



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ
ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ευαγγελία Τ. Τζιάσιου

Επίβλεψη : Μαρία Γ. Ιωαννίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2012



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ευαγγελία Τ. Τζιάσιου

Επίβλεψη : Μαρία Γ. Ιωαννίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Φεβρουαρίου 2012.

.....
Μαρία Γ. Ιωαννίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

.....
Νικόλαος Ι. Θεοδώρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Παναγιώτης Τσαραμπάρης
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2012

.....
Ευαγγελία Τ. Τζιάσιου

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ευαγγελία Τζιάσιου, 2012.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεχής αύξηση της ενεργειακής ζήτησης, σε συνδυασμό με την εξάντληση των κοιτασμάτων των συμβατικών καυσίμων και τα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας, για τα οποία ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό τα συμβατικά καύσιμα, επιβάλλει την αναζήτηση άλλων πηγών ενέργειας, οι οποίες να είναι ανανεώσιμες και ανεξάντλητες.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι φυσικοί διαθέσιμοι πόροι - πηγές ενέργειας, που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον, που δεν εξαντλούνται, αλλά διαρκώς ανανεώνονται και που δύνανται να μετατρέπονται σε ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις και η θαλάσσια κίνηση.

Τα οφέλη από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι σημαντικά. Από περιβαλλοντική άποψη είναι όλες ενεργειακές πηγές με μηδενικές εκπομπές CO₂ σε αντίθεση με τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται αναλυτική περιγραφή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με στόχο την ανάδειξή τους σε τεχνολογίες με υψηλές προοπτικές στην μελλοντική επιχειρηματική ζωή και με ιδιαίτερη συμβολή στην αντιμετώπιση των μεγάλων σύγχρονων κρίσεων που εντοπίζονται σε οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό επίπεδο. Επιπλέον, παρουσιάζεται η αξιοποίηση τους στην Ελλάδα και αναδεικνύεται η ανάγκη να διεισδύσουν περισσότερο αυτές οι τεχνολογίες στην χώρα μας. Στη συνέχεια, περιγράφονται οικονομικοί δείκτες για την αξιολόγηση επενδύσεων από ΑΠΕ, καθώς και μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας τα οποία είναι αναγκαία για την ανάπτυξη και εφαρμογή των ΑΠΕ. Παρουσιάζονται αποτελέσματα που προέκυψαν από έρευνες σχετικά με τη διερεύνηση των κοινωνικών στάσεων σε θέματα ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας. Τέλος, γίνεται εξαγωγή συμπερασμάτων και λύσεων όσον αφορά την συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην κλιματική και οικονομική κρίση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια, θαλάσσια ενέργεια, βιομάζα, γεωθερμία, δείκτες οικονομικής αξιολόγησης, εξοικονόμηση ενέργειας

ABSTRACT

The continuous increase of the energy demand, in combination with the problem of conventional fuels' exhaustion and the environmental problems caused by the use of them, imposes the search for other energy sources which will be renewable and inexhaustible.

Renewable Energy Sources (RES) are the available natural resources - energy sources which are plentiful in our natural environment and not exhaustible. They are constantly renewed and may be converted into electricity or thermal energy. The main RES are solar energy, wind energy, biomass, geothermal, hydropower and the water movement.

The benefits of using renewable energy sources are considerable. With regard to the environment, all of them are all non-emission power sources. Unlike coal combustion power plants, no harmful exhaust is produced when using alternative energy generators.

In the present diploma thesis a detailed description of renewable energy sources is made, in order to highlight them as technologies with high prospects in the future business life and with great contribution in dealing with big modern crises that are identified in economic, social and environmental level. Furthermore, their penetration in Greece is presented in order to highlight the need to further penetration of these technologies in our country. Next, economic evaluation factors for investments of RES are described as well as metres of energy saving, which are necessary for the development and RES application. Results which have been derived from researches concerning the investigation of social attitudes on renewable energy and energy saving are presented. Finally, conclusions and solutions regarding the contribution of renewable energy sources on climatic and economic crisis are made.

KEY WORDS

Renewable energy sources, wind energy, solar energy, hydropower, marine energy, biomass, geothermal, economic evaluation factors, energy saving

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κ. Μαρία Ιωαννίδου, καθηγήτρια της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, για την πολύτιμη βοήθεια, τις υποδείξεις και τις διορθώσεις της, καθώς και για την δυνατότητα που μου προσέφερε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Οφείλω να ευχαριστήσω και την οικογένεια μου που με στήριξε και με στηρίζει όλα αυτά τα χρόνια καθώς και το σύζυγό μου Βαγγέλη και το μικρό Νικολάκη για την αγάπη τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	13
1.2 Η ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ.....	13
1.3 ΜΟΡΦΕΣ ΤΩΝ ΑΠΕ	14
1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΠΕ	15
1.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΠΕ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	16
1.6 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	21
2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	21
2.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	21
2.2.1 Κατηγορίες ανεμογεννητριών	22
2.2.2 Απόδοση ανεμογεννητριών.....	26
2.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	29
2.4 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ	29
2.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	31
2.6 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	35
3.1 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	35
3.1.1 Λειτουργία υδροηλεκτρικών μονάδων.....	36
3.1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη θέση και το μέγεθος υδροηλεκτρικών σταθμών	38
3.1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	39
3.1.4 Αξιοποίηση υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	39
3.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	40
3.2.1 Μορφές θαλάσσιας ενέργειας	40
3.2.1.1 Ενέργεια των κυμάτων	41
3.2.1.2 Ενέργεια της παλίρροιας	42
3.2.1.3 Ενέργεια από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού των ωκεανών	43
3.2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα θαλάσσιας ενέργειας.....	43
3.2.3 Αξιοποίηση θαλάσσιας ενέργειας.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	45
4.1 ΒΙΟΜΑΖΑ.....	45
4.1.1 Είδη βιομάζας	45
4.1.2 Μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας	46
4.1.3 Εφαρμογές και χρήσεις της βιομάζας.....	47
4.1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιομάζας	48
4.1.5 Παγκόσμιο και Ελληνικό δυναμικό.....	49
4.2 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	51
4.2.1 Εφαρμογές της γεωθερμίας	51
4.2.2 Κατηγορίες γεωθερμικών πεδίων	52
4.2.3 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας.....	53
4.2.4 Οφέλη εκμετάλλευσης γεωθερμίας.....	53
4.2.5 Αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	55

5.1	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	55
5.1.1	Δομή, λειτουργία και απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	55
5.1.2	Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων	57
5.1.3	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων	58
5.1.4	Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων	59
5.1.4.1	Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	59
5.1.4.2	Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα	60
5.1.5	Υπολογισμός πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων	61
5.1.6	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων	61
5.1.7	Προϋποθέσεις κτιρίων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών	62
5.2	ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	63
5.3	ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	64
5.4	ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ		67
6.1	ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	67
6.1.1	Βασικά μέρη υβριδικού συστήματος.....	68
6.1.2	Οφέλη υβριδικών συστημάτων	69
6.1.3	Κατηγορίες υβριδικών συστημάτων και χαρακτηριστικά τους.....	69
6.1.4	Παραδείγματα υβριδικών συστημάτων	70
6.2	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	72
6.2.1	Κατηγοριοποίηση τεχνολογιών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας	72
6.2.2	Χαρακτηριστικά διατάξεων ενεργειακής αποθήκευσης.	73
6.2.3	Ανάγκη αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ	75
6.2.4	Συνθήκες εφαρμογές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα δίκτυα ...	76
6.2.5	Συστήματα αποθήκευσης με χρήση αιολικής ενέργειας για τα νησιά	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ		79
7.1	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ	79
7.1.1	Εισαγωγή	79
7.1.2	Εκτίμηση καθαρών ταμειακών ροών.....	79
7.1.3	Κριτήρια αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων.....	80
7.1.3.1	Κριτήριο της καθαρής παρούσας αξίας.....	80
7.1.3.2	Κριτήριο του εσωτερικού βαθμού απόδοσης της επένδυσης	81
7.1.3.3	Περίοδος επανάκτησης του κόστους της επένδυσης	81
7.1.3.4	Έντοκη περίοδος αποπληρωμής	81
7.1.3.5	Λόγος οφέλους κόστους.....	82
7.2	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	83
7.2.1	Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια.....	84
7.2.1.1	Ενεργειακή διαχείριση κτιρίων.....	86
7.2.1.2	Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	87
7.2.2	Εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία.....	88
7.2.3	Εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές.....	90
7.3	ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΕΞΕ.....	91
7.3.1	Διερεύνηση κοινωνικών στάσεων σε θέματα ΑΠΕ και ΕΞΕ: Έρευνα I ...	91
7.3.2	Διερεύνηση κοινωνικών στάσεων σε θέματα ΑΠΕ και ΕΞΕ: Έρευνα II ..	97
7.4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	101
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΕΣ		103

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται αναλυτική περιγραφή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με στόχο την ανάδειξή τους σε τεχνολογίες με υψηλές προοπτικές στην μελλοντική επιχειρηματική ζωή και με 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 ανάπτυξής 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 αξιοποίηση τους στην Ελλάδα.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύονται οι έννοιες της βιομάζας και της γεωθερμίας, οι εφαρμογές τους, τα οφέλη εκμετάλλευσής τους καθώς και το δυναμικό 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 κεφάλαιο 7 περιγράφονται οικονομικοί δείκτες για την αξιολόγηση επενδύσεων από ΑΠΕ, καθώς και μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που είναι αναγκαία να ληφθούν στα κτίρια, στις βιομηχανίες και στις μεταφορές. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τη διερεύνηση των κοινωνικών στάσεων σε θέματα ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας. Τέλος, γίνεται εξαγωγή συμπερασμάτων και λύσεων όσον αφορά την συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην κλιματική και οικονομική κρίση.

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 παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει δύο κυρίως μειονεκτήματα [1]:

1. την εξάρτηση από εξαντλήσιμες πηγές ενέργειας, αφού οι ποσότητες των συμβατικών καυσίμων είναι περιορισμένες και αν συνεχιστεί η εξόρυξη 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 απερίσκεπτης χρήσης τους, 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 [2]. 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 αλλά απλώς η εκμετάλλευση 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. Αναμφισβήτητα 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 [3].

1.3 Μορφές των ΑΠΕ

Οι κύριες μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι οι ακόλουθες [1]:

- | | |
|---------------------------|---|
| 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 εκμετάλλευση 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 μετατρέπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Είναι ασφαλείς, ανταγωνιστικές και ελκυστικές σε ιδιώτες και επενδυτές [3].

Για να είναι χρήσιμη μια πηγή ενέργειας είναι αναγκαίες ορισμένες προϋποθέσεις [4]:

- 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 [5]:

- Είναι ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους άλλους συμβατικούς 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 αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από όλους.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συμβάλουν με αυτόν τον τρόπο στην ενίσχυση της αυτόρκειας 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 Α.Π.Ε. 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 γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας.

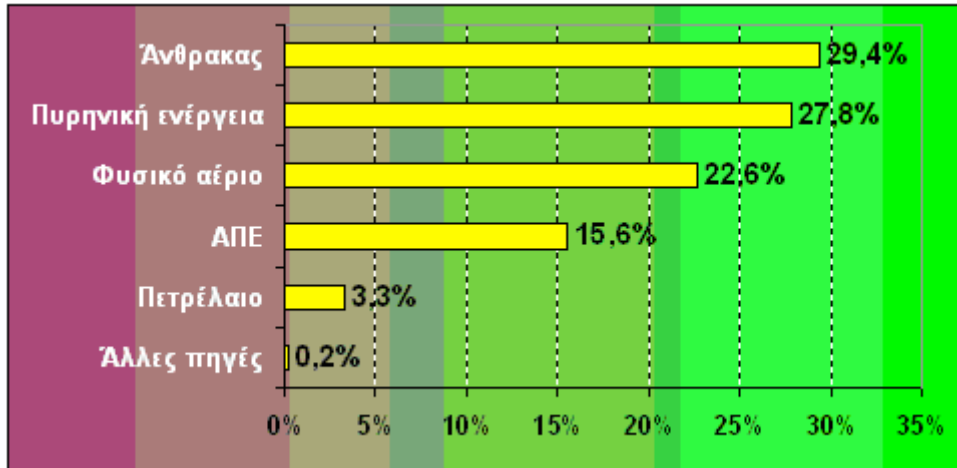
Τα βασικότερα μειονεκτήματα των Α.Π.Ε. είναι τα ακόλουθα [5]:

- 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 διαθεσιμότητά 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

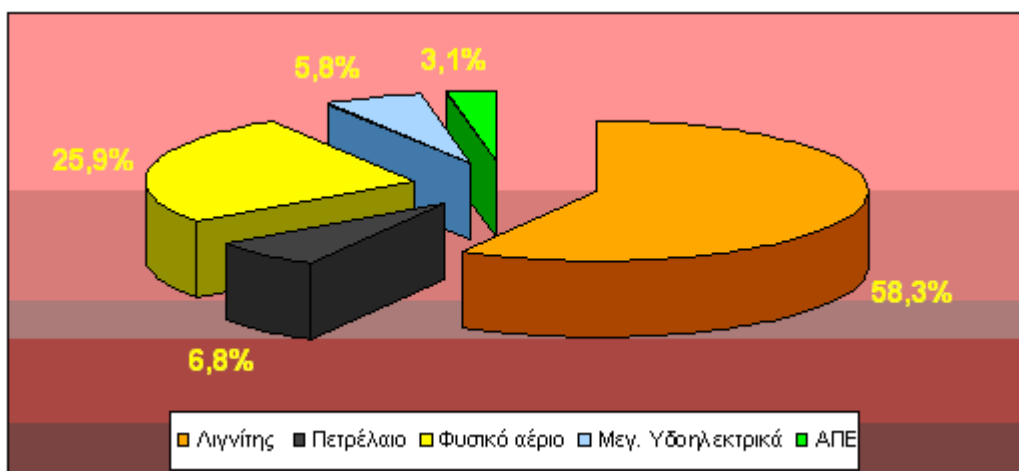
Από τεχνικής πλευράς, το δυναμικό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (δηλ. η ποσότητα ενέργειας που μπορεί να αντληθεί από την φυσική προσφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με χρήση υπαρχουσών τεχνολογιών) είναι πολύ μεγαλύτερο από την παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση.

Η χρήση των ανανεώσιμων ή εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι ακόμη πολύ περιορισμένη σε παγκόσμια κλίμακα (οι ΑΠΕ συνεισφέρουν περίπου στο 18% της παραγωγής ενέργειας παγκοσμίως), 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 (2008) παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα [6]:



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 2008 για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα (National Report PAE 2009), το 67.7% της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων είναι θερμικοί σταθμοί, εκ των οποίων με λιγνίτη 4808 MW, με πετρέλαιο 1160 MW και με φυσικό αέριο 2447,7 MW. Το 24,3% είναι υδροηλεκτρικοί σταθμοί και το 8% είναι μονάδες ΑΠΕ. Στο διασυνδεδεμένο σύστημα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά μορφή καυσίμου φαίνεται στην παρακάτω εικόνα [6]:



Εικόνα 1.2: Εγχώρια παραγωγή ενέργειας ανά μορφή καυσίμου στο διασυνδεδεμένο σύστημα.

Η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ στην Ελλάδα (μη συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών) παρουσιάζει σημαντική αύξηση τα τελευταία χρόνια. Αφορά κυρίως σε αιολικά και μικρά υδροηλεκτρικά, σε μικρό βαθμό τη βιομάζα ενώ ήδη γίνεται πολύ αισθητή και η συνεισφορά των φωτοβολταϊκών. Η εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ στην Ελλάδα τα τελευταία τρία χρόνια παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1. Παρατηρείται ότι το πρώτο εξάμηνο του 2011, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ανανεώσιμων πηγών έφτασε τα 2022,2 MW και το 75% της ισχύος παράγεται από αιολική ενέργεια, το 11,5% από ηλιακή ενέργεια, ενώ το υπόλοιπό 13,5% από βιομάζα και υδροηλεκτρική ενέργεια.

Πίνακας 1.1: Εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ στην Ελλάδα [7].

Τεχνολογία	2009	2010	30/06/2011
Αιολικά	1.166,9	1.297,7	1.431,9
Βιομάζα	43,3	44,0	43,5
Γεωθερμία	0	0	0
Μικρά υδροηλεκτρικά	182,6	196,3	205,6
Φωτοβολταϊκά	53,0	198,3	341,1

1.6 Προοπτικές εξέλιξης των ΑΠΕ στην Ευρώπη

Η ανάγκη ανάπτυξης μίας πολιτικής η οποία να καλύπτει όλες τις πηγές ενέργειας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, αποσκοπώντας στην ανάπτυξη μίας οικονομίας χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας που να είναι ασφαλέστερη, ανταγωνιστικότερη και περισσότερο αειφόρος οδήγησε στον καθορισμό των παρακάτω στόχων (γνωστοί ως στόχοι 20-20-20) [8]:

- 20% διείσδυση ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας
- 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης
- 20% μείωση των εκπομπών CO₂, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990

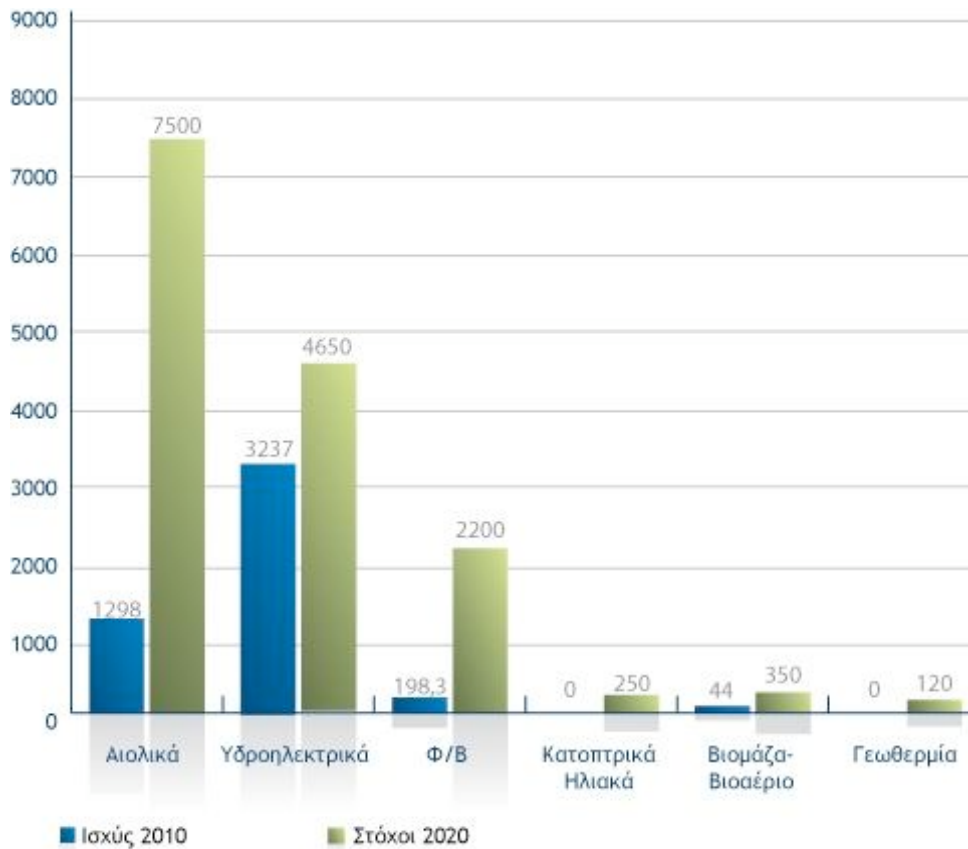
Οι στόχοι αυτοί διατυπώνονται με χρονικό ορίζοντα το 2020 και ισχύουν για όλα τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση.

Η ελληνική κυβέρνηση στο πλαίσιο υιοθέτησης συγκεκριμένων αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών, με το Νόμο 3851/2010 προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος και εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή (Εικόνα 1.3), 20 % σε ανάγκες θέρμανσης-ψύξης και 10 % στις μεταφορές.

Επιπρόσθετα, σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας (ΕΞΕ) η Ελλάδα έχει ήδη καταρτίσει το πρώτο σχέδιο δράσης ενεργειακής αποδοτικότητας όπου προβλέπεται 9% εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική κατανάλωση μέχρι το έτος 2016 σύμφωνα και με την οδηγία 2006/32/ΕΚ, ενώ πρόσφατα και με τον Νόμο 3855/2010, ο οποίος προστίθεται και

στον πρόσφατο κανονισμό που αφορά την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων- ΚΕΝΑΚ, προχωρά στην ανάπτυξη μηχανισμών της αγοράς και εφαρμογής συγκεκριμένων μέτρων και πολιτικών που αποσκοπούν στην επίτευξη του συγκεκριμένου εθνικού στόχου για εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 1.3: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ στην Ελλάδα, στόχος έτους 2020 [9].

Η Ελλάδα καλείται να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που της προσφέρει το φυσικό δυναμικό που διαθέτει σε τεχνολογίες ΑΠΕ & ΕΞΕ και να διαμορφώσει ένα νέο μοντέλο «πράσινης» ανάπτυξης. Παράλληλα, η επίτευξη αυτών των στόχων θα συνεισφέρει στην ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, στη βέλτιστη αξιοποίηση των φυσικών πόρων και στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας βασικών κλάδων της Ελληνικής οικονομίας.

Η επίτευξη του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή (40%) μέχρι το 2020, θα επιτευχθεί μόνο με τη συνδυαστική εφαρμογή θεσμικών, κανονιστικών, οικονομικών και τεχνολογικών μέτρων που έχουν ως βασικό στόχο την αξιοποίηση του οικονομικού δυναμικού ανάπτυξης μεγάλων έργων ΑΠΕ, την ολοκλήρωση των αναγκαίων εργασιών επέκτασης και αναβάθμισης του ηλεκτρικού δικτύου και στη σταδιακή ανάπτυξη ενός διεσπαρμένου τρόπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Αντίστοιχα, για την ικανοποίηση των εθνικών στόχων συμμετοχής των ΑΠΕ σε θέρμανση-ψύξη και μεταφορές, προβλέπεται αξιοποίηση όλων των θεσμικών αλλαγών που έχουν ήδη υλοποιηθεί ή δρομολογούνται ώστε να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας μέσω βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και υιοθέτησης πολιτικών ορθολογικής χρήσης ενέργειας σε όλους τους τομείς. Παράλληλα, η ανάπτυξη συγκεκριμένων τεχνολογιών, όπως οι αντλίες θερμότητας, καθώς και η ενίσχυση και περαιτέρω ανάπτυξη εφαρμογών από θερμικά

ηλιακά συστήματα και βιομάζα τόσο στον οικιακό και τριτογενή τομέα, όσο και στη βιομηχανία απαιτείται ώστε να μπορέσουν να ικανοποιηθούν οι συγκεκριμένοι εθνικοί στόχοι.

Ειδικά για τα βιοκαύσιμα, η προσπάθεια εντοπίζεται στην αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού για την παραγωγή βιοντήζελ μέσω ενεργειακών καλλιεργειών, καθώς και στην ανάπτυξη των απαραίτητων δικτύων διαχείρισης της βιομάζας για ενεργειακή χρήση.

