκμετάλλευσης της ενέργειας του ανέμου.

1.3. Τεχνολογία Ανεμογεννητριών

1.3.1. Είδη Ανεμογεννητριών

Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν σχεδόν αποκλειστικά μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

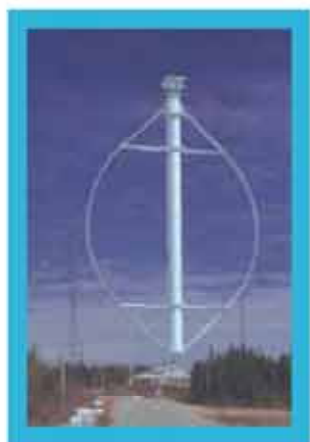
- τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικας και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο (Σχ. 1.1)



Σχήμα 1.1. Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα

και

- τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα, ο οποίος και παραμένει σταθερός (Σχ. 1.2).



Σχήμα 1.2. Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα

Σήμερα, στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα.

Οι συνιστώσες μιας τυπικής ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.3 Γενικά, αυτή αποτελείται από:

- Το δρομέα, με δύο ή τρία πτερύγια συνήθως, πολύ σπάνια και με ένα, τα οποία κατασκευάζονται από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μία πλήμνη, είτε σταθερά είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από τον

διαμήκη άξονά τους, μεταβάλλοντας το βήμα της περσύνωσης.

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

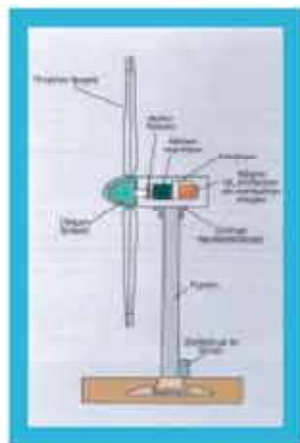
- Την ηλεκτρογεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική, με 4 ή 6 πόλους, η οποία συνδέεται με την έξοδο του κιβωτίου πολλαπλασιασμού στροφών μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου.

- Το σύστημα πέδης, το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.

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

- Τον πύργο, επάνω στον οποίο εδράζεται όλη η ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως μεταλλικός, σωληνωτός ή δικτυωτός και, σπανίως, από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ το ύψος του είναι τέτοιο, ώστε ο δρομέας να δέχεται την αδιατάρακτη από το έδαφος ροή του ανέμου.

- Τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου ρυθμίζει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.

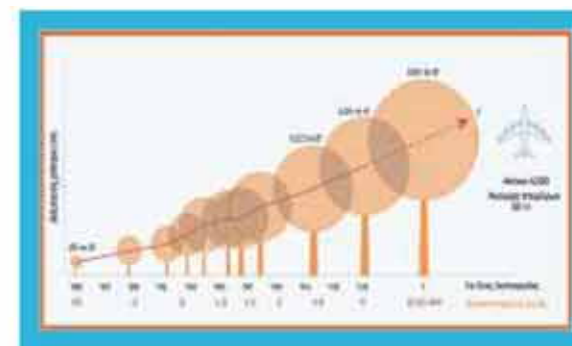


Σχήμα 1.3. Τομή τυπικής ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το αιολικό δυναμικό της περιοχής όπου αυτή εγκαθίσταται. Το δε μέγεθός της είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει.

1.3.2. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας

Η αύξηση του μεγέθους των ανεμογεννητριών. Στα μέσα του 2005 η μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια είχε διάμετρο 126 μέτρα και εγκατεστημένη ισχύ 5 MW. (Σχ. 1.4)



Σχήμα 1.4. Η εξέλιξη του μεγέθους και των διαστάσεων των Α/Γ με την πάροδο των ετών (1985-2005)

Η τεχνολογία των ανεμογεννητριών στο διάστημα της τελευταίας εικοσαετίας σημείωσε πραγματικό άλμα, αφού η απόδοση των μηχανών από τις αρχές του 1980 μέχρι σήμερα έχει σχεδόν διπλασιαστεί ενώ η ισχύς τους έχει εκατονταπλασιαστεί. Από μονάδες των 20-60 kW και διάμετρο ρότορα γύρω στα 20 μέτρα έχουν αυξηθεί το 2005 σε 5000 kW και διάμετρο άνω των 100 μέτρων.

Ένας άλλος δείκτης που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη είναι η διαθεσιμότητα των ανεμογεννητριών, δηλαδή το ποσοστό του χρόνου που αυτές είναι διαθέσιμες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, για παράδειγμα, η διαθεσιμότητα των αιολικών πάρκων αυξήθηκε από 60% το 1981 σε 95% το 1986. Σήμερα, οι περισσότερες εγκαταστάσεις λειτουργούν με διαθεσιμότητες πάνω από 98%, ενώ οι συντελεστές απόδοσής τους φθάνουν και ξεπερνούν σε μερικές περιπτώσεις το 40%, εξαρτώμενοι κυρίως από τη θέση εγκατάστασής τους.

Εξάλλου, το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την "πρώτη" περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, το κόστος ηλεκτροπαραγωγής από ανεμογεννήτριες από τα 0,80 €/kWh στις αρχές της δεκαετίας του '80 έχει μειωθεί στα 0,04 - 0,05 €/kWh σε μέρη με δυνατούς ανέμους μέχρι 0,06 - 0,08 €/kWh σε μέρη με μικρή ταχύτητα ανέμων (2003). Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τις συνεχείς βελτιώσεις που επιτυγχάνονται στην απόδοση και την αξιοπιστία των ανεμογεννητριών, εκτιμάται ότι το κόστος εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας μπορεί να μειωθεί στα 0,03 €/kWh μέχρι το 2010.

Οι τυπικές διαστάσεις μιας ανεμογεννήτριας 500 kW είναι 40 μέτρα για τη διάμετρο του δρομέα και 40 - 50 μέτρα για το ύψος του πύργου, ενώ οι διαστάσεις μιας ανεμογεννήτριας ενός MW είναι 55 και 50 - 60 μέτρα, αντίστοιχα.

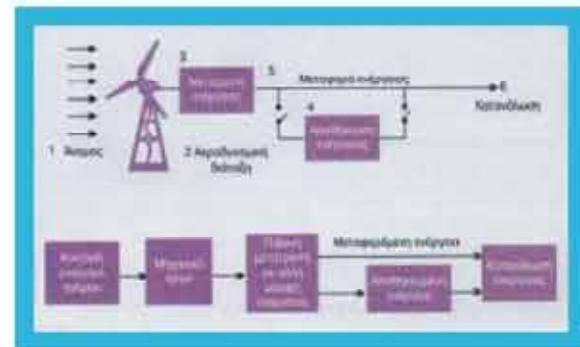
Σημειώνεται, τέλος, ότι ιδιαίτερο βάρος δίνεται σήμερα στην έρευνα και την ανάπτυξη ανεμογεννητριών μεταβλητών στροφών.

Οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου, λειτουργώντας σε μεταβλητές στροφές, επιτυγχάνουν αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητάς τους και μείωση της μηχανικής κοπώσεως των διαφόρων υποσυστημάτων τους. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται και ο σχεδιασμός των διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος των ανεμογεννητριών αυτών, οι οποίες τοποθετούνται στην έξοδο της ηλεκτρογεννήτριας και πριν το σημείο σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο.

1.4. Εφαρμογές των Ανεμογεννητριών

Η σημαντικότερη οικονομικά εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μίας χώρας, για την απόδοση σ' αυτό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή, ένα αιολικό πάρκο, δηλαδή μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μία συγκεκριμένη θέση με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύει το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό δίκτυο (Σχ. 1.5).

Η εφαρμογή αυτή επιτρέπει τη μαζική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας και είναι ιδιαίτερα απλή, δεδομένου ότι η σύνδεση του αιολικού πάρκου με το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο γίνεται μέσω υποσταθμού, στον οποίο τοποθετούνται οι μετασχηματιστές ανύψωσης της τάσης και τα υπόλοιπα αναγκαία συστήματα προστασίας. Κατ' αυτόν τον τρόπο δεν απαιτείται η ανάπτυξη ιδιαίτερου συστήματος διαχείρισης της παραγόμενης ενέργειας και ελέγχου του συστήματος, το οποίο προσφέρει όλη την ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυο.



Σχήμα 1.5. Διάγραμμα εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον άνεμο

Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα οι ανεμογεννήτριες να λειτουργούν αυτόνομα, για ηλεκτροπαραγωγή σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται, για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας χρήσιμης σε αντλιοστάσια, καθώς και για την παραγωγή θερμότητας.

Όταν οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι μικρές, όπως σε απομονωμένες αγροτικές ή εξοχικές κατοικίες, σταθμούς τηλεπικοινωνίας σε βουνά, φυλάκια ενόπλων δυνάμεων, ορειβάτικα καταφύγια κλπ., χρησιμοποιούνται μικρές ανεμογεννήτριες συνεχούς ρεύματος, σε συνδυασμό, συνήθως, με συστοιχία συσσωρευτών για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας και χρήση της όταν επικρατούν συνθήκες άπνοιας. Στην περίπτωση αυξημένων φορτίων χρησιμοποιείται μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια, η οποία, με τη βοήθεια ενός συστήματος ανορθωτή ρυθμιστή μετατροπέα, παρέχει εναλλασσόμενο ρεύμα. Στις περισσότερες εφαρμογές, η εγκατάσταση συνοδεύεται παράλληλα από νηζελογεννήτρια, η οποία εξασφαλίζει την αδιάλειπτη παροχή ρεύματος.

Σε κάθε περίπτωση όμως, οι εφαρμογές εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας και, ειδικότερα, η επιλογή του χώρου εγκατάστασης των ανεμογεννητριών πρέπει να γίνεται με προσοχή ώστε να μην διαταράσσεται, καθ' οιονδήποτε τρόπο, η ποιότητα του περιβάλλοντος της ευρύτερης περιοχής.

Προβλήματα, όπως αυτό του θορύβου σήμερα έχουν ουσιαστικά αντιμετωπισθεί, δεδομένου ότι, με τη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, έχει καταστεί πρακτικά αθόρυβη η λειτουργία των ανεμογεννητριών. Παράλληλα, αξίζει να σημειωθεί ότι, ο σχεδιασμός των αιολικών πάρκων γίνεται πλέον με τρόπο τέτοιο που να επιτυγχάνεται η κατά το δυνατόν αρμονικότερη συνύπαρξη εγκατάστασης και τοπίου.

1.5. Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στον κόσμο

Από τα μέσα της δεκαετίας του '70, οπότε άρχισε η εγκατάσταση των πρώτων ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μέχρι τα τέλη του 2004, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε όλο τον κόσμο ξεπέρασε τα 50.000 MW. Από αυτά, τα 34.205 MW βρίσκονται στην Ευρωπαϊκή ένωση.

Πίνακας 1.1. Οι χώρες με την μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ Αιολικής ενέργειας [Πηγή: Global Wind Energy Council].

Χώρα	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε MW
Γερμανία	16.629
Ισπανία	8.263
ΗΠΑ	6.750
Δανία	3.117
Ινδία	3.000
Ιταλία	1.125
Ολλανδία	1.078
Ιαπωνία	991
Ην. Βασίλειο	888
Κίνα	769
Σύνολο	42.610

Το 1994, οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης υποσκέλισαν τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής σε συνολική εγκατεστημένη ισχύ, με πρωτοπόρες τη Δανία, την Ολλανδία και την Αγγλία. Η Γερμανία εισήλθε δυναμικά στο χώρο και, από 60 MW το 1990, έφθασε τα 16.649 MW εγκατεστημένης ισχύος στο τέλος του 2004. Μεγάλη πρόοδο έχει σημειώσει και η Ισπανία, η οποία, κατόρθωσε να εγκαταστήσει 8.263 MW μέχρι το τέλος του 2004 (Σχ. 1.6).



Σχήμα 1.6. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε MW το 2004 στην Ευρωπαϊκή ένωση των 25 [Πηγή: European Capacity map, EWEA]

1.6. Ανάπτυξη και προοπτικές της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

1.6.1. Εφαρμογές

Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξης της. Από τις πλέον πρόσφορες περιοχές για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι οι παράλιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας και, κυρίως, τα νησιά του Αιγαίου, στα οποία συχνά πνέουν ισχυροί άνεμοι. Πολλές φορές εντάσεως 8 και 9 Μποφόρ.

Οι πρώτες δραστηριότητες για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα άρχισαν το 1975, με την πραγματοποίηση από τη ΔΕΗ μετρήσεων των ανεμολογικών στοιχείων σε πολλές περιοχές της χώρας. Η κίνηση αυτή ήταν η ενδεδειγμένη, δεδομένου ότι η ύπαρξη καλών ανεμολογικών στοιχείων για μια σειρά πιθανών περιοχών εγκατάστασης, είναι βασικός παράγοντας για την ορθή επιλογή της θέσης των αιολικών πάρκων.

Στον Πίνακα 1.2. παρουσιάζονται αποτελέσματα μετρήσεων της ΔΕΗ, που αφορούν το αιολικό δυναμικό σε διάφορες νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας. Από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτει ότι η χώρα μας διαθέτει ορισμένες από τις καλύτερες παγκοσμίως θέσεις για εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου.

Πίνακας 1.2. Μετρήσεις Αιολικού Δυναμικού ΔΕΗ /ΔΕΜΕ

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

Στη συνέχεια, από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθο, μέχρι το τέλος του 2004, έχουν κατασκευαστεί στη χώρα εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος 465 MW, από τα οποία το μεγαλύτερο μέρος ανήκει σε ιδιώτες.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε κάποιες από τις ήδη υπάρχουσες εφαρμογές της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας.

1.6.1.1. Το υβριδικό πάρκο της Κύθνου

Στην Κύθνο η ΔΕΗ έχει προχωρήσει στην πρώτη εφαρμογή στην Ελλάδα υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Οι ανεμογεννήτριες του αιολικού πάρκου, καθώς και τα φωτοβολταϊκά συστήματα που έχουν εγκατασταθεί εκεί, συνεργάζονται με το συμβατικό σταθμό του νησιού, ο οποίος, καταναλώνοντας πετρέλαιο ως καύσιμο, παράγει ηλεκτρικό ρεύμα με τη βοήθεια ηλεκτροπαραγωγών ζευγών. Το αιολικό πάρκο της Κύθνου εγκαταστάθηκε το 1982 και, στην αρχή, αποτελούνταν από 5 ανεμογεννήτριες των 20 kW. Το 1990, πέντε νέες ανεμογεννήτριες, των 33 kW η κάθε μία, εγκαταστάθηκαν στη θέση των προηγούμενων ενώ το 2000 προστέθηκε μία ανεμογεννήτρια των 500 kW.

1.6.1.2. Το αιολικό πάρκο της Άνδρου

Η Άνδρος αποτελεί τυπικό παράδειγμα ορεινού Κυκλαδίκου νησιού με πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό. Στο βόρειο τμήμα της, κοντά στο χωριό Καλυβάρι, όπου η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου είναι της τάξης των 9,7 μέτρων το δευτερόλεπτο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.2, λειτουργεί αιολικό πάρκο της ΔΕΗ, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος περίπου 1,6 MW, που αποτελείται από επτά ανεμογεννήτριες. Ο μέσος ετήσιος συντελεστής ισχύος του πάρκου αυτού είναι της τάξης του 40% και, είναι γεγονός ότι, αιολικά πάρκα με αποδόσεις συγκρίσιμες με αυτή του πάρκου της ΔΕΗ στην Άνδρο δε βρίσκονται εύκολα στον υπόλοιπο κόσμο.

1.6.1.3. Η κατάσταση στην υπόλοιπη Ελλάδα

Εκτός από την Κύθνο και την Άνδρο, η ΔΕΗ αλλά κυρίως ιδιωτικές εταιρίες έχουν προχωρήσει στην εγκατάσταση αιολικών πάρκων και σε άλλες περιοχές, όπως στην Εύβοια (συνολικής ισχύος 203 MW), τη Θράκη (163,35 MW), τα νησιά του ανατολικού Αιγαίου (27,8 MW), την Κρήτη (105,4 MW), την Πελοπόννησο (36 MW) και τις Κυκλάδες (32,68 MW). Το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος το 2005 ανήλθε στα 622 MW.

Οι σημαντικότερες εγκαταστάσεις παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.7.



Σχήμα 1.7. Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος (σε MW) στην Ελλάδα το 2005 [Πηγή: IEA Wind Energy annual report 2005]

Τα παραπάνω μεγέθη είναι σημαντικά, αλλά πολύ μακριά τόσο από το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό, όσο και από τις δυνατότητες διείσδυσης της ενέργειας που παράγεται από τον άνεμο στο ηλεκτρικό σύστημα της χώρας. Από μελέτες της ΔΕΗ προκύπτει ότι μία διείσδυση της τάξης του 10% είναι εφικτή και, επιπλέον, οικονομικά βιώσιμη για την ίδια την Επιχείρηση, ακόμα και εάν αυτή μόνη της αποφασίσει να χρηματοδοτήσει τις απαιτούμενες για το σκοπό αυτό εγκαταστάσεις.

Η μη ικανοποιητική ανάπτυξη των εφαρμογών αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα οφειλόταν, ως ένα βαθμό, και στο ισχύον μέχρι το 1994 νομοθετικό πλαίσιο. Ήδη, όμως, ο Νόμος 2244/94 δημιούργησε μεγάλες ευκαιρίες για την επέκταση της εκμετάλλευσης της Αιολικής Ενέργειας, όπως και όλων των άλλων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, στη χώρα μας. Ο νόμος αυτός δίνει τη δυνατότητα σε ιδιώτες να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα από τον άνεμο, με σκοπό αφ' ενός την κάλυψη των αναγκών τους και αφ' ετέρου την πώληση της περίσσειας της παραγόμενης ενέργειας στη ΔΕΗ. Παρέχεται επίσης η δυνατότητα πώλησης του συνόλου της παραγόμενης ενέργειας στη ΔΕΗ. Καθορίζεται επίσης η βασική τιμολογιακή

πολιτική, βάσει της οποίας μπορεί να γίνει αρκετά ακριβής εκτίμηση της βιωσιμότητας των σχετικών επενδύσεων, όπως εξάλλου και η διαδικασία που πρέπει να ακολουθείται για την απόκτηση αδειών κατασκευής και λειτουργίας αιολικών έργων. Το νομοθετικό αυτό πλαίσιο, σε συνδυασμό με τις υφιστάμενες δυνατότητες χρηματοδότησης για επενδύσεις σε έργα αιολικής ενέργειας που παρέχει ο νέος Αναπτυξιακός Νόμος 3299/04, άλλα κυρίως το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα "Ανταγωνιστικότητα" (ΕΠΑΝ) του Υπουργείου Ανάπτυξης που εντάσσεται στο Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης (Γ' ΚΠΣ) 2000-2006 και αναμένεται ότι θα βοηθήσει θεαματικά στην προσέλκυση επενδύσεων και στη δημιουργία μεγάλων έργων εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, τα αμέσως προσεχή χρόνια.

1.6.2. Ανάπτυξη Εγχώριας Τεχνολογίας Ανεμογεννητριών

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει αξιολογη βιομηχανία κατασκευής ανεμογεννητριών εκτός ελαχίστων κατασκευαστών ανεμογεννητριών της τάξης του 1 kW έως 5 kW. Ωστόσο υπάρχει σημαντική δραστηριότητα στην κατασκευή πύργων από την εγχώρια βιομηχανία χάλυβα. Μία ελληνική εταιρία έχει ασχοληθεί με την κατασκευή πτερύγων, αλλά δεν έχει κατορθώσει ακόμα να θέσει σε εμπορική εφαρμογή το προϊόν της. Σημείο κλειδί για την ανάπτυξη αξιόπιστων ελληνικών συστημάτων ανεμογεννητριών αποτελεί η δυνατότητα πιστοποίησής τους. Η πιστοποίηση αυτή, γίνεται από το ΚΑΠΕ, το οποίο, βασισμένο στην πολυετή εμπειρία του στο συγκεκριμένο χώρο και σε συνεργασία με αρμόδιους φορείς εντός και εκτός της χώρας, αναπτύσσει το Ελληνικό Σύστημα Πιστοποίησης Ανεμογεννητριών. Το σύστημα πιστοποίησης βασίζεται στα Εθνικά Πρότυπα για ανεμογεννήτριες, τα οποία έχουν αναπτυχθεί, αλλά επίσης υποστηρίζεται και από τις σημαντικές εγκαταστάσεις υποδομής που έχουν αναπτυχθεί στη χώρα από το ΚΑΠΕ, όπως είναι το Δοκιμαστήριο πτερυγίων ανεμογεννητριών, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα δοκιμής πτερυγίων με μήκος έως και 30 μέτρα, Εργαστήρια ανάπτυξης υβριδικών συστημάτων κλπ.

1.7. Συμπεράσματα

Η συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη εγχώριας τεχνολογίας και βιομηχανίας παραγωγής ανεμογεννητριών, μπορεί να συμβάλει πολλαπλά σε όλα τα επίπεδα της οικονομίας. Πράγματι, με τον τρόπο αυτό μπορεί να επιτευχθεί αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, η οποία, με τη σειρά της, συνεπάγεται σοβαρά συναλλαγματικά οφέλη.

Επιπλέον, σημαντικές θα είναι και οι επιπτώσεις μιας τέτοιας εξέλιξης στο περιβάλλον, αφού έχει υπολογισθεί ότι η παραγωγή σε ένα χρόνο μίας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550 KW υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2.700 βαρελιών πετρελαίου, στο ίδιο διάστημα. Αυτό σημαίνει ότι αποτρέπεται η εκπομπή στην ατμόσφαιρα περίπου 735 τόνων διοξειδίου του άνθρακα ετησίως, καθώς και 2 τόνων άλλων ρύπων.

Συγχρόνως θα δημιουργηθούν πολλές νέες θέσεις εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο MW αιολικής ενέργειας που εγκαθίσταται δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας. Θα υπάρξει, όμως, σημαντική εξέλιξη και στις προσπάθειες που γίνονται για την αποκεντρωμένη ανάπτυξη της χώρας, αφού η αγορά αυτή αφορά κυρίως την επαρχία, όπου βρίσκονται οι ανεμολογικά κατάλληλες γεωγραφικές θέσεις για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων, με αποτέλεσμα οι προβλεπόμενες νέες θέσεις εργασίας να δημιουργηθούν, ως επί το πλείστον, στην περιφέρεια.

Η αιολική ενέργεια είναι ανεξάντλητη και μας προκαλεί να την εκμεταλλευτούμε. Με τα προφανή οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη που μπορεί να αποφέρει η ανάπτυξη εγκαταστάσεων για την εκμετάλλευσή της στη χώρα μας και συνυπολογίζοντας τις θετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ποιότητα της ζωής μας από τη διάδοση της χρήσης της, θα ήταν ανεπίτρεπτο να αφήσουμε αυτόν τον υπάρχοντα εν αφθονία ενεργειακό πόρο αναξιοποίητο.

ΒΙΟΜΑΖΑ

2.1. Εισαγωγή

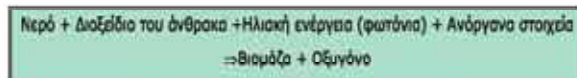
Γενικά, ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

- Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά.,
- τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιπου, στελέχη βαμβακιού, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά.,
- τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά., καθώς και
- το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών.

Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα

από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:



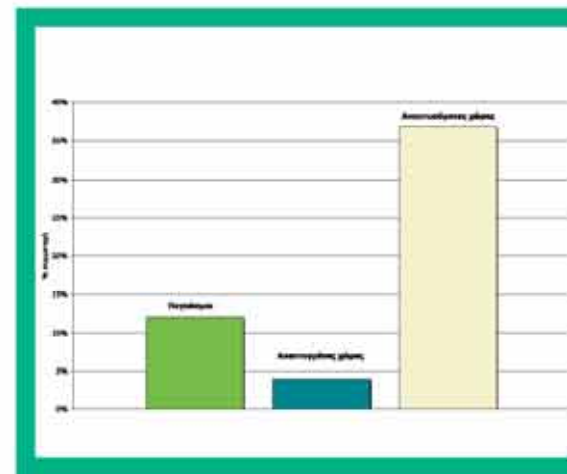
Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας.

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα.

Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

2.2. Παγκόσμιο και Ελληνικό Δυναμικό

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισεκ. τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλίσκεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα. Το τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, καθώς, σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα (Σχ. 2.1) και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.).



Σχήμα 2.1. Η συμμετοχή της βιομάζας (%) στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας

Στην Ελλάδα, τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3 - 4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30-40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου. Εντούτοις, με τα σημερινά δεδομένα, καλύπτεται μόλις το 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της με τη χρήση της διαθέσιμης βιομάζας.

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινι κ.ά.), σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδακίνων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά.

ΒΙΟΜΑΖΑ

Παρ' όλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Από πρόσφατη απογραφή, έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιπου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.ά.). Πέραν του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αιτία πολλών δυσάρεστων καταστάσεων (πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.ά.).

Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου κ.ά.) είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα συλλογής, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απ' ευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί, δηλαδή, η εκμετάλλευσή του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα. Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι καλλιέργειες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφάνειας, καθώς και της ευκολότερης συλλογής. Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία για τις ανεπτυγμένες χώρες, που προσπαθούν, μέσω των καλλιεργειών αυτών, να περιορί-

σουν, πέραν των περιβαλλοντικών και ενεργειακών τους προβλημάτων, και το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Όπως είναι γνωστό, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα γεωργικά πλεονάσματα, και τα οικονομικά προβλήματα που αυτά δημιουργούν, οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και της αγροτικής παραγωγής. Υπολογίζεται ότι, την προσεχή δεκαετία, θα μπορούσαν να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες 100 150 εκατ. στρέμματα γεωργικής γης, προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων.

Στη χώρα μας, για τους ίδιους λόγους, 10 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, το καθαρό όφελος σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται υπολογίζεται σε 5 - 6 ΜΤΙΠ (1 ΜΤΙΠ= 106 ΤΙΠ, όπου ΤΙΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) δηλαδή στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα.

Στον ελληνικό χώρο έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών. Από την πραγματοποίηση σχετικών πειραμάτων και πιλοτικών εφαρμογών, προέκυψαν τα εξής σημαντικά στοιχεία:

- Η ποσότητα βιομάζας που μπορεί να παραχθεί ανά ποτιστικό στρέμμα ανέρχεται σε 3 - 4 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 1 1,6 ΤΙΠ.
- Η ποσότητα βιομάζας, που μπορεί να παραχθεί ανά ξηρικό στρέμμα μπορεί να φτάσει τους 2 - 3 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0,7 1,2 ΤΙΠ.

2.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

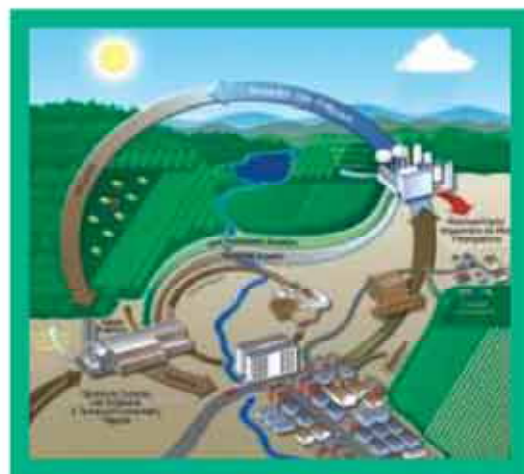
1. Η αποτροπή του φαινομένου του θερμο-

κηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί, ενώ κατά την καύση της παράγεται CO₂, κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου (Σχ.2.2).

2. Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της "όξινης βροχής". Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.

3. Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.

4. Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές, συμβάλλει δηλαδή η βιομάζα στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.



Σχήμα 2.2. Σχηματική αναπαράσταση του ενεργειακού κύκλου της βιομάζας [Πηγή: ΒΙΝ]

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας και αφορούν, ως επί το πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της, είναι τα εξής:

1. Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα

παραγόμενης ενέργειας.

2. Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.

3. Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

4. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.

Εξ αιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων και για την πλειοψηφία των εφαρμογών της, το κόστος της βιομάζας παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό. Ήδη, όμως, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ' ενός λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου, αφ' ετέρου και σημαντικότερο, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας. Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

2.4. Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας- Εφαρμογές

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού κλπ.) είτε με απ' ευθείας καύση, είτε με μετατροπή της σε αέρια, υγρά ή/και στερεά καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών (Πίν. 2.1).

Πίνακας 2.1. Υπάρχουσες τεχνολογίες αξιοποίησης της βιομάζας [Πηγή: IEA Bioenergy Task 29]



Επειδή η αξιοποίηση της βιομάζας αντιμετωπίζει συνήθως τα μειονεκτήματα της μεγάλης διασποράς, του μεγάλου όγκου και των δυσχερειών συλλογής - μεταποίησης - μεταφοράς - αποθήκευσης, επιβάλλεται η αξιοποίησή της να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στον τόπο παραγωγής της. Έτσι, αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευχερέστατα σε μια πληθώρα εφαρμογών:

2.4.1. Κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης ή/και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες

Με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον, είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων, είτε μέσω των καυσαερίων. Με τη συμπαραγωγή, όπως ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς.

Έτσι, αφ' ενός επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια, αφ' ετέρου μειώνονται αντίστοιχα και οι εκπομπές ρύπων. Επίσης, ελαττώνονται οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς τα συστήματα συμπαραγωγής είναι συνήθως αποκεντρωμένα και βρίσκονται πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ότι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Πράγματι, οι συμβατικοί σταθμοί παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης 15 - 40%, ενώ στα συστήματα συμπαραγωγής αυτός φθάνει μέχρι και 75 - 85%.

Η συμπαραγωγή από βιομάζα στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον σε αστικό περιφερειακό επίπεδο. Η εξάπλωση της εφαρμογής της πρέπει να εξετασθεί με βασικό στόχο τη δημιουργία πολλών μικρών αποκεντρωμένων σταθμών συμπαραγωγής. Αυτοί θα πρέπει να εγκατασταθούν σε περιοχές της χώρας με σημαντικές ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, οι οποίες να βρίσκονται συγχρόνως κοντά σε καταναλωτές θερμότητας, καθώς η μεταφορά της θερμότητας παρουσιάζει υψηλές απώλειες και αυξημένο κόστος.

Οι καταναλωτές της παραγόμενης θερμότητας των προαναφερθέντων σταθμών συμπαραγωγής μπορεί να είναι χωριά ή πόλεις, τα οποία θα θερμαίνονται μέσω κάποιας εγκατάστασης συστήματος τηλεθέρμανσης, θερμοκήπια, βιομηχανικές μονάδες με αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα κ.ά. Η παραγόμενη από τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρική ενέργεια είναι δυνατό είτε να ιδιοκαταναλώνεται είτε να πωλείται στη ΔΕΗ, σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Ν. 2244/94 ("Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα").

Ένα παράδειγμα βιομηχανίας όπου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής υποκαταστάθηκαν, πολύ επιτυχώς, συμβατικά καύσιμα από βιομάζα, είναι ένα εκκοκκιστήριο στην περιοχή της Βοιωτίας. Σ' αυτό εκκοκκίζονται ετησίως 40.000 - 50.000 τόνοι βαμβακιού και, από την παραγωγική αυτή διαδικασία, προκύπτουν ετησίως 4.000 - 5.000 τόνοι υπολειμμάτων, τα οποία στο παρελθόν καίγονταν σε πύργους αποτέφρωσης, χωρίς ιδιαίτερο έλεγχο, δημιουργώντας έτσι κινδύνους αναφλέξεως. Η απαραίτητη ξήρανση του βαμβακιού πριν τον εκκοκκισμό παλαιότερα γινόταν με την καύση πετρελαίου και διοχέτευση των καυσαερίων στο προς ξήρανση βαμβάκι, μέχρι που εγκαταστάθηκε σύστημα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, το οποίο αξιοποιεί, μέσω καύσης, τα υπολείμματα του εκκοκκισμού.

Η ισχύς του λέβητα βιομάζας είναι 4.000.000 kcal/h και ο παραγόμενος ατμός έχει πίεση 10 bar. Το έργο που παράγεται, κατά την εκτόνωση του ατμού σε ένα στρόβιλο, μετατρέπεται στη γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια ισχύος 500 kW. Μετά την εκτόνωσή του, ο ατμός οδηγείται, μέσω σωληνώσεων, αφ' ενός σε εναλλάκτες θερμότητας, όπου θερμαίνεται ο αέρας σε θερμοκρασία 130°C, ο οποίος, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται για την ξήρανση του βαμβακιού σε ειδικούς γι' αυτό το σκοπό πύργους, αφ' ετέρου στο σποροελαιουργείο, όπου χρησιμοποιείται στις πρέσες ατμού για την εξαγωγή του βαμβακόλαδου.

Με την εγκατάσταση του παραπάνω

συστήματος, καλύπτεται το σύνολο των αναγκών σε θερμότητα του εκκοκκιστηρίου, καθώς και μέρος των αναγκών του σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται ετησίως φθάνει τους 630 τόνους πετρελαίου. Έτσι, η αρχική επένδυση, συνολικού ύψους 880.000 ευρώ, αποσβέσθηκε σε μόλις 6-7 εκκοκκιστικές περιόδους. Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί ότι ανάλογες μονάδες, μόνο για παραγωγή θερμότητας όμως, έχουν ήδη εγκατασταθεί και λειτουργούν σε 17 εκκοκκιστήρια βαμβακιού στη χώρα μας, στα οποία αντικαταστάθηκε πλήρως η χρήση του πετρελαίου και του μαζούτ από αυτή των υπολειμμάτων του εκκοκκισμού.

2.4.2. Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών

Τηλεθέρμανση ονομάζεται η εξασφάλιση ζεστού νερού τόσο για τη θέρμανση των χώρων, όσο και για την απευθείας χρήση του σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μία πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η παραγόμενη θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια. Η τηλεθέρμανση παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη σε πολλές χώρες, καθώς εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως είναι η επίτευξη υψηλότερου βαθμού απόδοσης, ο περιορισμός της ρύπανσης του περιβάλλοντος και η δυνατότητα χρησιμοποίησης μη συμβατικών καυσίμων, οπότε προκύπτουν επιπλέον οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

2.4.3. Θέρμανση θερμοκηπίων

Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μία ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ήδη, στο 10% περίπου της συνολικής έκτασης των θερμαινόμενων θερμοκηπίων της χώρας, αξιοποιούνται διάφορα είδη βιομάζας. Ένα παράδειγμα αυτού του είδους χρήσης της βιομάζας αποτελεί μία θερμοκηπιακή μονάδα έκτασης 2 στρεμμάτων, στο Νομό Σερρών, στην οποία καλλιεργούνται οπωροκηπευτικά. Σε αυτή τη μονάδα έχει εγκατασταθεί σύστημα παραγωγής θερμότητας, συνολικής θερμι-

κής ισχύος 400.000 kcal/h, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο άχυρο σιτηρών. Η ετήσια εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται φθάνει τους 40 τόνους πετρελαίου.

2.4.4. Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας

Η παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική διεργασία (Σχ.2.3) επικεντρώνεται, κυρίως, στην παραγωγή βιοαιθανόλης (οινοπνεύματος) με ζύμωση σακχάρων, αμύλου, κυτταρινών και ημικυτταρινών που προέρχονται από διάφορα είδη βιομάζας (αραβόσιτος, σόργο το σακχαρούχο κ.ά.). Η τεχνολογία ζύμωσης των σακχάρων είναι σήμερα γνωστή και ανεπτυγμένη, ενώ εκείνη της ζύμωσης των κυτταρινών και ημικυτταρινών βρίσκεται υπό εξέλιξη. Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμιξη με βενζίνη, ως καύσιμο κίνησης.



Σχήμα 2.3. Βιοχημική μετατροπή της βιομάζας

Παρά το γεγονός ότι, εκτός ελαχίστων περιπτώσεων (π.χ. αντικατάσταση αεροπορικής βενζίνης), το κόστος της βιοαιθανόλης είναι υψηλότερο εκείνου της βενζίνης, η χρήση της ως καύσιμο κίνησης αυξάνει συνεχώς ανά τον κόσμο, με προεξάρχουσες τη Βραζιλία και τις ΗΠΑ. Αυτό συμβαίνει διότι αφ' ενός η βιοαιθανόλη είναι καθαρότερο καύσιμο από περιβαλλοντικής πλευράς και αφ' ετέρου δίνει διέξοδο στα γεωργικά προβλήματα. Για τους λόγους αυτούς η παραγωγή και χρήση της βιοαιθανόλης παρουσιάζουν εξαιρετικά ευνοϊκές προοπτικές για το μέλλον.

2.4.5. Παραγωγή καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας

Η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας (Σχ.2.4) οδηγεί είτε στην απ'ευθείας παραγωγή ενέργειας (καύση), είτε στην παραγωγή καυσίμου, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα. Η τεχνολογία της αστραπιαίας πυρόλυσης αποτελεί μία από τις πολλά υποσχόμενες λύσεις για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Κατ' αυτήν, τα ογκώδη δασικά και αγροτικά υπολείμματα, αφού ψιλοτεμαχισθούν, μετατρέπονται, με τη βοήθεια ειδικού αντιδραστήρα, σε υγρό καύσιμο υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, το βιοέλαιο.



Σχήμα 2.4. Θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας

Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου (έχει λίγο μικρότερη από τη μισή θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου) σε εφαρμογές θέρμανσης (λέβητες, φούρνους κλπ.) αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά.). Η αστραπιαία πυρόλυση της βιομάζας αποτελεί την οικονομικότερη διεργασία ηλεκτροπαραγωγής, ιδίως στην περιοχή μικρής κλίμακας ισχύος (<5MWe).

Το ΚΑΠΕ, σε συνεργασία με διεθνώς αναγνωρισμένα Πανεπιστήμια και Εταιρείες Παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος, ανέπτυξε μία πρότυπη πιλοτική μονάδα αστραπιαίας πυρόλυσης, δυναμικότητας 10 kg/h. Εκτιμάται ότι, σύντομα, θα καταστεί δυνατή (δηλ. Οικονομικά συμφέρουσα) η μετάβαση από τις πιλοτικές σε επιδεικτικές μονάδες πυρόλυσης βιομάζας μεγαλύτερης δυναμικότητας.

Με την αεριοποίηση παράγεται αέριο καύσιμο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καυστήρες αερίου για την παραγωγή ενέργειας. Οι σχετικές τεχνολογίες όμως βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο και θα απαιτηθεί σημαντική περαιτέρω προσπάθεια προκειμένου να μπορέσουν τα πιλοτικά προγράμματα να φτάσουν σε σημείο να είναι οικονομικά συμφέρουσα η εφαρμογή τους σε ευρεία κλίμακα.

2.4.6. Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο ορισμένα καλλιεργούμενα είδη όσο και άγρια φυτά, έχουν σαν σκοπό την παραγωγή βιομάζας, η οποία μπορεί, στη συνέχεια, να χρησιμοποιηθεί για διαφόρους ενεργειακούς σκοπούς, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα σχετικά με τις εφαρμογές της βιομάζας. Οι σημαντικότερες παγκοσμίως χρήσεις της βιομάζας που προέρχεται από τέτοιου είδους καλλιέργειες, σε αναπτυγμένες χώρες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.

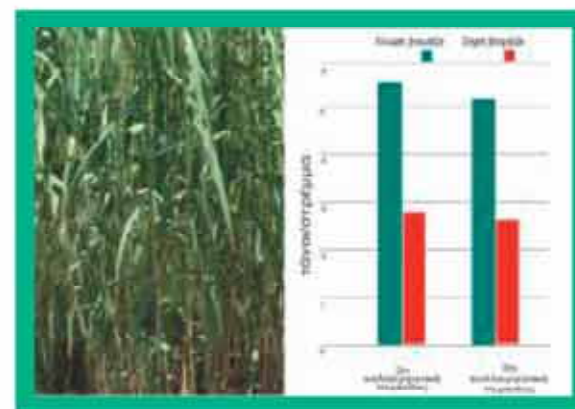
Πίνακας 2.2. Ενεργειακές καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας

Χώρα	Καλλιέργεια	Τελικό προϊόν	Χρήσεις	Τόνοι ή στρέμματα/έτος
Βραζιλία	ζαχαροκάλαμο	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	9 εκατομμύρια τόνοι/έτος
ΗΠΑ	καλαμπόκι	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	4 εκατομμύρια τόνοι/έτος
Γαλλία	ζαχαρότευτλα, σπύρι, κλπ.	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	75.000 τόνοι/έτος
Άλλες χώρες της Ε.Ε.	ελαιοκρόμβη & ηλιανθος	βιοντίζελ	καύσιμο μεταφοράς	500.000 τόνοι/έτος
Σουηδία	πιτά	ψιλοτεμαχισμένο ξύλο	καύση	1.700.000 στρέμματα/έτος

Ειδικότερα στην Ελλάδα, εξαιτίας των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών, πολλές καλλιέργειες προσφέρονται για ενεργειακή αξιοποίηση και δίνουν υψηλές στρεμματικές αποδόσεις. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι του καλαμιού, της αγριοαγκινάρας, του σόργου του σακχαρούχου, του μίσχανθου, του ευκάλυπτου και της ψευδοακακίας, για τις οποίες, τα τελευταία χρόνια, γίνεται εντατική μελέτη εφαρμογής στις ελληνικές συνθήκες.

Ενδεικτικά παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία για τα παρακάτω είδη ενεργειακών καλλιεργειών:

- Το καλάμι (Σχ.2.5) είναι φυτό ιθαγενές της Νότιας Ευρώπης. Δίνει υψηλές αποδόσεις, πάνω από 3 τόνους το στρέμμα. Είναι φυτό πολυετές, δηλαδή σπέρνεται άπαξ και κάθε χρόνο γίνεται συγκομιδή του, και, μετά την πρώτη εγκατάσταση, οι μόνες δαπάνες αφορούν τα έξοδα συγκομιδής του. Έχει, συνεπώς, χαμηλό ετήσιο κόστος καλλιέργειας. Η παραγόμενη από το καλάμι βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί σε μονάδες εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικού ρεύματος.

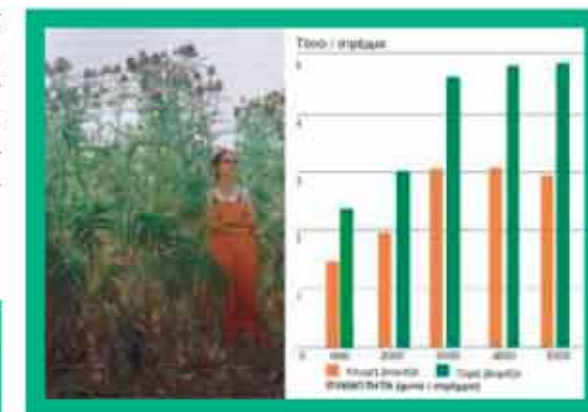


Σχήμα 2.5. Φυτεία καλαμιού στην κεντρική Ελλάδα (αριστερά) και παραγωγή βιομάζας (δεξιά) κατά την τελική συγκομιδή, για δύο καλλιεργητικές περιόδους

- Η αγριοαγκινάρα είναι ένα άλλο σημαντικό φυτό (Σχ.2.6), κατάλληλο για ενεργειακή αξιοποίηση, το οποίο προσαρμόζεται θαυμάσια στις ελληνικές συνθήκες. Είναι φυτό πολυετές, με υψηλές αποδόσεις της τάξεως των 2,5 - 3 τόνων/στρέμμα. Το κυριότερο, όμως, πλεονέκτημά του είναι ότι η ανάπτυξη του λαμβάνει χώρα από τον Οκτώβριο έως τον Ιούνιο και, συνεπώς, αναπτύσσεται με το νερό των βροχοπτώσεων (δηλαδή δεν απαιτεί άρδευση). Η παραγόμενη από την αγριοαγκινάρα βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές παρόμοιες με αυτές του καλαμιού. Επίσης, στη Βόρεια Ευρώπη, όπου είναι πολύ διαδεδομένες οι ενεργειακές καλλιέργειες, καλλιεργούνται σήμερα διάφορα πολυετή φυτά για ενεργειακούς σκοπούς. Στη Σουηδία π.χ. καλλιεργούνται 200.000 στρέμματα με πιτά, της οποίας η κοπή γίνεται κάθε τέσσερα χρόνια. Η παρα-

ΒΙΟΜΑΖΑ

γόμενη ποσότητα βιομάζας, αφού προηγουμένως ψιλοτεμαχισθεί, οδηγείται σε μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.



Σχήμα 2.6. Φυτεία αγριοαγκινάρας στην κεντρική Ελλάδα (αριστερά) και παραγωγή βιομάζας ανά στρέμμα (δεξιά)

2.4.7. Βιοαέριο

Σημαντικές ενεργειακές ανάγκες μπορούν επίσης να καλυφθούν με τη χρήση του βιοαερίου ως καυσίμου σε μηχανές εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αυτό αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων, όπως είναι τα λύματα των χοιροστασιών, πτηνοτροφικών, βουστασιών, καθώς και βιομηχανικών και αστικών οργανικών απορριμμάτων. Στην περίπτωση των κτηνοτροφικών αποβλήτων, η παραγωγή του βιοαερίου γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις, απλούστερες ή συνθετότερες, ανάλογα με το είδος της εφαρμογής. Σ' αυτές, εκτός από το βιοαέριο, παράγεται και πολύ καλής ποιότητας οργανικό λίπασμα, του οποίου η διάθεση στην αγορά μπορεί να συμβάλει στην οικονομική βιωσιμότητα μίας εφαρμογής αυτού του είδους.

Στην περίπτωση των αστικών απορριμμάτων, το βιοαέριο παράγεται στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.7. Η μάζα του μπορεί να αρχίσει μετά από το δεύτερο ή τρίτο χρόνο της απόθεσης των απορριμμάτων αυτών και εξαρτάται από την ποσότητά

τους. Από την άλλη πλευρά, η ποσότητα του βιοαερίου που μαστεύεται εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα των αποπιθμένων απορριμμάτων σε οργανικά υλικά, καθώς και από την ποιότητα του υλικού επικάλυψης των στρώσεων. Αυτό θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο στεγανό, ώστε να επιτυγχάνεται η αναερόβια χώνευση, εμποδίζοντας, ταυτόχρονα, την απαέρωση του παραγόμενου βιοαερίου.



Σχήμα 2.7. Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)

2.4.8. Παραγωγή οργανοχουμικών λιπασμάτων από πτηνοτροφικά απόβλητα.

Στην περιοχή των Μεγάρων, εγκαταστάθηκε μονάδα παραγωγής οργανικών λιπασμάτων από την επεξεργασία των αποβλήτων των πολυάριθμων πτηνοτροφείων της περιοχής. Μια τέτοια μονάδα έχει σημαντικές ευνοϊκές επιπτώσεις στο περιβάλλον, δεδομένου ότι η περιοχή απαλλάσσεται από σημαντικές ποσότητες πτηνοτροφικών αποβλήτων, που προκαλούν προβλήματα στους κατοίκους λόγω της τοξικότητάς τους και του κινδύνου διάδοσης μολυσματικών ασθενειών.

Συμβάλλει, όμως, και στην εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, τα οποία θα απαιτούνταν για την κατ' άλλο τρόπο παραγωγή ανόργανων λιπασμάτων ίσης λιπαντικής αξίας. Η μονάδα έχει δυναμικότητα επεξεργασίας 30.000 τόνων πτηνοτροφικών αποβλήτων ετησίως και η ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται, στο ίδιο διάστημα, φθάνει περίπου τις 500 MWh.

2.5. Προοπτικές της βιομάζας-Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα διάφορα σενάρια, τα αποθέματα των συμβατικών πηγών ενέργειας (πετρέλαιου, άνθρακα κ.ά.) πλησιάζουν στην εξάντλησή τους, ενώ και οι διαθέσιμες ποσότητες των πυρηνικών καυσίμων είναι οπωσδήποτε περιορισμένες, πέραν του ότι η χρήση τους εγκυμονεί τεράστιους κινδύνους. Στο ενδιάμεσο διάστημα, μέχρι δηλαδή να εξαντληθούν τα γνωστά αποθέματα καυσίμων υλών, προβλέπεται ο διπλασιασμός των κατοίκων του πλανήτη και ο πολλαπλασιασμός των ενεργειακών τους αναγκών.

Τα κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων, στερεών, υγρών και αέριων, που προήλθαν από το φυτικό κόσμο, ο οποίος χρειάστηκε πολλές χιλιετίες για να δημιουργηθεί με τη φωτοσύνθεση, εξορύσσονται με ξέφρενους ρυθμούς και καίγονται. Το αποτέλεσμα είναι, μέσα σε διάστημα δύο μόνο αιώνων, να κοντεύει να εξαντληθεί το προϊόν του μακροχρόνιου έργου της φύσης, καθώς επίσης να έχει ήδη επιβαρυνθεί σοβαρά το περιβάλλον. Το τελευταίο αυτό γεγονός εγκυμονεί τεράστιους οικολογικούς κινδύνους για τον πλανήτη (φαινόμενο θερμοκηπίου, όξινη βροχή κλπ.).

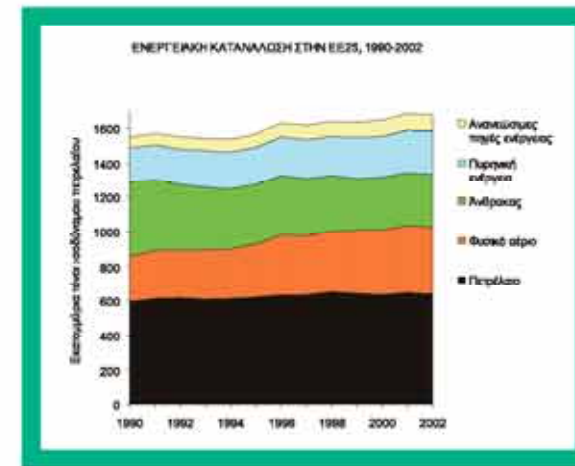
Επιδίωξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) είναι οι εκπομπές CO₂ των χωρών μελών της να μειωθούν κατά 8% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, την περίοδο 2008-2012. Υπάρχουν δε σχέδια για την επιβολή φορολογίας CO₂, η οποία θα είναι ανάλογη των εκπομπών ρύπων που προκαλεί η κατανάλωση ενέργειας από το βιομηχανικό τομέα.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες δεν εμφανίζουν τον κίνδυνο εξάντλησής τους και είναι φιλικές προς το περιβάλλον, προβάλλουν σήμερα ως η μόνη ελπίδα, η οποία διαγράφεται στο ζοφερό ενεργειακό και περιβαλλοντικό ορίζοντα του πλανήτη.

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι, η συμφωνία της GATP και η από αυτήν απορρέουσα νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (Κ.Α.Π.) της Ε.Ε. θα δημιουργήσουν σοβαρότατα προβλήματα διάθεσης των αγροτικών προϊόντων που

προορίζονται για διατροφή και παραγωγή βιομηχανικών πρώτων υλών. Σύμφωνα με τις προβλέψεις, 150 εκατομμύρια στρέμματα γόνιμων και άλλα τόσα στρέμματα περιθωριακών εκτάσεων είναι πιθανό να περιέλθουν σε αγρανάπαυση, εκτός εάν οι εκτάσεις αυτές χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας. Για το λόγο αυτό, η Ε.Ε. δαπανά τεράστια ποσά στην έρευνα για την αξιοποίηση της βιομάζας και την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων στις περιθωριοποιημένες εκτάσεις.

Στο ακόλουθο σχήμα (Σχήμα 2.8) παρατίθενται ορισμένα στοιχεία σχετικά με την πορεία των ενεργειακών καταναλώσεων των χωρών της Ε.Ε., μέχρι το έτος 2002. Ο στόχος, τέλος, της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσον αφορά το έτος 2010, είναι να γίνουν εκείνα τα βήματα που θα επιτρέψουν να καλυφθεί από ανανεώσιμες πηγές το 12% των ενεργειακών αναγκών των χωρών μελών της, με προβλεπόμενη ενισχυμένη συμμετοχή της βιομάζας στην προσπάθεια αυτή.



Σχήμα 2.8. Ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Ανακεφαλαιώνοντας, η αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας συμβάλλει:

- Στην εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλαγμάτων.

- Στη μείωση της εξάρτησης της χώρας από ξένες ενεργειακές πηγές.
- Στην εξασφάλιση εργασίας και τη συγκράτηση των πληθυσμών στην περιφέρεια.
- Στην προστασία και βελτίωση του περιβάλλοντος, καθώς η βιομάζα ως καύσιμο πλεονεκτεί και από περιβαλλοντικής απόψεως έναντι των συμβατικών καυσίμων.

Η ανάπτυξη και εξάπλωση της χρήσης της βιομάζας χρειάζεται τη συμβολή όλων. Τα οφέλη που μπορούν να αποκομισθούν είναι σημαντικά, τόσο από ενεργειακής-οικονομικής πλευράς όσο και από την πλευρά της προστασίας του περιβάλλοντος, αρκεί να καταβληθεί η προσπάθεια που απαιτείται ώστε να γίνει συστηματική εκμετάλλευση και στη χώρα μας του πλούσιου δυναμικού που αυτή διαθέτει.

ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

3.1. Εισαγωγή

Στα μέσα της δεκαετίας του '70, μια αξιοσημείωτη αύξηση του κόστους της ενέργειας που προερχόταν από συμβατικά καύσιμα συντέλεσε στη συνειδητοποίηση του γεγονότος ότι αυτά κάποτε θα εξαντληθούν. Η διαπίστωση αυτή οδήγησε στην επιτάχυνση των ερευνών για οικονομικά αξιοποιήσιμη παραγωγή ενέργειας από άλλες πηγές, εκτός των συμβατικών και πυρηνικών καυσίμων, οι οποίες, επιπλέον, παρουσιάζουν το χαρακτηριστικό ότι είναι ανεξάντλητες. Οι πηγές αυτές ονομάζονται ανανεώσιμες, μεταξύ αυτών είναι και η γεωθερμική ενέργεια.

Εκρήξεις ηφαιστείων, πίδακες θερμού νερού, ατμών και αερίων, καθώς και θερμές πηγές πρόδιδαν και στους πρωτόγονους, ακόμη, κατοίκους του πλανήτη μας τη θερμική κατάσταση και δραστηριότητα που επικρατεί στο εσωτερικό του. Προσωποποίησαν, λοιπόν, και θεοποίησαν τις αιτίες, ερμήνευσαν με μύθους τις διαδικασίες που παρατηρούσαν και εκμεταλλεύτηκαν όσο μπορούσαν τη θερμική ενέργεια που έφτανε στην επιφάνεια.

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Μία άλλη χρήση των θερμών νερών, αυτή για θεραπευτικούς σκοπούς, ήταν γνωστή εδώ και χιλιάδες χρόνια σε όλο σχεδόν τον κόσμο. Στη χώρα μας υπάρχει ένα πλήθος θερμών ιαματικών πηγών, τις οποίες συναντά κανείς από τη Θράκη ως την Πελοπόννησο και από τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου ως τη Στερεά Ελλάδα.

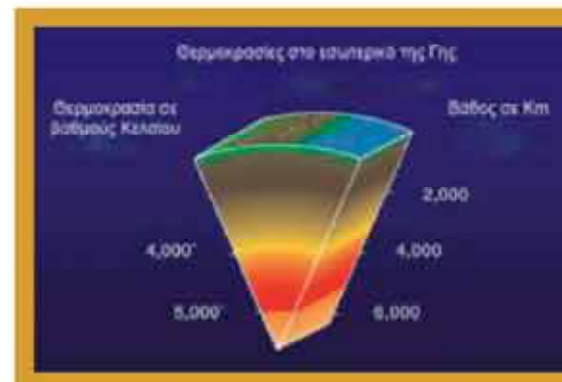
Βέβαια, εκτός από τις θεραπευτικές τους ιδιότητες, τα "ζεστά νερά" ή, πιο σωστά, τα

γεωθερμικά ρευστά μπορούν να αξιοποιηθούν και για ενεργειακούς σκοπούς. Η γεωθερμική ενέργεια είναι μία ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, η οποία, με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα, μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες.

