



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
Τ. Ε. Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**

**ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

*Επιβλέπων: ΠΕΤΡΟΣ Γ. ΒΕΡΝΑΔΟΣ, Ομότιμος Καθηγητής*

*Συνεπιβλέπουσα: ΕΡΙΕΤΤΑ Ι. ΖΟΥΝΤΟΥΡΙΑΔΟΥ, Εργ. Συνεργάτης*

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΛΥΨΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΝΗΣΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



**Τσολάκης Ε. Χρήστος (Α.Μ. 36787)  
Χρυσοβιτσιώτη Χ. Σοφία (Α.Μ. 37448)**

**ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2014**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η αναλυτική περιγραφή κάποιων εκ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (αιολική και ηλιακή) 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 συγκεκριμένα στη νήσο Κάρπαθο και αναδεικνύεται η ανάγκη να διεισδύσουν περισσότερο αυτές οι τεχνολογίες στην χώρα μας. Στη συνέχεια, επιχειρείται ο προσδιορισμός του ανανεώσιμου ενεργειακού δυναμικού της Καρπάθου, το οποίο συνίσταται από το αιολικό και φωτοβολταϊκό δυναμικό. Με βάση το ανανεώσιμο ενεργειακό δυναμικό και τις ενεργειακές ανάγκες εξετάζεται κατά πόσο είναι δυνατή η κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων (έως του επιτρεπτού ορίου) με την εγκατάσταση και αξιοποίηση αιολικού και φωτοβολταϊκού πάρκου. Τέλος εμπεριέχεται μια οικονομική μελέτη η οποία αναλύει το κόστος εγκατάστασης και την απόδοση των δύο αυτών πάρκων.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Καθηγητή κ.Βερνάδο Πέτρο και την Καθηγήτρια κ.*Εριέττα Ζουντουρίδου* για την εμπιστοσύνη που έδειξαν στο πρόσωπό μας, καθώς και για την δυνατότητα που μας έδωσαν να παρουσιάσουμε ένα τόσο ενδιαφέρον αντικείμενο. Επίσης για την υπομονή και την κατανόηση που έδειξαν σε όλη την πορεία πραγματοποίησης της πτυχιακής από πλευράς μας.

Τέλος οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας ,οι οποίες στήριξαν τις σπουδές μας με διάφορους τρόπους φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μας.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>5</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>7</b>
2.1 Μορφές των ΑΠΕ .....	8
2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ .....	9
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....</b>	<b>11</b>
3.1 Εισαγωγή .....	12
3.2 Άνεμος .....	13
3.3 Τύποι ανεμογεννητριών .....	14
3.3.1 Ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα .....	16
3.3.2 Ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα .....	18
3.4 Αιολικά πάρκα .....	18
3.5 Μύθοι και Αλήθειες για τις Ανεμογεννήτριες .....	22
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....</b>	<b>23</b>
4.1 Εισαγωγή .....	24
4.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα .....	25
4.2.1 Αρχές λειτουργίας.....	26
4.2.2 Κατηγορίες Παθητικών συστημάτων .....	31
4.3 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.....	34
4.3.1 Επίπεδοι Ηλιακοί Συλλέκτες .....	34
4.3.2 Συγκεντρωτικοί Ηλιακοί Συλλέκτες .....	36
4.4 Φωτοβολταϊκά Συστήματα .....	38
4.4.1 Τα χαρακτηριστικά των Φ/Β Συστημάτων .....	40
4.4.2 Κατηγορίες Φ/Β Συστημάτων.....	42
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΚΑΡΠΑΘΟΣ.....</b>	<b>44</b>
5.1 Εισαγωγή .....	45
5.2 Παραγωγή και Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	48
5.3 ΑΣΠ Καρπάθου .....	49
5.4 Ανεμογεννήτριες στην Κάρπαθο .....	50
5.5 Φωτοβολταϊκά στην Κάρπαθο.....	52
5.6 Εξέλιξη της ζήτησης φορτίου .....	54
5.7 Συμμετοχή ΑΠΕ στο δίκτυο .....	57
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ.....</b>	<b>58</b>
6.1 Ανεμογεννήτριες.....	58
6.2 Επιλεγμένο μοντέλο Α/Γ .....	60
6.3 Επιλεγμένη τοποθεσία Α/Π .....	64
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ .....</b>	<b>65</b>
7.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των Φ/Β .....	65
7.2 Επιλεγμένο μοντέλο Φ/Β γεννήτριας και inverter .....	67
7.3 Επιλεγμένη τοποθεσία Φ/Π .....	73
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ .....</b>	<b>74</b>
8.1 Ανάλυση κόστους εγκατάστασης Α/Π .....	74
8.2 Ανάλυση κόστους εγκατάστασης Φ/Π .....	77
8.3 Υπολογισμός απόδοσης και κέρδους Α/Π.....	79
8.4 Υπολογισμός απόδοσης και κέρδους Φ/Π.....	81
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>83</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια είναι συνυφασμένη με την ύπαρξη της ζωής στη γη. Τα έμβια όντα χρειάζονται ενέργεια για να διατηρηθούν στη ζωή. Την ενέργεια την προσλαμβάνουν είτε απ' ευθείας από τον Ήλιο είτε μέσω της τροφής. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται για παράδειγμα τα φυτά. Προσλαμβάνουν την απαραίτητη ενέργεια από τον Ήλιο, μέσω φωτοσυνθέσεως. Οι οργανισμοί που ανήκουν στην κατηγορία αυτή ονομάζονται αυτότροφοι. Οι οργανισμοί που ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία ονομάζονται ετερότροφοι, γιατί προσλαμβάνουν την ενέργεια που χρειάζεται για να ζήσουν, τρεφόμενοι με αυτότροφους οργανισμούς, ή και με άλλους ετερότροφους. Οι αυτότροφοι οργανισμοί προσλαμβάνουν ενέργεια με βραδείς ρυθμούς μέσω της φωτοσυνθέσεως έως ότου ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους. Μετά τον θάνατό τους, το κύριο συστατικό τους, ο άνθρακας αποτίθεται στο έδαφος. Έτσι, με την πάροδο των χιλιετιών δημιουργήθηκαν τα ορυκτά κοιτάσματα ενέργειας του άνθρακα και του πετρελαίου.

Από όλους τους εξελιχθέντες ετερότροφους οργανισμούς μόνο ο άνθρωπος απέκτησε την ικανότητα της εξωσωματικής κατανάλωσης ενέργειας, να καταναλώνει δηλαδή ενέργεια για άλλους λόγους εκτός από εκείνον της διατροφής. Οι υπόλοιποι ετερότροφοι οργανισμοί καταναλώνουν ενέργεια μόνο ως τροφή.

Ο Homo Erectus κατανάλωσε πρώτος εξωσωματικά ενέργεια ανακαλύπτοντας και χρησιμοποιώντας τη φωτιά, πριν από τετρακόσιες χιλιάδες χρόνια περίπου. Η ανακάλυψη αυτή απετέλεσε την πρώτη τεχνολογική επανάσταση που επέτρεψε στον άνθρωπο να μετακινηθεί προς ψυχρότερα κλίματα, μια και μπορούσε πια να ζεσταθεί. Ο άνθρωπος άρχισε να τρέφεται καλύτερα μαγειρεύοντας την τροφή του. Ανέπτυξε τεχνολογία, χάρις στη φωτιά αναπτύχθηκε η μεταλλουργία, η οποία του παρείχε εργαλεία και όπλα. Η εξωσωματική κατανάλωση ενέργειας είχε επίσης σαν αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση του πληθυσμού της Γης, ο οποίος σήμερα αριθμεί περί τα εφτά δισεκατομμύρια.

Η πληθυσμιακή αύξηση σε συνδυασμό με την προσπάθεια του ανθρώπου να βελτιώσει το βιοτικό του επίπεδο έχει σαν αποτέλεσμα να καταναλώνονται με ταχείς ρυθμούς τεράστια αποθέματα ενέργειας, για τη δημιουργία των οποίων απαιτήθηκε να περάσουν χιλιάδες χρόνια. Σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από ορυκτά καύσιμα, τα οποία καταναλώνονται εκατό χιλιάδες φορές ταχύτερα από τον χρόνο που απαιτείται για να ξαναδημιουργηθούν. Άρα τα ενεργειακά αποθέματα είναι πεπερασμένα. Δεν είναι γνωστό πότε θα εξαντληθούν, ο χρονικός ορίζοντας μετακινείται συναρτήσει διαφόρων παραμέτρων τεχνικών και οικονομικών, η εξάντληση όμως είναι βεβαία.

Η εξοικονόμηση ενέργειας ή η ορθολογική χρήση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί χωρίς να μειώσουμε το βιοτικό μας επίπεδο. Οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας είναι σημαντικές σε όλους τους τομείς, όπως στις μεταφορές, τη γεωργία, τη βιομηχανία, στα κτίρια του οικιακού ή τριτογενή τομέα, στον ενεργειακό τομέα (π.χ. στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής) κ.λπ. Εκμεταλλευόμενοι νέα συστήματα υψηλής τεχνολογίας βελτιωμένων αποδόσεων, τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), τον καλύτερο σχεδιασμό συστημάτων, τους αυτοματισμούς κ.λπ.,

μπορούμε να πετύχουμε και τους δύο στόχους, δηλαδή μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων με ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος.

Οι ήπιες μορφές ενέργειας και η εξοικονόμηση (ορθολογική χρήση) ενέργειας, αποτελούν τις πιο ρεαλιστικές λύσεις στα ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα. Οι τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας που χαρακτηρίζονται σαν ήπιες μορφές περιλαμβάνουν την:

- Ηλιακή ενέργεια (έμμεση ή άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας),
- Αιολική ενέργεια (εκμετάλλευση του ανέμου),
- Γεωθερμική ενέργεια (εκμετάλλευση του γεωθερμικού πεδίου),
- Βιομάζα (εκμετάλλευση γεωργικών ζωικών, δασικών υπολειμμάτων, αστικών λυμάτων),
- Μικρά Υδροηλεκτρικά (εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων),
- Θαλάσσια ενέργεια (εκμετάλλευση της κίνησης των κυμάτων και ρευμάτων της θάλασσας).

Η ονομασία των τεχνολογιών αυτών ως ήπιες, γίνεται γιατί η χρησιμοποίησή τους δεν επιβαρύνει το περιβάλλον όπως συμβαίνει με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα. Οι τεχνολογίες αυτές αναφέρονται επίσης και ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Η ονομασία αυτή αποδίδει στις τεχνολογίες των ήπιων μορφών ενέργειας το βασικό τους χαρακτηριστικό που είναι η διαχρονική τους ανανέωση και διαθεσιμότητα, χωρίς όρια αποθεμάτων, εφόσον είναι άμεσα συνδεδεμένες με την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη και τα φυσικά φαινόμενα. Οι τεχνολογίες αυτές είναι επίσης γνωστές και σαν Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας. Η ονομασία αυτή χρησιμοποιείται μια και οι τεχνολογίες που προαναφέραμε, σε διαφορετικό βαθμό η κάθε μία, αποτελούν ακόμη και σήμερα εναλλακτικές λύσεις για την παραγωγή ενέργειας αντί της χρησιμοποίησης των συμβατικών καυσίμων και τρόπων παραγωγής ενέργειας.

Οι ΗΜΕ προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα αλλά παράλληλα χαρακτηρίζονται και από κάποια προβλήματα. Τα βασικότερα πλεονεκτήματα τους είναι το ότι:

- συμβάλλουν στην αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος,
- δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον,
- συμβάλλουν στην εξοικονόμηση συναλλάγματος μειώνοντας τις εισαγωγές ενέργειας από άλλες χώρες, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας,
- μπορούν να εφαρμοσθούν σχετικά εύκολα σε απομακρυσμένες περιοχές.

Η Ελλάδα, που διαθέτει μεγάλο αριθμό ωρών ηλιοφάνειας όλο τον χρόνο αλλά και υψηλή ένταση ηλιακής ακτινοβολίας, σημαντικό αιολικό δυναμικό αποτελεί μια ιδιαίτερα ευνοημένη περιοχή για την εφαρμογή των Ήπιων Μορφών Ενέργειας. Ευνοείται ακόμη η ανάπτυξη τους λόγω του μεγάλου αριθμού απομονωμένων περιοχών και μικρών κοινοτήτων (νησιά και ορεινά μέρη).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων (κατοικιών και γραφείων), τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Με την πρόοδο της οικονομίας και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται ολοένα. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο η βενζίνη και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αργά η γρήγορα θα εξαντληθούν. Η παραγωγή και χρήση της ενέργειας που προέρχεται από αυτές τις πηγές δημιουργούν μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα με αιχμή τους, το γνωστό σε όλους μας, φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον και είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή χρήση του 1979 και παγιώθηκε την επόμενη δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μία σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η αξιοποίησή τους δεν το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές. Έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων. Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών.

## 2.1 Μορφές των ΑΠΕ

- **Αιολική Ενέργεια:** Η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια ή / και σε ηλεκτρική ενέργεια.
- **Υδροηλεκτρική Ενέργεια:** Τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα (μέχρι 10 MW ισχύος) αξιοποιούν τις υδατοπτώσεις, με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και το μετασχηματισμό της σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια.
- **Βιομάζα:** είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης.
- **Ηλιακή Ενέργεια**, η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα:
  - *Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα:* μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.
  - *Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα:* αφορούν 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.
- **Γεωθερμική Ενέργεια:** 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.
- **Υδρογόνο:** Το υδρογόνο αποτελεί το 90% του σύμπαντος και θα αποτελέσει ένα νέο καύσιμο που θα χρησιμοποιούμε στο μέλλον.
- **Ενέργεια από τη θάλασσα**, η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα:
  - *Ενέργεια από παλίρροιες:* Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού.
  - *Ενέργεια από κύματα:* Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.
  - *Ενέργεια από τους ωκεανούς:* Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας.

Όπως βλέπουμε υπάρχουν πολλές μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, στην παρούσα εργασία όμως θα ασχοληθούμε μόνο με την Αιολική και Ηλιακή Ενέργεια.



## 2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ, είναι τα εξής:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- Απαντούν στο ενεργειακό πρόβλημα για τη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγούν σε ελάττωση εκπομπών από άλλους ρυπαντές π.χ. οξείδια θείου και αζώτου που προκαλούν την όξινη βροχή.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- 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).
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).

Το ενεργειακό πρόβλημα δεν λύνεται πλήρως με την εφαρμογή ΑΠΕ, μιας και οι σχετικές τεχνολογίες έχουν και κάποια μειονεκτήματα κατά την εφαρμογή τους. Παρ'όλα αυτά η έρευνα συνεχίζεται και η βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων είναι διαρκής.

Τα βασικότερα μειονεκτήματα που αφορούν την εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας περιλαμβάνουν:

- Το σχετικά μεγάλο κόστος (η αρχική επένδυση σε μερικές εφαρμογές είναι υψηλή αν και με την συνεχιζόμενη έρευνα σε αυτούς τους τομείς, την τυποποίηση παραγωγής συστημάτων και την αύξηση της απόδοσης τους, τελικά το κόστος τους γίνεται όλο και περισσότερο ανταγωνιστικό ιδιαίτερα αν συμπεριλάβουμε και το έμμεσο κόστος των συμβατικών πηγών ενέργειας),
- Την εξάρτηση από φυσικά φαινόμενα τα οποία έχουν σαν αποτέλεσμα το ενεργειακό δυναμικό των ΑΠΕ να μεταβάλλεται χρονικά. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται ικανοποιητικά με την αποθήκευση ενέργειας, τις χαμηλές αποδόσεις (τα περισσότερα συστήματα που εκμεταλλεύονται τις ήπιες μορφές ενέργειας, είναι νέα τεχνολογίας και συνεπώς χαμηλών αποδόσεων, αλλά συνεχή έρευνα πάνω σε αυτούς τους τομείς τα συστήματα αυτά γίνονται αποδοτικότερα).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



### 3.1 Εισαγωγή

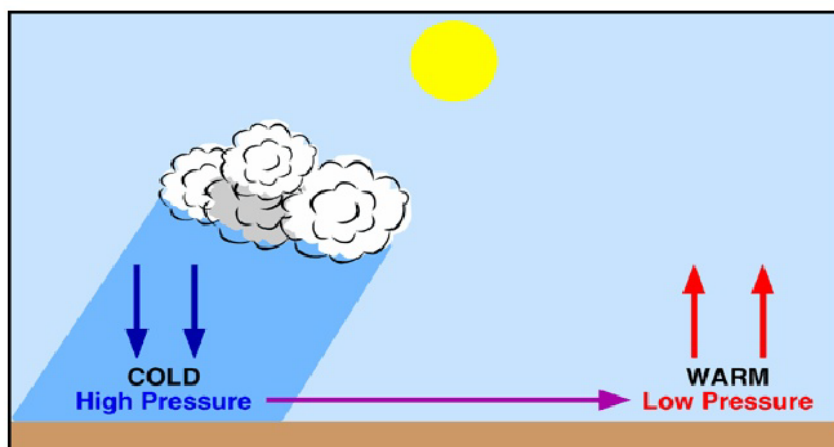
Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα που μετακινούνται με ταχύτητα από μία περιοχή σε κάποια άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που, με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Ο εγκλωβισμός, κατά τον Όμηρο, των ανέμων στον ασκό του Αιόλου δείχνει ακριβώς την ανάγκη των ανθρώπων να διαθέτουν τους ανέμους στον τόπο και χρόνο που οι ίδιοι θα ήθελαν. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ η χρήση του ανεμόμυλου ως κινητήριας μηχανής εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Είναι η εποχή που εξαπλώνονται ραγδαία τα συμβατικά καύσιμα και ο ηλεκτρισμός, ο οποίος φτάνει ως τα πιο απομακρυσμένα σημεία. Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 70, φέρνει ξανά στο προσκήνιο τις ΑΠΕ και την αιολική ενέργεια. Στο διάστημα μέχρι σήμερα, σημειώνεται μια αλματώδης ανάπτυξη, κάτι που ενισχύεται και από την επιτακτική ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος. Γίνεται πλέον συνείδηση σε όλο και περισσότερο κόσμο, πως ο άνεμος είναι μια καθαρή ανεξάντλητη πηγή ενέργειας.

Η σημαντικότερη οικονομικά εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας. Στην περίπτωση αυτή, ένα αιολικό πάρκο, δηλαδή μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μία περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύει το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό σύστημα. Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα οι ανεμογεννήτριες να λειτουργούν αυτόνομα, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται, μηχανικής ενέργειας για χρήση σε αντλιοστάσια, καθώς και θερμότητας. Όμως, η ισχύς που παράγεται σε εφαρμογές αυτού του είδους είναι περιορισμένη, το ίδιο και η οικονομική τους σημασία (1)

### 3.2 Άνεμος

Όταν ο αέρας θερμαίνεται, μειώνεται η πυκνότητά του και ανέρχεται στα ψηλότερα στρώματα. Δημιουργείται έτσι στην περιοχή χαμηλό βαρομετρικό (Low). Ψυχρότερος και πυκνότερος αέρας που δημιουργεί περιοχή υψηλού βαρομετρικού (High) κινείται κάτω από τον ανερχόμενο θερμό αέρα (σχήμα 3.1). Έτσι, ο αέρας κινείται από περιοχή με υψηλό βαρομετρικό σε περιοχή με χαμηλό βαρομετρικό.



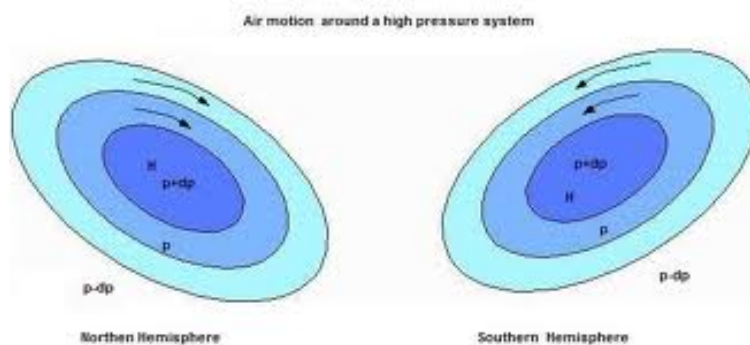
Σχήμα: 3.1

Ο άνεμος προσδιορίζεται από δύο στοιχεία, τη διεύθυνση (direction) και την ένταση (speed), δηλαδή την ταχύτητα με την οποία κινείται η αέρια μάζα. Ως διεύθυνση ορίζεται το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος.

