

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1646



ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΚΟΥΤΣΟΓΙΩΡΓΗΣ ΗΛΙΑΣ (6177)

ΞΑΝΘΑΚΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ (6114)

ΕΠΟΠΤΕΥΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΧΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2021

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
1.1. Δομή της πτυχιακής εργασίας.....	2
1.2. Η προέλευση των ΑΠΕ.....	2
1.3. Μορφές των ΑΠΕ.....	3
1.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ	4
1.5. Ανάπτυξη ΑΠΕ σε Ευρωπαϊκό και Εθνικό επίπεδο	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	7
2.1. Τι είναι αιολική ενέργεια	7
2.2. Ιστορικά Στοιχεία.....	7
2.3. Τεχνολογία Ανεμογεννητριών	8
2.3.1.Είδη Ανεμογεννητριών.....	8
2.3.2. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας.....	11
2.4. Εφαρμογές των Ανεμογεννητριών	12
2.5. Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στον κόσμο	14
2.6. Ανάπτυξη και προοπτικές της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	17
2.6.1.Εφαρμογές	17
2.6.2 Ανάπτυξη Εγχώριας Τεχνολογίας Ανεμογεννητριών	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	23
3.1. Υδροηλεκτρική ενέργεια	23
3.1.1. Λειτουργία υδροηλεκτρικών μονάδων.....	24
3.1.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη θέση και το μέγεθος υδροηλεκτρικών σταθμών	26
3.1.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	27
3.1.4. Αξιοποίηση υδροηλεκτρικής ενέργειας	28
3.2. Θαλάσσια ενέργεια	28
3.2.1. Μορφές θαλάσσιας ενέργειας.....	29
3.2.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα θαλάσσιας ενέργειας	31
3.2.3. Αξιοποίηση θαλάσσιας ενέργειας.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΜΑΖΑ.....	34
4.1 Εισαγωγή.....	34
4.1.1 Είδη Βιομάζας.....	35
4.1.2 Μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας.....	35
4.2 Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας – Εφαρμογές	36

4.2.1 Κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης ή/και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες.....	36
4.2.2. Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών	38
4.2.3. Θέρμανση θερμοκηπίων	38
4.2.4. Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας.....	38
4.2.5. Παραγωγή καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας	39
4.2.6. Ενεργειακές καλλιέργειες	40
2.2.7. Βιοαέριο	42
4.2.8. Παραγωγή οργανοχουμικών λιπασμάτων από πτηνοτροφικά απόβλητα.....	43
2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιομάζας.....	43
2.4 Παγκόσμιο και Ελληνικό Δυναμικό.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ.....	47
5.1. Εισαγωγή.....	47
5.2. Προέλευση της γεωθερμικής ενέργειας - Ορολογία	47
5.2.1. Τρόπος μεταφοράς της θερμότητας	48
5.2.2. Τεχνολογία απόληψης της γεωθερμικής ενέργειας	49
5.2.3. Ιστορικά στοιχεία	50
5.3. Εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας.....	50
5.3.1. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας	51
5.3.2. Θερμικές εφαρμογές.....	52
5.3.3. Προβλήματα από τη χρήση των γεωθερμικών ρευστών.....	55
5.3.4. Οικονομικά στοιχεία	56
5.3.5. Περιβαλλοντικά οφέλη	56
5.3.6. Οφέλη εκμετάλλευσης γεωθερμίας.....	56
5.4. Αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	58
6.1. Εισαγωγή.....	58
6.2. Φωτοβολταϊκά συστήματα	58
4.2.1. Δομή, λειτουργία και απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων	59
6.2.2. Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων	61
6.2.3. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων	62
6.2.4. Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	62
6.2.5. Υπολογισμός πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων	64
6.2.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων	65

6.2.7. Προϋποθέσεις κτιρίων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών	66
6.3. Παθητικά ηλιακά συστήματα.....	67
6.4. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα	68
6.5. Αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα.....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ.....	70
7.1. Υβριδικά συστήματα	70
7.1.1. Βασικά μέρη υβριδικού συστήματος.....	71
7.1.2. Οφέλη υβριδικών συστημάτων	72
7.1.3. Κατηγορίες υβριδικών συστημάτων και χαρακτηριστικά τους.....	72
7.1.4. Παραδείγματα υβριδικών συστημάτων	73
7.2. Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας	75
7.2.1. Κατηγοριοποίηση τεχνολογιών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	75
7.2.2. Χαρακτηριστικά διατάξεων ενεργειακής αποθήκευσης.....	76
7.2.3. Ανάγκη αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.....	78
7.2.4. Συνήθεις εφαρμογές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα δίκτυα	79
7.2.5. Συστήματα αποθήκευσης με χρήση αιολικής ενέργειας για τα νησιά.....	80
ΠΗΓΕΣ (βιβλιογραφία/links).....	81

Πρόλογος / Περίληψη

Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί πλέον το βασικό συστατικό στοιχείο για την εξέλιξη και ανάπτυξη μίας ανθρώπινης κοινωνίας. Ανάλογα με την ανάπτυξη διευρύνονται και οι κοινωνικές ανάγκες, άρα προκύπτουν απαιτήσεις για περαιτέρω κάλυψη των διευρυνόμενων κοινωνικών αναγκών. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και η βέλτιστη αξιοποίησή τους «καλούνται να εκπληρώσουν αυτό το σκοπό», να καλύψουν τις κοινωνικές ανάγκες, είτε στην απόδοση ηλεκτρικής ενέργειας, είτε στο κόστος παραγωγής αυτής, τον περιορισμό της εκπομπής ρίπων κ.α..

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό τη θεωρητική ανάλυση της περαιτέρω αξιοποίησης, εξέλιξης και αναβάθμισης των παραγωγικών δυνατοτήτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την καλύτερη εξαγωγή συμπερασμάτων έχει ως αφετηρία μία εκτενή αναφορά στο θέμα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, η οποία συνοδεύεται με μία ιστορική αναδρομή από την πρώτη εμφάνισή τους στον Ελλαδικό χώρο έως σήμερα. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα με έμφαση στις πιο βασικές, ως προς την απόδοσή τους, αλλά και πως αξιοποιούνται. Με βάση τα παραπάνω καταλήγουμε και στο σκοπό της εργασίας όπως αναγράφεται πρωτότερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Δομή της πτυχιακής εργασίας

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται αναλυτική περιγραφή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με στόχο την ανάδειξή τους σε τεχνολογίες με υψηλές προοπτικές και ιδιαίτερη συμβολή στην αντιμετώπιση των μεγάλων σύγχρονων κρίσεων που εντοπίζονται σε οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό επίπεδο. Επιπλέον, αναδεικνύεται η ανάγκη να διεισδύσουν περισσότερο αυτές οι τεχνολογίες στην χώρα μας καθώς και η ανάγκη λήψης μέτρων για την εξοικονόμηση ενέργειας. Πιο αναλυτικά:

Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται μια εισαγωγική αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και δίνονται στατιστικά στοιχεία της ανάπτυξης τους σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο.

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται αναφορά στην αρχή λειτουργίας των ανεμογεννητριών, παρουσιάζονται τα διάφορα είδη τους, τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση της αιολικής ενέργειας καθώς και η αξιοποίηση της στην Ελλάδα.

Στο κεφάλαιο 3 περιγράφεται η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων, οι μορφές της θαλάσσιας ενέργειας, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υδροηλεκτρικής και της θαλάσσιας ενέργειας καθώς και η αξιοποίησή τους στην Ελλάδα.

Στα κεφάλαια 4 και 5 αναλύονται οι έννοιες της βιομάζας και της γεωθερμίας, οι εφαρμογές τους, τα οφέλη εκμετάλλευσής τους καθώς και η αξιοποίησή τους στην Ελλάδα.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται οι τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα παθητικά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα καθώς και η χρήση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα.

Στο κεφάλαιο 6 δίνονται παραδείγματα υβριδικών συστημάτων καθώς και τα χαρακτηριστικά των διατάξεων ενεργειακής αποθήκευσης και εφαρμογές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Στο 7^ο και τελευταίο κεφάλαιο περιγράφονται οικονομικοί δείκτες για την αξιολόγηση των ΑΠΕ, καθώς και μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που είναι αναγκαία να ληφθούν σε κτίρια, βιομηχανίες και στις μεταφορές. **ΣΥΝΕΧΕΙΑ**

1.2. Η προέλευση των ΑΠΕ

Η χρήση των συμβατικών καυσίμων όπως είναι το πετρέλαιο, οι γαιάνθρακες, το φυσικό αέριο και η πυρηνική ενέργεια για την ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει δύο κυρίως μειονεκτήματα:

1. την εξάρτηση από εξαντλήσιμες πηγές ενέργειας, αφού οι ποσότητες των συμβατικών καυσίμων είναι περιορισμένες και αν συνεχιστεί η εξόρυξή τους με τους σημερινούς ρυθμούς, σύντομα θα εξαντληθούν
2. τη ρύπανση του περιβάλλοντος, δεδομένου ότι τα φαινόμενα του θερμοκηπίου και της όξινης βροχής οφείλονται πρωτίστως στους ρύπους που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα κατά την καύση αυτών των ορυκτών καυσίμων.

Η εξάντληση των συμβατικών καυσίμων λόγω της άναρχης διαδικασίας εξόρυξης και της απερίσκεπτης χρήσης, από τους επιχειρηματικούς κολοσσούς που επιχειρούν στην εξόρυξη και εκμετάλλευση των συμβατικών καυσίμων, με μοναδικό γνώμονα το κινήγι

περισσότερου κέρδους, καθώς οι απαιτήσεις για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνονται, έχει κάνει επιτακτική την εύρεση νέων μορφών ενέργειας. Οι επιστήμονες έχουν στραφεί προς την αξιοποίηση όλο και περισσότερων ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, καθώς η τεχνολογία τους, εκτός του ότι είναι ευεργετική, είναι και οικονομικά εφικτή ως προς τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ως προς το κόστος. Ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ορίζονται οι ενεργειακές πηγές (ο ήλιος, το νερό, ο άνεμος, η βιομάζα) οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας και ανανεώνονται μέσω φυσικών φαινομένων μόνιμου κύκλου. Για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται καμία ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση άλλα απλώς η εκμετάλλευσή της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) είναι ανεξάντλητες, πολύ φιλικές στο περιβάλλον αφού δεν απελευθερώνουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα και χαμηλής ή μηδενικής οικονομικής αξίας πριν μετατραπούν σε χρήσιμες μορφές ενέργειας. Ενώ το κόστος τους περιορίζεται μόνο από τη συσκευή που είναι απαραίτητη για τη συλλογή ενέργειας. Αναμφισβήτητο λοιπόν, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για πολλές χώρες αποτελούν μια πολύ σημαντική πηγή ενέργειας με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και σε εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας τόσο στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο όσο και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς από τις μελέτες που έχουν δημοσιευθεί παγκοσμίως έχει διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας ευθύνεται πρωταρχικά για την ρύπανση του περιβάλλοντος.

1.3. Μορφές των ΑΠΕ

Οι κύριες μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι οι ακόλουθες:

Αιολική Ενέργεια Είναι η κινητική ενέργεια που παράγεται από την δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Υδραυλική Ενέργεια Είναι η ενέργεια που παράγεται από τις υδατοπτώσεις και αξιοποιείται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

Βιομάζα Είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης.

Γεωθερμία Είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα.

Κυματική Ενέργεια Είναι η ενέργεια από την παλίρροια, τα θαλάσσια ρεύματα και τους ωκεανούς.

Ηλιακή Ενέργεια Είναι η ενέργεια που παράγεται από την αξιοποίηση των τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται την θερμότητα και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ήλιου. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για εκμετάλλευσή της ηλιακής ενέργειας.

διακρίνονται σε:

- **Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα:** μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.
- **Παθητικά Ηλιακά και Υβριδικά Συστήματα:** αφορούν κατάλληλες αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της απ' ευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό.
- **Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα:** μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια.

Οι ΑΠΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση), είτε μετατρέπομενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Είναι ασφαλείς, ανταγωνιστικές και ελκυστικές σε ιδιώτες και επενδυτές.

Για να είναι χρήσιμη μια πηγή ενέργειας είναι αναγκαίες ορισμένες προϋποθέσεις:

- Η ενέργεια αυτή να είναι άφθονη και η πρόσβαση στην ενεργειακή πηγή εύκολη.
- Να μετατρέπεται χωρίς δυσκολία σε μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα σύγχρονα μηχανήματα.
- Να μεταφέρεται εύκολα.
- Να αποθηκεύεται εύκολα.

1.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι τα εξής:

- Είναι ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους άλλους συμβατικού ενεργειακούς πόρους (κυρίως ορυκτά καύσιμα), οι οποίοι με το πέρασμα του χρόνου εξαντλούνται.
- Επειδή είναι διάσπαρτες γεωγραφικά οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος και δίνουν την δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- Έχουν αρκετά χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Επενδύοντας στις ΑΠΕ δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας σε τοπικό κυρίως επίπεδο.
- Είναι φιλικές προς τον άνθρωπο και προς το περιβάλλον και η αξιοποίηση τους είναι γενικά αποδεκτή από όλους.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν με αυτόν τον τρόπο στην ενίσχυση της αυτάρκειας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των ΑΠΕ έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν τις ανάγκες των χρηστών και σε μικρή κλίμακα εφαρμογών ή σε μεγάλη κλίμακα αντίστοιχα, έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορα ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας.

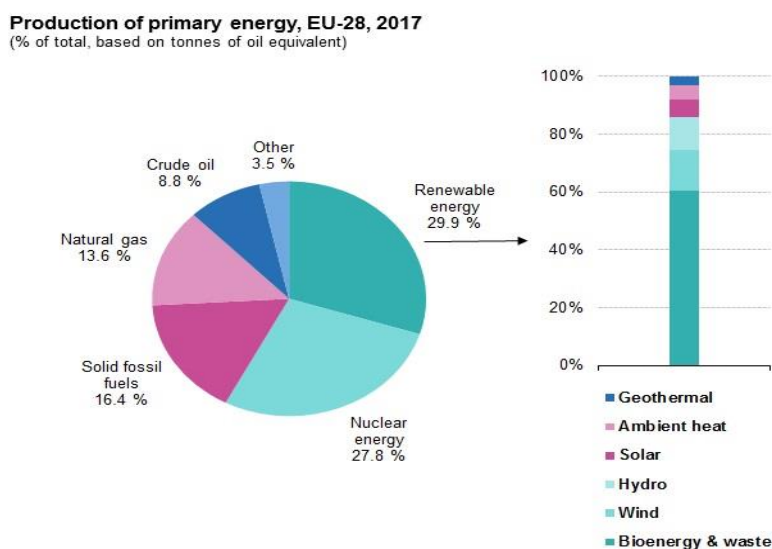
Τα βασικότερα μειονεκτήματα των Α.Π.Ε. είναι τα ακόλουθα:

- Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος ώστε να μεταφερθεί και να αποθηκευθεί.
- Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλη παραγωγή απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
- Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
- Η χαμηλή διαθεσιμότητα τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.
- Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων παραμένει ακόμη υψηλό.

1.5. Ανάπτυξη ΑΠΕ σε Ευρωπαϊκό και Εθνικό επίπεδο

Από τεχνικής πλευράς, το δυναμικό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (δηλ. η ποσότητα ενέργειας που μπορεί να αντληθεί από την φυσική προσφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με χρήση υπαρχουσών τεχνολογιών) είναι πολύ μεγαλύτερο από την παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση.

Η χρήση των ανανεώσιμων ή εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι ακόμη πολύ περιορισμένη σε παγκόσμια κλίμακα, εξυπηρετεί όμως το στόχο της προστασίας του περιβάλλοντος, γιατί είναι «καθαρές» και φιλικές προς το περιβάλλον. Έτσι το μεγάλο στοίχημα είναι να καθιερωθούν δημιουργώντας μεγαλύτερη οικονομική ευστάθεια σε κράτη εξαρτημένα ενεργειακά και να μειώσουν τις κλιματολογικές διαταραχές που παρατηρούνται πλέον σε παγκόσμια κλίμακα όλο και πιο έντονα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2017) παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:



eurostat

Εικόνα 1.1. Πηγές ηλεκτροπαραγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από θερμικούς σταθμούς. Η συγκέντρωση των θερμικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών στο Βορρά της χώρας δημιουργεί αυξημένες απώλειες κατά τη μεταφορά και ανισορροπία στη λειτουργία. Ωστόσο ο σχεδιασμός τους βασίστηκε στην εγγύτητά τους στις περιοχές που είναι οι πλουτοπαραγωγικές πηγές του λιγνίτη, ο οποίος αποτελεί την καύσιμη πρώτη ύλη για αρκετούς σταθμούς. Στη χώρα μας υπάρχουν τέσσερις περιοχές με αποθέματα λιγνίτη, στη Δράμα, στη Δυτική Μακεδονία, στην Ελασσόνα και στη Μεγαλόπολη. Έτσι σύμφωνα με στοιχεία του 2018, το 70% της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων είναι θερμικοί σταθμοί και το υπόλοιπο 30% είναι υδροηλεκτρικοί σταθμοί και Α.Π.Ε.. Το ενεργειακό μείγμα παραγωγής για το 2018, ανά μορφή καυσίμου φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 1.2. Εγχώρια παραγωγή ενέργειας ανά μορφή καυσίμου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1. Τι είναι αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μια 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 από το έδαφος. Όταν σε μια περιοχή οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτήν τη τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα.

2.2. 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 Αίοιο, ο οποίος τους κατήθυνε από την 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 το χρόνο που οι ίδιοι 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 τους 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.

2.3. Τεχνολογία Ανεμογεννητριών

2.3.1.Είδη Ανεμογεννητριών

Τα 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 δυο 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(Εικ.2.1)



Εικόνα 2.1. Ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα

- και τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα, ο οποίος και παραμένει σταθερός (Εικ. 2.2)

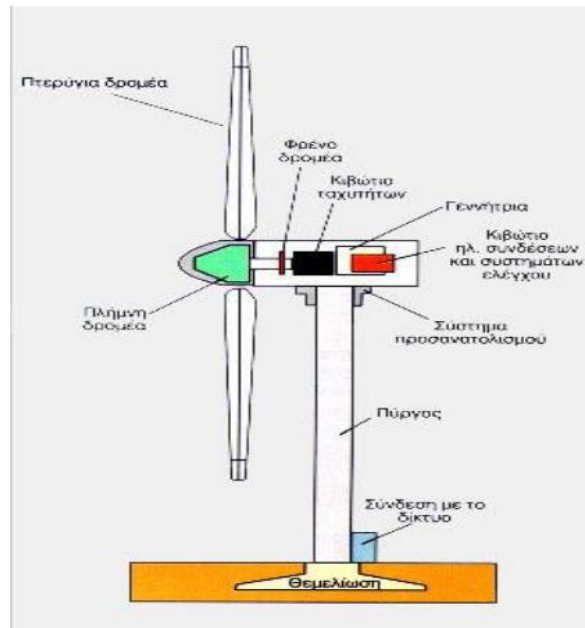


Εικόνα 2.2. Ανεμογεννήτρια κάθετου ή κατακόρυφου άξονα στους Ασπούς της Σκύρου (Σποράδες).

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

Οι συνιστώσες μιας τυπικής ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα παρουσιάζεται στο Σχ. 2.1. Γενικά, αυτή αποτελείται από:

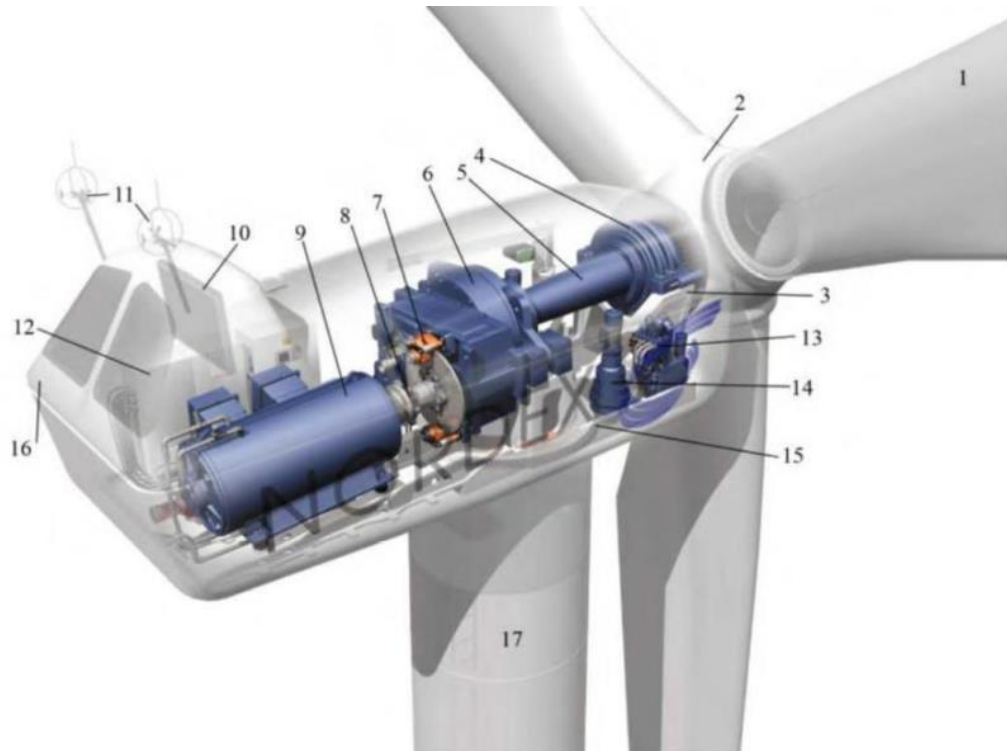
- Το δρομέα, με δύο ή τρία πτερύγια συνήθως, πολύ σπάνια και με ένα, τα οποία κατασκευάζονται από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη, είτε σταθερά είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από τον διαμήκη άξονά τους, μεταβάλλοντας βήμα της πτερύγωσης.
- Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα 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 ηλεκτρικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου ρυθμίζει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.



Σχήμα 2.1.

Στην εσωτερική δομή μιας ανεμογεννήτριας συναντάμε τα εξής (Σχ.2.2) :

- | | | |
|----------------------|--|---------------------------------------|
| 1. Πτερύγιο δρομέα | 8. Ζεύκτης γεννήτριας | 13. Υδραυλικό σύστημα |
| 2. Πλήμνη | 9. Επαγωγική γεννήτρια | 14. Οδηγός συστήματος προσανατολισμού |
| 3. Πλαίσιο ατράκτου | 10. Ψύκτρα γεννήτριας και κιβωτίου ταχυτήτων | 15. Έδρανο συστήματος προσανατολισμού |
| 4. Κύριο έδρανο | 11. Αισθητήρες ανέμου | 16. Κάλυμμα ατράκτου |
| 5. Άξονας δρομέα | 12. Κύκλωμα ελέγχου | 17. Πυλώνας |
| 6. Κιβώτιο ταχυτήτων | | |
| 7. Δισκόφρενο | | |

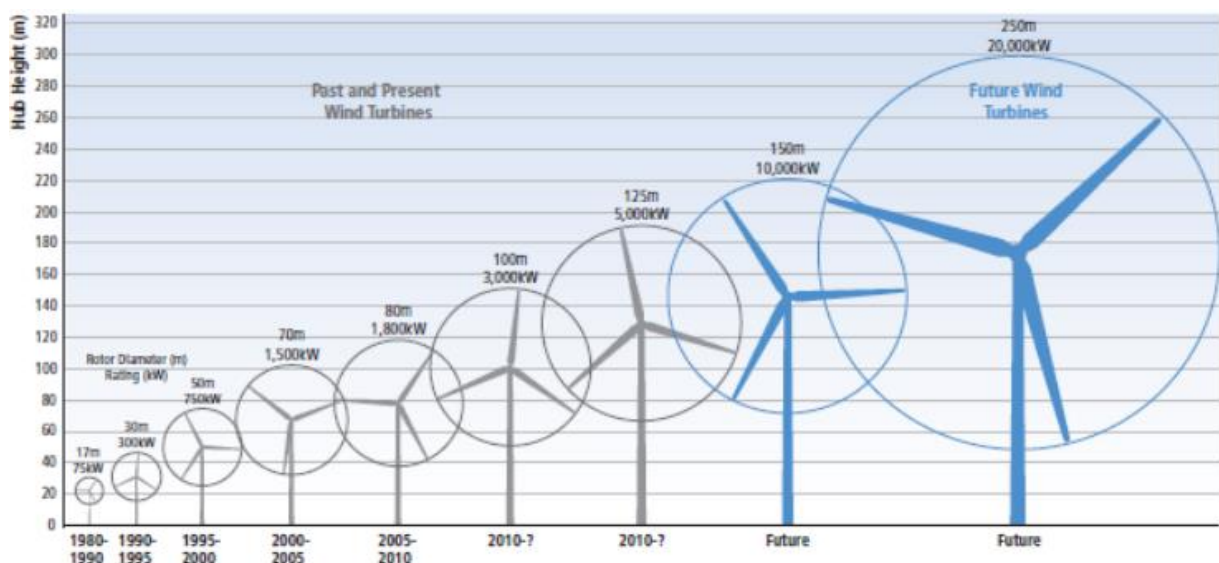


Σχήμα 2.2.

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

2.3.2. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας

Η αύξηση του μεγέθους των ανεμογεννητριών. Στα μέσα του 2005 η μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια είχε διάμετρο 126 μέτρα και εγκατεστημένη ισχύ 5MW (Διαγ.2.1).



Διάγραμμα 2.1. Η εξέλιξη του μεγέθους και τον διαστάσεων των α/γ με την πάροδο των ετών

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 διπλασιαστεί ενώ η ισχύς τους έχει εκατονταπλασιαστεί. Από μονάδες των 20-60kW και διάμετρο ρότορα γύρω στα 20 μέτρα έχουν αυξηθεί σε 10,000-15,000 kW και διάμετρο άνω των 125 μέτρων.

Ένας άλλος δείκτης που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη είναι η διαθεσιμότητα των ανεμογεννητριών, δηλαδή το ποσοστό του χρόνου που αυτές είμαι 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 απόδοσης τους φθάνουν και ξεπερνούν σε μερικές περιπτώσεις το 60% 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 0,03-0,04 €/kWh σε μέρη με δυνατούς ανέμους μέχρι 0,06-0,08 €/kWh σε μέρη με μικρή ταχύτητα ανέμων. 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 περαιτέρω.

Οι τυπικές διαστάσεις μιας ανεμογεννήτριας 500kW 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.