3.2. Προέλευση της γεωθερμικής ενέργειας - Ορολογία

Η Γη και οι άλλοι πλανήτες, όπως και όλα τα αστρικά σώματα, δημιουργήθηκαν, σύμφωνα με μία θεωρία, από θερμά αέρια που ψύχθηκαν και συμπυκνώθηκαν με την πάροδο του χρόνου. Η διάπυρη σφαίρα, που κάποτε ήταν η Γη μας, δεν έχει ψυχθεί ακόμη στο εσωτερικό της. Επιπλέον, η θερμότητα που παράγεται από τη φυσική ραδιενέργεια των πετρωμάτων της συντηρεί εν μέρει αυτές τις υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι, η Γη αποτελείται από ανομοιογενή στρώματα που έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες και μπορεί να εμφανίζονται σε στερεή, πλαστική ή ρευστή μορφή, αναλόγως των θερμοκρασιών και των πιέσεων που επικρατούν σ'αυτά. Τα στρώματα στα οποία χωρίζεται η Γη παρουσιάζονται στο Σχήμα 1 και είναι:

- η Λιθόσφαιρα, η οποία είναι το εξωτερικό στρώμα της, έχει βάθος 100 χιλιόμετρα και, συνήθως, σε αυτήν περιλαμβάνεται και το άνω μέρος του Μανδύα,
- ο Μανδύας, που βρίσκεται κάτω από τη Λιθόσφαιρα και προχωρεί μέχρι βάθους 2.900 χιλιομέτρων και
- ο Πυρήνας, που βρίσκεται κάτω από το Μανδύα και έχει ακτίνα 3.500 χιλιόμετρα.



Σχήμα 3.1. Τομή της Γης
[Πηγή: Geothermal Education Office]



Σχήμα 3.2. Δημιουργία ταμειυτήρα θερμού νερού [Πηγή: Geothermal Education Office]

3.2.1. Τρόπος μεταφοράς της θερμότητας

Με δεδομένο ότι τα εσώτερα στρώματα είναι θερμότερα από τα εξώτερα, η ροή της θερμότητας γίνεται από το εσωτερικό προς το εξωτερικό της Γης. Όσο προχωρούμε προς το κέντρο της, η θερμοκρασία αυξάνει. Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας ονομάζεται "γεωθερμική βαθμίδα" και στο στρώμα της Λιθόσφαιρας έχει κανονική τιμή περίπου 30°C ανά χιλιόμετρο. Το φαινόμενο κατά το οποίο σε μια περιοχή η θερμοκρασία αυτή αυξάνει με ταχύτερο ρυθμό ονομάζεται γεωθερμική ανωμαλία. Αυτό είναι γνώρισμα περιοχής όπου συντρέχουν ειδικές γεωλογικές συνθήκες και όπου είναι πιθανό να υπάρχει εκμεταλλεύσιμη γεωθερμική ενέργεια.

Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμός σε μία περιοχή, πρέπει να υπάρχει κάποιος ταμειυτήρας αποθήκευσης του (Σχ.3.2). Ο ταμειυτήρας σχηματίζεται όταν ένας αδιαπέρατος από το νερό οριζόντιος βρίσκεται κάτω από έναν περατό. Η γεωμορφολογία της περιοχής πρέπει να είναι κατάλληλη ώστε το βρόχινο νερό να μπορεί να διεισδύσει σε αυτούς τους βαθύτερους οριζόντιους, οι οποίοι, με τη σειρά τους, πρέπει να βρίσκονται κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμειυτήρα θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια, ενώ το ψυχρότερο νερό κατεβαίνει βαθύτερα, όπου στη συνέχεια θερμαίνεται. Αν η θερμοκρασία των ρευστών είναι μεγαλύτερη των 25°C, τότε αυτά, σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, ονομάζονται γεωθερμικά ρευστά. Επιπροσθέτως, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως:

- Υψηλής θερμοκρασίας, όταν η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού είναι από 90°C και πάνω,
- Χαμηλής θερμοκρασίας, όταν η θερμοκρασία των ρευστών κυμαίνεται μεταξύ 25 και 90°C.

3.2.2 Τεχνολογία απόληψης της γεωθερμικής ενέργειας

Τα γεωθερμικά ρευστά εμφανίζονται κάποιες φορές επιφανειακά, με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού, ενώ άλλες φορές πρέπει να γίνει γεώτρηση. Η γεώτρηση γίνεται με ειδικά μηχανήματα, τα γεωτρύπανα, και μπορεί να έχει βάθος από λίγες δεκάδες μέτρα μέχρι μερικά χιλιόμετρα. Το κόστος της γεώτρησης αυξάνει δυσανάλογα με την αύξηση του βάθους.

Η απόληψη του γεωθερμικού ρευστού πρέπει να γίνεται με ρυθμό τέτοιο ώστε η φυσική ανανέωση του ταμειυτήρα να μπορεί να καλύπτει τις ποσότητες που αντλούνται. Η διείσδυση νερού προερχόμενου από τη βροχή ή από άλλους υδάτινους πόρους, όπως ένα ποτάμι ή μία λίμνη, συντελεί στη συντήρηση του παραπάνω αποθέματος. Εάν, όμως, ο ρυθμός άντλησης του γεωθερμικού ρευστού είναι μεγάλος, είναι ενδεχόμενο το νερό που διεισδύει να μην επαρκεί για την κάλυψη των αντλούμενων ποσοτήτων.

Για το λόγο αυτό, είναι πολύ συνηθισμένη πρακτική η διάνοξη και δεύτερης γεώτρησης, από την οποία δε γίνεται άντληση, αλλά επανέγχυση του ρευστού που απολήφθηκε. Με αυτήν την τεχνική, ενισχύεται η

μακροβιότητα του ταμιευτήρα κατά δύο τρόπους. αφ' ενός, η ποσότητα του αποθηκευμένου νερού διατηρείται ή/και αυξάνεται, χωρίς να εξαρτάται από τη φυσική του διεύθυνση, μειώνοντας ταυτόχρονα τον κίνδυνο εξάντλησής του, αφ' ετέρου η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού που επανενχύεται είναι αυξημένη σε σχέση με αυτήν του νερού του περιβάλλοντος. Έτσι, είναι ευκολότερη και γρηγορότερη η θέρμανσή του από τη θερμότητα του υπεδάφους.

3.2.3. Ιστορικά στοιχεία

Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε παραγωγικές διαδικασίες το 1827 στην Τοσκάνη της Ιταλίας. Ο γεωθερμικός ατμός αντικατέστησε την καύση ξύλων για τη θέρμανση διαλυμάτων βορικού οξέος, που χρησιμοποιούνταν στην κατασκευή διακοσμητικών σμάλτων. Αργότερα, πάλι στην ίδια περιοχή, ο ατμός αυτός χρησιμοποιήθηκε για τη θέρμανση σπιτιών. Μερικά από αυτά θερμαίνονται μέχρι σήμερα με τον ίδιο τρόπο.

Πίνακας 3.1. Εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ανάλογα με τη θερμοκρασία

°C	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
180	Εξότμιση διαλυμάτων υψηλής συγκέντρωσης
170	Παραγωγή βαρέως ύδατος με τη μέθοδο του υδρόθειου
160	Ξήρανση ιχθυάλευρων ή ξυλείας
150	Παραγωγή αλουμίνιας με τη μέθοδο Bayer
140	Κονσερβοποιία. Ελάχιστη θερμοκρασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
130	Εξότμιση του νερού στην επεξεργασία της ζάχαρης, παραγωγή άλατος με εξότμιση και κρυσταλλοποίηση
120	Παραγωγή πόσιμου νερού με απόσταξη
110	Ξήρανση και επεξεργασία λεπτόκοκκου τσιμέντου
100	Ξήρανση οργανικών υλικών, χόρτου, λαχανικών, κλπ. Πλύση και ξήρανση μαλλισού
90	Ξήρανση ιχθύων
80	Ψύξη
60	Θέρμανση θερμοκηπίων
50	Θέρμανση υπαίθριων καλλιεργειών
30	Πισίνες, αποαποποίηση, ζύμωση
20	Υδατοκαλλιέργειες.

Η πρώτη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος έγινε το 1913 στο Λαρντερέλλο της Ιταλίας, με ένα στροβιλοφόρο κινητήρα ισχύος 250 kW. Ακολούθησε, το 1923, η εγκατάσταση ενός στροβιλοφόρου κινητήρα ίδιας ισχύος στα Γκέυζερς της Καλιφόρνιας. Στις δεκαετίες του '50 και του '60, κατασκευάστηκαν πολλά εργοστάσια εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος στη Γαλλία, την Ισλανδία, την Ιαπωνία, το Μεξικό, τη Νέα Ζηλανδία και το Ζαΐρ.

3.3. Εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας

Ο σημαντικότερος παράγοντας για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας κάποιας περιοχής είναι η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών που εντοπίζονται σ' αυτήν. Εξάλλου, αυτή είναι που καθορίζει και το είδος της εφαρμογής που μπορεί να πραγματοποιηθεί, όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1.

3.3.1. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

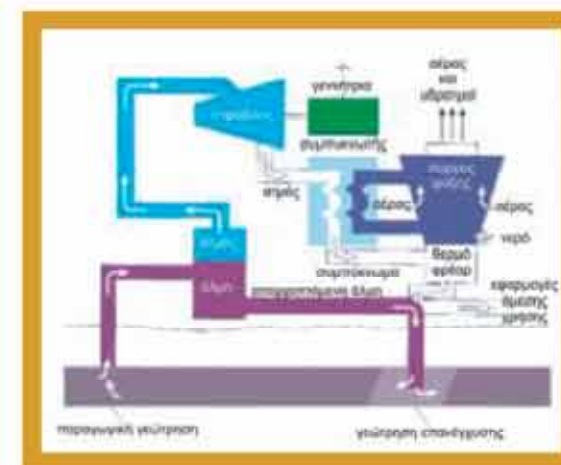
Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 3.1), για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιούνται, συνήθως, γεωθερμικά ρευστά υψηλής θερμοκρασίας. Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος είναι αρκετά διαδεδομένη, χάρη σε μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει.

Οι χώρες που διαθέτουν αξιόλογα γεωθερμικά πεδία προτιμούν να αναπτύσσουν και να εκμεταλλεύονται τις δικές τους πηγές από το να εισάγουν καύσιμα για παραγωγή ενέργειας. Στις χώρες όπου υπάρχουν πολλές εναλλακτικές λύσεις για το σκοπό αυτό, ανάμεσα στις οποίες και η γεωθερμία, αυτή εν γένει προτιμάται, διότι αφ' ενός παρουσιάζει ανταγωνιστικό οικονομικό κόστος και αφ' ετέρου δίνεται η ευκαιρία να χρησιμοποιείται το πετρέλαιο σε άλλες εφαρμογές για τις οποίες η γεωθερμία δεν είναι κατάλληλη, καθώς δεν είναι εύκολη και συμφέρουσα η μεταφορά της.

Επιπλέον, η εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών, πέρα από τα περιβαλλοντικά οφέλη, δίνει τη δυνατότητα να κατασκευασθούν τοπικά μικρές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (συνήθως μικρότερες των 100 MW). Ως συνέπεια αυτού του γεγονότος, οι γεωθερμικές μονάδες μπορούν να εγκατασταθούν σε πολύ μικρότερο χρόνο από τις μονάδες που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα, οι οποίες επιπροσθέτως, για λόγους οικονομίας κλίμακος, έχουν πολύ μεγάλο μέγεθος. Πέραν τούτου, η παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος καθίσταται περισσότερο αξιόπιστη όταν οι μονάδες παραγωγής του είναι διεσπαρμένες και δεν παρουσιάζεται συγκέντρωση λίγων μεγάλων μονάδων σε μια μικρή περιοχή.

Η μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με τη βοήθεια γεωθερμικού ρευστού εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του, δηλαδή τη θερμοκρασία του, τα διαλυμένα και αιωρούμενα στερεά και το επίπεδο των αερίων που εμπεριέχονται σ' αυτό). Η συνηθέστερα εφαρμοζόμενη μεθοδολογία είναι η εκτόνωση ατμού (Σχ. 3.3), η οποία

χρησιμοποιείται όταν το γεωθερμικό ρευστό εξέρχεται από τη γεώτρηση με πίεση και χωρίς τη βοήθεια άντλησης. Κατ' αυτήν, το γεωθερμικό ρευστό διέρχεται από ένα διαχωριστήρα ατμού, ο οποίος, στη συνέχεια, διοχετεύει τον ατμό προς εκτόνωση σε ένα στροβιλοφόρο κινητήρα συνδεδεμένο με μία ηλεκτρογεννήτρια. Προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση της διαδικασίας αυτής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στροβιλοφόρος κινητήρας διπλής εισόδου.

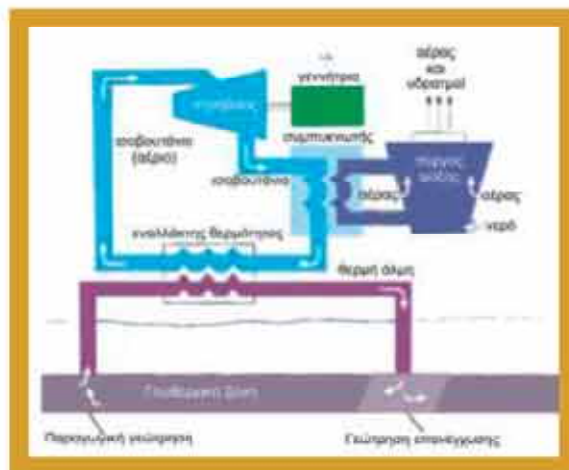


Σχήμα 3.3. Σχηματική απεικόνιση της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με γεωθερμία με εκτόνωση του ατμού

Μια άλλη συνήθης μεθοδολογία είναι του δυαδικού κύκλου που παριστάνεται γραφικά στο Σχήμα 3.4 και χρησιμοποιείται όταν η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών είναι μικρότερη των 180°C, καθώς και στις περιπτώσεις όπου το γεωθερμικό ρευστό περιέχει διαβρωτικά στοιχεία και ενώσεις που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα αντοχής στο στρόβιλο. Το γεωθερμικό ρευστό αποδίδει την ενέργειά του σε ένα δεύτερο ρευστό μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας και, στη συνέχεια, επανεισάγεται στον ταμιευτήρα. Το δεύτερο αυτό ρευστό έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού από το γεωθερμικό και ατμοποιείται στην έξοδο του εναλλάκτη.

Το ατμοποιημένο ρευστό οδηγείται σε ένα στροβιλοφόρο κινητήρα, συνδεδεμένο και σε αυτήν την περίπτωση με μια ηλεκτρογεννήτρια, και, μετά την εκτόνωσή του, συμπυκνώνεται για να οδηγηθεί και πάλι στον εναλλάκτη θερμότητας. Η διαδικασία αυτή

δεν επιβαρύνει καθόλου το περιβάλλον, διότι τόσο το γεωθερμικό όσο και το δευτερεύον ρευστό είναι απομονωμένα από την ατμόσφαιρα. Ως δευτερεύοντα ρευστά συνήθως χρησιμοποιούνται υδρογονάνθρακες, όπως είναι το ισοβουτάνιο και το προπάνιο.



Σχήμα 3.4. Σχηματική απεικόνιση της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με γεωθερμία με δυαδικό κύκλο

Σήμερα, το μεγαλύτερο γεωθερμικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται στα Γκέυζερς της Καλιφόρνιας. Η εγκατεστημένη ισχύς του το 2001 ξεπερνούσε τα 1.800 MW. Η εγκατεστημένη παγκοσμίως ισχύς ξεπερνά τα 8.900 MW και η παραγόμενη ενέργεια τις 54.700 GWh. Η χώρα μας έχει δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής από Γεωθερμία της τάξεως των 150 MW, το οποίο όμως, για διάφορες αιτίες, παραμένει ανεκμετάλλευτο.

3.3.2. Θερμικές εφαρμογές

Οι δυνατότητες χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας στον αγροτικό τομέα είναι πολύ μεγάλες. Με την αξιοποίηση της γεωθερμίας μπορούν να θερμανθούν θερμοκήπια, υδατοκαλλιέργειες, κτίρια εσταυλισμένων ζώων, καθώς και υπαίθριες καλλιέργειες. Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας σήμερα, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως, αφορά τη θέρμανση θερμοκηπίων. Είναι γεγονός ότι οι δαπάνες θέρμανσης αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού κόστους λειτουργίας των θερμοκηπίων, το οποίο φυσικά

αυξάνει όσο προχωρούμε προς ψυχρότερα κλίματα. Τα υφιστάμενα γεωθερμικά πεδία προσφέρουν θερμική ενέργεια πολύ φθηνότερη απ' ό,τι τα συμβατικά καύσιμα.

Ένα σύστημα θέρμανσης θερμοκηπίου με γεωθερμική ενέργεια περιλαμβάνει:

- την αντλία και τη σωλήνωση, για την άντληση και τη μεταφορά του γεωθερμικού ρευστού,
- τον εναλλάκτη θερμότητας, στον οποίο η θερμική ενέργεια του γεωθερμικού ρευστού αποδίδεται στο νερό κυκλοφορίας, στην περίπτωση που το σύστημα θέρμανσης δεν τροφοδοτείται απ' ευθείας με γεωθερμικό ρευστό και
- το σύστημα θέρμανσης του θερμοκηπίου, το οποίο συνήθως αποτελείται από επιδαπέδιους πλαστικούς σωλήνες ή αερόθερμα.

ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ ΣΕΡΡΩΝ

Το γεωθερμικό πεδίο της Θερμοπηγής Σιδηροκάστρου, του νομού Σερρών εκτείνεται 10 km βόρεια του Σιδηροκάστρου και η βεβαιωμένη έκταση του καταλαμβάνει 6 km². Το βάθος του ταμιευτήρα κυμαίνεται από 30-400m με θερμοκρασιακό εύρος από 40-57°C, αλατότητα 800- 2200 ppm TDS και με αυξημένη περιεκτικότητα σε CO₂. Στην περιοχή υπάρχουν γεωθερμικά θερμοκήπια συνολικής εκτάσεως 17,5 στρεμμάτων με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 6,64 MWth και η επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση ενέργειας είναι της τάξεως των 1180 TΠΠ/έτος. Από αυτά τα θερμοκήπια, αυτό που λειτουργεί εκμεταλλευόμενο πλήρως όλες τις φυτεύσεις ανά έτος, είναι ένα γεωθερμικό θερμοκήπιο εκτάσεως 4,15 στρεμμάτων. Το υλικό κάλυψης του συγκεκριμένου θερμοκηπίου είναι γυαλί. Η εγκατεστημένη ισχύς του είναι 1,9 MWth και η ετήσια εξοικονόμηση 365,8 TΠΠ/έτος. Το γεωθερμικό πεδίο της Θερμοπηγής Σιδηροκάστρου έχει αρκετές δυνατότητες αξιοποίησης, κυρίως για θέρμανση θερμοκηπίων. Αν αξιοποιηθεί ορθολογικά όλο το βεβαιωμένο δυναμικό του πεδίου μπορεί να πολλαπλασιασθεί η έκταση των εγκατεστημένων θερμοκηπίων σε πενήντα στρέμματα τουλάχιστον.

Επίσης, η γεωθερμία μπορεί, εύκολα και οικονομικά, να χρησιμοποιηθεί στις υδατοκαλλιέργειες, οι οποίες είναι ευρέως διαδεδομένες ανά τον κόσμο. Με τον όρο υδατοκαλλιέργεια εννοείται ο περιορισμός και η ελεγχόμενη διατροφή διάφορων υδρόβιων οργανισμών, με στόχο την ευρεία αναπαραγωγή τους και την εύκολη απόλυσή τους. Πράγματι, πολλά είδη υδρόβιων οργανισμών, όπως τα χέλια, οι γαρίδες ή τα φύκια, αναπτύσσονται γρηγορότερα σε αυξημένες θερμοκρασίες, της τάξεως των 25 έως 30°C, έναντι αυτών που υπό κανονικές συνθήκες έχει το νερό. Είναι, λοιπόν, σκόπιμη η θέρμανση του νερού εκτροφής, προκειμένου να επιτευχθεί ταχύτερη και μεγαλύτερη παραγωγή.

Οι παραπάνω θερμικές εφαρμογές μπορούν να εγκατασταθούν έτσι, ώστε το γεωθερμικό ρευστό που προέρχεται από μία γεώτρηση να χρησιμοποιείται σε περισσότερες από μία εφαρμογές. Μπορεί, για παράδειγμα, να αξιοποιείται η γεωθερμική ενέργεια για τη θέρμανση ενός θερμοκηπίου, εν συνεχεία μιας υπαίθριας καλλιέργειας και, τέλος μιας υδατοκαλλιέργειας. Μ' αυτόν τον τρόπο μπορεί να επιτευχθεί η απόλυσή του συνόλου της χρησιμοποιήσιμης θερμικής ενέργειας των γεωθερμικών ρευστών, πριν αυτά απορριφθούν. Στην περίπτωση αυτή, γίνεται εν σειρά χρήση της γεωθερμικής ενέργειας.

Μια άλλη παγκοσμίως διαδεδομένη χρήση της γεωθερμίας είναι η θέρμανση οικισμών και οικιστικών συγκροτημάτων. Η εφαρμογή αυτή ονομάζεται "τηλεθέρμανση οικισμών" (Σχ.3.5), διότι η πηγή θερμότητας βρίσκεται μακριά από το χώρο χρήσης της. Η θερμική ενέργεια που δεσμεύεται από τη γεωθερμική πηγή διοχετεύεται προς τους χρήστες με τη βοήθεια ενός δικτύου αγωγών. Οι εσωτερικοί χώροι των κτιρίων θερμαίνονται μέσω τοπικά εγκατεστημένων εναλλακτών θερμότητας, οι οποίοι τροφοδοτούνται με το ρευστό μεταφοράς της θερμότητας που κυκλοφορεί στο δίκτυο. Στην Ελλάδα, δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμα τέτοιου είδους εφαρμογές αξιοποίησης της γεωθερμίας, αν και υπάρχουν οι σχετικές δυνατότητες.



Σχήμα 3.5. Τηλεθέρμανση οικισμού

Σημαντικό πεδίο εφαρμογής της γεωθερμίας στη χώρα μας, ιδιαίτερα στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές, αποτελεί η θερμική αφαλάτωση θαλασσινού νερού με στόχο την απόλυσή πόσιμου.

Η σπουδαιότητα τέτοιων εφαρμογών στα νησιά του Αιγαίου, ειδικά σε αυτά που αναπτύσσονται τουριστικά, είναι μεγάλη δεδομένου ότι, σε πολλά από αυτά, το νερό μεταφέρεται με υδροφόρα πλοία, με αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του κόστους του. Το ΚΑΠΕ, σε συνεργασία με την Κοινότητα Κιμώλου, εγκατέστησε μια τέτοια μονάδα στην περιοχή αυτή.

Η Γεωθερμία μπορεί ακόμη να έχει εφαρμογή στη θέρμανση ή/και ψύξη κτιρίων, θερμοκηπίων και άλλων εγκαταστάσεων με τη χρήση αντλιών θερμότητας, δηλαδή χωρίς την καθ' αυτήν εκμετάλλευση κάποιας γεωθερμικής πηγής. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό ονομάζονται γήινοι εναλλάκτες θερμότητας (Σχ.3.6) και αποτελούνται από μία αντλία θερμότητας και σωληνώσεις, οι οποίες τοποθετούνται στο υπέδαφος. Κατ' αυτόν τον τρόπο αξιοποιείται η σταθερή θερμοκρασία που επικρατεί εκεί. Με ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να αξιοποιηθεί η γεωθερμική ενέργεια της γης σε οποιαδήποτε περιοχή, χωρίς να είναι αναγκαία η ύπαρξη ανωμαλίας της γεωθερμικής βαθμίδας.

Έτσι, τα συστήματα αυτού του είδους μπορούν να βρουν εφαρμογή σε οποιαδήποτε τοποθεσία και, για το λόγο αυτό, είναι πολύ διαδεδομένα διεθνώς.



Σχήμα 3.6. Γήινα εναλλάκτες θερμότητας [Πηγή: University of Utah- Geothermal Brochure]

ρευστών, τα οποία μπορούν εύκολα να προληφθούν με τη χρήση ανθεκτικών σωληνώσεων και την προσθήκη ειδικών χημικών στα γεωθερμικά ρευστά.



Σχήμα 3.7. Παραγωγική γεώτρηση και γεώτρηση επανεισαγωγής [Πηγή: Geothermal Education Office]

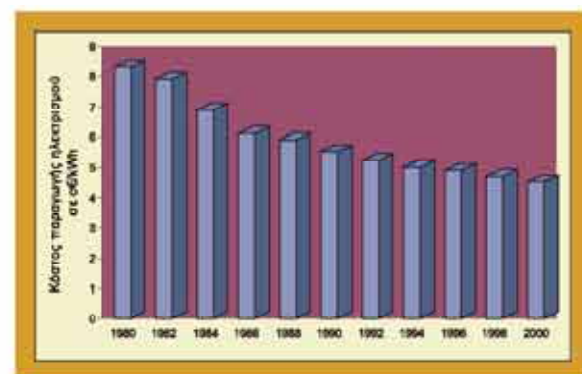
3.3.3. Προβλήματα από τη χρήση των γεωθερμικών ρευστών

Τα γεωθερμικά ρευστά είναι συνήθως πλούσια σε διαλυμένα άλατα, άλλες χημικές ενώσεις και στοιχεία, τα οποία τους προσδίδουν ιδιαίτερες ιδιότητες. Αυτά, όμως, μπορεί μερικές φορές να δημιουργήσουν περιβαλλοντικά προβλήματα, κατά την απόρριψη των γεωθερμικών ρευστών στο περιβάλλον. Άλλες πάλι φορές, υπάρχουν στους ταμειυτήρες δύσσομα αέρια, όπως το υδρόθειο, τα οποία, όταν διαχυθούν στην ατμόσφαιρα, μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα υποβάθμισης του περιβάλλοντος.

Η αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών με την υπάρχουσα σήμερα τεχνολογία είναι εύκολη και μπορεί να επιτευχθεί, αφ' ενός με την επανέγχυση των ρευστών στον ταμειυτήρα (Σχ.3.7), μέσω γεώτρησης επανεισαγωγής, αφ' ετέρου με το διαχωρισμό και τη δέσμευση των αερίων, χρησιμοποιώντας ειδικές συσκευές για το σκοπό αυτό. Η επανέγχυση των ρευστών στον ταμειυτήρα συνήθίζεται ακόμα και στις περιπτώσεις εκείνες όπου τα ρευστά δε δημιουργούν περιβαλλοντικά προβλήματα. καθώς, κατ' αυτόν τον τρόπο, ικανοποιείται παράλληλα ο στόχος του εμπλουτισμού του ταμειυτήρα. Τέλος, εξαπίας των προαναφερθέντων προσμείξεων, είναι πιθανό να εμφανισθούν προβλήματα διάβρωσης και καθαλατώσεων στις σωληνώσεις μεταφοράς των

3.3.4. Οικονομικά στοιχεία

Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με την αξιοποίηση της Γεωθερμίας σήμερα κυμαίνεται μεταξύ 0,02 - 0,10 €/kWh. Το κόστος παραγωγής από συμβατικά καύσιμα είναι από 0,02-0,14 €/kWh. Η διαφορά αυτή προβλέπεται ότι θα αυξηθεί περαιτέρω, προς όφελος της Γεωθερμίας, στο μέλλον (Σχ.3.8).