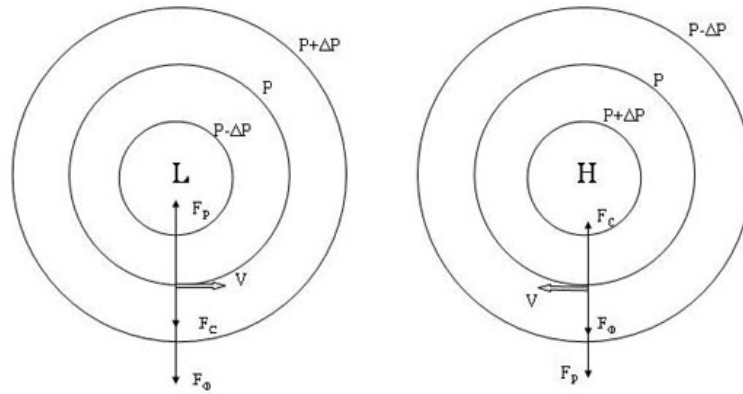
Υπάρχουν οι τοπικοί άνεμοι και οι άνεμοι παγκόσμιας κλίμακας. Οι τοπικοί άνεμοι μπορούν να πνέουν από οποιαδήποτε διεύθυνση και καλύπτουν συνήθως μικρές αποστάσεις. Οι παγκόσμιοι άνεμοι πνέουν από σταθερές διευθύνσεις και καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις. Και οι δυο τύποι ανέμων δημιουργούνται από την θέρμανση της ατμόσφαιρας. (2)

Οι μεγάλοι κύριοι τύποι ανέμου είναι:

- ο γεωστροφικός άνεμος (Σχήμα 3.3) και
- ο βαροβαθμίδας άνεμος (Σχήμα 3.4)



Σχήμα 3.3: Γεωστροφικός άνεμος



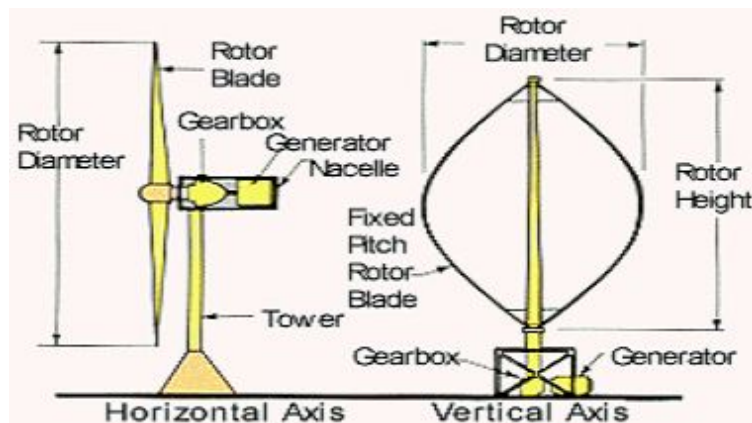
Σχήμα 3.4 Άνεμος βαροβαθμίδας σε κέντρο χαμηλών πιέσεων (αριστερά) και υψηλών πιέσεων (δεξιά).

### 3.3 Τύποι ανεμογεννητριών

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιεί την ενέργεια του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα σύστημα αιολικής ενέργειας μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ή ηλεκτρική με χρήσεις σε μια πληθώρα εφαρμογών, όπως φόρτιση μπαταριών, άντληση νερού σε απομακρυσμένες περιοχές ή ως υβριδικό σύστημα παροχής ηλεκτρισμού σε απομακρυσμένα νησιά ή χωριά χωρίς παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. (3)

Τα συστήματα αιολικής ενέργειας γενικά μπορούν να διαχωριστούν σε δύο τύπους ανάλογα με τον τρόπο περιστροφής του άξονα της τουρμπίνας. (Σχήμα 3.5)

- Οριζοντίου άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους
- Κατακόρυφου άξονα, ο οποίος παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους (Σχήμα 3.6)



Σχήμα 3.5: Οι δύο βασικοί τύποι συστημάτων αιολικής ενέργειας.



Σχήμα 3.6: Συστήματα αιολικής ενέργειας οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα

Η απόδοση του συστήματος αιολικής ενέργειας ή αλλιώς της 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.

Οι τυπικές διαστάσεις μιας ανεμογεννήτριας 500 kW είναι : διάμετρος δρομέα 40 μέτρα και ύψος 40-50 μέτρα , ενώ αυτής των 3 MW οι διαστάσεις είναι 80 και 80–100 μέτρα αντίστοιχα. (1)

Τα πιο διαδεδομένα συστήματα είναι εκείνα στα οποία ο άξονας περιστρέφεται οριζόντια, με δύο ή τρία πτερύγια και καταλαμβάνουν ποσοστό 95% των διαθέσιμων συστημάτων αιολικής ενέργειας. (3)

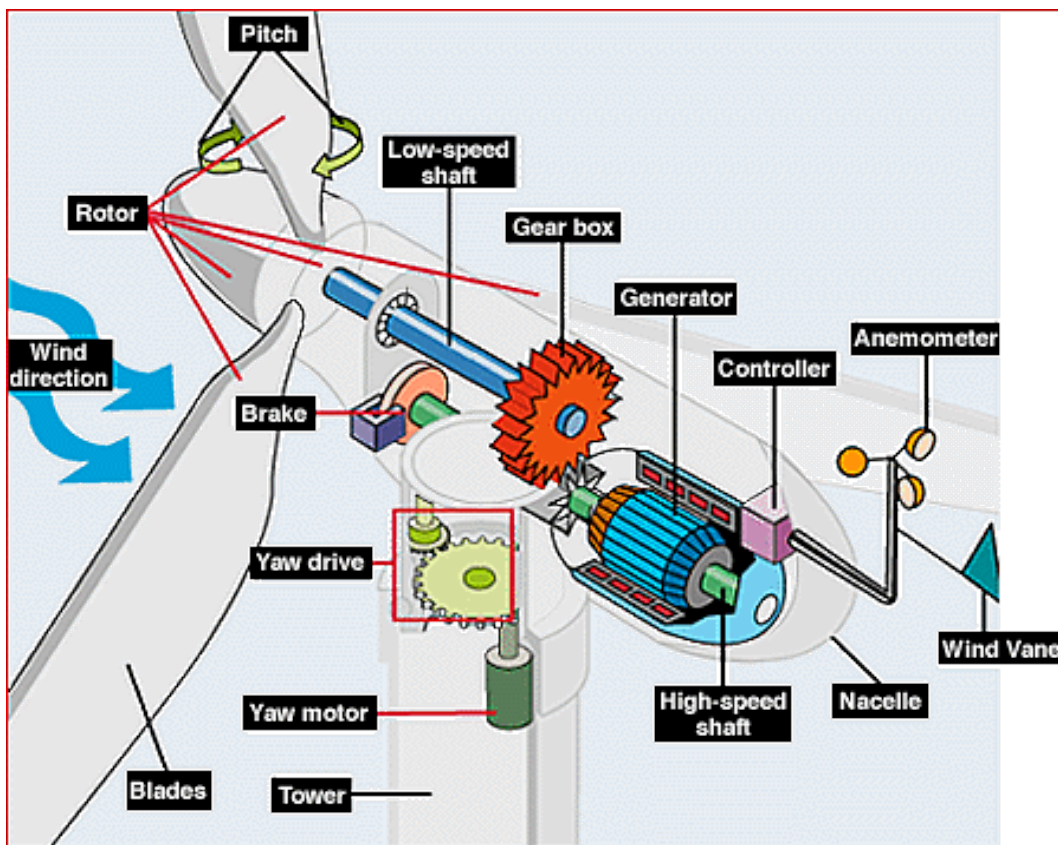
### 3.3.1 Ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα

Μια ανεμογεννήτρια με οριζόντιο άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη: (Σχήμα 3.7)

- Ανεμομετρητής (Anemometer): Μετρά την ταχύτητα του ανέμου και μεταφέρει δεδομένα για την ταχύτητα του ανέμου στον ελεγκτή.
- Πτερύγια (Blades): Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες έχουν δύο ή τρεις λεπίδες. Ο άνεμος φυσώντας πάνω στις λεπίδες τις προκαλεί να «σηκωθούν» και να περιστραφούν
- Φρένο (Brake): Ένας δίσκος φρένου, ο οποίος μπορεί να εφαρμοστεί κατά τρόπο μηχανικό, ηλεκτρικό ή υδραυλικό, ώστε να σταματά ο ρότορας (ηλεκτρικός κινητήρας) σε περιπτώσεις επείγουσας ανάγκης.
- Ελεγκτής (Controller): Ο ελεγκτής εκκινά τη μηχανή για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 8 με 16 mph και την κλείνει όταν φτάσουν στα 55 mph περίπου. Οι τουρμπίνες δεν λειτουργούν για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 55 mph γιατί κινδυνεύουν να καταστραφούν
- Κιβώτιο Ταχυτήτων (Gear box): Τα γρανάζια συνδέουν τον άξονα χαμηλής ταχύτητας με τον άξονα υψηλής ταχύτητας και αυξάνουν τις ταχύτητες περιστροφής από περίπου 30 έως 60 περιστροφές το λεπτό (rpm = περιστροφή ανά λεπτό) σε 1000 έως 1800 περιστροφές το λεπτό, που είναι η ταχύτητα περιστροφής που οι περισσότερες ανεμογεννήτριες απαιτούν ώστε να παραγάγουν ηλεκτρισμό. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ακριβό (και βαρύ) εξάρτημα της ανεμογεννήτριας και οι μηχανικοί ερευνούν προς την κατεύθυνση ανεμογεννητριών «άμεσης ώθησης» (“direct-drive”) οι οποίες λειτουργούν σε χαμηλότερες ταχύτητες περιστροφής και δεν χρειάζονται κιβώτιο ταχυτήτων.
- Γεννήτρια (Generator): Συνήθως μια γεννήτρια εισαγωγής που εύκολα βρίσκει κανείς στο εμπόριο και παράγει ηλεκτρισμό 60-cycle AC.
- Άξονας υψηλής ταχύτητας (High-speed shaft): Θέτει τη γεννήτρια σε κίνηση.
- Άξονας χαμηλής ταχύτητας (Low-speed shaft): Ο ρότορας (rotor, ηλεκτρικός κινητήρας) στρέφει τον άξονα χαμηλής ταχύτητας σε περίπου 30 έως 60 περιστροφές το λεπτό.
- Ατρακτίδιο (Nacelle): Το ατρακτίδιο βρίσκεται στην κορυφή του πύργου και περιέχει το κιβώτιο ταχυτήτων, τους άξονες χαμηλής και υψηλής ταχύτητας, τη γεννήτρια, τον ελεγκτή και το φρένο. Μερικά ατρακτίδια είναι τόσο μεγάλα, ώστε ακόμη και ένα ελικόπτερο μπορεί να προσγειωθεί πάνω τους.
- Στροφή Πτερυγίων (Pitch): Οι λεπίδες στρέφονται, ή στρίβουν γύρω από τον άξονά τους, ανεξάρτητα από τον άνεμο, ώστε να ελέγχουν την ταχύτητα του ρότορα (ηλεκτρικού κινητήρα) και να εμποδίζουν τον ρότορα από το να στρίβει σε ανέμους οι οποίοι είναι υπερβολικά ισχυροί ή υπερβολικά ασθενείς για να παραγάγουν ηλεκτρισμό.
- Ηλεκτρικός Κινητήρας / Ρότορας (Rotor): Οι λεπίδες και η πλήμνη (το κέντρο του άξονα) μαζί ονομάζονται ρότορας.
- Πυλώνας / Πύργος (Tower): Οι πύργοι κατασκευάζονται από ατσάλι σε σωληνοειδή μορφή ή από ατσάλι σε καφασωτή μορφή, σαν πλέγμα. Επειδή η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει με το ύψος, οι ψηλότεροι πύργοι δίνουν τη δυνατότητα στις τουρμπίνες να «αιχμαλωτίσουν» περισσότερη ενέργεια και να παραγάγουν περισσότερο ηλεκτρισμό.



- Κατεύθυνση του ανέμου (Wind direction): Αυτή είναι μια ανεμογεννήτρια με πνοή ανέμου προς τα πάνω "upwind", έτσι ονομαζόμενη διότι λειτουργεί στραμμένη προς τον άνεμο. Άλλες ανεμογεννήτριες είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν με πνοή ανέμου προς τα κάτω, "downwind", στραμμένες μακριά από τον άνεμο.
- Ανεμοδείκτης (Wind vane): Μετρά την κατεύθυνση του ανέμου και επικοινωνεί με το yaw drive για να προσανατολίσει την ανεμογεννήτρια σωστά, όσον αφορά στον άνεμο.
- Οδηγός για την Αποφυγή Εκτροπής (Yaw drive): Οι ανεμογεννήτριες που λειτουργούν με πνοή ανέμου προς τα πάνω, "upwind", είναι στραμμένες προς τον άνεμο. Το yaw drive χρησιμοποιείται για να εξασφαλίσει ότι ο ρότορας θα είναι στραμμένος προς τον άνεμο καθώς ο άνεμος αλλάζει κατεύθυνση. Οι ανεμογεννήτριες που είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν με πνοή ανέμου προς τα κάτω, "downwind", δεν χρειάζονται yaw drive, διότι ο άνεμος φυσά και στρέφει τον ρότορα προς τα κάτω.
- Κινητήρας του Οδηγού για την Αποφυγή Εκτροπής (Yaw motor): Δίνει ενέργεια στο yaw drive. (4)



Σχήμα 3.7: Το εσωτερικό μέρος μιας ανεμογεννήτριας

### 3.3.2 Ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα

Αυτός ο τύπος φέρει πτερύγια που στηρίζονται και στρέφονται σε κατακόρυφο σταθερό άξονα. Πλεονεκτήματα τους είναι ότι δεν χρειάζονται μηχανισμό ή κάποιο σύστημα, για να στραφούν προς το μέτωπο του ανέμου, και έχουν απλούστερη μηχανική κατασκευή. Το μειονέκτημα αυτού του τύπου είναι ότι δεν μπορεί να περιστρέφεται μόνος του (αντίθετα με ότι συμβαίνει με τον κινητήρα οριζοντίου άξονα) και, για να αρχίσει να γυρίζει, πρέπει να υποστηρίζεται από κατάλληλο ηλεκτρικό κινητήρα. Αυτός ο τύπος έχει να επιδείξει μηχανές περισσότερο ερευνητικού τύπου παρά εμπορικού ανταγωνισμού.

### 3.4 Αιολικά πάρκα

Την πιο οικονομική εφαρμογή αιολικής ενέργειας αποτελούν τα αιολικά πάρκα διότι το κόστος κατασκευής και συντήρησης μειώνεται σημαντικά με τα μεγαλύτερα ποσά παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρά το γεγονός ότι πολλά συστήματα τοποθετούνται σε υψώματα ή απαίτηση για μεγάλη έκταση ιδιαίτερα σε χώρες με μικρή γεωγραφική έκταση, μεταφέρει την εγκατάστασή τους σε παράλιες ακτές ή ανοιχτά της θάλασσας. Τα αιολικά πάρκα στην θάλασσα αποτελούν την μοναδική διέξοδο σε χώρες με υψηλό πληθυσμιακό καθεστώς και έλλειψη χώρου.

Το μεγαλύτερο κόστος κατασκευής στην θάλασσα εξισώνεται με την μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας. (3)

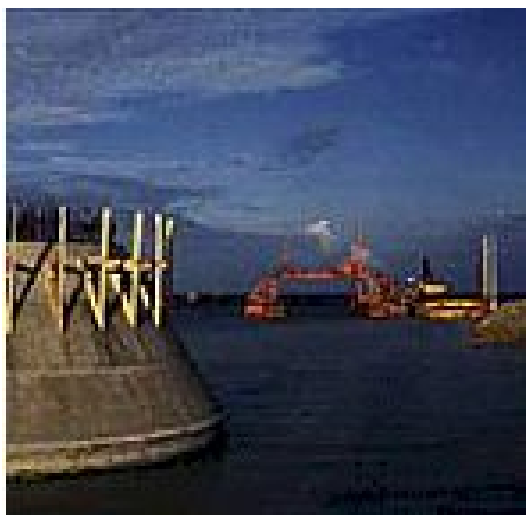
Το πρώτο αιολικό πάρκο κατασκευάστηκε το 1991 στο Vindeby της Δανίας και περιλάμβανε 11 τουρμπίνες (Σχήμα 3.8). Το πάρκο αυτό αποτελεί φάρο ανάδειξης της αιολικής ενέργειας και σύντομα άρχισε να αντιγράφεται από άλλες χώρες.



Σχήμα 3.8: Το πρώτο αιολικό πάρκο στο Vindeby της Δανίας.

Τα αιολικά πάρκα διακρίνονται σε 4 μεγάλους τύπους ανάλογα με τον τρόπο έδρασης σύμφωνα με σχετική έρευνα σε υπάρχουσα βιβλιογραφία.

**Ο πρώτος τύπος** περιλαμβάνει τα αιολικά πάρκα τα οποία χρησιμοποιούν οπλισμένο σκυρόδεμα για την θεμελίωση τους στο πυθμένα της θάλασσας (Σχήμα 3.9). Τα πρώτα αιολικά πάρκα ανοιχτά της θάλασσας κατασκευάστηκαν στην Δανία στις περιοχές Vindeby και Tunoe Knob. Η θεμελίωση κατασκευάστηκε στην στεριά και στην συνέχεια με πλωτά μέσα μεταφέρθηκε στα σημεία έδρασης και βυθίστηκε αφού πρώτα διοχετεύτηκε άμμος και χαλίκι για την στήριξη του. Στην συνέχεια πάνω στην έδραση στηρίζεται ο πυλώνας, ο μηχανισμός περιστροφής, οι λεπίδες και στην συνέχεια το απαιτούμενο ηλεκτρολογικό υλικό. Η παραπάνω κατασκευαστική αρχή είναι αυτή που χρησιμοποιείται στην κατασκευή γεφυρών π.χ. παρόμοια κατασκευή χρησιμοποιήθηκε για την θεμελίωση της γέφυρας του Ρίο Αντίρριο. Η θεμελίωση συνήθως έχει κωνικό σχήμα και αυτό για την αποφυγή παγετού ιδιαίτερα σε χώρες με έντονες χιονοπτώσεις κατά την διάρκεια του χειμώνα. Το κόστος κατασκευής είναι ανάλογο με το βάθος του πυθμένα, όσο αυξάνεται το βάθος εφαρμογής αυξάνεται και το κόστος. Το επιτρεπτό βάθος για κατασκευή έχει οριστεί τα 10 μέτρα, μετά το βάθος αυτό το κόστος αυξάνεται ραγδαία ή χρησιμοποιούνται διαφορετικές κατασκευαστικές τεχνικές για την μείωση του. (3)



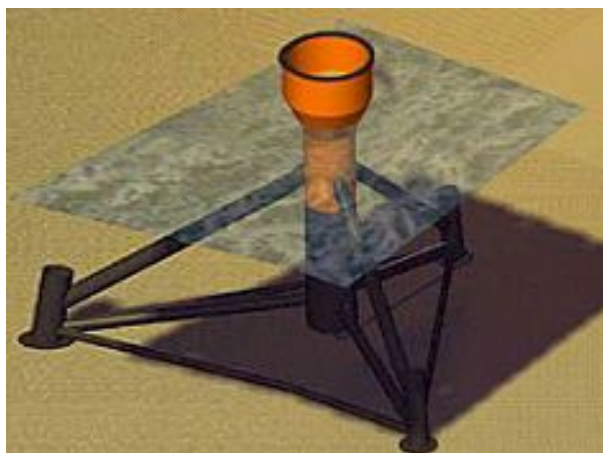
Σχήμα 3.9: Ο πρώτος τύπος κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα.

**Ο δεύτερος τύπος** κατασκευής υιοθετεί την ίδια διαδικασία κατασκευής με την διαφορά ότι η θεμελίωση από οπλισμένο σκυρόδεμα αντικαθίσταται από έναν μεταλλικό σωλήνα όπου βιδώνεται και συγκολλείται πάνω σε πλάκα έδρασης ή οποία ακυρώνεται στο πυθμένα αφού πρώτα το έδαφος έχει υποστεί κατάλληλη γεωτεχνική προετοιμασία (Σχήμα 3.10).