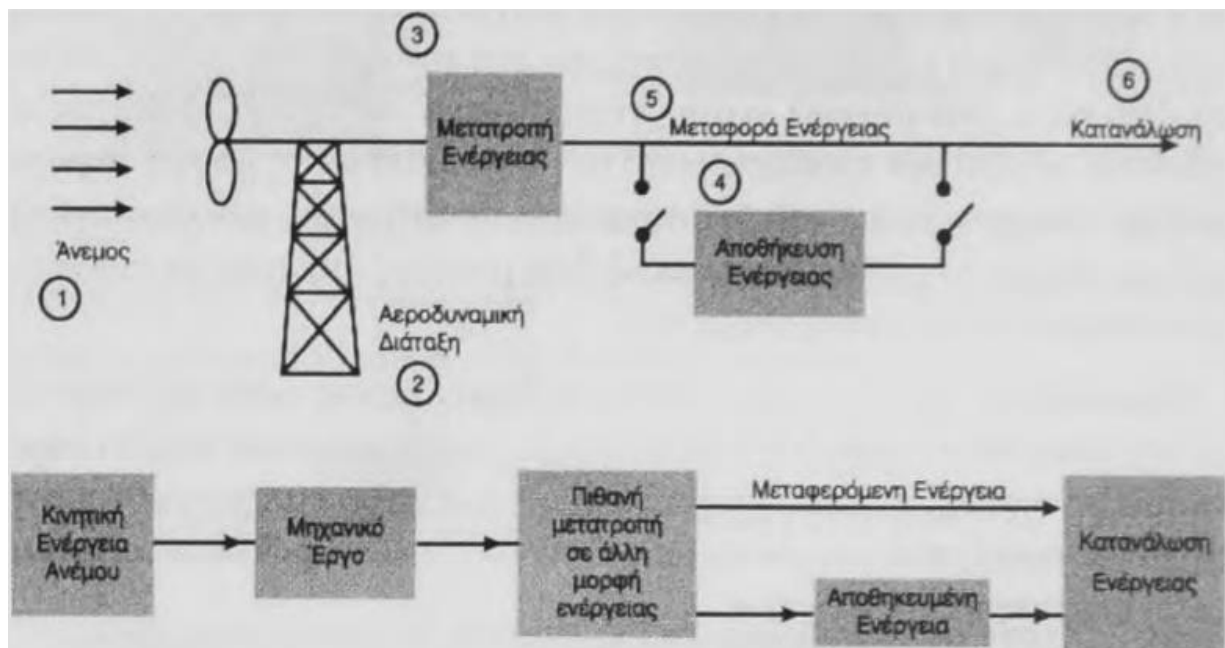
Σημειώνεται, τέλος ότι ιδιαίτερο βάρος δίνεται σήμερα στην έρευνα και την ανάπτυξη ανεμογεννητριών μεταβλητών στροφών.

Οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου, λειτουργώντας σε μεταβλητές στροφές, επιτυγχάνουν αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας 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 στις έξοδο της ηλεκτρογεννήτριας και πριν το σημείο σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο.

2.4. Εφαρμογές των Ανεμογεννητριών

Η σημαντικότερη οικονομικά εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μίας χώρας, τια 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.2.3).

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, το οποίο προσφέρει όλη την ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυο.



Σχήμα 2.3. Διάγραμμα εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον άνεμο

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

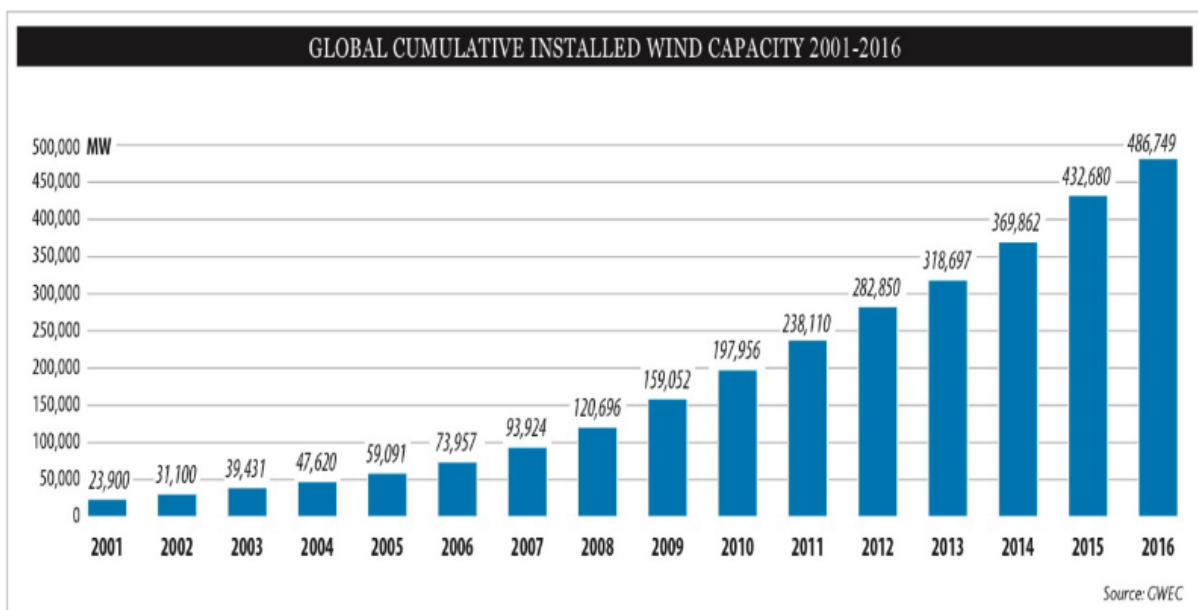
Όταν οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι μικρές, όπως σε απομονωμένες αγροτικές κατοικίες, σταθμούς τηλεπικοινωνίας σε βουνά, φυλάκια ενόπλων δυνάμεων, ορειβατικά καταφύγια κλπ., χρησιμοποιούνται μικρές ανεμογεννήτριες συνεχούς ρεύματος, σε συνδυασμό, συνήθως, με συστοιχία συσσωρευτών για την αποθήκευση 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 νηξελογεννήτρια, 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' οποιονδήποτε τρόπο η ποιότητα του περιβάλλοντος της ευρύτερης περιοχής.

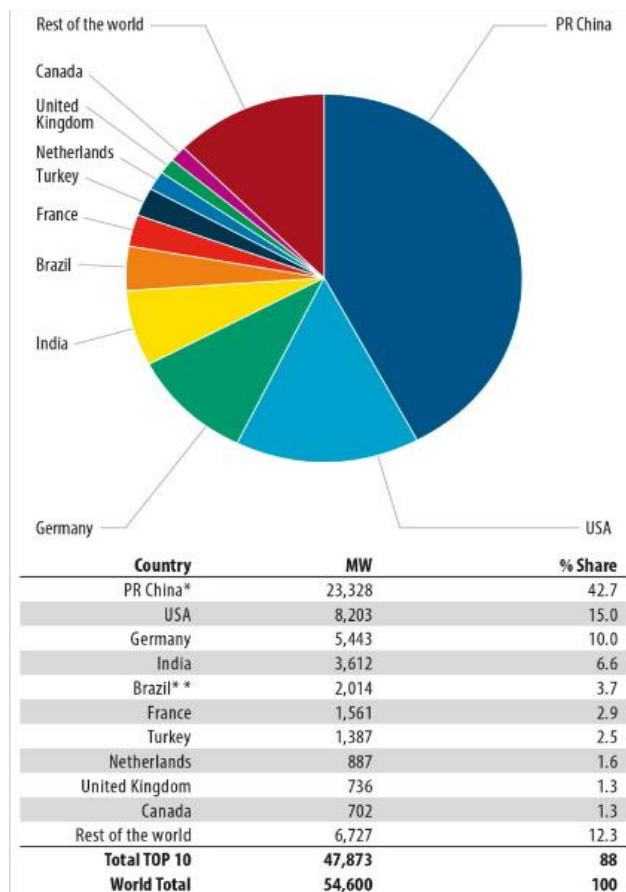
Προβλήματα, όπως αυτό του θορύβου σήμερα έχουν ουσιαστικά αντιμετωπισθεί, δεδομένου ότι, με τη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, έχει καταστεί πρακτικά αθόρυβη η λειτουργία των ανεμογεννητριών. Παράλληλα, αξίζει να σημειωθεί ότι, ο σχεδιασμός των αιολικών πάρκων γίνεται πλέον με τρόπο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

2.5. Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στον κόσμο

Από τα μέσα της δεκαετίας του '70, οπότε άρχισε η εγκατάσταση των πρώτων ανεμογεννητριών για την παραγωγή της 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. Ενώ γιγαντώθηκε για το έτος 2018 στα 550,000 MW περίπου παγκοσμίως, σημειώνοντας ρυθμούς αύξησης στο 10%. (wwea)



Διάγραμμα 2.2. Εξέλιξη της εγκατεστημένης αιολικής ισχύος παγκοσμίως τα τελευταία 15 χρόνια



Πίνακας 2.1. Οι 10 χώρες με το μεγαλύτερο νέο εγκατεστημένο δυναμικό αιολικής ενέργειας μόνο για το έτος 2016.

Στην παγκόσμια, αιολική κατάταξη, η Κίνα ήρθε πρώτη εγκαθιστώντας 19.500 MW το έτος 2017, σημειώνοντας υποχώρηση σε σχέση με το προηγούμενο έτος (Πιν.2.1), ενώ οι Η.Π.Α κατατάσσονται στην δεύτερη θέση. Σε παγκόσμια κλίμακα εγκαταστάθηκαν 52.573 MW για το έτος 2017.

Για το 2019, ένας από τους πέντε κορυφαίους παραγωγούς ενέργειας της Κίνας, ανακοίνωσε σχέδια για την κατασκευή ενός τεράστιου αιολικού πάρκου ισχύος 6 GW στο βόρειο τμήμα της χώρας, κοντά στα σύνορά της με τη Μογγολία. Εάν το έργο προχωρήσει, η εταιρεία θα εγκαταστήσει ανεμογεννήτριες σε μια έκταση 3.800 τετραγωνικών χιλιομέτρων, σχεδόν την ίδια με την έκταση όλης της Αττικής, με κόστος κατασκευής περίπου 6,8 δισεκατομμύρια δολάρια. Ο στόχος είναι το έργο να έχει τη δυνατότητα να παρέχει σχεδόν 19 TWh ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς την ανάγκη επιδοτήσεων, στο τρίγωνο Πεκίνο-Τιαντζίν-Χεμπέι, το οποίο το 2016 είχε πληθυσμό πάνω από 112 εκατομμύρια άτομα. Εκτός από την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών, θα χρειαστεί να κατασκευαστούν 12 δίκτυα μεταφοράς υψηλής τάσης για την υποστήριξη του μεγαλεπήβολου σχεδίου.

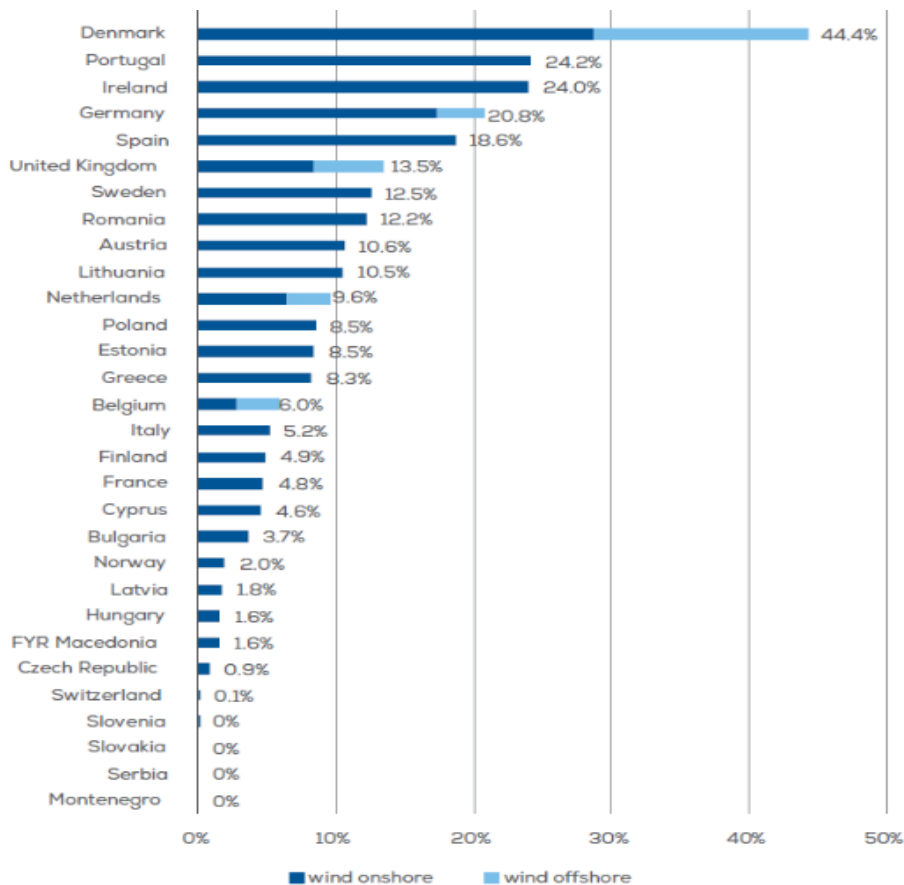
Η Κίνα είναι ο παγκόσμιος ηγέτης στην παραγωγή αιολικής ενέργειας, με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ από κάθε χώρα, έχοντας ξεπεράσει την Ευρωπαϊκή Ένωση ως σύνολο, και με συνεχή ανάπτυξη νέων εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας. Με την μεγάλη έκταση και ακτογραμμή της, η Κίνα διαθέτει εξαιρετικούς πόρους αιολικής ενέργειας. (naftemporiki.gr)

Το 1994, οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης υποσκέλισαν τις Η.Π.Α. σε συνολική εγκατεστημένη ισχύ, με πρωτοπόρες τη Δανία, την Ολλανδία και την Αγγλία. Το σύνολο των εγκαταστάσεων παραγωγής αιολικής ενέργειας στην Ε.Ε. ανεβάζει τη συνολική παραγωγική ικανότητα στα 168.8 GW. Για να επιτευχθεί το αποτέλεσμα αυτό παρατηρείται μια ετήσια αύξηση της τάξεως το 10% από το 2005 έως και σήμερα τόσο σε χερσαίες όσο και σε θαλάσσιες εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας. Όπως και στις νέες εγκαταστάσεις, έτσι και στη συνολική εικόνα των εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας, η χωρική κατανομή παρουσιάζει τις αποκλίσεις που παρατηρούνται μεταξύ των χωρών της Ε.Ε.

Πρωτοπόρο χώρα πλέον αποτελεί η Γερμανία με παραγωγική ικανότητα 55.6 GW ακολουθούμενη από την Ισπανία και το Η.Β. ενώ χώρες ουραγούς αποτελούν Σλοβενία, Σλοβακία και Μάλτα στις οποίες δεν υπάρχουν εγκαταστάσεις αυτού του είδους.

Η Γερμανία εισήλθε δυναμικά στο χώρο και από 60 MW το 1990, έφτασε τα 16,500 MW το 2005 και καταλήγει το 2018 στα 55.6 GW ή 55,600 MW. Εκτιμάται ότι 28.675 ανεμογεννήτριες συνδέθηκαν με τα γερμανικά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας στις αρχές του 2018, καθώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμβάλλουν όλο και περισσότερο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο εσωτερικό της χώρας. Ο αριθμός των θαλάσσιων ανεμογεννητριών είχε επίσης αυξηθεί σημαντικά το 2017.

Πέρα όμως από την παραγωγική ικανότητα κάθε χώρας, σημαντικό στοιχείο αποτελούν οι ενεργειακές της ανάγκες και σε ποιο ποσοστό αυτές καλύπτονται από Α.Π.Ε. και πιο συγκεκριμένα από την αιολική ενέργεια. Με το μέσο όρο των 28 χωρών της Ε.Ε. να βρίσκεται στο 11,6%, τα κράτη-μέλη κυμαίνονται από το 44.4% της Δανίας έως και το 0.1% της Ελβετίας. Αξίζει λοιπόν να σημειωθούν και τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αξιοποίησαν την αιολική ενέργεια για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των χωρών τους το έτος 2017. Ενδεικτικά (Διαγ.2.3).



Διάγραμμα 2.3. Ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών από αιολική ενέργεια ανά χώρα το 2017 (Πηγή: WindEurope,2017).

2.6. Ανάπτυξη και προοπτικές της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

2.6.1.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 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 2.2, 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.

Τοποθεσία	Μέση Ταχύτητα (m/s)	Περίοδος Μετρήσεων
Άνδρος	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

Πίνακας 2.2. Μετρήσεις Αιολικού Δυναμικού ΔΕΗ/ΔΕΜΕ

Στη συνέχεια, από το 1982, όποτε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι σήμερα έχουν κατασκευαστεί στη χώρα εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος 2,7 GW , 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.

2.6.1.1. 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. Μετά την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών το πάρκο αυτό επεκτάθηκε και με την εγκατάσταση του πρώτου φωτοβολταϊκού πάρκου, που και αυτή θεωρείται η πρώτη στην Ελλάδα δυναμικότητας 100kW, επιτυγχάνοντας έτσι να δημιουργηθεί στη Κύθνο και ο πρώτος υβριδικός σταθμός ενέργειας (ντήζελ, αιολική και ηλιακή ενέργεια). Αρχικά ξεκίνησε με στόχο να καλύψει το 25% των αναγκών της νήσου και αργότερα ξεπέρασε το 75%.

Τώρα όμως, 30 χρόνια μετά την εγκατάστασή του, για το Αιολικό πάρκο Κύθνου έχει παρέλθει ο χρόνος λειτουργίας και καλής απόδοσης που μπορεί να προσφέρει και έτσι οι ανεμογεννήτριες είναι εκτός λειτουργίας.

2.6.1.2. Το αιολικό πάρκο της Άνδρου

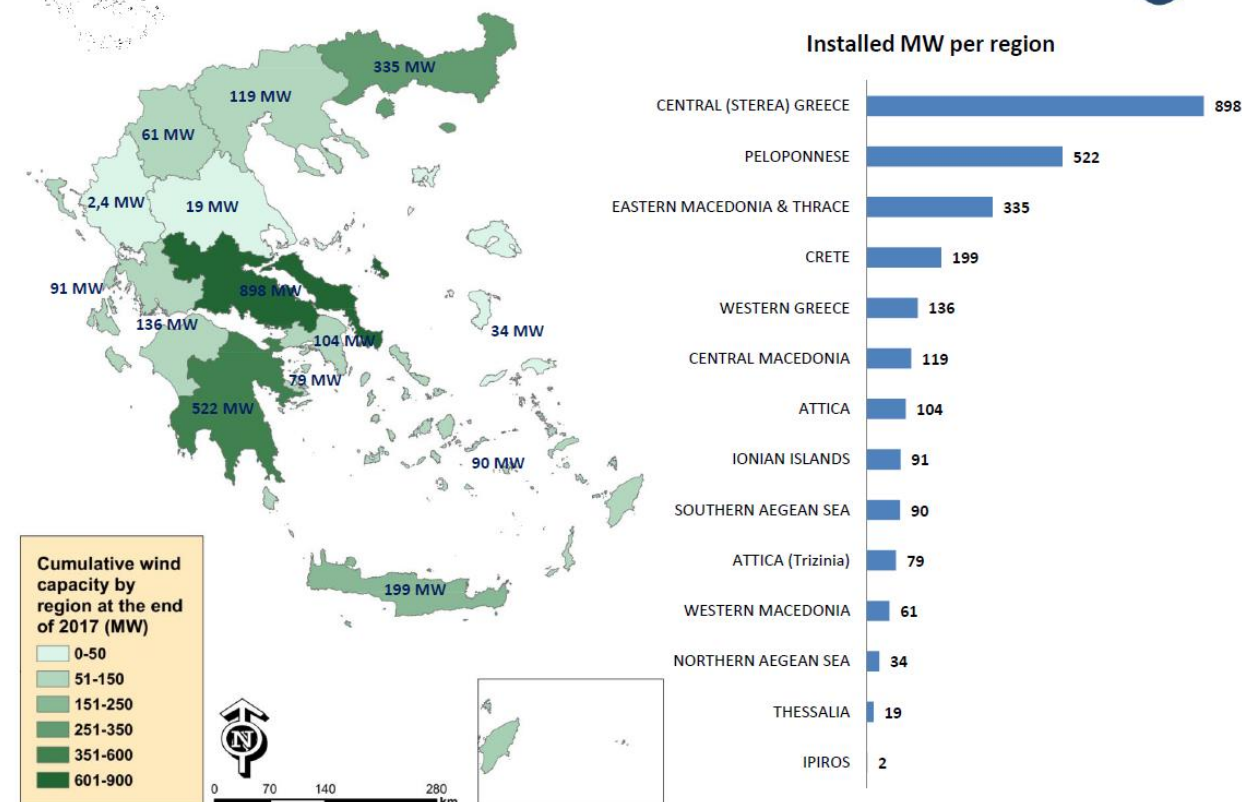
Η Άνδρος αποτελεί τυπικό παράδειγμα ορεινού Κυκλαδίτικου νησιού με πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό. Στο βόρειο τμήμα της, κοντά στο χωριό Καλυβάρι, όπου η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου είναι της τάξης των 9,7 μέτρων το δευτερόλεπτο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.2, λειτουργεί αιολικό πάρκο της ΔΕΗ, συνολικής 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 τα αιολικά πάρκα με αποδόσεις συγκρίσιμες με αυτή του πάρκου της ΔΕΗ στην Άνδρο δε βρίσκονται εύκολα στον υπόλοιπο κόσμο.

2.6.1.3. Αιολικό δυναμικό στη Κεφαλονιά

Αντίστοιχα τα νησιά του Ιονίου Πελάγους κατέχουν υψηλή θέση στις δυνατότητες και την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Πλήθος από αιολικά πάρκα υπάρχουν στα νησιά του Ιονίου, όμως κυρίαρχη θέση καταλαμβάνει η Κεφαλονιά, με το [Αιολικό Πάρκο «Μανολάτη - Ξερολίμπα»](#) του Δ.Δ. Διλινάτων Δήμου Αργοστολίου. Στο ίδιο νησί έχουν ήδη δημιουργηθεί δύο ακόμη αιολικά πάρκα, το [Αιολικό Πάρκο "Αγία Δυνατή"](#) του Δήμου Πυλαρέων και το [Αιολικό Πάρκο "Ημεροβίγλι"](#) στα διοικητικά όρια των Δήμων Αργοστολίου και Πυλαρέων. Με τη λειτουργία των τριών αιολικών πάρκων ο Νομός Κεφαλληνίας τροφοδοτεί το δίκτυο ηλεκτροδότησης της χώρας με σύνολο 75,6 MW ηλεκτρικής ισχύος. Επιπλέον, σε διαδικασία αδειοδότησης βρίσκονται πέντε ακόμη μονάδες. Οι ανάγκες του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια και σε περίοδο αιχμής (Αύγουστος) ανέρχονται σε 50MW. Η αντιστοιχία μεταξύ της ισχύος που αποδίδει η Κεφαλονιά στο δίκτυο και της ισχύος που καταναλώνει είναι εξαιρετικά ενθαρρυντική για την εξάπλωση της αιολικής ενέργειας και σε πολλά ακόμη νησιά της επικράτειας.

2.6.1.4. Η κατάσταση στην υπόλοιπη Ελλάδα

Εκτός από την Κύθνο, την Άνδρο και τη Κεφαλονιά, η ΔΕΗ αλλά κυρίως ιδιωτικές εταιρίες έχουν προχωρήσει στην εγκατάσταση αιολικών πάρκων και σε άλλες περιοχές. Σε επίπεδο περιφερειών η Στερεά Ελλάδα, μαζί με την Εύβοια, παραμένει στην κορυφή των αιολικών εγκαταστάσεων αφού φιλοξενεί εγκαταστάσεις που φτάνουν συνολική ισχύ 898 MW, ακολουθεί η Πελοπόννησος με 552 MW και η Ανατολική Μακεδονία – Θράκη όπου βρίσκονται εγκαταστάσεις συνολικής ισχύος 335,5 MW, η Κρήτη με 199 MW, η Δυτική Ελλάδα με 136 MW, ενώ τελευταίες στη λίστα βρίσκονται η Θεσσαλία με 19 MW και η Ήπειρος με μόλις 2,4 MW.



Σχήμα 2.4. Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης αιολικής ισχύος ,εμπορική ή δοκιμαστική λειτουργία (σε MW), τον Ιούνιο του 2018 στην Ελλάδα (Πηγή: HWEA Wind Energy Statistics – June 2018)

Τη Στατιστική της Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα για το πρώτο εξάμηνο 2018 ανακοίνωσε η **Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ)**.

Με βάση τη Στατιστική, το σύνολο της αιολικής ισχύος που το τέλος του Ιουνίου 2018 βρισκόταν σε εμπορική ή δοκιμαστική λειτουργία είναι 2.690,5 MW αυξημένη μόλις κατά 1,5% ή 39,2 MW σε σχέση με το τέλος του 2017.

Η ισχύς αυτή κατανέμεται ως εξής:

- Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά : 321,7 MW
- Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα: 2.368,8 MW

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.

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 Αναπτυξιακός Νόμος 3299/04, αλλά κυρίως τα Επιχειρησιακά Προγράμματα Ανταγωνιστικότητας υποστηριζόμενα από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας βοηθούν στην προσέλκυση επενδύσεων και στη δημιουργία μεγάλων έργων εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας.

2.6.2 Ανάπτυξη Εγχώριας Τεχνολογίας Ανεμογεννητριών

Στην Ελλάδα αντίστοιχα με χώρες του εξωτερικού προ δεκαετίας δεν υπήρχε αξιόλογη βιομηχανία κατασκευής ανεμογεννητριών, εκτός ελαχίστων κατασκευαστών ανεμογεννητριών της τάξης του 1 kW έως 5 kW. Το 2018 στη Μάνδρα Αττικής ξεκίνησε τη λειτουργία του το πρώτο ελληνικό εργοστάσιο κατασκευής ανεμογεννητριών. Το εργοστάσιο ανήκει στον όμιλο Eunice και στις εγκαταστάσεις αυτές παράγεται η ελληνική ανεμογεννήτρια EW-16 THETIS, ισχύος 50 kW. Ωστόσο υπάρχει σημαντική δραστηριότητα στην κατασκευή πύργων από την εγχώρια βιομηχανία χάλυβα.

Σημείο κλειδί για την ανάπτυξη αξιόπιστων ελληνικών συστημάτων ανεμογεννητριών αποτελεί η δυνατότητα πιστοποίησής τους. Η πιστοποίηση αυτή γίνεται από το ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας), 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 από το ΚΑΠΕ, όπως είναι το δοκιμαστήριο πτερυγίων ανεμογεννητριών, το οποίο παρέχει τον πειραματικό προσδιορισμό στατικής, δυναμικής και κοπωτικής συμπεριφοράς πτερυγίων ανεμογεννητριών πλήρους κλίμακας (κατά IEC). Την εφαρμογή στατικών και εναλλασσόμενων φορτίων κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες με στόχο την πιστοποίηση της δυσκαμψίας και αντοχής του πτερυγίου και εφαρμογή δυναμικών φορτίων συγκεκριμένης μορφής με στόχο τον προσδιορισμό των ιδιοσυχνοτήτων αυτού.