Σχήμα 3.8. Πτώση του κόστους παραγωγής ενέργειας με την εξέλιξη της τεχνολογίας

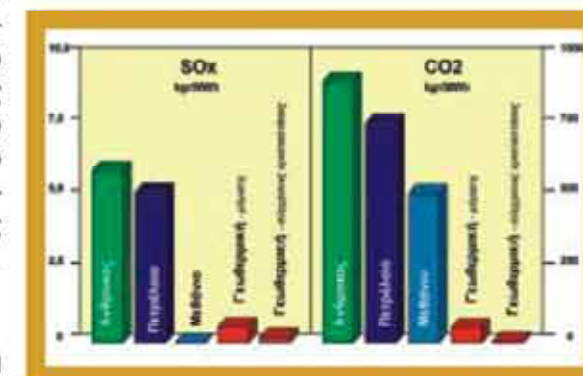
Στις περισσότερες περιπτώσεις, το κόστος παραγωγής θερμικής ενέργειας από τη Γεωθερμία κυμαίνεται μεταξύ 0,005-0,05 €/kWh,

ενώ το αντίστοιχο κόστος παραγωγής της από συμβατικά καύσιμα είναι περίπου 0,041€/kWh. Βέβαια, σε κάθε περίπτωση, το κόστος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, αλλά είναι εμφανές ότι υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες για οικονομικά συμφέρουσα εκμετάλλευση της γεωθερμίας για την παραγωγή θερμότητας. Ο σημαντικότερος παράγοντας επηρεασμού του κόστους παραγωγής με τις συμβατικές μεθόδους είναι η τιμή του καυσίμου, ενώ στην περίπτωση της Γεωθερμίας κυρίαρχο ρόλο παίζουν η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού, το κόστος διάνοιξης της γεώτρησης, καθώς και αυτό της άντλησης.

3.3.5. Περιβαλλοντικά οφέλη

Πέρα από τα όποια οικονομικά οφέλη, η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας συμβάλει στην εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, τα οποία βεβαίως δεν είναι ανεξάντλητα. Η εκμετάλλευση των διαθέσιμων γεωθερμικών πεδίων, επιτρέπει την αξιοποίηση των συμβατικών καυσίμων, ειδικά του πετρελαίου, σε άλλες εφαρμογές όπου αυτά είναι καταλληλότερα ή/και η χρήση τους οικονομικά πιο συμφέρουσα. Σπουδαιότερη από αυτές τις χρήσεις είναι οι μεταφορές, αλλά και η βιομηχανία, ειδικότερα στις εφαρμογές εκείνες όπου απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ούτε η Γεωθερμία, αλλά ούτε και οι άλλες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα, κυρίως λόγω της δυσκολίας μεταφοράς τους. Από περιβαλλοντικής απόψεως, με την παραγωγή ενέργειας γεωθερμικής προέλευσης επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα, που είναι το κύριο αίτιο του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο αυτό, απειλεί σοβαρά την οικολογική ισορροπία του πλανήτη μας με τις κλιματικές μεταβολές που προκαλεί. Παράλληλα, επιτυγχάνεται η μείωση και των άλλων εκπεμπόμενων ρύπων, οι οποίοι έχουν εξίσου μακροχρόνιες βλαπτικές επιδράσεις. Σημαντικότερος από αυτούς είναι το διοξείδιο του θείου (SO₂), που προκαλεί την όξινη βροχή, η οποία έχει καταστεί σημαντικό πρόβλημα για τις βιομηχανικά αναπτυσσόμενες χώρες. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι, η εκπομπή

ατμοσφαιρικών ρύπων από μία μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργεί με χρήση γεωθερμίας είναι μικρότερη του ενός χιλιοστού μιας αντίστοιχης μονάδας που χρησιμοποιεί ως καύσιμο άνθρακα (Σχ.3.9).



Σχήμα 3.9. Συγκριτικό διάγραμμα εκπομπών ρύπων ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας από συμβατικά καύσιμα και από τη χρήση της γεωθερμίας [Πηγή: Βιβλιογραφία, Γεωθερμική Ενέργεια, 6]

3.4. Η κατάσταση στην Ελλάδα

3.4.1. Πεδία χαμηλής θερμοκρασίας

Η Ελλάδα διαθέτει ένα μεγάλο αριθμό επιβεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων χαμηλής θερμοκρασίας που είναι διεσπαρμένα σε ολόκληρη σχεδόν τη χώρα, αλλά και αρκετές περιοχές με γεωθερμικό ενδιαφέρον, οι οποίες όμως δεν έχουν ακόμα διερευνηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό. Το βεβαιωμένο δυναμικό ανέρχεται σε 300 MW θερμικής ενέργειας (MWh), ενώ το πιθανό στα 700 MWh. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται τα δεδομένα από τις μέχρι σήμερα έρευνες των γεωθερμικών πεδίων της χώρας μας.



Σχήμα 3.10. Τα σημαντικότερα επιβεβαιωμένα γεωθερμικά πεδία στην Ελλάδα

Για την ανάπτυξη των εφαρμογών της γεωθερμικής ενέργειας στη χώρα μας ισχύει ο νόμος 3175/2003. Σύμφωνα με αυτόν, το δικαίωμα έρευνας και διαχείρισης των γεωθερμικών πεδίων ανήκει αποκλειστικά στο Δημόσιο και μπορεί να εκμισθωθεί σε ιδιώτες. Οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης μπορούν να εκμεταλλεύονται τα γεωθερμικά πεδία είτε εγκαθιστώντας εφαρμογές για ίδια χρήση, είτε πουλώντας την παραγόμενη ενέργεια σε ιδιώτες. Σήμερα, οι εφαρμογές της γεωθερμίας χαμηλής θερμοκρασίας στην Ελλάδα περιορίζονται στη θέρμανση θερμοκηπίων, αν και κατά καιρούς έχουν γίνει πιλοτικές εφαρμογές υδατοκαλλιεργειών και ξήρανσης βαμβακιού.

3.4.2. Πεδία υψηλής θερμοκρασίας

Γεωθερμικά πεδία υψηλής θερμοκρασίας έχουν εντοπισθεί στο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου και, ειδικότερα, στα νησιωτικά συμπλέγματα της Μήλου, Σαντορίνης και Νισύρου. Από τις έρευνες προέκυψε ότι το συνολικό γεωθερμικό δυναμικό είναι της τάξεως των 180 MWth (120 MWth στη Μήλο και 60 MWth στη Νίσυρο). Γεωθερμικά πεδία αυτού του είδους εντοπίζονται, πέραν του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου, και στη νήσο Λέσβο, όπου, μέχρι σήμερα, έχει επιβεβαιωθεί η ύπαρξη γεωθερμικών ρευστών υψηλής θερμοκρασίας στην περιοχή της Αργέννου.

Η ΔΕΗ εγκατέστησε το 1985 μια πειραματική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ισχύος 2 MW, για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας υψηλής θερμοκρασίας της Μήλου, η οποία λειτούργησε για κάποιο διάστημα, μέχρι το 1989. Η εκμετάλλευση των γεωθερμικών πεδίων υψηλής θερμοκρασίας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από ιδιώτες μπορεί να γίνει μόνο μετά από σχετική άδεια από το κράτος. Επιπλέον, το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα πρέπει υποχρεωτικά να πωλείται στη ΔΕΗ, σε τιμές που καθορίζονται από την εταιρεία.

3.5. Συμπεράσματα

Η χρήση της Γεωθερμίας μπορεί να αποβεί πολύ προσοδοφόρα στο επίπεδο του χρήστη, λόγω της χαμηλού κόστους ενέρ-

γιας που προσφέρει. Παράλληλα, σε επίπεδο εθνικής οικονομίας, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση συναλλάγματος, μέσω της μείωσης των εισαγωγών πετρελαίου, καθώς και εξοικονόμηση φυσικών πόρων, κυρίως με την ελάττωση της κατανάλωσης των εγχώριων αποθεμάτων λιγνίτη. Από την άλλη μεριά, σε μια εποχή που τα περιβαλλοντικά προβλήματα καθημερινώς οξύνονται, οι πηγές ενέργειας που δε ρυπαίνουν το περιβάλλον, όπως είναι η Γεωθερμία, συμβάλλουν σε μια καθαρότερη και υγιεινότερη ατμόσφαιρα, στην άμβλυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς και στον περιορισμό της όξινης βροχής.

Η Γεωθερμία, αποτελώντας μία ανανεώσιμη και καθαρή πηγή ενέργειας, είναι πολύτιμη για τις περιοχές που έχουν την τύχη να τη διαθέτουν. Η τεχνολογία αξιοποίησής της είναι πλέον ώριμη, χωρίς τα προβλήματα της πρώτης περιόδου. Αυτό έρχεται ως αποτέλεσμα της προόδου της σχετικής έρευνας και της συσσώρευσης πολυετούς εμπειρίας. Η συστηματική εκμετάλλυσή της μπορεί να επιφέρει στη χώρα μας σημαντικά οικονομικά, συναλλαγματικά αλλά και περιβαλλοντικά οφέλη, αρκεί οι δυνατότητες αυτές, αλλά και οι νέες τεχνολογίες που δεν επηρεάζουν καθόλου τον τόπο εγκατάστασης των απαιτούμενων μονάδων εκμετάλλευσης, να γνωστοποιηθούν ευρέως στους κατοίκους πολλών περιοχών της χώρας μας.

ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

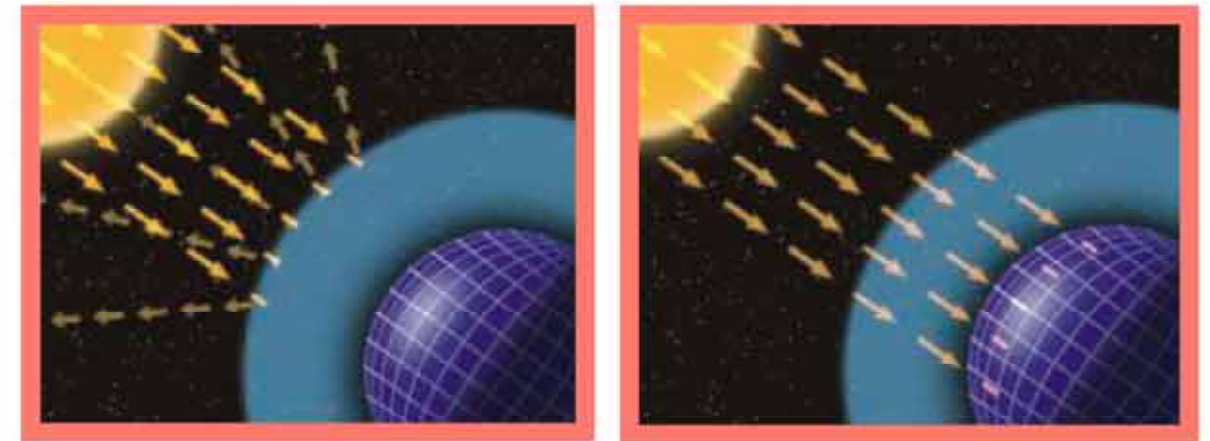
4.1. Ο Ήλιος

Ο Ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Η ενέργεια που απελευθερώνεται στον πυρήνα του από τη σύντηξη του υδρογόνου και τη μετατροπή του στο στοιχείο ήλιο, ακτινοβολείται προς όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα. Παρότι αυτό συμβαίνει συνεχώς εδώ και 5 δισεκατομμύρια χρόνια, ο ήλιος αποτελείται ακόμη κατά 70% από υδρογόνο. Επομένως, για πολλά εκατομμύρια χρόνια ακόμη δεν αναμένεται να υπάρξει μείωση της ενέργειας που ακτινοβολείται από αυτόν.

Η ακτινοβολούμενη από τον Ήλιο ισχύς είναι 63 MW από κάθε τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειάς του. Μετά από 8 λεπτά της ώρας φθάνει, τελικά, στα όρια της γήινης ατμόσφαιρας ηλιακή ακτινοβολία ισχύος 1.353 W/m², σε κάθε τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειάς της.

Από αυτήν, το 30% ανακλάται στην ατμόσφαιρα και την επιφάνεια της Γης και επιστρέφει στο διάστημα. Το υπόλοιπο απορροφάται από την ατμόσφαιρα (Σχ. 4.1).

Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στη γήινη ατμόσφαιρα είναι αυτή που προκαλεί την εξάτμιση του νερού, κινεί τον αέρα και τα θαλάσσια ρεύματα, δημιουργεί τα καιρικά φαινόμενα. Εξάλλου, το ασήμαντο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετασχηματίζεται σε χημική ενέργεια, με τη φωτοσύνθεση, είναι υπεύθυνο για τη ζωή στη Γη και έχει δημιουργήσει, στο πέρασμα των αιώνων, τα ορυκτά καύσιμα.



Σχήμα 4.1. Πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στη Γη

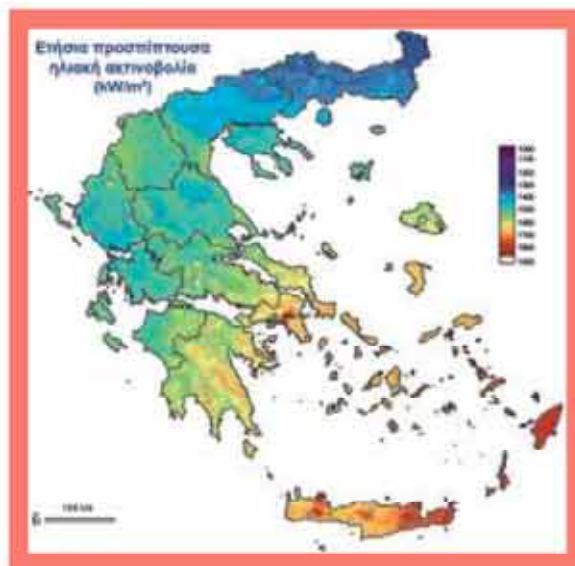
Παρά το γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στα όρια της ατμόσφαιρας είναι παντού σταθερή, δεν συμβαίνει το ίδιο με αυτήν που φθάνει στο έδαφος, η ισχύς της οποίας σπάνια ξεπερνά τα 1.000 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο. Αυτή εξαρτάται από την εποχή του έτους, την ώρα της ημέρας, την παρουσία νεφών, ομίχλης και σκόνης, ενώ εξασθενεί τόσο περισσότερο όσο μικρότερη είναι η γωνία πρόσπτωσης της στην επιφάνεια του εδάφους και, συνεπώς, μεγαλύτερη η διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα.

Ο τελευταίος αυτός παράγοντας είναι και ο σημαντικότερος για τη διαμόρφωση της μέσης έντασης της ηλιακής ενέργειας που φθάνει στο έδαφος. Γι' αυτό, άλλωστε, το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο μιας περιοχής παίζουν τόσο σπουδαίο ρόλο στη διαμόρφωση του καιρού σ' αυτήν, καθώς επίσης και των εποχών στα δύο ημισφαίρια της Γης. Όσο πιο κοντά στον Ισημερινό βρίσκεται αυτή, τόσο μικραίνει η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας και αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης έως τις 90°, με αποτέλεσμα οι συνέπειές της να γίνονται πιο έντονες.

Από αυτή την άποψη, η Ελλάδα είναι μία από τις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας. Ο συνδυασμός του γεωγραφικού της πλάτους και της υψηλής ηλιοφάνειας έχει ως αποτέλεσμα να προσπίπτουν ετησίως, κατά μέσον όρο, 1.570 kWh ηλιακής ενέργειας σε κάθε τετραγωνικό μέτρο οριζόντιας επιφάνειάς της (Σχ. 4.2). Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδας, η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2.700 ώρες το χρόνο. Στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές της, κυμαινόμενη από 2.200 ως 2.300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3.100 ώρες ετησίως.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι δυνατή, σε όλη την ελληνική επικράτεια, η οικονομικά επωφελής εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θερμικές χρήσεις.

Αδιάψευστη απόδειξη του γεγονότος αυτού αποτελεί η ευρεία διάδοση των ηλιακών



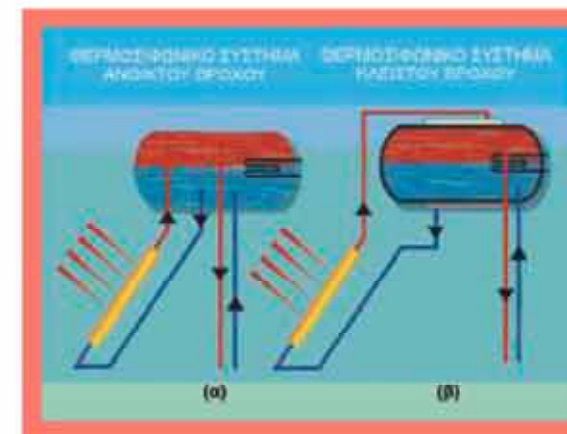
Σχήμα 4.2. Ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα [Πηγή: <http://re.jrccec.eu.int/pvgis/pv/index.html>]

θερμικών συστημάτων, με πιο συχνή εφαρμογή τους γνώριμους σε όλους τους Έλληνες ηλιακούς θερμοσίφωνες.

4.2. Τα Θερμικά Ηλιακά Συστήματα

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και, στη συνέχεια, τη μεταφέρουν σε νερό, αέρα ή κάποιο άλλο ρευστό, υπό μορφή θερμότητας. Για το σκοπό αυτό γίνεται χρήση διάφορων μηχανικών μέσων, τα οποία αποτελούν και την ειδοποιό διαφορά των συστημάτων αυτών σε σχέση με τα υπόλοιπα Ηλιακά Συστήματα. Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή τους είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, χρησιμοποιούνται όμως ακόμη για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, αλλά και για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της πλεονάζουσας θερμότητας, γνωστό και ως δεξαμενή, καθώς και τις απαραίτητες σωληνώσεις και συστήματα ελέγχου. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα αντλείται, με φυσικό ή τεχνητό τρόπο, στο δοχείο αποθήκευσης. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο που χρησιμοποιείται το θερμαινόμενο μέσο για να μεταφέρει τη θερμότητα στο νερό

χρήσης. Ανοικτά ονομάζονται τα συστήματα εκείνα, στα οποία θερμαίνεται απ' ευθείας το νερό του δικτύου ύδρευσης και, στη συνέχεια, διοχετεύεται προς τελική χρήση όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.3α. Στα κλειστά συστήματα (Σχ. 4.3β), αντιθέτως, μέσα στις σωληνώσεις του συλλέκτη κυκλοφορεί ειδικό αντιψυκτικό διάλυμα. Στη συνέχεια, μ' έναν εναλλάκτη μεταδίδεται η θερμότητα από το αντιψυκτικό διάλυμα στο νερό του δικτύου. Τέτοιου είδους συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιοχές όπου υπάρχει πιθανότητα παγετού.

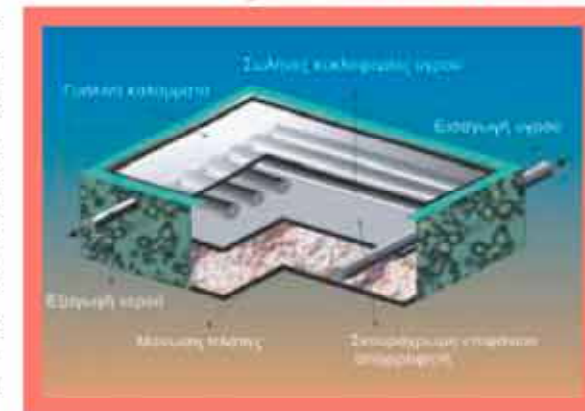


Σχήμα 4.3. Ανοικτά έναντι κλειστών θερμικών ηλιακών συστημάτων [Πηγή: TRASOL cd-rom]

4.2.1. Ηλιακοί Συλλέκτες

Η καρδιά κάθε θερμικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συλλεκτών, από τους οποίους οι επίπεδοι είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι. Ένας τυπικός ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από ένα μονωμένο κιβώτιο με μεταλλική βάση, που περιέχει μία απορροφητική επιφάνεια και σωλήνες κάτω από ένα ή περισσότερα διαφανή καλύμματα (Σχ.4.4).

Το θερμαινόμενο μέσο ρέει στους σωλήνες αυτούς, οι οποίοι είτε είναι ενσωματωμένοι, είτε τοποθετούνται επάνω στην απορροφητική επιφάνεια του συλλέκτη. Οι απορροφητικές επιφάνειες είναι συνήθως μεταλλικές, από σίδηρο ή χαλκό και βαμμένες με μαύρη βαφή. Αντί αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδική επιλεκτική επίστρωση, η οποία έχει τη δυνατότητα να απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία αποδοτικότερα. τότε οι συλλέ-



Σχήμα 4.4. Τυπικός ηλιακός συλλέκτης [Πηγή: TRASOL cd-rom]

κτες ονομάζονται επιλεκτικοί.

Ένα μέρος της απορροφούμενης από το συλλέκτη ηλιακής ακτινοβολίας αποβάλλεται υπό μορφή θερμότητας προς το περιβάλλον, εξαιτίας των θερμικών απωλειών του. Αυτές είναι τόσο μεγαλύτερες όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του ρευστού, σε σχέση με αυτή του περιβάλλοντος, και, προκειμένου να ελαττωθούν, τοποθετείται μόνωση στο οπίσθιο και τα πλευρικά μέρη του μεταλλικού κελύφους, μέσα στο οποίο εδράζεται η επιφάνεια απορρόφησης.

Για θερμοκρασίες του νερού χρήσης από 60 ως 70°C μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλοί ή επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες. Όταν απαιτούνται θερμοκρασίες της τάξης των 90°C χρησιμοποιούνται συλλέκτες κενού, οι οποίοι αποτελούνται από γυάλινους σωλήνες κενού που περιέχουν τον απορροφητή. Μ' αυτόν τον τρόπο, ελαχιστοποιούνται οι απώλειες προς το περιβάλλον και επιτυγχάνονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες λειτουργίας.

Συλλέκτες που κατασκευάζονται από απλούς πλαστικούς μαύρους σωλήνες, χωρίς γυάλινο κάλυμμα, χρησιμοποιούνται για να θερμαίνονται πισίνες (Σχ.4.5) τις εποχές εκείνες του έτους που τόσο η ηλιακή ακτινοβολία, όσο και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλές, ενώ η επιθυμητή θερμοκρασία του νερού χρήσης είναι ενγένη χαμηλή. Στην περίπτωση αυτή, η από-

δοση του ηλιακού συλλέκτη δεν χρειάζεται να είναι ιδιαίτερα υψηλή, καθώς οι απώλειες προς το περιβάλλον είναι μικρές. Αυτή είναι η απλούστερη μορφή ηλιακού συλλέκτη και χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλό κόστος.



Σχήμα 4.5. Θερμικό ηλιακό σύστημα για τη θέρμανση νερού πισίνας [Πηγή: TRASOL cd-rom]

4.2.2. Τοποθέτηση των Ηλιακών Συλλεκτών

Οι συλλέκτες εγκαθίστανται με νότιο ή ελαφρώς αποκλίνοντα από αυτόν προσανατολισμό, όσον αφορά τις χώρες του βόρειου ημισφαιρίου, και με σταθερή κλίση ως προς τον ορίζοντα, η οποία εξαρτάται από τη χρήση τους. Για χρήση του συστήματος καθ' όλο το χρόνο, συνιστάται η κλίση τους να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Για χρήση μόνο κατά τους θερινούς μήνες, είναι προτιμότερο οι συλλέκτες να εγκαθίστανται σχεδόν οριζόντιοι, ώστε να γίνεται έτσι καλύτερη εκμετάλλευση του θερινού ήλιου, ο οποίος βρίσκεται ψηλά στον ουρανό.

Θερμαίνοντας νερό με τη βοήθεια ενός τετραγωνικού μέτρου ηλιακού συλλέκτη, εξοικονομούνται από 200 έως και 600 κιλοβατώρες ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως, για τις ελληνικές μετεωρολογικές συνθήκες. Το ποσό της ενέργειας που εξοικονομείται εξαρτάται πρωτίστως από τη γεωγραφική περιοχή στην οποία είναι εγκατεστημένο το σύστημα, καθώς και από τον τύπο του συλλέκτη που χρησιμοποιείται. Σημασία έχει, επίσης, ο τρόπος και ο χρόνος, κατά τη διάρκεια της ημέρας, που καταναλώνεται το

ζεστό νερό.

Ως γενικός κανόνας, μπορεί να λεχθεί ότι, όπως έχει προκύψει από την πολυετή εμπειρία εγκατάστασης και χρήσης των συστημάτων αυτών, αρκούν 2 τετραγωνικά μέτρα επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για να καλυφθούν οι ανάγκες σε ζεστό νερό μίας οικογένειας 2 ατόμων. Για κάθε επιπλέον άτομο, απαιτούνται περίπου 3/4 του τετραγωνικού μέτρου επιπρόσθετης συλλεκτικής επιφάνειας.

4.2.3. Δεξαμενή αποθήκευσης της θερμότητας

Οι ανάγκες των χρηστών σε θερμότητα δε συμπίπτουν πάντα χρονικά με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία. Απαιτείται λοιπόν η αποθήκευση της θερμότητας που δεσμεύεται όταν είναι διαθέσιμη η ηλιακή ακτινοβολία, ώστε αυτή να μπορεί να χρησιμοποιείται κατά βούληση. Έτσι, κάθε τυπικό ηλιακό σύστημα διαθέτει αποθηκευτικές δεξαμενές αρκετά μεγάλες, όπου αποθηκεύεται θερμότητα ικανή να καλύψει τις ανάγκες σε ζεστό νερό για μία ή δύο ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια.

Οι ακριβείς διαστάσεις της δεξαμενής προκύπτουν από σχετική μελέτη, ούτως ώστε να εξισορροπούνται από τη μια οι ανάγκες περιορισμού του κόστους κατασκευής και των θερμικών απωλειών, με την επιθυμία για μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας από την άλλη. Σε κάθε τετραγωνικό μέτρο συλλέκτη αντιστοιχούν τουλάχιστον 50 λίτρα αποθηκευτικού όγκου δεξαμενής. Μεγάλη σημασία έχει η καλή μόνωση της δεξαμενής, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες θερμότητας από το αποθηκευμένο ζεστό νερό προς το περιβάλλον.

Στην πράξη, στην πλειοψηφία των συστημάτων, λόγω της διακεκομμένης διαθεσιμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας, γίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση μίας βοηθητικής πηγής ενέργειας. Η παρουσία της εξασφαλίζει την κάλυψη των αναγκών των χρηστών κατά τις περιόδους παρατεταμένης ελλείψεως ηλιοφάνειας. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των ηλιακών θερμοσίφωνων που χρησιμοποιούνται στις κατοικίες, η

βοηθητική ενέργεια παρέχεται συνήθως από μία ηλεκτρική αντίσταση.

4.3. Δυνατότητες αξιοποίησης

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να καλύψουν μία ποικιλία από χρήσεις, καθώς επίσης και ένα μεγάλο εύρος από μεγέθη εγκατάστασης. Η κυρίαρχη εφαρμογή τους αυτή τη στιγμή, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως, είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, για κατοικίες, δημόσια κτίρια, ξενοδοχεία ή ολόκληρα οικιστικά συγκροτήματα. Εφαρμόζονται, όμως, και οπουδήποτε αλλού απαιτείται η θέρμανση κάποιου μέσου, προκειμένου αυτό να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για οποιαδήποτε θερμική εφαρμογή. Τέλος, σε συνδυασμό με κάποιο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, με τη βοήθεια ειδικών τύπων των θερμικών ηλιακών συστημάτων.

4.3.1. Οικιακά συστήματα

Σε μια χώρα με κλιματολογικές συνθήκες όπως αυτές της Ελλάδας, η χρήση της βοηθητικής πηγής ενέργειας περιορίζεται κυρίως σε κάποιες μέρες του χειμώνα. Αυτός είναι και ο λόγος που περισσότερες από 600.000 Ελληνικές οικογένειες καλύπτονται με ηλιακούς θερμοσίφωνες το σύνολο σχεδόν των αναγκών τους σε ζεστό νερό χρήσης. Ο αριθμός αυτός μεγαλώνει διαρκώς, καθώς σήμερα στη χώρα μας πωλούνται ετησίως περισσότεροι από 50.000 ηλιακοί θερμοσίφωνες.