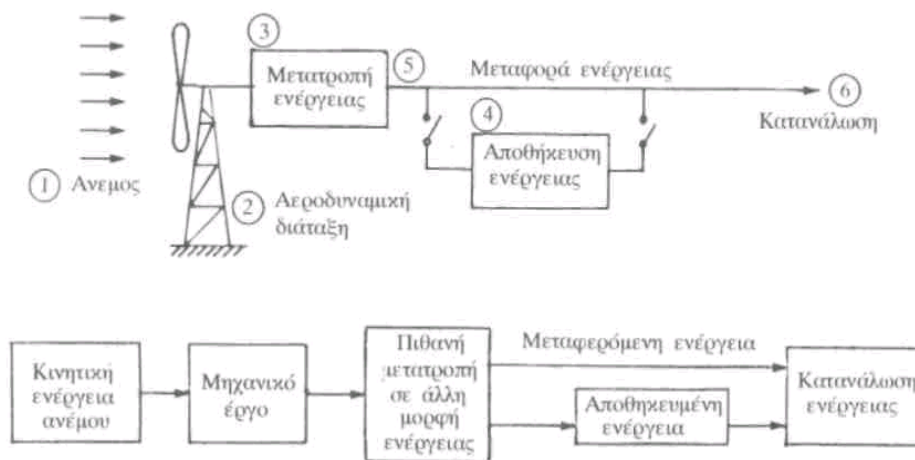
Συγκεκριμένα οι εθνικοί στόχοι για το 2020, αναμένεται να ικανοποιηθούν για τη μεν ηλεκτροπαραγωγή με την ανάπτυξη περίπου 13300MW από ΑΠΕ (από περίπου 4000MW σήμερα), όπου συμμετέχουν το σύνολο των τεχνολογιών με προεξέχουσες τα αιολικά πάρκα με 7500MW, υδροηλεκτρικά με 3000MW και τα ηλιακά με περίπου 2500MW, ενώ για τη θέρμανση και ψύξη με την ανάπτυξη των αντλιών θερμότητας, των θερμικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και των εφαρμογών βιομάζας.

Η επίτευξη αυτών των στόχων απαιτεί τον συντονισμό σε δράσεις και μέτρα, την υποστήριξη από τους φορείς της αγοράς καθώς και την έγκαιρη υλοποίηση έργων ανάπτυξης του ηλεκτρικού δικτύου ώστε να υπάρχει η δυνατότητα απορρόφησης της παραγόμενης ενέργειας από τους σταθμούς ΑΠΕ [10].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1 Αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η κινητική ενέργεια του ανέμου που οφείλεται κυρίως στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία προκαλεί την μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από μια περιοχή σε μια άλλη δημιουργώντας έτσι τους ανέμους [5]. Ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη πρωτογενής πηγή ενέργειας ενώ οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις που απορρέουν από τη χρήση ανεμογεννητριών είναι περιορισμένες. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες διαφοροποιείται σημαντικά από τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής. Τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο φαίνονται στην παρακάτω εικόνα [11]:



Εικόνα 2.1: Διάταξη εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας.

Συγκεκριμένα, η εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας του ανέμου γίνεται μέσω μιας αεροδυναμικής διάταξης, του ανεμοκινητήρα, που τη μετατρέπει σε ωφέλιμη μηχανική ενέργεια, και μέσω ανεμογεννήτριας, ανεμοκινητήρα δηλαδή που διαθέτει ηλεκτρογεννήτρια και τη μετατρέπει απευθείας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στην έξοδο της γεννήτριας, τροφοδοτείται στο δίκτυο, μέσω της χρησιμοποιούμενης συσκευής συνδέσεώς της με αυτό.

Οι μεγάλες διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου με το χρόνο, οδηγούν σε ασυμφωνία μεταξύ ζήτησης και παραγωγής ενέργειας. Λύση στο πρόβλημα αυτό μπορεί να δοθεί με την χρήση συσκευών αποθήκευσης ενέργειας. Η αποθηκευμένη ενέργεια καλύπτει το ενεργειακό έλλειμμα, όταν η ισχύς της ανεμογεννήτριας πέφτει κάτω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο [11].

2.2 Λειτουργικά στοιχεία ανεμογεννητριών

Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας (Α/Γ) βασίζεται σε δύο συστήματα μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας [12]:

- Το μηχανικό σύστημα, το οποίο μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ροπή στον ρότορα.
- Το ηλεκτρικό σύστημα, στο οποίο η γεννήτρια μετατρέπει τη μηχανική ροπή του ρότορα σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τυπικά μεγέθη των σύγχρονων εμπορικών Α/Γ.

Πίνακας 2.1: Τυπικά μεγέθη σύγχρονων εμπορικών Α/Γ [12].

Ισχύς ανεμογεννήτριας	500-5000 kW
Διάμετρος δρομέα	40-120 m
Αριθμός πτερυγίων	3
Ύψος ανεμογεννήτριας	50-120 m
Εύρος ταχυτήτων ανέμου	3-30 m/s
Ονομαστική ταχύτητα ανέμου	12-16 m/s
Ονομαστική ταχύτητα δρομέα	12-40 rpm
Εύρος ταχυτήτων δρομέα	8-40 rpm
Κόστος ανεμογεννήτριας	1000 €/kW

Οι Α/Γ συνήθως οργανώνονται σε αιολικά πάρκα γιατί έτσι κατ' αρχάς χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό τοποθεσίες με καλή αιολική συμπεριφορά και, επίσης, η οπτική ενόχληση από τις Α/Γ περιορίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές.

2.2.1 Κατηγορίες ανεμογεννητριών

Οι βασικοί τύποι ανεμογεννητριών είναι γεννήτριες [13]:

- είτε *σταθερών στροφών* οι οποίες συνδέονται απευθείας στο δίκτυο και η ταχύτητα περιστροφής τους δεν εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, αλλά από τη συχνότητα του δικτύου το λόγο του κιβωτίου ταχυτήτων και το σχεδιασμό της γεννήτριας. Έτσι λειτουργούν σε ένα στενό εύρος ταχύτητας περιστροφής λίγο πάνω από τη σύγχρονη ταχύτητα. Λόγω των σταθερών στροφών, οι Α/Γ αυτές δεν εκμεταλλεύονται με βέλτιστο τρόπο την αεροδυναμική ροπή, συνεπώς έχουν χαμηλότερη απόδοση.
- είτε *μεταβλητών στροφών*, οι οποίες συνδέονται στο δίκτυο μέσω ενός μετατροπέα ηλεκτρονικών ισχύος AC/DC/AC, όπου ο ρυθμός περιστροφής τους μεταβάλλεται ανάλογα με τη ταχύτητα του ανέμου και/ή με τις ανάγκες της απαιτούμενης ισχύς. Συνήθως οι Α/Γ αυτού του είδους χρησιμοποιούν έλεγχο της γωνίας βήματος των πτερυγίων για τον περιορισμό της ισχύος στις υψηλές ταχύτητες ανέμου. Με τη λειτουργία μεταβλητών στροφών η ταχύτητα περιστροφής της γεννήτριας μπορεί να προσαρμόζεται στην εκάστοτε ταχύτητα ανέμου. Αυτό επιτυγχάνεται με το λόγο ταχύτητας ακροπτερυγίου [12]:

$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{V_w}$$

όπου ω : η ταχύτητα περιστροφής, R : η ακτίνα της έλικας και VW : η ταχύτητα ανέμου. Ο λόγος αυτός διατηρείται σταθερός στη βέλτιστη τιμή ώστε να επιτυγχάνεται μέγιστος αεροδυναμικός συντελεστής C_p . Άρα, επιτυγχάνεται καλύτερη απόδοση από ότι με λειτουργία σταθερών στροφών.

Οι ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών έχουν αντικαταστήσει τις ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών εξαιτίας του χαμηλού αεροδυναμικού συντελεστή ισχύος, της χαμηλής ποιότητας ισχύος εξόδου και της καταπόνησης των μηχανικών μερών. Οι ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών μπορούν να ελεγχθούν κατάλληλα ώστε να λειτουργούν με υψηλό αεροδυναμικό συντελεστή ισχύος σε ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων ανέμου, να μειώνουν την καταπόνηση των μηχανικών μερών της ανεμογεννήτριας και να έχουν μειωμένο αεροδυναμικό θόρυβο [13].

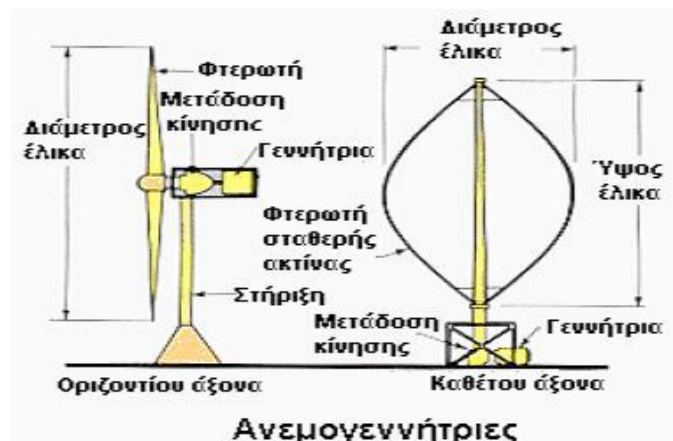
Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε μικρές, μεσαίες ή μεγάλες ανάλογα με την ισχύ που αποδίδουν και τη διάμετρο του ρότορα. Ενδεικτικά στοιχεία κατηγοριών ανεμογεννητριών παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα [14]:

Πίνακας 2.2: Ενδεικτικά στοιχεία κατηγοριών ανεμογεννητριών

Κατηγορία	Ισχύς P(kW)	Διάμετρος d(m)
Μικρές	P<100	d<20
Μεσαίες	100<P<1000	20<d<50
Μεγάλες	P>1000	d>50

Επίσης, οι ανεμογεννήτριες ανάλογα με τον προσανατολισμό τους ως προς την ροή του ανέμου ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες [5]:

- σε Α/Γ με οριζόντιο άξονα των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικας και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται παράλληλα προς τον άνεμο
- σε Α/Γ με κατακόρυφο άξονα, ο οποίος και παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους και στη διεύθυνση του ανέμου.

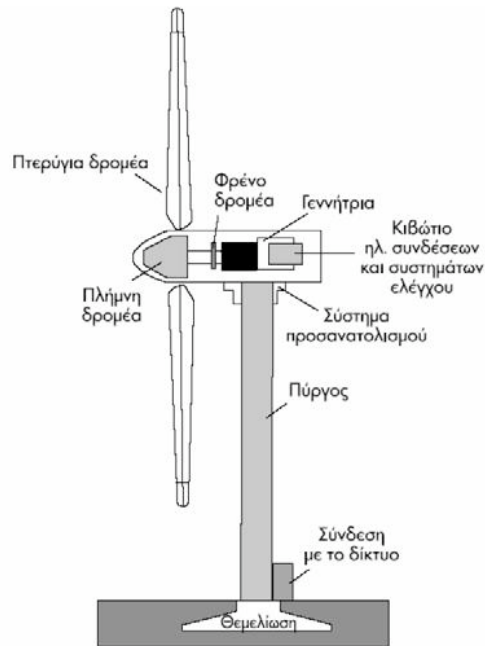


Εικόνα 2.2: Α/Γ οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα.

Οι Α/Γ κατακόρυφου άξονα έχουν το πλεονέκτημα ότι η γεννήτρια, το κιβώτιο ταχυτήτων και άλλα μέρη της Α/Γ τοποθετούνται στο έδαφος και έτσι δεν απαιτείται πύργος. Επιπλέον δεν απαιτείται και σύστημα προσανατολισμού. Οι Α/Γ κατακόρυφου άξονα έχουν όμως τα πρακτικά μειονεκτήματα ότι το κάτω μέρος του δρομέα βρίσκεται πολύ κοντά στο έδαφος όπου και επικρατούν χαμηλές ταχύτητες ανέμου, έχουν μέτρια συνολική απόδοση, ο δρομέας δεν αναπτύσσει ροπή εκκίνησης, απαιτείται σχετικά μεγάλη επιφάνεια λόγω των καλωδίων στήριξης και συναντώνται δυσκολίες μηχανικής συντήρησης.

Σήμερα στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι Α/Γ οριζόντιου άξονα με δύο ή τρία πτερύγια. Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη [1]:

1. το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα.
2. το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, που απαρτίζεται 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.
3. την ηλεκτρική γεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας. Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.
4. το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.
5. τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα.
6. το σύστημα ελέγχου (ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου), ο οποίος είναι τοποθετημένος στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της.



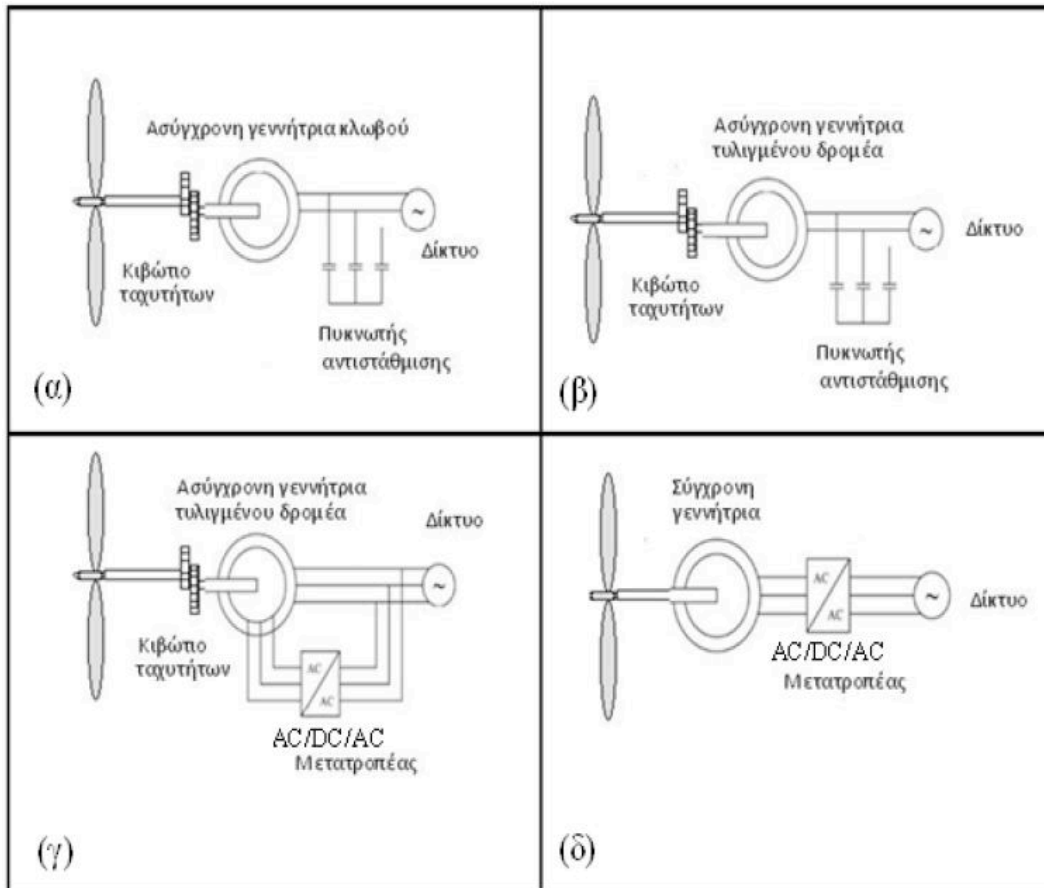
Εικόνα 2.3: Τα βασικά τμήματα μιας Α/Γ οριζόντιου άξονα.

Επίσης, σύμφωνα με τον αριθμό των πτερυγίων του δρομέα τους, οι Α/Γ οριζόντιου άξονα διακρίνονται σε μονόπτερες, δίπτερες, τρίπτερες, ... πολύπτερες. Η πλειονότητα των Α/Γ που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροπαραγωγή έχουν τρία πτερύγια. Είναι πιο σταθερές καθώς το αεροδυναμικό φορτίο είναι σχετικά ομοιόμορφο.

Σύμφωνα και με το αν ο άνεμος συναντά πρώτα το θάλαμο με τη γεννήτρια ή το δρομέα, οι οριζοντίου άξονα πάλι διακρίνονται σε ανάντη και κατάντη ροής αντίστοιχα.

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να διακριθούν και από τον τύπο της γεννήτριας που είναι εφοδιασμένες αλλά και από τον τρόπο σύνδεσης τους στο δίκτυο. Έτσι έχουμε τις παρακάτω επικρατέστερες διαμορφώσεις [13]:

- Ασύγχρονη γεννήτρια κλωβού, σταθερών στροφών απευθείας συνδεδεμένη στο δίκτυο (Εικόνα 2.4α).
- Ασύγχρονη γεννήτρια τυλιγμένου δρομέα, μεταβλητών στροφών, μεταβλητής αντίστασης απευθείας συνδεδεμένη στο δίκτυο (Εικόνα 2.4β).
- Ασύγχρονη γεννήτρια μεταβλητών στροφών διπλής τροφοδότησης (Εικόνα 2.4γ).
- Σύγχρονη γεννήτρια μεταβλητών στροφών με τύλιγμα διεγέρσεως ή μόνιμο μαγνήτη και μετατροπέας ΕΡ/ΣΡ/ΕΡ στο στάτη για σύνδεση στο δίκτυο (Εικόνα 2.4δ).



Εικόνα 2.4: Διαμόρφωση ηλεκτρικού μέρους ανεμογεννητριών (α) A/Γ σταθερών στροφών με ασύγχρονη γεννήτρια τύπου κλωβού (β) A/Γ σταθερών στροφών με ασύγχρονη γεννήτρια τυλιγμένου δρομέα (γ) A/Γ μεταβλητών στροφών με ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης (δ) A/Γ μεταβλητών στροφών με σύγχρονη γεννήτρια.

Ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιούνται, οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες [15]:

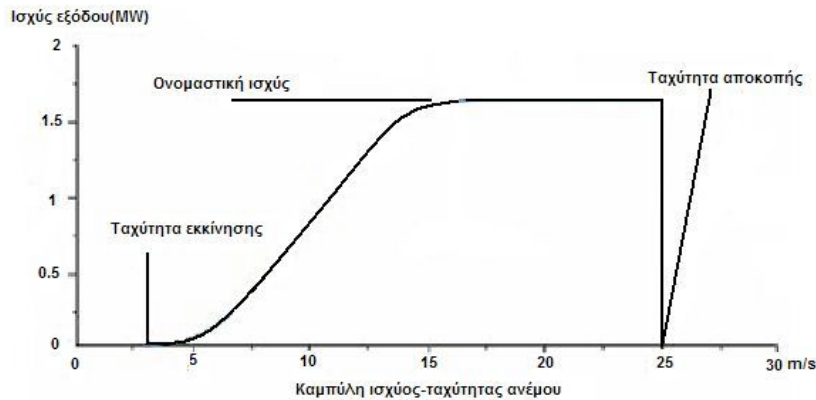
1. *Αυτόνομες* (μη συνδεδεμένες με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρισμού). Είναι ιδανικές για εξοχικές κατοικίες απομακρυσμένες από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται συσσωρευτές (μπαταρίες) για την αποθήκευση της ενέργειας καθώς και εγκατάσταση μετατροπέα συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο.
2. *Συνδεδεμένες* με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρισμού. Στην εφαρμογή αυτή η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στο δίκτυο. Δεν χρειάζεται η αποθήκευση της ενέργειας σε μπαταρίες, απαιτείται όμως η εγκατάσταση μετατροπέα.

2.2.2 Απόδοση ανεμογεννητριών

Η παραγωγή ισχύος μίας ανεμογεννήτριας μεταβάλλεται με την ταχύτητα του ανέμου, και κάθε μηχανή χαρακτηρίζεται από την καμπύλη ισχύος της, που εξαρτάται από τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά και τον σχεδιασμό της. Καμπύλη ισχύος ορίζεται η

γραφική παράσταση της εξόδου της Α/Γ για κάθε τιμή της ταχύτητας του ανέμου και δίνεται από τον κατασκευαστή και είναι χαρακτηριστική για κάθε ανεμογεννήτρια.

Η καμπύλη ισχύος μιας ανεμογεννήτριας χαρακτηρίζεται από την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας της (V_{cut-in}) όπου η ανεμογεννήτρια ξεκινάει να παράγει ισχύ (4-5 m/sec περίπου), την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας ή όριο αποκοπής ($V_{cut-out}$), όπου η μηχανή τίθεται εκτός λειτουργίας για να προστατευθεί από τον πολύ δυνατό άνεμο και κυμαίνεται από 20 μέχρι 30 m/s, και την ονομαστική ταχύτητα (V_{nom}), που είναι η μικρότερη ταχύτητα από την οποία και μετά η μηχανή παράγει την ονομαστική της τιμή ισχύος (P_{nom}) και παίρνει τιμές από 12 μέχρι 16 m/s. Έτσι, όπως είναι εμφανές η Α/Γ παράγει την ονομαστική της ισχύ, όταν η ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται μεταξύ της ονομαστικής της τιμής και του ορίου αποκοπής [16].



Εικόνα 2.5: Καμπύλη ισχύος Α/Γ.

Η εγκατεστημένη ισχύς της ανεμογεννήτριας εξαρτάται από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια που πρόκειται να καλυφθούν. Για τις διαστάσεις της ανεμογεννήτριας ισχύουν τα εξής [15]:

- Η διάμετρος αυξάνεται ανάλογα με την ονομαστική ισχύ και κατά συνέπεια αυξάνεται και το ύψος του ιστού που θα τοποθετηθεί.
- Το ύψος του ιστού καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως εμπόδια περιβάλλοντος χώρου, το είδος της βάσης καθώς και από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt. Για παράδειγμα οι τυπικές διαστάσεις μιας μικρής ανεμογεννήτριας 2 kW είναι: διάμετρος δρομέα, 4 m και ύψος 9 m, ενώ μιας μεγάλης αυτής των 3 MW οι διαστάσεις είναι: 80 και 80-100 m αντίστοιχα. Η ύπαρξη ικανοποιητικού αιολικού δυναμικού αποτελεί το βασικότερο κριτήριο για την απόδοση μιας ανεμογεννήτριας [15].

Η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ακολουθεί συχνά την κατανομή Weibull, που μπορεί να ορισθεί από τη μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου και από μια παράμετρο k (παράμετρος μορφής). Ειδικά για την περίπτωση που η παράμετρος k είναι ίση με 2, η κατανομή Weibull ταυτίζεται με την κατανομή Rayleigh.

Η μετατροπή της αεροδυναμικής ισχύος του προσπίπτοντος ανέμου σε μηχανική από το δρομέα της Α/Γ, πραγματοποιείται μέσω της παρακάτω σχέσης [12]:

$$P_m = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_R \cdot V_w^3 \cdot C_p(\lambda, \beta)$$

όπου:

P_m	Μηχανική ισχύς του δρομέα [W]
ρ	Πυκνότητα του αέρα [kg/m^3]
V_w	Ταχύτητα ανέμου [m/s^2]
C_p	Αεροδυναμικός συντελεστής ισχύος του δρομέα
$A = \pi R^2$	Επιφάνεια δίσκου του δρομέα ακτίνας R [m^2]

Ο αεροδυναμικός συντελεστής C_p εξαρτάται από δύο παράγοντες, δηλαδή είναι μια συνάρτηση της μορφής:

$$C_p = C_p(\lambda, \beta)$$

Ο παράγοντας β που υπεισέρχεται στον υπολογισμό του αεροδυναμικού συντελεστή είναι η τιμή της γωνίας του βήματος της έλικας των πτερυγίων, και λ είναι ο λόγος της ταχύτητας του ακροπτερυγίου (tip speed ratio) προς την ταχύτητα του ανέμου και ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\lambda = \frac{R \cdot \omega_R}{V_w}$$

όπου ω_R : είναι η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα της έλικας (rad/sec).