Οι δοκιμές και οι έλεγχοι που εκτελούνται σε πτερύγια πλήρους κλίμακας ανεμογεννητριών αποτελούν ένα κρίσιμο παράγοντα για τον έλεγχο του σχεδιασμού και της κατασκευής τους, τη βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών της κατασκευής, καθώς επίσης και την ανάπτυξη νέων τεχνικών δομικού σχεδιασμού. Συνήθως τέτοιου είδους μετρήσεις ζητούνται από τους κατασκευαστές των πτερυγίων ανεμογεννητριών προκειμένου να ελεγχθούν τα νέα προϊόντα τους και να αποκτήσουν το πιστοποιητικό τύπου από τους οργανισμούς πιστοποίησης ανεμογεννητριών.

Στο ΚΑΠΕ από το 1994 λειτουργεί το μοναδικό εργαστήριο στην Ελλάδα και ένα από τα 5 ανεξάρτητα εργαστήρια πτερυγίων παγκοσμίως. Με χρήση του πλήρους προγραμματιζόμενου σερβοϋδραυλικού συστήματος επιβολής δυνάμεων εκτελούνται στο

χώρο του εργαστηρίου οι παρακάτω δοκιμές σε πτερύγια πλήρους κλίμακας μήκους μέχρι 20m:

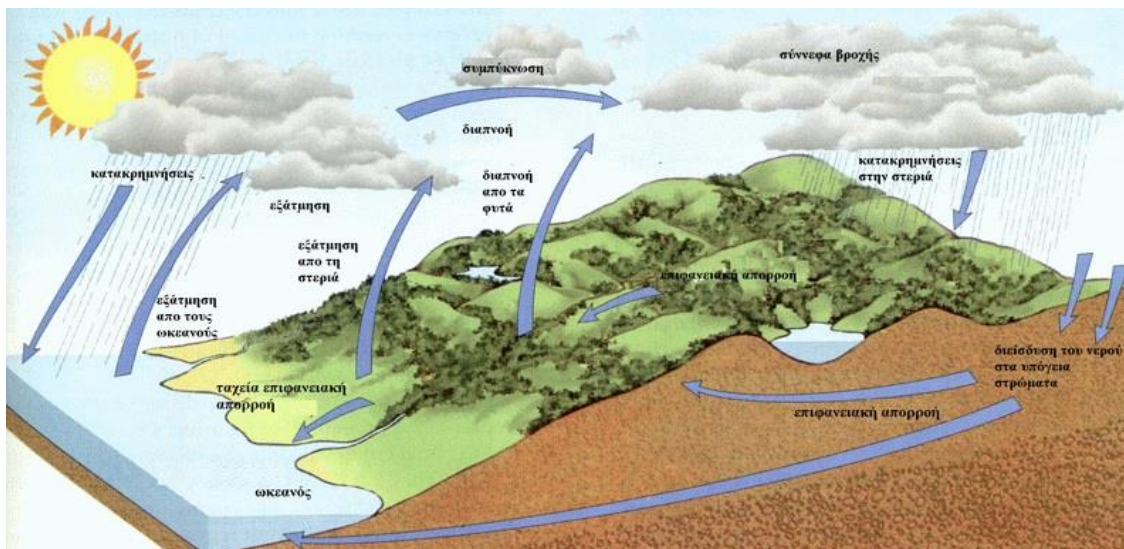
- **Στατικές δοκιμές** για τον προσδιορισμό της αντοχής και δυσκαμψίας του πτερυγίου κατά IEC 61400-23
- **Δυναμικές δοκιμές** για τον προσδιορισμό των ιδιοσυχνοτήτων, των ιδιομορφών και των συντελεστών απόσβεσης του πτερυγίου
- **Κοπωτικές δοκιμές** κατά IEC 61400-23 για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του πτερυγίου υπό εναλλασσόμενη φόρτιση.

Κατά τη διάρκεια κάθε δοκιμής καταγράφονται οι παραμορφώσεις, οι μετατοπίσεις, οι κλίσεις και οι επιταχύνσεις που αναπτύσσονται από το πτερύγιο, οι επιβαλλόμενες δυνάμεις και οι επικρατούσες περιβαλλοντολογικές συνθήκες για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του πτερυγίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

3.1. Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ή υδραυλική ενέργεια θεωρείται μία από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς είναι η ηλιακή ενέργεια η οποία με την εξάτμιση του νερού, κινεί τον υδρολογικό κύκλο. Κάθε μέρα ο πλανήτης αποβάλλει μια μικρή ποσότητα νερού καθώς η υπεριάδης ακτινοβολία διασπά τα μόρια του νερού σε ιόντα. Ταυτόχρονα νέες ποσότητες νερού εμφανίζονται λόγω της ηφαιστειακής δραστηριότητας, έτσι ώστε η συνολική ποσότητα του νερού να διατηρείται περίπου σταθερή.



Εικόνα 3.1. Υδρολογικός κύκλος

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι ενέργεια που παράγεται από τη μετακίνηση του γλυκού νερού στους ποταμούς και τις λίμνες. Αυτό το νερό προέρχεται ως απορροή από τις βροχοπτώσεις. Οι βροχοπτώσεις δημιουργούνται από την ηλιακή ενέργεια διαμέσου σύνθετων διαδικασιών ενεργειακής μεταφοράς στην ατμόσφαιρα και μεταξύ της ατμόσφαιρας και της θάλασσας. Η δυναμική (λόγο βαρύτητας) ενέργεια που συνδέεται με αυτό το νερό το αναγκάζει να διατηρεί μία καθοδική ροή.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από την μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού σε κινητική και στην συνέχεια σε ηλεκτρισμό. Αυτό γίνεται: με την εκμετάλλευση της ροής του νερού σε υδάτινο αγωγό με φυσική κλίση, με αποθήκευση του νερού σε τεχνητή λίμνη ώστε να αυξηθεί το υδραυλικό ύψος, ή με ένα συνδυασμό των παραπάνω. Απαιτείται συνεπώς ένα σημαντικό δυναμικό βαρυτικού ύψους και μια ικανή ποσότητα ροής, ώστε να υπάρξει η δυνατότητα υδροηλεκτρικής παραγωγής. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια απόδειξη ότι η ηλιακή ενέργεια μπορεί να αναπτυχθεί κατά οικονομικό τρόπο σε μεγάλη κλίμακα. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι κατά κανόνα πιο οικονομική από την ηλεκτρική ενέργεια που έχει παραχθεί από καύση υδρογονανθράκων ή από πυρηνικά καύσιμα στους συμβατικούς θερμικούς σταθμούς.

3.1.1. Λειτουργία υδροηλεκτρικών μονάδων

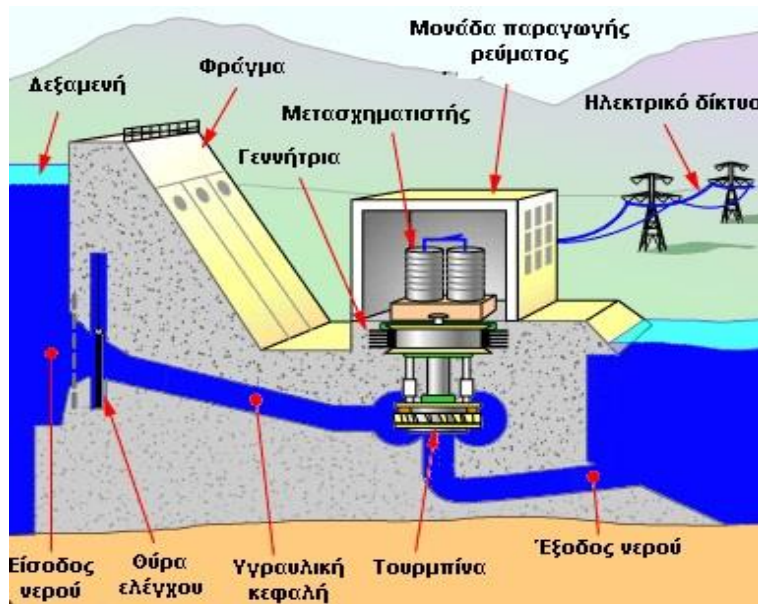
Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ). Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών τουρμπίνων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή ταξινομείται σε:

- υδροηλεκτρική ενέργεια μεγάλης κλίμακας και
- υδροηλεκτρική ενέργεια μικρής κλίμακας.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια μικρής κλίμακας διαφέρει σημαντικά από αυτή της μεγάλης σε ότι αφορά τις επιπτώσεις της στο περιβάλλον.

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες μεγάλης κλίμακας απαιτούν τη δημιουργία μεγάλων φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών για να αποθηκευτούν οι τεράστιες ποσότητες νερού που απαιτούνται από το σύστημα. Ενώ η παραγωγή ενέργειας από το νερό έχει τα οφέλη της από την άποψη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, έχει επίσης σημαντικές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας έχουν μια καταστρεπτική επίδραση στις ροές των ποταμών και στις παροχές νερού. Για την κατασκευή μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικών έργων χρειάζεται συνήθως να πλημμυρίσουν μεγάλες εκτάσεις εδάφους, οδηγώντας στη μετατόπιση των ανθρώπων που ζουν στην περιοχή, και στις αρνητικές επιδράσεις στην τοπική πανίδα και χλωρίδα.

Τα συστήματα μικρής κλίμακας τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια με αποτέλεσμα να έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερης δυναμικότητας των 30 MW χαρακτηρίζονται μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές. Κατά τη λειτουργία τους, μέρος της ροής ενός ποταμού οδηγείται σε στρόβιλο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας και συνακόλουθα ηλεκτρικής μέσω της γεννήτριας. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού κατόπιν επιστρέφει στο φυσικό ταμιευτήρα ακολουθώντας τη φυσική της ροή. Μια γεννήτρια μετατρέπει αυτή την ενέργεια σε ηλεκτρική. Σε αντίθεση με το ότι συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα, το νερό δεν αχρηστεύεται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα είναι ιδιαίτερα κατάλληλα ως μακρινές παροχές ηλεκτρικού ρεύματος για τις αγροτικές και απομονωμένες κοινότητες, ως οικονομική εναλλακτική λύση στην επέκταση ή αναβάθμιση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα παρέχουν μια πηγή φτηνής, ανεξάρτητης και συνεχούς ενέργειας, χωρίς υποβάθμιση του περιβάλλοντος.



Εικόνα 3.2. Παράδειγμα υδροηλεκτρικής μονάδας

Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού που περιστρέφει μια τουρμπίνα η οποία θέτει σε λειτουργία μια γεννήτρια. Οι περισσότερες υδροηλεκτρικές μονάδες χρησιμοποιούν ένα φράγμα το οποίο συγκρατεί μια μεγάλη ποσότητα νερού δημιουργώντας έτσι μια μεγάλη δεξαμενή. Κάποιες θύρες στο φράγμα ανοίγουν και λόγω της βαρύτητας το νερό περνάει σε έναν αγωγό ο οποίος το οδηγεί σε μια τουρμπίνα. Καθώς αυτό περνάει από τον αγωγό δημιουργεί μεγάλη πίεση. Το νερό πέφτει πάνω στις φτερωτές μιας τουρμπίνας και την περιστρέφει. Η περιστροφική αυτή κίνηση μεταφέρεται στην γεννήτρια η οποία είναι συνδεδεμένη με την τουρμπίνα με ένα άξονα. Καθώς οι φτερωτές της τουρμπίνας περιστρέφονται, περιστρέφουν τους μαγνήτες της γεννήτριας γύρω από ένα πηνίο θέτοντας σε κίνηση ηλεκτρόνια και δημιουργώντας έτσι εναλλασσόμενο ρεύμα.

Σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει συνεχής παροχή νερού, αλλά παρουσιάζονται εποχιακές διακυμάνσεις, όπως σε ένα, μεγάλο ποτάμι στο οποίο η παροχή ύδατος αυξάνεται σε περιόδους με χιόνια ή βροχοπτώσεις, το νερό δεσμεύεται και αποθηκεύεται σε τεχνητές λίμνες ή δεξαμενές για να χρησιμοποιηθεί όταν χρειαστεί. Η ποσότητα του αποθηκευμένου ύδατος και η θέση της δεξαμενής καθορίζουν αν ο σταθμός θα εγκατασταθεί στη βάση του φράγματος ή σε άλλη θέση χαμηλότερα από τη δεξαμενή ώστε να αξιοποιείται η υψομετρική διαφορά.

Οι μονάδες υδροηλεκτρικής ενέργειας με βάση την ισχύ που μπορούν να παράγουν, μπορούν να ταξινομηθούν και στις ακόλουθες κατηγορίες του Πίνακα 3.1:

Μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες	>100 MW, συνήθως τροφοδοτούν μεγάλο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας
Μεσαίες υδροηλεκτρικές μονάδες	15 - 100 MW, συνήθως ενισχύουν ένα δίκτυο ένα πλέγμα
Μικρές υδροηλεκτρικές μονάδες	1 - 15 MW, συνήθως ενισχύουν ένα δίκτυο
Μίνι υδροηλεκτρικές μονάδες	<1 MW και > 100 kW, αυτόνομες μονάδες ή συχνότερα ενισχύουν ένα δίκτυο
Μίκρο υδροηλεκτρικές μονάδες	>5 kW και < 100 kW, συνήθως παρέχουν ενέργεια σε μικρές κοινοτικές ή αγροτικές σε απομακρυσμένες από το δίκτυο περιοχές
Pico υδροηλεκτρικές μονάδες	<5 kW

Πίνακας 3.1. Κατηγορίες εγκαταστάσεων Υδροηλεκτρικής Ενέργειας.

3.1.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη θέση και το μέγεθος υδροηλεκτρικών σταθμών

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι ιδιαίτερα αποδοτικοί, αξιόπιστοι και με μεγάλο χρόνο ζωής. Ωστόσο, παρόλο που στα υδροηλεκτρικά έργα δεν παράγονται επιβλαβή αέρια, στα μεγάλα φράγματα λαμβάνονται υπόψη και άλλες περιβαλλοντολογικές παράμετροι όπως αντιπλημμυρικά έργα, η ποιότητα του ύδατος, καθώς επίσης και η επιρροή στη ζωή των ψαριών του ποταμού και των άλλων υπόλοιπων ζώων της περιοχής. Το μέγεθος ενός υδροηλεκτρικού σταθμού εξαρτάται κυρίως από:

- τη διαθέσιμη ετήσια ποσότητα ύδατος και το ρυθμό παροχής της και
- την «ευαισθησία» του κόστους εγκατεστημένης ισχύος στις μεταβολή της ισχύος του σταθμού.

Ένας επιπλέον παράγοντας που επηρεάζει το μέγεθος του σταθμού είναι καμπύλη φορτίου του συστήματος. Οποιαδήποτε ισχύς είναι μεγαλύτερη από αυτή που αντιστοιχεί στην ελάχιστη παροχή ύδατος δεν μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής. Αυτή η ισχύς ή ενέργεια, που ονομάζεται πρωτεύουσα είναι πάντα διαθέσιμη και αποτελεί την ασφαλή συμμετοχή του σταθμού στο πρόγραμμα του συστήματος κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες. Κάθε ισχύς ή ενέργεια πάνω από αυτή την τιμή ονομάζεται δευτερεύουσα και η χρησιμοποίησή της γίνεται με ένα βαθμό βεβαιότητας μικρότερο της μονάδας.

Όσον αφορά στη θέση εγκατάστασης του σταθμού, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει ο τύπος της υδραυλικής ενέργειας (π.χ. ροή ποταμού, υδατόπτωση), από τον οποίο εξαρτάται και το είδος της εγκατάστασης. Στην περίπτωση κατασκευής τεχνητής λίμνης χρειάζεται κατάλληλη επιλογή της θέσεως του φράγματος και του υδροηλεκτρικού σταθμού, ενώ απαιτείται ταυτόχρονα και η πραγματοποίηση υδρολογικών μελετών και η μελέτη στατιστικών στοιχείων συλλογής ύδατος στη λεκάνη απορροής από διάφορες προελεύσεις (χείμαρροι, χιονοπτώσεις κλπ). Επιπλέον, βασική παράμετρο του υδροηλεκτρικού σταθμού αποτελεί η στεγανότητα του εδάφους της λεκάνης υπό συνθήκες πλήρους φόρτισης της δεξαμενής, η οποία οφείλει να βασίζεται σε κατάλληλες εδαφολογικές και βραχομηχανικές μελέτες.

3.1.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδροηλεκτρικής ενέργειας

Τα κύρια πλεονεκτήματα της υδροηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από μονάδες μικρής και μεγάλης κλίμακας είναι:

- Οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις, παρέχουν καλή 24ωρη ημερήσια παραγωγή.
- Παρέχουν το μόνο εμπορικά σημαντικό μέσο για την αποθήκευση ενέργειας του δικτύου.
- Βελτιώνουν το συντελεστή φορτίου του συστήματος παραγωγής.
- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις απαιτηθεί, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς που απαιτούν σημαντικό χρόνο προετοιμασίας.
- Είναι μία “καθαρή” και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα προαναφερθέντα συνακόλουθα οφέλη (εξοικονόμηση συναλλάγματος, φυσικών πόρων, προστασία περιβάλλοντος).
- Μέσω των υδροταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, περιοχών αναψυχής και αθλητισμού.

Ως μειονεκτήματα αναφέρονται μόνο αποτελέσματα που σχετίζονται με τη δημιουργία έργων μεγάλης κλίμακας, όπως:

- Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εγκατάστασης εξοπλισμού, καθώς και ο συνήθως μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την αποπεράτωση του έργου,
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση της περιοχής του έργου (συμπεριλαμβανομένων της γεωμορφολογίας, της πανίδας και της χλωρίδας), καθώς και η ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, η υποβάθμιση περιοχών, οι απαιτούμενες αλλαγές χρήσης

γης. Επιπλέον, σε περιοχές δημιουργίας μεγάλων έργων παρατηρήθηκαν αλλαγές του μικροκλίματος, αλλά και αύξηση της σεισμικής επικινδυνότητάς τους.

Για τους λόγους αυτούς, η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή έργων μικρότερης κλίμακας, όπως η δημιουργία μικρότερων φραγμάτων, ο συστοιχίες μικρών υδροηλεκτρικών έργων και οι μονάδες μικρής κλίμακας.

3.1.4. Αξιοποίηση υδροηλεκτρικής ενέργειας

Στη χώρα μας έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό τα υδροηλεκτρικά έργα, τουλάχιστον για τις περιοχές που εμφανίζουν υψηλό δυναμικό. Έτσι η ΔΕΗ έχει εγκαταστήσει υδροηλεκτρικές μονάδες συνολικής ισχύος 3.052,4 MW ώστε πλέον σημαντικό ενδιαφέρον και δυναμική εμφανίζουν τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα.

Ωστόσο, η πρόσφατη νομοθεσία παρέχει τη δυνατότητα και στον ιδιωτικό τομέα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια και επιδιώκει να ενισχύσει σημαντικά το ενδιαφέρον επενδυτών στον τομέα των υδροηλεκτρικών. Πολλές κοινότητες αλλά και ιδιώτες έχουν εκφράσει το ενδιαφέρον τους για τη κατασκευή και εκμετάλλευση μικρών υδροηλεκτρικών εργοστασίων.

Επιπρόσθετα, συνήθως τέτοιες επενδύσεις επιχορηγούνται και συγχρηματοδοτούνται από το Ελληνικό Κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ ο αναπτυξιακός νόμος 2601 του 1998 επιχορηγεί με 40% του συνολικού κόστους του έργου.

Παρ' όλα αυτά ένα μεγάλο μέρος του υδροηλεκτρικού δυναμικού της χώρας παραμένει αναξιοποίητο και εντοπίζεται κυρίως στην ηπειρωτική Ελλάδα. Σε αυτήν την περιοχή βρίσκεται σύμφωνα με συντηρητικές εκτιμήσεις το 30% του συνολικού δυναμικού της χώρας. Αυτό το δυναμικό θα μπορούσε να καλύψει σημαντικό ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Όλοι οι ποταμοί της Ηπείρου έχουν τι πηγές τους στην οροσειρά της Πίνδου. Η οροσειρά της Πίνδου έχει σημαντικές βροχοπτώσεις και εδαφολογία τέτοια ώστε να μπορούμε να εκμεταλλευτούμε το υδάτινο δυναμικό από μεγάλες υψομετρικές διαφορές ενώ από την άλλη πλευρά το έδαφος της οροσειράς είναι τέτοιο που ευνοεί τη δημιουργία τεχνητών λιμνών και δεξαμενών ύδατος.

3.2. Θαλάσσια ενέργεια

Μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία μέχρι σήμερα ελάχιστα έχει αξιοποιηθεί, είναι η ενέργεια της θάλασσας. Οι θαλάσσιες μάζες καλύπτουν το 75% της επιφάνειας του πλανήτη.

Η θαλάσσια επιφάνεια απορροφά τεράστιες ποσότητες ηλιακής και αιολικής ενέργειας, η οποία εμφανίζεται στη θάλασσα σε διάφορες μορφές, όπως κύματα ή ρεύματα. Επιπλέον, το θαλάσσιο σύστημα επηρεάζεται από τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις του πλανήτη μας με τον Ήλιο και τη Σελήνη. Ο μηχανισμός αυτός, αργά αλλά ρυθμικά, κινητοποιεί ασύλληπτες ποσότητες ύδατος, δημιουργώντας το φαινόμενο της παλίρροιας. Διάφορες άλλες πηγές ενέργειας στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι το θερμικό δυναμικό μεταξύ των ανώτερων (θερμότερων) και των κατώτερων (ψυχρότερων) θαλάσσιων στρωμάτων, ή οι μεταβολές πυκνότητας σε θαλάσσια στρώματα διαφορετικής αλατότητας.

Οι μορφές θαλάσσιας ενέργειας είναι λοιπόν πολλές και οι ποσότητες ενέργειας οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν τεράστιες. Κοινή ιδιότητα των μορφών θαλάσσιας ενέργειας είναι η υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, η οποία είναι η υψηλότερη μεταξύ των ανανεώσιμων.

Σήμερα, διάφορες τεχνολογίες κυματικής και παλιρροιακής ενέργειας έχουν φτάσει σε τέτοιο στάδιο τεχνικής ωρίμανσης, ώστε η μαζική αξιοποίηση της θάλασσας για παραγωγή «καθαρής» και «φτηνής» ενέργειας να θεωρείται πλέον εφικτή. Η παραγωγή ενέργειας από τη θάλασσα ενδιαφέρει άμεσα τη χώρα μας, με τον μεγάλο αριθμό νησιών, αλλά και την τεράστια ακτογραμμή της (περ. 13.700χλμ.), η οποία είναι η μακρύτερη στην Ε.Ε.. Το Αιγαίο Πέλαγος διαθέτει αξιοποιήσιμο θαλάσσιο ενεργειακό δυναμικό, το υψηλότερο της Μεσογείου, με την εκμετάλλευση του οποίου θα μπορούσε να καλυφθεί σημαντικό ποσοστό των ενεργειακών αναγκών μας.

3.2.1. Μορφές θαλάσσιας ενέργειας

Οι κύριες μορφές θαλάσσιας ενέργειας είναι οι εξής:

- ενέργεια των κυμάτων
- ενέργεια της παλίρροιας
- ενέργεια από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού των ωκεανών

3.2.1.1. Ενέργεια των κυμάτων

Η ενέργεια του θαλάσσιου κυματισμού είναι, όπως όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ανεξάντλητη. Υπολογίζεται ότι η αξιοποίηση του 1% του κυματικού δυναμικού του πλανήτη μας θα κάλυπτε στο τετραπλάσιο την παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση. Παρουσιάζει μεταξύ των ανανεώσιμων την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα.

Μεταξύ των διάφορων μορφών κυματισμού, ο ανεμογενής κυματισμός παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για ενεργειακή εκμετάλλευση. Τα ανεμογενή κύματα δημιουργούνται από την αλληλεπίδραση του ανέμου με τη θαλάσσια επιφάνεια. Εφόσον δημιουργηθεί ο ανεμογενής κυματισμός, μπορεί να «ταξιδέψει» χιλιάδες χιλιόμετρα με ελάχιστε απώλειες.

Η τεχνικά εκμεταλλεύσιμη ενέργεια από τα κύματα για τα κράτη της Ε.Ε. υπολογίζεται συνολικά σε 150-230 TWh/έτος, από τα οποία περ. 5 TWh/έτος αντιστοιχούν στις ελληνικές θάλασσες. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί περίπου στο 105 της κατανάλωσης ηλεκτρισμού στη χώρα μας.

Η παραγωγή ενέργειας από τα κύματα συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: μηδαμινή ρύπανση, αποκέντρωση παραγωγής, ανεξάρτηση από εισαγωγές, ανάπτυξη απομακρυσμένων περιοχών, δημιουργία θέσεων εργασίας κ.ά. Επιπλέον, σε αντίθεση με άλλες ανανεώσιμες, οι εγκαταστάσεις κυματικής ενέργειας δεν δεσμεύουν γη, ενώ η οπτική και ακουστική όχληση είναι μηδαμινή, ειδικά όταν πρόκειται για υπεράκτιες ή υποβρύχιες εγκαταστάσεις.