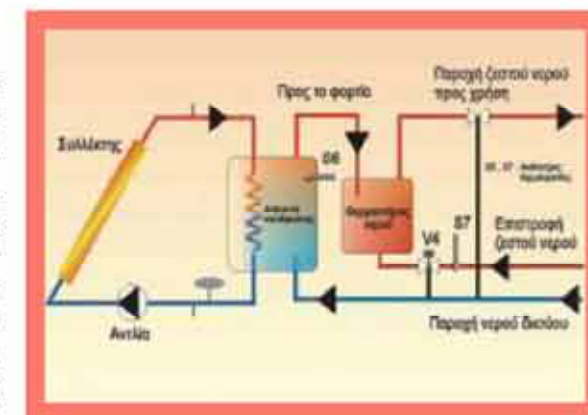
Η αρχή λειτουργίας ενός οικιακού θερμοσίφωνικού συστήματος είναι απλή. Το νερό θερμαίνεται στο συλλέκτη, διαστέλλεται και γίνεται ελαφρύτερο από το χαμηλότερης θερμοκρασίας νερό της δεξαμενής. Αυτή η διαφορά στην πυκνότητα του νερού έχει ως αποτέλεσμα τη φυσική κυκλοφορία του μέσω του συλλέκτη και τη μεταφορά του θερμού νερού στην αποθηκευτική δεξαμενή, της οποίας το ψυχρότερο νερό αντικαθιστά το ζεσταμένο στο συλλέκτη, συνεχίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την κυκλοφορία του.

Απαραίτητη προϋπόθεση, προκειμένου να είναι εφικτή η φυσική κυκλοφορία του νερού, είναι η αποθηκευτική δεξαμενή να είναι

ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

τοποθετημένη σε υψηλότερο από τους συλλέκτες σημείο. Το ευνοϊκό Ελληνικό κλίμα επιτρέπει την τοποθέτηση της δεξαμενής στις οροφές των κατοικιών, χωρίς μεγάλες απώλειες θερμότητας από το θερμό νερό προς το περιβάλλον. Αυτή είναι και η πιο κοινή λύση, που χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στους ηλιακούς θερμοσίφωνες.

Σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή ή επιθυμητή η εγκατάσταση της δεξαμενής στην οροφή ενός κτιρίου, το κρύο νερό της δεξαμενής μεταφέρεται στους συλλέκτες με τη βοήθεια μιας αντλίας (Σχ. 4.6). Η αντλία αυτή ελέγχεται από κατάλληλο σύστημα αυτοματισμού, το οποίο τη θέτει σε λειτουργία όταν η θερμοκρασία του νερού στο συλλέκτη είναι μεγαλύτερη από αυτή της δεξαμενής.



Σχήμα 4.6. Σύστημα κλειστού κυκλώματος με αντλία κυκλοφορίας και εναλλάκτη θερμότητας (κλειστό) [Πηγή: TRASOL cd-rom]

4.3.2. Βιομηχανικές εφαρμογές-Θέρμανση χώρων-Ψύξη

Πέρα από την οικιακή χρήση, που είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Έτσι, για παράδειγμα, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης, για κλιματισμό χώρων, κατάψυξη προϊόντων και άλλες εφαρμογές, εμφανίζει σημαντικές προοπτικές, λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας που υφίσταται ακριβώς την εποχή που απαιτείται η ψύξη.

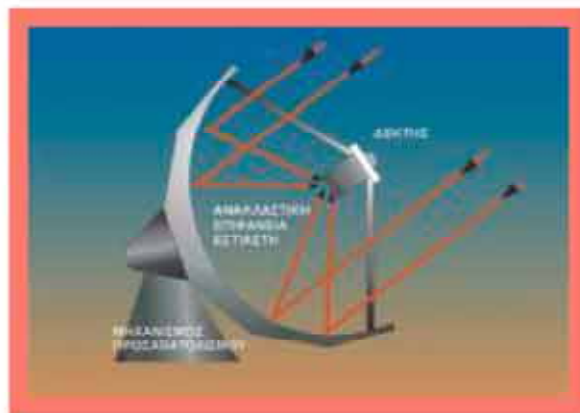
Στην περίπτωση που για την κάλυψη των αναγκών σε ψύξη επιλεγεί ως λύση ένα θερμικό ηλιακό σύστημα, η συλλεγόμενη θερμότητα τροφοδοτεί ψυκτικές μηχανές κύκλου απορρόφησης, προκειμένου να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου, όταν αυτό βρίσκεται σε αέρια φάση. Τα γνωστά σε όλους ψυγεία τύπου *camping* λειτουργούν με βάση αυτή την αρχή, η οποία σήμερα εφαρμόζεται και σε μεγαλύτερες έως πολύ μεγάλες μονάδες.

Εξάλλου, είναι δυνατόν η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια να καταστεί εκμεταλλεύσιμη όχι μόνο για την ψύξη, αλλά και για τη θέρμανση χώρων, όποτε αυτό απαιτείται. Έτσι, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τις ημέρες και ώρες που υπάρχει ηλιοφάνεια συλλέγεται θερμότητα, η οποία αποθηκεύεται και, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται τις νυκτερινές ώρες ή όταν η ηλιοφάνεια δεν επαρκεί, προκειμένου να καλύπτονται τα απαιτούμενα θερμικά φορτία. Τα συστήματα αυτά είναι οικονομικά όταν ο χειμώνας διαρκεί αρκετούς μήνες, όπως συμβαίνει στη Βόρεια Ευρώπη, ή και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν γίνεται εκμετάλλευση της συλλεγόμενης θερμότητας και για άλλες χρήσεις.

4.3.3. Ηλεκτροπαραγωγή

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για να επιτευχθούν οι μεγάλες σχετικά θερμοκρασίες που απαιτούνται για το σκοπό αυτό, η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει με κάποιον τρόπο να συγκεντρωθεί σε ένα σημείο της συλλεκτικής επιφάνειας ή σε κάποια σχετικά μικρής έκτασης περιοχή της (σχ. 4.7). Οι κυριότερες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί είναι:

- Τα συστήματα παραβολικών κοίλων
- Τα συστήματα πύργου ισχύος (ή ηλιακού πύργου)
- Τα συστήματα δίσκου / μηχανής



Σχήμα 4.7. Παραβολικό κοίλο

4.3.3.1. Συστήματα παραβολικών κοίλων

Η ανακλαστική επιφάνεια ενός παραβολικού κοίλου (σχ. 4.7) συγκεντρώνει το ηλιακό φως σε ένα σωληνωτό δέκτη που είναι τοποθετημένος κατά μήκος της εστιακής γραμμής του κοίλου και ζεσταίνει το ρευστό που ρέει στο σωλήνα, το οποίο κατόπιν μέσω σωληνώσεων μεταφέρεται σε έναν ατμοστρόβιλο. Εν γένει τα κοίλα σχεδιάζονται ώστε να παρακολουθούν τον ήλιο κατά μήκος ενός άξονα, συνήθως κατά τον άξονα βορά – νότου. Ο λόγος συγκέντρωσης των παραβολικών κοίλων κυμαίνεται από 10 μέχρι 100, ενώ η θερμοκρασία ανέρχεται στους 400°C.



Σχήμα 4.8. Φωτογραφίες από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής παραβολικών κοίλων [Αριστερά: Kramer Junction – Δεξιά: Gould Electronics]

4.3.3.2. Συστήματα πύργου ισχύος (ή ηλιακού πύργου)

Στα συστήματα πύργου ισχύος, οι ηλιοστάτες παρακολουθούν την τροχιά του ήλιου με μηχανισμό δύο αξόνων ώστε να ανακλάται και να συγκεντρώνεται το άμεσο ηλιακό φως σε ένα κεντρικό δέκτη που είναι τοπο-

θετημένος σε πύργο. Από εκεί η ενέργεια μεταφέρεται σ' ένα ρευστό μεταφοράς της θερμότητας, το οποίο στη συνέχεια διοχετεύεται προαιρετικά στο σύστημα αποθήκευσης και, εν τέλει, στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής που μετατρέπει τη θερμική ενέργεια σε ηλεκτρισμό και τροφοδοτεί το δίκτυο. Τα συστήματα πύργου ισχύος συνήθως επιτυγχάνουν λόγους συγκέντρωσης από 300 έως 1.500, μπορούν να λειτουργούν σε θερμοκρασίες μέχρι 1.500°C και έχουν σχετικά μεγάλο μέγεθος, συνήθως 10 MW ή περισσότερο. Στα συστήματα πύργου ισχύος που αναπτύσσονται τελευταία χρησιμοποιείται είτε νιτρικό άλας είτε αέρας ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας.



Σχήμα 4.9. Φωτογραφίες από το σταθμό ηλεκτροπαραγωγής πύργου ισχύος 10 MWe Solar Two

4.3.3.3. Συστήματα δίσκου/μηχανής

Ένας δίσκος συγκεντρώνει την άμεση ηλιακή ενέργεια σε ένα δέκτη στο εστιακό του σημείο, όπου απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ως θερμότητα ή να υποστηρίξει χημικές διεργασίες, αλλά η συνηθέστερη εφαρμογή της είναι η ηλεκτροπαραγωγή. Η θερμική ενέργεια μπορεί να μεταφερθεί σε μία κεντρική γεννήτρια για μετατροπή ή μπορεί να μετατραπεί άμεσα σε ηλεκτρισμό με μία ενσωματωμένη στο δέκτη γεννήτρια. Οι δίσκοι παρακολουθούν την τροχιά του ήλιου σε δύο άξονες και, για το λόγο αυτό, είναι τα πιο αποδοτικά συστήματα συλλεκτών, καθώς είναι συνεχώς στραμμένα προς τον ήλιο. Το ιδανικό σχήμα για τον εστιαστή είναι το παραβολοειδές εκ περιστροφής. Ορισμένοι ηλιακοί εστιαστές προσεγγίζουν το σχήμα αυτό με πολλαπλά κάτοπτρα σφαιρικής διαμόρφωσης στηριζόμενα σε ένα σκελετό από δοκούς ενίσχυσης. Από όλες τις ηλιακές

ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
τεχνολογίες, ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό έχει αναφερθεί στα συστήματα δίσκου/μηχανής (29,4%), και για το λόγο αυτό έχουν το δυναμικό να καταστούν μία από τις λιγότερο ακριβές πηγές ανανεώσιμης ενέργειας. Εξάλλου, με τη βοήθεια ενός ή περισσοτέρων παραβολικών ανακλαστικών δίσκων (σχ. 4.10), η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να συγκεντρωθεί στο εστιακό σημείο 600 ως 2.000 φορές περισσότερο από τη συνήθη και η θερμοκρασία να ανέλθει στους 800 ως 1.500 °C, ενώ είναι δυνατό να επιτευχθούν και πολύ μεγαλύτερες τιμές. Συστήματα αυτού του τύπου μπορούν να παράγουν από 5 ως 25 kW ηλεκτρικής ισχύος και έχουν την καλύτερη απόδοση από όλα τα άλλα θερμικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής.



Σχήμα 4.10. Φωτογραφίες από συστήματα δίσκου/Stirling [Αριστερά: Δίσκος One Omnium G του SERI – Δεξιά: Κέντρο δοκιμών της Αριζόνας]

4.4. Η Κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα δεν έχουν ακόμα εγκατασταθεί τέτοιες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, αν και ο κλάδος των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι ιδιαίτερα δραστήριος. Πράγματι, πέρα από τον πολύ μεγάλο αριθμό ηλιακών θερμοσιφώνων που είναι εγκατεστημένα σε κατοικίες, η χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι διαδεδομένη και σε εγκαταστάσεις με αναλογικά πολύ υψηλότερες ανάγκες, όπως είναι τα ξενοδοχεία, τα νοσοκομεία ή τα αθλητικά κέντρα. Στα τέλη του 2002 η Ελλάδα είχε κάτι λιγότερο από 3 εκατ. τετραγωνικά μέτρα συλλεκτών (με ποσοστό διείσδυσης περί το 30% και τον υψηλότερο δείκτη χρήσης ηλιακών ανά κάτοικο στην Ευρωπαϊκή Ένωση, περίπου 265 m² ανά 1.000 κατοίκους. Η ανάπτυξη

του κλάδου τα τελευταία χρόνια είναι αλματώδης, ενώ γίνονται προσπάθειες για την περαιτέρω διάδοση της χρήσης των συστημάτων αυτών μέσω, μεταξύ των άλλων, της εγκατάστασης καινοτόμων και επιδεικτικών εφαρμογών.

4.4.1. Ηλιακό Χωριό

Το Ηλιακό Χωριό (Σχ. 4.11) είναι ένας οικισμός του Οργανισμού Εργατικής Κατοικίας που, στα πλαίσια διακρατικής Ελληνογερμανικής συνεργασίας, κατασκευάστηκε το 1988 στην Πεύκη και αποτελεί τη μεγαλύτερη από τις πιλοτικές εφαρμογές μαζικής χρήσης θερμικών και άλλων ηλιακών συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί στη χώρα μας.



Σχήμα 4.11. Το Ηλιακό Χωριό στην Πεύκη Αττικής

Στο Ηλιακό Χωριό εγκαταστάθηκαν, μετρήθηκαν και αξιολογήθηκαν επί σειρά ετών επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρα και κενού, αλλά και διάφορα συστήματα αποθήκευσης και διανομής του ζεστού νερού, για απευθείας χρήση ή θέρμανση κατοικιών το χειμώνα. Ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στη μελέτη των κεντρικών συστημάτων, που εξυπηρετούν ομάδες κατοικιών ή/και το σύνολο του οικισμού.

Κεντρικά ονομάζονται τα θερμικά ηλιακά συστήματα που παρέχουν μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού, ικανές να καλύψουν τις ανάγκες μεγάλων συγκροτημάτων ή ομάδων μικρότερων καταναλωτών. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ένα πεδίο συλλεκτών, δεξαμενές κεντρικής αποθήκευσης της συλλεγόμενης θερμότητας, εναλλάκτες, κυκλοφορητές και αυτοματισμούς. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι, χάρη στο μεγαλύτερό τους μέγεθος,

μπορούν να αντιμετωπίσουν αποδοτικότερα τις διακυμάνσεις στη ζήτηση ζεστού νερού που παρουσιάζει ο κάθε χρήστης μεμονωμένα.

Σε ένα από τα κτιριακά συγκροτήματα του Ηλιακού Χωριού, η συλλεγόμενη από συλλέκτες κενού θερμότητα αποθηκεύεται, καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού σε μια μεγάλη υπόγεια δεξαμενή, σε θερμοκρασία μέχρι και 90°C, και καταναλώνεται το χειμώνα, για τη θέρμανση των κατοικιών και την κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης. Τα ηλιακά συστήματα που εγκαταστάθηκαν στο Ηλιακό Χωριό λειτουργούν εδώ και μια δεκαετία, εξοικονομώντας σημαντικά ποσά συμβατικών καυσίμων και εξασφαλίζοντας υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης στους χρήστες τους. Αποδεικνύεται έτσι εμπράκτως ότι είναι δυνατή η αποτελεσματική και ταυτόχρονα οικονομικά βιώσιμη χρήση των συστημάτων αυτών σε ευρεία κλίμακα στην Ελλάδα.

4.4.2. Εμπορικές Εφαρμογές

Σημαντικός αριθμός κεντρικών ηλιακών συστημάτων χρησιμοποιείται σήμερα σε εμπορικές εφαρμογές. Στην Ελλάδα, τα περισσότερα από αυτά βρίσκονται εγκατεστημένα σε ξενοδοχεία, σχολεία ή/και νοσοκομεία και συμβάλλουν στην κάλυψη μεγάλου ποσοστού των ενεργειακών αναγκών τους για την παραγωγή ζεστού νερού.

Μάλιστα, σε αρκετά από αυτά, δεν καταναλώνονται καθόλου συμβατικά καύσιμα για το σκοπό αυτό, με αποτέλεσμα να εξοικονομούνται μεγάλες ποσότητες καυσίμων και να μειώνονται σημαντικά οι εκπομπές ρύπων προς το περιβάλλον.

Από την άλλη, οι μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού που χρειάζονται τα κολυμβητήρια, για τις ανάγκες θέρμανσης της πισίνας, αλλά και τα γυμναστήρια, τα γήπεδα και όλες οι άλλες αθλητικές εγκαταστάσεις, για τις ανάγκες των αθλητών σε ζεστό νερό, μπορούν άνετα να εξασφαλισθούν με την εγκατάσταση κατάλληλα διαστασιοποιημένων κεντρικών ηλιακών συστημάτων. Στην περίπτωση αυτή, πέρα από τη σημαντική βελτίωση στο επίπεδο εξυπηρέτησης των

αθλητών, οι λογαριασμοί καυσίμων και ηλεκτρικού ρεύματος μπορούν να μειωθούν δραματικά.

Μία τέτοια εγκατάσταση, 300 τετραγωνικών μέτρων επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, βρίσκεται σε λειτουργία στο Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας (Σχ. 4.12) και καλύπτει τις ανάγκες του κόσμου που το χρησιμοποιεί σε ζεστό νερό χρήσης. Με συσκευές τηλεμέτρησης, που τοποθετήθηκαν από το ΚΑΠΕ, παρακολούθηθηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα η λειτουργία του συστήματος και επιβεβαιώθηκε στην πράξη η αποδοτική λειτουργία του.



Σχήμα 4.12. Η εγκατάσταση του Σταδίου Ειρήνης & Φιλίας

4.5. Πιστοποίηση-Δοκιμές-Μετρήσεις

Προκειμένου να διαδοθεί ευρύτερα η χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων, πρέπει να εξασφαλισθεί η ικανοποίηση των χρηστών, τόσο από την πλευρά της απρόσκοπτης λειτουργίας τους όσο και από αυτήν της απόδοσής τους. Τα τελευταία χρόνια βρίσκεται σε εξέλιξη διεθνώς μια σημαντική προσπάθεια ώστε να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο η ποιότητα των κατασκευαζόμενων συστημάτων, μέσω της πιστοποίησής τους ή της "παροχής σήματος ποιότητας", όπως αλλιώς λέγεται.

Προϋπόθεση για την πιστοποίηση είναι η ύπαρξη προτύπων που να περιέχουν τις τεχνικές προδιαγραφές για τις απαιτήσεις και δοκιμές των συστημάτων αυτών, καθώς και τις μεθόδους μέτρησης της απόδοσης και αξιολόγησής τους. Ήδη εκπονούνται τα σχετικά Ευρωπαϊκά πρότυπα και η Ελλάδα συμμετέχει ενεργά σ' αυτήν την προσπάθεια.

ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Το Εργαστήριο Τηλεπαρακολούθησης Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων του ΚΑΠΕ διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό για τη μέτρηση της απόδοσης των συλλεκτών και γενικότερα των οικιακών ηλιακών συστημάτων. Ανάλογες μετρήσεις εκτελούνται σε εν λειτουργία συστήματα, τα αποτελέσματα των οποίων αξιοποιούνται τόσο για τη βελτίωση του εκάστοτε συστήματος, όσο και για την πρόοδο της συναφούς τεχνολογίας γενικότερα. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι, η ποιότητα των θερμικών ηλιακών συστημάτων που παράγονται στην Ελλάδα είναι αρκετά υψηλή. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι σήμερα η χώρα μας είναι ο σημαντικότερος εξαγωγέας επίπεδων συλλεκτών στην Ευρώπη και μάλιστα σε πολύ απαιτητικές αγορές, όπως αυτές της Γερμανίας και της Αυστρίας.

4.6. Χρηματοδότηση από τρίτους-Εγγυημένη απόδοση

Παρά το γεγονός ότι, κατά τη διάρκεια της ζωής τους, τα κεντρικά ηλιακά συστήματα έχουν πρακτικά μηδενικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, για την εγκατάστασή τους απαιτείται ένα σχετικά υψηλό αρχικό κεφάλαιο. Το κόστος όμως αυτό, στην περίπτωση εγκαταστάσεων σε μεγάλα συγκροτήματα οικιών, ξενοδοχεία ή βιομηχανίες, μπορεί να αναληφθεί από κάποιον τρίτο, λόγω χάριν από έναν κατασκευαστή τέτοιων συστημάτων, με τη μέθοδο δηλαδή της χρηματοδότησης από τρίτους.

Στη συνέχεια, εγκαθίσταται μετρητικός εξοπλισμός για την καταγραφή των θερμικών κιλοβατωρών που παράγονται από το ηλιακό σύστημα, οι οποίες χρεώνονται από το χρηματοδότη στο χρήστη με τιμή αντίστοιχη αυτών που θα παράγονταν με συμβατικό τρόπο. Έτσι, κατ' αρχήν, ο χρήστης εξασφαλίζεται σε μεγάλο βαθμό από τον κίνδυνο μη επιτυχούς επένδυσης και, στη συνέχεια, η εγκατάσταση μεταβιβάζεται σ' αυτόν, μετά από προκαθορισμένο αριθμό ετών λειτουργίας, ενώ η απόδοση του συστήματος είναι εγγυημένη από το χρηματοδότη.

Στη χώρα μας, το ΚΑΠΕ χρηματοδότησε το 1993 έναν κατασκευαστή ηλιακών συστη-

μάτων για να εγκαταστήσει, με κατά τ' άλλα ίδια κεφάλαια, στο εργοστάσιο της Achaia Clauss στην Πάτρα (Σχ. 4.13) ένα ηλιακό σύστημα για την προθέρμανση του νερού που χρησιμοποιείται στο εμφιαλωτήριο της εταιρείας. Το Εργαστήριο Τηλεπαρακολούθησης Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων του ΚΑΠΕ εκτέλεσε τις σχετικές μετρήσεις για την αποτίμηση της εξοικονομούμενης ενέργειας και εξέδωσε τα τιμολόγια αποπληρωμής. Η εγκατάσταση λειτούργησε με επιτυχία και, στα 6 χρόνια της διάρκειας του σχετικού συμβολαίου, εξοικονομήθηκε πετρέλαιο diesel αξίας ίσης με το κόστος του έργου.



Σχήμα 4.13. Οι εγκατεστημένοι ηλιακοί συλλέκτες στο εργοστάσιο της Achaia Clauss

4.7 Συμπεράσματα

Οι εφαρμογές στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα θερμικά ηλιακά συστήματα είναι πολλές. Το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών ενός χρήστη σε ζεστό νερό μπορεί να καλυφθεί από τέτοια συστήματα, σε συνδυασμό με κάποιο συμβατικό σύστημα για τις ανάγκες αιχμής ή τις περιοδούς περιορισμένης ηλιοφάνειας. Σε χώρες όπως η Ελλάδα, η περίοδος απόσβεσης είναι αρκετά μικρή, ώστε η επένδυση να γίνεται ελκυστική.

Παρότι το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός ηλιακού συστήματος είναι μεγαλύτερο από αυτό ενός ανάλογου συστήματος που χρησιμοποιεί συμβατικά καύσιμα, το κόστος λειτουργίας του είναι σχεδόν μηδενικό. Επομένως, ακόμα και με καθαρά οικονομικά κριτήρια, κάθε χρήστης ζεστού νερού θα πρέπει να σκεφθεί σοβαρά το ενδεχόμενο να καλύψει το σύνολο ή μέρος

των αναγκών του με τη βοήθεια συστημάτων αυτού του είδους.

Με τις σύγχρονες εξελίξεις της τεχνολογίας, η απόδοση των συστημάτων αυτών συνεχώς βελτιώνεται και το κόστος τους περιορίζεται. Επιπλέον, καθ' όλη τη διάρκεια της υπηρεσιακής τους ζωής, μπορεί να εξοικονομηθεί σημαντική ποσότητα συμβατικών καυσίμων και, συγχρόνως, να αποτραπεί η εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Εκτιμάται ότι, με τα συστήματα που είναι εγκατεστημένα στην Ελλάδα σήμερα, αποφεύγεται κάθε χρόνο η εκπομπή περισσότερων από 1,5 εκατ. τόνων διοξειδίου του άνθρακα, ενώ τα οφέλη για την εθνική οικονομία και όλους μας είναι τεράστια.

Επιπροσθέτως, η κατασκευή θερμικών ηλιακών συστημάτων δημιουργεί σημαντικό αριθμό θέσεων εργασίας, καθώς, μάλιστα, το μεγαλύτερο μέρος των συστημάτων που εγκαθίστανται στην Ελλάδα είναι εγχώριας προελεύσεως. Η ηλιοθερμική βιομηχανία στην ΕΕ απασχολεί 16.300 άτομα, εκ των οποίων τα 3.000 περίπου στην χώρα μας.

Οι βιομηχανίες κατασκευής ή/και εμπορίας που δραστηριοποιούνται στο χώρο διαθέτουν υψηλού επιπέδου τεχνολογία και επιτυγχάνουν πολύ καλή ποιότητα κατασκευής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να παράγονται ανταγωνιστικά προϊόντα, τα οποία διακρίνονται και στις αγορές του εξωτερικού.

Σε μια εποχή, λοιπόν, που τα περιβαλλοντικά προβλήματα εντείνονται και οι συμβατικές πηγές ενέργειας έχουν αρχίσει να εξαντλούνται, τα θερμικά ηλιακά συστήματα προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες εναλλακτικής δράσης.

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

5.1. Εισαγωγή

Η ενέργεια που εκπέμπεται από τον Ήλιο και φτάνει έως τη Γη με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι η κύρια πηγή ενέργειας γι' αυτήν, αφού συντελεί στη διατήρηση της θερμοκρασίας της, τροφοδοτεί τις άλλες πηγές ενέργειας και δίνει, μέσω της φωτοσύνθεσης, ζωή στα φυτά και, συνακόλουθα, στα ζώα. Η ηλιακή ακτινοβολία, όμως, γίνεται και άμεσα αντιληπτή ως θερμότητα.

Έτσι, ο άνθρωπος από παλιά τη χρησιμοποίησε για να καλύψει κάποιες θερμικές ενεργειακές του ανάγκες. Μέχρι πριν μερικούς αιώνες, άλλωστε, οι θερμικές ήταν και οι σημαντικότερες χρήσεις της ενέργειας, γενικότερα.

Στη σύγχρονη εποχή, όμως, οι ενεργειακές εφαρμογές έχουν αυξηθεί δραματικά και, παράλληλα, έχουν αποκτήσει μεγάλη ποικιλία, με αποτέλεσμα η ποιότητα ζωής των ανθρώπων να εξαρτάται πλέον από το επίπεδο εξασφάλισης των ενεργειακών τους αναγκών και, κυρίως, από αυτό της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη, τα μεγάλα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί στο περιβάλλον, με κυριότερα από αυτά το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τη μείωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα, έχουν πλέον γίνει πολύ γνωστά και κατανοητά σε όλους.

Καθώς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες συμβατικών καυσίμων, όπως είναι το πετρέλαιο και ο λιγνίτης, αυτή ευθύνεται κατά μεγάλο μέρος για τα προαναφερθέντα περιβαλλοντικά προβλήματα. Εάν, μάλιστα, ληφθεί υπ' όψη ότι τα διαθέσιμα αποθέματα των συμβατικών καυσίμων έχουν μειωθεί αισθητά τα τελευταία χρόνια, προκύπτει ότι το ενεργειακό προβάλλει ως το ζοφερότερο

σύγχρονο πρόβλημα του πλανήτη, το οποίο μάλιστα χρήζει άμεσης επίλυσης.

Προς την κατεύθυνση αυτή, ευοίωνες είναι οι προοπτικές που ανοίγονται από την ανάπτυξη των τεχνολογιών εκμετάλλευσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Πράγματι, καθημερινά προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης μία τεράστια ποσότητα ηλιακής ενέργειας, η οποία, αν και αποτελεί ένα μικρό μόλις κλάσμα της ολικής ενέργειας που παράγεται από τον Ήλιο, εντούτοις είναι 20.000 φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια που καταναλώνεται σήμερα σε ολόκληρο τον κόσμο και με οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρική, μηχανική, θερμική κλπ.).