Αποδεικνύεται ότι η μέγιστη τιμή του συντελεστή αυτού είναι $16/27=0.593$, γνωστή και ως «όριο του Betz» και αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή ισχύος από τον άνεμο που μπορεί να ληφθεί από μια ιδανική έλικα. Στην πράξη, μια καλά σχεδιασμένη Α/Γ έχει αεροδυναμικό συντελεστή ισχύος περίπου ίσο με 0.35.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος μιας Α/Γ που εξαρτάται από την κατανομή της ταχύτητας του ανέμου κατά την διάρκεια του έτους, τον τόπο εγκατάστασης της Α/Γ και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της Α/Γ είναι ο συντελεστής εκμετάλλευσής της. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το λόγο της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας προς αυτήν που θα παραγόταν αν η Α/Γ λειτουργούσε στην ονομαστική ισχύ της συνεχώς κατά την διάρκεια του έτους. Ο συντελεστής εκμετάλλευσής εκφράζει πόσο αξιοποιείται η Α/Γ στον τόπο εγκατάστασης της.

Είναι προφανές ότι κάθε ανεμογεννήτρια μπορεί να είναι βελτιστοποιημένη ώστε να αποδίδει καλύτερα σε ένα εύρος ταχυτήτων. Μεταβάλλοντας μεγέθη όπως: το ύψος της Α/Γ ή την γωνία και τη γεωμετρία των πτερυγίων ή το μέγεθος των πτερυγίων ή το μέγεθος της γεννήτριας μεταβάλλεται η ενεργειακή συμπεριφορά της. Αλλάζοντας τα δυο τελευταία μεγέθη μεταβάλλεται η καμπύλη ισχύος της Α/Γ ενώ το ύψος της Α/Γ επηρεάζει μόνο την ταχύτητα του ανέμου. Γενικά οι Α/Γ έχουν τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης στις

ταχύτητες ανέμου που παράγεται η περισσότερη ενέργεια ετησίως (δηλ. στο εύρος των συχνότερων υψηλών ταχυτήτων) [17].

2.3 Χρήσεις αιολικής ενέργειας

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται συνηθέστερα [3]:

1. Για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές συνδεδεμένες στο δίκτυο:
 - (α) για την κάλυψη ιδίων αναγκών (αυτοπαραγωγή ρεύματος)
 - (β) για την πώληση του ρεύματος στην εταιρεία εκμετάλλευσης του δικτύου (ανεξάρτητη παραγωγή)
2. Για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο, για λειτουργία:
 - (α) μόνες τους, με συσσωρευτές
 - (β) σε συνδυασμό με σταθμό ηλεκτροπαραγωγής με ντίζελ
3. Για την παραγωγή ύδατος (αφαλάτωση)
 - (α) με τη μέθοδο αντίστροφης όσμωσης
 - (β) με τη μέθοδο της συμπίεσης ατμών
4. Για θέρμανση, για παράδειγμα σε θερμοκήπια, με διαδοχική μετατροπή της σε ηλεκτρισμό και ακολούθως σε θερμότητα
5. Σε παραδοσιακές χρήσεις, όπως άλεση, άντληση, άρδευση

2.4 Κυριότερες τεχνικές απαιτήσεις για τα αιολικά πάρκα

Οι κυριότερες τεχνικές απαιτήσεις που θέτουν οι κώδικες των χωρών για τα αιολικά πάρκα είναι οι παρακάτω [6]:

1. *Ανοχή στις βυθίσεις τάσης και απόκριση σε καταστάσεις σφαλμάτων του δικτύου*

Οι Α/Γ μέχρι τώρα σε περίπτωση σφάλματος αποσυνδέονταν από το σύστημα για να προστατευτούν οι ίδιες. Αυτό μέχρι τώρα δεν αποτελούσε μεγάλο πρόβλημα αφού τα μεγέθη σε ισχύ ήταν μικρά και οι Α/Γ συνδέονταν κυρίως στο δίκτυο διανομής. Σήμερα λόγω της υψηλής διείσδυσης της αιολικής ενέργειας και επειδή τα Α/Π συνδέονται περισσότερο στην ΥΤ ή και στην ΥΥΤ η παραπάνω φιλοσοφία δεν είναι αποδεκτή. Αυτό διότι μια σύντομη βύθιση τάσης σε μια ευρεία παραγωγή θα είχε σαν αποτέλεσμα την απώλεια αρκετών εκατοντάδων MW.

Για τον λόγο αυτό, οι σύγχρονοι κώδικες προβλέπουν συγκεκριμένες και αυστηρές απαιτήσεις για τη δυνατότητα παραμονής σε λειτουργία των Α/Γ υπό συνθήκες βύθισης της τάσης, οι οποίες είναι γνωστές ως Fault Ride-Through (FRT) ή Low Voltage Ride-Through (LVRT) Capability και εκφράζονται υπό τη μορφή καμπυλών τάσης-χρόνου. Για βυθίσεις τάσεις πάνω από το όριο που ορίζει η συγκεκριμένη καμπύλη, τα Α/Π πρέπει να παραμένουν συνδεδεμένα στο δίκτυο, ενώ η αποσύνδεσή τους επιτρέπεται για βυθίσεις κάτω από το όριο αυτό.

Περαιτέρω απαιτήσεις είναι η επαναφορά της ενεργού και αέργου ισχύος μετά την αποκατάσταση της τάσης σε επιτρεπτά επίπεδα. Τα Α/Π καλούνται να παρέχουν υποστήριξη τάσης κατά τη διάρκεια του σφάλματος αλλά και μετά από αυτό. Η παραγωγή αέργου ρεύματος μετά το σφάλμα βοηθάει στη γρηγορότερη επαναφορά του συστήματος μετά το σφάλμα.

2. *Έλεγχος ενεργού ισχύος και συχνότητας*

Η μη ικανοποίηση του ισοζυγίου παραγωγής και κατανάλωσης ενεργού ισχύος οδηγεί σε αποκλίσεις από την ονομαστική τιμή της συχνότητας. Οι σύγχρονοι κώδικες απαιτούν από τα Α/Π να παραμένουν συνδεδεμένα σε αποκλίσεις συχνότητας και να παρέχουν απόκριση συχνότητας. Δηλαδή να μεταβάλλουν την ενεργό ισχύ τους σε συνάρτηση με τις διακυμάνσεις της συχνότητας.

Υπό συνθήκες αυξημένης συχνότητας (πλεόνασμα παραγωγής) επιβάλλεται δραστικός περιορισμός της ισχύος εξόδου του σταθμού, ενώ, αντίθετα, σε συνθήκες υποσυχνότητας (έλλειμμα παραγωγής) η παραγωγή του αυξάνεται. Για να επιτευχθεί απόκριση αυτού του τύπου σε συνθήκες υποσυχνότητας, ο σταθμός πρέπει να διαθέτει την απαραίτητη εφεδρεία ισχύος και συνεπώς να λειτουργεί υπό ελαφρώς μειωμένη ισχύ (σε σχέση με αυτή που μπορεί να παράγει για τις επικρατούσες συνθήκες ανέμου) υπό κανονικές συνθήκες συχνότητας.

Εκτός από την απόκριση συχνότητας οι περισσότεροι κώδικες προδιαγράφουν τη δυνατότητα περιορισμού της ενεργού ισχύος εξόδου (curtailment) των Α/Π σε μια τιμή αναφοράς (setpoint), με συγκεκριμένο ρυθμό μεταβολής της ενεργού ισχύος. Αυτή η απαίτηση είναι ιδιαίτερα σημαντική σε δίκτυα με περιορισμένη ικανότητα μεταφοράς ισχύος (κορεσμένο δίκτυο).

3. *Όρια τάσης και συχνότητας*

Στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας ακόμη και στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας μπορεί να εμφανιστούν τάσεις και συχνότητες που να αποκλίνουν σε κάποιο βαθμό από τις ονομαστικές τιμές. Οι Κώδικες σε γενικές γραμμές απαιτούν από τους σταθμούς παραγωγής (συμβατικούς ή Α/Π) να παραμένουν συνδεδεμένοι για απόκλιση της τάσης $\pm 10\%$ και για ακραίες τιμές της συχνότητας 47-47.5 Hz και 52-53 Hz (για περιορισμένο χρόνο).

4. *Έλεγχος αέργου ισχύος και τάσης*

Για τη διατήρηση της τάσης του συστήματος εντός των επιτρεπτών ορίων λειτουργίας είναι αναγκαία η εξασφάλιση του ισοζυγίου παραγωγής και κατανάλωσης αέργου ισχύος, όχι μόνο σε επίπεδο συνολικού συστήματος, αλλά και τοπικά στις επιμέρους ζώνες του, δεδομένου ότι η άεργος ισχύς δεν μπορεί να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς να παραβιάζονται τα όρια τάσης.

Με την αύξηση της αιολικής διείσδυσης, τόσο τοπικά όσο και συνολικά σε επίπεδο συστήματος, αναπόφευκτα επηρεάζεται η ρύθμιση της τάσης και καθίσταται αναγκαία η ενεργός συμμετοχή των νέων σταθμών στη διατήρηση του ισοζυγίου αέργου ισχύος. Ενώ παλιότερα υπήρχε η απαίτηση για λειτουργία του αιολικού σταθμού σε σταθερό συντελεστή ισχύος, σήμερα απαιτείται η ικανότητα του για λειτουργία μέσα σε ένα εύρος ΣΙ. Έτσι στους σημερινούς κώδικες τίθενται σημαντικά διευρυμένα όρια δυνατής ρύθμισης του ΣΙ, τόσο σε επαγωγικές όσο και σε χωρητικές τιμές (σε αρκετές περιπτώσεις και πέραν του 0.9 επαγωγικού ή χωρητικού). Επιπλέον, το εύρος ρύθμισης του ΣΙ συχνά συναρτάται με την ενεργό ισχύ του σταθμού, δεδομένου ότι υπό χαμηλή παραγωγή υφίσταται

αυξημένο περιθώριο αέργου φόρτισης των μονάδων. Επίσης, σε αρκετές περιπτώσεις κωδίκων τα ζητούμενα περιθώρια ρύθμισης του ΣΙ εξαρτώνται άμεσα από την τάση του συστήματος στο σημείο σύνδεσης του σταθμού.

Η δυνατότητα ελέγχου του ΣΙ εξόδου των αιολικών σταθμών επιτρέπει ποικιλία εναλλακτικών τρόπων ρύθμισης της αέργου παραγωγής τους: Απλή διατήρηση μιας σταθερής τιμής ΣΙ, υλοποίηση χαρακτηριστικής ρύθμισης βάσει της τάσης του συστήματος, μεταβολή της αέργου ισχύος κεντρικά, με εντολές από το κέντρο κατανομής κλπ.

2.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αιολικής ενέργειας

Τα πλεονεκτήματα της αιολικής ενέργειας σε σχέση με τις συμβατικές μορφές είναι [18]:

- *Περιβαλλοντικά*
 - Είναι ιδιαίτερα φιλική στο περιβάλλον
 - Οι επιδράσεις στη πανίδα είναι πρακτικώς αμελητέες
 - Είναι ανανεώσιμη και επομένως ανεξάντλητη
 - Έχει ελάχιστες απαιτήσεις γης
- *Οικονομικά*
 - Έχει χαμηλό λειτουργικό κόστος
 - Τα συστήματα παραγωγής ενέργειας έχουν μικρές απώλειες
 - Είναι ανεξάρτητη από κεντρικά δίκτυα διανομής
- *Κοινωνικά*
 - Συντελεί στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας
- *Ενεργειακά*
 - Η αιολική ενέργεια συνεισφέρει σημαντικά στην ηλεκτροπαραγωγή, σε τοπικό και διεθνές επίπεδο
 - Εξοικονόμηση ενέργειας από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών

Τα μειονεκτήματά της εντοπίζονται:

- Στη διακύμανση που παρουσιάζει ως προς την απόδοση ισχύος, η οποία οφείλεται στη μεταβαλλόμενη κατά τη διάρκεια του έτους ένταση του ανέμου.
- Στη χαμηλή πυκνότητα που παρουσιάζει ως μορφή ενέργειας, με συνέπεια να απαιτούνται πολλές Α/Γ για την παραγωγή αξιόλογης ισχύος.
- Στο χρόνο που απαιτείται για την έρευνα και τη χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού μεγάλων περιοχών, ώστε να εντοπιστούν τα ευνοϊκά σημεία.
- Στο σχετικά υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης των αιολικών συστημάτων.
- Στις επιπτώσεις που έχουν για το περιβάλλον (κυρίως αλλοίωση του τόπου, ηχορύπανση), οι οποίες όμως συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες των συμβατικών πηγών ενέργειας θεωρούνται δευτερεύουσας σημασίας.

Ως πλεονεκτήματα της αιολικής ενέργειας σε σχέση με τις άλλες ΑΠΕ είναι:

- Το πλούσιο εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό
- Το συνεχώς μειούμενο κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών
- Οι οικονομίες κλίμακας, όταν κατασκευάζονται αιολικά πάρκα με σημαντικό αριθμό ανεμογεννητριών

Παράλληλα ως μειονεκτήματά της εντοπίζονται από τη βιβλιογραφία:

- Στο θόρυβο από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών
- Στις σπάνιες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές
- Στην άμεση εξάρτηση από την ύπαρξη ικανοποιητικών ταχυτήτων ανέμου

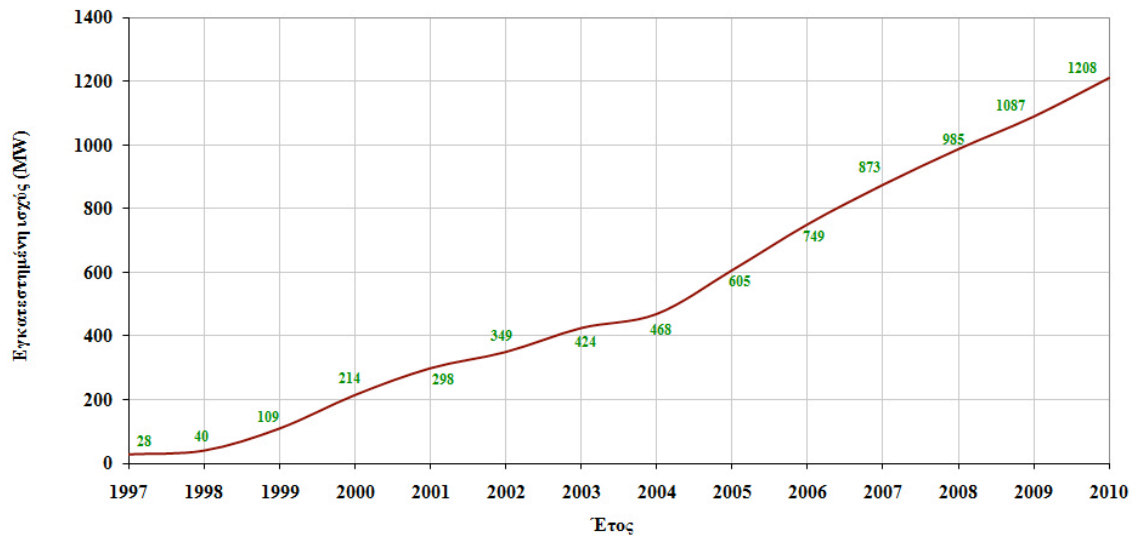
2.6 Αξιοποίηση αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Στην χώρα μας, οι προσπάθειες για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του 80 από τη ΔΕΗ οπότε και εγκαταστάθηκε (συγκεκριμένα το 1982) το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο και στα μέσα της δεκαετίας του 1990 δόθηκε μεγάλη ώθηση με τη διευκόλυνση επενδύσεων από ιδιώτες. Από τότε δεκάδες αιολικά έχουν εγκατασταθεί σε περιοχές όπως: η Άνδρος, η Εύβοια, η Λήμνος, η Λέσβος, η Χίος, η Σάμος, και η Κρήτη [3].

Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αντιμετωπίζει μέχρι τώρα αρκετά προβλήματα. Παρά τη σημαντική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος τα τελευταία χρόνια, είναι κοινά αποδεκτό ότι αυτή η αύξηση είναι πολύ μικρή δεδομένου του πλούσιου αιολικού δυναμικού της χώρας μας. Η πλήρης εκμετάλλευση του δυναμικού αυτού είναι σήμερα δύσκολη λόγω της έλλειψης διασύνδεσης στο σύστημα των νησιών του Αιγαίου (που είναι οι πλέον αποδοτικές περιοχές με τη μέση ταχύτητα ανέμου να αγγίζει τα 9m/sec). Επίσης η έντονη εποχικότητα, που αποτελεί το κύριο χαρακτηριστικό της αιολικής ενέργειας, περιορίζει τη διαθεσιμότητα και αυξάνει το κόστος παραγωγής ανά kWh.

Η εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα [19]:

Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα 1997-2010



Εικόνα 2.6: Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Οι μελλοντικές προοπτικές για την ελληνική αγορά αιολικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα ευοίωνες καθώς η κατασκευή ανεμογεννητριών αποτελεί αντικείμενο τεχνολογικά και οικονομικά προσιτό στη Μεταλλοβιομηχανία μας χωρίς προσθετές επενδύσεις σε τεχνικό εξοπλισμό. Ταυτόχρονα το αιολικό δυναμικό, δηλαδή η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου, σε πολλά σημεία της χώρας μας βρίσκεται σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και αν το εκμεταλλευτούμε σωστά μπορεί να συνεισφέρει ουσιαστικά στο ενεργειακό μας ισοζύγιο. Στα νησιά του Αιγαίου το αιολικό δυναμικό παρουσιάζει μια μέση ετησίως τιμή, από 7 έως 11 m/s, το οποίο υπερκαλύπτει την αποδοτική για τις ανεμογεννήτριες, περιοχή ταχυτήτων ανέμου και κατ' επέκταση τις απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια των νησιών αυτών. Συνεπώς, ο νησιωτικός χώρος αποτελεί ιδανικό πεδίο εφαρμογής της τεχνολογίας των αιολικών συστημάτων. Σύμφωνα με εκτιμήσεις υπάρχει η δυνατότητα για εγκατάσταση και λειτουργία αιολικών μονάδων συνολικής ισχύος 3.000MW τόσο στην ενδοχώρα, για άμεση ενίσχυση του διασυνδεδεμένου δικτύου, όσο και στο νησιωτικό σύμπλεγμα, με δυνατότητα να καλυφθεί το 25-35% των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια.

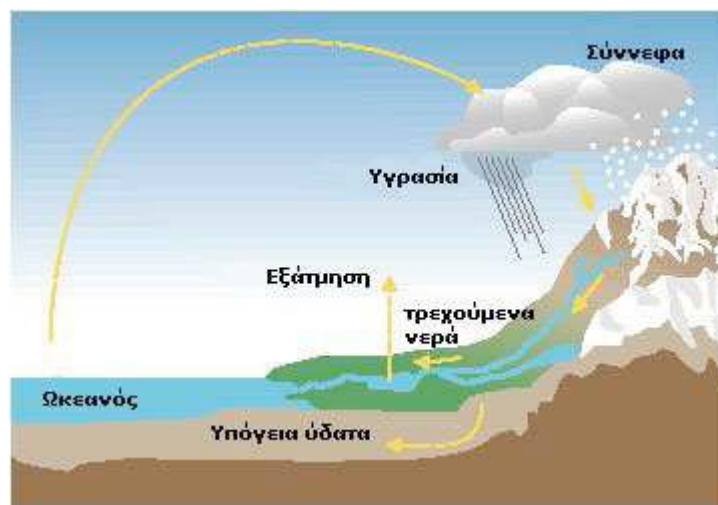
Οι πιο ευνοημένες, από πλευράς αιολικού δυναμικού, περιοχές στην Ελλάδα βρίσκονται στο Αιγαίο, κυρίως στην περιοχή των Κυκλάδων, της Κρήτης (βόρειο τμήμα του νησιού) στην Ανατολική και Νοτιανατολική Πελοπόννησο την Εύβοια και την Ανατολική Θράκη. Εκεί επικεντρώνονται οι προσπάθειες ανάπτυξης των αιολικών πάρκων. Από πλευράς οικονομικών συνθηκών όμως το πρόβλημα των νησιών είναι η μη ύπαρξη διασύνδεσης με το εθνικό δίκτυο, ώστε να υπάρχει απορρόφηση της παραγόμενης ενέργειας κατά την εποχή χαμηλής ζήτησης αυτής, έξω από την τουριστική περίοδο. Περιοχές με αιολικό ενδιαφέρον όμως υπάρχουν και στη λοφώδη παράκτια ζώνη της Δυτικής Ελλάδας αλλά και σε αρκετά βουνά.

Σε πολλά ελληνικά νησιά οι κάτοικοι αντιδρούν στην εγκατάσταση αιολικών πάρκων φοβούμενοι μήπως οι ανεμογεννήτριες χαλάσουν την τουριστική εικόνα του νησιού. Σε αυτήν την περίπτωση έρχεται να δώσει λύση μια νέα πολλά υποσχόμενη τεχνολογία που αναπτύσσεται στην Βόρεια Ευρώπη και ιδιαίτερα στην Σκανδιναβία και στην Γερμανία.

Είναι τα ονομαζόμενα «Αιολικά πάρκα off shore» τα οποία κατασκευάζονται μέσα στην θάλασσα σε περιοχές με ιδιαίτερα υψηλές ταχύτητες άνεμου. Το Αιγαίο πέλαγος προσφέρεται ιδιαίτερα για τέτοια χρήση και υπολογίζεται ότι ένα θαλάσσιο αιολικό πάρκο μπορεί να παράγει ετησίως μέχρι 40% περισσότερο ηλεκτρικό ρεύμα από ότι ένα ηπειρωτικό. Το μέλλον της αιολικής ενέργειας φαίνεται να βρίσκεται στα θαλάσσια αιολικά πάρκα [3].

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 υπεριώδης 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 [5].



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 υπάρχει 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 [20].

3.1.1 Λειτουργία υδροηλεκτρικών μονάδων

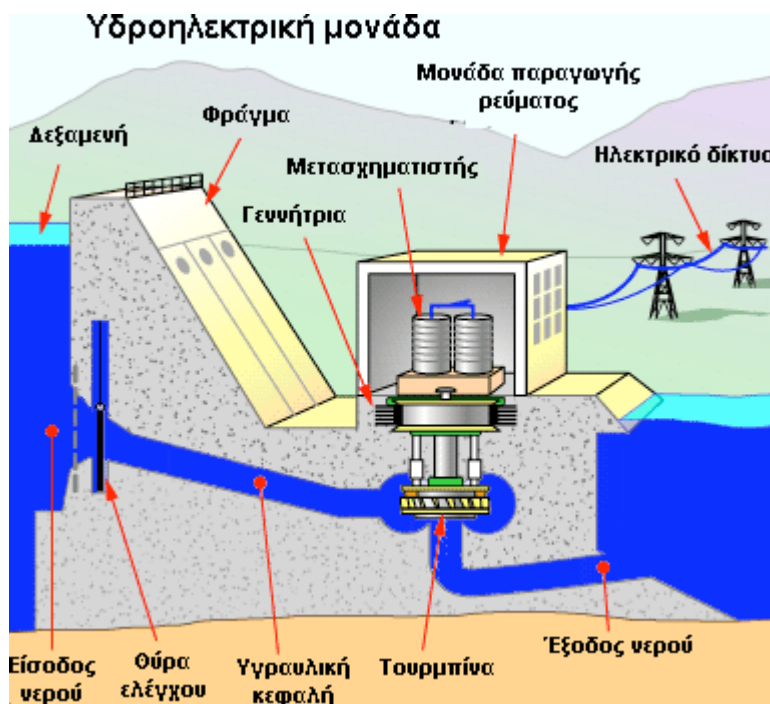
Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ). Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο (Εικόνα 3.2). Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών τουρμπίνων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή ταξινομείται σε [5]:

- 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 [5]. 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 υδροηλεκτρική 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 ηλεκτρικό ρεύμα [4].