Αν και η συστηματική έρευνα στην εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας έχει ξεκινήσει από δεκαετίες, οι σχετικές τεχνολογίες δεν έχουν περιέλθει ακόμη σε στάδιο εμπορικής εκμετάλλευσης. Ο κύριος λόγος είναι το αντίξοο περιβάλλον, το οποίο συντελεί ανασταλτικά και έχει επιβραδύνει την ανάπτυξη στον τομέα αυτό. Ωστόσο, οι προσπάθειες των προηγούμενων δεκαετιών έχουν αρχίσει να αποδίδουν καρπούς. Οι τεχνολογίες που αναφέρονται πιο κάτω έχουν φτάσει σήμερα σε τέτοιο στάδιο τεχνικής «ωρίμανσης», ώστε βραχυπρόθεσμα θα μπορούσε να ξεκινήσει η μαζική τους εγκατάσταση για ηλεκτροδότηση παράκτιων περιοχών, νησιών, κλπ:

- *Παλλόμενη στήλη ύδατος*, πρόκειται για έναν θάλαμο αέρα, βυθισμένο κατακόρυφα στο μισό μήκος του περίπου, ανοικτό προς την πλευρά του πυθμένα. Η παλινδρομική κίνηση της θαλάσσιας επιφάνειας προκαλεί ρυθμική συμπίεση-αποσυμπίεση της αέριας μάζας μέσα στον θάλαμο, η οποία χρησιμοποιείται για την κίνηση αεροστρόβιλου. Δύο σταθμοί της κατηγορίας αυτής έχουν εγκατασταθεί στις Πορτογαλικές Αζόρες και στη νήσο Islay στη βόρεια Σκωτία.
- *Πλωτήρες*, στην επιφάνεια της θάλασσας ή αγκυροβολημένοι στον θαλάσσιο πυθμένα, οι οποίοι ακολουθούν την κατακόρυφη κίνηση της θαλάσσιας επιφάνειας. Η παλινδρομική κίνηση του πλωτήρα μετατρέπεται μέσω μηχανικών ή υδραυλικών συστημάτων σε περιστροφική για την κίνηση ηλεκτρογεννήτριας. Ένα σύστημα αυτής της κατηγορίας, με πλωτήρες διαμέτρου 2 μ., το οποίο εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για αφαλάτωση νερού, έχει κατασκευασθεί και δοκιμασθεί με επιτυχία από την ελληνική εταιρεία Κυματική Ενέργεια Α.Ε..
- *Πλωτές δεξαμενές*, οι οποίες περισυλλέγουν το νερό των κυμάτων σε στάθμη υψηλότερη από τη μέση στάθμη της θαλάσσιας επιφάνειας. Η διαφορά στάθμης χρησιμοποιείται για την κίνηση ενός ή περισσότερων υδροστρόβιλων. Ο γνωστότερος εκπρόσωπος της κατηγορίας αυτής είναι ο πλωτός σταθμός Wave Dragon, ο οποίος δοκιμάζεται την παρούσα περίοδο στις ακτές της Δανίας.
- *Πλωτά, αρθρωτά συστήματα*, τα οποία στις αρθρώσεις φέρουν αντλίες. Με τις κινήσεις του κυματισμού οι αντλίες συμπιέζουν υδραυλικό υγρό και δίνουν κίνηση σε υδραυλικούς κινητήρες. Το σύστημα Pelamis, της βρετανικής εταιρίας Ocean Power Delivery, ονομαστικής ισχύος 750 kW, έχει ήδη δοκιμασθεί με επιτυχία σε διασυνδεδεμένη λειτουργία και ετοιμάζεται η εγκατάσταση κυματικού πάρκου με 31 μηχανές Pelamis στις πορτογαλικές ακτές.

Οι παραπάνω τεχνολογίες έχουν ήδη αποδείξει της αξιοπιστία τους στην ανοικτή θάλασσα. Το ηλεκτροπαραγωγικό κόστος παραμένει συγκριτικά υψηλό (8-10 cEuro/kWh), ωστόσο η περαιτέρω τεχνολογική εξέλιξη αναμένεται να οδηγήσει στη μείωσή του. Για το λόγο αυτό, η εμπορική εκμετάλλευση της ενέργειας του θαλάσσιου κυματισμού στο κοντινό μέλλον θεωρείται πλέον εφικτή.

3.2.1.2. Ενέργεια της παλίρροιας

Οι τεχνολογίες παλιρροιακής ενέργειας αξιοποιούν την αυξομείωση της θαλάσσιας στάθμης κατά την παλίρροια. Οι παλίρροιας προκαλούνται κατά κύριο λόγο από την επίδραση των βαρυτικών πεδίων του Ήλιου και της Σελήνης. Έχουν σταθερές περιόδους περίπου 12,5 και 24 ωρών, και για το λόγο αυτό είναι προβλέψιμες. Σε ορισμένες περιοχές του Πλανήτη, όπου το φαινόμενο ενισχύεται λόγω της ιδιαίτερης μορφολογίας του πυθμένα, η αυξομείωση της θαλάσσιας στάθμης της παλίρροιας εμφανίζεται δύο φορές το μήνα, όταν η Σελήνη ευθυγραμμίζεται με τη Γη και τον Ήλιο, οπότε οι δυνάμεις βαρύτητας του ήλιου και της Σελήνης δρουν σε παράλληλους άξονες. Ελάχιστη παλίρροια εμφανίζει δυνάμεις που δρουν σε ορθή γωνία μεταξύ τους.

Οι αυξομειώσεις της θαλάσσιας στάθμης κατά την παλίρροια είναι συνυφασμένες με «παλιρροιακά ρεύματα», οριζόντιες μετατοπίσεις θαλάσσιες μάζας, οι οποίες έχουν περίπου την ίδια περιοδικότητα. Τα ρεύματα είναι ισχυρά, και θεωρούνται ιδιαίτερα κατάλληλα για ενεργειακή αξιοποίηση, επειδή εμφανίζονται σε σχετικά μικρά βάθη. Σε μέγιστη παλίρροια, η ταχύτητα του παλιρροιακού ρεύματος μπορεί να ξεπεράσει τα 3-4 m/sec.

Διακρίνουμε λοιπόν μεταξύ των τεχνολογιών «παλιρροιακής στάθμης», οι οποίες αξιοποιούν τη «δυναμική» ενέργεια της παλίρροιας και «παλιρροιακών ρευμάτων», οι οποίες αξιοποιούν την «κινητική» ενέργεια της παλίρροιας.

Η εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας της παλίρροιας γίνεται με την κατασκευή ενός φράγματος στην είσοδο ενός κόλπου ή θαλάσσιου διαύλου, δημιουργώντας έτσι μία φυσική δεξαμενή. Κατά την άνοδο της παλίρροιας το νερό εισέρχεται στη φυσική αυτή δεξαμενή μέσα από υδατοφράκτες, οι οποίοι κλείνουν όταν η παλίρροια φτάσει στο ζενίθ. Οι υδατοφράκτες ανοίγουν πάλι στο ναδίρ της παλίρροιας, επιτρέποντας την έξοδο του νερού διαμέσου υδροστροβίλων. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να θεωρηθεί «ώριμη». Ωστόσο, λίγοι σταθμοί αυτού του τύπου έχουν κατασκευασθεί ανά τον κόσμο – μεγαλύτερος, συνολικής ισχύος 240 MW, κατασκευάστηκε τη δεκαετία του 1960 στη γαλλική πόλη La Rance και λειτουργεί από τότε με επιτυχία.

Η εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας της παλίρροιας θεωρείται οικονομικά αποδοτική για μέση παλιρροιακή στάθμη τουλάχιστον 5-6 μ. Έτσι, οι περιοχές με αξιοποιήσιμο δυναμικό περιορίζονται σε λίγα σημεία του Πλανήτη. Επιπλέον, έργα τόσο μεγάλης κλίμακας έχουν σημαντικές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις αφενός, και υψηλό κατασκευαστικό κόστος αφετέρου. Για τους λόγους αυτούς οι προοπτικές εμπορικής αξιοποίησης αυτής της μορφής ενέργειας είναι μάλλον περιορισμένες.

Τα παλιρροϊκά ρεύματα θεωρούνται ιδιαίτερα αποδοτική πηγή ενέργειας. Την τελευταία δεκαετία πολλοί ευρωπαϊκοί οργανισμοί και τεχνικές εταιρείες έχουν εστιάσει τις δραστηριότητές τους σε αυτόν τον τομέα. Οι τεχνολογίες είναι παρόμοιες προς αυτές της αιολικής ενέργειας, χρησιμοποιούν δηλ. στροβίλους οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα, πλωτούς ή πακτωμένους στον θαλάσσιο πυθμένα. Λόγω της πολύ μεγαλύτερης πυκνότητας του ύδατος, το μέγεθος ενός στροβίλου παλιρροιακού ρεύματος μπορεί να είναι πολύ μικρότερο, περίπου το $\frac{1}{4}$, από αυτό μίας ανεμογεννήτριας της ίδιας ηλεκτρικής ισχύος. Επιπλέον, η οπτική και ακουστική όχληση από στροβίλους παλιρροιακών ρευμάτων είναι μηδαμινή.

Στην Ευρώπη, αξιοποιήσιμα παλιρροιακά ρεύματα εντοπίζονται στα στενά της Μάγχης και στη νότια Ιρλανδία. Επίσης σημαντικά ρεύματα απαντώνται στην περιοχή της Μεσσίνας στην Ιταλία, καθώς και στο Αιγαίο Πέλαγος, με γνωστότερο το ρεύμα του Ευρίπου.

3.2.1.3. Ενέργεια από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού των ωκεανών

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμόμετρου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C ώστε να είναι εκμεταλλεύσιμη από μία θερμική μηχανή.

3.2.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα θαλάσσιας ενέργειας

Από όλες τις προαναφερόμενες τεχνολογίες θαλάσσιας ενέργειας ο κυματισμός συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα, ενώ οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση τεχνολογιών κυματικής ενέργειας θεωρούνται ήπιες. Αξιοσημείωτο είναι ότι η εγκατάσταση σταθμών κυματικής ενέργειας δεν απαιτεί δέσμευση γης. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της θαλάσσιας ενέργειας είναι τα παρακάτω:

Πλεονεκτήματα:

- Η ενέργεια είναι δωρεάν καθώς δεν χρησιμοποιείται κανένα είδος καύσιμης ύλης.
- Δεν είναι ακριβή η λειτουργία και η συντήρηση των μονάδων παραγωγής ενέργειας μέσω των θαλάσσιων κυμάτων.
- Είναι φιλικά προς το περιβάλλον καθώς κατά τη λειτουργία της μονάδας δεν παράγονται απόβλητα.
- Δίνεται η δυνατότητα παραγωγής ενός μεγάλου ποσού ενέργειας.
- Αποθέματα της πρώτης ύλης (νερό) υπάρχουν σε αφθονία σε παγκόσμια κλίμακα μιας και υδάτινο είναι το 75% της επιφάνειας του πλανήτη μας.
- Μικρό χρονικό διάστημα ανάμεσα στην έρευνα, την εγκατάσταση και τη λειτουργία μίας τέτοιας μονάδας.
- Προστατεύουν την ακτή στην οποία βρίσκονται, πράγμα πολύ χρήσιμο σε λιμάνια.
- Δεν δημιουργούν προβλήματα στις μετακινήσεις των ψαριών (εκτός από τα παλιρροϊκά φράγματα).
- Η κατασκευή τέτοιων εγκαταστάσεων έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία προστατευμένων υδάτινων περιοχών οι οποίες είναι ελκυστικές για διάφορα είδη ψαριών και υδρόβιων πουλιών.

Μειονεκτήματα:

- Η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από τη δύναμη των κυμάτων, όπου άλλες φορές παίρνουμε μεγάλα ποσά ενέργειας και άλλες φορές δυναμικά. Αντίστοιχα στη παλίρροια εξαρτάται από την κίνηση των υδάτων.
- Απαιτείται προσεκτική επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης της μονάδας καθώς θα πρέπει ανάλογα με την περίπτωση ή να έχουμε δυνατά κύματα ή θα πρέπει να εμφανίζονται τα φαινόμενα της παλίρροιας και της άμπωτης.
- Πολλές από τις εγκαταστάσεις είναι θορυβώδης.
- Οι εγκαταστάσεις πρέπει να κατασκευάζονται με ειδικό τρόπο ώστε να αντέχουν στις δύσκολες καιρικές συνθήκες που θα αντιμετωπίσουν.
- Το κόστος μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας στη στεριά είναι πολύ υψηλό.

3.2.3. Αξιοποίηση θαλάσσιας ενέργειας

Σύμφωνα με μελέτες, το υπεράκτιο κυματικό δυναμικό για τις χώρες της Ε.Ε., εκτιμάται σε 320-330 GW από τα οποία περίπου 30GW, αφορούν τη Μεσόγειο Θάλασσα. Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα υψηλότερα εκμεταλλεύσιμα “αποθέματα” κυματικού δυναμικού εμφανίζονται στις Ευρωπαϊκές χώρες που βρέχονται από τον Ατλαντικό (Ιρλανδία, Μ. Βρετανία, Πορτογαλία, Νορβηγία, Δανία κ.ά.), με μέσες τιμές κυματικής ενέργειας, η οποία σε ορισμένες περιοχές ξεπερνάει τα 70-80 kW/m σε ετήσια βάση.

Η Ελλάδα, συγκαταλέγεται στις χώρες με αξιοποιήσιμους πόρους κυματικής ενέργειας και σύμφωνα με πρόσφατα επιστημονικά ευρήματα, η περιοχή του Αιγαίου Πελάγους παρουσιάζει τα υψηλότερα επίπεδα κυματικού δυναμικού στην Μεσόγειο (4-11 kW/h έναντι 25-70 kW/h στον Ανατολικό Ατλαντικό και 10-25 kW/h στην Β. Θάλασσα), ενέργεια η οποία μέχρι σήμερα παραμένει ανεκμετάλλευτη.

Η εγκατάσταση σταθμών κυματικής ενέργειας θα μπορούσε να καλύψει σε σημαντικό βαθμό τις ανάγκες στον νησιωτικό χώρο του Αιγαίου, όπου η ηλεκτροδότηση γίνεται κατά κύριο λόγο από σταθμούς ντίζελ με τεράστιο κόστος για την ΔΕΗ και υψηλά επίπεδα μόλυνσης του περιβάλλοντος. Η τεχνικά εκμεταλλεύσιμη κυματική ενέργεια για τα κράτη

μέλη της Ε.Ε. υπολογίζεται συνολικά σε 150-230 TWh/έτος, από τα οποία 5-9 TWh/έτος αντιστοιχούν στις ελληνικές θάλασσες.

Για τις επικρατέστερες τεχνολογίες κυματικής ενέργειας το ηλεκτροπαραγωγικό κόστος έχει μειωθεί σημαντικά στα επίπεδα των 6-9 Euro/kWh, ενώ αναμένεται περαιτέρω μείωση του κόστους αυτού. Το γεγονός αυτό κάνει τις τεχνολογίες αυτές οικονομικά συμφέρουσες και διανοίγει προοπτικές βιομηχανικής εκμετάλλευσης τους στο εγγύς μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΜΑΖΑ

4.1 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. Ειδικότερα, η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών ή αέριων καυσίμων. 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, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, 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..
- Το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων 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, νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:

**Νερό + Διοξείδιο του άνθρακα + Ηλιακή ενέργεια
(φωτόνια) + Ανόργανα στοιχεία ⇒ Βιομάζα + Οξυγόνο**

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 συμβάλλει 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.

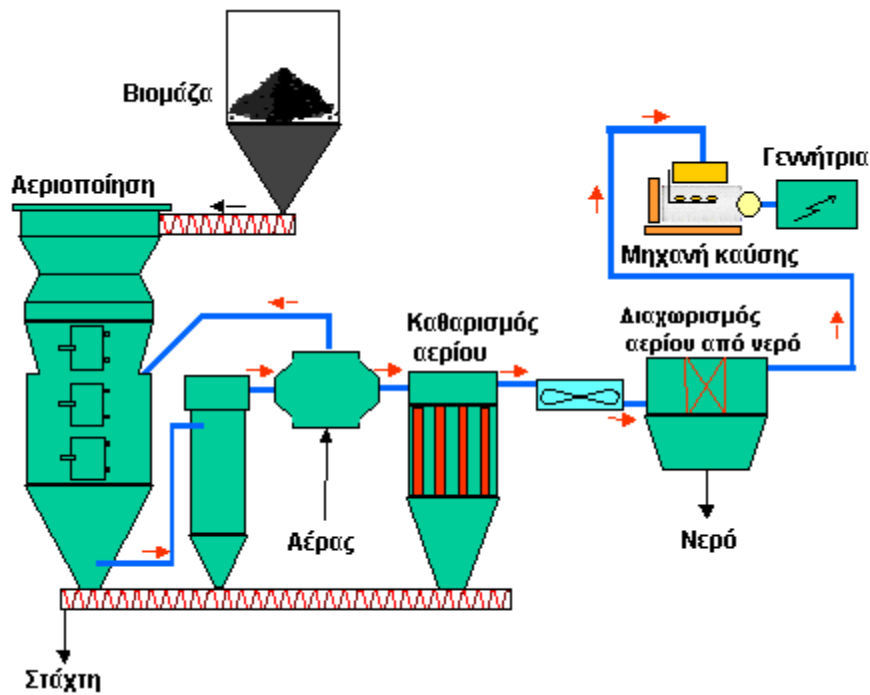
4.1.1 Είδη Βιομάζας

Πρακτικά υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας :

1. Οι υπολειμματικές μορφές (τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, τα ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα-λύματα). Διακρίνονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:
 - Τα υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή το δάσος μετά τη συγκομιδή του κύριου προϊόντος. Τέτοιου είδους υπολείμματα είναι το άχυρο σιτηρών, τα βαμβακοστελέχη, τα κλαδοδέματα κ.ά.
 - Τα υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών, όπως ελαιοπυρήνες, υπολείμματα εκκοκκισμού, πριονίδια κ.ά.
 - Τις ενεργειακές καλλιέργειες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοενέργειας και βιοκαυσίμων και είναι είτε παραδοσιακές καλλιέργειες (ζαχαροκάλαμο και καλαμπόκι για βιοαιθανόλη, ηλίανθος για βιοντίζελ, λεύκα και ιτιά για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, κ.λ.π.), είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται προς το παρόν εμπορικά, όπως ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και το καλάμι.
 - Το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων, βιομηχανικών λυμάτων και αστικών αποβλήτων.
2. Η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες. Εμφανίζεται με τις εξής μορφές:
 - Γεωργικά υπολείμματα αγρού (άχυρο σιτηρών, υπολείμματα καλαμποκιού, κλαδοδέματα δενδρωδών καλλιιεργειών, κ.ά.)
 - Βιομάζα δασικής προέλευσης (καυσόξυλα, ξυλάνθρακες, υπολείμματα επεξεργασίας του ξύλου κ.ά.)
 - Ενεργειακές καλλιέργειες (γλυκό σόργο, ευκάλυπτος, καλάμι, αγριαγκινάρα, κ.ά.). Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι ενεργειακές καλλιέργειες έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφάνειας και την ευκολότερη συλλογή.
 - Απόβλητα κτηνοτροφίας (ζωικά περιττώματα, εντόσθια, κ.ά.)
 - Αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, καθώς και απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων (ελαιοτριβεία, τυροκομεία, κ.ά.)
 - Οργανικό μέρος Αστικών Στερεών Αποβλήτων και Αστικά Λύματα.

4.1.2 Μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας

Σκοπός της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι η παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού και κίνησης (βιοκαυσίμων μεταφορών). Ανάλογα με την εκάστοτε διαθέσιμη πρώτη ύλη επιλέγεται και η κατάλληλη διεργασία για την βέλτιστη ενεργειακή της αξιοποίηση. Οι διεργασίες που είναι διαθέσιμες για τη βέλτιστη ενεργειακή της αξιοποίηση διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: τις θερμοχημικές, τις βιοχημικές και τις χημικές. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την καύση, την αεριοποίηση και την πυρόλυση. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει την αναερόβια χώνευση και την αλκοολική ζύμωση και η τρίτη κατηγορία την μετεστερεοποίηση.



Εικόνα 4.1. Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα

Αναλυτικά οι μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας είναι η καύση που ως προϊόν της έχει την παραγωγή θερμότητας, η πυρόλυση η οποία είναι μια θερμική διαδικασία (450-600 βαθμούς Κελσίου) όπου γίνεται η αποικοδόμηση της βιομάζας με απουσία του οξυγόνου. Στην πυρόλυση παράγονται το βιοέλαιο 70%, το βιοαέριο 15% και ο ξυλάνθρακας 15%. Υπάρχει επίσης και η διαδικασία της αεριοποίησης της βιομάζας όπου γίνεται η θερμική της αποικοδόμηση στους 750-850 βαθμούς Κελσίου κατά την απουσία οξυγόνου. Τα παραγόμενα προϊόντα είναι το βιοαέριο, η πίσσα και ο ξυλάνθρακας. Όσον αφορά τα υγρά βιοκαύσιμα που προέρχονται από την επεξεργασία της βιομάζας είναι το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη. Το βιοντίζελ παράγεται από φυτικά έλαια κυρίως με μετεστεροποίηση. Η βιοαιθανόλη παράγεται κυρίως από την ζύμωση των αμυλούχων και σακχαρούχων συστατικών (αλκοολική ζύμωση).

Από τις παραπάνω διεργασίες, οι πιο ώριμες τεχνολογικά για ηλεκτροπαραγωγή, γι' αυτό και οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες, είναι η καύση στερεής βιομάζας και η αξιοποίηση (καύση) του βιοαερίου που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση.

4.2 Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας – Εφαρμογές

4.2.1 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' ό,τι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Πράγματα, οι συμβατικοί σταθμοί παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης 15-40 %, ενώ στα συστήματα συμπαραγωγής αυτός φτάνει μέχρι και 75-85%.

Η συμπαραγωγή από βιομάζα στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικό περιφερειακό επίπεδο. Η εξάπλωση της εφαρμογής της πρέπει να εξετασθεί με βασικό στόχο τη δημιουργία πολλών μικρών αποκεντρωμένων σταθμών συμπαραγωγής. Αυτοί 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 ιδιοκαταναλώνονται είτε να πωλείται 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 περίπου 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 Mcal/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 έως και 500 kW. Μετά την εκτόνωση του, ο ατμός οδηγείται, μέσω σωληνώσεων, αφ' ενός σε εναλλάκτες θερμότητας, όπου θερμαίνεται ο αέρας σε θερμοκρασία 130 βαθμούς Celsius, ο οποίος, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται για την ξήρανση του βαμβακιού σε ειδικούς γι' αυτό το σκοπό πύργους, αφ' ετέρου στο σπορευματοστάσιο, όπου χρησιμοποιείται στις πρέσες ατμού για την εξαγωγή του βαμβακέλαιου. 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 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.

4.2.2. 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 μια 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.

4.2.3. 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 μονάδα θερμοκηπίων έκτασης 2 στρεμμάτων, στο Νομό Σερρών, στην οποία καλλιεργούνται οπωροκηπευτικά. Σε αυτή τη μονάδα έχει εγκατασταθεί σύστημα παραγωγής θερμότητας, συνολικής θερμικής ισχύος 400.000kcal/h, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο άχυρο σιτηρών. Η ετήσια εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται φθάνει τους 40 τόνους πετρελαίου.

4.2.4. Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας

Η παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική διεργασία (Σχ. 4.1) 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 κυτταρινών και ημικυτταρινών βρίσκεται υπό εξέλιξη. Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμιξη με βενζίνη, ως καύσιμο κίνησης.

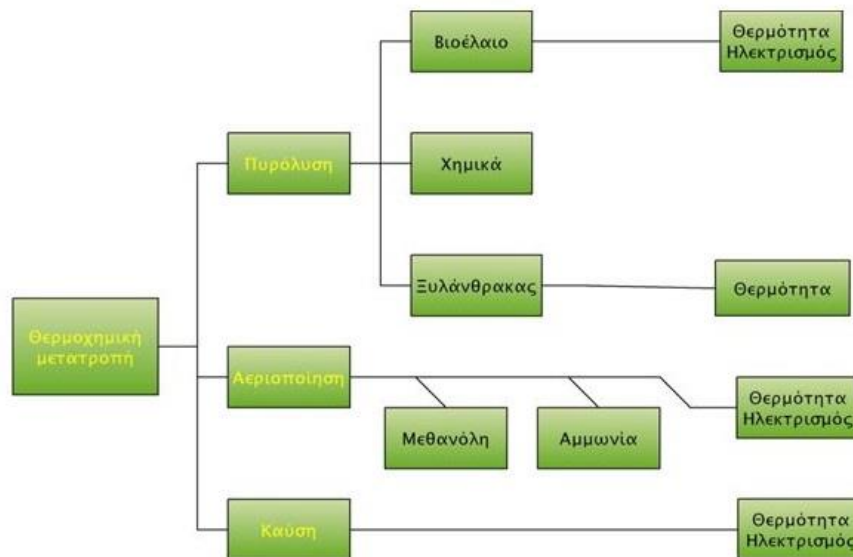


Σχήμα 4.1. Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας

Παρά το γεγονός ότι, εκτός ελαχίστων περιπτώσεων 9π.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 Η.Π.Α.. 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.

4.2.5. Παραγωγή καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας

Η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας (Σχ. 4.2) οδηγεί είτε 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 4.2. Παραγωγή καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή 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 ενέργειας (μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά.). Η αστραπιαία πυρόλυση της βιομάζας αποτελεί την οικονομικότερη διεργασία ηλεκτροπαραγωγής, ιδίως στην περιοχή μικρής κλίμακας ισχύος ($5 < MWe$).

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.

4.2.6. Ενεργειακές καλλιέργειες

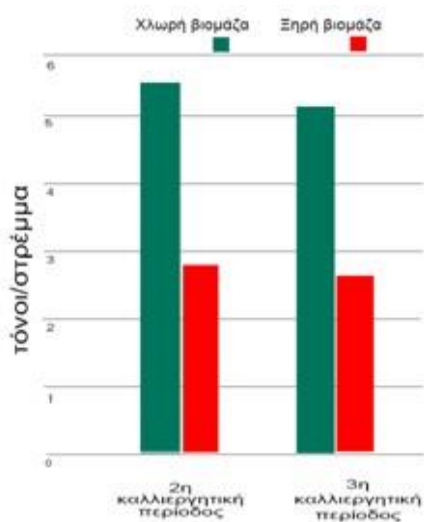
Οι ενεργειακές καλλιέργειες, στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο ορισμένα καλλιεργούμενα είδη όσο και άγρια φυτά, έχουν σαν σκοπό την παραγωγή βιομάζας, η οποία μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα σχετικά με τις εφαρμογές της βιομάζας. Οι σημαντικότερες παγκοσμίως χρήσεις της βιομάζας που προέρχεται από τέτοιου είδους καλλιέργειες, σε ανεπτυγμένες χώρες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

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, σιτάρι, κλπ.	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	75.000 τόνοι/έτος
Άλλες χώρες της Ε.Ε.	ελαιοκρόμβη & ηλίανθος	βιοντήζελ	καύσιμο μεταφοράς	500.000 τόνοι/έτος
Σουηδία	ιτιά	ψιλοτεμαχισμένο ξύλο	καύση	2 εκατομμύρια στρέμματα/έτος

Πίνακας 4.1. Ενεργειακές καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας

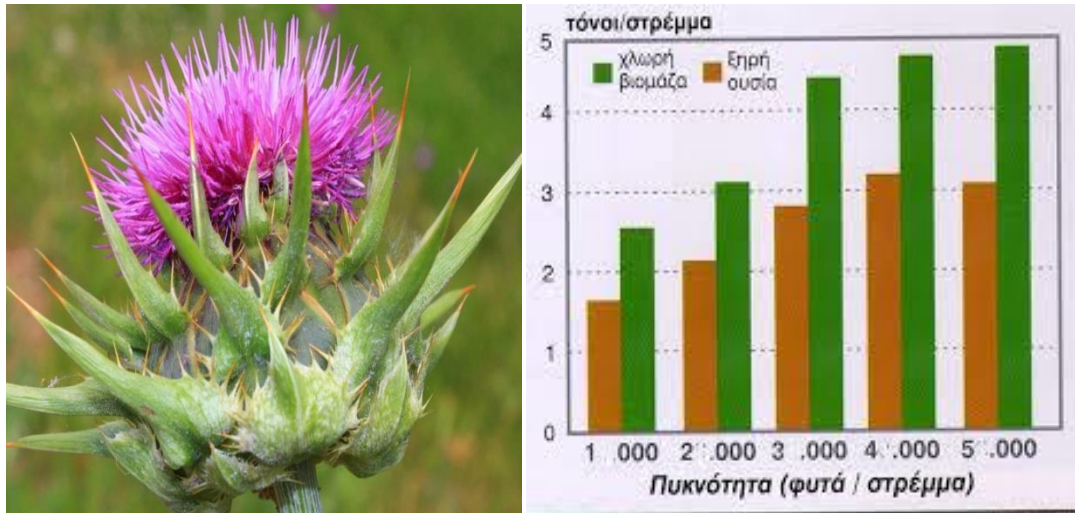
Ειδικά στην Ελλάδα, εξαιτίας των ευνοικών κλιματικών συνθηκών, πολλές καλλιέργειες προσφέρονται για ενεργειακή αξιοποίηση και δίνουν υψηλές στρεμματικές αποδόσεις. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι του καλαμιού, της αγριαγκινάρας, του σόργου του σακχαρούχου, του μίσχανθου, του ευκαλύπτου και της ψευδοακακίας, 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.4.3) 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 4.3. Φυτεία καλαμιού σε παραθαλάσσια περιοχή στη Νότια Ελλάδα (αριστερά) και παραγωγή βιομάζας (δεξιά) κατά την τελική συγκομιδή, για δυο καλλιεργητικές περιόδους

- Η αγριαγκινάρα είναι ένα άλλο σημαντικό φυτό (Σχ.4.4), 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, πλεονέκτημα 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 αγριαγκινάρα 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 ιτιά, της οποίας η κοπή γίνεται κάθε τέσσερα χρόνια. Η παραγόμενη ποσότητα βιομάζας, αφού προηγουμένως ψιλοτεμαχισθεί, οδηγείται σε μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.