Η εκμετάλλευση της δυνατότητας αποδοτικής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος απευθείας από την ηλιακή ενέργεια μπορεί να υποκαταστήσει σε σημαντικό βαθμό τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής του, δίνοντας ταυτόχρονα λύση σε μεγάλο μέρος των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

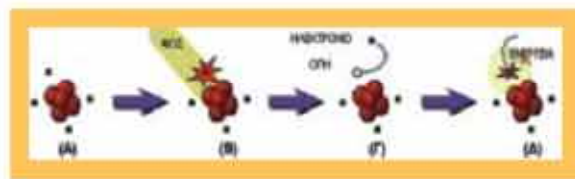
Ήδη από τον περασμένο αιώνα, για την ακρίβεια το 1839, παρατηρήθηκε ότι η ηλιακή ακτινοβολία αλλάζει τις ιδιότητες ορισμένων υλικών, των ημιαγωγών. Αυτά, όταν φωτίζονται, μπορούν να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω του "φωτοβολταϊκού φαινομένου". Εάν σε ένα κομμάτι ημιαγωγικού υλικού (συνήθως εμπλουτισμένος κρύσταλλος πυριτίου), τοποθετηθούν δύο ηλεκτρόδια, στις άκρες των οποίων λαμβάνεται το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, η σχετικά απλή διάταξη που προκύπτει ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Αυτό αποτελεί την κύρια συνιστώσα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, όπως ονομάζεται το σύστημα που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι πρώτες εφαρμογές των φωτοβολταϊκών συστημάτων αναπτύχθηκαν μόλις τη δεκαετία του '50, με σκοπό την ηλεκτροδότηση των δορυφόρων. Το υψηλό τους κόστος, όμως, εμπόδιζε την περαιτέρω διάδοσή τους την εποχή εκείνη. Στις αρχές της δεκαετίας του '70, μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση, έγινε ιδιαίτερα αισθητή παγκοσμίως η ανάγκη απεξάρτησης από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Υπήρξαν τότε τα κίνητρα για την ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής βιομηχανίας και, έτσι, άρχισε δειλά η μαζική παραγωγή φωτοβολταϊκών στοιχείων για ευρύτερη καταναλωτική χρήση.

5.2. Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Το ηλιακό φως αποτελείται από ενεργειακά σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια, τα οποία έχουν κοινή ταχύτητα αλλά διαφορετική ενέργεια, ανάλογα με το μήκος κύματος της περιοχής του ηλιακού φάσματος στην οποία ανήκουν. Αυτά, όταν προσπίπτουν επάνω σε υλικό με ημιαγωγικές ιδιότητες, άλλα διαπερνούν και άλλα απορροφώνται, ανάλογα με την ενέργεια που μεταφέρουν. Τα φωτόνια με μεγάλη ενέργεια, που απορροφώνται, είναι και αυτά που προκαλούν την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος. Από την άλλη, τα φωτόνια με χαμηλή ενέργεια, που αντιστοιχούν στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία, την υπέρυθρη, διαπερνούν τον ημιαγωγό χωρίς καμία επίδραση.

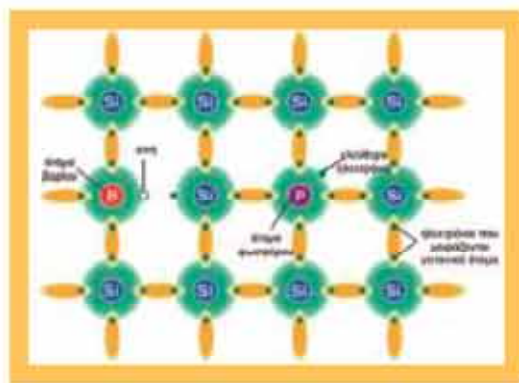
Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε κρυστάλλους πυριτίου (Σχ. 5.1α), ένα φωτόνιο διεισδύει σ' ένα άτομο πυριτίου (Σχ. 5.1β) και εκδιώκει ένα ηλεκτρόνιο από την τροχιά του, δημιουργώντας έτσι έναν κενό δεσμό, μία "οππή", στην τετραεδρική κρυσταλλική δομή (Σχ. 5.1γ). Το απελευθερωμένο ηλεκτρόνιο, που έχει αρνητικό φορτίο, αρχίζει να κινείται μέσα στους κρυστάλλους αναζητώντας την οπή του, η οποία αποτελεί ένα θετικό φορτίο. Αλλά και η οπή "κινείται", με τη σειρά της, αλλάζοντας θέσεις κατ' αρχήν μ' ένα κοντινό ηλεκτρόνιο και εν συνεχεία εναλλάξ με άλλα, πιο απομακρυσμένα από την αρχική της θέση.



Σχήμα 5.1. Δημιουργία οπής από την πρόσπτωση φωτονίου [Πηγή: The Sun's Joules]

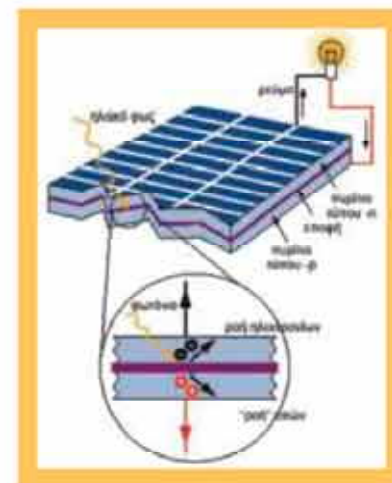
Έτσι, το ηλεκτρόνιο και η οπή του θα διαχωρίζονταν για πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, πριν ξαναενωθούν και απωλέσουν την ενέργεια του φωτός, υπό μορφή θερμότητας (Σχ 5.1δ). Εάν, όμως, μερικά άτομα πυριτίου αντικατασταθούν στη μια πλευρά του κρυστάλλου με άτομα βορίου και στην άλλη με άτομα φωσφόρου, η μία πλευρά εμφανίζει σταθερά θετικά φορτία και η άλλη σταθερά αρνητικά (Σχ. 5.2). Η φόρτιση αυτή της κάθε πλευράς με αντίθετα φορτία οφείλεται στο διαφορετικό σθένος των ατόμων βορίου και φωσφόρου, τόσο μεταξύ τους όσο και με αυτό των ατόμων πυριτίου.

Πράγματι, τα άτομα βορίου έχουν τρία ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα, αντί για τέσσερα του πυριτίου. Έτσι, η δημιουργία δεσμού με τα άτομα του πυριτίου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας οπής στον κρύσταλλο και, συνεπώς, ένα αντίστοιχο έλλειμμα αρνητικού φορτίου. Από την άλλη, τα άτομα του φωσφόρου έχουν πέντε ηλεκτρόνια στη στιβάδα σθένους, με αποτέλεσμα να περισσεύει ένα ηλεκτρόνιο στο δεσμό τους με τα άτομα πυριτίου, το οποίο προκαλεί και την εμφάνιση αντίστοιχου αρνητικού φορτίου.



Σχήμα 5.2. Προσθήκη ατόμων φωσφόρου και βορίου σε κρύσταλλο πυριτίου [Πηγή: <http://renewable.greenhouse.gov.au/technologies/pv/pv.html>]

Στο σημείο επαφής των δύο αντιθέτως φορτισμένων πλευρών δημιουργείται ένα πολύ μικρού πάχους ενεργειακό φράγμα όπου, λόγω της ισχυρής διαφοράς δυναμικού που εμφανίζεται εκεί, τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινηθούν από τη θετικά στην αρνητικά φορτισμένη πλευρά, αλλά όχι και κατά την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτή είναι και η βασική ιδιότητα ενός ημιαγωγού, δηλαδή να επιτρέπεται η κίνηση των ηλεκτρονίων μόνο κατά μία, προκαθορισμένη κατεύθυνση. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ο μόνιμος διαχωρισμός των ηλεκτρονίων από τις οπές τους και αυτά συσσωρεύονται στην αρνητικά φορτισμένη πλευρά του κρυστάλλου πυριτίου, ενώ οι οπές συσσωρεύονται στη θετικά φορτισμένη πλευρά του.



Σχήμα 5.3. Φυσική απεικόνιση φωτοβολταϊκού στοιχείου πυριτίου [Πηγή: <http://renewable.greenhouse.gov.au/technologies/pv/pv.html>]

Αυτός ο ημιαγωγός ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο (Σχ. 5.3). Εάν στις δύο πλευρές του συνδεθούν εξωτερικοί ακροδέκτες και το κύκλωμα κλείσει με την εγκατάσταση μίας ηλεκτρικής συσκευής, π.χ. ενός λαμπτήρα, τα ηλεκτρόνια διοχετεύονται στο κύκλωμα, περνούν από την ηλεκτρική συσκευή, όπου παράγουν έργο, για να καταλήξουν στην άλλη πλευρά του κρυστάλλου και να ξαναενωθούν εκεί με τις οπές που άφησαν πίσω. Έτσι παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα με τη χρήση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου. Όσο εξακολουθεί να προσπίπτει σ' αυτό ηλιακή ακτινοβο-

λία, νέα ηλεκτρόνια ελευθερώνονται από την κατάσταση ηρεμίας τους, συνεχίζοντας την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα και κατά τις περιόδους συννεφιάς, ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο εξακολουθεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, έχοντας όμως κατά πολύ μειωμένη απόδοση. Από την άλλη μεριά, σε περιόδους καύσωνα η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ελαττώνεται επίσης αισθητά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται από το φωτοβολταϊκό στοιχείο σε ηλεκτρικό ρεύμα μειώνεται σημαντικά. Το τελευταίο αποτελεί και ένα σοβαρό μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

5.3. Τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Η ενέργεια που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι περιορισμένη. Για το λόγο αυτό, προκειμένου να παραχθεί μία σημαντική ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος, πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία μαζί συνδέονται μεταξύ τους ηλεκτρονικά, σχηματίζοντας έτσι μία φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Για λόγους μηχανικής αντοχής και ευχρηστίας, τα στοιχεία αυτά έχουν ενσωματωμένα στο περίγραμμά τους μεταλλικά ελάσματα ανωδιωμένου αλουμινίου και για λόγους προστασίας, είναι αεροστεγώς και υδατοστεγώς κλεισμένα μέσα σε ειδικό τζάμι και ειδικά μονωτικά πλαστικά. Η συνολική ηλεκτρική ισχύς μιας φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι ίση με το άθροισμα της ισχύος των φωτοβολταϊκών στοιχείων που την αποτελούν.

Πολλές φωτοβολταϊκές γεννήτριες, όταν συνδεθούν εν παραλλήλω μεταξύ τους, σχηματίζουν μία φωτοβολταϊκή συστοιχία.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται επάνω σε περιστρεφόμενα στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια ακτινοβολίας και, συνακόλουθα, η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα τέτοιο κινητό σύστημα μπορεί να έχει από 15 έως 25% καλύτερη απόδοση σε σχέση με τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά πλαί-

σια όταν είναι τοποθετημένα σε σταθερά στηρίγματα.

Όταν πρόκειται για εγκαταστάσεις στις οποίες γίνεται παραγωγή μέσης ή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ισχύος, απαιτείται η ύπαρξη πολλών φωτοβολταϊκών στοιχείων, οι οποίες όλες μαζί σχηματίζουν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο (Σχ.5.4). Αυτές διατάσσονται κατά τέτοιο τρόπο, στο διαθέσιμο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα σκίασης μεταξύ των διαφορετικών σειρών των φωτοβολταϊκών γεννητριών. Ειδικά κατά τις ώρες που η ηλιακή ακτινοβολία λαμβάνει μεγάλες τιμές, εάν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σκιάζουν το ένα το άλλο, υπάρχει μεγάλη πτώση στην απόδοση του συστήματος.

Έτσι, οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες πρέπει να τοποθετούνται σε παράλληλες σειρές, με περίπου νότιο προσανατολισμό, και σε απόσταση μεταξύ τους τέτοια που να περιορίζεται η σκίαση στις πολύ πρώτες πρωινές ή τελευταίες απογευματινές ώρες. Η σκίαση που προκαλείται, και κατά συνέπεια η απόσταση που απαιτείται, είναι τόσο μεγαλύτερη όσο αυξάνει η γωνία τοποθέτησης των πλαισίων. Το φαινόμενο σκίασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι εντονότερο το χειμώνα, οπότε ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα και, ως εκ τούτου, η σκιά του κάθε πλαισίου εκτείνεται σε σημαντικό μήκος.



Σχήμα 5.4. Μία τυπική διάταξη φωτοβολταϊκού πάρκου

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες, όπως εξάλλου και τα φωτοβολταϊκά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται, παράγουν πάντοτε ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης και, ανάλογα με την εφαρμογή, αυτό είτε χρησιμοποιείται απευθείας ως έχει, είτε μετατρέπεται

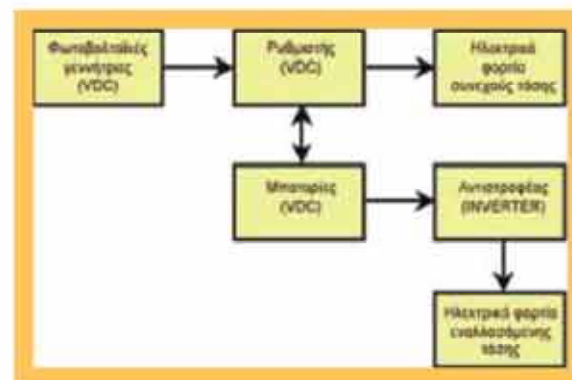
σε ρεύμα εναλλασσόμενης τάσης. Ανεξάρτητα, όμως, από την εφαρμογή, οι γεννήτριες συνδυάζονται και με άλλες κύριες ή βοηθητικές ηλεκτρονικές συσκευές, σχηματίζοντας τα λεγόμενα φωτοβολταϊκά συστήματα. Ο κύριος διαχωρισμός των συστημάτων αυτών είναι σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα.

5.3.1 Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα - Λειτουργία

Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι κατάλληλα για εφαρμογές που δεν είναι συνδεδεμένες με το κεντρικό δίκτυο και βρίσκονται εγκατεστημένες κυρίως σε απομακρυσμένες ή απομονωμένες περιοχές. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αυτά καταναλώνεται εξ ολοκλήρου από το χρήστη, ενώ, στη συντριπτική τους πλειοψηφία, τα συστήματα αυτά διαθέτουν και διατάξεις αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Συνηθέστερα ηλεκτροδοτούν ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές που λειτουργούν με συνεχή τάση, αν και είναι δυνατό, με την εγκατάσταση κατάλληλου μετατροπέα, να παρέχουν ηλεκτρική ισχύ και σε συσκευές που λειτουργούν με εναλλασσόμενη τάση.

Ένα τυπικό αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τα εξής κύρια υποσυστήματα, όπως αυτά παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.5:

- Τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες, οι οποίες μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία κατ' ευθείαν σε ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης.
- Τη διάταξη αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, που συνήθως είναι κάποια μπαταρία.
- Τον ηλεκτρονικό ρυθμιστή φόρτισης, ο οποίος προστατεύει τις μπαταρίες τόσο από έντονη φόρτιση όσο και από υπερβολική εκφόρτιση.
- Τον αντιστροφέα, ο οποίος μετατρέπει τη συνεχή τάση του παραγόμενου ρεύματος σε εναλλασσόμενη, εάν τα ηλεκτρικά φορτία απαιτούν κάτι τέτοιο.



Σχήμα 5.5. Διάγραμμα Αυτόνομου Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες έχουν τη δυνατότητα να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα από την ανατολή μέχρι τη δύση του ηλίου. Το συνεχούς τάσης παραγόμενο ρεύμα ηλεκτροδοτεί τα υφιστάμενα ηλεκτρικά φορτία, εφ' όσον αυτά λειτουργούν με συνεχή τάση, και, παράλληλα, φορτίζει τις μπαταρίες, αποθηκεύεται δηλαδή με τη μορφή χημικής ενέργειας, κατά τρόπο ελεγχόμενο από το ρυθμιστή φόρτισης. Η αποθήκευση ενέργειας στις μπαταρίες γίνεται προκειμένου να υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύκτας ή, ακόμα, τις ημέρες κατά τις οποίες η ηλιοφάνεια είναι περιορισμένη και δεν επαρκεί για την κάλυψη των προβλεπόμενων αναγκών.

Ο ρόλος του ρυθμιστή φόρτισης στη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος είναι σημαντικός. Όταν οι μπαταρίες έχουν φορτιστεί αρκετά καλά, ο ρυθμιστής διακόπτει την παροχή ρεύματος προς αυτές αποσυνδέοντας τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες, τις οποίες και επανασυνδέει όταν οι μπαταρίες εκφορτιστούν κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο και δεν υφίσταται πλέον κίνδυνος υπερφόρτισής τους. Από την άλλη μεριά, εάν οι μπαταρίες εκφορτιστούν πάρα πολύ, π.χ. σε περιόδους παρατεταμένης συννεφιάς, ο ρυθμιστής αποκόπτει από αυτές τα ηλεκτρικά φορτία συνεχούς τάσης, παρέχοντάς τους προστασία από τον κίνδυνο υπερβολικής εκφόρτισής τους. Τα φορτία επανασυνδέονται όταν οι μπαταρίες φορτιστούν πάνω από κάποιο προκαθορισμένο όριο ασφαλείας.

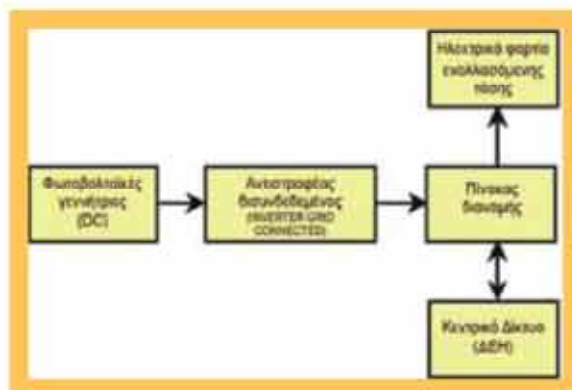
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ο ρυθμιστής φόρτισης, εκτός από την προστασία των μπαταριών, χρησιμεύει και ως κεντρικός πίνακας διακλαδωτής για τα φορτία συνεχούς τάσης, κατευθύνοντας το ηλεκτρικό ρεύμα είτε προς χρήση είτε προς αποθήκευση, ανάλογα με την κατάσταση και τις ανάγκες. Εάν τα ηλεκτρικά φορτία λειτουργούν με εναλλασσόμενη τάση, τότε είναι υποχρεωτική η σύνδεση στο σύστημα ενός αντιστροφέα, ο οποίος μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη. Αυτό γίνεται προκειμένου να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα συστήματα αυτά κοινές συσκευές του εμπορίου, η πλειοψηφία των οποίων λειτουργεί αποκλειστικά με εναλλασσόμενο ρεύμα.

5.3.2 Διασυνδεδεμένα Φωτοβολταϊκά Συστήματα - Λειτουργία

Τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι κατάλληλα για εφαρμογές όπου υπάρχει πρόσβαση σε κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, το οποίο και τροφοδοτούν με ενέργεια. Τα συστήματα αυτά δεν απαιτούν την ύπαρξη κάποιας διάταξης αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (δηλ. μπαταριών), με αποτέλεσμα να περιορίζεται τόσο το κόστος κατασκευής όσο και αυτό της λειτουργίας τους, καθώς δεν χρειάζονται αναλώσιμα υλικά. Μπορεί κανείς να θεωρήσει ότι, σ' αυτού του είδους τις εφαρμογές, ως "αποθήκη" ενέργειας χρησιμοποιείται το ίδιο το κεντρικό δίκτυο.

Ανάλογα με την εφαρμογή, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είτε αυτοκαταναλώνεται εν μέρει από το χρήστη και η πλεονάζουσα διοχετεύεται προς το κεντρικό δίκτυο, είτε αυτή παρέχεται (πωλείται) καθ' ολοκληρίαν στο δίκτυο. Ένα τυπικό διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες και τα ηλεκτρονικά διασύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.6 Με τον όρο ηλεκτρονικά διασύνδεσης εννοούνται κυρίως οι διασυνδεδεμένοι αντιστροφέες ή αντιστροφέες δικτύου.



Σχήμα 5.6. Διάγραμμα Διασυνδεδεμένου Φωτοβολταϊκού Συστήματος

5.4. Πλεονεκτήματα - Χαρακτηριστικά των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Τα βασικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία τα ξεχωρίζουν από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, αλλά ακόμα και από τις άλλες τεχνολογίες εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι ότι:

- Έχουν μηδενικό κόστος λειτουργίας, διότι δεν καταναλώνουν πρώτη ύλη.
- Μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία απ' ευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Δεν παράγουν υποπροϊόντα και δε μολύνουν το περιβάλλον, αλλά βρίσκονται σε πλήρη αρμονία με το οικοσύστημα. Επίσης, δεν προκαλούν ηχορύπανση, αφού η λειτουργία τους είναι εντελώς αθόρυβη.
- Είναι εύχρηστα.
- Δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον και μπορούν εύκολα να εγκατασταθούν μέσα σε πόλεις.
- Μπορούν να ενσωματωθούν στην αρχιτεκτονική του κτιρίου και να χρησιμοποιηθούν ακόμα και ως δομικά στοιχεία, μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής μιας εγκατάστασης.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας, π.χ. με ένα αιολικό πάρκο, σε υβριδικά συστήματα.
- Επεκτείνονται εύκολα και ανά πάσα στιγμή, για να καλύψουν κάποια αύξηση των αναγκών σε ενέργεια των χρηστών.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μεγάλη αξιοπιστία.
- Έχουν πρακτικά μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης.
- Παρέχουν πλήρη ενεργειακή ανεξαρτησία στο χρήστη, όπου και αν βρίσκεται αυτός. Μπορούν έτσι να εγκατασταθούν σε δυσπρόσιτες περιοχές ή όπου δεν είναι δυνατό, ή/και οικονομικά συμφέρον, να φτάσει το ηλεκτρικό δίκτυο.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα αποκεντρωμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

5.5. Εφαρμογές των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα, λόγω των προαναφερθέντων πλεονεκτημάτων τους, βρίσκουν πάρα πολλές εφαρμογές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν παντού, όπου απαιτείται η παραγωγή

ηλεκτρικής ενέργειας. Η τεχνολογία τους έχει ωριμάσει αρκετά και μπορούν να εξυπηρετούν και τα πλέον απαιτητικά ηλεκτρικά φορτία, χωρίς κανένα πρόβλημα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα δίνουν αξιόπιστες και ικανοποιητικές λύσεις στο πρόβλημα του ηλεκτρισμού εκεί όπου δεν υπάρχει ηλεκτρική ενέργεια ή η μεταφορά της συνεπάγεται μεγάλο κόστος ή, ακόμα, εκεί όπου είναι αδύνατον να εγκατασταθεί άλλη πηγή ενέργειας. Τέλος, τα συστήματα αυτά είναι σκόπιμο να εγκαθίστανται εκεί όπου απαιτείται υψηλή αξιοπιστία, καθώς και ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων για συντήρηση και επίβλεψη.

Γεγονός, όμως, είναι ότι το υψηλό κόστος που, προς το παρόν, απαιτείται για την αγορά και την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, έχει περιορίσει μέχρι σήμερα τη χρήση τους σε ειδικές εφαρμογές, που χαρακτηρίζονται συνήθως από:

- Μικρές ενεργειακές απαιτήσεις.
- Αδυναμία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από άλλη πηγή.
- Απαιτήσεις μεγάλης αξιοπιστίας.
- Επιθυμία ελάχιστης συντήρησης και παρακολούθησης.

Σε εφαρμογές που παρουσιάζουν κάποια από, ή και όλα, τα παραπάνω χαρακτηριστικά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα γνωρίζουν σημαντική εξάπλωση.

Έτσι, οι πιο ευρέως διαδεδομένες εφαρμογές τους είναι ορισμένες συσκευές χειρός, όπως π.χ. φανοί, ρολόγια, ηλεκτρονικά παιχνίδια, αριθμητικές μηχανές κ.ά., που συχνά τροφοδοτούνται από φωτοβολταϊκά στοιχεία και ενεργοποιούνται με τη βοήθεια του φωτός, αντί να καλύπτουν τις ανάγκες τους με μπαταρίες. Επίσης, σε τροχόσπιτα και σκάφη αναψυχής, σε αγροτικές ή εξοχικές κατοικίες, καθώς και σε μικρά ή/και απομονωμένα, ως επί το πλείστον, ξενοδοχεία χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκά συστήματα, προκειμένου να αποφευχθεί η εξάρτηση από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο.

Εξάλλου, τέτοια φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται και σε ορεινά καταφύγια, παρατηρητήρια δασοπυρόσβεσης, τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς ή/και σε φάρους

ναυπλίας (Σχ. 5.7), εξαιτίας της αδυναμίας πρόσβασής τους στο κεντρικό δίκτυο,



Σχήμα 5.7. Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα τηλεπικοινωνιών στο όρος Δίρφη

Ακόμα και μέσα στην πόλη, όμως, φωτοβολταϊκά συστήματα μικρού μεγέθους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ηλεκτροδότηση τηλεφωνικών θαλάμων, μηχανημάτων εκδόσεως εισιτηρίων, ηλεκτρονικών πινακίδων πληροφοριών, καθώς επίσης για το φωτισμό οδών και, γενικότερα εξωτερικών χώρων διαφόρων ειδών. Επίσης, με τη βοήθεια φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι δυνατό να ηλεκτροδοτηθούν συστήματα φωτεινής σηματοδότησης της κυκλοφορίας, αλλά και προληπτικής ή προειδοποιητικής σήμανσης, που τοποθετούνται όταν π.χ. γίνονται έργα ή υπάρχει μεγάλη κυκλοφορία σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο.

Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να εξυπηρετήσουν άριστα μεμονωμένες κατοικίες ή μεγαλύτερες μονάδες, όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, σχολεία, κλπ. Παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι μία κατοικία στις Μαργαρίτες Ρεθύμνου, όπου το φωτοβολταϊκό σύστημα, ισχύος 1000 W περίπου που εγκαταστάθηκε το 1992, ηλεκτροδοτεί όλες σχεδόν τις εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές.

Πιο πρόσφατα, τον Ιούνιο του 1996, εγκαταστάθηκε ένα ανάλογο, αλλά αρκετά μεγαλύτερο, φωτοβολταϊκό σύστημα στο ξενοδοχείο Eounda Island Villas (Σχ. 5.8). Το εν λόγω σύστημα, ισχύος 6.500 W, εξυπηρετεί όλες τις ανάγκες ηλεκτροδότησης του δυναμικότητας 50 κλινών ξενοδοχείου.



Σχήμα 5.8. Το φωτοβολταϊκό σύστημα του ξενοδοχείου Eiounda Island Villas.

γωγό ή διοχετεύεται στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο ή συμβαίνουν και τα δύο παράλληλα, ανάλογα με τις ανάγκες. Στην Ελλάδα, η πρώτη και σημαντικότερη τέτοια εγκατάσταση έχει γίνει από τη ΔΕΗ στην Κύθνο (Σχ. 5.10). Το φωτοβολταϊκό πάρκο που εγκαταστάθηκε εκεί σχεδιάστηκε ώστε να λειτουργεί σε συνδυασμό με ένα αιολικό πάρκο, που έχει επίσης εγκαταστήσει η ΔΕΗ στο νησί, και τον υπάρχοντα συμβατικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό τη μείωση της ποσότητας ρεύματος που παράγεται από ορυκτά καύσιμα.



Σχήμα 5.10. Το φωτοβολταϊκό πάρκο της ΔΕΗ στην Κύθνο

Η ηλιακή γεννήτρια του φωτοβολταϊκού σταθμού της Κύθνου, που έχει μέγιστη δυνατότητα εξόδου 100 kWp (ο δείκτης "p" σημαίνει "πικ", αναφέρεται δε σε τιμή αιχμής).

Άλλη μία σημαντική εγκατάσταση είναι αυτή της Σίφνου (Σχ. 5.11). Το 2000 εγκαταστάθηκε στη Σίφνο φωτοβολταϊκό πάρκο εγκατεστημένης ισχύος 60kWp συνδεδεμένο στο τοπικό δίκτυο με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 100.000 kWh. Χρησιμοποιήθηκαν Φ/Β συλλέκτες πολυκρυσταλλικού πυριτίου.