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:

Πίνακας 3.1: Κατηγορίες εγκαταστάσεων Υδροηλεκτρικής Ενέργειας.

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

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 [5]. 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 στη μεταβολή της ισχύος του σταθμού.

Ένας επιπλέον παράγοντας που επηρεάζει το μέγεθος του σταθμού είναι η καμπύλη φορτίου του συστήματος. Οποιαδήποτε ισχύς είναι μεγαλύτερη από αυτήν 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 (χειμάρροι, 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 [21].

3.1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδροηλεκτρικής ενέργειας

Τα κύρια πλεονεκτήματα της υδροηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από μονάδες μικρής και μεγάλης κλίμακας είναι [5]:

- 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 [5]:

- 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 επικινδυνότητας τους.

Για τους λόγους αυτούς, η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή έργων μικρότερης κλίμακας, όπως η δημιουργία μικρότερων φραγμάτων, οι 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% τους συνολικού δυναμικού της χώρας. Αυτό το δυναμικό θα μπορούσε να καλύψει σημαντικό ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Όλοι οι ποταμοί της Ηπείρου έχουν τις 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].

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 παλίρροιακής 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. 13.700 χλμ.), 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 [22].

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 ελάχιστες 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 10% της κατανάλωσης ηλεκτρισμού στη χώρα μας.

Η παραγωγή ενέργειας από τα κύματα συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: μηδαμινή ρύπανση, αποκέντρωση παραγωγής, απεξάρτηση 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 αγκυρωμένοι 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 υδροστροβίλων. 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 εταιρείας 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 την 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 [22].

3.2.1.2 Ενέργεια της παλίρροιας

Οι τεχνολογίες παλιρροιακής ενέργειας αξιοποιούν την αυξομείωση της θαλάσσιας στάθμης κατά την παλίρροια. Οι παλίρροιες 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 θαλάσσιας 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 – ο

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 παλίρροιακή 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 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 [22].

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 θερμότερου 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 [4].

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 [5]:

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 παράγωγης 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 πόσα ενέργειας και άλλες φορές μηδενικά. 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 μεταφοράς 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 30 GW, 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 €/kWh, ενώ αναμένεται περαιτέρω μείωση του κόστους αυτού. Το γεγονός αυτό κάνει τις τεχνολογίες αυτές οικονομικά συμφέρουσες και διανοίγει προοπτικές βιομηχανικής εκμετάλλευσής τους στο εγγύς μέλλον [1].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

4.1 Βιομάζα

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. 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 [1]:

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

4.1.1 Είδη βιομάζας

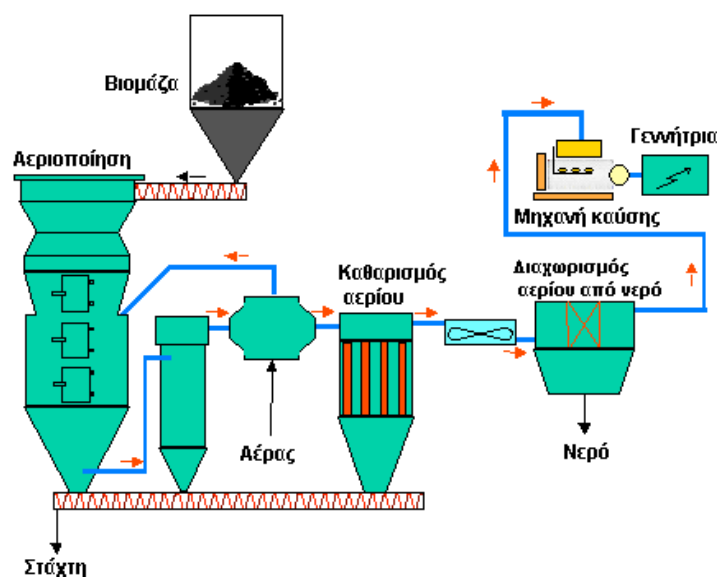
Πρακτικά υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας [23]:

- 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 δένδρων καλλιεργειών, 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 μετεστεροποίηση.



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 [23].

4.1.3 Εφαρμογές και χρήσεις της βιομάζας

Οι κυριότερες χρήσεις της βιομάζας είναι [1]:

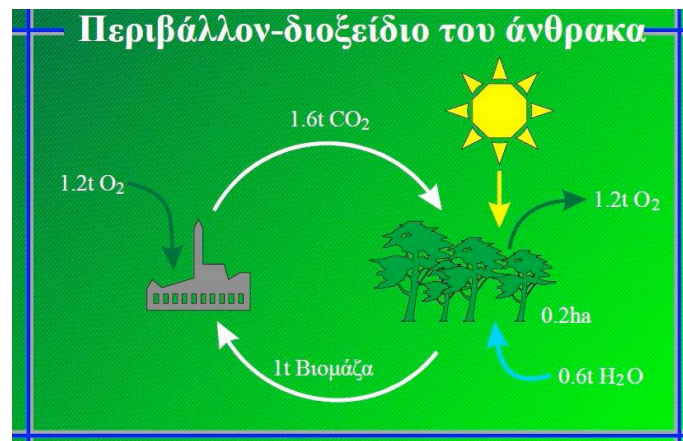
- Θέρμανση θερμοκηπίων: Σε περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων
- Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες: Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κτιρίων ατομικοί/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου.
- Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες: Βιομάζα για παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιείται από γεωργικές βιομηχανίες στις οποίες η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα. Εκκοκκιστήρια, πυρηνελαιουργεία, βιομηχανίες ρυζιού καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης καίνε τα υπολείμματά τους (υπολείμματα εκκοκκισμού, πυρηνόξυλο, φλοιοί και κουκούτσια, αντίστοιχα) για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών ή/και μέρος των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου: Τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.
- Τηλεθέρμανση: είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από ένα κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται σε προ-μονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια
- Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ): Το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού, και των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες τις διεργασίας ή/και άλλες ανάγκες θέρμανσης (πχ. θέρμανση κτιρίων).
- Υγρά βιοκαύσιμα: Σήμερα, ο όρος βιοκαύσιμα χρησιμοποιείται συνήθως για υγρά καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα των μεταφορών. Τα πιο συνηθισμένα στο εμπόριο είναι το βιοντίζελ, μεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους (ηλίανθος, ελαιοκράμβη, κ.ά.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνο του ή σε μίγμα με πετρέλαιο κίνησης σε πετρελαιοκινητήρες και η βιοαιθανόλη η οποία παράγεται από σακχαρούχα, κυταρινούχα κι αμυλούχα φυτά (σιτάρι, καλαμπόκι, σόργο, τεύτλα, κ.ά.) και χρησιμοποιείται είτε ως έχει σε βενζινοκινητήρες που έχουν υποστεί μετατροπή είτε σε μίγμα με βενζίνη σε κανονικούς βενζινοκινητήρες είτε τέλος να μετατραπεί σε ETBE (πρόσθετο βενζίνης).

Οι ενεργειακές εφαρμογές της βιομάζας ποικίλουν σε μέγεθος από μικρούς λέβητες για τη θέρμανση κατοικιών, σε αυτόματης τροφοδοσίας λέβητες για τη θέρμανση μεγαλύτερων κτιρίων (σχολεία, νοσοκομεία, κ.ά.), μέχρι την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για πώληση στο δίκτυο της.

4.1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιομάζας

Τα πλεονεκτήματα τα οποία χαρακτηρίζουν την βιομάζα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι τα εξής [1]:

1. Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) 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 CO_2 , 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 (SO_2) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της “όξινης βροχής”. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.
3. Η 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.



Εικόνα 4.2: 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 εκμετάλλευσή της, είναι τα εξής:

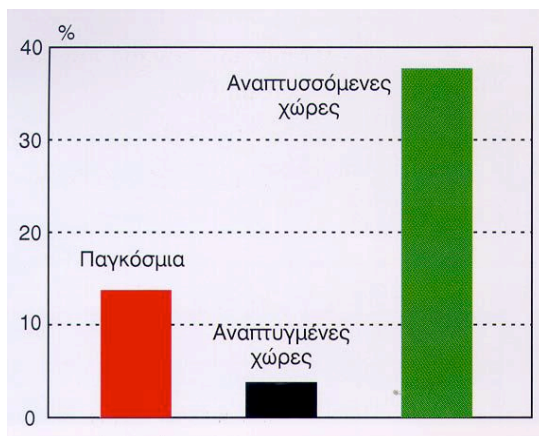
1. Ο αυξημένος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

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.

4.1.5 Παγκόσμιο και Ελληνικό δυναμικό

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισεκ. τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλίσκεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα. Το τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, καθώς, σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα (Εικ. 4.3) και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.).



Εικόνα 4.3: 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, ασβεστοκάμινοι κ.ά.), σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα,

κουκούτσια ροδακίνων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά.

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 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλιάνθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.ά.). Πέραν του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αιτία πολλών δυσάρεστων καταστάσεων (πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.ά.).

Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου κ.ά.) είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα συλλογής, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απ' ευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί, δηλαδή, η εκμετάλλευσή του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα. Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι καλλιέργειες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφανείας, 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 των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων.

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

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

- ✓ Η ποσότητα βιομάζας που μπορεί να παραχθεί ανά ποτιστικό στρέμμα ανέρχεται σε 3-4 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 1-1,6 ΤΙΠ.

- ✓ Η ποσότητα βιομάζας, που μπορεί να παραχθεί ανά ξηρικό στρέμμα μπορεί να φτάσει τους 2-3 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0,7-1,2 TΠΠ [1].

4.2 Γεωθερμία

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μία από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η οποία προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς επιφανειακούς ή υπόγειους ατμούς, με ή χωρίς αέρια, σε θερμά νερά ή σε μίγματα των παραπάνω, καθώς και σε θερμά-ξηρά πετρώματα. Πιο συγκεκριμένα γεωθερμία ή γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε την φυσική θερμική ενέργεια του μάγματος του πυρήνα της γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια, είτε μέσω ηφαιστειακών εκροών, είτε μέσω ρηγμάτων του υπεδάφους που αναβλύζουν ατμούς και θερμό νερό. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

- Με αγωγή θερμότητας από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό 0,06 -0,08 W/m².
- Με ρεύματα μεταφοράς, (είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της), που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

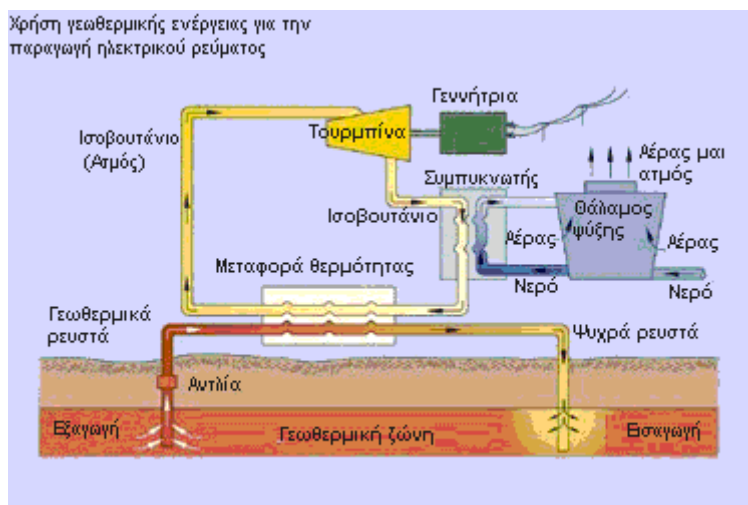
Καθώς η θερμότητα μεταδίδεται από το θερμότερο στο ψυχρότερο σημείο, μια συνεχής ροή θερμότητας ρέει από τα πολύ θερμά εσωτερικά σημεία της γης προς τα κρύα επιφανειακά σημεία και εν συνεχεία προς την ακόμα ψυχρότερη ατμόσφαιρα. Έτσι, από τον πυρήνα (με θερμοκρασία που υπολογίζεται ότι είναι λίγο μεγαλύτερη των 4.000°C) μέχρι της επιφάνεια της γης (που έχει μέση ετήσια θερμοκρασία από μερικές μονάδες έως λίγες δεκάδες °C) και την ατμόσφαιρα (η θερμοκρασία της οποίας στην τροπόσφαιρα μειώνεται με το ύψος με ρυθμό περίπου 6°C/km), δημιουργείται φυσιολογικά μία συνεχής ροή θερμότητας. Αυτή η ροή μεταφέρει θερμική ενέργεια από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια της γης, φαινόμενο χρήσιμο για τον άνθρωπο, ο οποίος έχει περιορισμένες επιλογές για να ικανοποιήσει τις ενεργειακές του ανάγκες. Η ροή θερμότητας που προσδιορίζεται στο φλοιό της γης εξαρτάται από την θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων και από την γεωθερμική βαθμίδα και αποτελεί το γινόμενο τους [24].

4.2.1 Εφαρμογές της γεωθερμίας

Υπάρχουν δύο κύριες εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας [5]:

➤ Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών, για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις όπως θέρμανση κτιρίων ή θερμοκηπίων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διεργασίες τόσο ανοικτού όσο και κλειστού κυκλώματος. Στην πρώτη περίπτωση το γεωθερμικό ρευστό εκτονώνεται σε δοχείο διαχωρισμού ατμού-υγρού και ο παραγόμενος ατμός οδηγείται σε στρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ το θερμό υγρό σε εναλλάκτη θερμότητας. Στην περίπτωση της διεργασίας κλειστού κυκλώματος το γεωθερμικό ρευστό οδηγείται σε εναλλάκτη θερμότητας προσδίδοντας θερμική ενέργεια σε κατάλληλο ρευστό το οποίο ατμοποιείται και οδηγείται στον στρόβιλο. Την απαιτούμενη παραγόμενη θερμότητα του κυκλώματος την αποδίδει σε συμπυκνωτή προτού διέλθει εκ νέου από τον εναλλάκτη του γεωθερμικού ρευστού.

➤ Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπόγειων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες (γεωθερμικές αντλίες) για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης. Οι γεωθερμικές αντλίες θεωρούνται ως από τις πλέον αποδοτικές ενεργητικές τεχνολογίες για τη θέρμανση και ψύξη χώρων.



Εικόνα 4.4: Χρήση γεωθερμικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

4.2.2 Κατηγορίες γεωθερμικών πεδίων

Η κύρια κατάταξη των γεωθερμικών πεδίων γίνεται με βάση τη θερμοκρασία τους. Τα γεωθερμικά πεδία σε επίπεδο ενεργειακής αξιοποίησης διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες [24]:

Α. Υψηλής Ενθαλπίας ($T > 150 \text{ } ^\circ\text{C}$), απόδοσης 8-18%, που χρησιμοποιούνται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με εκτόνωση ατμού. Η εγκατεστημένη ισχύς των γεωθερμικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο ανέρχεται σε 6.000 MWe περίπου.

Β. Μέσης Ενθαλπίας ($100^\circ\text{C} < T < 150 \text{ } ^\circ\text{C}$), απόδοσης 2-8% , που χρησιμοποιούνται για θέρμανση οικισμών (Η θερμική ενέργεια που δεσμεύεται από τη γεωθερμική πηγή διοχετεύεται προς τους χρήστες με την βοήθεια ενός δικτύου αγωγών), για ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και για την παραγωγή ηλεκτρισμού με χρησιμοποίηση πτητικού ρευστού π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως .

Γ. Χαμηλής Ενθαλπίας ($25^\circ\text{C} < T < 100 \text{ } ^\circ\text{C}$), απόδοσης 2-8%, που χρησιμοποιούνται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για θέρμανση νερού για οικιακή χρήση, στις ιχθυοκαλλιέργειες δεδομένου ότι πολλά είδη υδροβίων οργανισμών, όπως χέλια, γαρίδες ή φύκια αναπτύσσονται γρηγορότερα σε αυξημένες θερμοκρασίες, αλλά και για παραγωγή γλυκού νερού στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές μέσω της θερμικής αφαλάτωσης θαλασσινού νερού.

Δ. Αβαθής γεωθερμία ($T < 25^\circ\text{C}$), απόδοσης $< 2\%$, που χρησιμοποιούνται για θέρμανση-ψύξη κτιρίων.

4.2.3 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (ΓΑΘ) αποτελούν μια τυποποιημένη, φιλική προς το περιβάλλον και αξιόπιστη τεχνολογία για θέρμανση, ψύξη και παροχή ζεστού νερού χρήσης, η οποία εμφανίζει σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα και μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην ορθολογική χρήση ενέργειας τόσο στον οικιακό όσο στο βιομηχανικό και υπό προϋποθέσεις στον αγροτικό τομέα. Οι ΓΑΘ αξιοποιούν τη διαθέσιμη θερμική ενέργεια του εδάφους και των επιφανειακών “ψυχρών” ($T < 25^{\circ}\text{C}$) υδροφορέων, συνδυάζοντας σε κλειστό κύκλωμα μια αντλία θερμότητας με έναν “γεωεναλλάκτη” (geo-exchanger) ή σε ανοικτό κύκλωμα μια αντλία θερμότητας με τα νερά μιας κλασικής υδρογεώτρησης.

Ο γεωεναλλάκτης περιλαμβάνει σωλήνες τοποθετημένους σε τάφρους μέσα στο έδαφος, ή σε γεωτρήσεις, όπου κυκλοφορεί νερό σε κλειστό κύκλωμα. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η γεωθερμική αντλία θερμότητας αφαιρεί θερμότητα από το έδαφος και την προσθέτει στο σύστημα θέρμανσης του κτιρίου. Αυτή η διεργασία αναστρέφεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού προκειμένου να παρέχει ψύξη.

Καθώς η θερμοκρασία του εδάφους σε μερικά μέτρα βάθος παραμένει σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας παρέχουν αποδοτική θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης, εξοικονομώντας ενέργεια και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Οι Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας λειτουργούν με τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από τα άλλα είδη Αντλιών Θερμότητας. Άλλα οφέλη των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι καθαρό τοπικό περιβάλλον, πρόσθετη αξία στο κτίριο λόγω χαμηλού κόστους κλιματισμού και υψηλής ποιότητας θερμική άνεση στους εσωτερικούς χώρους [1].

4.2.4 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 συμβάλει [4],[5]:

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 CO_2 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 CO_2 , 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 και στον πίνακα 4.1.
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.

Πίνακας 4.1: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ C O₂ (lb/kWh)
Γεωθερμική	0.2
Φυσικό αέριο	1.321
Πετρέλαιο	1.969
Άνθρακας	2.095

4.2.5 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 κλπ.) 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 με συνολικό γεωθερμικό δυναμικό τουλάχιστον 300 MW, το οποίο όμως μέχρι σήμερα παραμένει παντελώς ανεκμετάλλευτο. Στις υπόλοιπες περιοχές απαντώνται γεωθερμικά πεδία χαμηλής-μέσης ενθαλπίας με θερμοκρασίες 90-120°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%) [3].

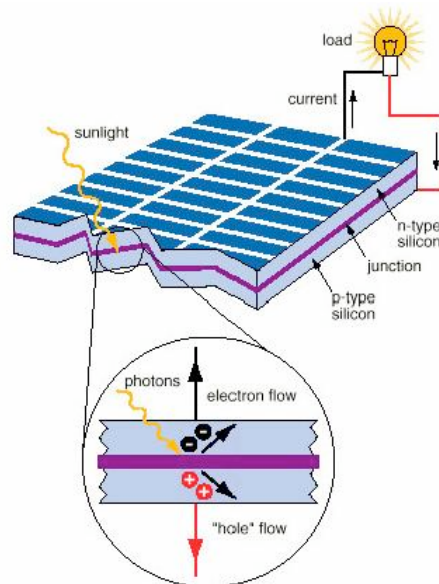
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

5.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ήπια, ανεξάντλητη και ανανεώσιμη [25]. 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 [26].

5.1.1 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.

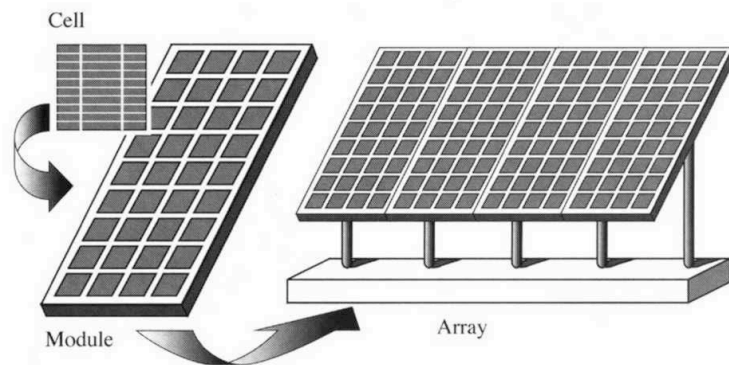


Εικόνα 5.1: Φωτοβολταϊκό στοιχείο.

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 δυο 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 5.2: 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 δυο 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 [26].

Ορισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι [27]:

- 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 (1%-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

5.1.2 Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων

Οι κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι [28]:

- 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 .



Εικόνα 5.3: Τεχνολογίες μονοκρυσταλλικού πυριτίου, thin film και πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

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 ημιαγωγιότητάς του. Τα περισσότερα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούνται από κυψέλες κρυσταλλικού πυριτίου, μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού, η απόδοση των οποίων κυμαίνεται μεταξύ 13% 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 [26].

5.1.3 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 2 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 πλειονότητά 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 από εκείνης του δικτύου απαιτείται η χρήση κατάλληλων φίλτρων συχνότητας πριν τη 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.

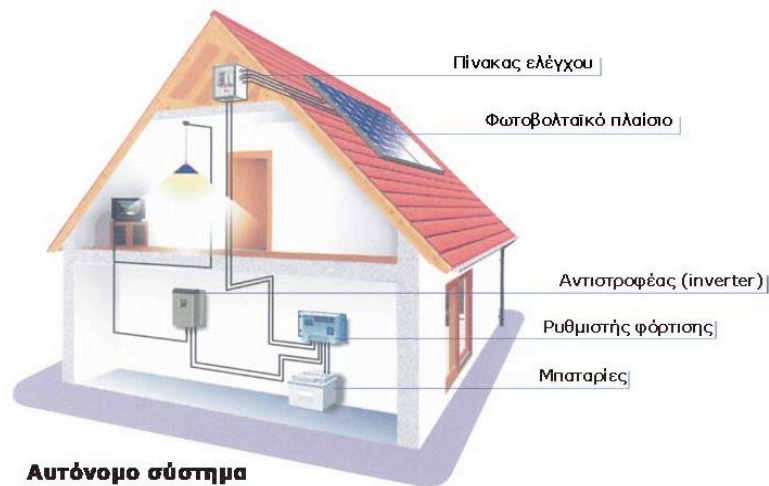
Σε κάποια αυτόνομα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιούνται διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες), για την δυνατότητα ηλεκτροδότησης των ωρών που δεν παρατηρείται ηλιακή ακτινοβολία [26].