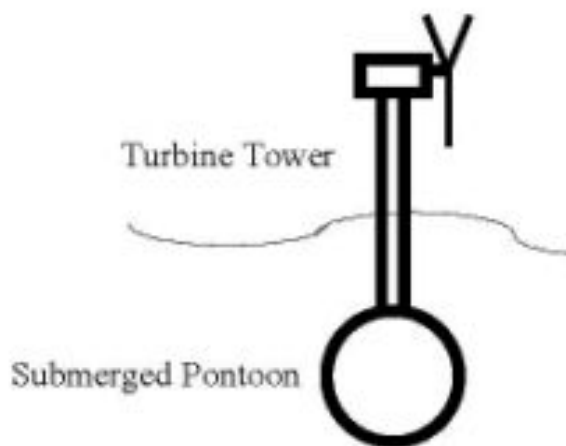
Σχήμα 3.10: Ο δεύτερος τύπος κατασκευής από μεταλλικό σωλήνα.

**Ο τρίτος τύπος** κατασκευής είναι παρόμοιος με τον δεύτερο με την διαφορά ότι η διάταξη θεμελίωσης επιτυγχάνεται με την χρήση τριπόδου. Το τρίποδο αυτό αποτελείται από μεταλλικά μέρη και αποτελεί την πιο σταθερή κατασκευαστική διάταξη ιδιαίτερα για μεγάλο φορτίο και ύψος που ασκείται στην βάση από τον πυλώνα, καθώς και για την αποφυγή υψηλών κυμάτων (Σχήμα 3.11).



Σχήμα 3.11: Ο τρίτος τύπος κατασκευής με την χρήση μεταλλικού τριπόδου.

Ο τέταρτος τύπος κατασκευής δεν έχει υλοποιηθεί ακόμη, αποτελεί τμήμα ερευνητικού προγράμματος στο Πανεπιστήμιο UCL στο Λονδίνο, όμως εξομοίωση έχει επιτευχθεί σε εργαστηριακό περιβάλλον. Πρόκειται για πλωτό σύστημα αιολικής ενέργειας το οποίο μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε χωρίς περιορισμούς σε βάθος πυθμένα. Η διαφορά στην όλη κατασκευαστική διάταξη είναι το πλωτό σύστημα στο οποίο ενσωματώνεται ο πυλώνας και η τουρμπίνα. Το πλωτό σύστημα είναι μερικώς βυθισμένο για την αποφυγή έντονων διακυμάνσεων στην θαλάσσια επιφάνεια και έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη πλευσιμότητα της όλης κατασκευής. Το πλωτό μέρος στις δοκιμές που έγιναν είχε διάμετρο από 80 μ. έως 120 μ. και με κυμαινόμενο φορτίο της τάξεως του 12,000 και 40,000 τόνους. Έρευνα στον τομέα των πλωτών κατασκευών θα συμβάλει στον σχεδιασμό και ανάπτυξη πλωτών αιολικών πάρκων (Σχήμα 3.12). (3)



Σχήμα 3.12: Ο τέταρτος τύπος με πλωτό σύστημα αιολικής ενέργειας.

Η αιολική ενέργεια μπορεί να συμβάλει αισθητά στην αποφυγή χρήσης μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όμως το σημαντικό είναι ότι η ενέργεια αυτή μπορεί να παραχθεί σε οποιαδήποτε τοποθεσία, όπως απομακρυσμένα χωριά και νησιά χωρίς παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Η έρευνα που συντελείται τελευταία στον τομέα αυτό είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη έξυπνων αιολικών πάρκων που κάνουν χρήση των κλιματικών αλλαγών αλλά και ενεργούν με γνώμονα τις ενεργειακές απαιτήσεις του δικτύου. Επίσης έρευνα γίνεται ιδιαίτερα στον σχεδιασμό λεπίδων για αύξηση της απόδοσης της τουρμπίνας καθώς και στους τρόπους κατασκευής θεμελίωσης και έδρασης στον πυθμένα για την μείωση του κόστους.

### 3.5 Μύθοι και Αλήθειες για τις Ανεμογεννήτριες

Η Αιολική ενέργεια είναι μία από τις λίγες εμπορικά και τεχνολογικά «έτοιμες» λύσεις για την αντιμετώπιση του ενεργειακού ζητήματος και για την επίλυση των προβλημάτων που προκαλούν οι κλιματικές αλλαγές. Δυστυχώς όμως υπάρχουν πολλά στερεότυπα και προκαταλήψεις γύρω από αυτήν.

Αναφέρουμε ενδεικτικά κάποιους μύθους:

- Οι Α/Γ είναι θορυβώδεις:

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι μηχανές πολύ ήσυχες συγκριτικά με την ισχύ τους και με συνεχείς βελτιώσεις από τους κατασκευαστές γίνονται όλο και πιο αθόρυβες. Σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 200m, ο θόρυβος περιστροφής των πτερυγίων συνήθως καλύπτεται πλήρως από το θόρυβο του ανέμου μέσα στα φύλλα των δέντρων και των θάμνων.

- Οι Α/Γ απειλούν τα πουλιά:

Μελέτες που έχουν γίνει έδειξαν ότι για κάθε 10.000 θανάτους πουλιών λιγότερος από ένας προκαλείται από τις Α/Γ. Η πραγματική απειλή για τα πουλιά δεν είναι οι Α/Γ αλλά οι κλιματικές αλλαγές.

- Η αιολική ενέργεια δεν είναι αποδοτική:

Στην πραγματικότητα δεν σπαταλάται κανένας φυσικός πόρος, αφού ο αέρας είναι δωρεάν και ανεξάντλητος, σε αντίθεση με τα καύσιμα των θερμικών σταθμών. Επίσης σε λιγότερο από ένα χρόνο, μία ανεμογεννήτρια παράγει περισσότερη ενέργεια από όση χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της.

- Η αιολική ενέργεια δεν είναι αξιόπιστη πηγή ηλεκτρικής ισχύος και δεν μπορεί να αναλάβει μεγάλο μερίδιο της ηλεκτροπαραγωγής:

Η αιολική ενέργεια είναι μια αξιόπιστη τεχνολογία μεταβλητής παραγωγής ενέργειας και έχει ήδη οδηγήσει σε απεγκατάσταση συμβατικών σταθμών στην Ευρώπη. Την περίοδο 2000-2009 στην Ευρωπαϊκή Ένωση η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των στερεών καυσίμων (άνθρακα, λιγνίτη) μειώθηκε κατά 12.010 MW, του πετρελαίου κατά 12.920 MW και των πυρηνικών κατά 7.205 MW. Η τάση αυτή είναι όλο και πιο έντονη. Το 2009, η συνολική καθαρή αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος για ηλεκτροπαραγωγή στην Ευρώπη προήλθε κατά 77% από ΑΠΕ, από τα οποία 50% από αιολικά πάρκα και 21% από φωτοβολταϊκά.

- Το κόστος παραγωγής ενέργειας από τις Α/Γ είναι υψηλό και επιβαρύνει πολύ τον καταναλωτή

Αυτό δεν ισχύει. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αιολική ενέργεια είναι φθηνότερη και από αυτή που παράγεται από πυρηνικούς και πετρελαϊκούς σταθμούς. Ενώ, σε καλές ανεμολογικά θέσεις η αιολική ενέργεια ανταγωνίζεται με μεγάλη επιτυχία καινούργιους σταθμούς παραγωγής που λειτουργούν με κάρβουνο ή φυσικό αέριο. (5)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



## 4.1 Εισαγωγή

Ο τομέας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας έχει προοδεύσει ιδιαίτερα και αποτελεί την πλέον αναπτυγμένη τεχνολογία μεταξύ των ήπιων μορφών ενέργειας.

Η γη δέχεται από τον ήλιο ένα τεράστιο ποσό ενέργειας  $7.5 \times 10^{18}$  kWh

το έτος. Αν το συγκρίνουμε με την παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση που είναι  $5 \times 10^{13}$  βλέπουμε ότι υπάρχει γενικώς πληθώρα ενέργειας που προσπίπτει στη γη και συγκρινόμενη με τις ενεργειακές ανάγκες είναι βέβαια πολύ μεγάλη. Φυσικά δεν είναι αξιοποιήσιμη όλη αυτή η ενέργεια από τον άνθρωπο, προκειμένου να καλύψει τις σημερινές και πολύ περισσότερο τις μελλοντικές του ανάγκες.

Η ηλιακή ενέργεια έχει γενικά μια ομαλή κατανομή στην επιφάνεια της γης. Φυσικά υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις από τον Ισημερινό προς τους πόλους (λιγότερη ενέργεια προς τους πόλους περισσότερη προς τον Ισημερινό) λόγω της θέσης του ηλίου ως προς την γη. (2)

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με έμμεσο (παθητικά ηλιακά συστήματα) ή άμεσο (ενεργητικά ηλιακά συστήματα) τρόπο.

Τα **παθητικά** ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων και η λειτουργία τους βασίζεται κατά κύριο λόγο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στα Ελληνικά κτήρια σε συνδυασμό με τις τεχνικές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής μπορούν να καλύψουν σημαντικά ποσά των ενεργειακών αναγκών μέχρι και 60% σε σχέση με τα συμβατικά κτήρια και να εξασφαλίσουν συνθήκες άνεσης στον χώρο ιδιαίτερα λόγω των καλών κλιματολογικών συνθηκών. Δεδομένης της δυσκολίας εγκατάστασης τους σε ανεγειρόμενα αλλά και σε υπάρχοντα κτήρια αλλά και του χαμηλού κόστους τους ο κατάλληλος συνδυασμός παθητικών, ενεργητικών και άλλων συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας μπορούν να καλύψουν το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειακών αναγκών ενός κτηρίου.

Τα **ενεργητικά** ηλιακά συστήματα περιλαμβάνουν διάφορους τύπους ηλιακών συλλεκτών. Οι απλοί επίπεδοι χρησιμοποιούνται για θέρμανση νερού χρήσης ή ακόμα και σε συνδυασμό με μηχανήματα απορρόφησης για την παραγωγή ψύξης. Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται για επίτευξη υψηλότερων θερμοκρασιών ικανοποιώντας τις απαιτήσεις για παραγωγή ατμού. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται για απευθείας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. (1)



## 4.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας για την θέρμανση εσωτερικών χώρων (π.χ. κτίρια , θερμοκήπια) και για τον φυσικό φωτισμό εσωτερικών χώρων.

Οι βασικές αρχές λειτουργίας τους είναι σχετικά απλές. Βασίζονται στην εκμετάλλευση των φυσικών φαινομένων μετάδοσης θερμότητας και ακτινοβολίας που παρατηρούνται από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω σε διαφανείς επιφάνειες τις οποίες διαπερνά εξασφαλίζοντας σε εσωτερικούς χώρους φυσικό φωτισμό και θέρμανση (αφού απορροφηθεί η μικρού μήκους ηλιακή ακτινοβολία και μετατραπεί σε μεγάλο μήκους θερμική ακτινοβολία). Παγιδεύοντας ή κατάλληλα αποθηκεύοντας την θερμότητα της ηλιακής ενέργειας, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που επιτυγχάνονται (κοντά στα επίπεδα θερμικής άνεσης του ανθρώπου), μειώνεται το θερμικό φορτίο και έχουμε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

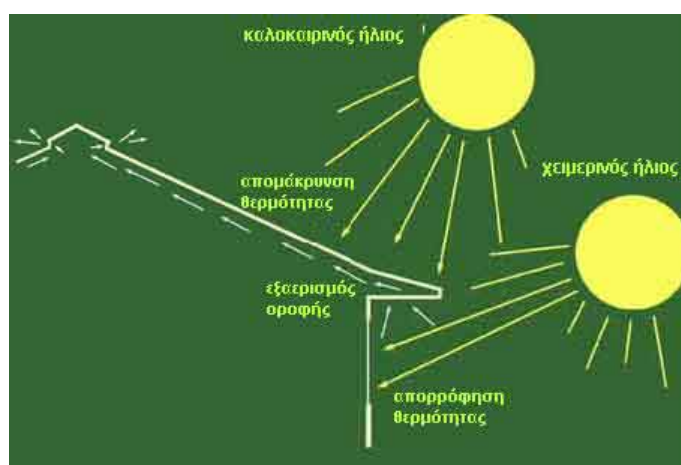
Για να λειτουργήσουν σωστά τα παθητικά ηλιακά συστήματα, προϋποθέτουν:

- Σωστή τοποθέτηση των επιφανειών (προσανατολισμός, σχήμα κτιρίου για την συλλογή και εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας μεγιστοποιώντας τα ηλιακά κέρδη)
- Κατάλληλο εξωτερικό κέλυφος (ιδιότητες επιφανειών, μέγεθος διαφανών επιφανειών, δομικά υλικά με κατάλληλη θερμοχωρητικότητα για την αποθήκευση της συλλεγόμενης θερμότητας , οπτικές ιδιότητες διαφανών επιφανειών).
- Ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών μέσω του κελύφους του χώρου ή των υλικών που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας.
- Κατάλληλη διάταξη εσωτερικών χώρων για την συλλογή, αποθήκευση και διανομή της θερμότητας.

Εξ αιτίας της περιοδικότητας στη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας (κατά την διάρκεια της ημέρας και του έτους) τα παθητικά συστήματα συνήθως συνδυάζουν με κάποιο άμεσο ή έμμεσο τρόπο την αποθήκευση θερμότητας. Εάν δεν υπάρχει τρόπος αποθήκευσης, τότε τα ηλιακά κέρδη μπορεί να καλύψουν σε ικανοποιητικό βαθμό το θερμικό φορτίο (τις ανάγκες για θέρμανση) τις περιόδους ηλιοφάνειας αλλά όταν δεν υπάρχει πλέον διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία ή τα επίπεδα της ακτινοβολίας είναι χαμηλά, ανάλογα με τις απώλειες του χώρου η παγιδευμένη θερμότητα τελικά θα χαθεί (ακολουθώντας την φυσική ροή της θερμότητας από τις υψηλές θερμοκρασίες προς τις χαμηλές). Επιπλέον πολλές φορές υπάρχει πλεόνασμα ηλιακών κερδών όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι υψηλή κατά την διάρκεια της ημέρας, υπερκαλύπτοντας το θερμικό φορτίο σε περιόδους υψηλής διαθεσιμότητας ηλιακής ενέργειας. Εάν δεν υπάρχει κατάλληλη αποθήκευση τότε τα υψηλά ηλιακά κέρδη θα προκαλέσουν υπερθέρμανση (υψηλές θερμοκρασίες) και δεν θα υπάρχει δυνατότητα κάλυψης κάποιου έστω ποσοστού των θερμικών φορτίων όταν δεν υπάρχει διαθέσιμη η ηλιακή ενέργεια. Η αποθήκευση ηλιακής ενέργειας γίνεται σε υλικά με υψηλή θερμοχωρητικότητα, τα οποία μπορεί ήδη να χρησιμοποιούνται σαν δομικά υλικά ή έχουν προστεθεί σε κατάλληλες θέσεις και ποσότητες ώστε να λειτουργούν σαν αποθηκευτικό μέσο.

Αυτό που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα είναι ότι οι τελικές αποφάσεις για την κατασκευή του κελύφους, την επιλογή υλικών και γενικότερα οι σχεδιαστικές επιλογές, πρέπει να γίνουν αφού ληφθεί υπ' όψη και η θερμική συμπεριφορά την περίοδο του καλοκαιριού.

Το χειμώνα στόχος είναι η μείωση του θερμικού φορτίου με την μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών, αλλά τελικά απαιτείται η δυνατότητα ελέγχου και πιθανώς προσαρμογής για την περίοδο του καλοκαιριού για την ελαχιστοποίηση των ηλιακών κερδών. Η σωστή μελέτη και αξιολόγηση όλων των προβλημάτων σε σχέση με τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, λειτουργία, θα έχει σαν αποτέλεσμα την εναρμόνιση των διάφορων τεχνικών ώστε να βρεθεί η αποδοτικότερη λύση για να εξισορροπείται η συνολική λειτουργία για όλη την διάρκεια του έτους. Η εφαρμογή έτοιμων λύσεων, αν και αρχικά φαίνεται πραγματικά εύκολη, πιθανώς θα οδηγήσει σε άστοχες εφαρμογές με ουσιαστικά προβλήματα. (1)



Εικόνα 4.1

#### 4.2.1 Αρχές λειτουργίας

Η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων στηρίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου για την συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, στη θερμοχωρητικότητα των δομικών υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας, και ακολουθεί τους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για την μετάδοση της θερμότητας μεταξύ της αποθήκης και των χώρων του κτηρίου. Η θερμοχωρητικότητα ορίζεται σαν το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία ενός κυβικού μέτρου του υλικού κατά 1 οC με μονάδες [kJ/m<sup>3</sup>. οC], υπολογίζεται σαν το γινόμενο της ειδικής θερμότητας του υλικού με την πυκνότητα του υλικού.

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με την συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω διαφανών και αδιαφανών επιφανειών και την αποθήκευση της. Η μετάδοση της θερμότητας μεταξύ των εσωτερικών χώρων και το εξωτερικού περιβάλλοντος γίνεται μέσα από τα υλικά κατασκευής του κελύφους του κτηρίου.

Η θερμότητα μεταδίδεται:

- με αγωγή μέσα από τα δομικά υλικά (από τις μεγαλύτερες προς τις μικρότερες θερμοκρασίες)
- με μεταφορά (φυσική ή εξαναγκασμένη) από τις επιφάνειες των δομικών υλικών, και
- με ακτινοβολία (ανάλογα την θερμοκρασία της κάθε επιφάνειας).

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία περιλαμβάνει την άμεση, διάχυτη και ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία, με μεγαλύτερη συνήθως την συμβολή της άμεσης ακτινοβολίας (εφ' όσον υπάρχει).

Ένα ποσοστό από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται στην επιφάνεια του τοίχου και ένα άλλο ποσοστό απορροφάται. Το ποσοστό που θα απορροφηθεί εξαρτάται από τον συντελεστή απορροφητικότητας της επιφάνειας ( $\alpha$ ) και το ποσοστό που θα ανακλαστεί εξαρτάται από τον συντελεστή ανάκλασης ( $\rho$ ). Τα συνήθη δομικά υλικά, δεν είναι διαπερατά στην ακτινοβολία, και συνεπώς ισχύει ότι:

$$\alpha + \rho = 1$$

Με την απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας αυξάνεται η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας. Οι σκούρες επιφάνειες έχουν μικρό συντελεστή ανάκλασης, ενώ οι ανοιχτόχρωμες επιφάνειες έχουν σχετικά υψηλότερο συντελεστή.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου παρουσιάζεται μια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της εξωτερικής και εσωτερικής πλευράς του υλικού, με συνέπεια να αρχίσει η μετάδοση θερμότητας από την υψηλή θερμοκρασία προς την χαμηλή. Η μετάδοση θερμότητας γίνεται μέσω του υλικού με αγωγή. Ο ρυθμός μετάδοσης θερμότητας και η διακύμανση της θερμοκρασίας εξαρτώνται από τις ιδιότητες του υλικού και το πάχος του τοίχου. Επιπλέον, η διάρκεια εξέλιξης του φαινομένου μπορεί να είναι πολύ μικρότερη ανάλογα με τις επικρατούσες εξωτερικές και εσωτερικές συνθήκες.

Από τις επιφάνειες του υλικού, η μετάδοση θερμότητας γίνεται με μεταφορά (φυσική ή εξαναγκασμένη) και με ακτινοβολία. Με τον τρόπο αυτό ένα ποσοστό μετάδοσης θερμότητας από την εξωτερική πλευρά του υλικού μεταδίδεται προς τον εξωτερικό αέρα (συνεπώς χάνεται προς το εξωτερικό περιβάλλον) και παρόμοια μεταδίδεται προς τον εσωτερικό αέρα (εσωτερικό περιβάλλον) αποδίδοντας ένα μεγάλο ποσοστό της θερμότητας που μεταφέρθηκε με αγωγή μέσω του υλικού.