Σχήμα 5.11. Το φωτοβολταϊκό πάρκο της Σίφνου



Σχήμα 5.9. Ο παραδοσιακός οικισμός στον Άσπρο Ποταμό Κρήτης (αριστερά) και άποψη του φωτοβολταϊκού συστήματος (δεξιά).

Η σημαντικότερη, βέβαια, χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων αφορά τη λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους, όπου το ηλεκτρικό ρεύμα αυτοκαταναλώνεται από τον παρα-

Τέλος στις εγκαταστάσεις του ΚΑΠΕ τοποθετήθηκε Φ/Β σύστημα ισχύος 40kWp το Νοέμβριο του 2003 (Σχ. 5.12).



Σχήμα 5.12. Το φωτοβολταϊκό σύστημα του ΚΑΠΕ.

5.6. Προοπτικές

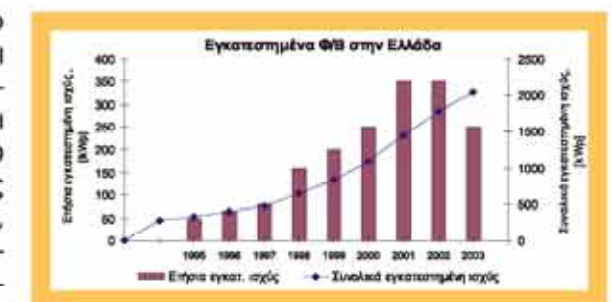
Το βασικότερο μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων σήμερα, το οποίο αποτελεί τροχοπέδη για την επέκταση της χρήσης τους σε ευρεία κλίμακα, θεωρείται το υψηλό κόστος κτήσης τους, δηλαδή το σχετικά μεγάλο κεφάλαιο που απαιτείται να επενδυθεί για την αγορά των συστημάτων αυτού του είδους, με συνακόλουθα μεγάλο διάστημα απόσβεσης της σχετικής επένδυσης, έναντι της χρήσης των συμβατικών μορφών ενέργειας. Αν και το κόστος εγκατάστασης των διάφορων φωτοβολταϊκών συστημάτων μειώνεται με ταχύ ρυθμό, δεν έχει ακόμα φτάσει σε επίπεδα τέτοια που να είναι βραχυπρόθεσμα ανταγωνιστικό άλλων, συμβατικών κυρίως, τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας.

Δεν είναι, όμως, απολύτως ορθό και δίκαιο η φωτοβολταϊκή τεχνολογία, όπως και οι άλλες τεχνολογίες εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, να συγκρίνεται μόνο από την άποψη του οικονομικού οφέλους του επενδυτή με τις συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας. Πρέπει, παράλληλα, κατά τις συγκρίσεις να λαμβάνονται υπ' όψη οι ιδιαιτερότητες των εφαρμογών που μπορεί αυτή να έχει, καθώς και το περιβαλλοντικό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή της, το οποίο, αν και δεν υπάρχει ακριβής τρόπος αποτίμησής του, αποτελεί σπουδαίο παράγοντα στις μέρες μας.

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η Ελλάδα είναι μία από τις πιο ευνοημένες χώρες του πλανήτη από πλευράς ηλιοφάνειας και παρουσιάζει ευνοϊκότερες προϋποθέσεις για τη χρήση και την ευρεία διάδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Λόγω της μορφολογίας της, υπάρχουν περιοχές, τόσο στην ηπειρωτική όσο και στη νησιωτική χώρα, όπου η εγκατάσταση συστημάτων αυτού του είδους είναι η πλέον ανταγωνιστική οικονομικά λύση, ακόμα και με τα σημερινά δεδομένα. Για το λόγο αυτό, έχουν ήδη εγκατασταθεί και λειτουργούν αρκετά φωτοβολταϊκά συστήματα σε διάφορες εφαρμογές, για τις οποίες αποτελούν τις πιο ενδεδειγμένες τεχνικά και οικονομικά λύσεις (Σχ 5.13). Η περαιτέρω ανάπτυξη και αξιοποίηση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, η οποία είναι μία από τις πλέον "καθαρές" τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας, ακόμα και σε σχέση με τις τεχνολογίες εκμετάλλευσης των άλλων μορφών των Α.Π.Ε., είναι βέβαιο ότι θα συμβάλλει σημαντικά στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, μειώνοντας την εξάρτηση από το εισαγόμενο πετρέλαιο και ενισχύοντας την ασφάλεια του ενεργειακού ανεφοδιασμού. Παράλληλα, θα συντελέσει κατά πολύ στην προστασία του περιβάλλοντος και στην αξιοποίηση των τοπικών ενεργειακών πόρων, με αντίστοιχες ευεργετικές επιπτώσεις στην τοπική ανάπτυξη (πραγματοποίηση επενδύσεων με μακρύ χρονικό ορίζοντα, δημιουργία νέων θέσεων εργασίας σε τοπικό επίπεδο, ενεργειακή αποκέντρωση κλπ.).



Σχήμα 5.13. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των Φ/Β στην Ελλάδα

ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

6.1. Εισαγωγή

6.1.1. Βασική αρχή

Σχεδόν το ένα τέταρτο της ηλιακής ενέργειας που καταφθάνει στην επιφάνεια της γης προκαλεί την εξάτμιση του νερού από τις θάλασσες, τις λίμνες και τους νερόλακκους. Μέρος της ενέργειας αυτής χρησιμοποιείται για την ανύψωση των υδρατμών στην ατμόσφαιρα (έναντι στη βαρυτική έλξη της γης), όπου τελικά υγροποιείται και σχηματίζεται βροχή ή χιόνι. Όταν βρέχει στους λόφους ή χιονίζει στα βουνά, ένα μικρό ποσοστό της εισαγόμενης ηλιακής ενέργειας παραμένει αποθηκευμένο. Έτσι, σε οποιοδήποτε ύψος επάνω από τη στάθμη της θάλασσας το νερό αντιπροσωπεύει αποθηκευμένη "βαρυτική" ενέργεια.

Η ενέργεια αυτή διαχέεται στη φύση από δίνες και ρεύματα, καθώς το νερό ρέει καταφορικά σε ρυάκια, χείμαρρους και ποτάμια μέχρι να φτάσει στη θάλασσα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αποθηκευμένου νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που περιέχει. Έτσι, το αποθηκευμένο νερό σ' έναν ταμιευτήρα πίσω από ένα φράγμα περιέχει σημαντική "δυναμική" ενέργεια καθώς, δοθείσης της ευκαιρίας, εάν σπάσει το φράγμα θα διαρρεύσει πολύ γρήγορα ο μεγάλος αυτός όγκος του νερού. Αυτό θα προκαλέσει όλεθρο στο κατόπι του, ως αποτέλεσμα της απότομης απελευθέρωσης ενός μεγάλου ποσού ενέργειας.

Για την απόληψη αυτής της ενέργειας σε μια ελεγχόμενη μορφή, μπορεί να εκτραπεί ένα μέρος ή όλο το νερό ενός φυσικού υδάτινου διαύλου σ' ένα σωλήνα. Στη συνέχεια, μπορεί να οδηγηθεί ως ρεύμα νερού υπό πίεση σε ένα υδροτροχό ή στροβιλοτροχό, έτσι ώστε το νερό που προσπίπτει στα πτερύγια να προκαλεί την περιστροφή του τροχού και την παραγωγή μηχανικής ενέρ-

γιας. Στους νερόμυλους, μεγάλοι ξύλινοι υδροτροχοί περιστρέφονται αργά ώστε να στρέφουν τις μυλόπετρες για το άλεσμα του σιταριού. Παρόμοιες αρχές χρησιμοποιήθηκαν για την άντληση νερού, την κοπή ξύλων και την οδήγηση απλών μηχανών σε εργοστάσια. Σήμερα, ένας σύγχρονος στρόβιλος συνδέεται σε μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία στη συνέχεια μεταδίδεται στο σημείο όπου υπάρχει ζήτηση αυτής.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η μεγαλύτερη και πιο ώριμη εφαρμογή ανανεώσιμης ενέργειας, με περίπου 700.000 MW εγκατεστημένης ισχύος, τα οποία παρήγαγαν το 2004 πάνω από το 16% της ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως (2803 TWh). Στην Ευρώπη των 25, τα υδροηλεκτρικά συνεισέφεραν 326 TWh ηλεκτρικής ενέργειας το 2004, ή το 11% περίπου της ηλεκτρικής ενέργειας (αποφεύγοντας με τον τρόπο αυτό την εκπομπή περίπου 40 εκατομ. τόνων CO₂ ετησίως). Παρά το μεγάλο υφιστάμενο υδροηλεκτρικό δυναμικό, υπάρχουν ακόμη περιθώρια για περαιτέρω ανάπτυξη καθώς, σύμφωνα με τις περισσότερες εκτιμήσεις, η παρούσα εκμετάλλευση αφορά μόνο το 10% περίπου του συνολικού παγκόσμιου βιώσιμου υδροδυναμικού.

6.1.2 Διάκριση των Υδροηλεκτρικών

Στη συνέχεια περιγράφονται τα Μικράς κλίμακας Υδροηλεκτρικά Συστήματα (ΜΥΗΣ), εφόσον τα μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικά εν γένει δεν θεωρούνται ως συστήματα αξιοποίησης των ΑΠΕ. Γενικά, υπάρχει η αντίληψη ότι τα μεγάλα φράγματα μεταβάλλουν το οικοσύστημα, αφού εγκαθίστανται σε περιοχές φυσικών ρευμάτων και μειώνουν το οξυγόνο του νερού. Οι ταμιευτήρες είναι λίμνες αδρανούς ή λιμνάζοντος ύδατος, οπότε είναι αφιλόξενοι για τα ενδημικά είδη ψαριών. Κατάντη προκαλούν

εναλλασσόμενες περιόδους λειψυδρίας ακολουθούμενες από ορμητικούς κυματισμούς που διαβρώνουν το έδαφος και τη βλάστηση.

Τα ΜΥΗΣ είναι κυρίως "συνεχούς ροής", δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή νερού και επομένως δεν απαιτείται η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων, αν και όπου αυτά υπάρχουν ήδη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα είναι επιβλητικά. Δεν υφίσταται κάποια γενική διεθνής παραδοχή για τον ορισμό των ΜΥΗΣ, το ανώτερο όριο των οποίων ποικίλλει μεταξύ 2.5 και 25 MW σε διάφορες χώρες, αλλά γίνεται γενικώς αποδεκτή η τιμή των 10 MW, όπως συμβαίνει με την Ευρωπαϊκή Εταιρεία Μικρών Υδροηλεκτρικών (ESHA).

Στα επόμενα, όπου γίνεται αναφορά σε ΜΥΗΣ θα εννοείται κάθε υδροηλεκτρικό σύστημα με ονομαστική ισχύ 10 MW ή μικρότερη. Αυτά μπορούν να υποδιαιρεθούν περαιτέρω σε "μίνι υδροηλεκτρικά", συνήθως οριζόμενα ως τα συστήματα εκείνα με ισχύ <500 kW, και σε "μικρο-υδροηλεκτρικά", για τα σχήματα δυναμικού <100 kW. Όποιος ορισμός και αν χρησιμοποιηθεί για το μέγεθος, τα ΜΥΗΣ αποτελούν μια από τις πιο ήπιες προς το περιβάλλον μορφές παραγωγής ενέργειας, βασιζόμενα στη χρήση μιας μη ρυπαγόνου ανανεώσιμης πηγής και απαιτώντας μικρές επεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο.

Σε αντίθεση με κάποιες άλλες από τις τεχνολογίες ΑΠΕ, τα ΜΥΗΣ μπορούν γενικά να παράγουν ένα ποσό ηλεκτρισμού σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή ανάλογα με τη ζήτηση (δηλ. δεν απαιτούν συστήματα αποθήκευσης ή εφεδρείας), τουλάχιστον στις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες υφίσταται επαρκής ροή νερού, και σε κόστος πολλές φορές ανταγωνιστικό των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι, ένας τυπικός ΜΥΗΣ των 5 MW υποκαθιστά 1400 τόνους/έτος ορυκτού καυσίμου, αποτρέπει την εκπομπή 16.000 τόνων CO₂ και πάνω από 100 τόνων SO₂ ανά έτος, ενώ καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρισμό περισσότερων από 5.000 οικογενειών.

ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

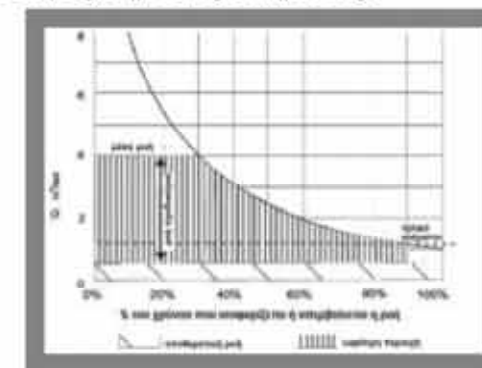
6.2. Ο Υδάτινος πόρος και το δυναμικό του

6.2.1. Υδρολογία

Το ουσιαστικό προαπαιτούμενο για την υδροηλεκτρική παραγωγή είναι ένα ρεύμα με ένα συνδυασμό επαρκούς παροχής και ύψους πτώσης, όπως ονομάζεται η κάθετη απόσταση της υδατόπτωσης για ηλεκτροπαραγωγή. Η ισχύς που παράγεται είναι ανάλογη του γινομένου αυτών των δύο μεταβλητών. Η παροχή, επηρεάζεται από τις βροχοπτώσεις, τη φύση του εδάφους, την κάλυψη της βλάστησης, την θερμοκρασία και τη διάρθρωση της χρήσης των γαιών στην περιοχή απορροής.

Στην πραγματικότητα, η μέτρηση της παροχής σε ένα σημείο κάθε φορά έχει μικρή χρησιμότητα, αφού η παροχή αυτή δεν θα είναι αντιπροσωπευτική της διαθέσιμης τον περισσότερο χρόνο παροχής. Έτσι, στη μελέτη οποιουδήποτε υδροηλεκτρικού έργου εμπλέκεται η επιστήμη της υδρολογίας, δηλαδή η μελέτη της βροχόπτωσης και της ροής των ρευμάτων, η μέτρηση των λεκανών και των επιφανειών απορροής, της ικανότητας εξάτμισης και της επιφανειακής γεωλογίας, παράγοντες οι οποίοι στο σύνολό τους επηρεάζουν την ποσότητα της ροής και τη μεταβλητότητά της.

Το πρώτο ουσιαστικό βήμα για τη διαμόρφωση ενός ΜΥΗΣ είναι η εύρεση στοιχείων για την βροχόπτωση και τη ροή του ρεύματος στη συγκεκριμένη λεκάνη απορροής για όσο το δυνατό μεγαλύτερη χρονική περίοδο. Στοιχεία σχετικά με τα επιφανειακά ύδατα και τη βροχόπτωση συλλέγονται σε κάθε χώρα και δημοσιεύονται ετησίως, αν και συχνά με σημαντική καθυστέρηση, από μία ή περισσότερες δημόσιες υπηρεσίες.



Σχήμα 6.1. Τυπική καμπύλη διάρκειας της ροής (ΚΔΡ) [Πηγή: Βιβλ., Μικρά Υδροηλεκτρικά, 1]

Με τη βοήθεια ενός υδρογραφήματος που παρέχεται από την αρμόδια υπηρεσία, μπορεί να εξαχθεί μια καμπύλη διάρκειας της ροής (ΚΔΡ), όπως αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 6.1, με την κατάταξη των δεδομένων κατά μέγεθος αντί χρονολογικά. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να εκτιμηθεί το δυναμικό της θέσης.

6.2.2. Επιλογή θέσης και βασική διαμόρφωση

Δεδομένου ότι αναγκαίες απαιτήσεις για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι οι επαρκείς τιμές ύψους πτώσης και παροχής, η επιλογή της θέσης καθορίζεται από την ύπαρξη και των δύο αυτών χαρακτηριστικών. Γενικά, είναι δύσκολο να καθοριστεί μια σαφής διαδικασία για την επιλογή μιας θέσης. Μια προκαταρκτική μελέτη θα πρέπει να περιλάβει τον καθορισμό του δυναμικού παραγωγής, την εκτίμηση της παραγόμενης ισχύος, την αναγνώριση των απαιτούμενων εργασιών στο χώρο, τον προσδιορισμό των κρίσιμων ζητημάτων (περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί περιορισμοί), και μια προκαταρκτική μελέτη της οικονομικής βιωσιμότητας.

Τα ΜΥΗΣ μπορούν να είναι είτε μεγάλου είτε μικρού ύψους πτώσης, ανάλογα με τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της διαθέσιμης θέσης. Οι θέσεις μεγάλου ύψους πτώσης γενικά κοστίζουν λιγότερο για την ανάπτυξή τους από τις θέσεις μικρού ύψους πτώσης, αφού για την ίδια παραγωγή ισχύος η ροή μέσω του στρόβιλου και οι σχετικές υδραυλικές κατασκευές θα είναι μικρότερες. Σ' έναν ποταμό με μια απότομη σχετικά κλίση σ' ένα μέρος του ρου του, μπορεί να αξιοποιηθεί η υψομετρική διαφορά εκτρέποντας το σύνολο ή μέρος της ροής, και επιστρέφοντάς το στον ποταμό αφότου διέλθει από το στρόβιλο. Το νερό μπορεί να μεταφερθεί από την υδροληψία απευθείας στο στρόβιλο μέσω ενός σωλήνα κατάθλιψης.

Μία φθηνότερη εναλλακτική λύση παρουσιάζεται στο σχήμα 6.2. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει ένα φράγμα ή έναν υδροφράκτη, ένα στόμιο εισόδου από τον ποταμό, και ένα ισουΐμης ανοικτό κανάλι που εκτείνεται

κατά μήκος της κοιλάδας του ποταμού καταλήγοντας σε μία περιοχή υδροληψίας, από όπου ένας σωλήνας κατάθλιψης άγει το νερό στο στρόβιλο στο σταθμό ισχύος.

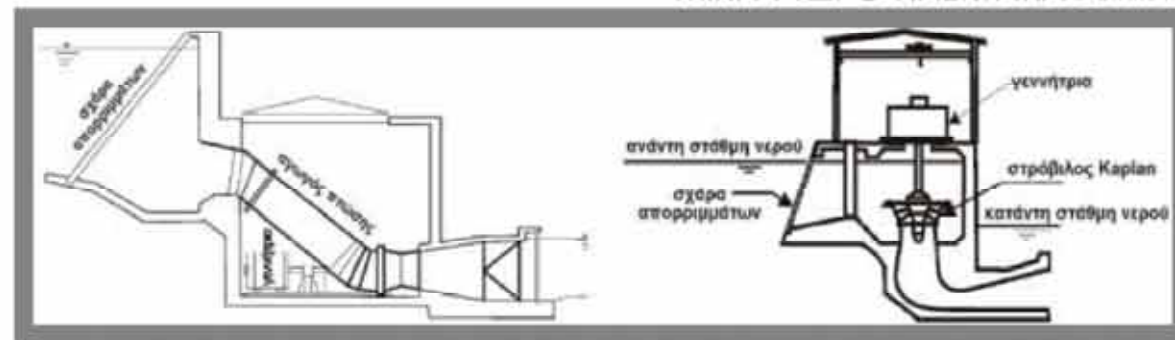
Εάν τα τοπογραφικά ή τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του εδάφους είναι δυσμενή, το ανοικτό κανάλι μπορεί να μην αποτελεί την καλύτερη λύση. Σ' αυτές τις συνθήκες, ένας σωλήνας υποπίεσης, αν και συνήθως ακριβότερος, μπορεί να αποτελέσει μια οικονομικότερη λύση.



Σχήμα 6.2. Παράσταση ενός ΜΥΗ μεγάλου ύψους πτώσης

Σε έργα μικρού ύψους πτώσης είναι δυνατές δύο διατάξεις. Η μία χρησιμοποιεί έναν υδροφράκτη εκτροπής και η δομή της (σχήμα 6.3 - αριστερά) είναι παρόμοια με την προαναφερθείσα για τα μεγάλα ύψη πτώσης, παρόλο που το κανάλι είναι συνήθως μικρού μήκους όπως και ο αγωγός πτώσης (ή δεν υπάρχει καθόλου). Η άλλη διάταξη περιλαμβάνει ένα φράγμα με ενσωματωμένο στόμιο εισόδου και σταθμό ισχύος (σχήμα 6.3 - δεξιά).

Μια άλλη δυνατότητα είναι να εγκατασταθεί ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής σε ένα υπάρχον συμβατικό φράγμα που έχει κατασκευαστεί για άλλες χρήσεις (άρδευση, έλεγχος ροής, κλπ). Το νερό εισάγεται στο στρόβιλο μέσω του προκατασκευασμένου ως ενιαίο τμήμα της δομής του φράγματος αγωγού πτώσης ή, εάν το φράγμα δεν είναι πολύ υψηλό, μέσω ενός σιφωνικού στομίου εισόδου. Στη δεύτερη περίπτωση, ο αγωγός



Σχήμα 6.3. Διατάξεις μικρών υδροηλεκτρικών χαμηλού ύψους πτώσης [Πηγή: Βιβλ., Μικρά Υδροηλεκτρικά, 1]

πτώσης φέρεται επάνω από το φράγμα πριν πάρει κλίση προς τον στρόβιλο, ο οποίος μπορεί να εδράζεται είτε στην κορυφή του φράγματος είτε, συννηθέστερα, στην κατάντη πλευρά. Στις περισσότερες σιφωνικές εγκαταστάσεις το ύψος πτώσης κυμαίνεται από 1,8 έως 11 m.

6.3. Έργα Πολιτικού Μηχανικού

Μόλις επιλεγεί η περιοχή και αποφασιστεί η βασική διάταξη, είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί με λεπτομέρεια το έργο. Στη συνέχεια περιγράφεται η λειτουργία όλων των βασικών συστατικών ενός ΜΥΗΣ και παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να σχεδιαστούν.

6.3.1. Φράγματα και υδροφράκτες

Τα φράγματα αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των ΥΗΣ μεγάλης κλίμακας και χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν το διαθέσιμο ύψος πτώσης ή/και για να δημιουργήσουν μια δεξαμενή αποθήκευσης νερού. Όταν το έδαφος είναι σχετικά επίπεδο, ένα φράγμα που ανυψώνει τη στάθμη του νερού πίσω από αυτό μπορεί να παράσχει επαρκές ύψος πτώσης για την παραγωγή της απαιτούμενης ισχύος. Ένα φράγμα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση νερού σε περιόδους υψηλής ροής και τη διάθεσή του σε περιόδους χαμηλής ροής. Λόγω του μεγάλου κόστους κατασκευής τους, στα σχήματα μικρής κλίμακας σπανίως χρησιμοποιούνται φράγματα. Στα σχήματα εκτροπής, ένας υδροφράκτης από σκυρόδεμα ή λιθοδομή με στέψη ένα μέτρο ή περισσότερο επάνω από την κοίτη του ποταμού αρκεί για τη δημιουργία ενός επαρκούς βάθους νερού στο στόμιο εισόδου του καναλιού ή της σωλήνωσης (βλ. σχήμα 6.4).



Σχήμα 6.4. Υδροφράκτης ενός μικρού υδροηλεκτρικού σχήματος εκτροπής [Πηγή: Βιβλ., Μικρά Υδροηλεκτρικά, 1]

6.3.2. Στόμια εισόδου

Η λειτουργία του στομίου εισόδου είναι να κατευθύνει υπό ελεγχόμενες συνθήκες το νερό στον αγωγό πτώσης ή το κανάλι παραγωγής. Το στόμιο εισόδου λειτουργεί ως μετάβαση μεταξύ ενός ρεύματος, που μπορεί να είναι από ένα ρυάκι μέχρι ένας ορμητικός χειμάρρος, και μιας ελεγχόμενης ως προς την ποιότητα και την ποσότητα ροής νερού.

Μία από τις βασικές λειτουργίες του στομίου εισόδου είναι η ελαχιστοποίηση της ποσότητας των φερτών υλών και ιζημάτων που μεταφέρονται από το εισερχόμενο νερό, οπότε στην είσοδο του στομίου τοποθετούνται σχάρες για την αποτροπή της εισόδου πλωτών φερτών υλών και μεγάλων λίθων. Στα στόμια εισόδου ποταμών που περιέχουν μεγάλα ποσά φερτών υλών συνήθως προτιμάται η χρήση μηχανικών χτενιών (σχήμα 6.5).



Σχήμα 6.5. Μηχανικό χτένι στο στόμιο εισόδου ενός μικρού υδροηλεκτρικού [Πηγή: Βιβλ., Μικρά Υδροηλεκτρικά, 1]

απαγωγής επηρεάζει τη λειτουργία ενός στροβίλου αντίδρασης, ειδικότερα την απαρχή της σπηλαιώσης, ενώ καθορίζει και το διαθέσιμο καθαρό ύψος πτώσης, οπότε μπορεί να έχει καταλυτική επίδραση στα οικονομικά αποτελέσματα των συστημάτων μικρού ύψους πτώσης. Πρέπει να εξασφαλιστεί ότι, κατά τη διάρκεια σχετικά υψηλών παροχών, το νερό στο αυλάκι απαγωγής δεν θα ανέλθει τόσο ώστε να παρεμποδίσει τον δρομέα του στροβίλου.

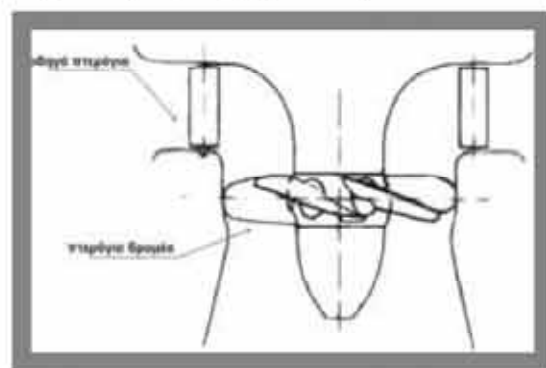
6.4. Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός

6.4.1. Υδροστρόβιλοι

Ένας υδροστρόβιλος είναι μια περιστρεφόμενη μηχανή που μετατρέπει τη δυναμική ενέργεια του νερού σε μηχανική ενέργεια. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι στροβίλων, γνωστοί ως στρόβιλοι "ώσης" και "αντίδρασης". Ο "στρόβιλος ώσης" μετατρέπει την δυναμική ενέργεια του νερού σε κινητική ενέργεια μιας δέσμης νερού η οποία εκρέει από ένα ακροφύσιο και προσπίπτει επάνω στους κάδους ή τα πτερύγια του δρομέα. Ο "στρόβιλος αντίδρασης" χρησιμοποιεί την πίεση αλλά και την ταχύτητα του νερού για να αναπτύξει μηχανική ισχύ. Ο δρομέας κατακλύζεται πλήρως και τόσο η πίεση όσο και η ταχύτητα μειώνονται από την είσοδο προς την έξοδο.

Οι περισσότεροι υφιστάμενοι υδροστρόβιλοι μπορούν να ταξινομηθούν ως:

- Τύπου Karlan ή έλικας: είναι στρόβιλοι αντίδρασης αξονικής ροής που γενικά χρησιμοποιούνται για μικρά ύψη πτώσης (συνήθως κάτω από 16 m). Ο στρόβιλος Karlan έχει ρυθμιζόμενα πτερύγια δρομέα και μπορεί να διαθέτει ή όχι ρυθμιζόμενα οδηγά πτερύγια (σχήμα 6.6).