5.1.4 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:

5.1.4.1 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

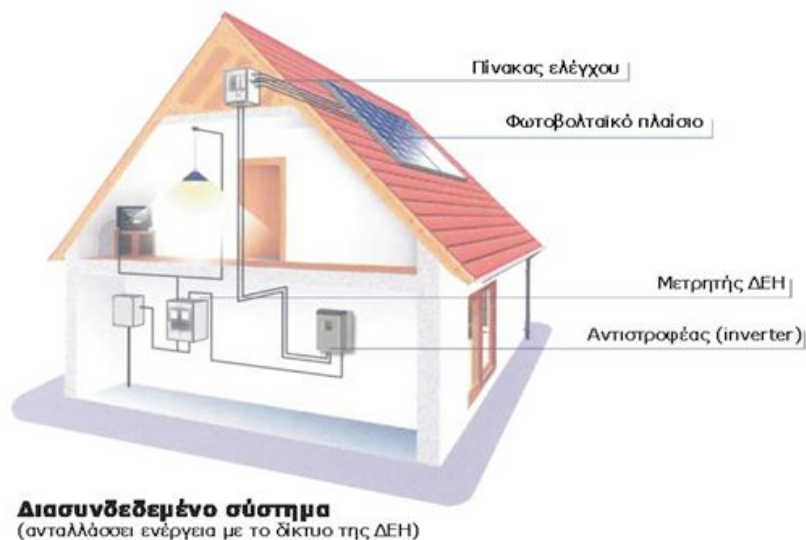
Οι αυτόνομες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αποτελούν ίσως τις πληρέστερες εφαρμογές φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Είναι εγκαταστάσεις που λειτουργούν αυτοδύναμα για την τροφοδότηση καθορισμένων καταναλώσεων, χωρίς να συνδέονται με μεγάλα κεντρικά δίκτυα ηλεκτρικής διανομής. Αποτελούν την ιδανικότερη λύση για 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 100-200KW_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 5.4: Παράδειγμα αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.

5.1.4.2 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 [26].



Εικόνα 5.5: Παράδειγμα διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος

5.1.5 Υπολογισμός πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων

Η διαδικασία υπολογισμού του απαιτούμενου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων σε μια εγκατάσταση είναι η εξής [29]:

- 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 ηλιακή 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.

5.1.6 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 συμβάλουν σημαντικά στη λεγόμενη «διεσπαρμένη παραγωγή ενέργειας», η οποία αποτελεί το νέο μοντέλο ανάπτυξης σύγχρονων ενεργειακών συστημάτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας με διασύνδεση.

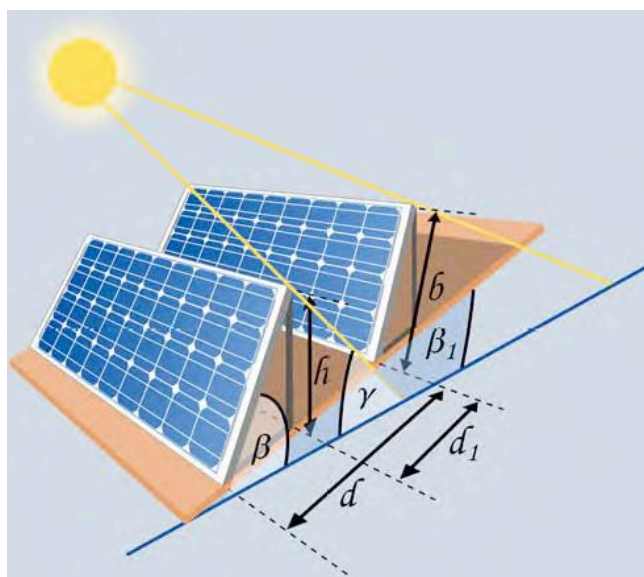
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν και κάποια μειονεκτήματα:

1. Εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες, ενώ η έξοδός τους μεταβάλλεται σημαντικά με 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 [26].

5.1.7 Προϋποθέσεις κτιρίων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών

Για να λειτουργούν τα φωτοβολταϊκά με μέγιστη απόδοση πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω προϋποθέσεις [25]:

1. Να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Αν ο χώρος δεν είναι 100% ασκίαστος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, τότε το σύστημα λειτουργεί με μικρότερη απόδοση. Ένας χοντρικός κανόνας για να βεβαιωθεί κάποιος ότι το σύστημά δεν θα αποδίδει λιγότερο λόγω σκιάσεων, είναι ο εξής: η απόσταση από το τυχόν εμπόδιο (κτίριο, δέντρο, κλπ) πρέπει να είναι διπλάσια του ύψους του εμποδίου.



Εικόνα 5.6: Ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών ($d_1 > 2h$)

2. 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 Νότιο είναι επιτρεπτές, μειώνουν όμως την απόδοση. Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζεται η απόδοση των Φ/Β πλαισίων σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς.

3. 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 στις 25° - 35° (κλίση περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου $\pm 10^{\circ}$).

4. Να υπάρχει κατάλληλος χώρος για εγκατεστημένα ηλεκτρονικά συστήματα και μπαταρίες.

Πίνακας 5.1: Ενδεικτική απόδοση ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση.

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%

5.2 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 τοίχους 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 [1].

5.3 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.

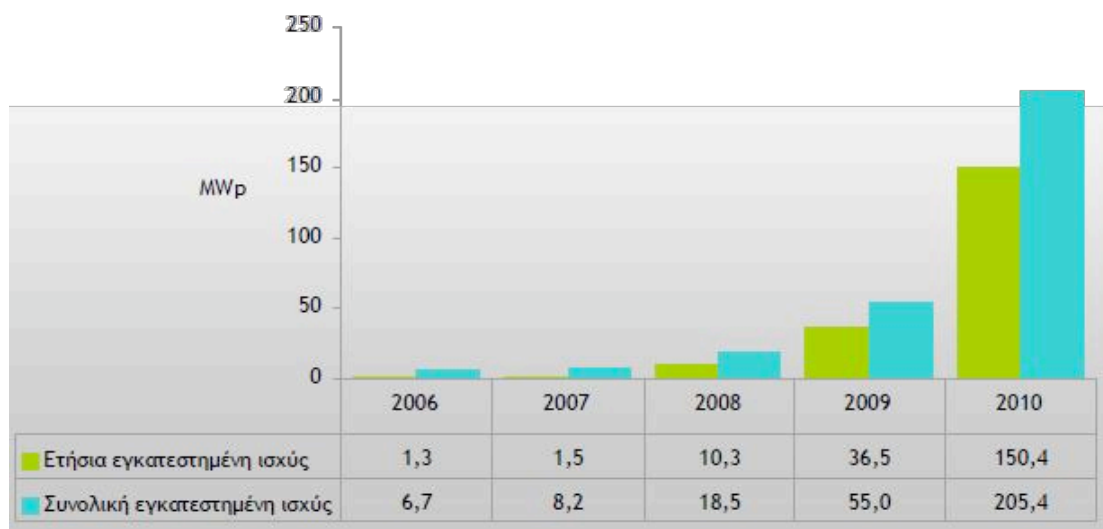
Πέρα από την οικιακή χρήση, η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Έτσι, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης, για τον κλιματισμό χώρων και άλλες εφαρμογές (βιομηχανικές διεργασίες, αφαλάτωση, θέρμανση πισίνας κλπ.), εμφανίζεται ως μία από τις πολλά υποσχόμενες προοπτικές, λόγω της 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 [1].

5.4 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 [3].

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 περιορίζονταν 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 πέντε 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 205.4MW εγκατεστημένης ισχύος στο τέλος του 2010 (Εικόνα 5.6). Η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος πρόκειται να συνεχιστεί στο μέλλον με αντίστοιχους ρυθμούς [19].

Ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών (διασυνδεδεμένα & αυτόνομα)



Εικόνα 5.7: Ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών [28].

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 του 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 στην Ελλάδα. Άλλες σημαντικές εμπορικές εφαρμογές ηλιακών συστημάτων βρίσκονται εγκαταστημένες σε ξενοδοχεία, σχολεία ή/ και νοσοκομεία και συμβάλλουν στην κάλυψη μεγάλου ποσοστού των ενεργειακών αναγκών τους (κυρίως για την παραγωγή ζεστού νερού) [2].

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 6: ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

6.1 Υβριδικά συστήματα

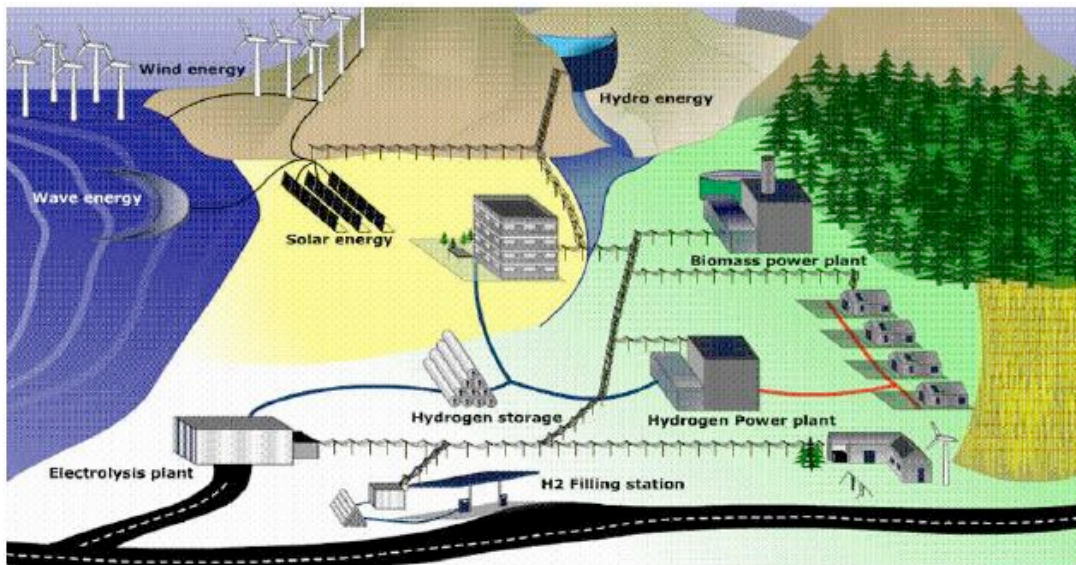
Σήμερα, υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές μορφές ενέργειας βάσει των οποίων είναι δυνατή η παραγωγή ενέργειας χωρίς σημαντικές επιπτώσεις για το περιβάλλον. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που έχουν τα συστήματα αυτά είναι η διακύμανση στην παραγωγή ενέργειας. Συστήματα όπως τα ηλιακά ή αιολικά εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες, γεγονός που επηρεάζει την 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 [30].

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 την 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 [31]:

- ✓ 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 6.1: 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. [30]

6.1.1 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 [30]:

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 ασφαλείας κτλ)
6. Τις συσκευές κατανάλωσης ενέργειας

6.1.2 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.

6.1.3 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 [32].

➤ *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 έργου 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 έργου 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.

6.1.4 Παραδείγματα υβριδικών συστημάτων

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί και κατασκευαστεί μια πληθώρα υβριδικών συστημάτων αποτελούμενα από διαφορετικά ενεργειακά συστήματα. Οι σημαντικότεροι συνδυασμοί ενεργειακών συστημάτων είναι [30]:

➤ 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 τις 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 αγγίξει 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 συστήματα 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 σχεδιασμός 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 προφέρουν ενεργειακές λύσεις. Όπως προαναφέρθηκε, τα υβριδικά συστήματα αποτελούνται από δύο ή περισσότερα ενεργειακά συστήματα. Σήμερα έχουν κατασκευαστεί υβριδικά συστήματα τα οποία είναι ένας 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 γεννήτρες 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 γεννήτρες 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.

6.2 Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας

6.2.1 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, βασισμένες σε σχεδόν όλες τις μορφές ενέργειας. Έτσι, η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί στις ακόλουθες μορφές [33]:

- Σε χημική μορφή (μπαταρίες: Νικελίου, Λιθίου, Μολύβδου-Οξέος, Ψευδαργύρου/βρωμίου, Μέταλλο – 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 των άλλων, τα επίπεδα ανάπτυξής τους διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό. Ωστόσο, οι διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την κλίμακα αποθήκευσης και την εφαρμογή τους [33]:

- 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 αποθηκεύουν 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 συστήματα 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 ενέργειας 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).

6.2.2 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 [33]:

- 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 ο 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, αυτο-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 *αυτο-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 % ανά ώρα ή σε ποσοστό % 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/kWh ή 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).

Πίνακας 6.1: Απαιτήσεις συστημάτων ενεργειακής αποθήκευσης [33].

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

6.2.3 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 [34].

6.2.4 Συνήθεις εφαρμογές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα δίκτυα

Οι πλέον ώριμες σήμερα τεχνολογίες αποθήκευσης με αξιολογες 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 1.000MW 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 [34].

6.2.5 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, πχ. 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, πχ. 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 στα νησιά, επειδή η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις στη διάρκεια του 24ώρου 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 [34].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ

7.1 Αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων

7.1.1 Εισαγωγή

Η ένταξη παραγωγής από ΑΠΕ στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να εξεταστεί με βάση κάποιους οικονομικούς δείκτες.

Οι επενδύσεις σε ενεργειακά συστήματα είναι οικονομικά σκόπιμες, εάν η μείωση των λειτουργικών δαπανών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μπορεί να αποσβέσει το αρχικό κεφάλαιο σε εύλογο χρονικό διάστημα ή αν τα έσοδα από τη διάθεση της παραγόμενης ενέργειας οδηγούν σε κέρδη ικανά να ικανοποιήσουν τους επιχειρηματικούς στόχους του επενδυτή. Στη Ελλάδα αιολικά, φωτοβολταϊκά και υδροηλεκτρικά είναι εφαρμοσμένες τεχνολογίες που αποφέρουν κέρδη και εξοικονόμηση ενέργειας και ενδείκνυται για επενδύσεις.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα ενός σχεδίου επένδυσης είναι ότι οι ωφέλειες της από την παραγωγή αγαθών ή υπηρεσιών δεν εξαντλούνται μέσα σε μια και μόνη χρονική περίοδο αλλά έχουν διάρκεια.

Το κόστος επένδυσης αποτελείται από όλα τα κόστη που σχετίζονται με την αγορά μηχανολογικού εξοπλισμού, τις τεχνολογικές εγκαταστάσεις, την κατασκευή συνδέσεων στο δίκτυο ηλεκτρικής ισχύος, τις μηχανικές υπηρεσίες, τις γεωτρήσεις και άλλες δευτερεύοντες εργασίες κατασκευής. Το κόστος και το όφελος (έσοδα) ενός σχεδίου επένδυσης αποτελούν τη βάση για την αξιολόγησή του.

Διάφοροι οικονομικοί δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση επενδύσεων σε ΑΠΕ: καθαρή παρούσα αξία, εσωτερικός βαθμός απόδοσης, λόγος οφέλους κόστους, έντοκη περίοδος αποπληρωμής κ.λ.π.

7.1.2 Εκτίμηση καθαρών ταμειακών ροών

Οι καθαρές ταμειακές ροές (ΚΤΡ) κάθε έτους είναι η διαφορά μεταξύ των εσόδων από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας (ταμειακές εισροές) και των πληρωμών για τους διάφορους συντελεστές παραγωγής, τη διάθεση των προϊόντων και της πληρωμής του φόρου εισοδήματος που καταβάλει η επιχείρηση (ταμειακές εκροές). Δηλαδή η ΚΤΡ ενός σχεδίου επένδυσης για κάποιο έτος είναι το άθροισμα του κέρδους μετά τη φορολογία και των κρατήσεων για αποσβέσεις. Ειδικότερα συμβολίζεται με [35]:

E : τα έσοδα από τις πωλήσεις

ΛΔ : οι πληρωμές για τους συντελεστές παραγωγής και τη διάθεση των προϊόντων, δηλαδή τις λειτουργικές δαπάνες.

A : οι αποσβέσεις για την επένδυση.

ΦΣ : ο φορολογικός συντελεστής για τον υπολογισμό του φόρου εισοδήματος.

T : οι τόκοι.

Φ : η φορολογία εισοδήματος.

Από τα παραπάνω προκύπτει:

- Το ακαθάριστο λειτουργικό κέρδος : $ΑΛΚ = E - ΛΔ$
- Το καθαρό λειτουργικό κέρδος : $ΚΛΚ = ΑΛΚ - Α = E - ΛΔ - Α$
- Το καθαρό κέρδος προ φόρων : $ΚΚΠΦ = ΚΛΚ - Τ$
- Το καθαρό κέρδος μετά από φόρους : $ΚΚΜΦ = ΚΚΠΦ - Φ = ΚΚΠΦ (1-ΦΣ)$

Στην περίπτωση ύπαρξης ιδίων και δανειακών κεφαλαίων, οι ΚΤΡ αυξάνονται κατά το μέγεθος των τόκων και γίνονται :

$$ΚΤΡ = (E - ΛΔ - Α - Τ) * (1 - ΦΣ) + Α + Τ$$

Οι τόκοι υπολογίζονται στις ΚΤΡ αν και είναι χρηματικές εκροές επειδή το δανειακό κεφάλαιο έχει συνεκτιμηθεί στο κόστος της επένδυσης.

7.1.3 Κριτήρια αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων

7.1.3.1 Κριτήριο της καθαρής παρούσας αξίας

Η καθαρή παρούσα αξία γνωστή με τα αρχικά ΚΠΑ ή NPV είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανηγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του συστήματος. Η ίδια η τιμή της NPV δεν έχει κάποια συγκεκριμένη σημασία. Αυτό που ενδιαφέρει είναι αν είναι θετική ή αρνητική.

Η καθαρή παρούσα αξία μιας επένδυσης στη χρονική στιγμή έναρξης της εμπορικής της λειτουργίας ορίζεται από την ακόλουθη σχέση [35]:

$$ΚΠΑ = -K_o + \sum_{t=1}^N \frac{ΚΤΡ_t}{(1+k)^t}$$

όπου

K_o : το κόστος της επένδυσης

$ΚΤΡ_t$: οι ΚΤΡ του έτους t (εισροές - εκροές)

k : το επιτόκιο αναγωγής, δηλαδή η ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση των κεφαλαίων που επενδύονται χωρίς πληθωρισμό

N : η διάρκεια ζωής της επένδυσης

Στόχος είναι η μεγιστοποίηση της παρούσας αξίας των κερδών. Η αξιολόγηση ενός επενδυτικού σχεδίου είναι η εξής:

- εάν η $ΚΠΑ > 0$ τότε έχουμε επιλογή του επενδυτικού σχεδίου
- εάν η $ΚΠΑ < 0$ τότε έχουμε απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου

- εάν η ΚΠΑ=0 τότε υπάρχει αδιαφορία του επενδυτή ως προς την επένδυση

Μεταξύ δύο εναλλακτικών επενδύσεων προκρίνεται αυτή με τη μεγαλύτερη καθαρή παρούσα αξία.

7.1.3.2 Κριτήριο του εσωτερικού βαθμού απόδοσης της επένδυσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (EBA ή IRR) μιας επένδυσης, είναι το επιτόκιο το οποίο εξισώνει την Παρούσα Αξία των προβλεπόμενων μελλοντικών χρηματικών ροών με τις προεξοφλημένες ροές κόστους της επένδυσης. Με άλλα λόγια, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ορίζεται ως το επιτόκιο αναγωγής $k = EBA$ το οποίο μηδενίζει τη ΚΠΑ και προσδιορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$-K_o + \sum_{t=1}^N \frac{ΚΤΡ_t}{(1 + EBA)^t}$$

Η αξιολόγηση ενός επενδυτικού σχεδίου γίνεται ως εξής:

- εάν η ελάχιστη απόδοση $k < EBA$ τότε έχουμε επιλογή του επενδυτικού σχεδίου
- εάν η ελάχιστη απόδοση $k > EBA$ τότε έχουμε απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου
- εάν η ελάχιστη απόδοση $k = EBA$ τότε έχουμε αδιαφορία του επενδυτή ως προς την επιλογή του έργου

Μεταξύ δύο εναλλακτικών επενδύσεων προκρίνεται αυτή με το μεγαλύτερο εσωτερικό βαθμό απόδοσης.

7.1.3.3 Περίοδος επανάκτησης του κόστους της επένδυσης

Ως περίοδος επανάκτησης του κόστους της επένδυσης (payback period) θεωρείται η περίοδος μέσα στην οποία γίνεται η ανάκτηση του κόστους της επένδυσης (K_o) από τις ΚΤΡ. Εάν η περίοδος ανάκτησης είναι μικρότερη από ένα δεδομένο όριο τότε η επένδυση προκρίνεται. Ο παραπάνω ορισμός αφορά την απλή περίοδο αποπληρωμής, η οποία υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{περίοδος αποπληρωμής (years)} = \frac{\text{αρχικό κόστος επένδυσης}}{\text{ετήσια καθαρά κέρδη}}$$

Όσο μικρότερη είναι η περίοδος ανάκτησης του κεφαλαίου τόσο ασφαλέστερη θεωρείται η επένδυση. Γενικά, σχέδια με περίοδο ανάκτησης κεφαλαίου μεγαλύτερη από 8 χρόνια θεωρούνται από τους επενδυτές ριψοκίνδυνα ή χαμηλής απόδοσης.

Μεταξύ δύο εναλλακτικών επενδύσεων επιλέγεται αυτή με τη μικρότερη περίοδο αποπληρωμής.

7.1.3.4 Έντοκη περίοδος αποπληρωμής

Έντοκη περίοδος αποπληρωμής (discounted pay back period, DBP) είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης, καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου. Προσδιορίζεται ως λύση της εξίσωσης:

$$ΚΠΑ_{(N=DPB)}=0$$

όπου ΚΠΑ είναι η καθαρή παρούσα αξία, ενώ η ένδειξη $N=DPB$ υπονοεί ότι η εξίσωση λύνεται ως προς N (έτη).

Μεταξύ δύο εναλλακτικών επενδύσεων προτιμάται αυτή με τη μικρότερη έντοκη περίοδο αποπληρωμής [35].

7.1.3.5 Λόγος οφέλους κόστους

Ένα άλλο κριτήριο οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης είναι ο λόγος οφέλους/κόστους (Benefit/Cost Ratio - BCR). Το BCR ορίζεται ως το πηλίκο του συνολικού οφέλους προς το συνολικό κόστος μιας επένδυσης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της με όλα τα ποσά ανηγμένα σε παρούσα αξία. Ορίζεται ως:

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^N \frac{B_t}{(1+k)^t}}{\sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+k)^t}}$$

όπου

B_t : το όφελος κατά το έτος t ,

C_t : κόστος κατά το έτος t (η τιμή C_0 αντιστοιχεί στην αρχική επένδυση)

k : το επιτόκιο αναγωγής.