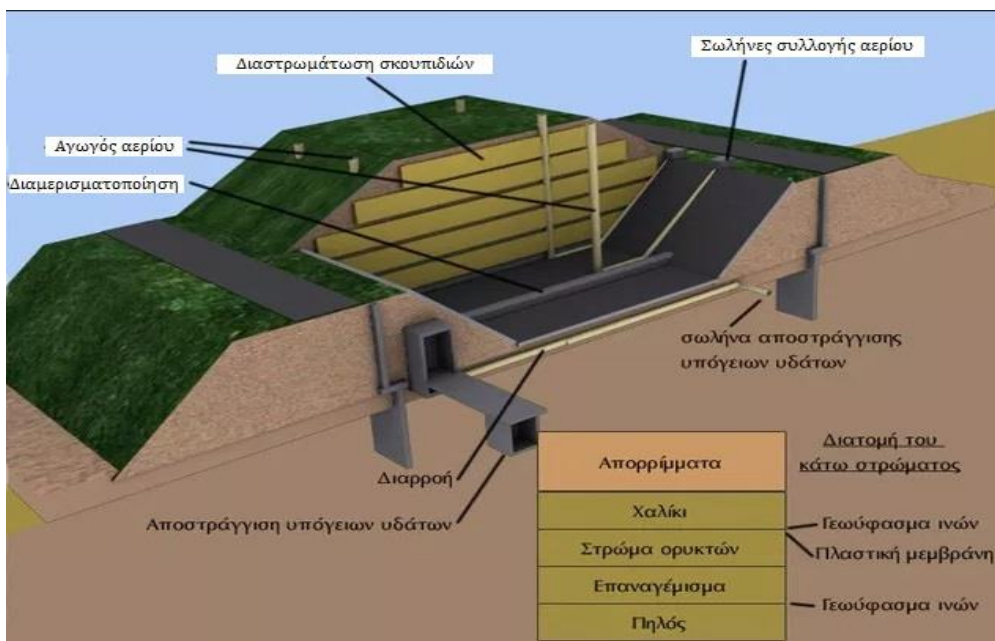


Σχήμα 4.4. Αγριαγκινάρα (αριστερά) και παραγωγή βιομάζας ανά στρέμμα (δεξιά)

2.2.7. 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, πτηνοτροφείων, 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 συμβάλλει 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 4.5. Η μαστευσή 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 αποτιθέμενων 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 4.5. Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)

4.2.8. 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.

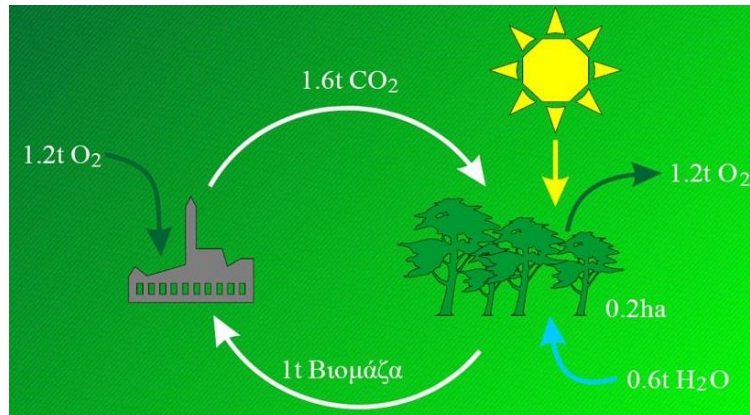
Συμβάλλει, όμως, και στην εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, τα οποία θα απαιτούνταν για την κατ' άλλο τρόπο παραγωγή ανόργανων λιπασμάτων ίσης λιπαντικής αξίας. Η μονάδα έχει δυναμικότητα επεξεργασίας 30.000 τόνων πτηνοτροφικών αποβλήτων ετησίως και η ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται,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

2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιομάζας

Τα πλεονεκτήματα τα οποία χαρακτηρίζουν την βιομάζα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι τα εξής :

1. Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, 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.
2. Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) πθ 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 προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους, οι χαμηλές εισροές σε λιπάσματα, η μείωση της χρήσης των φυτοφαρμάκων και η εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας.

4. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.



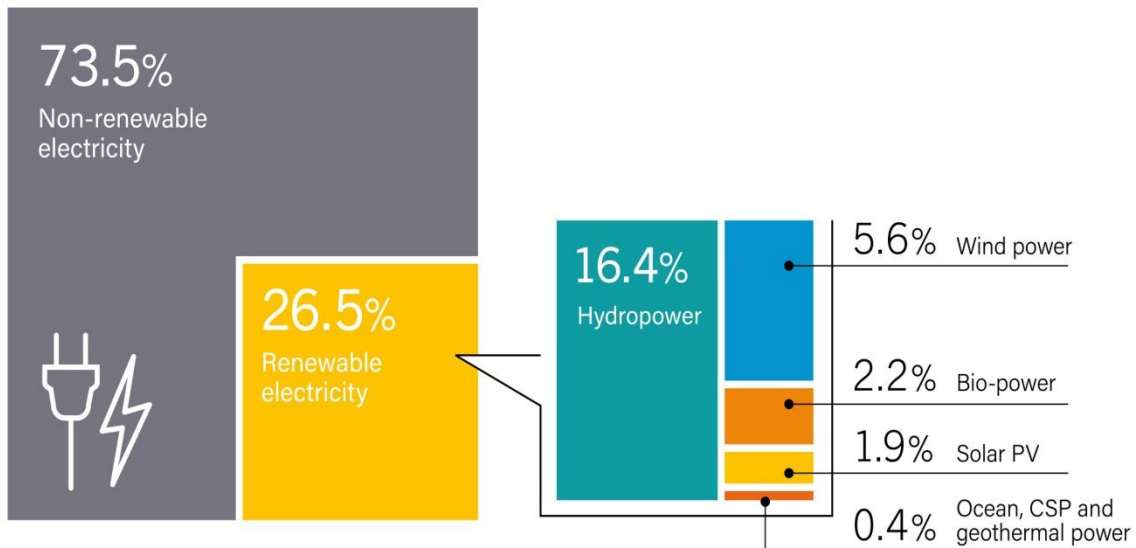
Κύκλος διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα

Από την άλλη, τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας και αφορούν, ως επί το πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευση της, είναι τα εξής:

1. Ο αυξημένος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
3. Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης, ενώ οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

2.4 Παγκόσμιο και Ελληνικό Δυναμικό

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 170 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 2% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα (Σχ. 4.6) και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.).



Σχήμα 4.6. 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, ασβεστοκάλινοι κ.ά.), σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδάκινων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά..

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.

Έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.00 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, 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 (εκκοκκισμούς 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 εκμετάλλευση 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.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία για τις ανεπτυγμένες χώρες, που προσπαθούν, μέσω των καλλιεργειών αυτών, να περιορίσουν, πέραν των περιβαλλοντικών και ενεργειακών τους προβλημάτων, και το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. 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 της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των 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 ΜΤΠΠ (1 ΜΤΠΠ = 10^6 ΤΠΠ, όπου ΤΠΠ 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 ΤΠΠ.
- ✓ Η ποσότητα βιομάζας, που μπορεί να παραχθεί ανά ξηρικό στρέμμα μπορεί να φτάσει τους 2-3 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0,7-1,2 ΤΠΠ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

5.1. 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 ηφαιστειών, 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.

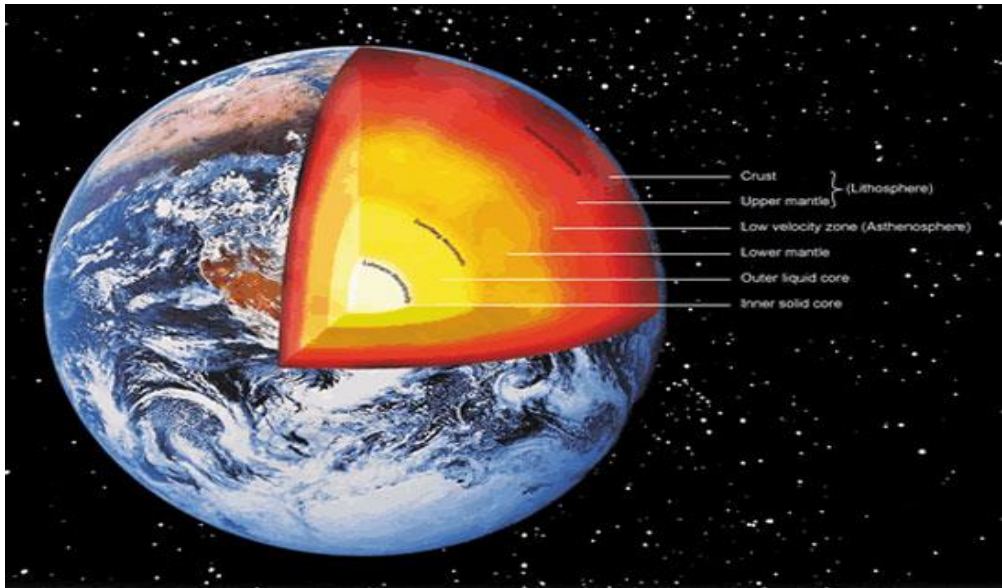
Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με τη ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Μία άλλη χρήση των θερμών νερών, αυτή για θεραπευτικούς σκοπούς, ήταν γνωστή εδώ και χιλιάδες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

5.2. 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 ακόμα 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 5.1 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.

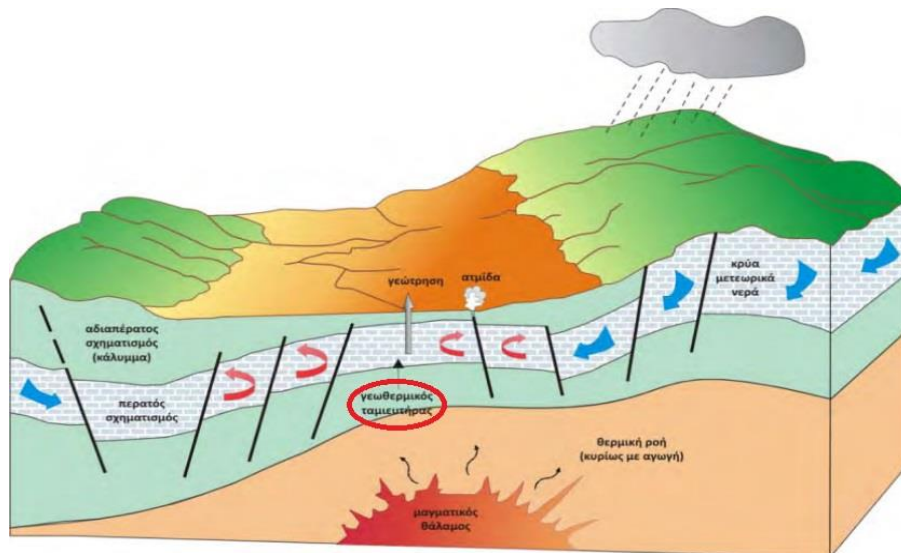


Σχήμα 5.1. Τομή της Γης

5.2.1. Τρόπος μεταφοράς της θερμότητας

Με δεδομένο ότι τα εσωτερικά στρώματα είναι θερμότερα από τα εξωτερικά, 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 ταμιευτήρας αποθήκευσής του (Σχ. 5.2). Ο ταμιευτήρας σχηματίζεται όταν ένας αδιαπέρατος από το νερό ορίζοντας βρίσκεται κάτω από ένα περατό. Η γεωμορφολογία της περιοχής πρέπει είναι κατάλληλη ώστε το βρόχινο νερό να μπορεί να διεισδύσει σε αυτούς τους βαθύτερους ορίζοντες, οι οποίοι, με τη σειρά τους, πρέπει να βρίσκονται κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμιευτήρα 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:



Σχήμα 5.2. Γεωθερμικός ταμιευτήρας

- 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.

5.2.2. 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 ταμιευτήρα 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 διάνοιξη 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 διείσδυση, μειώνοντας ταυτόχρονα τον κίνδυνο εξάντλησης του, αφ' ετέρου η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού που επανεγχύεται είναι αυξημένη σε σχέση με αυτήν του νερού του περιβάλλοντος. Έτσι, είναι ευκολότερη και γρηγορότερη η θέρμανση του από τη θερμότητα του υπεδάφους.

5.2.3. 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.

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.

5.3. 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 5.1.

°C	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
180	Εξάτμιση διαλυμάτων υψηλής συγκέντρωσης
170	Παραγωγή βαρέως ύδατος με τη μέθοδο υδρόθειου
160	Ξήρανση ιχθυάλευρων ή ξυλείας
150	Παραγωγή αλουμίνας με τη μέθοδο Bayer
140	Κονσερβοποιία. Ελάχιστη θερμοκρασία παραγωγής ηλεκτρική ενέργειας
130	Εξάτμιση του νερού στην επεξεργασία της ζάχαρης, παραγωγή άλατος με εξάτμιση και κρυσταλλοποίηση
120	Παραγωγή πόσιμου νερού με απόσταξη
110	Ξήρανση και επεξεργασία λεπτόκοκκου τσιμέντου
100	Ξήρανση οργανικών υλικών, χόρτου, λαχανικών, κλπ. Πλύση και ξήρανση μαλλιού
90	Ξήρανση ιχθύων
80	Ψύξη
60	Θέρμανση θερμοκηπίων

50	Θέρμανση υπαίθριων καλλιεργειών
30	Πισίνες, αποπαγοποίηση, ζύμωση
20	Υδατοκαλλιέργειες

Πίνακας 5.1. Εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ανάλογα τη θερμοκρασία

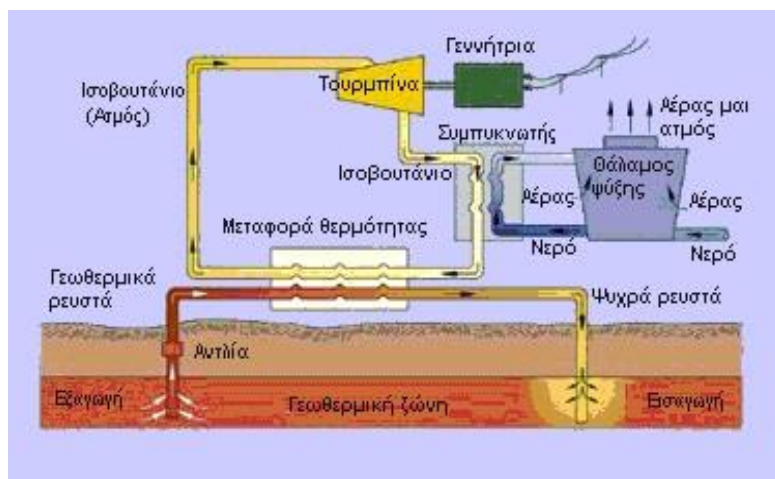
5.3.1. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

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 αναπτύξουν 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 MW). Ως συνέπεια αυτού του γεγονότος, οι γεωθερμικές μονάδες μπορούν να εγκατασταθούν σε πολύ μικρότερο χρόνο από τι μονάδες που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα, οι οποίες επιπροσθέτως, για λόγους οικονομίας κλίμακας, 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 5.3 Σχηματική απεικόνιση της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας, εκτόνωση ατμού

Μια άλλη συνήθης μεθοδολογία είναι του δυαδικού κύκλου που παριστάνεται επίσης γραφικά στο Σχήμα 3.3 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 ενέργεια 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 εκτόνωση 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.

Η χώρα μας έχει δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής από Γεωθερμία της τάξεως των 150 MW, το οποίο όμως, για διάφορες αιτίες, παραμένει ανεκμετάλλευτο.

5.3.2. 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 σταβλισμένων ζώων, καθώς και υπαίθριες καλλιέργειες. Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας σήμερα, τόσο στην Ελλάδα όσο κι 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

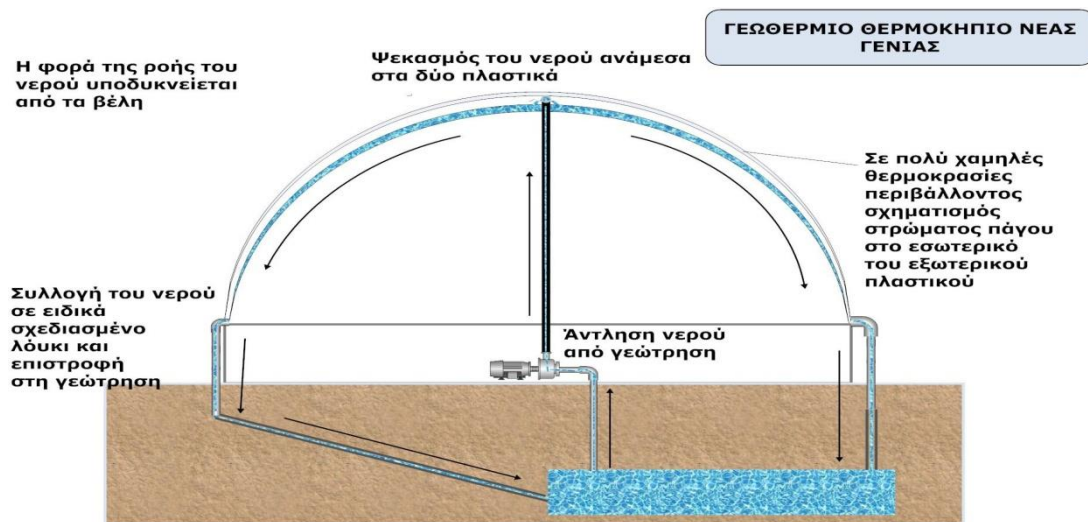
Το γεωθερμικό πεδίο της Θερμοπηγής Σιδηροκάστρου, του νομού Σερρών εκτείνεται 10 km βόρεια του Σιδηροκάστρου και η βεβαιωμένη έκταση του καταλαμβάνει 6 km². Το βάθος του ταμιευτήρα κυμαίνεται από 30-400m με θερμοκρασιακό εύρος από 40-57°C, αλατότητα 800-2200ppm IDS και αυξημένη περιεκτικότητα σε CO₂. Στην περιοχή υπάρχουν γεωθερμικά θερμοκήπια συνολικής εκτάσεως 17,5 στρεμμάτων με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 6,64MWth και η επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση ενέργειας είναι της τάξεως των 1180 ΤΙΠ/έτος. Από αυτά τα θερμοκήπια, αυτό που λειτουργεί εκμεταλλεόμενο 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 1,9MWth και η ετήσια εξοικονόμηση 365,8 ΤΙΠ/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 απόληψή 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 απόληψη του συνόλου της χρησιμοποιήσιμης θερμικής ενέργειας των γεωθερμικών ρευστών, πριν αυτά απορριφθούν. Στην περίπτωση αυτή, γίνεται εν σειρά χρήση της γεωθερμικής ενέργειας.



Σχήμα 5.4. Απεικόνιση γεωθερμικού θερμοκηπίου νέας γενιάς

Μια άλλη παγκοσμίως διαδεδομένη χρήση της γεωθερμίας είναι η θέρμανση οικισμών και οικιστικών συγκροτημάτων. Η εφαρμογή αυτή ονομάζεται “τηλεθέρμανση οικισμών”, 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.

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

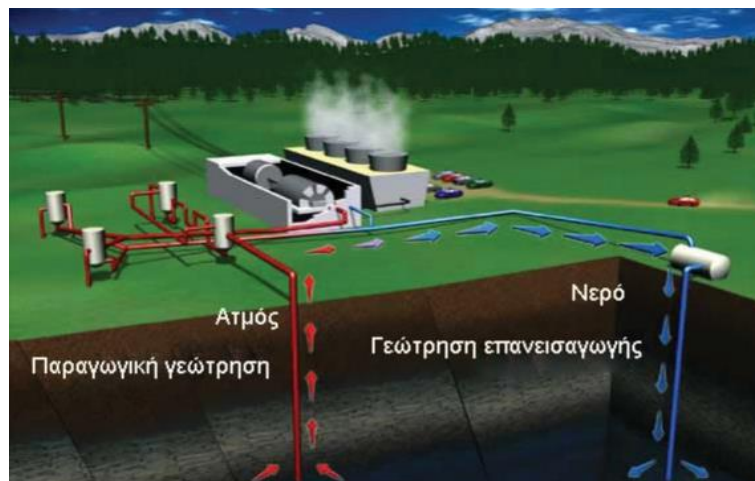
οποιαδήποτε περιοχή, χωρίς να είναι αναγκαία η ύπαρξη ανωμαλίας της γεωθερμικής βαθμίδας.

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

5.3.3. 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 ταμιευτήρες 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 ταμιευτήρα (Σχ. 5.5), 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 ταμιευτήρα συνηθίζεται ακόμα και στις περιπτώσεις εκείνες όπου τα ρευστά δε δημιουργούν περιβαλλοντικά προβλήματα, καθώς κατ' αυτόν τον τρόπο, ικανοποιείται παράλληλα ο στόχος του εμπλουτισμού του ταμιευτήρα. Τέλος, εξαιτίας των προαναφερθέντων προσμείξεων, είναι πιθανό να εμφανισθούν προβλήματα διάβρωσης και καταλατώσεων στις σωληνώσεις μεταφοράς των ρευστών, τα οποία μπορούν εύκολα να προληφθούν με τη χρήση ανθεκτικών σωληνώσεων και την προσθήκη ειδικών χημικών στα γεωθερμικά ρευστά.



Σχήμα 5.5. Παραγωγική γεώτρηση και γεώτρηση επανεισαγωγής

5.3.4. Οικονομικά στοιχεία

Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με την αξιοποίηση της Γεωθερμίας σήμερα κυμαίνεται μεταξύ 0,02-0,10 €/kWh. Η διαφορά αυτή προβλέπεται ότι θα αυξηθεί περαιτέρω, προς όφελος της Γεωθερμίας στο μέλλον.

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.

5.3.5. Περιβαλλοντικά οφέλη

Πέρα από τα όποια οικονομικά οφέλη, η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας συμβάλλει 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 αναπτυγμένες 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 μονάδος που χρησιμοποιεί ως καύσιμο άνθρακα.

5.3.6. Οφέλη εκμετάλλευσης γεωθερμίας

Όπως γίνεται αντιληπτό, έχει μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για κάλυψη των αναγκών του. Ειδικότερα η εκμετάλλευση της γεωθερμίας μπορεί να συμβάλλει:

1. Στην εξοικονόμηση συναλλάγματος, με τη μείωση των εισαγωγών πετρελαίου που χρησιμοποιείται για θέρμανση.
2. Στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων, κυρίως με την ελάττωση κατανάλωσης των εγχώριων αποθεμάτων λιγνίτη.
3. Στην καθαρότερη ατμόσφαιρα. Τα σημερινά γεωθερμικά πεδία παράγουν μόνο το 1/6 CO₂ σε σύγκριση με τις γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με φυσικό αέριο, και καθόλου νιτρικά (NO_x) και θειικά (SO_x) αέρια. Για κάθε 1.000 MW ηλεκτρικού ρεύματος που προέρχεται από γεωθερμικές πηγές εκπέμπονται 1

εκατομμύριο kg λιγότερα τοξικά αέρια το χρόνο και 4 δισεκατομμύρια kg λιγότερο CO₂, από ότι αν σαν πρώτη ύλη χρησιμοποιούνταν άνθρακας. Η γεωθερμική ενέργεια έχει τις πιο μικρές εκπομπές διοξειδίου, μηδαμινές σε σχέση με το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο και τον άνθρακα, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.2.

4. Τα γεωθερμικά συστήματα παράγουν θέρμανση και δροσισμό σε μια εγκατάσταση, με αποτέλεσμα να καταργούν το συμβατό τρόπο θέρμανσης, τους πύργους δροσισμού και τα κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου. Έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης και είναι αξιόπιστα σε ακραίες συνθήκες θέρμανσης και δροσισμού.

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO₂ (lb/kWh)
Γεωθερμική	0.2
Φυσικό αέριο	1.321
Πετρέλαιο	1.969
Άνθρακας	2.095

Πίνακας 5.2. Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

5.4. Αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα

Παρά το πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό, η χρήση γεωθερμικών πηγών για σκοπούς ηλεκτροπαραγωγής είναι αμελητέα στην Ελλάδα. Οι ελάχιστες εφαρμογές της γεωθερμίας περιορίζονται στη χρήση ζεστού νερού. Η χρήση ζεστού νερού μέχρι 90°C, γίνεται κυρίως σε αγροτικές εφαρμογές (θερμοκήπια, υδατοκαλλιέργειες, ξηραντήρια κ.λπ.) ή για λουτροθεραπευτικό τουρισμό.

Στην Ελλάδα, γεωθερμία κατάλληλη για ηλεκτροπαραγωγή βρίσκεται σε προσιτά βάθη στα νησιά του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου: Μήλος-Κίμωλος, Σαντορίνη, Νίσυρος, αλλά και στη Λέσβο, τη Χίο, τη Σαμοθράκη, την Αλεξανδρούπολη και αλλού. Τα νησιά Μήλος-Κίμωλος, Σαντορίνη και Νίσυρος αντιστοιχούν σε περιοχές γεωλογικά πρόσφατης ηφαιστειακής δράσης και περιλαμβάνουν γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες 120-350 °C και δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής της τάξεως των 20-30 MW.