Η απόδοση της θερμότητας από τον τοίχο προς τον εσωτερικό αέρα με φυσική μεταφορά θερμότητας, γίνεται λόγω της διαφοράς πυκνότητας που παρουσιάζεται μεταξύ του ρευστού (π.χ. αέρα) εξ αιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας. Ο θερμός αέρας αφού είναι πιο ελαφρύς αρχίζει να κινείται προς τα πάνω, δημιουργώντας έτσι μια φυσική κυκλοφορία του αέρα (μετάδοση θερμότητας με φυσική μεταφορά).

Ο κρύος αέρας που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια απάγει πάλι την διαθέσιμη θερμότητα και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται. Εάν η κυκλοφορία του αέρα ενισχύεται με μηχανικά μέσα (π.χ. ενισχύεται με έναν ανεμιστήρα στη εσωτερική πλευρά της επιφάνειας, ή λόγω του ανέμου στην εξωτερική πλευρά της επιφάνειας), τότε ενισχύονται τα φαινόμενα μετάδοσης θερμότητας η οποία αναφέρεται σαν εξαναγκασμένη μεταφορά.

Κάθε επιφάνεια, εξ αιτίας της θερμοκρασίας της, ακτινοβολεί θερμότητα. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη είναι και η θερμότητα που μεταδίδεται με ακτινοβολία προς όλες τις διευθύνσεις βάση του Νόμου των Stefan – Boltzmann (ανάλογη της τέταρτης δύναμης της απόλυτης θερμοκρασίας). (1)

Η διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω των διαφανών ή ημιδιαφανών επιφανειών, αποτελεί τον βασικό τρόπο λειτουργίας των παθητικών συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση.

Η αρχή λειτουργίας, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι ο εγκλωβισμός της θερμικής ακτινοβολίας σε ένα εσωτερικό χώρο, εξ αιτίας της ιδιότητας που έχουν οι διαφανείς επιφάνειες (π.χ. το γυαλί) να είναι διαπερατές στην μικρού μήκους ηλιακή ακτινοβολία (0,4 – 2.5mm) αλλά πολύ λιγότερο διαπερατές στη μεγάλου μήκους θερμική ακτινοβολία (10μm).

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε μια διαφανή επιφάνεια (π.χ. υαλοστάσιο) τότε:

- ένα ποσοστό της ανακλάται από την επιφάνεια προς το εξωτερικό περιβάλλον (ανάλογα με τον συντελεστή ανάκλασης ( $\rho$ ) της επιφάνειας),
- ένα ποσοστό απορροφάται από το υλικό (ανάλογα με την απορροφητικότητα ( $\alpha$ ) του υλικού),
- και από την θερμότητα αυτή ένα μέρος ακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον και ένα μέρος προς το εσωτερικό λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του υλικού,
- και ένα ποσοστό της διαπερνά το υλικό και εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο ανάλογα με τον συντελεστή διαπερατότητας ( $\tau$ ) του υλικού. Για τις διαφανείς ή ημιδιαφανείς επιφάνειες ισχύει ότι:

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Ανάλογα με την διαπερατότητα του υλικού το μεγαλύτερο ποσοστό που είναι η φωτεινή ακτινοβολία (0,4 – 0.8 μm) περνά μέσα από το διαφανές υλικό στον εσωτερικό χώρο. Οι διαφανείς επιφάνειες έχουν υψηλό συντελεστή διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώ οι ημιδιαφανείς έχουν σχετικά μικρότερο.

Η ηλιακή ακτινοβολία που τελικά εισέρχεται στον χώρο απορροφάται από τα διάφορα υλικά και αντικείμενα του χώρου. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία τους (εξ αιτίας της απορροφούμενης ενέργειας που μεταφέρεται από την ηλιακή ακτινοβολία), εκπέμπουν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας (κάθε σώμα ακτινοβολεί θερμότητα εφ' όσον βρίσκεται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη του απόλυτου μηδενός). (1)

Η θερμική ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται είναι μεγάλου μήκους κύματος, στην οποία διαφανείς επιφάνειες όπως το γυαλί έχουν σημαντικά μικρότερο συντελεστή διαπερατότητας σε σχέση με την μικρού μήκους ακτινοβολία. Ακόμα μικρότερο συντελεστή διαπερατότητας στην θερμική ακτινοβολία έχουν οι ημιδιαφανείς επιφάνειες.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων διαφανών επιφανειών είναι:

- Ο απλός υαλοπίνακας μπορεί να έχει υψηλή διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, αλλά έχει υψηλές θερμικές απώλειες.
- Ο διπλός υαλοπίνακας, μειώνει τις θερμικές απώλειες, επίσης όπως μειώνεται κατά ένα πρόσθετο ποσοστό η ηλιακή ακτινοβολία λόγω της διαπερατότητας της δεύτερης επιφάνειας του υαλοπίνακα.
- Οι ανακλαστικές επιφάνειες αντανακλούν το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας (μειώνοντας έτσι τα άμεσα ηλιακά κέρδη όταν ο χώρος πρέπει να προστατευθεί από την θερμότητα) και μειώνει σχετικά τις θερμικές απώλειες της κατασκευής. Στην περίπτωση του διπλού ανακλαστικού υαλοπίνακα, η ανακλαστική επιφάνεια τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά της κατασκευής.
- Οι απορροφητικές επιφάνειες απορροφούν ένα μεγάλο ποσοστό της ακτινοβολίας. Σε όλες τις περιπτώσεις, η απορροφούμενη μικρού μήκους ακτινοβολία, αποδίδεται και από τις δυο πλευρές της κατασκευής σαν μεγάλου μήκους θερμική ακτινοβολία. (1)

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή παθητικών συστημάτων χωρίζονται σε:

- Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και
- Υλικά αποθήκευσης της διαθέσιμης θερμότητας

Τα υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαφανή υλικά (διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία). Τα κριτήρια για την επιλογή των διαφανών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα παθητικό σύστημα είναι:

- Οι θερμοφυσικές ιδιότητες (διαπερατότητα, απορροφητικότητα και ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, ικανότητα εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας, θερμοπερατότητα).
- Η αισθητική, που είναι καθοριστικός παράγοντας για τη διαμόρφωση των όψεων του κτηρίου και η οποία συνδέεται και με τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού, (π.χ. συντελεστής ηλιακής ανακλαστικότητας, απορροφητικότητας).
- Η αντοχή, που πρέπει να είναι ικανή να παραλαμβάνει τις μηχανικές καταπονήσεις από θερμοκρασιακές μεταβολές και ανεμοπιέσεις.
- Το βάρος που μπορεί να φέρει το στοιχείο στο οποίο εφαρμόζεται το διαφανές υλικό.
- Το κόστος αγοράς, τοποθέτησης και συντήρησης που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο για να μην επιβαρύνεται η κατασκευή.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων.

Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα ηλιακά παθητικά συστήματα είναι:

- το σκυρόδεμα: εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και στοιχείο του φέροντα οργανισμού.
- η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι (συμπαγείς και διάτρητοι) και τα κεραμικά πλακίδια είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.
- το νερό είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές νερού που ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία (π.χ. σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας), ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.
- τα υλικά αλλαγής φάσης (π.χ. τα εύτηκτα άλατα, όπως το άλας του Glauber), είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials - PCM), δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση (για παράδειγμα, από τη στερεά στην υγρή κατάσταση), αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση.

Σημειώνεται ότι τα θερμομονωτικά υλικά διαθέτουν ελάχιστη θερμοχωρητικότητα και η τοποθέτησή τους στην εσωτερική παρειά των δομικών στοιχείων σχεδόν μηδενίζει τη συνεισφορά της θερμικής μάζας του δομικού στοιχείου. Γι' αυτό η εφαρμογή εσωτερικής θερμομόνωσης στα κτήρια που αξιοποιούν παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να γίνεται με περίσκεψη και στην περίπτωση που πραγματοποιείται να μην αφορά το σύνολο του κελύφους που περικλείει τον θερμαινόμενο χώρο, εκτός αν διατίθεται για την αποθήκευση της θερμότητας συγκεντρωμένη θερμική μάζα στον κατοικήσιμο χώρο, π.χ. ένας εσωτερικός τοίχος ή δάπεδο μεγάλου πάχους από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα.

Η θερμοχωρητικότητα προκύπτει ως το γινόμενο του φαινόμενου ειδικού βάρους ( $\rho$ : kg/m<sup>3</sup>) με την ειδική θερμοχωρητικότητα ( $C_p$ : J/(kg K)). Υλικά με μεγάλη ικανότητα θερμικής αποθήκευσης είναι αυτά που διαθέτουν ικανή θερμική μάζα, της τάξης των 1.2MJ/m<sup>3</sup>K και άνω. (3)

## 4.2.2 Κατηγορίες Παθητικών συστημάτων

Τα παθητικά συστήματα ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους, ταξινομούνται σε:

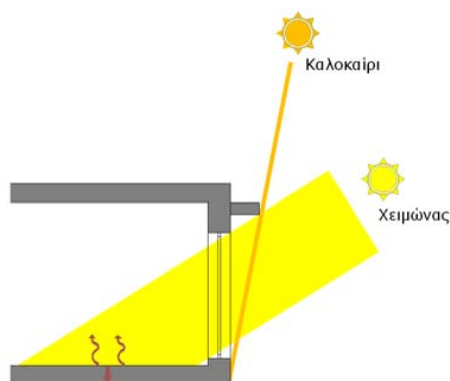
**Συστήματα με άμεσο ηλιακό κέρδος:** Ο πιο συνηθισμένος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτηρίων είναι η δέσμευσή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτηρίου. Στην περίπτωση αυτή το κτήριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας (Σχήμα 4.1)

Όλα τα ανοίγματα του κτηρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμότητα που αποθηκεύεται, αποδίδεται με χρονική υστέρηση, αναλόγως των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, καθ'όλη τη διάρκεια του 24ωρου.

Είναι σημαντικό, ιδιαίτερα τα δομικά υλικά στο εσωτερικό του κτηρίου που δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία, να έχουν ικανή απορροφητικότητα και θερμική μάζα, ώστε αφενός να μεγιστοποιείται η απολαβή των ηλιακών κερδών, αφετέρου να αποθηκεύεται η θερμότητα. Έτσι ομαλοποιούνται οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον εσωτερικό χώρο -καθώς η θερμότητα από τα αυξημένα ηλιακά κέρδη που έχει αποθηκευτεί απελευθερώνεται σταδιακά στο εσωτερικό του κτηρίου- αποφεύγεται η υπερθέρμανση κατά τις περιόδους με μεγάλη ηλιοφάνεια και η θερμότητα αποδίδεται στο χώρο όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία (απογευματινές και νυχτερινές ώρες). Στη θερινή περίοδο, με το άνοιγμα των παραθύρων το βράδυ και τη δημιουργία νυχτερινού αερισμού, πραγματοποιείται η θερμική αποφόρτιση των δομικών στοιχείων, ώστε αυτά να είναι διαθέσιμα την επόμενη μέρα για νέα αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμότητας.

Η διαφορά ενός κτηρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους» από ένα κτήριο με συμβατικό σχεδιασμό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των ανοιγμάτων του και στα δομικά στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρητικότητα.

Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, το σχεδιασμό του κελύφους του κτηρίου, τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων, τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού καθώς και τη θέση, το μέγεθος και το υλικό της θερμικής αποθήκης, η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως και 100%. (3)

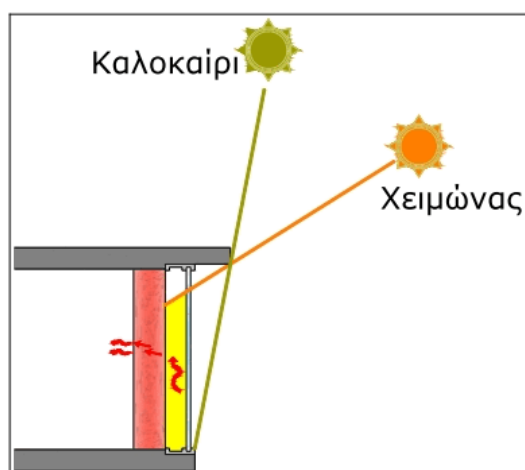


Σχήμα 4.2: Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους

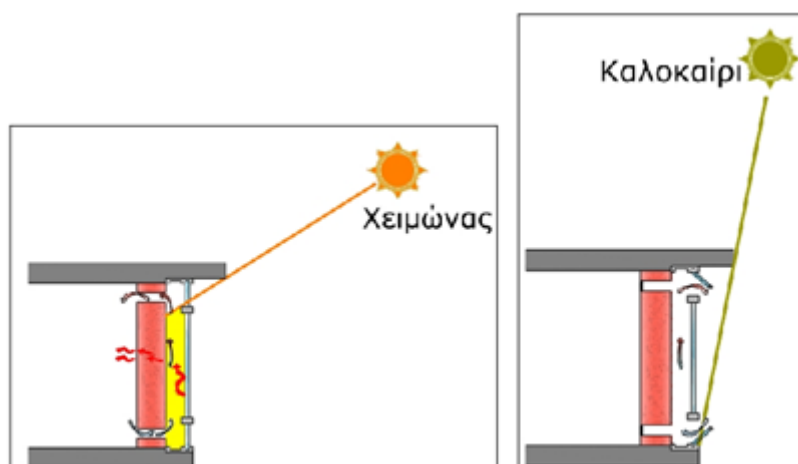
**Συστήματα με έμμεσο ηλιακό κέρδος:** Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με έμμεσο τρόπο, μέσω του αποθηκευτικού συστήματος. Τα συστήματα αυτά διακρίνονται:

- στο τοίχο θερμικής αποθήκευσης, και
- τους προσαρτημένους ηλιακούς χώρους ή θερμοκήπια.

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι ένα σύστημα που περιλαμβάνει έναν τοίχο χωρίς θερμομόνωση, με νότιο προσανατολισμό ή με απόκλιση έως  $30^\circ$ , προς την Ανατολή ή τη Δύση, κατασκευασμένο από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας που λειτουργεί ως αποθήκη και διανομέας της θερμότητας, και ένα διαφανές υλικό τοποθετημένο σε μια ελάχιστη απόσταση 10 εκ. προς την εξωτερική του πλευρά, που χρησιμεύει για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στον τοίχο μπορεί να ενσωματώνονται θυρίδες για την κυκλοφορία του αέρα.



Σχήμα 4.3: Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης

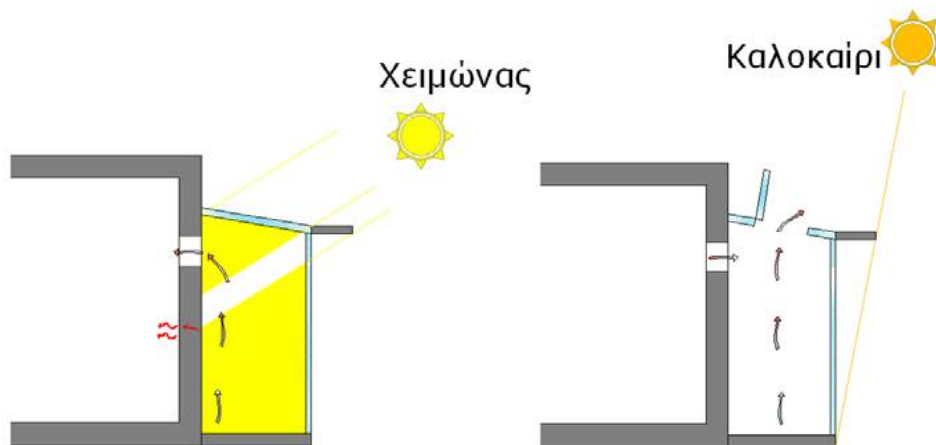


Σχήμα 4.4: Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες



Ο ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο είναι ο συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Το κτήριο, δηλαδή, αποτελείται από δύο θερμικές ζώνες: τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτήριο, όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, και τον έμμεσα θερμαινόμενο από τον ηλιακό χώρο, κύριο κατοικήσιμο χώρο. Οι δύο ζώνες χωρίζονται μεταξύ τους με συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα (με ή χωρίς θερμομόνωση) και με ή χωρίς υαλοστάσια. Αντί για υαλοστάσια ο ενδιάμεσος τοίχος μπορεί να διαθέτει θυρίδες για τη μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον κύριο χώρο (Σχήμα 4.4)

Ανάλογα με την αρχιτεκτονική λύση, ο ηλιακός χώρος συνδέεται με έναν κοινό τοίχο με το κτήριο ή ενσωματώνεται σ' αυτό και συνδέεται με το κτήριο με περισσότερους κοινούς τοίχους, συμπαγείς ή με συνδυασμό τοιχοποιίας και υαλοστασίου. Ευνόητο είναι ότι οι γυάλινες όψεις του θερμοκηπίου πρέπει να έχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό για τη μεγιστοποίηση της συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας. Η επιστέγαση του ηλιακού χώρου μπορεί να είναι συμπαγής ή διαφανής. Επίσης, το θερμοκήπιο μπορεί να ενσωματωθεί στο κτήριο, ώστε να έχει τρεις κοινούς τοίχους και έναν υάλινο τοίχο προς το Νότο. (3)



Σχήμα 4.5: Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου

### 4.3 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Όταν η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με ανεξάρτητα συστήματα τα οποία περιλαμβάνουν συμβατικό ενεργειακό εξοπλισμό για την συλλογή, αποθήκευση, διανομή και γενικότερα εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, και συστήματα ελέγχου και αυτοματισμού, τότε τα συστήματα αυτά ονομάζονται ενεργητικά ηλιακά συστήματα.

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα επιτυγχάνουν μεγαλύτερα ποσοστά εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας και επιτρέπουν καλύτερο έλεγχο των συνθηκών λειτουργίας και της απόδοσης τους.

Είναι πιο πολύπλοκα από τα παθητικά γιατί απαιτούνται αντλίες ή κυκλοφορητές για την μεταφορά θερμότητας στα επιμέρους σημεία του συστήματος και τα συστήματα συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι από κατασκευαστικής και λειτουργικής πλευράς πιο πολυσύνθετα. Η λειτουργία των ενεργητικών συστημάτων προσφέρει περισσότερες δυνατότητες στον έλεγχο επιμέρους λειτουργιών. Όλα τα ηλιακά συστήματα περιλαμβάνουν κάποια διάταξη συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλιακών συλλεκτών.

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα περιλαμβάνουν:

- σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας
- κυκλοφορητές και συστήματα ελέγχου
- σύστημα αποθήκευσης
- βοηθητικό σύστημα παραγωγής θερμότητας.

Οι ηλιακοί συλλέκτες διακρίνονται στους:

- επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες
- συγκεντρωτικούς συλλέκτες

#### 4.3.1 Επίπεδοι Ηλιακοί Συλλέκτες

Ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης είναι ο πλέον συνηθισμένος τύπος συλλέκτη. Τυπική εφαρμογή του επιπέδου ηλιακού συλλέκτη είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας. Χρησιμοποιείται για εφαρμογές που απαιτούν σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες εκμεταλλεύονται την άμεση και διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία.