Σχήμα 6.6. Στρόβιλος τύπου Karlan

6.3.3. Κανάλια

Από το στόμιο εισόδου το νερό μεταφέρεται είτε κατευθείαν στο στρόβιλο μέσω ενός σωλήνα κατάθλιψης είτε με ένα κανάλι. Μπορεί να παρουσιαστούν εμπόδια κατά μήκος της ευθείας του καναλιού και για να παρακαμφθούν θα πρέπει αυτό να διέλθει πάνω, γύρω ή κάτω από αυτά. Στο τέλος του καναλιού, αμέσως πριν από την είσοδο του αγωγού πτώσης, είναι η περιοχή υδροληψίας. Αυτή συνήθως προσφέρει επαρκή αποταμίευση για την παροχή του πρόσθετου όγκου νερού που απαιτείται κατά την εκκίνηση του στροβίλου. Περιλαμβάνει έναν υπερχειλιστή, ένα στόμιο αποστράγγισης, μια σχάρα απορριμάτων και έναν εξεριστήρα.

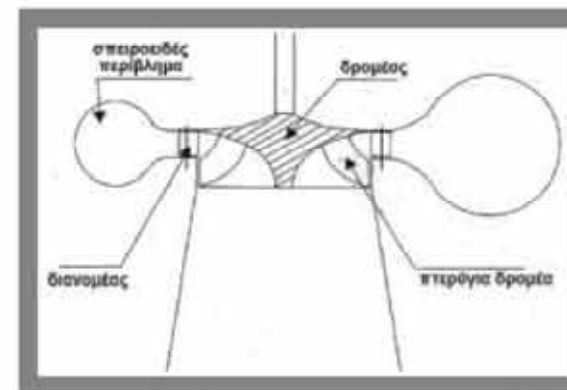
6.3.4. Αγωγοί πτώσης

Από τη περιοχή υδροληψίας το νερό μεταφέρεται στο στρόβιλο μέσω ενός σωλήνα κατάθλιψης ή ενός αγωγού πτώσης. Οι αγωγοί πτώσης μπορούν να εγκατασταθούν επάνω ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, ανάλογα με παράγοντες όπως είναι η φύση του εδάφους, το υλικό του αγωγού, οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος και οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Ένας αγωγός πτώσης χαρακτηρίζεται από τα υλικά, τη διάμετρό του, το πάχος του τοιχώματος και τον τύπο των αρμών.

6.3.5. Αυλάκια απαγωγής

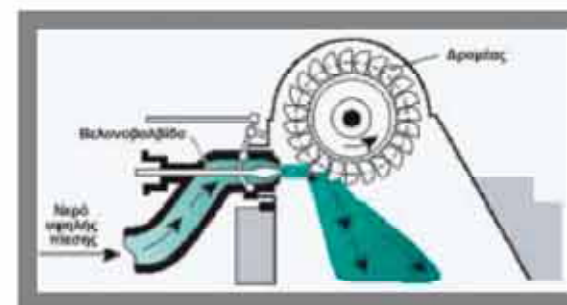
Αφού περάσει μέσα από το στρόβιλο το νερό επιστρέφει στον ποταμό μέσω ενός μικρού καναλιού που ονομάζεται αυλάκι απαγωγής. Η στάθμη του νερού στο αυλάκι

- Τύπου Francis: αυτοί είναι στρόβιλοι αντίδρασης ακτινικής ροής, με σταθερά πτερύγια δρομέα και ρυθμιζόμενα οδηγά πτερύγια, που χρησιμοποιούνται για μεσαία ύψη πτώσης. Η σχηματική παράσταση ενός στροβίλου αυτού του τύπου δίνεται στο σχήμα 6.7.



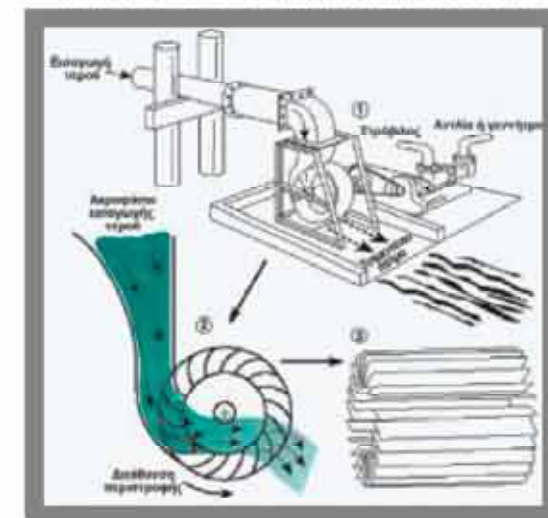
Σχήμα 6.7. Σχηματική παράσταση ενός στροβίλου Francis

- Τύπου Pelton: Αυτοί είναι στρόβιλοι ώσης που χρησιμοποιούνται για μεσαία και μεγάλα ύψη πτώσης. Στο σχήμα 6.8 απεικονίζεται ένας κατακόρυφος στρόβιλος Pelton.



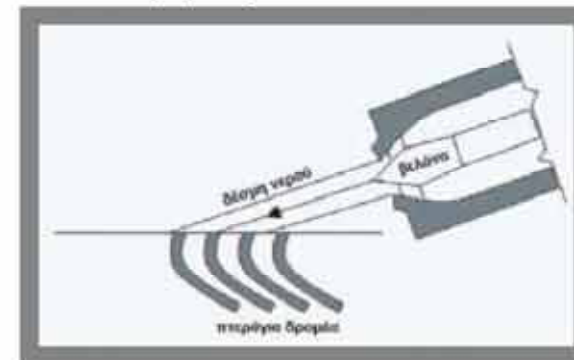
Σχήμα 6.8. Κατακόρυφος στρόβιλος Pelton [Πηγή: Energy-wise Renewables - 4, EECA, Οκτώβριος 1997]

Υπάρχουν και άλλοι υδροστρόβιλοι ώσης, όπως ο στρόβιλος εγκάρσιας ροής (σχήμα 6.9) που χρησιμοποιείται για ένα ευρύ φάσμα υψών πτώσης επικαλύπτοντας αυτά των στροβίλων Karlan, Francis και Pelton. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλος για ένα ρεύμα με μεγάλη παροχή και μικρό ύψος πτώσης.



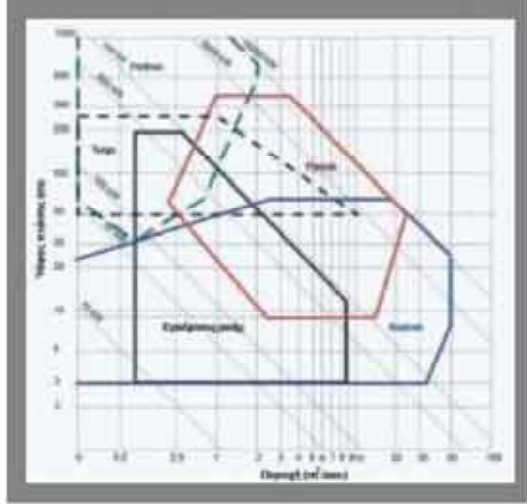
Σχήμα 6.9. (1) Ο στρόβιλος εγκάρσιας ροής, (2) Εγκάρσια τομή του στροβίλου, (3) Διάταξη των πτερυγίων του στροβίλου [Πηγή: Energy-wise Renewables - 4, EECA, Οκτώβριος 1997]

Στρόβιλος ώσης είναι και ο στρόβιλος τύπου Turgo, ο οποίος μπορεί να λειτουργεί σε ύψη πτώσης από 30 έως 300 m. Οι κάδοι του διαμορφώνονται διαφορετικά από του Pelton, και η δέσμη του νερού προσπίπτει στο επίπεδο του δρομέα υπό γωνία 20°. Το νερό εισέρχεται στο δρομέα από τη μια πλευρά του δίσκου του και εξέρχεται από την άλλη (σχήμα 6.10). Ένας στρόβιλος Turgo μπορεί να είναι κατάλληλος σε μεσαία ύψη πτώσης, όπου διαφορετικά θα χρησιμοποιούνταν στρόβιλος Francis.



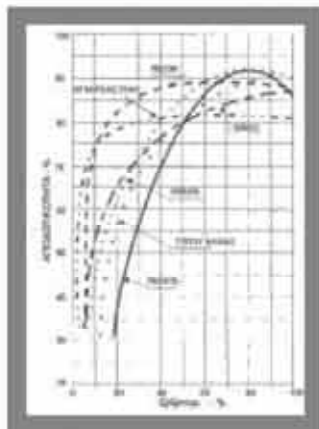
Σχήμα 6.10. Το πτερύγιο του δρομέα και η δέσμη του νερού σε ένα στρόβιλο Turgo [Πηγή: Βιβλ., Μικρά Υδροηλεκτρικά, 1]

Η επιλογή του τύπου, της γεωμετρίας και των διαστάσεων του στροβίλου εξαρτάται κυρίως από το ύψος πτώσης, την παροχή και την ταχύτητα του ρομέα. Στο σχήμα 6.11 απεικονίζονται τα εύρη λειτουργίας διάφορων τύπων στροβίλων συναρτήσει του ύψους πτώσης και της παροχής. Εν γένει, το ύψος πτώσης αποτελεί το πρώτο κριτήριο στη επιλογή του τύπου του προς εγκατάσταση στροβίλου.



Σχήμα 6.11. Εύρος λειτουργίας των διάφορων τύπων στροβίλων [Πηγή: Βιβλ., Μικρά Υδροηλεκτρικά, 1]

Για το ίδιο ύψος πτώσης, είναι δυσκολότερη η κατασκευή ορισμένων στροβίλων απ' ό,τι άλλων, συνεπώς είναι και ακριβότεροι. Για παράδειγμα, στα μικρά ύψη πτώσης, ένας σρόβιλος τύπου έλικας είναι φθηνότερος από ένα σρόβιλο Καρίαν που έχει σχεδιασθεί για την ίδια ονομαστική παροχή.



Σχήμα 6.12. Μέση αποδοτικότητα διάφορων τύπων στροβίλων [Πηγή: Βιβλ., Μικρά Υδροηλεκτρικά, 1]

Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.12, το οποίο παρουσιάζει τη μέση αποδοτικότητα για διάφορους τύπους στροβίλων, η αποδοτικότητα ελαττώνεται απότομα κάτω από ένα ορισμένο ποσοστό της ονομαστικής παροχής. Από την άποψη αυτή, ο καλύτερος σρόβιλος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω από το 1/6 της ονομαστικής παροχής του, ενώ πολλοί μπορούν να λειτουργήσουν μόνο επάνω από το 40% αυτής.

Το εύρος των παροχών που πρέπει να χρησιμοποιούνται, συνεπώς και η παραγωγή ισχύος, κυμαίνεται αναλόγως εάν:

- α) η εγκατάσταση πρέπει να παρέχει ηλεκτρισμό σ' ένα μικρό δίκτυο, ή
- β) ο σταθμός έχει σχεδιαστεί για να συνδεθεί με ένα μεγάλο δίκτυο διανομής.

Στην πρώτη περίπτωση, πρέπει να επιλεγεί μια παροχή που να επιτρέπει την παραγωγή ηλεκτρισμού σχεδόν καθ' όλο το έτος. Στη δεύτερη, η ονομαστική παροχή πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε να μεγιστοποιείται το καθαρό κέρδος από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας.

6.4.2. Γεννήτριες

Οι γεννήτριες μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του υφιστάμενου δικτύου, ο παραγωγός έχει δύο επιλογές:

- Σύγχρονες γεννήτριες. Οι σύγχρονες γεννήτριες μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα από το δίκτυο και να παράγουν ισχύ δεδομένου ότι η ισχύς διέγερσης δεν εξαρτάται από το δίκτυο.
- Ασύγχρονες γεννήτριες. Αντλούν το ρεύμα διέγερσής τους από το δίκτυο, απορροφώντας άεργο ισχύ. Δεν μπορούν να παράγουν όταν αποσυνδέονται από το δίκτυο, αφού δεν είναι ικανές να παρέχουν το δικό τους ρεύμα διέγερσης.

Οι σύγχρονες γεννήτριες ΕΡ είναι ακριβότερες από τις ασύγχρονες και χρησιμοποιούνται σε συστήματα ισχύος όπου η παραγωγή της γεννήτριας αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό ποσοστό του φορτίου του συστήματος ισχύος. Οι ασύγχρονες γεννήτριες χρησιμοποιούνται σε μεγάλα δίκτυα όπου η παραγωγή τους είναι ένα αμελητέο ποσοστό του φορτίου του συστήματος ισχύος.

6.4.3. Κιβώτιο ταχυτήτων

Όταν ο σρόβιλος και η γεννήτρια λειτουργούν με την ίδια ταχύτητα και μπορούν να τοποθετηθούν έτσι ώστε οι άξονές τους να είναι σε ευθεία, η ενδεδειγμένη λύση είναι η άμεση σύζευξή τους. Σε πολλές περιπτώσεις, ειδικά στις μικρότερες ισχύεις, οι σρόβιλοι περιστρέφονται με λιγότερες από 400 σ.α.λ., οπότε απαιτείται ένας πολλαπλασιαστής της ταχύτητας για να καλυφθούν οι 1.000-1.500 σ.α.λ. των τυποποιημένων γεννητριών ΕΡ. Τα κιβώτια ταχυτήτων απαιτούν πρόσθετη συντήρηση και αυξάνουν αισθητά το επίπεδο θορύβου στο σταθμό παραγωγής, ενώ οι απώλειες τριβής μπορεί να ανέλθουν στο 2% της παραγόμενης ισχύος.

6.4.4. Εξοπλισμός ελέγχου

Τα ΜΥΗΣ συνήθως δεν επιτηρούνται και λειτουργούν μέσω συστήματος αυτομάτου ελέγχου. Επειδή κάθε εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής είναι διαφορετική, είναι σχεδόν αδύνατο να καθοριστεί γενικά ο βαθμός αυτοματοποίησης που θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα δεδομένο σύστημα. Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου μπορούν να μειώσουν σημαντικά το κόστος της παραγωγής ενέργειας μειώνοντας τη συντήρηση και βελτιώνοντας την αξιοπιστία.

Ο σρόβιλος συνήθως ελέγχεται από ένα ρυθμιστή στροφών, ο οποίος είναι ένας συνδυασμός συσκευών και μηχανισμών που ανιχνεύουν την απόκλιση της ταχύτητας και τη μετατρέπουν σε μια μεταβολή της θέσης του σερβοκινητήρα. Οι ρυθμιστές στροφών μπορεί να είναι μηχανικοί ή ηλεκτρονικοί.

6.5. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

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

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

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

Κάποια άλλα περιβαλλοντικά ζητήματα σχετίζονται με την οξυγόνωση του νερού (ή την έλλειψή της), τη διατάραξη ή αποσάθρωση της κοίτης του ποταμού αμέσως κατάντη των σωλήνων υδροληψίας του στροβίλου, το θόρυβο του ηλεκτρικού εξοπλισμού, τα ηλεκτρικά καλώδια, τη γενική εμφάνιση μιας εγκατάστασης, κλπ. Πάντως, όλα αυτά τα προβλήματα είναι δυνατό να αμβλυθούν με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών σχεδιασμού και το τελικό προϊόν αποτελεί μια μακροβιότατη, αξιόπιστη και εν δυνάμει οικονομική πηγή καθαρής ενέργειας.

6.6. Οικονομικά στοιχεία των ΜΥΗ

Οι περισσότερες νέες εγκαταστάσεις ΜΥΗ εμφανίζονται να παράγουν σχετικά ακριβή ηλεκτρική ενέργεια, καθώς το υψηλό κόστος των αρχικών κεφαλαίων αποσβένεται συνήθως μόνο μετά από 10 με 20 χρόνια (αν και

τα συστήματα αυτά εν γένει διαρκούν, χωρίς σημαντικά κόστη αντικατάστασης, για 50 χρόνια ή παραπάνω). Αντίθετα, η λειτουργία ενός παλαιότερου υδροηλεκτρικού που έχει αποσβέσει την αρχική επένδυση είναι ολιγοδάπανη καθώς οι μόνες δαπάνες σχετίζονται με τις σποραδικές συντηρήσεις και αντικαταστάσεις.

Για παράδειγμα, το μοναδιαίο κόστος κυριότητας ενός τυπικού ΜΥΗΣ μικρού ύψους πτώσης στη Μεγάλη Βρετανία μπορεί να είναι €0,07/kWh κατά τη διάρκεια των πρώτων δέκα ετών, ενόσω αποπληρώνεται η αρχική επένδυση, αλλά στη συνέχεια, λόγω των χαμηλών τρεχούμενων δαπανών, το κόστος αυτό μειώνεται περίπου στο ένα δέκατο της ανωτέρω τιμής, δηλ. σε €0,007/kWh.

Τα υδροηλεκτρικά με το ελάχιστο κόστος είναι τα μεγάλα ύψους πτώσης, καθώς όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος πτώσης τόσο μικρότερη ποσότητα νερού απαιτείται για μία ορισμένη ποσότητα ισχύος, οπότε χρειάζεται μικρότερος και χαμηλότερου κόστους εξοπλισμός. Επομένως, στις ορεινές περιοχές ακόμη και τα μικρά ρυάκια, εάν χρησιμοποιηθούν σε μεγάλα ύψη πτώσης, μπορούν να αποδώσουν σημαντικά επίπεδα ισχύος σε ελκυστικά χαμηλά κόστη.

Εντούτοις, οι θέσεις μεγάλου ύψους πτώσης τείνουν να βρίσκονται σε περιοχές με χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού, όπου η ζήτηση για ηλεκτρισμό είναι μικρή και οι μεγάλες αποστάσεις μεταφοράς προς τα κύρια πληθυσμιακά κέντρα μπορούν να αποδυναμώσουν τα πλεονεκτήματα χαμηλού κόστους των απόμακρων συστημάτων μεγάλου ύψους πτώσης. Εξάλλου, στην πλειοψηφία τους οι καλύτερες από αυτές τις θέσεις στην Ευρώπη και αλλού έχουν ήδη αξιοποιηθεί. Συνεπώς, το σημαντικότερο πεδίο για επέκταση της χρήσης των ΜΥΗ είναι οι θέσεις μικρού ύψους πτώσης, αν και φυσικά υπάρχουν ακόμα προς εκμετάλλευση πολλές καλές θέσεις μεγάλου και μέσου ύψους πτώσης.

6.7. Εμπόδια στην ανάπτυξη των ΜΥΗ

Η ανάπτυξη των ΜΥΗ μειονεκτεί λόγω μιας

γενικότερης έλλειψης υποστήριξης ανάλογης με αυτή που παρέχεται για την Ε&ΤΑ και την επιδεικτική λειτουργία άλλων μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό ενδεχομένως συνέβη επειδή:

- Έχει επικρατήσει η λανθασμένη αντίληψη ότι η τεχνολογία των ΜΥΗΣ είναι ώριμη και πλήρως αναπτυγμένη και ότι επαρκούν από μόνες τους οι δυνάμεις της αγοράς για την εξέλιξή της. Για το λόγο αυτό, τα ΜΥΗΣ συνήθως έχουν μικρό μερίδιο συμμετοχής στα προγράμματα προώθησης των ΑΠΕ. Στην πράξη, τουλάχιστο βραχυπρόθεσμα και σε παγκόσμια κλίμακα, υπάρχει μεγαλύτερο δυναμικό για την ανάπτυξη και βελτίωση των χαμηλότερου κόστους ΜΥΗΣ απ' ό,τι για την ανάπτυξη οιασδήποτε άλλης μορφής καθαρής ενέργειας - ωστόσο χρειάζονται υποστήριξη.

- Η οικονομική ανάλυση των μικρών υδροηλεκτρικών γενικά δεν παρέχει καμία ιδιαίτερη πίστωση για την εξαιρετικά μακροχρόνια ωφέλιμη διάρκεια ζωής και τα χαμηλά λειτουργικά κόστη των ΜΥΗΣ. Έτσι, τα υψηλά αρχικά κόστη τείνουν να τα κάνουν να φαίνονται ως οικονομικά μη ελκυστικά σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα, εκτός εάν προσφέρονται χαμηλά προεξοφλητικά επιτόκια.

- Υπήρξε μια τάση ανάπτυξης των ΜΥΗΣ με τον ίδιο ακριβώς τρόπο με τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, η οποία οδηγεί σε υψηλές λειτουργικές δαπάνες σχεδιασμού και ενίοτε σε λανθασμένη βελτιστοποίηση των συστημάτων (μεγιστοποιείται η απώληση ενέργειας αντί της βελτιστοποίησης της οικονομικής αποδοτικότητας).

- Υπάρχουν αρκετά θεσμικά εμπόδια, ως αποτέλεσμα κυρίως των δυσκολιών που ανακύπτουν στις περισσότερες χώρες για την απόκτηση άδειας απόληψης νερού από τους ποταμούς, αλλά και λόγω των ανπληρωμένων ότι οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί μπορεί να επηρεάσουν δυσμενώς το ψάρεμα, την κωπηλασία και άλλες ποτάμιες δραστηριότητες αναψυχής (αν και στην πράξη τα καλά σχεδιασμένα υδροηλεκτρικά συστήματα μπορούν να αποφύγουν την πρόκληση οποιασδήποτε σοβαρής περιβαλλοντικής επίπτωσης στα ψάρια ή αλλού).

Τα υδροηλεκτρικά είχαν ένα μακροχρόνιο και σημαντικό παρελθόν και πρέπει να

έχουν τουλάχιστον ένα εξίσου σημαντικό μέλλον, ειδικότερα εάν ληφθεί υπόψη η αυξανόμενη συνειδητοποίηση ότι απαιτείται η όσο το δυνατό ταχύτερη ανάπτυξη των μεγάλης κλίμακας μεθόδων παραγωγής καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να αποφευχθεί κάποια μορφή κλιματολογικής καταστροφής. Επίσης, προσφέρουν έναν από τους πιο ελπιδοφόρους ενεργειακούς πόρους για την μακροπρόθεσμη βιώσιμη ανάπτυξη πολλών από τις φτωχότερες χώρες του κόσμου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ενότητα: Αιολική Ενέργεια

1. "Ανεμοκινητήρες", Γ. Μπεργελές, Εκδόσεις Συμεών.
2. "Πρόταση Εθνικού Προγράμματος ανάπτυξης Αιολικής Ενέργειας", Α. Ν. Φραγκούλης, ΚΑΠΕ, 1994.
3. "Basic aspects for application of wind energy", A THERMIE Programme Action, Commission of the European Communities, D.G. XVII.
4. "Wind energy conversion systems", L. L. Freris, Prentice Hall, 1990.
5. "Wind power for home and business", P. Gipe, Chelsea Green Publishing Company, 1993.
6. Αιολική Ενέργεια", Multimedia CD ROM, Πρόγραμμα ALTENER, ΚΑΠΕ, 1998.
7. "Wind Energy Annual Report", IEA 2003.

Ενότητα: Βιομάζα

1. "Οδηγός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Δυνατότητες αξιοποίησης στην Τοπική Αυτοδιοίκηση", ΚΑΠΕ, Πικέρμι, Ιούνιος 1996.
2. "Biofuels. Application of Biologically Derived Products as Fuels or Additives in Combustion Engines", European Commission, Directorate General XII Science, Research and Development, 1994.
3. "Μελέτη διερεύνησης δυνατοτήτων για την αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ", Τομέας Βιομάζας, ΚΑΠΕ, 1997.
4. "World Energy Outlook 2002", IEA, November 2002.

Ενότητα: Γεωθερμική Ενέργεια

1. "Η ενέργεια και οι πηγές της: Τι, Πώς, Γιατί", Θ. Καλκάνης, ΚΑΠΕ, 1997.
2. "The Sun's Joules Version 1.5", CREST, Feb. 1997.
3. "Γεωθερμική Ενέργεια. Δυνατότητες ανάπτυξης γεωθερμικών εφαρμογών.", Γ. Καναβάκης, ΚΑΠΕ, 1995.
4. "Distribution of High-Temperature (>150 °C) Geothermal Resources" John H. Sass and Susan S. Priest U. S Geological Survey, 2002.
5. "Baromètre Géothermie", Systèmes Solaires, 2005
6. "Energy Fuel Sources and their Contributions to recent Global Air Pollution Trends", Goddard, W.B. and C.B. Goddard, 1990, Geothermal resources Council Transactions, v.14, pp. 643-649

Ενότητα: Θερμικά ηλιακά συστήματα

1. "Solar engineering of thermal processes", J. Duffie, W. Beckman, John Wiley & Sons, 1991.
2. "Guidelines for the assessment of active and passive solar technologies", Commission of the European Communities, Joint Research Centre, D. Gilliaert, A. Landabaso, W. B. Gillet, P. A. Ruyssevelt, 1992.

3. "Solar thermal engineering, space heating and hot water systems", P. J. Lunde, John Wiley & Sons, 1980.
4. "Solar energy technology handbook", Part A and Part B, edited by: W. C. Dickinson, P. N. Cheremisinoff, 1980, ISBN 0 8247 6927 9.
5. "European solar radiation atlas", EUR 9345, 1984, ISBN 3 88585 196 4.
6. "Active solar heating systems design manual", ASHRAE in cooperation with Solar Energy Industries Association, 1990.
7. "Guide for preparing active solar heating systems operation and maintenance manuals", ASHRAE in cooperation with Solar Energy Industries Association, 1990.
8. "Active solar heating systems installation manual", ASHRAE in cooperation with Solar Energy Industries Association, 1990.
9. "Sun in Action II – A Solar Thermal Strategy for Europe" European Solar Thermal Industry Federation, 2003

Ενότητα: Φωτοβολταϊκά Συστήματα

1. "Τελευταίες εξελίξεις στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών και δυνατότητες εφαρμογής τους στην Ελλάδα", Π. Μπαλτάς, Πρακτικά, 2ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργεια και Ανάπτυξη, 1997.
2. "Φωτοβολταϊκά συστήματα και η συμβολή τους στην περιφερειακή ανάπτυξη και τον τουρισμό", Μ. Σούρσος, Περιοδικό Ενέργεια, Σεπτέμβριος 1997.
3. "Introduction to Solid State Physics", 5th edition, C. Kittel, John Wiley & Sons Inc., 1976.
4. "Device Electronics for Integrated Circuits", R. S. Muler, T. I. Kamins, John Wiley & Sons Inc., 1977.
5. "Solar Electrics Research and Development", R. L. Bailey, Ann Arbor Science Publishers Inc., 1980.
6. "Ecological Tourism: An innovative stand alone photovoltaic/hybrid commercial installation in Greece for the electrification of a complex of twelve bungalows", 14th EC Photovoltaic Solar Energy Conference 1997, p. 1671 1676.

Ενότητα: Μικρά Υδρο-Ηλεκτρικά Συστήματα

1. "Layman's guidebook on how to develop a small hydro site", παραχθέν στα πλαίσια συμβολαίου της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Γ.Δ. για την Ενέργεια, από την Ευρωπαϊκή Εταιρεία Μικρών Υδροηλεκτρικών (ESHA), 1997.
2. Nigel, S., 1997. "Motors as Generators for Micro-Hydro Power", Intermediate Technology Publications, United Kingdom.
3. Harvey, A., 1991. "Micro-hydro design manual - A guide to small-scale water power schemes", Intermediate Technology Publications, United Kingdom.
4. Fraenkel et al, 1993. "Micro-hydro power - A guide for development workers", Intermediate Technology Publications, United Kingdom.
5. Ιστοσελίδα "International Small-hydro Atlas": <http://www.small-hydro.com/>
6. Ιστοσελίδα: http://www.geocities.com/wim_klunne/hydro/index.html
BP Statistical Review of World Energy. June 2005



ΚΑΠΕ Στοιχεία Έκδοσης 2006
CRES

Παραγωγή :Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
Σύνταξη : Τομέας Εκπαίδευσης
Επιμέλεια: Τομέας Ανάπτυξης-Marketing



ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ ΑΥΤΟ ΕΙΝΑΙ ΤΥΠΩΜΕΝΟ ΣΕ ΧΑΡΤΙ FREELIFE ΤΗΣ FEDRIGONI.
Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΙΝΑΙ 80% ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΟ ΧΑΡΤΙ,
15% ΑΠΟ ΠΟΛΤΟ ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΑΠΟ ΧΛΩΡΙΟ ΚΑΙ 5% ΑΠΟ ΒΑΜΒΑΚΙ.
ΕΙΝΑΙ ΒΙΟΔΙΑΣΠΩΜΕΝΟ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΟ.

KALLIGRAPHON ADV.: 27440 69440