N : η διάρκεια ζωής του σχεδίου επένδυσης σε έτη

Το συγκεκριμένο κριτήριο αξιοποιεί δηλαδή την παρούσα αξία των καθαρών ταμειακών ροών κατά τη διάρκεια της ζωής του σχεδίου προς το σύνολο της αρχικής επένδυσης. Κριτήριο αποδοχής ή απόρριψης αποτελεί η σχέση του λόγου με τη μονάδα. Πιο συγκεκριμένα:

- $BCR > 1$, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- $BCR = 1$, η επένδυση θεωρείται οριακή, μπορεί να υλοποιηθεί όταν δεν υπάρχει καλύτερη εναλλακτική λύση
- $BCR < 1$, η επένδυση απορρίπτεται.

Για τη σύγκριση δύο εναλλακτικών λύσεων δεν ισχύει ότι αυτή με το μεγαλύτερο λόγο οφέλους/κόστους είναι και η καλύτερη. Αλλά ακολουθούμε την εξής διαδικασία [36]:

Έστω οι λύσεις A και B διατεταγμένες κατά σειρά αύξησης του αρχικού κόστους επένδυσης:

1. Αν ο λόγος οφέλους/κόστους και για τις 2 επενδύσεις είναι μεγαλύτερος της μονάδας, δηλαδή $B/C \geq 1$, τότε:

- αν $(\Delta B/\Delta C)_{B-A} \geq 1$, επιλέγεται η B ,
- αν $(\Delta B/\Delta C)_{B-A} < 1$, επιλέγεται η A ,

όπου $\Delta B = B_B - B_A$ και $\Delta C = C_B - C_A$

2. Αν $(B/C)_A < 1$, τότε:

- αν $(B/C)_B \geq 1$, επιλέγεται η Β,
- αν $(B/C)_B < 1$, δεν επιλέγεται καμία.

3. Αν οπωσδήποτε μία πρέπει να επιλεγεί, τότε καταφεύγουμε άμεσα σε οριακή ανάλυση:

- αν $(\Delta B/\Delta C)_{B-A} \geq 1$, επιλέγεται η Β,
- αν $(\Delta B/\Delta C)_{B-A} < 1$, επιλέγεται η Α.

7.2 Ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας

Η ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης ενεργειακών πόρων, που τα τελευταία χρόνια οδηγεί στη βαθμιαία εξάντλησή τους, αναδεικνύει το ρόλο της ανθρώπινης συμπεριφοράς στη διασφάλιση της ενεργειακής επάρκειας. Ο σύγχρονος πολίτης, σαν καταναλωτής ενεργειακών πόρων, είναι εκείνος που μπορεί να διασώσει ή να επιβαρύνει το περιβάλλον και να εγγυηθεί ή να υποθηκεύσει την αειφορία και το βιοτικό επίπεδο της επόμενης γενιάς. Είναι λοιπόν σημαντική η ενημέρωση, εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση του τελικού καταναλωτή ενέργειας, ώστε να μην κάνει απλώς χρήση και συχνά σπατάλη του ενεργειακού αγαθού, αλλά να οδηγείται σε ορθολογική χρήση της ενέργειας.

Ορθολογική χρήση ενέργειας (ΟΧΕ) δεν σημαίνει περιορισμός ή θυσία των άνετων συνθηκών διαβίωσης, αλλά έμφαση στην προσπάθεια για μείωση των απωλειών ενέργειας και στην μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση κάθε μονάδας ενέργειας ώστε να μειωθεί η συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας. Η ΟΧΕ ουσιαστικά αναφέρεται στη βέλτιστη διαχείριση των ενεργειακών πόρων. Βασική αρχή της ΟΧΕ είναι ότι ο τελικός καταναλωτής πρέπει κάθε φορά να χρησιμοποιεί ακριβώς τόση ενέργεια όση χρειάζεται για να καλύπτει τις ανάγκες του και όχι περισσότερη.

Ουσιαστικά, η βασική αρχή της ΟΧΕ είναι απαρχής η μείωση των ενεργειακών σπαταλών με αλλαγή στον τρόπο χρήσης και εφαρμογών εξοικονόμησης ενέργειας και στη συνέχεια η κάλυψη των αναγκών με ενεργειακά, οικονομικά και περιβαλλοντικά αποδοτικές τεχνολογίες (όπως οι ΑΠΕ).

Οι μεθοδολογίες και πρακτικές που μπορούν να αναπτυχθούν για δράσεις που οδηγούν σε εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της ορθολογικής χρήσης ενέργειας βρίσκουν εφαρμογή σε όλους τους τομείς, όπου χρησιμοποιείται τελική ενέργεια (μεταφορές, κτιριακός τομέας, βιομηχανία) και αναφέρονται κυρίως σε αλλαγή της ανθρώπινης συμπεριφοράς σε θέματα:

- ενεργειακής κατανάλωσης,
- διαχείρισης ενεργειακού φορτίου, και
- χρήσης

και περιλαμβάνουν τόσο εργαλεία εκπαίδευσης και ενημέρωσης για τη σπουδαιότητα της ΟΧΕ, όσο και πρακτικές αξιολόγησης αυτών των εφαρμογών. Ο σχεδιασμός και ανάπτυξη

τέτοιων δράσεων οδηγεί τελικά πέρα από την αλλαγή συμπεριφοράς και σε εφαρμογή τόσο τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας όσο και συστημάτων ΑΠΕ [10].

Η Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕ):

- α) είναι η πιο φθηνή, εναλλακτική, ήπια, καθαρή και άμεσα διαθέσιμη πηγή ενέργειας,
- β) συμβάλει στη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης και στην ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας κάθε χώρας,
- γ) συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος,
- δ) έμμεσα συμβάλει στην παγκόσμια οικονομία, την κάλυψη των κοινωνικών και αναπτυξιακών αναγκών.

Οι τομείς στους οποίους απαιτείται πρωτίστως εφαρμογή δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας είναι ο οικιακός τομέας, η βιομηχανία και οι μεταφορές.

7.2.1 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στην Ελλάδα οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα.

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα παρουσιάζει αυξητική τάση, λόγω της αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή. Επιπλέον τα κλιματιστικά επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι.

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων και εν μέρει μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν.

Άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μία συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων [1].

Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο μπορεί να αφορούν [1]:

α. Το κτιριακό κέλυφος (πχ. θερμομόνωση, διπλά τζάμια στα παράθυρα, κατάλληλα συστήματα ανοιγμάτων, παθητικά ηλιακά συστήματα).

β. Τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου (πχ. χρήση βλάστησης).

γ. Τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και τις ηλεκτρικές συσκευές (πχ. ρύθμιση θερμοστατών στους 19° C, τακτική συντήρηση και ρύθμιση του καυστήρα, αντικατάσταση παλαιών λεβήτων θέρμανσης με νέους σύγχρονης τεχνολογίας, αποφυγή χρήσης ηλεκτρικών θερμαντικών σωμάτων, εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων, χρησιμοποίηση των πιο αποδοτικών ενεργειακά οικιακών ηλεκτρικών συσκευών).

δ. Την ορθολογική χρήση του κτιρίου και την αξιοποίηση των δομικών του στοιχείων (π.χ. ενεργειακή διαχείριση, φυσικός αερισμός, αξιοποίηση της θερμικής μάζας).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τεχνικές μείωσης θερμικών φορτίων κατά τη θερινή περίοδο, το κόστος τους, καθώς και το κέρδος σε εξοικονόμηση ενέργειας που θα προκύψει [1]:

Πίνακας 7.1: Τεχνικές μείωσης θερμικών φορτίων κατά τη θερινή περίοδο

Πεδίο χειρισμού	Περιγραφή της επέμβασης	Κόστος	Κέρδος
Λειτουργική διαχείριση	Ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας σε κάθε χώρο	Μηδενικό	0% - 6%
	Αύξηση της επιθυμητής θερμοκρασίας χώρου (π.χ. 27 °C αντί 25 °C)	Μηδενικό	4% - 8%
	Αύξηση της επιθυμητής σχετικής υγρασίας χώρου (π.χ. 60-55% αντί 50%)	Μηδενικό	1% - 5%
	Ορθή χρήση των φωτιστικών στοιχείων και των ηλεκτρικών συσκευών	Μηδενικό	3% - 7%
	Ορθή διαχείριση των εξωτερικών παραθύρων και παραθυρόφυλλων	Μηδενικό	0% - 5%
Μείωση των εσωτερικών θερμικών κερδών	Ρύθμιση του συστήματος φωτισμού με λαμπτήρες πυρακτώσεως (μεταβολή της έντασης, αισθητήρες ανίχνευσης ανθρώπων, κλπ.)	Χαμηλό	4% - 6%
	Ρύθμιση του συστήματος φωτισμού με λαμπτήρες φθορισμού (μεταβολή της έντασης, αισθητήρες ανίχνευσης κίνησης, κλπ.)	Χαμηλό	2% - 4%
	Χρήση συσκευών φωτισμού χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (π.χ. λαμπτήρων φθορισμού αντί λαμπτήρων πυρακτώσεως)	Μεσαίο	10% - 13%

Επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος	Εσωτερικές κατασκευές σκίασης	Χαμηλό	2% - 5%
	Εξωτερικές κατασκευές σκίασης	Μεσαίο	8% - 19%
	Τοποθέτηση κάθετων (0,6m) σκιάστρων	Υψηλό	2% - 18%
	Τοποθέτηση οριζόντιων (1,5m) σκιάστρων	Υψηλό	1% - 9%
	Τοποθέτηση οριζόντιων (0,6m) σκιάστρων	Υψηλό	2% - 8%
	Τοποθέτηση ανακλαστικών διπλών τζαμιών	Υψηλό	4% - 7%
	Τοποθέτηση αντανακλαστικής μεμβράνης στα τζάμια	Μεσαίο	3% - 11%
	Βάψιμο των εξωτερικών τοίχων με ανοιχτά χρώματα χαμηλής απορρόφησης	Χαμηλό	1% - 8%
	Επίστρωση μόνωσης των περιμετρικών τοίχων	Υψηλό	0,6% - 1%
	Τοποθέτηση αεριζόμενων κοίλων τοίχων	Υψηλό	0,2% - 0,6%
	Μόνωση στέγης	Μεσαίο	3% - 6%
	Τοποθέτηση κατασκευών σκίασης στη οροφή	Υψηλό	2% - 8%
	Αεριζόμενη στέγη	Υψηλό	4% - 15%
Επεμβάσεις στην εγκατάσταση	Εγκατάσταση μονάδας ανάκτησης θερμότητας από τον απορριπτόμενο αέρα	Υψηλό	2% - 4%
	Πραγματοποίηση ελεύθερου δροσισμού και νυχτερινού αερισμού	Μεσαίο	4% - 8%
	Εγκατάσταση συστημάτων ρύθμισης αποδοτικότητας	Υψηλό	2% - 8%
	Εγκατάσταση ακτινοβόλων τερματικών (ψυχρές οροφές, ψυχρές δοκοί, κλπ.)	Υψηλό	2% - 8%

7.2.1.1 Ενεργειακή διαχείριση κτιρίων

Η ενεργειακή διαχείριση έχει σαν στόχο την ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας με ταυτόχρονη διατήρηση των συνθηκών άνεσης ή ακόμη και με βελτίωση τους.

Η ενεργειακή διαχείριση στηρίζεται σε τέσσερις αρχές [37]:

1. Χρήση κατάλληλων συστημάτων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, πχ. τεχνολογίες κτιριακού κελύφους (μονώσεις, βελτιωμένοι υαλοπίνακες, συστήματα σκίασης και

ρύθμισης του φωτισμού κλπ) και ενεργειακά αποδοτικές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό) και συσκευές.

2. Αξιοποίηση των διαθέσιμων ΑΠΕ για τη μερική ή ολική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου.

3. Ενεργειακός έλεγχος με κατάλληλο σύστημα, που εξασφαλίζει τη διαρκή επιτήρηση και τον έλεγχο των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου. Το σύστημα αυτό, γνωστό ως BEMS (Building Energy Management System), αποτελεί τη μοναδική λύση για τη συντονισμένη και ορθολογική λειτουργία των σύγχρονων εγκαταστάσεων σε μεσαία και μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα.

4. Εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων και περιβάλλοντος χώρου.

Στη συνέχεια, συνοψίζονται οι σημαντικότερες μέθοδοι ενεργειακού ελέγχου κτιριακής κατανάλωσης και εξοικονόμησης ενέργειας [37]:

- Η μόνωση έναντι των καιρικών συνθηκών και της ηλιακής ακτινοβολίας και η μείωση των απωλειών ενέργειας μέσω βελτιωμένης μόνωσης.
- Η ορθολογική παραγωγή ενέργειας για θέρμανση ή/και ψύξη.
- Η αποτελεσματική εκμετάλλευση της θερμότητας από εξωγενείς παράγοντες στο κτίριο ή της υπάρχουσας χαμηλής θερμοκρασίας (για παράδειγμα η φυσιολογική πτώση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της νύχτας).
- Η αποτελεσματική, με όσο το δυνατό μικρότερες απώλειες, κατανομή της ενέργειας θέρμανσης και ψύξης στο κτίριο.
- Η μεγιστοποίηση εκμετάλλευσης ΑΠΕ και η επίτευξη ενός όσο το δυνατόν υψηλότερου βαθμού ενεργειακής απόδοσης με τη χρήση ορυκτών καυσίμων (λέβητες συμπύκνωσης καυσαερίων ή λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών).
- Η βέλτιστη ρύθμιση/παραμετροποίηση των υφισταμένων εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού.
- Η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος σε εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού (αντλίες θερμότητας, ανεμιστήρες κλπ.).

7.2.1.2 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι ο σχεδιασμός που επιδιώκει την κατασκευή πιο αποδοτικών ενεργειακά κτιρίων, μέσω της προσαρμογής τους στις ειδικές κλιματολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων αφορά τον σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών – υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Ασχολείται με τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων στο επίπεδο των κτιριακών μονάδων μελετώντας τις ακόλουθες κατευθύνσεις [37]:

- Τη μελέτη του δομημένου περιβάλλοντος και των προβλημάτων που αυτό δημιουργεί (αύξηση θερμοκρασίας, συγκέντρωση αέριων ρύπων, δυσκολία στην κυκλοφορία αέρα),
- Το σχεδιασμό των κτιρίων,

- Την επιλογή των δομικών υλικών, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις θερμικές και οπτικές, όσο και τις τοξικολογικές τους ιδιότητες.

Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι οι ακόλουθες [37]:

- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση τον χειμώνα. Με αυτή τη διαδικασία βελτιώνεται το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου και μειώνονται οι ενεργειακές ανάγκες του για θέρμανση.
- Αξιοποίηση των δροσερών ανέμων για τον αερισμό και την ψύξη του κτιρίου το καλοκαίρι.
- Αξιοποίηση του φυσικού φωτός για τον φωτισμό του κτιρίου.
- Αξιοποίηση της βλάστησης για τον σκιασμό του κτιρίου το καλοκαίρι.
- Μείωση των θερμικών απωλειών του κτιρίου, η οποία εξασφαλίζεται με τη θερμομόνωση του κελύφους και με την χρήση εναλλακτών θερμότητας, οι οποίοι περιορίζουν δραστικά τις απώλειες μέσω αερισμού.

Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την εποχή. Έτσι, το χειμώνα οι βασικές αρχές του είναι η ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω έκθεσης σε χαμηλές θερμοκρασίες και η μεγιστοποίηση του οφέλους λόγω έκθεσης σε ηλιακή ακτινοβολία, ενώ το καλοκαίρι, οι βασικές αρχές του είναι η προστασία από τον ήλιο (σκίαση), η χρήση διαφόρων τεχνολογιών δροσισμού με ενδεχόμενη χρήση ΑΠΕ και η χρήση τοπικά διαθέσιμων υλικών κατασκευής. Το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποδίδεται με τους παρακάτω τρόπους [37]:

- Εξοικονόμηση ενέργειας από την σημαντική μείωση απωλειών λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων.
- Παραγωγή θερμικής ενέργειας (θερμότητας) μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους με συμβολή στις θερμικές ανάγκες των χώρων προσάρτησης και μερική κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης του κτιρίου.
- Δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και μείωση των απαιτήσεων όσον αφορά στη ρύθμιση θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τον χειμώνα και υψηλότερες το καλοκαίρι).
- Διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε επίπεδα υψηλά τον χειμώνα (και αντίστοιχα χαμηλά το καλοκαίρι) με αποτέλεσμα την μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά την χρήση του κτιρίου.

7.2.2 Εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία

Σύμφωνα με το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, η συμμετοχή της βιομηχανίας στη συνολική κατανάλωση τελικής ενέργειας ανέρχεται περίπου στο 24% (2007). Από τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται στη βιομηχανία, το 24,39% είναι ηλεκτρισμός, το 71,24% παράγεται από συμβατικά καύσιμα και το 4,37% προέρχεται από ΑΠΕ.

Η ενεργειακή ένταση (κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος) που παρουσιάζει η ελληνική βιομηχανία είναι υψηλή σε σχέση με χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που εμφανίζουν παρεμφερή βιομηχανική δομή και ανάπτυξη. Αυτό σημαίνει για τη χώρα μας κατανάλωση ενέργειας με χαμηλό βαθμό απόδοσης. Ο χαμηλός βαθμός

ενεργειακής απόδοσης της ελληνικής βιομηχανίας οφείλεται κυρίως στην έλλειψη επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και εκσυγχρονισμού.

Οι σημαντικότερες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να υλοποιηθούν σε μία βιομηχανία είναι η αντικατάσταση ηλεκτροκινητήρων με σύγχρονους κινητήρες υψηλού βαθμού απόδοσης, ο εκσυγχρονισμός των συστημάτων πεπιεσμένου αέρα, η ρύθμιση, συντήρηση, αντικατάσταση λεβήτων, φούρνων, κλιβάνων, η θερμομόνωση αγωγών, δεξαμενών και άλλου εξοπλισμού, η ανάκτηση θερμότητας, η εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης, η υποκατάσταση υγρών καυσίμων από φυσικό αέριο, η εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού κ.α.[10]

Σε βιομηχανίες που χρειάζονται στην παραγωγική τους διαδικασία μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού ή ατμού, η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως κεντρικά ηλιακά συστήματα είτε για παραγωγή νερού χαμηλής θερμοκρασίας (< 50°C) για απευθείας χρήση είτε για προθέρμανση νερού - ατμού μέσης ή υψηλής θερμοκρασίας, μπορεί να προσφέρει σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας.

Επίσης ως πηγή ενέργειας μπορεί να αξιοποιηθεί η βιομάζα που προέρχεται από γεωργικά ή κτηνοτροφικά υπολείμματα, αγροτοβιομηχανικά απόβλητα ή απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων. Για παράδειγμα τα υπολείμματα εκκοκκισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμη ύλη για την ξήρανση του βαμβακιού σε εκκοκκιστήρια βάμβακος ή σε συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων μαζί με άλλα αγροτικά υπολείμματα, όπως άχυρο κ.λπ.

Ένας άλλος τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ανακύκλωση των απορριπτόμενων προϊόντων, αφού η ενέργεια που απαιτείται για την κατεργασία των υλικών προς ανακύκλωση είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη ενέργεια που απαιτείται για τις πρώτες ύλες. Με τον τρόπο αυτό εξοικονομούνται και οι φυσικοί πόροι και δεν αλλοιώνεται το περιβάλλον από έντονες εξορυκτικές και υλοτομικές δραστηριότητες [4].

Τα πρακτικά μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία επιτυγχάνονται κυρίως σε τρία επίπεδα: χωρίς κόστος, με χαμηλό κόστος και υψηλό κόστος [4]:

Πίνακας 7.2: Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στις βιομηχανίες.

Μέτρα	Παραδείγματα	Έμφαση	Ποσοστό εξοικονόμησης
Μηδενικού κόστους	Επαναρύθμιση των συστημάτων ελέγχου. Κλείσιμο των διακοπών όταν δεν λειτουργούν. Επισκευή διαρροών. Επαναπρογραμματισμός των φορτίων /καταναλώσεων.	Ανθρώπινη συμπεριφορά με τη χρήση της υπάρχουσας τεχνολογίας	10 %
Χαμηλού κόστους	Συντήρηση. Μέτρα παρακολούθησης και στοχοθεσία. Απλά συστήματα ελέγχου. Μόνωση. Εκπαίδευση τελικών χρηστών	Συνδυασμός επενδύσεων χαμηλού κόστους και ανθρώπινης συμπεριφοράς	10 - 15 %
Υψηλού κόστους	Συστήματα ανάκτησης θερμότητας. Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Μετατροπή καυσίμων. Συστήματα ενεργειακής διαχείρισης.	Επενδύσεις σε τεχνολογίες υψηλού κόστους και μερική εμπλοκή ατόμων	20 %

Η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μπορεί να αποδώσει οφέλη στα τρία παρακάτω διακριτά επίπεδα [1]:

- ✓ Οικονομικά οφέλη, τα οποία συμβάλλουν στη μείωση των λειτουργικών εξόδων ή στην αύξηση των κερδών της επιχείρησης.
- ✓ Λειτουργικά οφέλη, τα οποία βοηθούν τη διαχείριση μιας βιομηχανικής μονάδας, να βελτιώσει τα επίπεδα άνεσης, ασφάλειας και αποδοτικότητας των εργαζομένων της ή διαφορετικά, να βελτιώσει τη γενικότερη λειτουργία της.
- ✓ Περιβαλλοντικά οφέλη, τα οποία αφορούν κυρίως τη μείωση των εκπομπών του CO₂ ή/και άλλων ρύπων (αέρια θερμοκηπίου), τη μείωση των ενεργειακών αναγκών σε εθνικό επίπεδο και τη διατήρηση των φυσικών πόρων.

7.2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές

Το σημαντικότερο πρόβλημα των μεταφορών σήμερα, τόσο στην Ελλάδα όσο και στην υπόλοιπη Ευρώπη, αποτελεί η συνεχής αύξηση της ζήτησης για μετακινήσεις. Η αύξηση αυτή επικεντρώνεται στις οδικές μεταφορές, ως τον πλέον ευέλικτο τρόπο μεταφοράς, παρότι και τα άλλα μέσα εμφανίζουν αυξητικές τάσεις. Ο αριθμός των επιβατικών αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στην Ελλάδα υπερδιπλασιάστηκε μεταξύ 1990 και 2005. Στην Ελλάδα, με βάση τα στοιχεία του ενεργειακού ισοζυγίου του 2005 η κατανάλωση ενέργειας του κλάδου των μεταφορών συγκεντρώνει περίπου το 39% (8,07 Mtoe) της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην χώρα.

Τρεις είναι οι βασικοί άξονες γύρω από τους οποίους θα πρέπει να στραφούμε για να επιτύχουμε θετικά αποτελέσματα στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας στις μεταφορές [10]:

1. Ορθολογική, επιλεκτική και βέλτιστη χρήση των διαθέσιμων μέσων μεταφοράς (περπάτημα, ποδήλατο, χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς, εκμετάλλευση της βέλτιστης μεταφορικής ικανότητας ενός οχήματος μεταφοράς)
2. Χρήση οχημάτων τα οποία ενσωματώνουν τεχνολογίες υψηλής απόδοσης (υψηλή απόδοση σημαίνει καλύτερη εκμετάλλευση της καταναλισκόμενης ενέργειας, παραλαβή περισσότερης ωφέλιμης ενέργειας από την ούτως ή άλλως καταναλισκόμενη). Παραδείγματα καθαρότερων οχημάτων είναι οχήματα φυσικού αερίου και βιοντίζελ, υβριδικά οχήματα, οχήματα κυψελών καυσίμου, κινητήρες εσωτερικής καύσης με υδρογόνο.
3. Οικολογική/ οικονομική οδήγηση με την έννοια της ελαχιστοποίησης της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά επιβάτη και χιλιόμετρο διανυθείσας απόστασης (χρήση μεγάλης σχέσης μετάδοσης που συνδέεται με χαμηλές στροφές κινητήρα και κατά το δυνατόν σταθερή ταχύτητα χωρίς απότομες αυξομειώσεις). Είναι ένας έξυπνος τρόπος οδήγησης ο οποίος συμβάλλει στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, στην μείωση των εκπομπών ρύπων και των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς και στον περιορισμό της ηχορύπανσης και των τροχαίων ατυχημάτων.