Οι υψηλότερες αποδόσεις παρουσιάζονται όταν έχουμε υψηλά ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά μπορούν να λειτουργήσουν και κατά την διάρκεια μιας συννεφιασμένης μέρας αλλά με χαμηλότερες αποδόσεις. Η κλίση του συλλέκτη επιτρέπει την όσο το δυνατόν πιο κάθετη πρόσπτωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη τη περίοδο του χειμώνα, αυξάνοντας έτσι την ένταση της εκμεταλλεύσιμης ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 4.6: Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης

Τα βασικά τμήματα ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη είναι:

- Ο απορροφητής: περιλαμβάνει την απορροφητική επιφάνεια και τους σωλήνες μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το θερμοαπαγωγό ρευστό. Συνήθως χρησιμοποιείται χαλκός για τους σωλήνες και για την πλάκα απορρόφησης ή αλουμίνιο μόνο για την πλάκα απορρόφησης με επιλεκτική βαφή. Ο απορροφητής έχει μαύρο χρώμα έτσι ώστε να μειώνονται οι ανακλάσεις στην επιφάνεια του
- Η μόνωση του απορροφητή: Μειώνει τις θερμικές απώλειες από την πίσω πλευρά του συλλέκτη
- Το κάλυμμα: αποτελείται από μια διαφανή επιφάνεια που λειτουργεί σαν προστατευτική επιφάνεια και μειώνει τις θερμικές απώλειες του απορροφητήρα προς το περιβάλλον από τη κύρια πλευρά του συλλέκτη. Συνήθως χρησιμοποιείται υψηλής αντοχής κρύσταλλο ενώ σε περιοχές με πολύ αντίξοες καιρικές συνθήκες μπορεί να χρησιμοποιηθεί και διπλό κρύσταλλο, για πρόσθετη μείωση θερμικών απωλειών, αν και παράλληλα μειώνεται και η διαπερατότητα του καλύμματος. Το διαφανές κάλυμμα πρέπει να είναι όσο το δυνατό διαπερατό στην μικρού κύματος ηλιακή ακτινοβολία και μια διαπερατό στην μεγάλη μήκους θερμική ακτινοβολία. Σε εφαρμογές χαμηλών θερμοκρασιών, χρησιμοποιούνται συλλέκτες χωρίς κάλυμμα, μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής αυτού του είδους των συλλεκτών
- Το πλαίσιο του συλλέκτη: πρέπει να είναι στεγανό και αντιδιαβρωτικό

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια του καλύμματος, διαπερνά το διαφανές υλικό, ενώ ένα μικρό ποσοστό αντανακλάται και ένα μικρότερο ποσοστό απορροφάται από το υλικό του καλύμματος, ανάλογα με τις οπτικές ιδιότητες του υλικού. Η διαπερατότητα του υλικού που χρησιμοποιείται για κάλυμμα πρέπει να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από την επιφάνεια του συλλέκτη η οποία είναι μαύρη έτσι ώστε να έχει όσο το δυνατό μεγαλύτερο συντελεστή απορρόφησης και μικρότερο συντελεστή ανάκλασης.

Η ενέργεια που απορροφάται μετατρέπεται σε θερμότητα αυξάνοντας την θερμοκρασία της απορροφητικής επιφάνειας.

Λόγω της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ της απορροφητικής επιφάνειας και του θερμοαπαγωγού ρευστού, η θερμότητα παράγεται και μεταφέρεται στο θερμοαπαγωγό μέσο.

Οι απώλειες θερμότητας από την επιφάνεια του απορροφητή προς το εξωτερικό περιβάλλον, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας περιορίζονται με την παρουσία του καλύμματος. Ο χώρος μεταξύ του απορροφητήρα και του καλύμματος, λειτουργεί σαν ένα μικρό θερμοκήπιο με υψηλές θερμοκρασίες. Για να μειωθούν οι απώλειες θερμότητας η ακτινοβολία από τον απορροφητήρα, χρησιμοποιούνται επιφάνειες με επιλεκτική βαφή. Οι επιφάνειες αυτές έχουν υψηλό συντελεστή απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και μικρό συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας.

Η κυκλοφορία του θερμοαπαγωγού ρευστού μέσα στις σωληνώσεις του συλλέκτη, μπορεί να είναι ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος. Σε περιοχές που η θερμοκρασία πέφτει κάτω από 0°C επιβάλλεται η χρησιμοποίηση κλειστού κυκλώματος, έτσι ώστε να αποφεύγεται το πάγωμα του ρευστού που κυκλοφορεί στον συλλέκτη. Το αντιπηκτικό που προστίθεται στο θερμοαπαγωγό ρευστό προστατεύει τον συλλέκτη και όλο το κύκλωμα. (1)

#### 4.3.2 Συγκεντρωτικοί Ηλιακοί Συλλέκτες

Με την συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι δυνατόν να αυξήσουμε την απόδοση του ηλιακού συλλέκτη. Για να επιτευχθεί η συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι απαραίτητη η συνεχής κίνηση του συλλέκτη, έτσι ώστε να ακολουθεί την ημερήσια πορεία του ήλιου. Συνεπώς, απαιτείται ένα σύστημα κίνησης και αυτοματισμού που ελέγχει την κίνηση του συλλέκτη, αυξάνοντας συνεπώς σημαντικά το κόστος αγοράς, εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος.



Εικόνα 4.7: Συγκεντρωτικός ηλιακός συλλέκτης

Ο ακριβής έλεγχος της κίνησης του συλλέκτη είναι καθοριστικός για την επιτυχή εφαρμογή των συστημάτων αυτού του τύπου. Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες προσφέρονται για εφαρμογές όπου απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες (300 - 600 οC). Οι συγκεντρωτικοί συλλέκτες εκμεταλλεύονται μόνο την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και συνεπώς δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε περιόδους υψηλής νέφωσης. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συγκεντρωτικών ηλιακών συλλεκτών.

Ανάλογα με τους άξονες ελευθερίας για την κίνηση των ανακλαστικών επιφανειών ή κατόπτρων, χωρίζονται σε:

- συγκεντρωτικούς συλλέκτες με έναν άξονα ελευθερίας
- συγκεντρωτικούς συλλέκτες με δυο άξονες ελευθερίας

Ανάλογα με την περιοχή εστίασης της ηλιακής ενέργειας, οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες ανακλαστικών επιφανειών ή κατόπτρων χωρίζονται σε:

- γραμμικού τύπου
- σημειακής εστίασης και
- πύργου

Σε όλες τις παραπάνω εφαρμογές, το κοινό χαρακτηριστικό τους είναι τα κινούμενα κάτοπτρα.

Εναλλακτικά των συγκεντρωτικών συλλεκτών με κινούμενα συγκεντρωτικά κάτοπτρα υπάρχει η δυνατότητα οι ανακλαστικές επιφάνειες να μην κινούνται και να κινείται μόνο το σημείο εστίασης.

- σταθερού κατόπτρου.

Σε όλες τις περιπτώσεις απαιτείται μια ανακλαστική επιφάνεια που κατασκευάζεται από πολύ καλής ποιότητας υλικά (π.χ. καθρέφτες και ειδικές μεμβράνες) με υψηλό συντελεστή ανάκλασης. Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία αντανακλάται και συγκεντρώνεται σε μια περιοχή εστίασης όπου κυκλοφορεί το θερμοαπαγωγό μέσο. Το ρευστό είναι συνήθως λάδι, το οποίο θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες και ή αποδίδει την θερμότητα μέσω εναλλάκτη για την παραγωγή ατμού και κατόπιν ηλεκτρικής ενέργειας, είτε άμεσα η διαθέσιμη θερμότητα χρησιμοποιείται για την παραγωγή έργου, είτε μεταφέρεται σε αποθήκες θερμότητας.

Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των ρευστών που χρησιμοποιούνται σε τέτοιου είδους εφαρμογές, αν και δεν έχουν υψηλή θερμοχωρητικότητα (όπως του νερού), μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν υπό συνθήκες χαμηλής πίεσης. Το ιξώδες τους μειώνεται στις υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας των συστημάτων αυτών. Στην αρχή λειτουργίας των συγκεντρωτικών ηλιακών συλλεκτών βασίζεται και η λειτουργία των ηλιακών φούρνων οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την τήξη μετάλλων, για την μελέτη ιδιοτήτων και παραγωγή υλικών που αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες.

Τελειώνοντας θα πρέπει να αναφερθούμε και στα προβλήματα που έχει η ηλιακή ενέργεια σχετικά με το περιβάλλον γιατί εκτός από τα θετικά υπάρχουν και αρνητικές επιπτώσεις που πρέπει όμως να τις παίρνει κανείς σοβαρά υπόψη, αν θεωρήσει βέβαια μια εκτεταμένη χρήση της ηλιακής ενέργειας.

Το πρώτο, είναι η αισθητική ένταξη των ηλιακών συστημάτων στα κτίρια. Είναι πολύ σημαντικό αυτό, ιδιαίτερα για την Ελλάδα.

Ένα δεύτερο σημαντικό πρόβλημα που υπάρχει γενικότερα είναι η διάθεση μεγάλων επιφανειών. Στις πόλεις βέβαια θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν οι οροφές των κτιρίων. Στην ύπαιθρο το ερώτημα είναι, κατά πόσο αυτές οι μεγάλες επιφάνειες είναι διαθέσιμες αφού θα πρέπει να 'ναι άγονες περιοχές γιατί δεν μπορεί να αντικατασταθούνε τόσο εύκολα οι καλλιεργήσιμες επιφάνειες για να παράγουμε το ρεύμα.

Τρίτο είναι, η απαίτηση ανακύκλωσης των υλικών. Πρέπει σαφώς σε μια εκτεταμένη εφαρμογή συστημάτων ηλιακής ενέργειας να υπάρχουν και τα κατάλληλα εργοστάσια ανακύκλωσης όλων των υλικών, είτε του γυαλιού, είτε του μετάλλου, είτε τον μονωτικών υλικών κλπ.

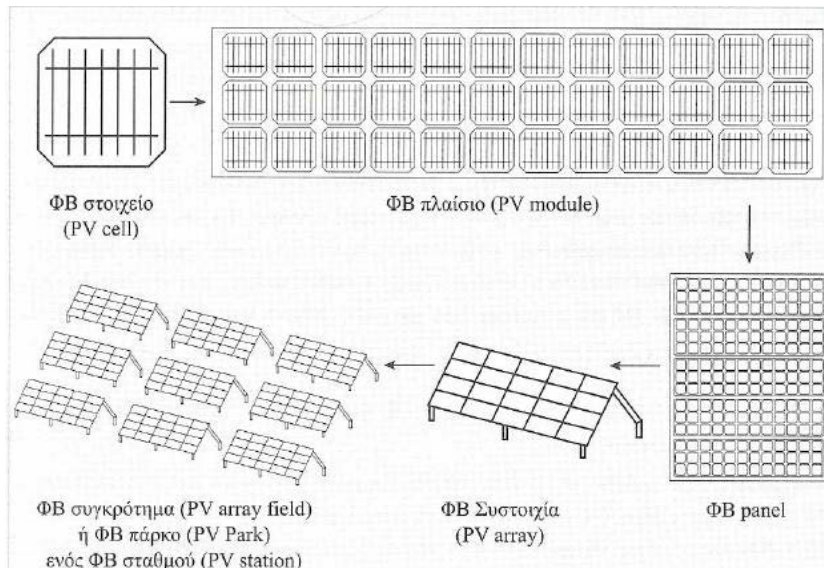
Και τέταρτον, θα πρέπει να δοθεί μια προσοχή και στα ρευστά τα οποία έχουνε πιθανόν κάποιες τοξικές ουσίες, όπως είναι τα αντιψυκτικά των ηλιακών συλλεκτών ή επίσης και στα φωτοβολταϊκά να μην πετιόνται από εδώ και από εκεί γιατί και τα φωτοβολταϊκά περιέχουν κάποια βαρέα μέταλλα τα οποία είναι τοξικά.

Πρέπει τελικά να συνειδητοποιήσουμε ότι ο πλανήτης μας είναι ενιαίος όσον αφορά τα περιβαλλοντικά προβλήματα. Πρέπει επομένως να υπάρχει ένα παγκόσμιο πνεύμα που να διέπει τα ζητήματα ενέργειας και περιβάλλοντος. (2)

#### **4.4 Φωτοβολταϊκά Συστήματα**

Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από τα Φ/Β στοιχεία και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την Ηλεκτρική Ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Για αυτόνομα συστήματα υπάρχει επίσης το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες. Όταν τα Φ/Β στοιχεία εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ποσοστό 14% περίπου της προσπίπτουσας Ηλιακής Ενέργειας σε ηλεκτρική. Η μετατροπή της Ηλιακής Ενέργειας σε Ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι δίοδοι ημιαγωγών, σε μορφή δίσκου που καθώς δέχονται στην επιφάνειά τους την ηλιακή ακτινοβολία, εκδηλώνουν μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στην μπροστινή και την πίσω όψη τους. Ένα Φ/Β στοιχείο ανάλογα με το υλικό κατασκευής του και την ένταση της ακτινοβολίας που δέχεται, μπορεί να δώσει διαφορά δυναμικού 0,5-1 V και πυκνότητα ρεύματος 20-40 mA/cm<sup>2</sup> της επιφάνειάς του. Ορίζουμε ως συντελεστή απόδοσης ή απόδοση του Φ/Β στοιχείου το λόγο της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το στοιχείο προς την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνειά του.



Σχήμα 4.8: Δομές Φ/Β στοιχείων

Τα Φ/Β στοιχεία από τεχνολογικής άποψης μπορούν να χωριστούν σε δυο βασικές κατηγορίες:

- Κρυσταλλικού πυριτίου:
  - Μονοκρυσταλλικού πυριτίου, με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 14,5% έως 21% και
  - Πολυκρυσταλλικού πυριτίου, με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 13% έως 14,5%
- Λεπτών Μembrανών:
  - Άμορφου Πυριτίου, ονομαστικής απόδοσης ~7% και
  - Χαλκοπυριτών CIS/CIGS, ονομαστικής απόδοσης από 7% έως 11%

Το πυρίτιο (Si) είναι η βάση για το 90% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β. Η κυριαρχία αυτή οφείλεται αρχικά στην παγκόσμια επιστημονική και τεχνική υποδομή για το υλικό αυτό, στα χαρακτηριστικά του και στην αφθονία του στη γη.

Η συνεχής αύξηση της παραγωγής ημιαγωγών υλικών και η βελτίωση της τεχνολογίας πυριτίου οδηγούν στη συνεχή αύξηση της απόδοσης των Φ/Β στοιχείων, που πλησιάζει τη μέγιστη θεωρητική τιμή ενώ παράλληλα έχουμε ραγδαία μείωση στο κόστος τους.

Παραθέτουμε ένα πινακάκι με τους τύπους των Φ/Β πάνελ και τις αποδόσεις τους:

#### Τύποι Φ/Β πάνελ:

ΤΥΠΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔΟΣΗ (%)
Μονοκρυσταλικά	16,9
Πολυκρυσταλικά	14,2
Thin film	7,9
Άμορφο πυρίτιο	7,5
Ribbon silicon	13,1
Μικρο-άμορφο πυρίτιο	9,1
CIS	11
Cadmium telluride	9
III-V semiconductor	27
Dye-sensitized	5
Hybrid HIT solar cell	16.8

Πίνακας 4.9: Τύποι Φ/Β πάνελ και η μέγιστη απόδοσης τους.

#### 4.4.1 Τα χαρακτηριστικά των Φ/Β Συστημάτων

Τα βασικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων, που τα διαφοροποιούν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ είναι:

- Με τη χρήση τους μπορούμε να έχουμε απευθείας παραγωγή Ηλεκτρικής Ενεργείας ακόμα και σε πολύ μικρή κλίμακα, π.χ. σε επίπεδο μερικών δεκάδων W ή mW.
- Είναι εύχρηστα. Σε μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
- Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις, ενσωματωμένα σε κτίρια και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- Είναι βαθμωτά συστήματα, δηλ. μπορούν να επεκταθούν σε μεταγενέστερη φάση για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών, χωρίς μετατροπή του αρχικού συστήματος.
- Λειτουργούν αθόρυβα, εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον
- Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικές.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία κατά τη λειτουργία. Οι εγγυήσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές για τις Φ/Β γεννήτριες είναι περισσότερο από 25 χρόνια καλής λειτουργίας.



Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Έχουν μηδενικό κόστος λειτουργίας. Δεν καταναλώνουν πρώτες ύλες, καθώς χρειάζονται μόνο το φως του ήλιου για να παράγουν Ηλεκτρική Ενέργεια.
- Διακρίνονται για την υψηλή τους αξιοπιστία και τη μεγάλη διάρκεια ζωής τους. Η αρχική τους κατασκευή ήταν για χρήση στο διάστημα όπου οι επισκευές είναι δαπανηρές έως ακατόρθωτες. Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες σήμερα τροφοδοτούν με ρεύμα σχεδόν όλους τους δορυφόρους.
- Δεν απαιτούν συντήρηση, αφού δεν έχουν κινούμενα μέρη.
- Δεν μολύνουν το περιβάλλον. Κατασκευάζονται από ανακυκλώσιμα υλικά (γυαλί, αλουμίνιο, πυρίτιο) και για αυτό είναι περιβαλλοντικά καθαρά. Δεν απαιτούν καύσιμα κατά τη λειτουργία τους και δεν παράγουν βλαβερούς για το περιβάλλον ρύπους, ενώ ταυτόχρονα είναι και αθόρυβα.
- Είναι ευέλικτα συστήματα καθώς τοποθετούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις σε ενέργεια. Σε περίπτωση αύξησης των αναγκών το σύστημα μπορεί εύκολα να αναβαθμιστεί και να καλύψει τις ανάγκες που προέκυψαν.
- Παρέχουν πλήρη ενεργειακή αυτονομία. Έτσι μπορούν να τοποθετηθούν σε δύσβατες περιοχές, σε πλωτές εξέδρες και γενικά όπου το δίκτυο της ΔΕΗ είναι οικονομικά ασύμφορο να φτάσει.

Το κυριότερο μειονέκτημα μέχρι πριν από λίγο καιρό ήταν το σχετικά υψηλό κόστος αγοράς και η έλλειψη επιδοτήσεων. Το κλίμα αυτό όμως τώρα αλλάζει ριζικά. Πάρα πολλές χώρες έχουν ξεκινήσει τα τελευταία χρόνια σημαντικά προγράμματα ενίσχυσης των Φ/Β, με υψηλές επιδοτήσεις της αγοράς και εγκατάστασης Φ/Β αλλά και της παραγόμενης ηλιακής kWh.



Εικόνα 4.10: Εγκατάσταση Φ/Β σε οικία

#### 4.4.2 Κατηγορίες Φ/Β Συστημάτων

Ανάλογα με την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Διασυνδεδεμένα Φ/Β 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 την ενέργεια που απαιτείται. Έτσι στα διασυνδεδεμένα συστήματα υπάρχουν δυο μετρητές Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Επίσης στην περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται χρήση συσσωρευτών, γεγονός που ελαττώνει το αρχικό κόστος της εγκατάστασης καθώς και το κόστος συντήρησης.

- Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

Σήμερα υπάρχει πληθώρα μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κεραίες τηλεπικοινωνιακών σταθμών, εξοχικά σπίτια, αντλίες άντλησης νερού, χιονοδρομικά κέντρα, τροχόσπιτα, φάρους, μετεωρολογικούς σταθμούς, υπαίθρια φωτιστικά σώματα, σκάφη και άλλα τα οποία καθίστανται ενεργειακά αυτόνομα. 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. Όταν τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδυασθούν και με άλλη ανανεώσιμη ή συμβατική πηγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (ανεμογεννήτρια, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, κ.λπ.) τότε χαρακτηρίζονται σαν υβριδικά.

- Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα

Σε αυτή την κατηγορία έχουμε κάποιο αυτόνομο σύστημα που αποτελείται από τη Φ/Β συστοιχία σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας όπως μια γεννήτρια πετρελαίου ή άλλη μορφή ΑΠΕ όπως για παράδειγμα οι Α/Γ. Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν επίσης βάσει των περιοχών εφαρμογής τους. Έτσι έχουμε:

- Καταναλωτικά προϊόντα (0,001-100Wp): Τα συστήματα της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιούνται σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο ή σε τροχόσπιτα, σκάφη αναψυχής κ.λπ. για να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες φωτισμού, ψύξης και για προϊόντα όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, φανοί και άλλα.