Παρ' ότι η γεωθερμία είναι κατάλληλη για θέρμανση και αγροτικές εφαρμογές απαντάται σε μικρά βάθη σε πολλές περιοχές στις πεδιάδες της Μακεδονίας και της Θράκης, αλλά και στη γειτονιά κάθε μιας από τις 56 θερμές πηγές της χώρας μας. Εκεί απαντώνται γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες 25-100 °C. Τέτοια είναι: Θερμά Σαμοθράκης, Πολυχνίτος – Άργενος Λέσβου, Νένητα Χίου, Αριστινό Αλεξανδρούπολης, Αιδηψός και Σουσάκι Κορινθίας (80-100 °C), Νέο Εράσμιο, Νέα Κεσσάνη Ξάνθης, Νιγρίτα, Σιδηρόκαστρο και Ηράκλεια Σερρών, Λαγκαδάς, Νέα Απολλωνία, Θέρμη Θεσσαλονίκης, Νέα Τρίγλια Χαλκιδικής (30-60 °C) και πολλά άλλα. Οι αντίστοιχες γεωθερμικές εφαρμογές έχουν συνολική θερμική ισχύ μόλις 70 MW, και περιλαμβάνουν κυρίως θερμά και ιαματικά λουτρά (45%), και θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών (55%)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

6.1. Εισαγωγή

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 Watt, 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.

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.

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 90^0 , 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. 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.

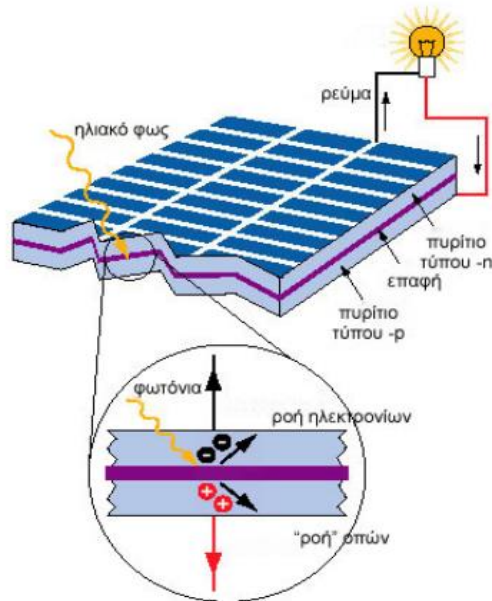
6.2. Φωτοβολταϊκά συστήματα

Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ήπια, ανεξάντλητη και ανανεώσιμη. Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας είναι αρκετά διαδεδομένη κυρίως με εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων (Φ/Β). Τα φωτοβολταϊκά συστήματα βασίζονται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλαδή στην άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρισμό, με τη χρήση τεχνολογίας ημιαγωγικών υλικών τα οποία ενεργοποιούνται στο φάσμα του ηλιακού φωτός.

Τέτοια συστήματα χαρακτηρίζονται ως ηλιακοί συσσωρευτές και η λειτουργία τους είναι φιλική προς το περιβάλλον, ενώ η διάρκεια ζωής τους φθάνει τα 25 χρόνια.

4.2.1. Δομή, λειτουργία και απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων

Η δομή και η λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων ή ηλιακών κυψελών (cells) βασίζεται στους ημιαγωγούς, οι οποίοι συνδέονται σε ζεύγη αρνητικής και θετικής φόρτισης (p-n), ώστε να διαμορφώσουν μεγάλης επιφάνειας ηλεκτροδιόδους. Η ορθή κατασκευή της ηλεκτροδιόδου αποτελεί βασική προϋπόθεση της επιτυχούς λειτουργίας της φωτοβολταϊκής κυψέλης ως ημιαγωγού.

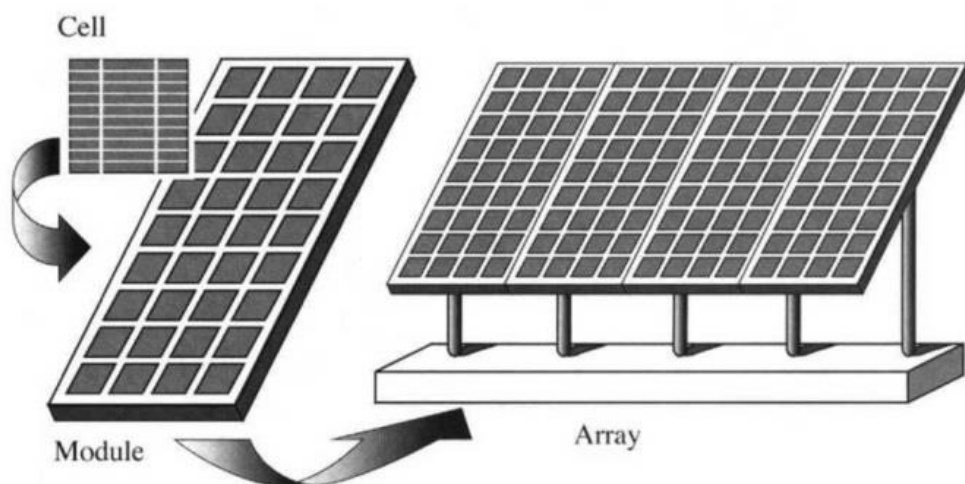


Εικόνα 6.1. Φωτοβολταϊκό στοιχείο

Οι κυψέλες συνδέονται μεταξύ τους σε ομάδες, συνιστώντας φωτοβολταϊκά πλαίσια (modules). Με τη σύνδεση σε σειρά (το οπίσθιο ηλεκτρόδιο της μιας κυψέλης συνδέεται με το εμπρόσθιο της επόμενης) επιτυγχάνεται αύξηση της τάσης, ενώ η ισχύς του πλαισίου ισούται με την ισχύ της κυψέλης. Αντίθετα, με την παράλληλη σύνδεση (το εμπρόσθιο ηλεκτρόδιο της μιας συνδέεται με το εμπρόσθιο της επόμενης και αντίστοιχα το οπίσθιο ηλεκτρόδιο της μιας με το οπίσθιο της επόμενης) η ισχύς του πλαισίου αποτελεί άθροισμα της ισχύος των κυψελών, ενώ η τάση του ρεύματος ισούται με την τάση της μιας κυψέλης. Ανάλογα με τις ανάγκες είναι δυνατό να εφαρμοστούν διάφοροι συνδυασμοί των δύο τύπων σύνδεσης, τόσο μέσα στο ίδιο φωτοβολταϊκό πλαίσιο, όσο και μεταξύ των πλαισίων.

Το μέγεθος και η μορφή του πλαισίου εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους, όπως η θέση και ο τρόπος εγκατάστασης και η μεταφορά.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από συστοιχίες φωτοβολταϊκών πλαισίων (modules) με τις μεταλλικές βάσεις τους, καθώς και αντιστροφείς (inverter) που μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο. Η μέγιστη ισχύς που αποδίδει ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο σε καθορισμένες συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας (πρότυπες συνθήκες), αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του και ονομάζεται ισχύς αιχμής (W_p).



Εικόνα 6.2. Βασική σύνθεση μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας

Για να λειτουργήσουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα επιτυχώς κατά τη διάρκεια μιας αναμενόμενης διάρκειας ζωής, απαιτείται έρευνα σε όλες τις πτυχές. Οι εκτιμήσεις ισχύος των φωτοβολταϊκών συστημάτων δεν δίνουν συνήθως μια ακριβή ένδειξη της απόδοσης τους. Τα αποτελέσματα ερευνών, έδειξαν ότι οι μετεωρολογικές συνθήκες θα μπορούσαν να προκαλέσουν μείωση μέχρι και 18% της πιθανής ισχύος τους. Η θερμοκρασία και η ηλιακή ακτινοβολία είναι οι δύο βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως ο αέρας, η βροχή, η κάλυψη σύννεφων και η διανομή του ηλιακού φάσματος, επηρεάζουν τη θερμοκρασία, κάτω από την οποία τα συστήματα λειτουργούν, καθώς και την αναμενόμενη προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.

Ορισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι :

- Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας: η αύξηση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άρα μεγαλύτερη παραγόμενη ισχύ.
- Η θερμοκρασία: υψηλές θερμοκρασίες έχουν αρνητική επίδραση στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, καθώς μειώνουν την απόδοση και την αποδιδόμενη μέγιστη ισχύ. Η θερμοκρασία λειτουργίας του Φ/Β συστήματος εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης. Όμως, είναι δυνατή η εγκατάσταση συστήματος ψύξης για να βελτιωθεί η απόδοση του συστήματος.
- Η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου: μεγάλες ταχύτητες ανέμου έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πλαισίου.
- Η ρύπανση: η ηλεκτροπαραγωγή των πλαισίων μειώνεται με τη ρύπανση της επιφάνειάς τους, από την επικάλυψη σκόνης, φύλλων, χιονιού, γύρης, αλατιού από τη θάλασσα κτλ.
- Η γήρανση: με την πάροδο του χρόνου παρουσιάζεται μια μικρή βαθμιαία πτώση στην ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος (15-2% για κάθε έτος).
- Η σκίαση (από κολώνες, βλάστηση, κεραίες κλπ): το φαινόμενο αυτό επιδρά αρνητικά στην απόδοση φωτοβολταϊκών.
- Οι απώλειες φωτοβολταϊκού συστήματος: κατά το σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ηλεκτρικές απώλειες στους αγωγούς

που συνδέουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στις συστοιχίες, καθώς και τις συνδέσεις τους με άλλα μέρη του συστήματος, όπως διατάξεις ρύθμισης, προστασίας και ελέγχου, συσσωρευτές, μετατροπείς κλπ. Επομένως, κατά τον υπολογισμό της απαιτούμενης επιφάνειας των φωτοβολταϊκών ενός συστήματος, πρέπει να γίνεται πρόβλεψη, ανάλογα με την περίπτωση και για την κάλυψη όλων αυτών των απωλειών, που μπορεί να είναι της τάξης περίπου του 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ή και περισσότερο.

6.2.2. Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων

Οι κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι:

- Τεχνολογία παραγωγής ημιαγωγικών υλικών με κρυσταλλική δομή, τα οποία στην πλειοψηφία τους αποτελούνται από πυρίτιο (Si), άμορφο ή κρυσταλλικό (πολυκρυσταλλικό ή μονοκρυσταλλικό).
- Τεχνολογία λεπτών υμενίων (thin film), με πάχος στοιχείων κλίμακας μm.

Το πυρίτιο βρίσκεται σε διάφορα ορυκτά και πετρώματα που αποτελούν σχεδόν το 87% του φλοιού της γης, ενώ αποτελεί το δεύτερο σε αφθονία χημικό στοιχείο στη φύση. Το καθαρό πυρίτιο παράγεται με πολύπλοκη διαδικασία αφαίρεσης προσμίξεων που περιέχει και μειώνουν την ικανότητα ημιαγωγιμότητας του. Τα περισσότερα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούνται από κυψέλες κρυσταλλικού πυριτίου, μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού, η απόδοση των οποίων κυμαίνεται μεταξύ 135 και 16%. Το κόστος τους παραμένει σχετικά υψηλό, ενώ ο χρόνος απόδοσης ενέργειας κυμαίνεται σε 2-6 χρόνια κανονικής λειτουργίας. Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες άμορφου πυριτίου χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές μικρής κλίμακας. Το χαμηλότερο κόστος κατασκευής τους και η μικρότερη απόδοση τους σε σχέση με τις κυψέλες κρυσταλλικού πυριτίου, οφείλονται στον τρόπο κατασκευής των ημιαγωγών, οι οποίοι αποτελούνται από μια εξαιρετικά λεπτή στρώση πυριτίου εφαρμοσμένη επάνω σε συγκεκριμένο υπόστρωμα, συνήθως συνθετικό φύλλο. Ο χρόνος απόδοσης της ενέργειας των κυψελών άμορφου πυριτίου κυμαίνεται σε 1-3 χρόνια κανονικής λειτουργίας. Με σκοπό την ελάττωση του κόστους της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων ακολουθεί την τεχνολογία των ημιαγωγών λεπτής στρώσης. Με την προσθήκη στο άμορφο πυρίτιο συγκεκριμένης ποσότητας ορισμένων χημικών στοιχείων αυξάνεται η απόδοση της ηλιακής κυψέλης χωρίς αύξηση του κόστους κατασκευής.

Τα Φ/Β λεπτού υμενίου (thin film) είναι εύκαμπτα, με χαμηλό βάρος αλλά σχετικά χαμηλή απόδοση και χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα, κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Ωστόσο έχουν αρχίσει να διεισδύουν δυναμικά στις αγορές των ενσωματωμένων Φ/Β σε κτίρια ως αρχιτεκτονικά στοιχεία. Πλεονεκτούν όμως στην αξιοποίηση της απόδοσης τους σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).

Οι κρύσταλλοι και η μορφή λεπτού φιλμ διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά την απόδοση απορρόφησης του φωτός, την απόδοση μετατροπής της μίας ενέργειας στην άλλη, την τεχνολογία κατασκευής και το κόστος κατασκευής.

6.2.3. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Κατά την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση της απόστασης του από την κατανάλωση. Ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής, τα πλαίσια μπορούν να τοποθετηθούν ελεύθερα στο έδαφος, επάνω σε κτίρια ή σε άλλες κατασκευές ακόμη και να χρησιμοποιηθούν ως δομικά στοιχεία και υλικά επικάλυψης στεγών.

Στην περίπτωση απομακρυσμένης ηλεκτροδότησης, οι φωτοβολταϊκές μονάδες διασυνδέονται μεταξύ τους και στηρίζονται σε μεταλλικά πλαίσια. Πιο συγκεκριμένα, τα μεταλλικά αυτά πλαίσια, στην απλούστερη μορφή τους, είναι ακίνητα και στερεώνονται στο έδαφος με διάφορες μεθόδους, όπως η πασσαλόπηξη. Πάνω τους στερεώνονται τα φωτοβολταϊκά πάνελ και συνδέονται μεταξύ τους ανάλογα με την εφαρμογή. Σε πολλά φωτοβολταϊκά συστήματα υπάρχουν 2-3 επίπεδα κλίσης ως προς το οριζόντιο επίπεδο, ώστε να μεγιστοποιείται η απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας σε διαφορετικούς μήνες αλλά και ώρες της ημέρας. Πιο περίπλοκη είναι η εγκατάσταση με μετακινούμενο τον ένα άξονα ώστε να παρακολουθεί την πορεία του ήλιου. Ο άξονας αυτός μπορεί να είναι είτε ως προς το οριζόντιο επίπεδο, κι έτσι η γωνία εγκατάστασης ως προς αυτό να μεταβάλλεται μέρα με την ημέρα, είτε ως προς το αζιμούθιο (ως προς το νότο) ώστε να μεταβάλλεται η θέση του φωτοβολταϊκού ακολουθώντας την ημερήσια κίνηση του ήλιου. Η πιο περίπλοκη διάταξη είναι εκείνη που μοιάζει με το ηλιοτρόπιο και προβλέπει κίνηση σε δύο άξονες παρακολουθώντας την πορεία του ηλίου κατά την διάρκεια της ημέρας και των εποχών. Επίσης, εκτιμάται ότι η χρήση επιπέδων κλίσης αυξάνει την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας κατά 20-45%. Ωστόσο, όσο πιο περίπλοκη είναι η διάταξη στήριξης και εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών τόσο πιο αυξημένες είναι οι ανάγκες επιτήρησης και συντήρησής τους.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα (DC). Αν υπάρχουν τέτοιου είδους καταναλώσεις, τότε μπορούν να τροφοδοτηθούν απ' ευθείας ή συνήθως με τη βοήθεια συσσωρευτών χωρίς άλλες διατάξεις μετατροπής, ώστε να είναι δυνατή η λειτουργία συσκευών και όταν δεν υπάρχει δυνατότητα παραγωγής. Κάτι τέτοιο αφορά όμως μικρές και αυτόνομες καταναλώσεις. Οι καταναλωτές στην πλειονότητα τους ωστόσο, απαιτούν εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Πιο συγκεκριμένα, το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από το φωτοβολταϊκό μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο με τη βοήθεια αντιστροφέα DC-AC, μία διάταξη ηλεκτρονικών ισχύος με κατάλληλη διακοπτική συχνότητα και παροχή ενεργού ισχύος. Επιπλέον, για την εξομάλυνση της τάσης και την αποφυγή αρμονικών πολλαπλάσιας συχνότητας πριν την διασύνδεση του αντιστροφέα με το δίκτυο, έτσι ώστε η παραγόμενη τάση να έχει μορφή που πλησιάζει κατά το δυνατόν περισσότερο την ιδανική ημιτονοειδή καμπύλη. Το τελικό σημείο διασύνδεσης αν πρόκειται για διασυνδεδεμένο (grid-connected) δίκτυο είναι ο μετρητής ενέργειας για την αποζημίωση του κατόχου της εγκατάστασης.

Σε κάποια αυτόνομα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιούνται διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες), για την δυνατότητα ηλεκτροδότησης των ωρών που δεν παρατηρείται ηλιακή ακτινοβολία.

6.2.4. Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μικρής και μεγάλης κλίμακας, από μικρές ηλεκτρονικές συσκευές μέχρι την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πάρκα. Επιπλέον, προσφέρουν δυνατότητα μείωσης απωλειών στα δίκτυα διανομής και βελτίωσης της στάθμης της τάσης σε ακτινικά δίκτυα. Ανάλογα, με την χρήση τους χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

6.2.4.1. Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

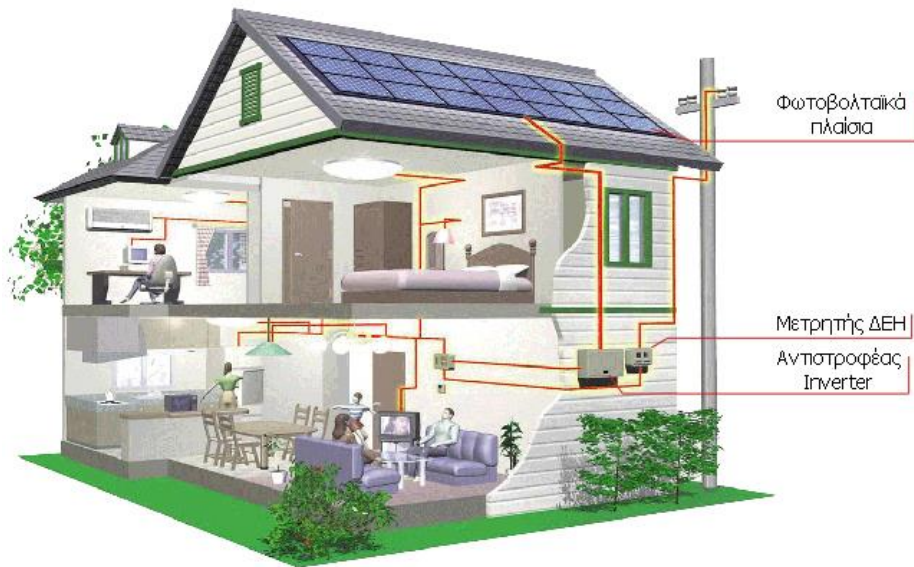
Οι αυτόνομες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αποτελούν ίσως τις πληρέστερες εφαρμογές φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Είναι εγκαταστάσεις που λειτουργούν αυτοδύναμα για την τροφοδότηση καθορισμένων καταναλώσεων, χωρίς να συνδέονται με μεγάλα κεντρικά δίκτυα ηλεκτρικής διανομής. Αποτελούν την ιδανικότερη λύση για περιοχές που βρίσκονται μακριά από το κεντρικό δίκτυο και στις οποίες η διασύνδεσή τους με αυτό θα απαιτούσε τεράστια οικονομικά κεφάλαια. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για την αφαλάτωση, άντληση και καθαρισμό νερού όπως και σε συστήματα εξωτερικού φωτισμού οδών, συστήματα τηλεπικοινωνιών, σηματοδότησης και σε αγροτικές εφαρμογές. Οι εφαρμογές αυτές συνήθως αποδίδουν ισχύ ύψους 100-200 KW_p. Βέβαια υπάρχουν συστοιχίες συσσωρευτών οι οποίες αποθηκεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, ενώ σε περίπτωση που έχουμε φορτία εναλλασσόμενου ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει ένας αντιστροφέας στο σύστημα ο οποίος θα μετατρέπει την συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση.



Εικόνα 6.3. Παράδειγμα αυτόνομου φωτοβολταϊκά συστήματα

6.2.4.2 Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα

Στα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας εφ' όσον υπάρχει διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις όμως που η ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκεί για να καλύψει τα φορτία τότε το δίκτυο παρέχει τη συμπληρωματική ενέργεια. Έτσι στα διασυνδεδεμένα συστήματα υπάρχουν δύο μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Επίσης στη περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται χρήση συσσωρευτών, γεγονός που ελαττώνει το αρχικό κόστος της εγκατάστασης καθώς και το κόστος συντήρησης.



Εικόνα 6.4. Παράδειγμα διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος

6.2.5. Υπολογισμός πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων

Η διαδικασία υπολογισμού του απαιτούμενου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων σε μια εγκατάσταση είναι η εξής:

- Καταγράφονται οι μήνες κατά τους οποίους θα γίνουν οι υπολογισμοί.
- Καταγράφεται η γωνία κλίσης των πλαισίων για κάθε μήνα (βέλτιστη ή σταθερή).
- Υπολογίζεται η ολική μηνιαία ακτινοβολία που προσπίπτει σε πλαίσιο υπό τη δεδομένη κλίση και για κάθε μήνα.
- Υπολογίζονται ο συντελεστής θερμοκρασιακής διόρθωσης (σ_T) και ο συντελεστής καθαρότητας (σ_p) για τιμές θερμοκρασίας αέρα και επίπεδα ρύπανσης κάθε μήνα. Ο παράγοντας (σ_T), ή δίνεται από τον κατασκευαστή ή, για Φ/Β πυριτίου μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$\sigma_T = 1 - (T_a + 10) / 200,$$

όπου T_a είναι η μέση θερμοκρασία αέρα. Ο παράγοντας σ_p εκφράζει την επίδραση της ρύπανσης ή του σκονισμού της επιφάνειας και είναι ($\sigma_p = 1$) για περιβάλλον χωρίς ρύπανση και ($\sigma_p = 0.8$) για υψηλό επίπεδο ρύπανσης.

- Καταγράφονται οι ενεργειακές ανάγκες για κάθε μήνα.
- Υπολογίζεται η συνολικά απαιτούμενη επιφάνεια Φ/Β πλαισίων A από τη σχέση:

$$A = E_{\phi} / (H_T * \eta_{ολ} * \sigma_T * \sigma_p),$$

όπου H_T η ολική μηνιαία ακτινοβολία που προσπίπτει στα φωτοβολταϊκά πλαίσια και A η συνολικά απαιτούμενη επιφάνεια για να καλυφθούν οι μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις E_{ϕ} . Το $\eta_{ολ}$ είναι ο βαθμός απόδοσης όλου του συστήματος (ηλεκτρικό κύκλωμα, συσκευές και Φ/Β πλαίσια). Διαιρώντας το αποτέλεσμα της παραπάνω σχέσης με το εμβαδόν του τυπικού φωτοβολταϊκού πλαισίου με βάση το οποίο έγινε η σύνδεση της συστοιχίας, προκύπτει και ο αριθμός των συγκεκριμένων φωτοβολταϊκών πλαισίων που απαιτούνται για να καλυφθούν οι ανάγκες.

Υπολογίζονται οι ελάχιστες ημέρες αυτονομίας με βάση τις οποίες θα πρέπει να σχεδιαστεί και το σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η αυτοδυναμία του συστήματος έχει την έννοια της κάλυψης ενεργειακής ζήτησης ακόμη και σε περίοδο κατά την οποία οι μετεωρολογικές συνθήκες δεν επιτρέπουν την παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά. Η αυτοδυναμία εκφράζεται σε διαστάσεις χρόνου και η επιλογή που θα γίνει για την τιμή της επηρεάζει κυρίως το σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Συνηθισμένος τρόπος ορισμού της απαιτούμενης αυτοδυναμίας ενός συστήματος είναι :

$$S_p = 5/17 * (N_s * d_{om} - N_{so}) / N_s + 12/17,$$

όπου N_s είναι οι ώρες ηλιοφάνειας για τελείως ανέφελο ουρανό την μέση ημέρα του μήνα, N_{so} είναι ο πραγματικός αριθμός ωρών ηλιοφάνειας του μήνα και d_{om} είναι οι ημέρες του μήνα. Τέλος, από τις μηνιαίες ενεργειακές ανάγκες υπολογίζονται οι ενεργειακές ανάγκες κατά τη περίοδο αυτονομίας, τις οποίες καλούνται να καλύψουν οι συσσωρευτές.

6.2.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων αριθμούνται παρακάτω:

1. Δεν καταναλώνουν καύσιμο.
2. Κατά τη λειτουργία τους δε ρυπαίνουν το περιβάλλον μειώνοντας έτσι την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου.
3. Δεν έχουν κινούμενα μέρη και παράγουν ισχύ αθόρυβα.
4. Λόγω του σπονδυλωτού τρόπου κατασκευής τους τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να προσαρμοστούν σε όλες τις απαιτήσεις μεγέθους και ζήτησης ισχύος, επομένως είναι εύκολα επεκτάσιμα.
5. Μπορούν εύκολα να λειτουργήσουν παράλληλα με άλλα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνοντας την αξιοπιστία των συστημάτων.
6. Μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα και αξιόπιστα χωρίς την παρουσία κάποιου χειριστή παρουσιάζοντας τα υψηλότερα ποσοστά αξιοπιστίας από τις μονάδες ΑΠΕ.
7. Έχουν πολύ μικρό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.
8. Οι εργασίες συντήρησης είναι περιορισμένες με περισσότερες απαιτήσεις για διατάξεις που χρησιμοποιούν Trackers για την παρακολούθηση της πορείας του ήλιου.
9. Λειτουργούν χωρίς προβλήματα, σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες.
10. Το ηλιακό κύτταρο έχει περιορισμένη αλλοίωση κατά την διάρκεια της λειτουργίας του και έχει επίσης μεγάλη διάρκεια ζωής.
11. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη λεγόμενη «δισπαρμένη παραγωγή ενέργειας», η οποία αποτελεί το νέο μοντέλο ανάπτυξης σύγχρονων ενεργειακών συστημάτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας με διασύνδεση.