Τα οφέλη από την εξοικονόμηση καυσίμων είναι [10]:

- Μείωση του κόστους μεταφοράς, με άμεση συνέπεια στην αύξηση των διαθέσιμων οικονομικών πόρων
- Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και τους εξωγενείς ενεργειακούς πόρους και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου
- Μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και του ρυθμού της κλιματικής αλλαγής
- Μείωση των επικίνδυνων υποπροϊόντων καύσης και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Αύξηση της βιωσιμότητας των ενεργειακών πόρων.

7.3 Κοινωνική αποδοχή ΑΠΕ και ΕΞΕ

Η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας και εφαρμογής συστημάτων ΑΠΕ προβάλλει επιτακτική, αλλά οι στάσεις και οι αντιλήψεις των ανθρώπων αποτελούν παράγοντα κλειδί για την επίτευξη των ενεργειακών στόχων που έχει θέσει η Ελλάδα ως κράτος. Η διερεύνηση του σταδίου αποδοχής διαφόρων τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας και τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από τους πολίτες μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της συμπλήρωσης ερωτηματολογίων [38].

7.3.1 Διερεύνηση κοινωνικών στάσεων σε θέματα ΑΠΕ και ΕΞΕ: Έρευνα I

Η αποδοχή από το κοινό των θεμάτων εξοικονόμησης ενέργειας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας διερευνήθηκε μέσω ερωτηματολογίων που διανεμήθηκαν σε ημερίδες, σε 5 πόλεις της Ελλάδας (το Βόλο, τη Θεσσαλονίκη, τα Γιάννενα, την Κω και τη Σπάρτη) σε άνδρες και γυναίκες διαφόρων κοινωνικών ομάδων. Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου είχαν ως στόχο τη συλλογή πληροφοριών για το βαθμό αποδοχής των τεχνολογιών ΑΠΕ και τεχνικών ΕΞΕ, τα προβλήματα και τις προσδοκίες σχετικά με τη διεύθυνση των ΑΠΕ και της ΕΞΕ σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Οι ερωτήσεις που τέθηκαν στο ερωτηματολόγιο ήταν οι ακόλουθες [38]:

Ερωτηματολόγιο

1. Πιστεύετε ότι οι ΑΠΕ μπορούν να εφαρμοστούν στην πόλη σας; Αν ναι, πιστεύετε ότι μπορείτε να συμβάλετε σε αυτό;
2. Με ποιο τρόπο;
3. Σε ποιους θα απευθυνθείτε;
4. Μπορείτε να εφαρμόσετε τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας και ποιες
 - i. στο νοικοκυριό σας;
 - ii. στην εργασία σας;
 - Ορθολογική χρήση των συσκευών
 - Σωστή λειτουργία του κτιρίου:

Ρύθμιση θερμοστάτη και συστήματος θέρμανσης

Σωστός αερισμός – ηλιασμός (χρήση παραθύρων)

Άλλο (προσδιορίστε)

- Επεμβάσεις ΕΞΕ στο κτίριο (μονώσεις, διπλά τζάμια, κ.ά.)
- Επεμβάσεις στο σύστημα θέρμανσης (μόνωση σωλήνων, ρυθμίσεις, κ.ά.)
- Αντικατάσταση λαμπτήρων
- Αντικατάσταση άλλων συσκευών
- Εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής
- Εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ (π.χ. ηλιακό θερμοσίφωνα) Προσδιορίστε:
- Άλλες (προσδιορίστε)

5. Ποιες κατά τη γνώμη σας είναι οι σημαντικότερες τεχνολογίες ΑΠΕ/ΟΧΕ/ΕΞΕ
(*ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΤΕ ΑΠΟ 0 ΩΣ 5*)

- i. για την πόλη σας;
- ii. για τη χώρα;

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

- Βιοκλιματική αρχιτεκτονική – Παθητικά Ηλιακά συστήματα
- Ενεργητικά Ηλιακά συστήματα μικρής/μεγάλης κλίμακας
- Φωτοβολταϊκά στα κτίρια
- Φωτοβολταϊκά στην πόλη
- Βιομάζα-τηλεθέρμανση
- Αξιοποίηση αστικών απορριμμάτων
- Γεωθερμία για θέρμανση-τηλεθέρμανση
- Συστήματα αιολικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή
- Τεχνολογίες ΑΠΕ στον αγροτικό τομέα
- Ένταξη ΑΠΕ σε πολεοδομικό επίπεδο
- Χρήση ΑΠΕ από τη ΔΕΗ για ηλεκτροδότηση
- Άλλες (προσδιορίστε)

Εξοικονόμηση και ορθολογική χρήση ενέργειας (ΕΞΕ/ΟΧΕ)

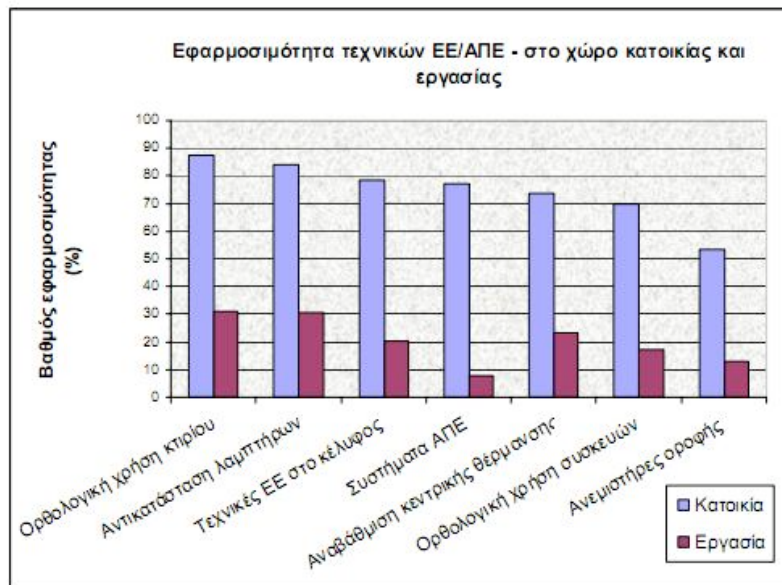
- Επεμβάσεις στα κτίρια για εξοικονόμηση ενέργειας (π.χ. μονώσεις, διπλά τζάμια)
- Επεμβάσεις στις εγκαταστάσεις θέρμανσης /ψύξης
- Ενεργειακή διαχείριση-παρακολούθηση συστημάτων
- Εξοικονόμηση ενέργειας από χρήση αποδοτικών συσκευών
- Εξοικονόμηση από μη τεχνολογικές πηγές – Ορθολογική χρήση συστημάτων

- Εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές
 - Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού
 - Ενεργειακή διαχείριση σε πολεοδομικό επίπεδο
 - Βελτίωση των υποδομών
 - Άλλες (προσδιορίστε)
6. Είναι έτοιμες κατά τη γνώμη σας οι τοπικές κοινωνίες για την εφαρμογή των ΑΠΕ;
(ΣΧΟΛΙΑΣΤΕ)
7. Τι εμπόδια βρίσκετε ότι υπάρχουν για την εφαρμογή των ΑΠΕ;
(ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΤΕ ΑΠΟ 0 ΩΣ 5)
- i. τεχνικά
 - ii. άγνοια του κοινού
 - iii. αδιαφορία του κοινού
 - iv. μη αποδοχή του κοινού
 - v. ανεπαρκής γνώση των ειδικών-τεχνικών
 - vi. κόστος – ανεπαρκής χρηματοδότηση
 - vii. άλλα (προσδιορίστε)
8. Τι δράσεις απαιτούνται για τον περιορισμό τους; (ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΤΕ ΑΠΟ 0 ΩΣ 5)
- i. ενημέρωση του κοινού από τα ΜΜΕ
 - ii. ενημέρωση του κοινού από τον τύπο
 - iii. ένταξη των θεμάτων ΑΠΕ στα σχολεία
 - iv. εκπαίδευση των ειδικών και των τεχνικών
 - v. χρηματοδότηση από την Πολιτεία
 - vi. θέσπιση κανονισμών
 - vii. άλλες (προσδιορίστε)
9. Ποιες κατά τη γνώμη σας δράσεις πρέπει να γίνουν σε τοπικό επίπεδο;
(ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΤΕ ΑΠΟ 0 ΩΣ 5)
- i. ενημέρωση τοπικών αρχών
 - ii. ενημέρωση μαθητών στα σχολεία
 - iii. ενημέρωση επαγγελματικών οργανώσεων
 - iv. άλλες(προσδιορίστε)
10. Πιστεύετε ότι η ΕΞΕ μπορεί να συμβάλει στη βιώσιμη ανάπτυξη και στην εφαρμογή ΑΠΕ και με ποιο τρόπο;
11. Είστε ενημερωμένοι για θέματα ΑΠΕ;
- i. σε σημαντικό βαθμό

- ii. εν μέρει ενήμερος-η
- iii. ελάχιστα ενήμερος-η
- iv. όχι ενήμερος-η

Από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων, το πρώτο συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι οι περισσότεροι άνθρωποι (66.7%) πιστεύουν ότι οι ΑΠΕ μπορούν να εφαρμοστούν στην πόλη τους και σε αυτή την κατεύθυνση θα συνεισφέρουν σημαντικά δράσης διάδοσης και πληροφόρησης του κοινού και σε μικρότερο βαθμό άμεσες δράσεις εφαρμογής. Σημαντικό ρόλο θεωρείται ότι μπορούν να παίξουν οι ειδικοί και οι τοπικές αρχές της κάθε πόλης.

Όσον αφορά τη δυνατότητα διείσδυσης τεχνικών και τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας, θεωρείται ότι είναι εφικτή σε επίπεδο νοικοκυριού σε τριπλάσιο βαθμό απ' ότι στο χώρο εργασίας (Εικόνα 7.1). Αυτή η θεώρηση μπορεί να οφείλεται στη φύση της σχέσης ενός εργαζόμενου με τον εργοδότη, η οποία δεν δίνει πολλά περιθώρια εισαγωγής θεμάτων και διάδοσης νέων ιδεών, εκτός των αυστηρά εργασιακών υποχρεώσεων. Το 70% των ερωτηθέντων θεωρεί ότι μπορούν να εφαρμόσουν τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στην κατοικία τους.



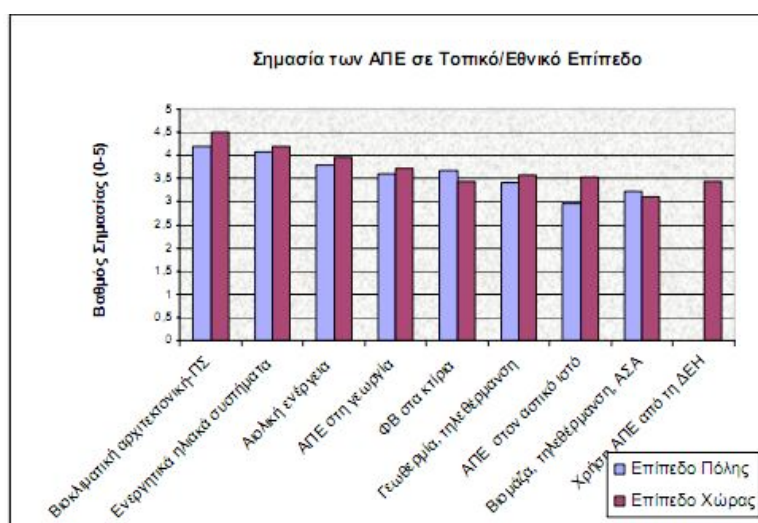
Εικόνα 7.1: Εφαρμοσιμότητα τεχνικών ΑΠΕ και ΕΞΕ.

Οι πιο δημοφιλείς τεχνικές είναι η ορθολογική λειτουργία/χρήση του κτιρίου και η αντικατάσταση λαμπτήρων. Ορισμένες τεχνικές, όπως η εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής, αν και είναι χαμηλού κόστους και ιδιαίτερα αποδοτικές, δεν φαίνεται να έχουν την ίδια αποδοχή και προτιμώνται σε μικρότερο βαθμό απ' ότι πιο ακριβές τεχνολογίες, όπως η εγκατάσταση διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ στα κτίρια. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι το ευρύ κοινό δεν είναι επαρκώς ενημερωμένο σε θέματα κόστους-οφέλους επί μέρους λύσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

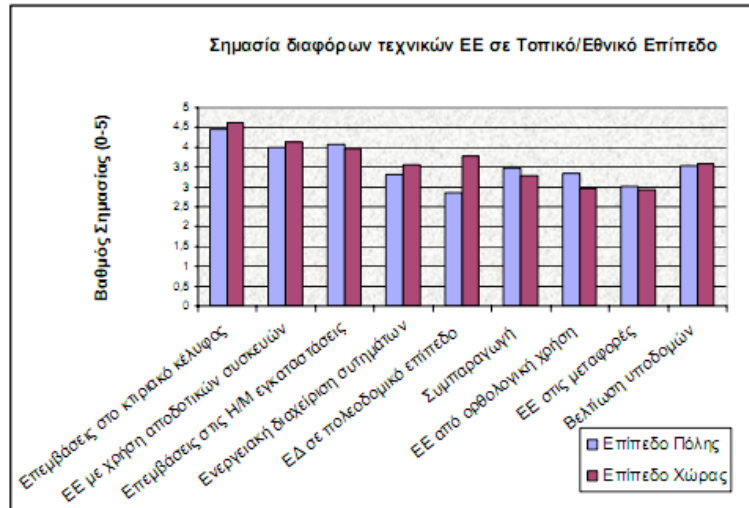
Η διείσδυση των τεχνολογιών και τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας θεωρείται σημαντική σε εθνικό επίπεδο, σε βαθμό ελαφρώς υψηλότερο απ' ότι σε τοπικό επίπεδο (Εικόνα 7.2). Όλες οι τεχνολογίες αξιολογούνται ως σημαντικές, με βαθμό πάνω από 2,5 με άριστα το 5.

Ως σημαντικότερες τεχνολογίες εξοικονόμησης θεωρούνται, με σειρά ιεράρχησης, οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κτιριακό κέλυφος (π.χ. μονώσεις, διπλά τζάμια), η χρήση ενεργειακά αποδοτικών συσκευών και οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στις εγκαταστάσεις θέρμανσης/ψύξης των κτιρίων (Εικόνα 7.3). Επί πλέον, θεωρείται ότι υπάρχει σημαντική ανάγκη βελτίωσης των υποδομών σε εθνικό επίπεδο. Αντίθετα, η τεχνική που παρουσιάζει το χαμηλότερο ενδιαφέρον είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και η χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας στον τομέα των μεταφορών, γεγονός που μπορεί να ερμηνευτεί ως έλλειψη εξοικείωσης του κοινού με τις τεχνολογίες αυτές. Η μεγαλύτερη διαφορά που παρατηρείται ως προς τη σημασία των τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας σε τοπικό και εθνικό επίπεδο αφορά τη διαχείριση της ενέργειας σε πολεοδομικό επίπεδο, η οποία κρίνεται σαφώς πιο σημαντική σε εθνικό επίπεδο. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ότι αντικατοπτρίζει μια γενικότερη τάση του κοινού να έχει περισσότερες προσδοκίες από το κεντρικό κράτος, παρά από την τοπική αυτοδιοίκηση.

Αντίστοιχα, οι τεχνολογίες ΑΠΕ αξιολογούνται ως σημαντικές, με βαθμό πάνω από 3 (με άριστα το 5), ενώ ιεραρχούνται ελαφρώς υψηλότερα σε εθνικό απ' ότι σε τοπικό επίπεδο (Εικόνα 7.3). Και στην περίπτωση των ΑΠΕ η μεγαλύτερη απόκλιση παρατηρείται στην περίπτωση της ένταξης ΑΠΕ σε πολεοδομική κλίμακα, η οποία θεωρείται σημαντικότερη σε εθνικό, παρά σε τοπικό επίπεδο. Ως πιο σημαντικές τεχνολογίες με βαθμό άνω του 4/5 θεωρούνται η βιοκλιματική αρχιτεκτονική και τα παθητικά ηλιακά συστήματα, ακολουθούμενα από τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Τρίτη σε δημοτικότητα τεχνολογία είναι η χρήση Αιολικής Ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή. Τη χαμηλότερη βαθμολογία συγκεντρώνουν η ένταξη ΑΠΕ σε πολεοδομικό επίπεδο και η χρήση βιομάζας/απορριμμάτων για τη τηλεθέρμανση.

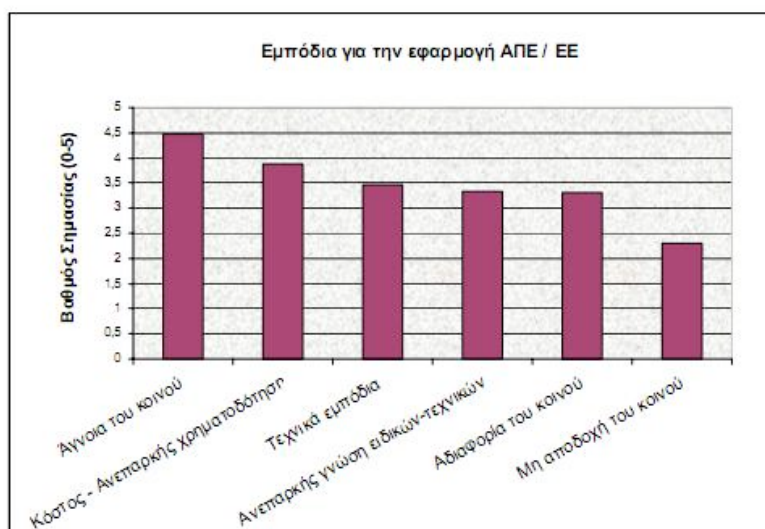


Εικόνα 7.2: Αξιολόγηση τεχνολογιών ΑΠΕ σε τοπικό/ εθνικό επίπεδο.

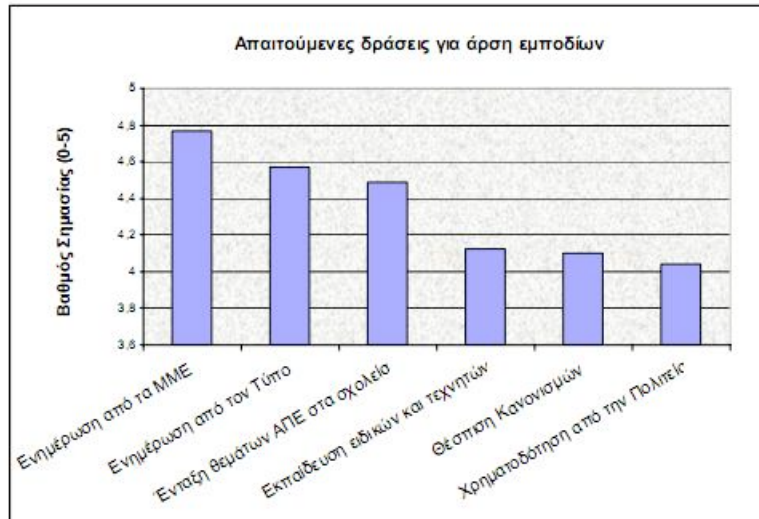


Εικόνα 7.3: Αξιολόγηση τεχνικών ΕΞΕ σε τοπικό/ εθνικό επίπεδο.

Από τα ερωτηματολόγια προκύπτει ότι οι μισοί από τους ερωτηθέντες δεν πιστεύουν ότι οι τοπικές κοινωνίες είναι έτοιμες για την εφαρμογή των ΑΠΕ. Ο κυριότερος λόγος γι' αυτό θεωρείται η έλλειψη ενημέρωσης, ενώ σε μικρότερο βαθμό αναφέρεται η ανεπαρκής χρηματοδότηση. Ως προς τα εμπόδια εφαρμογής (Εικόνα 7.4), τα περισσότερα θεωρούνται μέσης ως υψηλής σημασίας. Σημαντικότερα εμπόδια θεωρούνται η άγνοια του κοινού και το υψηλό κόστος-ανεπαρκής χρηματοδότηση των τεχνολογιών, ενώ η έλλειψη κοινωνικής αποδοχής δεν θεωρείται σημαντικό εμπόδιο. Ως προς τις δράσεις που απαιτούνται για τον περιορισμό των εμποδίων (Εικόνα 7.5), οι περισσότερες θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικές, με βαθμό πάνω από 4/5. Πρώτη εμφανίζεται η ενημέρωση του κοινού από τα ΜΜΕ και ακολουθούν η ενημέρωση μέσω του τύπου, η ένταξη θεμάτων ΑΠΕ στα σχολεία, η εκπαίδευση των ειδικών και των τεχνικών, η θέσπιση κανονισμών και η χρηματοδότηση από την Πολιτεία. Από τις απαντήσεις στα δύο αυτά ερωτήματα, είναι προφανές ότι το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η ενημέρωση του κοινού και ότι απαιτούνται σημαντικές δράσης διάδοσης και πληροφόρησης.



Εικόνα 7.4: Αξιολόγηση εμποδίων.



Εικόνα 7.5: Ιεράρχηση δράσεων.

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα, που προκύπτουν από τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω [38]:

- Γενικά οι άνθρωποι έχουν μια θετική αντιμετώπιση για την εφαρμογή εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΞΕ) και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) σε ατομικό επίπεδο, αλλά θεωρούν ότι δεν έχουν αρκετή πληροφόρηση.
- Σημαντικό εμπόδιο θεωρείται το κόστος των τεχνολογιών και, όπως προκύπτει από τις απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο, υπάρχει ελάχιστη διάκριση μεταξύ τεχνολογιών χαμηλού και υψηλού κόστους στην κοινή γνώμη.
- Οι θεωρούμενες ως πιο σημαντικές εφαρμογές είναι οι τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας και οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κτίρια.
- Ενώ οι περισσότεροι άνθρωποι δηλώνουν ότι είναι διατεθειμένοι να εφαρμόσουν τεχνικές ΕΞΕ και ΑΠΕ στην κατοικία τους, είναι ιδιαίτερα διστακτικοί στο να κάνουν το ίδιο στο χώρο εργασίας τους.
- Φαίνεται ότι ο κόσμος περιμένει αρκετές παρεμβάσεις από το κράτος και παράλληλη ενημέρωση από τα ΜΜΕ, ενώ προσδοκά λιγότερα πράγματα σε επίπεδο συλλογικό ή τοπικό.