- Αυτόνομα ή απομονωμένα συστήματα (100Wp-μερικά kWp): Σε αυτή την κατηγορία συναντάμε συστήματα παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας για σπίτια και μικρούς οικισμούς που δεν συνδέονται στο δίκτυο. Τα συστήματα αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούνται επίσης για αφαλάτωση και άντληση νερού, για φωτισμό (δρόμων, πάρκων, αεροδρόμιων), για ψύξη (αγροτικών προϊόντων), για συστήματα σηματοδότησης (οδικής κυκλοφορίας) και για συστήματα τηλεπικοινωνιών και συναγερμού.
- Συστήματα συνδεδεμένα με το δίκτυο (200Wp-αρκετά Wp): Στην κατηγορία αυτή διακρίνουμε δυο υποκατηγορίες συστημάτων:
  - 1) τους Φ/Β σταθμούς παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας, όπου η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται απευθείας στο δίκτυο και
  - 2) τα Φ/Β συστήματα μεγέθους μέχρι μερικών εκατοντάδων kWp που τροφοδοτούν κατοικίες, συγκροτήματα κατοικιών ή άλλα κτίρια. Αν τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια, τροφοδοτείται (πωλείται) στο δίκτυο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΚΑΡΠΑΘΟΣ



## 5.1 Εισαγωγή

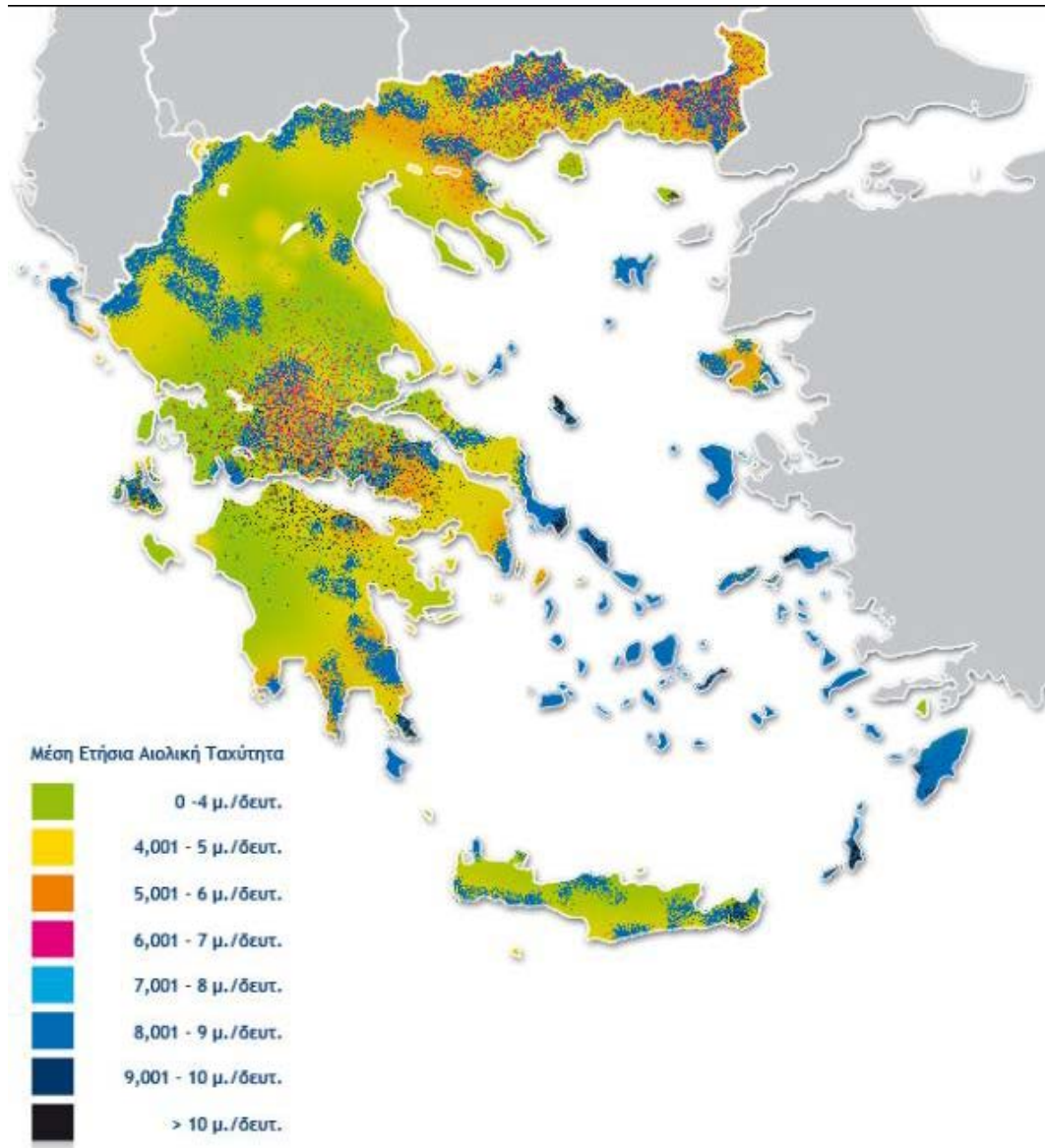
Η Κάρπαθος είναι το δεύτερο σε έκταση νησί του ελληνικού συμπλέγματος της Δωδεκανήσου (μετά τη Ρόδο) και ανήκει στα νησιά του νοτιοανατολικού Αιγαίου. Βρίσκεται στην μέση του Καρπάθιου πελάγους μεταξύ Ρόδου και Κρήτης.



Έχει έκταση 301.152 τετραγωνικά χιλιόμετρα, 160 χιλιόμετρα μήκος ακτών και συνολικό πληθυσμό 6.794 κατοίκους(σύμφωνα με την απογραφή του 2011). Υπολογίζεται ότι τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω των τουριστών και των Καρπάθιων που επισκέπτονται το νησί τους, ο πληθυσμός φτάνει τους 20.000 κατοίκους. Πρωτεύουσα του νησιού καθώς και κεντρικό λιμάνι είναι τα Πηγάδια με 2180 κατοίκους.

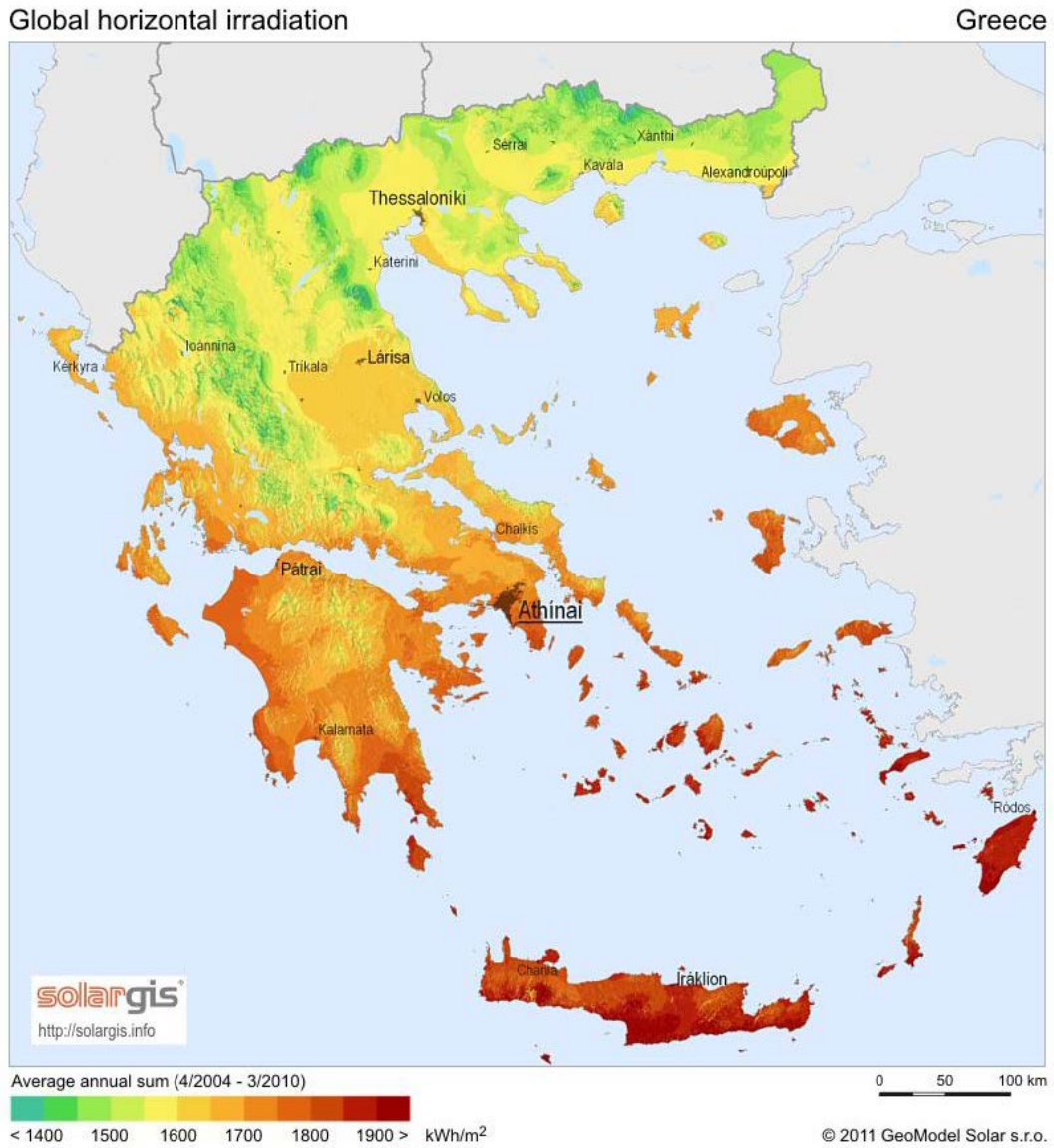
Η Κάρπαθος έχει μακρόστενο σχήμα, το μήκος της είναι περίπου 48km και το πλάτος της ποικίλει από 1 έως 12km. Στα βόρεια του νησιού εκτείνεται η ακατοίκητη νησίδα Σαρία, με την οποία η Κάρπαθος παλαιότερα ήταν ενωμένη. Από άποψη γεωμορφολογίας είναι από τα πιο πλούσια νησιά. Η ποικιλία και η χρωματική μαγεία του φυσικού τοπίου της είναι μοναδική. Θεωρείται το νησί των αντιθέσεων καθώς συνδυάζει βουνά, χαράδρες, πεδιάδες, κοιλάδες, ατελείωτες αμμουδιές, κολπίσκους και γραφικά λιμανάκια. Το έδαφος της είναι κυρίως ορεινό με ψηλότερο βουνό το Λάστο ύψους 1215 μέτρων, που είναι και το ψηλότερο βουνό στα Δωδεκάνησα, ενώ η νότια πλευρά του νησιού είναι πεδινή. Διαθέτει εκτεταμένες δασικές εκτάσεις με έντονη βλάστηση, όπου υπάρχουν πολλά σπάνια και ενδημικά είδη φυτών και ζώων. Για αυτό το λόγο κρίθηκε απαραίτητο 2 περιοχές της Καρπάθου, η μια στην κεντρική Κάρπαθο και η άλλη στην Βόρεια Κάρπαθο, να ενταχθούν στο δίκτυο NARUTA. Βάσει της νομοθεσίας δίνεται η δυνατότητα χωροθέτησης ΑΠΕ στις περιοχές NARUTA, αρκεί αυτές να μην έχουν κηρυχθεί αναδασωτές εκτάσεις.

Από την αρχαιότητα έως και σήμερα η Κάρπαθος είναι γνωστή ως ένα από τα πιο ανεμοδαρμένα νησιά, για τον λόγο αυτό ονομαζόταν στην αρχαιότητα και Ανεμόεσσα ή Ανεμούσα. Το πλούσιο αιολικό της δυναμικό τροφοδοτούσε πολλούς ανεμόμυλους που βρίσκονται διάσπαρτοι σε όλο το νησί. Στο χάρτη που ακολουθεί βλέπουμε ότι η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου στην Κάρπαθο ξεπερνά και τα 10m/s σε αρκετές περιοχές.



Χάρτης 5.1: Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι η χώρα με την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στην Ευρώπη. Συγκεκριμένα τα νησιά του νοτιοανατολικού Αιγαίου είναι οι καταλληλότερες περιοχές για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών λόγω της πολύς υψηλής ηλιοφάνειας. Στον ακόλουθο χάρτη της Ελλάδος, φαίνεται η ηλιακή ακτινοβολία.



Χάρτης 5.2: Ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα

## 5.2 Παραγωγή και Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η ηλεκτροδότηση στα νησιά του Αιγαίου γίνεται από μικρού (μέχρι 1000 kW), μεσαίου (μέχρι 10.000 kW) και μεγάλου (άνω των 10.000 kW) μεγέθους Αυτόνομους Σταθμούς Παραγωγής (ΑΣΠ), που στηρίζονται στη λειτουργία μηχανών ντίζελ. Οι μηχανές ντίζελ, που είναι μηχανές εσωτερικής καύσεως καταναλώνουν Ντίζελ και Μαζούτ. Λειτουργούν με μικρό βαθμό απόδοσης εξαιτίας των διακυμάνσεων του φορτίου και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καταναλώνουν υψηλές ποσότητες καυσίμων.

Οι υψηλές ποσότητες καυσίμων που απαιτούνται, το κόστος αλλά και οι δυσκολίες μεταφοράς των καυσίμων στα νησιά (ειδικά στα απομονωμένα), συνθέτουν το πολύ υψηλό κόστος παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας στα νησιά. Υπεύθυνη για την ηλεκτροδότηση των νησιών της Ελλάδας εκτός των νησιών του Ιονίου είναι η Διεύθυνση Παραγωγής Νήσων (ΔΠΝ).

Το ρεύμα ως γνωστόν είναι ένα από τα δημόσια αγαθά, για αυτό και η ΔΕΗ έχει καθιερώσει μια κοινή τιμή πώλησης τόσο στο ηπειρωτικό δίκτυο όσο και στα νησιά. Το κόστος παραγωγής 1 kWh από τον ΑΣΠ Καρπάθου κοστίζει στη ΔΕΗ περίπου 0,2 ευρώ, ενώ η τιμή πώλησης της χρεώνεται ανάλογα με την κατανάλωση. Η ΔΕΗ κοστολογεί την Ηλεκτρική Ενέργεια κλιμακωτά σύμφωνα με την κατανάλωση. Αναλυτικά αν η κατανάλωση τετραμήνου:

- Δεν υπερβαίνει τις 800 kWh, η χρέωση είναι 0.06987 ευρώ/ kWh.
- Υπερβαίνει τις 800 kWh, αλλά δεν υπερβαίνει τις 2000 kWh, η χρέωση για τις 800 πρώτες kWh είναι 0.07197 ευρώ/kWh, για τις επόμενες 800 kWh 0.09171 ευρώ/ kWh και για τις επόμενες 400 kWh 0.11257 ευρώ/ kWh.
- Είναι μεγαλύτερη των 2000 kWh και μικρότερη είτε ίση των 3000 kWh, η χρέωση για τις 2000 kWh είναι η ίδια με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω, ενώ οι επόμενες 1000 kWh κοστολογούνται με 0.15059 ευρώ/ kWh.
- Είναι μεγαλύτερη των 3000 kWh και μικρότερη ή ίση των 4400 kWh. Η χρέωση για τις 3000 kWh γίνεται με τον τρόπο που περιγράφηκε ήδη, ενώ οι υπόλοιπες 1440 kWh χρεώνονται με 0.15204 ευρώ/ kWh.
- Είναι μεγαλύτερη των 4400 kWh. Σε αυτή την περίπτωση αλλάζει η κλίμακα σε όλες τις χρεώσεις και γίνεται για τις πρώτες 800 kWh 0.07441 ευρώ/ kWh, για τις επόμενες 800 kWh 0.09483 ευρώ/ kWh, για τις επόμενες 400 kWh 0.11639 ευρώ/ kWh και για τις υπόλοιπες kWh η χρέωση είναι 0.15421 ευρώ/ kWh.

Επειδή στην Κάρπαθο έχουμε κυρίως οικιακούς καταναλωτές μπορούμε με ασφάλεια να πούμε ότι η τιμή χρέωσης μιας kWh είναι περίπου 0.07 ευρώ. Έτσι προκύπτει ότι το κόστος παραγωγής 1 kWh είναι σχεδόν τριπλάσιο από την τιμή πώλησης της, καταλαβαίνουμε λοιπόν πόσο ζημιόγνοο είναι αυτό για την ΔΕΗ. Έχει λοιπόν σαν αποτέλεσμα η ΔΕΗ να σημειώνει κέρδη από την ηλεκτροδότηση του ηπειρωτικού χώρου και να ζημιώνεται από την ηλεκτροδότηση των νησιών. Τα τελευταία χρόνια είχαμε την εγκατάσταση αιολικής ισχύος στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου και συμμετοχή των αιολικών στην παραγωγή Η/Ε. Από τα επίσημα στοιχεία του Κλιμάκιου Ήπιων Μορφών Ενέργειας, προκύπτει ότι σημειώνονται σημαντικά κέρδη από την εκμετάλλευση της Αιολικής Ενέργειας.



### 5.3 ΑΣΠ Καρπάθου

Η Κάρπαθος διαθέτει έναν Αυτόνομο Σταθμό Παραγωγής (ΑΣΠ), ο οποίος καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό των αναγκών του νησιού σε ηλεκτρική ισχύ, ενώ ένα μικρότερο ποσοστό αυτών των αναγκών καλύπτεται από το αιολικό πάρκο στον Άγιο Ιωάννη συνολικής ισχύος 0,275MW. Ο ΑΣΠ βρίσκεται σε μικρή απόσταση 3,8km περίπου από τα Πηγάδια και συγκροτείται από 8 συμβατικές πετρελαϊκές γεννήτριες και 1 εφεδρική, ενώ έχει τη δυνατότητα να καλύψει ισχύ έως και 17.904 kW. Αναλυτικά τα Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη (H/Z) απαρτίζονται από:

A/A	ΜΟΝΑΔΑ	Ονομαστική Ισχύς (kW)	Μέγιστη αποδιδόμενη ισχύς (kW)	Έτος ένταξης στον ΑΣΠ	Καύσιμο
1	WARTSILA 32, 12V	5.327	5.327	2007	ΜΑΖΟΥΤ
2	WARTSILA 32, 12V	5.327	5.327	2005	ΜΑΖΟΥΤ
3	USSR Γ-72	800	600	1996	ΝΤΙΖΕΛ
4	DAIHATSU 8DV-26	2.100	1.800	1984	ΝΤΙΖΕΛ
5	DAIHATSU 8DV-26	2.100	1.800	1984	ΝΤΙΖΕΛ
6	WARTSILA 8R22 ΦΟΡΗΤΗ	1.200	850	1985	ΝΤΙΖΕΛ
7	MITSUBISHI S16R ΦΟΡΗΤΗ	1.275	1.100	2012	ΝΤΙΖΕΛ
8	MITSUBISHI S16R ΦΟΡΗΤΗ	1.275	1.100	2013	ΝΤΙΖΕΛ
Συνολική Ισχύς		19.404	17.904		

\*Η εφεδρική γεννήτρια η οποία δεν είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο είναι μια DOOSAN P222LE-S ονομαστικής ισχύος 540 kW

Η λειτουργία των συμβατικών μονάδων σε αυτόνομα δίκτυα (Καρπάθου) είναι αντιοικονομική λόγω των διακυμάνσεων φορτίου. Σε πολλά νησιά, που συμμετέχουν και Α/Γ παλαιάς τεχνολογίας (σταθερών στροφών), οι διακυμάνσεις αυτές αυξάνονται δραματικά καθιστώντας ακόμα πιο οικονομικά ασύμφορη τη λειτουργία συμβατικών μονάδων. Τι συμβαίνει όμως ακριβώς όταν έχουμε διακυμάνσεις φορτίου; Όταν μια ντιζελογεννήτρια λειτουργεί κανονικά με σταθερό φορτίο χωρίς απότομες διακυμάνσεις και στο βέλτιστο σημείο, η ειδική κατανάλωση καυσίμου έχει μια συγκεκριμένη τιμή και η ντιζελογεννήτρια δεν καταπονείται. Αν το φορτίο μας δεν είναι σταθερό και σημειώνονται διακυμάνσεις η ντιζελογεννήτρια θα πρέπει να αυξομειώνει απότομα στροφές ώστε να μπορεί να καλύψει την επιπλέον ζήτηση. Κάτι τέτοιο όμως ισοδυναμεί με αύξηση της ειδικής κατανάλωσης, που συνεπάγεται οικονομική επιβάρυνση, και καταπόνηση της μηχανής.