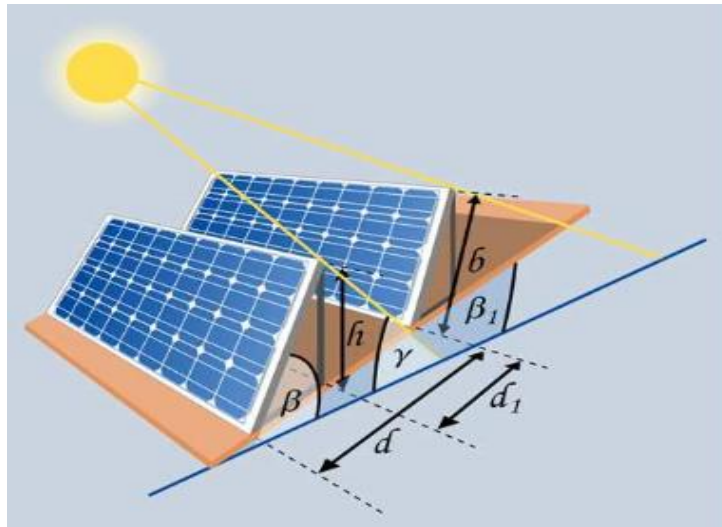
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν και κάποια μειονεκτήματα:

1. Εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες, ενώ η έξοδος τους μεταβάλλεται σημαντικά από τη νέφωση.
2. Απαιτούν σημαντική έκταση γης για την εγκατάστασή τους.
3. Η παραγωγή τους μηδενίζεται τις βραδινές ώρες.
4. Έχουν υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης.

6.2.7. Προϋποθέσεις κτιρίων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών

Για να λειτουργούν τα φωτοβολταϊκά με μέγιστη απόδοση πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Αν ο χώρος δεν είναι 1005 ασκίαστος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, τότε το σύστημα λειτουργεί με μικρότερη απόδοση. Ένας χοντρικός κανόνας για να βεβαιωθεί κάποιος ότι το σύστημα δεν θα αποδίδει λιγότερο λόγω των σκιάσεων, είναι ο εξής: η απόσταση από το τυχόν εμπόδιο (κτίριο, δέντρο, κλπ) πρέπει να είναι διπλάσια τους ύψους του εμποδίου.



Εικόνα 6.5. Ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων ($d_1 > 2h$)

- Να έχουν νότιο προσανατολισμό. Τα Φ/Β πλαίσια έχουν τη μέγιστη απόδοση όταν έχουν νότιο προσανατολισμό διότι δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία με τη μέγιστη πυκνότητά της για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην διάρκεια της ημέρας. Αποκλίσεις από το Νότο είναι επιτρεπτές, μειώνουν όμως την απόδοση. Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζεται η απόδοση των Φ/Β πλαισίων σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς.
- Η σωστή κλίση του φωτοβολταϊκού σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Συνήθως επιλέγεται μια κλίση που να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στην Ελλάδα, η βέλτιστη κλίση είναι γύρω 25°-35° (κλίση περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου $\pm 10^\circ$).
- Να υπάρχει κατάλληλος χώρος για εγκατεστημένα ηλεκτρονικά συστήματα και μπαταρίες.

Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο	Προσανατολισμός		
	Νότιος	Νοτιοανατολικός Νοτιοδυτικός	Ανατολικός Δυτικός
0°	90%	90%	90%
15°	98%	95%	88%
30°	100%	95%	85%
90°	60%	60%	50%

Πίνακας 6.1. Ενδεικτική απόδοση ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση.

6.3. Παθητικά ηλιακά συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα στα κτίρια αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα, καθώς και για παροχή φυσικού φωτισμού. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο.

Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί. Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να έχουν προσανατολισμό περίπου νότιο, ώστε να υπάρχει ηλιακή πρόσπτωση στα ανοίγματα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα.

Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμική μάζα (βαριά υλικά, όπως πέτρα, πλάκες, μπετόν στους τοίχους και στα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, π.χ. από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της θερμότητας και την «προσφέρει» στο χώρο αργότερα και έτσι διατηρείται ο χώρος θερμός για πολλές ώρες. Ένα νότιο οριζόντιο σκίαστρο μπορεί να εμποδίσει τον καλοκαιρινό ήλιο που έρχεται από πιο ψηλά να μπει απ' ευθείας στο χώρο.

Τα υπόλοιπα παθητικά συστήματα είναι συστήματα έμμεσου κέρδους και ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

Ηλιακοί τοίχοι: Έχουν στην εξωτερική τους πλευρά, σε μικρή απόσταση από την τοιχοποιία τζάμι (υαλοπίνακα) και λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες, μεταφέροντας τη θερμότητα είτε μέσω του υλικού του τοίχου (τοίχος θερμικής αποθήκευσης), είτε μέσω θυρίδων (θερμοσιφωνικό πανέλο) στον εσωτερικό χώρο. Συνδυασμός των δύο λειτουργιών είναι ο τοίχος μάζας με θυρίδες τοίχος Trombe-Michel.

Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι): Είναι κλειστοί χώροι που ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων ή και διαπερνά τον τοίχο.

Ηλιακά αίθρια: είναι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους τζάμι και λειτουργούν όπως τα θερμοκήπια.

Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και συχνά με δυνατότητα αερισμού.

6.4. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

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

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

Πέρα από την οικιακή χρήση, η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Έτσι, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης, για τον κλιματισμό χώρων και άλλες εφαρμογές (βιομηχανικές διεργασίες, αφαλάτωση, θέρμανση πισίνας κλπ), εμφανίζεται ως μία από τις πολλά υποσχόμενες προοπτικές, λόγω αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας ακριβώς την εποχή που απαιτούνται τα ψυκτικά φορτία. Υπάρχουν ήδη μερικές επιτυχημένες εφαρμογές τέτοιων συστημάτων στη χώρα μας και αναμένεται να έχουν ταχεία ανάπτυξη.

6.5. Αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα

Στην χώρα μας ο πιο ευρέως διαδεδομένος τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες. Σύμφωνα με έρευνα της Greenpeace η Ελλάδα είναι η δεύτερη χώρα στην Ευρώπη, μετά τη Γερμανία, σε συνολική εγκατεστημένη επιφάνεια ηλιοσυλλεκτών. Περίπου το 30% των νοικοκυριών (1.000.000 νοικοκυριά) χρησιμοποιούν ηλιακούς θερμοσίφωνες.

Όσον αφορά την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή άμεσης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών, μέχρι και το 2006 δεν είχε αξιοποιηθεί αρκετά στην χώρα μας. Οι εγκαταστάσεις Φ/Β περιορίζοντας σε αυτές της ΔΕΗ σε νησιά (Κύθνος, Αντικύθηρα κλπ) και σε εγκαταστάσεις ιδιωτών σε απομακρυσμένες κατοικίες. Μια τέτοια ανάπτυξη ήταν σαφώς απογοητευτική, δεδομένου του εξαιρετικού ηλιακού δυναμικού της χώρας μας. Όμως τα τελευταία δέκα χρόνια παρατηρείται μια πολύ μεγάλη αλλαγή στο κλάδο της Φ/Β τεχνολογίας. Η αύξηση στο ενδιαφέρον για τα φωτοβολταϊκά και αντίστοιχα η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος τους είναι κατακόρυφη. Συγκεκριμένα το 2010 τα φωτοβολταϊκά τετραπλασίασαν την διείσδυσή τους στο ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας, ξεκινώντας από 55 MW στο τέλος του 2009, και καταλήγοντας στα 205.4 MW εγκατεστημένης ισχύος στο

τέλος του 2010. Η ανοδική πορεία εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα άγγιξε το 2018 τις τάξεις των 2.600 MW, πάνω από δεκαπλασιασμό σε σχέση με τις τιμές του 2010.

Στην Ελλάδα, στον κλάδο των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων υπάρχει πολύ σημαντική πρόοδος. Υπάρχουν χαρακτηριστικές καινοτομικές εγκαταστάσεις, όπως, είναι το ηλιακό χωριό που είναι ένας οικισμός τους Οργανισμού Εργατικής Κατοικίας που κατασκευάστηκε το 1988 στην Πεύκη και αποτελεί τη μεγαλύτερη από τις πιλοτικές εφαρμογές μαζικής χρήσης ενεργητικών και άλλων ηλιακών συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί στην χώρα μας. 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 στη Ελλάδα. Άλλες σημαντικές εμπορικές εφαρμογές ηλιακών συστημάτων βρίσκονται εγκατεστημένες σε ξενοδοχεία, σχολεία ή/και νοσοκομεία και συμβάλλουν στην κάλυψη μεγάλου ποσοστού των ενεργειακών αναγκών τους (κυρίως για την παραγωγή ζεστού νερού).

Στην Ελλάδα υπάρχουν σήμερα σε λειτουργία μερικές εκατοντάδες κτίρια τα οποία αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια με ηλιακά παθητικά συστήματα για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος περίπου για το 40% της καταναλισκόμενης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο. Έτσι, τα παθητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να έχουν σημαντική συμμετοχή στη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων των κτιρίων για θέρμανση και ψύξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

7.1. Υβριδικά συστήματα

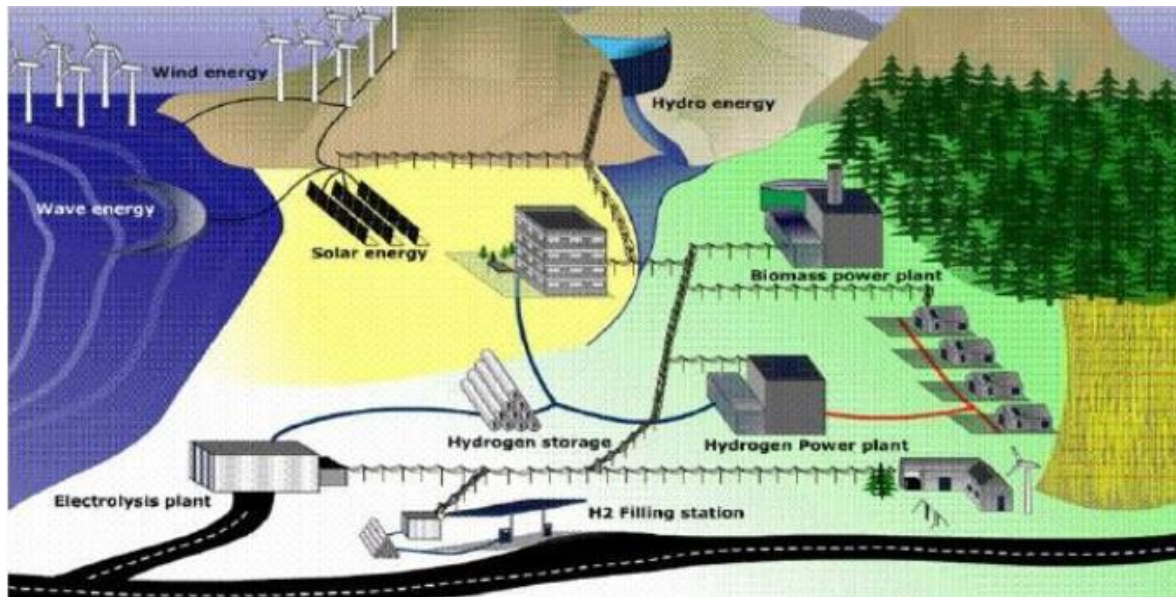
Σήμερα, υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές μορφές ενέργειας βάσει των οποίων είναι δυνατή η παραγωγή ενέργειας χωρίς σημαντικές επιπτώσεις για το περιβάλλον. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που έχουν τα συστήματα αυτά είναι η διακύμανση στην παραγωγή ενέργειας. Συστήματα όπως τα ηλιακά ή αιολικά εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες, γεγονός που επηρεάζει της παραγωγή ενέργειας καθώς αυτές μεταβάλλονται κατά την διάρκεια του χρόνου. Για αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητο η αναζήτηση λύσεων με σκοπό τη διασφάλιση της αξιοπιστίας και της ποιότητας της παρεχόμενης ενέργειας. Προς την κατεύθυνση αυτή, τα υβριδικά ενεργειακά συστήματα, ΥΣΕ (hybrid energy systems) αποτελούν έναν τομέα ο οποίος είναι δυνατόν να προσφέρει μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση.

Ως Υβριδικό Σύστημα Ενέργειας (ΥΣΕ) ορίζεται οποιοδήποτε αυτόνομο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, στο οποίο ενσωματώνονται περισσότερες από μία πηγές ενέργειας που λειτουργούν μαζί με τον απαραίτητο υποστηρικτικό εξοπλισμό, περιλαμβανομένης της αποθήκευσης της ενέργειας, με στόχο της παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο ή στο σημείο εγκατάστασής του. Τα βασικά μέρη που συνιστούν ένα ΥΣΕ είναι: α) οι μονάδες παραγωγής της ενέργειας, β) η μονάδα αποθήκευσης ενέργειας, γ) η μονάδα ελέγχου της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και συντονισμού των διάφορων διαθέσιμων επιλογών για βέλτιστη κάλυψη των αναγκών. Το μέγεθος των υβριδικών ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή.

Σύμφωνα με το νόμο 3468/2006, ως υβριδικό σύστημα ή αλλιώς υβριδικός σταθμός ορίζεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που:

- ✓ Χρησιμοποιεί μία, τουλάχιστον, μορφή ΑΠΕ.
- ✓ Η συνολική ενέργεια που απορροφά από το δίκτυο, σε ετήσια βάση, δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού. Ως ενέργεια που απορροφά ο υβριδικός σταθμός από το δίκτυο, ορίζεται η διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μετράται κατά την είσοδό της στο σταθμό και της ενέργειας που αποδίδεται απευθείας στο δίκτυο από τις μονάδες Α.Π.Ε. του υβριδικού σταθμού. Η διαφορά αυτή υπολογίζεται, για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, σε ωριαία βάση. Αν για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας εφαρμόζεται τεχνολογία διαφορετική από αυτή των φωτοβολταϊκών, μπορεί να χρησιμοποιείται και συμβατική ενέργεια που δεν απορροφάται στο δίκτυο, εφόσον η χρήση της ενέργειας αυτής κρίνεται αναγκαία για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η χρησιμοποιούμενη συμβατική ενέργεια δεν μπορεί να υπερβαίνει το 10% της συνολικής ενέργειας που παράγεται, σε ετήσια βάση, από τις μονάδες αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.
- ✓ Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ του σταθμού δε μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού, προσαυξημένη κατά ποσοστό μέχρι 20%.

Η επόμενη εικόνα δείχνει ένα υβριδικό σύστημα ενέργειας, που αξιοποιεί διάφορες μορφές ΑΠΕ, δίνοντας έμφαση στην χρησιμοποίηση του υδρογόνου και του βιοντίζελ ως βασικά καύσιμα.



Εικόνα 7.1. Υβριδικό σύστημα ενέργειας

Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν κατάλληλα για πολλές εφαρμογές και σε διαφορετικά μεγέθη. Η κυριότερη εφαρμογή των συστημάτων αυτών σήμερα είναι παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε αγροτικές περιοχές αποκομμένες από το δίκτυο. Επειδή οι περιοχές αυτές δεν παρουσιάζουν μεγάλο φορτίο και συνήθως βρίσκονται μακριά από το υπάρχον δίκτυο καθίσταται αντικοινωνική η δημιουργία δικτύου για την ηλεκτροδότηση τέτοιων κοινοτήτων ή ακόμα και κατοικιών. Έτσι η παροχή ενέργειας από υβριδικά συστήματα, βασιζόμενα σε ΑΠΕ είναι πιο οικονομική σε αυτές τις περιπτώσεις και φιλική στο περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια τα υβριδικά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή και σε άλλους τομείς όπως ο κτιριακός τομέας (αστικά κτίρια, νοσοκομεία, σχολεία, ξενοδοχεία), σε απομακρυσμένα χωριά, σε συστήματα αφαλάτωσης, σε συστήματα τηλεπικοινωνιών, τηλεμετρήσεων, συναγερμού κ.α.

7.1.1. Βασικά μέρη υβριδικού συστήματος

Τα βασικά μέρη που συνιστούν ένα ΥΣΕ είναι:

- α) οι μονάδες παραγωγής της ενέργειας,
- β) η μονάδα αποθήκευσης ενέργειας,
- γ) η μονάδα ελέγχου της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και συντονισμού των διάφορων διαθέσιμων επιλογών για βέλτιστη κάλυψη των αναγκών.

Συγκεκριμένα, ένα κοινό υβριδικό σύστημα αποτελείται συνήθως από τα ακόλουθα επιμέρους συστήματα:

1. Μία πρωτογενή πηγή ενέργειας (π.χ. ανανεώσιμη πηγή ενέργειας)
2. Μία δευτερογενή πηγή, η οποία προσφέρει πρόσθετη ενέργεια στο σύστημα υπό κανονικές συνθήκες και κάλυψη της απαιτούμενης ενέργειας σε περιπτώσεις όπου η πρωτογενής πηγή είναι εκτός λειτουργίας.

3. Ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (για μη διασυνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα) για τη διασφάλιση της σταθερότητας της παροχής ενέργειας.
4. Ένας ελεγκτής φόρτισης.
5. Το υλικό εγκατάστασης (καλώδια, κουτιά ασφάλειας κτλ).
6. Τις συσκευές κατανάλωσης ενέργειας.

7.1.2. Οφέλη υβριδικών συστημάτων

Τα υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας χαρακτηρίζονται γενικά ως δυναμικά συστήματα καθώς είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να εναλλάσσουν τις διαθέσιμες πηγές ενέργειας ή και να τις συνδυάζουν ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να εξαρτώνται κατά το ελάχιστο από τις μεταβολές των εξωγενών παραγόντων, όπως το τοπικό δίκτυο, η ηλιοφάνεια, η ένταση του ανέμου, η ροή του νερού κτλ.

Ως κυριότερα οφέλη από την αξιοποίηση των ΥΣΕ θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν τα εξής:

- ✚ Διασφαλίζουν την αξιοπιστία του συστήματος, καθώς οι ΑΠΕ εξαρτώνται από καιρικές συνθήκες, οι οποίες εμφανίζουν μεγάλες διακυμάνσεις, όπως η ταχύτητα ανέμου και η ηλιακή ακτινοβολία.
- ✚ Εκμεταλλεύονται τα καλύτερα χαρακτηριστικά της εκάστοτε τεχνολογίας που χρησιμοποιείται και με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζουν υψηλή απόδοση.
- ✚ Ικανοποιούν το φορτίο ακόμα και σε περίπτωση χαμηλού ανανεώσιμου δυναμικού.
- ✚ Συμβάλλουν στην διαφοροποίηση των ενεργειακών πηγών, αποφεύγοντας έτσι την εξάρτηση από συγκεκριμένες ενεργειακές πηγές.
- ✚ Επιτυγχάνουν την οικονομικότερη λειτουργία των συμβατικών μονάδων, καθώς αυτές φορτίζονται με σταθερότερο φορτίο και πλησίον της χαμηλότερης ειδικής κατανάλωσης καυσίμου.

7.1.3. Κατηγορίες υβριδικών συστημάτων και χαρακτηριστικά τους

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες υβριδικών συστημάτων, τα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο, τα αυτόνομα υβριδικά συστήματα και τα υβριδικά για την τροφοδότηση απομονωμένων φορτίων ή φορτίων ειδικού σκοπού.

➤ *Συστήματα διεσπαρμένης παραγωγής σε κεντρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας*

Αν ένας υβριδικός σταθμός συνδεθεί σε δίκτυο απείρου ζυγού, τότε γίνεται λόγος για διεσπαρμένη παραγωγή. Δεδομένου ότι το κεντρικό δίκτυο έχει την ευθύνη για τον έλεγχο της τάσης και της συχνότητας, αλλά και για την παραγωγή άεργου ισχύος, ο σχεδιασμός του υβριδικού συστήματος απλοποιείται, καθώς δεν απαιτούνται συστήματα ελέγχου. Όταν ζητείται περισσότερη ενέργεια από αυτήν που μπορεί να παράγει ο σταθμός, το έλλειμμα ενέργειας παρέχεται από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, Παρομοίως, τυχούσα περίσσεια ενέργειας που παράγεται από το υβριδικό σύστημα μπορεί να απορροφηθεί από το ηλεκτρικό δίκτυο με κάποιους περιορισμούς για την στιγμιαία παραγωγή ισχύος του ΥΣΕ. Στην περίπτωση ασθενούς δικτύου, όπου η ρύθμιση τάσης και συχνότητας μπορεί να επηρεαστεί από την ύπαρξη του ΥΣΕ, απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός και διατάξεις ελέγχου.

➤ *Αυτόνομα υβριδικά συστήματα*

Τα αυτόνομα υβριδικά συστήματα (ΑΥΣ) χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων φορτίων/φορτίων ειδικού σκοπού ή απομονωμένων/νησιωτικών περιοχών, που δεν είναι συνδεδεμένες με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, οπότε δεν υπάρχει σύστημα μεταφοράς παρά μόνο σύστημα διανομής. Η σημαντικότερη διαφορά του αυτόνομου σε σχέση με ένα διασυνδεδεμένο υβριδικό σύστημα είναι ότι πρέπει να μπορεί να παρέχει όλη την ενέργεια που ζητείται οποιαδήποτε χρονική στιγμή ή να κάνει αποκοπή φορτίου, όταν αυτό δεν είναι εφικτό. Επιπλέον, οφείλει να έχει την ικανότητα ρύθμισης συχνότητας και παραγωγής άεργου ισχύος, ώστε να ρυθμίζει την τάση του δικτύου. Όταν η ηλεκτρική παραγωγή από ΑΠΕ ξεπερνά το φορτίο, η περίσσεια ενέργειας πρέπει να αποθηκευτεί ή και να απορριφθεί με κάποιο τρόπο, ώστε να μην προκαλέσει αστάθεια στο σύστημα. Για τους παραπάνω λόγους, τα περισσότερα ΑΥΣ περιλαμβάνουν διατάξεις αποθήκευσης και συστήματα ελέγχου και διαχείρισης φορτίου. Μία πρόσθετη δυνατότητα που παρέχουν τα αυτόνομα υβριδικά συστήματα είναι η μελλοντική διασύνδεση με το δίκτυο.

➤ *Τροφοδότηση απομονωμένων φορτίων ή φορτίων ειδικού σκοπού*

Υβριδικά συστήματα χωρίς δίκτυο διανομής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση απομονωμένων φορτίων ή φορτίων ειδικού σκοπού, τα οποία μπορεί να είναι συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος, ή ακόμα και μεταβλητής τάσης και συχνότητας. Παραδείγματα τέτοιων φορτίων αποτελούν οι ηλεκτρικοί φάροι, ο φωτισμός της σήμανσης στους αυτοκινητόδρομους, η άντληση νερού, τα συστήματα αφαλάτωσης καθώς και οι ηλεκτρικοί μύλοι. Μία εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος θα μπορούσε να περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά πάνελ σε συνδυασμό με μπαταρίες και ηλεκτρονικά ισχύος. Σε αυτά τα συστήματα ο έλεγχος συχνότητας και τάσης καθώς και η διαχείριση της περίσσειας ισχύος δεν αποτελούν τις κύριες παραμέτρους σχεδίασης. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα χρησιμοποίησης και συμβατικής γεννήτριας που λειτουργεί όποτε η παραγωγή ΑΠΕ δεν επαρκεί, αλλά συνήθως δεν λειτουργεί παράλληλα με τις γεννήτριες ΑΠΕ.

7.1.4. Παραδείγματα υβριδικών συστημάτων

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί και κατασκευαστεί μια πληθώρα υβριδικών συστημάτων αποτελούμενα από διαφορετικά ενεργειακά συστήματα. Οι σημαντικότεροι συνδυασμοί ενεργειακών συστημάτων είναι:

➤ Φωτοβολταϊκά / Γεννήτρια πετρελαίου (PV/Diesel)

Ο συνδυασμός φωτοβολταϊκών γεννητριών και μιας γεννήτριας πετρελαίου προσφέρει μια απλή λύση και είναι κατάλληλος για περιοχές με υψηλό ηλιακό δυναμικό. Σε σύγκριση με τους κοινούς τρόπους παραγωγής ενέργειας εκτός δικτύου, το υβριδικό σύστημα αυτού του είδους μπορεί να προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί με αυτά τα συστήματα έχουν δείξει ότι η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να αγγίζει το 80% σε σχέση με τα μικρά αυτόνομα συστήματα με γεννήτριες πετρελαίου λαμβάνοντας υπόψη και τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες αλλά και τον σχεδιασμό του συστήματος.

➤ Ανεμογεννήτρια / Γεννήτρια πετρελαίου (WT/Diesel)

Το υβριδικό σύστημα που περιλαμβάνει ανεμογεννήτρια (Α/Γ) και γεννήτρια πετρελαίου μπορεί να εφαρμοστεί κυρίως σε περιοχές όπου η μέση ταχύτητα ανέμου είναι μεγαλύτερη από 3.5 m/s. Στην περίπτωση που η ταχύτητα του ανέμου είναι ικανοποιητική, η ανεμογεννήτρια παρέχει την απαραίτητη ενέργεια ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιείται αποθήκευση αυτής σε μπαταρίες. Σε χρονικές περιόδους με χαμηλές ταχύτητες ανέμου, η γεννήτρια πετρελαίου αντικαθιστά την Α/Γ προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο συνεχή παροχή ενέργειας προς κατανάλωση.

➤ *Φωτοβολταϊκά / Ανεμογεννήτρια (PV/WT) και Φωτοβολταϊκά / Ανεμογεννήτρια / Γεννήτρια πετρελαίου (PV/WT/Diesel)*

Σε κάποιες περιοχές η αξιοποίηση του αιολικού και ηλιακού δυναμικού μπορεί να προσφέρει μία ικανοποιητική λύση στον τομέα της παραγωγής ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή η μια πηγή ενέργειας συμπληρώνει την άλλη, γεγονός που οδηγεί στην παραγωγή ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Ενώ στα άλλα υβριδικά συστήματα τα οποία περιέχουν γεννήτρια πετρελαίου το αντικείμενο σχεδιασμού είναι η μέγιστη εκμετάλλευση της ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, στην περίπτωση αυτού του είδους υβριδικού η κατάσταση είναι διαφορετική.

Προτεραιότητα στα σύστημα αυτά είναι η διασφάλιση της ποιότητας και αξιοπιστίας αφού μπορεί να υπάρξουν χρονικές περίοδοι (χαμηλές ταχύτητες και ανέμου και νεφώσεις) στις οποίες δεν είναι δυνατή η παραγωγή ενέργειας. Για αυτό το λόγο ο σχεδιασμό και η επιλογή τέτοιων συστημάτων απαιτεί προσεκτική μελέτη. Έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί σε υβριδικά συστήματα τα οποία περιλαμβάνουν και γεννήτρια πετρελαίου τα οποία λειτουργούν πιο αποδοτικά σε σχέση με υψηλότερο ωστόσο κόστος κατασκευής.