7.3.2 Διερεύνηση κοινωνικών στάσεων σε θέματα ΑΠΕ και ΕΞΕ: Έρευνα II

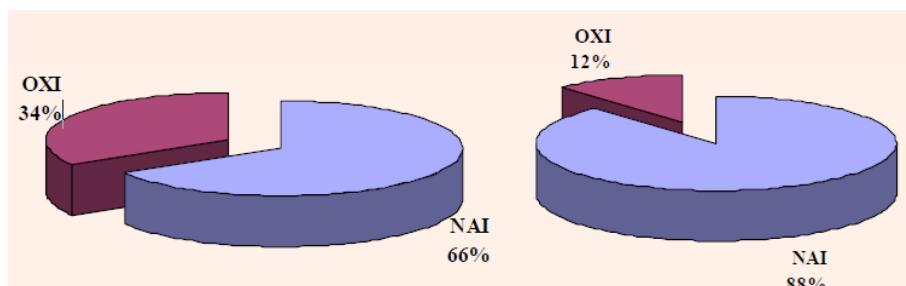
Σε αυτό το σημείο προβάλλονται τα αποτελέσματα δεύτερης έρευνας, η οποία πραγματοποιήθηκε στην πόλη της Ξάνθης με στόχο να διερευνηθεί το κατά πόσο ο απλός πολίτης είναι έτοιμος να δεχτεί και να εφαρμόσει καινοτομίες που έχουν ως στόχο την ενεργειακή εξοικονόμηση [39]. Τα ερωτηματολόγια κάλυψαν τέσσερις κατηγορίες ανθρώπων:

- ✓ απλούς πολίτες,
- ✓ επιχειρήσεις κάθε κατηγορίας,
- ✓ μηχανικούς και κατασκευαστικές εταιρίες και
- ✓ δημόσιες υπηρεσίες

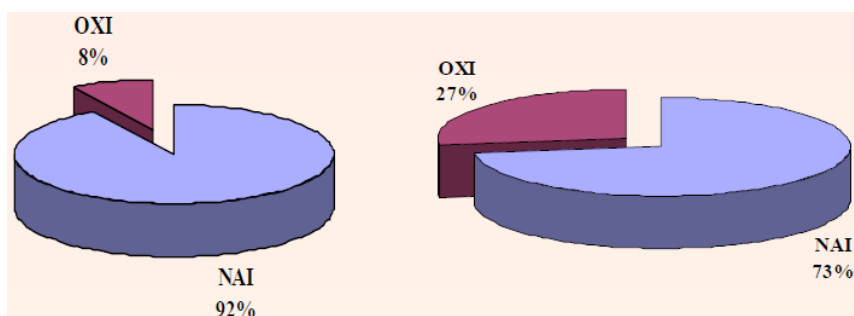
Ένα ερώτημα που ήταν κοινό σε όλους ήταν:

1. Είστε ενήμεροι για τα συστήματα αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στον οικιστικό τομέα;

Από τους απλούς πολίτες: 65 άτομα (ποσοστό 66%) απάντησαν Ναι και 33 άτομα (ποσοστό 34%) απάντησαν Όχι. Από τους μηχανικούς και τις κατασκευαστικές εταιρείες: 23 άτομα (ποσοστό 88%) απάντησαν Ναι και 3 άτομα (ποσοστό 12%) απάντησαν Όχι. Από τις δημόσιες υπηρεσίες: 55 άτομα (ποσοστό 92%) απάντησαν Ναι και 5 άτομα (ποσοστό 8%) απάντησαν Όχι. Από τις επιχειρήσεις: 24 άτομα (ποσοστό 73%) απάντησαν Ναι και 9 άτομα (ποσοστό 27%) απάντησαν Όχι. Οι απαντήσεις που δόθηκαν φαίνονται στις εικόνες 7.6 & 7.7.



Εικόνα 7.6: Απαντήσεις ερωτήματος 1 από απλούς πολίτες και μηχανικούς και κατασκευαστικές εταιρείες.

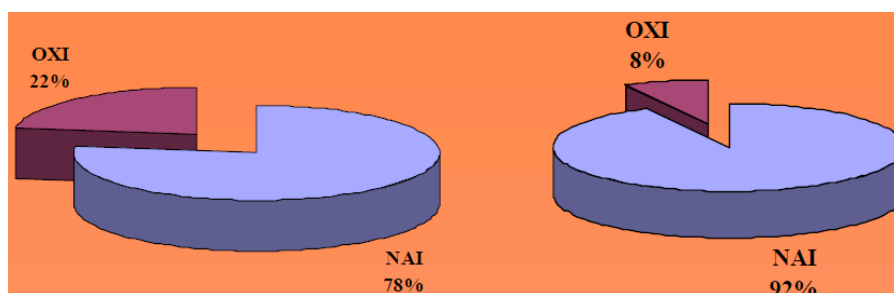


Εικόνα 7.7: Απαντήσεις ερωτήματος 1 από δημόσιες υπηρεσίες και επιχειρήσεις.

Ένα άλλο από τα ερωτήματα που απευθυνόταν σε κατασκευαστικές εταιρίες και μηχανικούς αλλά και σε απλούς πολίτες ήταν:

2. Γνωρίζετε ότι με τη χρήση ΑΠΕ στη δική σας κατοικία μακροπρόθεσμα θα υπάρξουν οικονομικά οφέλη και για εσάς και για το κράτος, καθώς και πολλά περιβαλλοντικά οφέλη;

Από τους απλούς πολίτες: 76 άτομα (ποσοστό 78%) απάντησαν Ναι και 22 άτομα (ποσοστό 22%) απάντησαν Όχι. Από μηχανικούς και κατασκευαστικές εταιρείες 24 άτομα (ποσοστό 92%) απάντησαν Ναι και 2 άτομα (ποσοστό 8%) απάντησαν Όχι. Οι απαντήσεις που δόθηκαν παρουσιάζονται στην εικόνα 7.8.

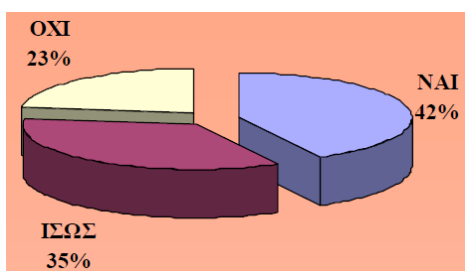


Εικόνα 7.8: Απαντήσεις ερωτήματος 2 από απλούς πολίτες και μηχανικούς και κατασκευαστικές εταιρείες.

Ένα τρίτο ερώτημα το οποίο απευθυνόταν σε μηχανικούς και κατασκευαστικές εταιρίες ήταν:

3. Θα σας ενδιέφερε να εφαρμόζατε ενεργειακό σχεδιασμό στις κατασκευές σας;

Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις που δόθηκαν παρουσιάζονται στην εικόνα 7.9, όπου 11 άτομα (ποσοστό 42%) απάντησαν Ναι, 9 άτομα (ποσοστό 35%) απάντησαν Ίσως και 6 άτομα (ποσοστό 23%) απάντησαν Όχι.



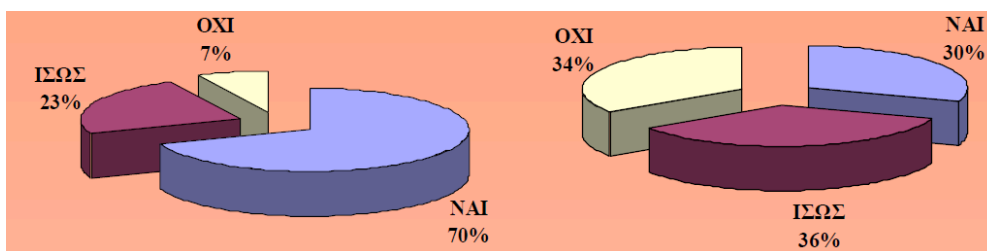
Εικόνα 7.9: Απαντήσεις στο ερώτημα 3.

Τα δύο επόμενα ερωτήματα απευθύνονταν σε πολίτες:

4. Θα δεχόσασταν να αγοράσετε κατοικία με ενσωματωμένα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, που σημαίνει ότι θα εξοικονομείτε χρήματα στους μηνιαίους/ ετήσιους λογαριασμούς σας, ακόμα και αν κόστιζε λίγο περισσότερο από μια συνηθισμένη κατοικία;

5. Ή θα προτιμούσατε στο μέλλον μόνοι σας να τα εγκαταστήσετε τέτοια συστήματα π.χ. ηλιακό συλλέκτη, Φ/Β κλπ.);

Στο ερώτημα 4: 68 άτομα (ποσοστό 70%) απάντησαν Ναι, 23 άτομα (ποσοστό 23%) απάντησαν Ίσως και 7 άτομα (ποσοστό 7%) απάντησαν Όχι. Στο ερώτημα 5: 29 άτομα (ποσοστό 30%) απάντησαν Ναι, 34 άτομα (ποσοστό 36%) απάντησαν Ίσως και 33 άτομα (ποσοστό 34%) απάντησαν Όχι. Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις που δόθηκαν στα ερωτήματα αυτά παρουσιάζονται στην εικόνα 7.10.

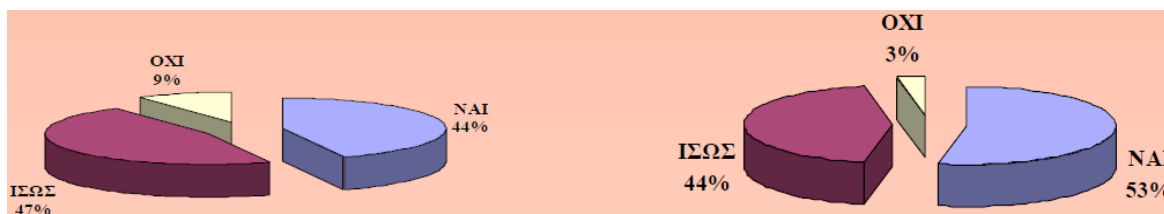


Εικόνα 7.10: Απαντήσεις στα ερωτήματα 4 & 5.

Τα δύο επόμενα ερωτήματα απευθύνονταν σε επιχειρήσεις:

6. Θα σας ενδιέφερε να εμπλακείτε σε έρευνες που θα αποσκοπούν στην εξεύρεση των κατάλληλων συστημάτων για την αξιοποίηση των ΑΠΕ στην επιχείρησή σας;
7. Θα θέλατε να χρησιμοποιηθούν συστήματα αξιοποίησης ΑΠΕ στην επιχείρησή σας;

Στο ερώτημα 6: 14 άτομα (ποσοστό 44%) απάντησαν Ναι, 15 άτομα (ποσοστό 47%) απάντησαν Ίσως και 3 άτομα (ποσοστό 9%) απάντησαν Όχι. Στο ερώτημα 7: 17 άτομα (ποσοστό 53%) απάντησαν Ναι, 14 άτομα (ποσοστό 44%) απάντησαν Ίσως και 1 άτομο (ποσοστό 3%) απάντησε Όχι. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εικόνα 7.11.



Εικόνα 7.11: Απαντήσεις ερωτημάτων 6 & 7.

Τα παρακάτω ερωτήματα απευθύνονταν σε δημόσιες υπηρεσίες:

8. Τι είναι αυτό που σας εμποδίζει να χρηματοδοτήσετε κάποιο πρόγραμμα μελέτης και εφαρμογής συστημάτων αξιοποίησης των ΑΠΕ;
9. Θα θέλατε να χρηματοδοτηθεί ένα πρόγραμμα για μελέτη και εφαρμογή συστημάτων αξιοποίησης ΑΠΕ από την υπηρεσία σας;

Στο ερώτημα 8: 17 άτομα (ποσοστό 29%) απάντησαν Έλλειψη Ενημέρωσης, 1 άτομο (ποσοστό 2%) απάντησαν Έλλειψη Πιέσεων, 18 άτομα (ποσοστό 31%) απάντησαν Έλλειψη Κονδυλίων, 9 άτομα (ποσοστό 16%) απάντησαν Έλλειψη Ενδιαφέροντος και 13 άτομα (ποσοστό 22%) απάντησαν Έλλειψη Εξειδικευμένου Προσωπικού. Στο ερώτημα 9: 24 άτομα (ποσοστό 68%) απάντησαν Ναι, 8 άτομα (ποσοστό 23%) απάντησαν Ίσως και 3 άτομα (ποσοστό 9%) απάντησαν Όχι. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εικόνα 7.12.



Εικόνα 7.12: Απαντήσεις ερωτημάτων 8 & 9.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη έρευνα είναι τα παρακάτω:

Οι πολίτες φαίνονται ενημερωμένοι όσον αφορά την αξιοποίηση των ΑΠΕ στον οικιστικό τομέα. Ένα σημαντικό στοιχείο είναι ότι φαίνεται να είναι αρκετά έτοιμοι να υιοθετήσουν καινοτομίες στη ζωή τους όσον αφορά τα συστήματα αξιοποίησης των ΑΠΕ και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Όσον αφορά τους μηχανικούς, είναι ενημερωμένοι για τα συστήματα αξιοποίησης των ΑΠΕ στον οικιστικό τομέα, και γνωρίζουν πολύ καλά και το γεγονός ότι μέσω του ενεργειακού σχεδιασμού τα οφέλη θα είναι πολλά. Ένα όμως σημαντικό στοιχείο είναι ότι δυστυχώς δεν φαίνεται να είναι έτοιμοι να εφαρμόσουν τις αρχές του περιβαλλοντικού σχεδιασμού στις κατασκευές τους. Τα άτομα που εργάζονται σε ιδιωτικές επιχειρήσεις, φαίνεται να έχουν γνώσεις αναφορικά με την αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς επίσης και ότι διατίθενται να χρησιμοποιήσουν συστήματα αξιοποίησης ΑΠΕ για τη λειτουργία των επιχειρήσεων, αλλά και να εμπλακούν και σε έρευνες για την εύρεση των βέλτιστων αυτών συστημάτων.

Τέλος, οι δημόσιοι υπάλληλοι, γνωρίζουν καλά ότι υπάρχει η δυνατότητα αντικατάστασης των συμβατικών πηγών ενέργειας με τις ΑΠΕ, φαίνεται να γνωρίζουν ποιες είναι αυτές, καθώς επίσης προκύπτει και ότι θα ήθελαν να εξελιχθούν τα συστήματα αξιοποίησης των ΑΠΕ μέσω προγραμμάτων για μελέτη και εφαρμογή τους. Αναφέρουν όμως ότι οι Υπηρεσίες στις οποίες εργάζονται δεν έχουν κάνει κάποιες ενέργειες προς την κατεύθυνση αυτή.

Ως σημαντικότερο μέτρο για τη βελτίωση των γνώσεων και την αύξηση του ενδιαφέροντος προς όλες τις κατευθύνσεις αναφορικά με την αξιοποίηση των ΑΠΕ και την εξοικονόμηση ενέργειας, κρίνεται μια μεγάλη καμπάνια ενημέρωσης. Επίσης η διάθεση κονδυλίων, η παροχή κινήτρων σε επιχειρήσεις και ιδιώτες και η χρηματοδότηση τους για την αγορά συστημάτων εκμετάλλευσης ΑΠΕ φαίνεται να αποτελεί μια κινητήρια δύναμη για την εξάπλωση των συστημάτων αξιοποίησης των ΑΠΕ [39].

7.4 Συμπεράσματα

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) είναι αναγκαία για την αντιμετώπιση του παγκόσμιου ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος. Στην κατεύθυνση αυτή είναι καθοριστικής σημασίας η κάλυψη από ΑΠΕ του 20% των ενεργειακών αναγκών των ευρωπαϊκών χωρών για το 2020. Η χρήση και η διείσδυσή τους δεν έχει φτάσει ακόμα στο αναμενόμενο επίπεδο. Στην Ελλάδα υπάρχει η δυνατότητα σημαντικής αξιοποίησης των ΑΠΕ, καθώς έχει μεγάλη ηλιοφάνεια, υπάρχει το κατάλληλο αιολικό δυναμικό, ιδιαίτερα στα νησιά, υπάρχει αξιοποιήσιμο υδάτινο δυναμικό στις ορεινές περιοχές, υπάρχουν

σημαντικές ποσότητες βιομάζας σε όλη την επικράτεια που δεν αξιοποιούνται συστηματικά, και αρκετός αριθμός γεωθερμικών πεδίων των οποίων η ενεργειακή εκμετάλλευση δεν είναι αντιστοιχη της δυναμικότητάς τους. Η χώρα μας καλείται να ξεπεράσει τα εμπόδια που καθυστερούν την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να εκμεταλλευθεί το πλούσιο δυναμικό που της προσφέρουν οι ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες. Κάποια μέτρα για την επίτευξη του στόχου 20% είναι τα ακόλουθα:

- Προώθηση και ενίσχυση των υβριδικών συστημάτων στα νησιά, που θα οδηγήσει στην αυξημένη διείσδυση ΑΠΕ σε περιοχές με πλούσιο αιολικό δυναμικό το οποίο δεν αξιοποιείται σήμερα.
- Προοπτική ανάπτυξης της αγοράς φωτοβολταϊκών μέσω εξεταζόμενων ρυθμίσεων ενίσχυσης.
- Εισαγωγή της δυνατότητας χρήσης της παράκτιας ζώνης και της θάλασσας για εγκατάσταση ΑΠΕ ώστε να είναι εφικτή η δημιουργία θαλάσσιων αιολικών πάρκων

Ως προς τα νέα κτίρια, ο στόχος για το 2020 είναι να επιτυγχάνουν μηδενισμό των εκπομπών CO₂ σε σχέση με τη χρήση συμβατικών ενεργειακών πηγών. Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί την κύρια μορφή ΑΠΕ, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί πολύ αρμονικά στα περισσότερα κτίρια. Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων πρέπει κατά περίπτωση να χρησιμοποιηθούν και οι άλλες μορφές ΑΠΕ (μικρές ανεμογεννήτριες, γεωθερμική αντλία θερμότητας, βιομάζα, βιοκαύσιμα). Για την ουσιαστική συμβολή των ενεργειακών αυτών πηγών στα κτίρια είναι απαραίτητη η χρήση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, ώστε να περιοριστεί στο ελάχιστο η ανάγκη των κτιρίων για πρόσθετη ενέργεια θέρμανσης, δροσισμού και φωτισμού.

Η Ελλάδα αν εκμεταλλευτεί το πλούσιο δυναμικό της σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τότε σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 85% έως το 2050 συμβάλλοντας έτσι στην καταπολέμηση των κλιματικών αλλαγών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΕΣ

- [1] Κέντρο ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας, <http://www.cres.gr/kape/>
- [2] Αικατερίνη Πολυχρονιάδου, Τεχνικό-οικονομική μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων στα κτίρια του Ξενία, Μυτιλήνη, 2004.
- [3] <http://www.greenaim.gr/latestnews/70-ape-ellada>
- [4] <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/introduction/contents.htm>
- [5] <http://www.allaboutenergy.gr>
- [6] Ρυθμιστική αρχή ενέργειας, <http://www.rae.gr>
- [7] Εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ στην Ελλάδα, <http://www.3comma14.gr/pi/?survey=9811>
- [8] Μαρία Λοϊζίδου-Μαλαμή, Ενεργειακές προοπτικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής.
- [9] Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, <http://www.investingreece.gov.gr/default.asp?pid=38&la=2>
- [10] Υπουργείο περιβάλλοντος, ενέργειας και κλιματικής αλλαγής, <http://www.ypeka.gr>
- [11] Βασίλης Κασιμάτης, Σχεδιασμός, κατασκευή και δοκιμαστική λειτουργία ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα, Χανιά, 2003.
- [12] Αικατερίνη Γκίκα, Μοντελοποίηση ηλεκτρονικών μετατροπέων ευρέως χρησιμοποιούμενων σε ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών, Αθήνα, 2008.
- [13] Μάριος-Χαρίλαος Σουσούνης, Συμβολή στον έλεγχο ανεμογεννητριών μόνιμων μαγνητών με τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, Αθήνα, 2011.
- [14] <http://www.wind-power-generators.org/classificazione-delle-turbine/el>
- [15] Μικρές ανεμογεννήτριες, εφαρμογές στον οικιακό τομέα, <http://s280065358.onlinehome.us/CEA%20Greek/TOPICS/Renewable%20Energy/Small%20Wind%20Turbines%20for%20households%20-%20CEA.pdf>
- [16] Δημήτριος Τόλης, Πιθανοτική πρόβλεψη της αιολικής ισχύος κοντά στο όριο αποκοπής της ταχύτητας του ανέμου, Αθήνα, 2011.
- [17] <http://aix.meng.auth.gr/lhtee/index.html>
- [18] Ε. Καπανταϊδάκη, Θ. Τσούτσος, Ανάλυση κύκλου ζωής αιολικών συστημάτων στο ελληνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, Χανιά, 2006.
- [19] <http://www.eunice-group.com>
- [20] <http://www.agroenergy.gr/greek/>
- [21] Β. Παπαδιάς, Κ. Βουρνάς, Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και έλεγχος συχνότητας και τάσεως, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 1991.
- [22] Πράσινη Ενέργεια - Βιώσιμη Ανάπτυξη - Περιβάλλον, http://bioenergynews.blogspot.com/search/label/Ανανεώσιμη_Ενέργεια

- [23] Α. Δημητρακοπούλου, Οι ΑΠΕ και τα περιβαλλοντικά προγράμματα στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, Πάτρα, 2010.
- [24] Κωνσταντίνος Κουτελιδάκης, Εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε στρατόπεδο, Αθήνα, 2010.
- [25] Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών, <http://www.helapco.gr/>
- [26] Ελένη Κανατσούλη, Εφαρμογές τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε χώρες της Μεσογείου με έμφαση στην ηλιακή ενέργεια, Αθήνα, 2010.
- [27] <http://www.sunshine-energy.gr>
- [28] Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, <http://www.endergy.gr/?c=technology&l=gr>
- [29] Δ. Μπούρης, Εισαγωγή στα Φωτοβολταϊκά Συστήματα - Ηλιακή τεχνική και φωτοβολταϊκά συστήματα.
- [30] Θεόδωρος Μακρής, Συνδυασμένη χρήση ηλιακής και αιολικής ενέργειας για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών των κτιρίων, Πάτρα, 2010.
- [31] Υπουργείο ανάπτυξης, <http://www.ypan.gr>
- [32] Ευάγγελος Βρεττός, Ενεργειακή προσομοίωση και βέλτιστη διαστασιολόγηση υβριδικού συστήματος ΑΠΕ – συσσωρευτών – υδρογόνου, Αθήνα, 2010.
- [33] Αγγελική Σαγάνη, Η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας – Μέθοδοι αποθήκευσης και εφαρμογές, Αθήνα, 2009.
- [34] Γιάννης Χατζηβασιλειάδης, Τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα νησιωτικά συστήματα, Ρόδος, 2009, http://library.tee.gr/digital/m2385/m2385_hatzivasilidis.pdf
- [35] Π. Κάπρος, Οικονομική ανάλυση επιχειρήσεων.
- [36] Λόγος οφέλους - κόστους, <http://www.logistics.tuc.gr/contents/Lessons/TechnOik/K8.pdf>
- [37] Μαρία Μηλιάδη, Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με φυτεμένη οροφή, Αθήνα, 2010.
- [38] Ε. Τζανακάκη, Δ. Μαυρογιώργος, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εξοικονόμηση ενέργειας: η αποδοχή του κοινού, Heleco 2005, Αθήνα, http://library.tee.gr/digital/m2045/m2045_tzanakaki.pdf
- [39] Πάνος Κοσμόπουλος, Θεοδώρα Ιωάννου, Διερεύνηση κοινωνικών στάσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας, Ξάνθη, 2005, http://library.tee.gr/digital/m2045/m2045_kosmopoulos3.pdf