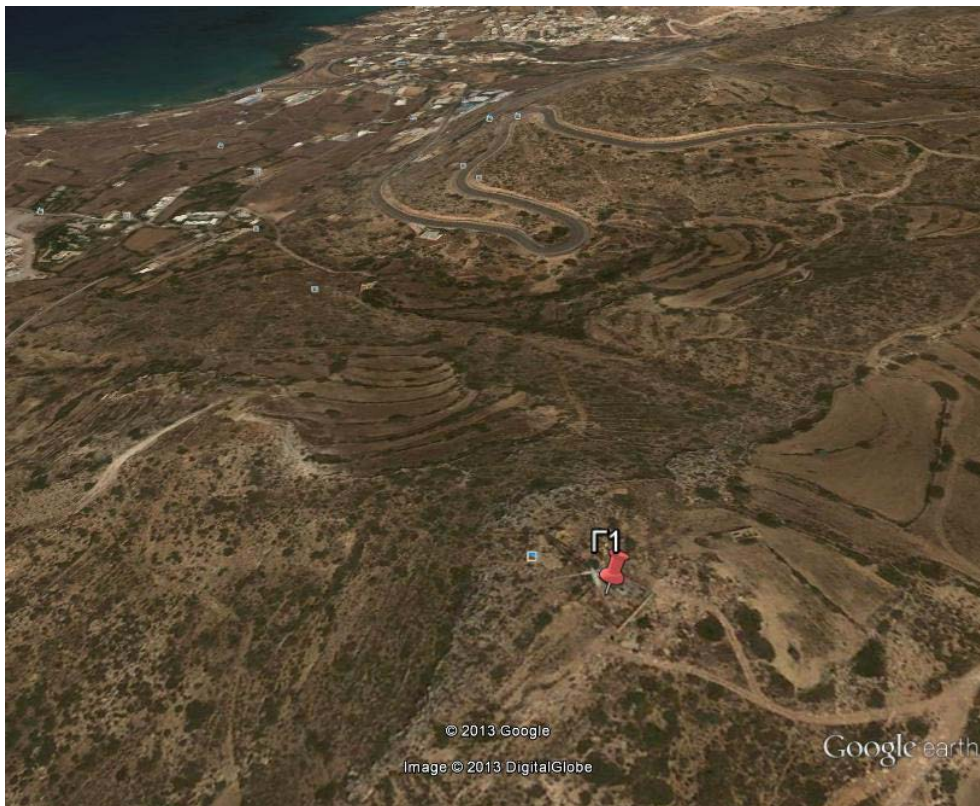
## 5.4 Ανεμογεννήτριες στην Κάρπαθο

Το 1991 ξεκίνησε να λειτουργεί το αιολικό πάρκο στον Άγιο Ιωάννη Καρπάθου και σταδιακά ξεκίνησε να αποδίδει ικανοποιητική Η/Ε στο δίκτυο. Αποτελείται από 5 Α/Γ τύπου 15S/55kW, της εταιρείας Vestas. Αυτό το μοντέλο Α/Γ είναι σταθερών στροφών, χωρίς έλεγχο βήματος, ονομαστικής ισχύος 55kW και μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος 58kW. Παρότι είναι σταθερών στροφών χωρίς έλεγχο βήματος, δουλεύει αποδοτικά και για χαμηλές ταχύτητες ανέμου, γιατί η ηλεκτρική ισχύς επάγεται από μια ασύγχρονη γεννήτρια διπλής περιέλιξης που λειτουργεί σε δυο σκάλες. Το αιολικό πάρκο έχει συνολική ονομαστική ισχύ ίση με 0,275MW και απέχει από τον ΑΣΠ Καρπάθου 10 χιλιόμετρα.



Φωτογραφία 5.3: Άποψη αιολικού πάρκου στον Άγιο Ιωάννη Καρπάθου

Ο ΑΣΠ και το αιολικό πάρκο επικοινωνούν αμφίδρομα. Έτσι είναι δυνατόν από την αίθουσα ελέγχου να σταλθούν σήματα για την σύνδεση ή την αποσύνδεση των Α/Γ. Ο ΑΣΠ πρέπει να ελέγχει τη σύνδεση ή την αποσύνδεση των Α/Γ, γιατί οι Α/Γ 15S δεν μπορούν από μόνες τους να εγγυηθούν την ποιότητα της ηλεκτρικής ισχύος καθώς δεν έχουν τη δυνατότητα να ελέγξουν από μόνες τους την σταθερότητα της τάσης, της συχνότητας και το συντελεστή ισχύος. Η συνεισφορά του αιολικού πάρκου στην ετήσια παραγόμενη ενέργεια είναι μικρή κυρίως λόγω του μικρού του μεγέθους αλλά και γιατί δεν επιτυγχάνεται διείσδυση άνω του 30%. Εκτός από τις 5 Α/Γ που αναφέρθηκαν, τις οποίες τις εκμεταλλεύεται η ΔΕΗ, υπάρχουν ακόμα 2 Α/Γ των 225kW οι οποίες ανήκουν στον Δήμο και 1 ακόμα, στην ευρύτερη περιοχή, των 500kW η οποία ανήκει σε ιδιώτη.



Φωτογραφίες 5.4 και 5.5: Οι θέσεις των ανεμογεννητριών στην Κάρπαθο (A1-A5 ΔΕΗ, B1-B2 Δήμος και Γ1 ιδιώτης)

## 5.5 Φωτοβολταϊκά στην Κάρπαθο

Στην Κάρπαθο μέχρι στιγμής τα μόνα φωτοβολταϊκά που υπάρχουν ανήκουν σε ιδιώτες και δεν τα εκμεταλλεύεται η ΔΕΗ οπότε στην παρούσα εργασία δεν θα μας απασχολήσουν. Ενδεικτικά αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

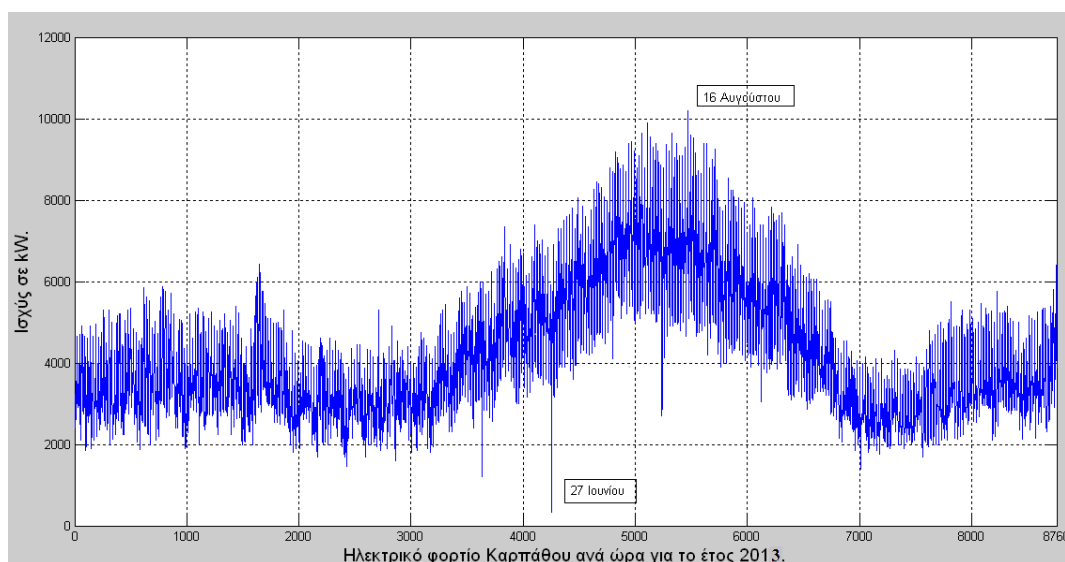
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΗΝ ΚΑΡΠΑΘΟ (ΚΑΙ ΚΑΣΟ)							
Α/Α	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΞΑΙΡΕΣΗΣ ΡΑΕ	ΕΤΑΙΡΙΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ (Kw)	ΓΡΑΜΜΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΤΗ ΠΑΡΚΟΥ
1	52916739	1848/2008	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΔΕΣΠΟΤΑΚΗΣ ΚΑΙ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΠΙΤΤΑ Ο.Ε.	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ Δ.Δ. ΑΡΚΑΣΑΣ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	68.85	ΔΙΑΣΥΝΔΕΤΙΚΟ Ρ-230 & Ρ-220 ΚΑΡΠΑΘΟΥ	50025842
2	52916735	1846/2009	ΖΑΜΑΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ & ΣΟΦΙΑ Ο.Ε	ΑΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ-ΑΦΙΑΡΤΗΣ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	69.92	Ρ-23	50075203
3	52916737	1845/2009	ΣΑΚΕΛΛΑΚΗ ΣΤΑΜΑΤΙΝΑ & ΣΙΑ Ε.Ε	ΞΕΡΟΚΑΜΠΟΣ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	69.97	Ρ-23	50075204
4	52916736	1851/2009	ΒΙΤΤΩΡΟΥΛΗΣ Μ& Π Ο.Ε	"ΒΑΛΛΙΑ" ΑΦΙΑΡΤΗ ΜΕΝΕΤΩΝ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	69.92	Ρ-23	50075202
5	52916744	1855/2009	ΕΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ -ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ	ΜΑΕΡΟΥ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	70	Ρ-23 ΑΣΠ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	50078953
6	52916743	1856/2009	ΤΟΥΚΑΝΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Ε.Π.Ε.	"ΕΞΩ ΑΥΛΗ" ΑΡΚΑΣΑΣ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	69.66	Ρ-22 ΑΣΠ ΚΡΠΑΘΟΥ	50077608

7	52916782	1847/2009	ΡΟΥΣΣΑΚΗ ΕΙΡΗΝΗ & ΖΑΜΑΛΗ ΕΥΓΕΝΙΑ Ο.Ε.	ΛΑΣΠΩΜΑ ΚΤΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΤΟΥ Δ.Δ. ΜΕΝΕΤΩΝ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	69.642	P-23 ΤΣΠ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	50077610
8	52916774	1850/2009	ΣΕΡΡΑΪΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ	"ΙΧΤΙΑ" ΠΥΛΕΣ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	69.92	R-21 ΚΑΡΠΑΘΟΥ	50101624
9	52916812	1854/2009	ΒΙΤΤΩΡΟΥΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΡΡΕ Ε Ε	ΚΑΡΠΑΘΟΣ ΛΑΣΠΩΜΑ ΑΦΙΑΡΤΗ ΜΕΝΕΤΩΝ	69.97	P-23 ΤΣΠ ΚΑΡΠΑΘ. ΑΕΡΟΔ.	50101766
10	52916811	1844/2009	ΧΟΥΒΑΡΔΑ Ε & Δ Ο.Ε	ΚΑΡΠΑΘΟΣ ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΟΛΙΑΤΣΕΣ ΑΡΚΑΣΑΣ	69.92	P-22 ΑΣΠ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	50101622
11	52916835	1853/2009	ΜΑΡΟΥΛΗ & ΣΙΑ Ο Ε	ΑΡΑΚΙ ΑΡΚΑΣΑΣ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	69.12	P-230 ΚΑΡΠΑΘΟΥ	96295295
12	52916836	1852/2009	ΠΑΠΑΗΛΙΟΥ & ΣΙΑ Ο Ε	ΑΡΑΚΙ ΑΡΚΑΣΑΣ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	69.12	P-230 ΚΑΡΠΑΘΟΥ	96295297
13	52916725		ΡΙΝΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε (Δ.Τ ΗΛΙΟΑΝΑΛΥΣΗ Ε.Ε)	ΑΡΚΑΣΑ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	69.12	P-220 ΚΑΡΠΑΘΟΥ	12163402
14	52916726		ΡΙΝΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε	ΑΡΚΑΣΑ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	69.12	P-220 ΚΑΡΠΑΘΟΥ	12163419
15	52916723		ΡΙΝΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ - ΚΟΝΤΟΥ ΜΑΡΙΑ Ο.Ε ( Δ.Τ ΦΩΤΟΕΝΕΡΓΕΙΑ Ο.Ε)	ΑΛΛΙ ΑΠΕΡΙΟΥ(ιδιοκτησία Βαρδασύλη)	69.12	P-230 ΚΑΡΠΑΘΟΥ	12163414
16	52916694	1864/2009	ΝΙΔΙΑ ΕΝΕΡΧΟΤ Ε.Π.Ε	"ΚΕΦΑΛΙ" ΑΓΙΑ ΜΑΡΙΝΑ ΚΑΣΟΥ	69.66	P-220 ΑΣΠ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	50077682
17	52916695	1863/2009	ΝΙΔΙΑ ΕΝΕΡΧΟΤ Ε.Π.Ε	"ΧΡΥΣΟΥΛΑΣ" ΑΓΙΑ ΜΑΡΙΝΑ ΚΑΣΟΥ	49.02	P-220 ΑΣΠ ΚΑΡΠΑΘΟΥ	89911930

## 5.6 Εξέλιξη της ζήτησης φορτίου

Κύριος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη για την εγκατάσταση ΑΠΕ είναι η ηλεκτρική ζήτηση του νησιού. Για αυτό το λόγο χρειαζόμαστε τα πιο πρόσφατα ωριαία ετήσια δεδομένα ζήτησης, ώστε η διαστασιολόγηση που θα κάνουμε να ανταποκρίνεται στην υπάρχουσα κατάσταση. Διαθέτουμε τα ετήσια δεδομένα του 2013, έτσι όπως καταμετρήθηκαν στον ΑΣΠ Καρπάθου.

Από το διάγραμμα του ηλεκτρικού φορτίου της Καρπάθου βλέπουμε, ότι οι μέγιστες καταναλώσεις συμβαίνουν τους καλοκαιρινούς μήνες και ιδιαίτερα τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Αυτό είναι αναμενόμενο λόγω των τουριστών που συρρέουν στο νησί και των πολλών πανηγυριών που οργανώνονται στα περισσότερα χωριά της Καρπάθου. Χαμηλή κατανάλωση σημειώνεται προς τα τέλη Νοεμβρίου, τους χειμερινούς μήνες και την άνοιξη. Για το έτος 2013 το μέγιστο φορτίο σημειώθηκε στις 16 Αυγούστου στις 9 το βράδυ και ήταν 10.200 kW. Ενώ το ελάχιστο φορτίο σημειώθηκε στις 27 Ιουνίου στις 6 το πρωί και ήταν 330 kW



Διάγραμμα 5.6: Ηλεκτρικό φορτίο Καρπάθου ανά ώρα για το έτος 2013

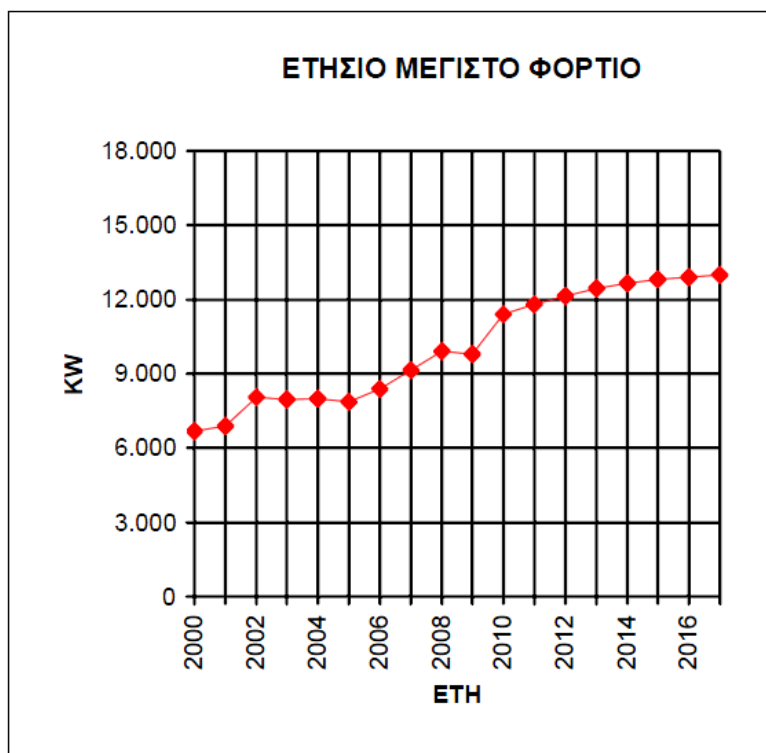
Οι ετήσιες ωριαίες τιμές ηλιοφάνειας, οι ετήσιες ωριαίες τιμές της ταχύτητας του ανέμου και οι ετήσιες ωριαίες τιμές ζήτησης είναι τα 3 πράγματα που πρέπει να γνωρίζουμε για την εκτίμηση και επιλογή των επιμέρους συστημάτων. Δυστυχώς δεν ήταν δυνατόν να βρούμε τις ωριαίες ετήσιες τιμές της ταχύτητας του ανέμου της Καρπάθου. Μπορούμε όμως να χρησιμοποιήσουμε τις ωριαίες ετήσιες τιμές της Νάξου, με μέση ετήσια ταχύτητα 9.2 m/s η οποία είναι πάρα πολύ κοντά στη μέση ταχύτητα της Καρπάθου.

Από τα στοιχεία που υπάρχουν για τα νησιά του Αιγαίου, παρατηρείται ότι η αιολική ισχύς μεταβάλλεται ανάμεσα στην μέρα. Αναμενόμενο είναι λοιπόν πολλές φορές να μην συμβαδίζει με την ζήτηση φορτίου. Για παράδειγμα τον Αύγουστο, που είναι ο μήνας με τη μεγαλύτερη κατανάλωση, η ζήτηση φορτίου κορυφώνεται κυρίως τις απογευματινές ώρες που τα μελέμια κοπάζουν.

Πέρα από τις ωριαίες τιμές ζήτησης, τις ωριαίες τιμές ηλιοφάνειας και τις ωριαίες τιμές ταχύτητας του ανέμου είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε και τη μελλοντική εξέλιξη της ζήτησης. Από το 1986 και μετά παρατηρείται σημαντική αύξηση του ετήσιου μέγιστου φορτίου και της ετήσιας συνολικής παραγωγής που αναμένεται να αυξηθούν παραπάνω τα επόμενα χρόνια. Ενώ παρατηρείται μείωση του ελάχιστου φορτίου.

ΕΤΟΣ	ΑΙΧΜΗ (KW)	ΑΥΞ. (%)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΑΥΞ. (%)
			ΚΑΘΑΡΗ (MWH)	ΟΛΙΚΗ (MWH)	
1986	2.080		7.216,0	7.847,0	
1987	2.530	21,6	8.234,0	8.976,0	14,4
1988	2.800	10,7	9.744,0	10.397,0	15,8
1989	2.850	1,8	10.924,0	11.602,0	11,6
1990	3.060	7,4	11.467,0	12.305,0	6,1
1991	3.550	16,0	12.961,0	13.828,0	12,4
1992	4.000	12,7	14.376,0	15.323,0	10,8
1993	4.000	0,0	14.939,0	15.947,0	4,1
1994	4.550	13,8	16.576,0	17.576,0	10,2
1995	4.850	6,6	18.995,0	19.895,0	13,2
1996	5.050	4,1	19.333,0	20.510,0	3,1
1997	5.700	12,9	20.419,0	21.612,0	5,4
1998	5.740	0,7	21.906,2	23.185,2	7,3
1999	6.500	13,2	23.191,1	24.369,4	5,1
2000	6.690	2,9	23.984,8	25.209,1	3,4
2001	6.900	3,1	23.491,4	24.778,4	-1,7
2002	8.050	16,7	25.622,8	27.096,5	9,4
2003	7.950	-1,2	26.394,7	28.208,8	4,1
2004	8.000	0,6	26.593,1	28.228,2	0,1
2005	7.880	-1,5	27.232,9	28.853,1	2,2
2006	8.400	6,6	29.700,8	31.043,5	7,6
2007	9.150	8,9	32.679,9	33.856,0	9,1
2008	9.900	8,2	31.804,0	33.285,8	-1,7
2009	9.800	-1,0	33.488,5	34.985,3	5,1
2010	11.400	16,3	34.129,3	35.858,4	2,5

Πίνακας 5.7: Μεταβολές από το 1986 έως το 2010



Διάγραμμα 5.8: Μεταβολή του ετήσιου μέγιστου φορτίου από το 2000 και προβλέψεις έως το 2016



Διάγραμμα 5.9: Μεταβολή της ετήσιας συνολικής παραγωγής από το 2004 και προβλέψεις έως το 2020



Η διαμόρφωση των καμπυλών ζήτησης μας δείχνει τις ενεργειακές συνήθειες αλλά και τις αυξομειώσεις του πληθυσμού. Ανάλογα με την εποχή και τον πληθυσμό που έχει πρόσβαση σε ηλεκτρικές συσκευές διαμορφώνεται και η ζήτηση. Επειδή η Κάρπαθος αναμένεται τα επόμενα χρόνια να προσελκύσει περισσότερους τουρίστες, αναμένεται να αυξηθούν και οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Για αυτό, θα αυξηθούν αρκετά οι καλοκαιρινές καμπύλες ζήτησης και το μέγιστο φορτίο. Αντιθέτως οι χειμερινές καμπύλες ζήτησης και το ελάχιστο φορτίο αναμένεται να αυξηθούν ελάχιστα έως καθόλου γιατί διαμορφώνεται από το μόνιμο πληθυσμό, που παραμένει σταθερός.