➤ *Άλλα είδη υβριδικών συστημάτων*

Εκτός από τα παραπάνω συστήματα, υπάρχει μια ποικιλία άλλων υβριδικών συστημάτων τα οποία προσφέρουν ενεργειακές λύσεις. Όπως προαναφέρθηκε, τα υβριδικά συστήματα αποτελούνται από δύο ή περισσότερα ενεργειακά συστήματα. Σήμερα έχουν κατασκευαστεί υβριδικά συστήματα τα οποία είναι ένα συνδυασμός φωτοβολταϊκών γεννητριών, αιολικών μηχανών και βιοαερίου (PV/Biogas ή WT/Biogas). Τα υβριδικά συστήματα αυτά είναι παρόμοια σε κάποιο βαθμό με εκείνα που χρησιμοποιούν γεννήτριες πετρελαίου. Σημαντικό ρόλο στην απόδοση των συστημάτων αυτών έχει η χωρητικότητα της δεξαμενής αποθήκευσης του βιοαερίου καθώς και η ενεργειακή διαχείριση του συστήματος.

Ένα άλλο είδος υβριδικών συστημάτων είναι εκείνο το οποίο περιλαμβάνει ανεμογεννήτρια και ηλιακό θερμικό σύστημα. Το θερμικό σύστημα φροντίζει για τη θέρμανση του νερού χρήσης που απαιτείται ενώ η ανεμογεννήτρια παρέχει ηλεκτρική ενέργεια. Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και τα συστήματα που περιλαμβάνουν γεωθερμικά συστήματα με ταυτόχρονη ύπαρξη φωτοβολταϊκών γεννητριών ή ανεμογεννήτριας.

Τέλος υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού φωτοβολταϊκών γεννητριών ή αιολικών μηχανών με μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μικρές υδροηλεκτρικές γεννήτριες είναι κινητήρες που έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν σε συνθήκες χαμηλής ροής του νερού, γεγονός που τα καθιστά ιδανική επιλογή για εφαρμογές σε οικίες κοντά σε ποτάμια ενώ με τον συνδυασμό τους με άλλες

ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να προσφέρει μια ολοκληρωμένη ενεργειακή πρόταση.

7.2. Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας

7.2.1. Κατηγοριοποίηση τεχνολογιών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

Το ενδιαφέρον για την ενεργειακή αποθήκευση εστιάζεται στην αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της εύκολης μεταφοράς της σε μεγάλες αποστάσεις. Η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματικά. Επειδή, όμως, δεν είναι εφικτή (οικονομικά) η απευθείας αποθήκευσή της, απαιτείται να μετατραπεί πρώτα σε άλλη μορφή και όταν χρειαστεί να μετατραπεί ξανά σε ηλεκτρική. Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές ενεργειακής αποθήκευσης, βασιζόμενες σε σχεδόν όλες τις μορφές ενέργειας. Έτσι, η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί στις ακόλουθες μορφές:

- ❖ Σε χημική μορφή (μπαταρίες: Νικελίου, Λιθίου, Μολύβδου-Οξέος, Ψευδαργύρου/βρωμίου, Μετάλλου-Αέρα, Νατρίου-Θείου).
- ❖ Σε μηχανική μορφή υπό την μορφή κινητικής ενέργειας σε σφόνδυλο.
- ❖ Υπό μορφή ηλεκτροστατικού πεδίου, λόγω διαφορετικού ηλεκτρικού φορτίου στους οπλισμούς (υπερπυκνωτές).
- ❖ Υπό μορφή μαγνητικού πεδίου (υπεραγωγίμο μαγνητικό σύστημα ενεργειακής αποθήκευσης).
- ❖ Υπό μορφή πεπιεσμένου αέρα (συστήματα αποθήκευσης ενέργειας συμπιεσμένου αέρα).
- ❖ Σε υδραυλική μορφή (συστήματα αντλησιοταμίευσης).
- ❖ Υπό μορφή υδρογόνου (κυψέλες καυσίμου).

Οι διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης είναι προφανώς διαφορετικών τύπων, αφού απαντούν σε συγκεκριμένα τεχνικά και οικονομικά κριτήρια, τα οποία ποικίλουν σημαντικά ανάλογα με τις εφαρμογές και τις ανάγκες. Επομένως, μια συγκριτική μελέτη των τεχνολογιών αυτών καθίσταται δύσκολη, δεδομένου ότι, μεταξύ άλλων, τα επίπεδα ανάπτυξής τους διαφέρουν μεγάλο βαθμό. Ωστόσο, οι διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να διαιρεθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την κλίμακα αποθήκευσης και την εφαρμογή τους:

- 1) Διατάξεις *βραχυπρόθεσμης* αποθήκευσης ενέργειας, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε κατανεμημένες εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής (όταν δηλαδή η παραγωγή λαμβάνει χώρα κοντά ή στην ίδια τη θέση της ζήτησης) και έχουν την ικανότητα να ανταποκρίνονται στα αιτήματα για μικρά χρονικά διαστήματα.
- 2) Διατάξεις *μακροπρόθεσμης* αποθήκευσης ενέργειας, οι οποίες είναι κυρίως μεγάλες, κεντρικές εγκαταστάσεις και έχουν την ικανότητα να αποθηκευτούν και να παρέχουν την ηλεκτρική ενέργεια για μεγάλες χρονικές περιόδους.

Αναλυτικότερα, οι διατάξεις *βραχυπρόθεσμης* ενεργειακής αποθήκευσης χρησιμοποιούνται σε μικρής κλίμακας συστήματα και είναι κατάλληλες για εφαρμογές ποιότητας ισχύος. Οι διατάξεις αυτές εφαρμόζονται για να βελτιώσουν την ποιότητα ισχύος στα ηλεκτρικά συστήματα και συγκεκριμένα για να διατηρήσουν σταθερή την τάση κατά την ενεργειακή συνεισφορά, σε περιπτώσεις βυθίσεων ή κυματισμών που διαρκούν για λίγα δευτερόλεπτα ή λεπτά. Στην κατηγορία των διατάξεων βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης ενέργειας εντάσσονται οι σφόνδυλοι (flywheels), οι υπερπυκνωτές (supercapacitors) και τα

υπεραγώγιμα μαγνητικά ενεργειακής αποθήκευσης (Superconducting Magnetic Energy Storage, SMES).

Από την άλλη μεριά, οι διατάξεις *μακροπρόθεσμης* ενεργειακής αποθήκευσης χρησιμοποιούνται σε μεγάλης κλίμακας συστήματα και είναι κατάλληλες για εφαρμογές εξομάλυνσης φορτίων, καθώς και για αποθέματα αιολικής ενέργειας υψηλής χωρητικότητας. Οι διατάξεις αυτές μπορούν να αποθηκεύουν και να παρέχουν την ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια ωρών ή ημερών, και να συντελούν ειδικότερα στη διαχείριση της ενέργειας, τη ρύθμιση της συχνότητας και τη διαχείριση της συμφόρησης στο δίκτυο. Στην κατηγορία των διατάξεων μακροπρόθεσμης αποθήκευσης ανήκουν οι μπαταρίες, τα συστήματα αντλησιοταμίευσης, τα συστήματα ενεργειακής αποθήκευσης συμπιεσμένου αέρα (compressed air energy storage, CAES) και οι τεχνολογίες ενεργειακής αποθήκευσης υδρογόνου (fuel cells – hydrogen energy storage).

7.2.2. Χαρακτηριστικά διατάξεων ενεργειακής αποθήκευσης.

Η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε διάφορες μορφές ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη κάθε φορά διάταξη. Οι διαφορετικές αυτές μορφές αποθήκευσης της ενέργειας έχουν ως αποτέλεσμα οι διάφορες διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης να εμφανίζουν διαφορετικά τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά. Με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά συγκρίνονται οι τεχνολογίες αποθήκευσης, ώστε να επιλεγεί, ανάλογα με την εφαρμογή, η βέλτιστη κάθε φορά τεχνολογία.

Παρουσιάζονται συνοπτικά μερικοί ιδιαίτερα σημαντικοί όροι που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των χαρακτηριστικών των διατάξεων ενεργειακής αποθήκευσης. Η κατανόηση των όρων αυτών βοηθά στη σύγκριση των τεχνολογιών αποθήκευσης και την εξαγωγή συμπερασμάτων για το πλήθος των εφαρμογών τους. Οι όροι αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

- Η *ενεργειακή πυκνότητα* (energy density), που ορίζεται ως το ποσό της ενέργειας που μπορεί να αποδοθεί από μία μονάδα ενεργειακής αποθήκευσης ανά μονάδα μάζας ή όγκου της. Μετριέται συνήθως σε Wh/kg. Σε συνδυασμό με το φυσικό μέγεθος και το βάρος της διάταξης αποθήκευσης, η ενεργειακή πυκνότητα καθορίζει την ποσότητα της ενέργειας που μπορεί η διάταξη να αποθηκεύσει και να αποδώσει.
- Η *αποθηκευτική ικανότητα* (storage capacity), η οποία ορίζεται ως η ποσότητα της διαθέσιμης ενέργειας στο σύστημα αποθήκευσης μετά τη φόρτιση. Συχνά η εκφόρτιση δεν είναι πλήρης. Για το λόγο αυτό, η αποθηκευτική ικανότητα καθορίζεται βάσει της συνολικής ενέργειας που αποθηκεύεται και η οποία είναι μεγαλύτερη από αυτή που αποδίδεται, λόγω των ενεργειακών απωλειών. Η αποθηκευτική ικανότητα εκφράζεται συνήθως σε MWh.
- Η *εκτιμώμενη ενέργεια* (εκφραζόμενη σε kWh ή MWh), η οποία είναι σημαντική για τον καθορισμό του χρονικού διαστήματος που η διάταξη αποθήκευσης μπορεί να παρέχει ενέργεια. Από την άλλη, η εκτιμώμενη ισχύς είναι σημαντική για τον καθορισμό της ποσότητας της ενέργειας που μπορεί να «αποδεσμευτεί» από τη διάταξη ενεργειακής αποθήκευσης σε έναν καθορισμένο χρόνο. Για παράδειγμα, μια διάταξη των 100 kWh με ισχύ 20 kW Μπορεί να αποδώσει 20 kW σε 5 ώρες.
- Η *ενεργειακή απόδοση* (energy efficiency) της διάταξης αποθήκευσης ενέργειας, η οποία ορίζεται ως λόγος της ενέργειας που αποδίδεται προς την ενέργεια που αποθηκεύεται. Προφανώς, η αποθήκευση της ενέργειας και στη συνέχεια η επαναπόδοσή της στην κατανάλωση γίνεται με την παρεμβολή απωλειών, με αποτέλεσμα η ενέργεια που αποδίδεται να είναι μικρότερη από την ενέργεια που

αποθηκεύεται. Τα συστήματα ενεργειακής αποθήκευσης εμφανίζουν απώλειες φόρτισης, αυτό-εκφόρτισης, καθώς και απώλειες λόγω απουσίας φορτίου. Ενεργειακές απώλειες παρατηρούνται επίσης και κατά τη μεταφορά της ενέργειας στον τόπο κατανάλωσης, αλλά και την μετατροπή του ηλεκτρικού ρεύματος (αναστροφείς, συστήματα ελέγχου) προκειμένου να μπορεί να εκμεταλλευτεί με ασφάλεια και αξιοπιστία από τα φορτία. Για να είναι ένα σύστημα ενεργειακής αποθήκευσης πραγματικά ανταγωνιστικό πρέπει να έχει καλή ενεργειακή απόδοση. Αυτό σημαίνει ότι, για βέλτιστη λειτουργία, πρέπει να περιορίζονται οι ενεργειακές απώλειες.

- Ο *χρόνος εκφόρτισης* (discharge time), που ορίζεται ως η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας μια διάταξη ενεργειακής αποθήκευσης αποδεσμεύει την ενέργεια που έχει αποθηκεύσει. Ο χρόνος εκφόρτισης σχετίζεται με τη χωρητικότητα ισχύος (power capacity) της διάταξης, η οποία εκφράζεται σε kW ή MW.
- Η *αυτό-εκφόρτιση* (self-discharge), η οποία ορίζεται ως το ποσοστό της ενέργειας που αποθηκεύτηκε αρχικά στη διάταξη ενεργειακής αποθήκευσης και παρέμεινε τελείως αναξιοποίητο. Εκφράζεται συνήθως σε ποσοστό 5 ανά ώρα ή σε ποσοστό 5 ανά ημέρα.
- Η *διάρκεια ζωής* (life-time), που αφορά το χρόνο λειτουργίας της διάταξης ενεργειακής αποθήκευσης και εκφράζεται σε έτη ή κύκλους. Εκφραζόμενη σε κύκλους, αναφέρεται στο μέγιστο αριθμό των κύκλων (N) που η μονάδα αποθήκευσης μπορεί να αποδεσμεύσει την ποσότητα της ενέργειας για την οποία σχεδιάστηκε, μετά από κάθε επαναφόρτιση. Κάθε κύκλος αντιστοιχεί σε μια φόρτιση και μια εκφόρτιση. Όλα τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας υπόκεινται σε κόπωση ή φθορά από τη χρήση. Ο σχεδιασμός ενός συστήματος αποθήκευσης που εξετάζει την αντοχή της μονάδας από την άποψη των κύκλων, πρέπει να είναι πρωταρχικής σημασίας κατά την επιλογή του συστήματος. Εντούτοις, οι πραγματικές διαδικασίες κόπωσης είναι συχνά σύνθετες και η διάρκεια ζωής της μονάδας αποθήκευσης σε κύκλους δεν καθορίζεται πάντα με ακρίβεια.
- Τα *κόστη* (costs) των διατάξεων ενεργειακής αποθήκευσης, τα οποία αναγράφονται συνήθως ως κόστος/kW. Τα κόστη σχετίζονται συνήθως με τις εφαρμογές για τις οποίες προορίζονται οι διατάξεις. Επομένως, μερικές διατάξεις θα εμφανίζουν υψηλό κόστος/kWh, αλλά σχετικά χαμηλότερο κόστος/kW, ενώ άλλες το αντίθετο. Εξαρτάται δηλαδή από την εφαρμογή αν μια διάταξη είναι ενδεχομένως οικονομική ή όχι.
- Οι *περιβαλλοντικές επιδράσεις* (environmental impacts). Αν και η παράμετρος αυτή δεν αποτελεί κριτήριο της απόδοσης των συστημάτων ενεργειακής αποθήκευσης, η περιβαλλοντική «συμβατότητα» του συστήματος αποτελεί ισχυρή διαφήμιση για την προώθησή του. Δεν πρέπει επομένως να αγνοούνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρει ένα σύστημα ενεργειακής αποθήκευσης.

Τέλος στον Πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζεται μια σύνοψη των σημαντικότερων τεχνικών απαιτήσεων των συστημάτων ενεργειακής αποθήκευσης για εφαρμογές ισχύος και ενέργειας. Σε εφαρμογές ισχύος οι διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης αποδεσμεύουν μεγάλο ποσό ισχύος σε σύντομο χρονικό διάστημα (δευτερόλεπτα ή λεπτά), ενώ σε ενεργειακές εφαρμογές οι διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης αποδεσμεύουν μεγάλο ποσό ενέργειας για μεγαλύτερη χρονική περίοδο (ώρες και μέρες).

<i>Απαιτήσεις</i>	<i>Εφαρμογές Ισχύος</i>	<i>Εφαρμογές Ενέργειας</i>
Μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα (Large Storage Capacity), (MWh)	-	+
Υψηλή χωρητικότητα ισχύος (Large power capacity), (MW)	-	+
Πυκνότητα ισχύος (Power density), (kW/kg)	+	+
Ενεργειακή πυκνότητα (Energy density), (kWh/kg)	+	-
Ενεργειακή απόδοση (Energy efficiency), (%)	+	+
Διάρκεια ζωής (Life-time), (σε έτη)	+	+
Διάρκεια ζωής (Life-time), (σε κύκλους)	+	+
Χρόνος Πρόσβασης (Access time), (ms)	++	-
Χαμηλή αυτό-εκφόρτιση (Low self discharging), (%/ώρα ή %/ημέρα)	-	+
++ πολύ σημαντικό + σημαντικό - λιγότερο σημαντικό		

Πίνακας 7.1. Απαιτήσεις συστημάτων ενεργειακής αποθήκευσης

7.2.3. Ανάγκη αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

Η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας επιβάλλεται να γίνεται μόνο όταν αυτή προέρχεται από τις ΑΠΕ για τον περιορισμό των εκπομπών CO₂.

Η αιολική ενέργεια και η γεωθερμία προσφέρονται σήμερα πολύ ευνοϊκά για παραγωγή και αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο από την άποψη του υψηλού δυναμικού όσο και του χαμηλού κόστους παραγωγής.

Η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ είναι χρονικά μεταβαλλόμενη και συνεπώς ανίκανη να παρακολουθήσει την καμπύλη ζήτησης φορτίου ενός δικτύου. Παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις δεδομένου ότι βασίζεται σε μη προβλέψιμα μετεωρολογικά δεδομένα. Κατά συνέπεια, η ενέργεια αυτή μπορεί να μην είναι διαθέσιμη όταν απαιτείται ή να υπάρχει πλεόνασμα αυτής το οποίο να απορρίπτεται.

Σε αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα, όπως είναι αυτά πολλών ελληνικών νησιών, το αιολικό δυναμικό είναι πλούσιο αλλά ένα σημαντικό μέρος του μένει ανεκμετάλλευτο επειδή η ζήτηση παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις.

Η παραγωγή των φωτοβολταϊκών στη διάρκεια της ημέρας από μια Φ/Β μονάδα σε κατοικία έχει την αιχμή της στις μεσημβρινές ώρες και καθίσταται αναγκαία η αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας που παράγεται για να χρησιμοποιηθεί στο βραδινό φορτίο. Η

ευρεία αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή αναμένεται στο εγγύς μέλλον και σε συνδυασμό με αποδοτικά συστήματα αποθήκευσης.

Προκύπτει, έτσι, η ανάγκη να αποθηκεύεται η χρονικά μεταβαλλόμενη παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ υπό μορφή άλλης ενέργειας και να μετατρέπεται εκ νέου σε ηλεκτρική όταν αυτό απαιτείται σε περιόδους απώλειας των ΑΠΕ, π.χ. σε περιόδους μηδενικής ηλιοφάνειας ή πολύ μικρής ταχύτητας ανέμου.

Τα οφέλη της αποθήκευσης, εκτός από τη μεγάλη διείσδυση αιολικής και ηλιακής ενέργειας, είναι πολλά όπως η ενίσχυση του δικτύου με ισχύ και ενέργεια, η αποφόρτιση των δικτύων μεταφοράς, οι επικουρικές υπηρεσίες στο δίκτυο, η αξιοπιστία και ποιότητα. Επίσης, ως παραγωγική πηγή η αποθήκευση ενέργειας μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση στις λειτουργικές δαπάνες ή την επένδυση κεφαλαίων.

7.2.4. Συνήθεις εφαρμογές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα δίκτυα

Οι πλέον ώριμες σήμερα τεχνολογίες αποθήκευσης με αξιόλογες εφαρμογές στα ηλεκτρικά δίκτυα και με γνωστό κόστος είναι:

- Οι αντλητικοί / υδροηλεκτρικοί σταθμοί ή αναστρέψιμοι ΥΗΣ
- Οι συσσωρευτές μολύβδου (L/A) κυρίως και σε ημιεμπορική χρήση οι (flow batteries) Νατρίου - Θείου (NaS), Βαναδίου Redox (VRB), Ψευδαργύρου - Βρωμίου (ZnBr), ενώ σε μικρά μεγέθη οι ιόντων λιθίου (Li-ion), Καδμίου - Νικελίου (NiCd) και Nickel Metal Hybrid (NiMH) (ηλεκτροχημική αποθήκευση)

Γενικά, τα συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα δίκτυα πρέπει να είναι υψηλού βαθμού απόδοσης, ευέλικτα στη λειτουργία τους με μεγάλη διάρκεια ζωής, χαμηλό κόστος λειτουργίας - συντήρησης και χαμηλό κόστος επένδυσης.

Οι συνήθεις εφαρμογές σήμερα είναι οι μεγάλοι κεντρικοί αντλητικοί - υδροηλεκτρικοί σταθμοί που στην καλύτερη περίπτωση συνδυάζονται και με την εκμετάλλευση του υδροηλεκτρικού δυναμικού. Σκοπός είναι η εξομάλυνση της καμπύλης ζήτησης χρησιμοποιώντας νυχτερινό φορτίο με χαμηλό κόστος για άντληση ώστε να είναι εφικτή η λειτουργία των μεγάλων θερμικών ή και πυρηνικών μονάδων (πάνω από το τεχνικά ελάχιστο φορτίο) και αποδίδοντας ισχύ με υδροηλεκτρική εκμετάλλευση στις ώρες αιχμής με υψηλή τιμή, προσφέροντας και επικουρικές υπηρεσίες στο δίκτυο. Δύο τέτοιοι σταθμοί λειτουργούν στην Ελλάδα (ΥΗΣ Σφηκιάς στον Αλιάκμονα και ΥΗΣ Θησαυρού στο Νέστο).

Οι εφαρμογές των αντλητικών - υδροηλεκτρικών σταθμών άρχισαν το 1890 στην Ευρώπη (Ελβετία, Ιταλία) και το 1933 αναπτύχθηκαν οι αναστρέψιμες υδροηλεκτρικές μονάδες. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες μεταβλητών στροφών με ηλεκτρονικά ισχύος που βελτιώνουν το βαθμό απόδοσης και την ευελιξία στη λειτουργία. Οι μονάδες αυτές καλύπτουν σχεδόν κάθε μέγεθος με χρόνο εκφόρτισης από μερικές ώρες μέχρι μερικές ημέρες και ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 70% ως 78%. Χαρακτηρίζονται από μακρό χρόνο μελέτης - κατασκευής και υψηλό κόστος επένδυσης, ενώ αποτελούν την πιο καθιερωμένη μορφή αποθήκευσης στα ηλεκτρικά συστήματα για τη διαχείριση της ενέργειας, ρύθμιση συχνότητας - τάσεως και στρεφόμενη εφεδρεία. Αρκετές τέτοιες εγκαταστάσεις μεγάλου μεγέθους που ξεπερνούν τα 1.000 MW σε ισχύ έχουν κατασκευασθεί και λειτουργούν κυρίως στην Ιαπωνία και ΗΠΑ λόγω των πυρηνικών σταθμών.

Τα συστήματα αποθήκευσης πρέπει να συνεργάζονται κυρίως με τις μονάδες παραγωγής ΑΠΕ ή και άλλες κεντρικές ή αποκεντρωμένες μονάδες παραγωγής με αποδοτικές και καθαρές τεχνολογίες.

Οι συσσωρευτές μολύβδου χρησιμοποιούνται ευρέως για αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας στα αυτόνομα συστήματα αλλά και στα δίκτυα σε ειδικές περιπτώσεις. Άλλες τεχνολογίες για αποκεντρωμένα συστήματα αποθήκευσης κυρίως με ηλεκτροχημική αποθήκευση (NaS, VRB, ZnBr, Li-ion κλπ) βρίσκονται σε ημιεμπορική εκμετάλλευση ή σε επιδεικτικά έργα.

7.2.5. Συστήματα αποθήκευσης με χρήση αιολικής ενέργειας για τα νησιά

Στα μικρά συστήματα (ικανότητας μέχρι μερικά MW ή μερικές MWh ετησίως) η ηλεκτροχημική αποθήκευση σε συνδυασμό με κατάλληλη μείξη αιολικής και ηλιακής ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή μπορεί να αποτελέσει μια αξιόπιστη και οικονομική λύση, π.χ. συσσωρευτές μολύβδου, flow batteries ή ιόντων λιθίου. Αυτά τα συστήματα αποθήκευσης μπορούν να αναπτυχθούν σαν αποκεντρωμένα ή και σαν ένα (ή και περισσότερα) κεντρικά συστήματα αποθήκευσης σε συνεργασία με αιολικές μονάδες.

Για μεσαία και μεγάλα συστήματα οι αντλητικοί/υδροηλεκτρικοί σταθμοί σε συνεργασία με αιολικά πάρκα προσφέρονται σαν κεντρικά συστήματα αποθήκευσης αφού το σύνθετο ανάγλυφο με τους ορεινούς όγκους στα νησιά ευνοεί την ανάπτυξή τους.

Για τα νησιωτικά συστήματα η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με μεγάλη διείσδυση των ΑΠΕ για την κάλυψη των φορτίων μαζί με προσφορά επικουρικών υπηρεσιών στο δίκτυο πρέπει να συνδυάζεται και με άλλες δράσεις που οδηγούν στη βέλτιστη σχεδίαση των συστημάτων αποθήκευσης, κεντρικών ή και αποκεντρωμένων. Αυτό εξασφαλίζει οικονομική λειτουργία του συστήματος συνολικά με περιορισμένες ως και μηδενικές εκπομπές CO₂.

Ειδικότερα, προτείνεται:

- Κατάλληλη μείξη μορφών ΑΠΕ, π.χ. αιολική με ηλιακή ενέργεια
- Διαχείριση της ζήτησης
- Αφαλάτωση νερού και αποθήκευση
- Διαχείριση της φόρτισης και εκφόρτισης των μπαταριών ηλεκτρικών αυτοκινήτων
- Αποκεντρωμένα συστήματα αποθήκευσης, κυρίως με ηλεκτροχημική αποθήκευση

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια οικονομικά διαθέσιμη ενεργειακή πηγή για τα συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις στη διάρκεια του 24ωρου και εποχιακά η μεγάλη διείσδυση της αιολικής ενέργειας συναντά προβλήματα στις ώρες χαμηλής ζήτησης όταν υπάρχει άνεμος (νυχτερινές ώρες) με αποτέλεσμα να απορρίπτεται. Επομένως, υπάρχει περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο που αυξάνεται με τη μεγάλη διείσδυση και μπορεί να αξιοποιηθεί σε συστήματα αποθήκευσης.

Τα συστήματα ηλεκτροχημικής αποθήκευσης, όσα από αυτά έχουν φθάσει σε ωριμότητα, προσφέρονται για εφαρμογές, ενώ οι ερευνητικές προσπάθειες συνεχίζονται για να δώσουν καλύτερες λύσεις στα επόμενα χρόνια.

ΠΗΓΕΣ (βιβλιογραφία/links)

- ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ <http://www.rae.gr/geo/>
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ
<http://www.ypeka.gr/?tabid=285>
- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
<http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>
- http://1lyk-filipp.pre.sch.gr/data/PROJECTS/Project_2.pdf
- <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2017.pdf>
- ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Ευαγγελία Τ. Τζιάσιου)
- ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΔΥΝΗΤΙΚΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ (ΚΑΠΕ/CRES)
- <https://www.kathimerini.gr/economy/local/561103024/analysis-oi-ape-kai-to-kostos-tis-ilektrikis-energeias-stin-ellada/>
- <https://www.iene.gr/articlefiles/file/meletes/iene-meleti-2019.pdf>
- <https://energypress.gr/news/i-aktinografia-toy-ilektrikoy-systimatos-2020>
- <https://www.naftemporiki.gr/finance/story/1596678/o-koronoios-rixnei-tin-katanalosi-energeias>
- <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>
- <http://www.agroenergy.gr/greek>