## 5.7 Συμμετοχή ΑΠΕ στο δίκτυο

Η συνολική ονομαστική ισχύς του ΑΣΠ είναι 19.404 kW. Σύμφωνα με τον νόμο μπορούμε να φτάσουμε μέχρι το 30% αυτής της ισχύς χρησιμοποιώντας ΑΠΕ, οπότε η μέγιστη τιμή θα είναι 5821 kW. Έχουμε 275 kW από τις 5 Α/Γ που ήδη υπάρχουν. Σύμφωνα με νομοθεσία στο νησί μπορούν να εγκατασταθούν σε ένα Φ/Β πάρκο μέχρι 75 kW, το οποίο θα είναι και το όριο μας. Τα Φ/Β που θα βάλουμε έχουν ονομαστική ισχύ 300W έκαστος άρα θα χρησιμοποιήσουμε 250. Οι Α/Γ που θα βάλουμε είναι 900 kW έκαστος οπότε για να είμαστε μέσα στο όριο των 5821 kW θα χρησιμοποιήσουμε 6.

Οπότε συνολικά από ΑΠΕ θα έχουμε:  $(275+75+(900*6)) = 5750$  kW που ισοδυναμεί με 29,63%

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

### 6.1 Ανεμογεννήτριες

Η συνεχής εξέλιξη των σύγχρονων Α/Γ βασίζεται στον εντυπωσιακό συνδυασμό της τεχνολογικής και επιστημονικής δεξιότητας και του επιχειρηματικού πνεύματος. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20ετών έχει παρατηρηθεί αύξηση της ονομαστικής ισχύος κατά δυο τάξεις μεγέθους, ενώ το κόστος της παραγόμενης ενέργειας έχει μειωθεί δραστικά. Η τεχνολογική βάση και τα απαραίτητα υπολογιστικά εργαλεία έχουν εξελιχθεί ώστε να καλύπτουν κάθε φορά τις νέες ανάγκες. Το μεγαλύτερο ποσοστό της εγκατεστημένης αιολικής ισχύος σήμερα ανήκει σε Α/Γ μεσαίου μεγέθους (800-3.000KW). τεχνολογικά οι Α/Γ οριζοντίου άξονα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν:

1. Ως προς την πτερύγωση και χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:
  - A. Σταθερού βήματος
  - B. Ελεγχόμενου βήματος.
2. Ως προς το είδος της γεννήτριας και διακρίνονται σε:
  - A. Σύγχρονης γεννήτριας που λειτουργεί πάντα με μετατροπείς AC-DC-AC
  - B. Ασύγχρονης (επαγωγικής) γεννήτριας που μπορούν να λειτουργούν με ή χωρίς αντισταθμικούς πυκνωτές.
3. Ως προς τον τρόπο μετάδοσης της κίνησης:
  - A. Χωρίς κιβώτιο κίνησης
  - B. Με κιβώτιο κίνησης.
4. Ως προς τα Ηλεκτρονικά ισχύος διακρίνονται σε:
  - A. Α/Γ σταθερών στροφών
  - B. Α/Γ μεταβλητών στροφών.

Μας ενδιαφέρει η 4η κατηγορία, στην οποία η Α/Γ κατατάσσονται ανάλογα με τα Ηλεκτρονικά ισχύος που χρησιμοποιούνε.

Οι Α/Γ σταθερών στροφών ή όπως αλλιώς χαρακτηρίζονται οι ανεμογεννήτριες του παρελθόντος αποτελούν ακόμα και σήμερα το μεγαλύτερο κομμάτι των Α/Γ που είναι εγκατεστημένες στη χώρα μας.

Χρησιμοποιούν σχεδόν αποκλειστικά γεννήτριες επαγωγής, ενώ μπορούν να χρησιμοποιούν και σύγχρονες γεννήτριες. Οι σύγχρονες γεννήτριες δεν χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω της αυξημένης ταλαντωτικότητας της απόκρισής τους σε συνθήκες μεταβαλλόμενου αέρα, του βάρους και του κόστους τους. Οι Α/Γ σταθερών στροφών μπορούν να συνδεθούν απευθείας με το δίκτυο χωρίς να απαιτείται η παρεμβολή ηλεκτρονικών μετατροπέων. Αυτό έχει ως συνέπεια να μειώνεται σημαντικά το κόστος τους, πράγμα που συνέβαλε καθοριστικά στην

εξάπλωση τους. Η απευθείας αυτή σύνδεση έχει σαν αποτέλεσμα η ταχύτητα του δρομέα να είναι σταθερή και πρακτικά ίση με τη σύγχρονη, με μικρή απόκλιση της τάξης του 1% , όσο είναι δηλαδή και η ολίσθηση ονομαστικής λειτουργίας. Από την πλευρά παρεχόμενης ποιότητας ισχύος προκαλούν πολλά προβλήματα όταν ξεπεράσουν ένα ορισμένο ποσοστό διείσδυσης (για αυτό θεσπίστηκε και το γνωστό όριο του 30%) και λόγω της μεγάλης τύρβης του ανέμου στη χώρα μας παράγουν ισχύ με μεγάλες διακυμάνσεις. Όπως καταλαβαίνουμε δεν πληρούν τις προϋποθέσεις, ώστε να είναι ικανές να καλύπτουν τις ανάγκες των απομονωμένων δικτύων των νησιών μας. Επιπλέον έπειτα από μελέτες που έχουν γίνει έχουμε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι Α/Γ σταθερών στροφών που είναι εγκατεστημένες στη χώρα μας έχουν περισσότερα προβλήματα και φθείρονται πολύ πιο εύκολα συγκρινόμενες με Α/Γ σταθερών στροφών που είναι εγκατεστημένες σε περιοχές της Βόρειας Ευρώπης. Οι Α/Γ αυτές μελετήθηκαν και σχεδιάστηκαν για τις συνθήκες που επικρατούν στη Βόρεια Ευρώπη όπου το αιολικό δυναμικό είναι σαφώς μικρότερο από το αιολικό δυναμικό της Ελλάδας. Στην Ελλάδα και κυρίως στα νησιά του Αιγαίου οι Α/Γ σταθερών στροφών δεν αξιοποιούν επαρκώς το αιολικό δυναμικό. Οι ριπές του ανέμου προκαλούν απότομα μεγάλες στρεπτικές ροπές στις ατράκτους. Αυτό συμβαίνει γιατί ακόμα και αν η επιτρεπόμενη ολίσθηση της ασύγχρονης γεννήτριας είναι ίση με 2-3% (εδώ συναντάται η μέγιστη ηλεκτρική ροπή) η αύξηση των στροφών δεν είναι αρκετή ώστε να απορροφήσει την απότομη αύξηση της ισχύος. Άρα, η ροπή αντίστασης της γεννήτριας αυξάνεται αντίστοιχα με τη μηχανική ροπή των πτερυγίων για να διατηρηθούν οι στροφές εντός ορίου ολίσθησης. Έτσι όχι μόνο μένουν αναξιοποίητες οι ριπές του ανέμου αλλά καταπονούν κιόλας τους μηχανισμούς των Α/Γ προκαλώντας έτσι και διαταραχές στην τάση του δικτύου.

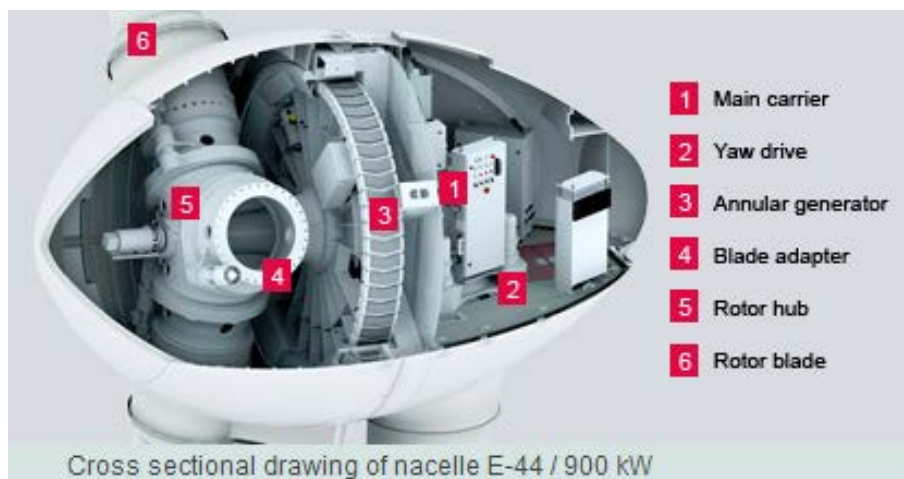
Τα προβλήματα που παρουσιάζουν οι Α/Γ σταθερών στροφών οδήγησαν τόσο τους επιστήμονες όσο και τους καταναλωτές να στραφούν προς τις Α/Γ μεταβλητών στροφών. Οι Α/Γ σταθερών στροφών έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλουν διαρκώς την περιστροφική ταχύτητα του δρομέα τους, διατηρώντας σταθερή τη συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος που παρέχουν. Η μεταβλητότητα των στροφών επιτυγχάνεται με την χρήση ηλεκτρονικών ισχύος τελευταίας τεχνολογίας. Αυτή τη στιγμή οι Α/Γ μεταβλητών στροφών κυριαρχούν στην αγορά λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν μερικά εκ τω οποίων παρουσιάζονται παρακάτω:

- Βέλτιστη εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού σε όλες τις ταχύτητες ανέμου.
- Εξομάλυνση της μεταβλητότητας των μηχανικών ροπών.
- Χαμηλά επίπεδα θορύβου.
- Δυνατότητα βραχυχρόνιας αποθήκευσης ενέργειας.
- Περιορισμός δυναμικών καταπονήσεων των μηχανικών μερών εξαιτίας απότομων ριπών. Αυτό έχει ως συνέπεια μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της Α/Γ.
- Εξομάλυνση διακυμάνσεων ισχύος λόγω της τύρβης του ανέμου.
- Περιορισμός ταχέων διακυμάνσεων της τάσης.
- Διευκόλυνση διαδικασιών εκκινήσεως.
- Πολύ καλή ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος.
- Δυνατότητα ρύθμισης συχνότητας σε αυτόνομα δίκτυα και τάσης σε ασθενή δίκτυα.
- Δυνατότητα ελέγχου, παροχής και άεργου ισχύος.

Παρότι το κόστος των Α/Γ μεταβλητών στροφών είναι υψηλότερο λόγω των ηλεκτρονικών ισχύος που χρησιμοποιούνται και είναι απαραίτητα για τη σύνδεση των Α/Γ στο δίκτυο οι Α/Γ αυτές κερδίζουν έδαφος λόγω της ελαχιστοποίησης βλαβών. Με τη μελλοντική όμως πρόοδο της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών ισχύος είναι σίγουρο ότι θα μειωθεί το κόστος τους και θα βελτιωθούν ακόμα πιο πολύ τα χαρακτηριστικά τους. Έτσι θα μειωθεί και το κόστος των Α/Γ μεταβλητών στροφών, καθιστώντας την εκμετάλλευση της Αιολικής Ενέργειας πιο ελκυστική και συμφέρουσα από ποτέ.

## 6.2 Επιλεγμένο μοντέλο Α/Γ

Οι Α/Γ μεταβλητών στροφών είναι προφανώς οι πλέον κατάλληλες για την περίπτωση μας και αυτές επιλέγουμε. Επιλέγουμε το μοντέλο E44-900 της ENERCON ονομαστικής ισχύος 900KW.



Εικόνα 6.1: Αιολική μηχανή της Enercon

Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ένα από τα πιο εμπορικά αυτή την περίοδο και το κόστος εγκατάστασης ανά KW ονομαστικής ισχύος είναι αρκετά χαμηλό συγκρινόμενο με το κόστος εγκατάστασης αντίστοιχων μοντέλων. Το ανάγλυφο της Καρπάθου είναι έντονο οπότε δεν επιλέγουμε Α/Γ μεγάλου μεγέθους (άνω των 1000KW) διότι οι δυσκολίες πρόσβασης στα σημεία εγκατάστασης τους θα οδηγούσαν σε αύξηση του κόστους μεταφοράς του εξοπλισμού.

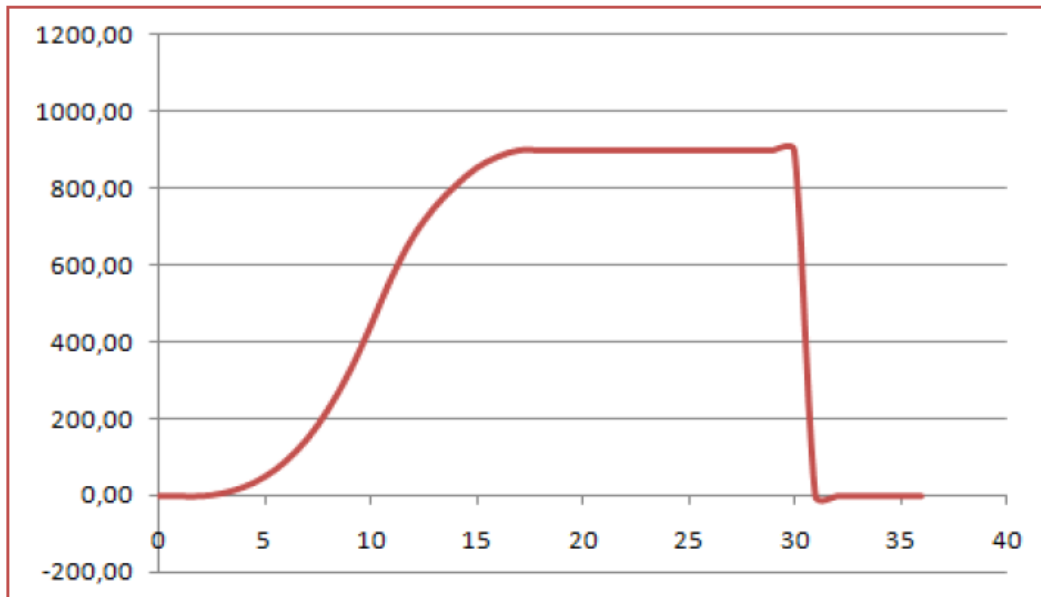
Παραθέτουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά της Α/Γ των 900KW, όπως δίνονται από την κατασκευάστρια εταιρεία:

Rated power:	900 kW
Rotor diameter:	44 m
Hub height:	45 m / 55 m
Wind class (IEC):	IEC/NVN IA
<b>Turbine concept:</b>	Gearless, variable speed, single blade adjustment
<b>Rotor</b>	
Type:	Upwind rotor with active pitch control
Rotational direction:	Clockwise
No. of blades:	3
Swept area:	1,521 m <sup>2</sup>
Blade material:	GRP (epoxy resin); integrated lightning protection
Rotational speed:	variable, 12 - 34 rpm
Pitch control:	ENERCON single blade pitch system, one independent pitch system per rotor blade with allocated emergency supply
<b>Drive train with generator</b>	
Main bearing:	Tapered roller bearing pair
Generator:	ENERCON direct-drive annular generator
<b>Grid feeding:</b>	ENERCON inverter
<b>Brake systems:</b>	3 independent pitch control systems with emergency power supply, rotor brake, rotor lock
<b>Yaw control:</b>	Active via adjustment gears, load-dependent damping
<b>Cut-out wind speed:</b>	28 - 34 m/s (with ENERCON storm control)
<b>Remote monitoring:</b>	ENERCON SCADA

Πίνακας 6.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά της Α/Γ E44-900

Υπάρχουν όπως βλέπουμε και από τον παραπάνω πίνακα 2 μοντέλα Α/Γ 900 KW, ένα με ύψος ατράκτου ίσο με 45m και ένα άλλο με ύψος ατράκτου ίσο με 55m. Στην προσομοίωση μας δουλεύουμε το μοντέλο των 900KW και ύψος ατράκτου 55m.

Ακολουθεί η χαρακτηριστική ισχύος της Α/Γ E44-900 και ο πίνακας μετρήσεων ταχυτήτων και παραγόμενης ισχύος.



Διάγραμμα 6.3: Χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος Α/Γ 900 KW



Φωτογραφία 6.4: Α/Γ 900 KW

A/A	Vhub(m/s ) at 55m	Guaranteed power output Pi(KW)
1	0	0
2	1	0
3	2	0
4	3	7,6
5	4	23,3
6	5	50,4
7	6	91,2
8	7	148,2
9	8	226,1
10	9	323
11	10	442,7
12	11	570
13	12	674,5
14	13	750,5
15	14	807,5
16	15	854
17	16	883
18	17	900
19	18	900
20	19	900
21	20	900
22	21	900
23	22	900
24	23	900
25	24	900
26	25	900
27	26	900
28	27	900
29	28	900
30	29	900
31	30	900
32	31	0
33	32	0
34	33	0

Πίνακας 6.5: Μετρήσεις ταχύτητας παραγόμενης ισχύος

### 6.3 Επιλεγμένη τοποθεσία Α/Π

Η τοποθεσία που επιλέχτηκε για την κατασκευή του Α/Π δεν ήταν τυχαία. Προτιμήσαμε να κατασκευαστεί σε διπλανό οικόπεδο με τις ήδη υπάρχουσες ανεμογεννήτριες διότι έτσι γνωρίζουμε ότι οι συνθήκες είναι ιδανικές. Η περιοχή που επιλέχθηκε έχει έκταση περί τα 7500 m<sup>2</sup> και βρίσκεται 3.3 km από τον οικισμό Αρκάσα.



Φωτογραφία 6.6 Επιλεγμένη τοποθεσία Α/Π



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

### 7.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των Φ/Β

Στην Ελλάδα όσο πιο νότια και ανατολικά βρίσκεται μια περιοχή τόσο πιο υψηλές αποδόσεις έχει. Καταλαβαίνουμε ότι η Κάρπαθος είναι μία από τις καλύτερες περιοχές της χώρας για εγκατάσταση Φ/Β.



Πίνακας 7.1: Διαβάθμιση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα

Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγουν τα Φ/Β από την ηλιακή ακτινοβολία, χρησιμοποιείται για να δώσει ενέργεια σε μία συσκευή ή για να φορτίσει μία μπαταρία. Η θερμοκρασία είναι μία σημαντική παράμετρος λειτουργίας ενός Φ/Β συστήματος. Ο συντελεστής θερμοκρασίας για την τάση ανοικτού κυκλώματος είναι περίπου ίσος με  $-2,3\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ . Επομένως και ο συντελεστής τάσης μιας βασικής μονάδας είναι αρνητικός καθώς η τάση καθορίζεται από τη θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών στοιχείων. Αξίζει να αναφέρουμε ότι η θερμοκρασία λειτουργίας διαφέρει από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Για κάθε ηλιακό κύτταρο, το ρεύμα βραχυκύκλωσης ISC μιας βασικής μονάδας είναι ανάλογο προς την ακτινοβολία. Συνεπώς θα ποικίλει κατά τη διάρκεια της ημέρας κατά τον ίδιο τρόπο που ποικίλει η ακτινοβολία. Επειδή η τάση είναι λογαριθμική συνάρτηση του ρεύματος, θα εξαρτάται επίσης λογαριθμικά από την ακτινοβολία και κατά τη διάρκεια της ημέρας θα μεταβάλλεται λιγότερο από το ρεύμα. Συνήθως κατά το σχεδιασμό μιας Φ/Β γεννήτριας θεωρείται αμελητέα η μεταβολή της τάσης και λαμβάνεται το ρεύμα βραχυκύκλωσης ανάλογο της ακτινοβολίας.

Ο βαθμός απόδοσης ενός Φ/Β συστήματος εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο Φ/Β σύστημα. Ο βαθμός απόδοσης εξαρτάται από:

- Το κλίμα περιοχής που έχει εγκατασταθεί το Φ/Β σύστημα. Όσο λιγότερες είναι οι μέρες της ηλιοφάνειας τόσο μικρότερος είναι ο βαθμός απόδοσης.
- Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Όσο πιο νότια είναι η περιοχή τόσο πιο μεγάλη είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Την κλίση των Φ/Β πάνελ ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Βέλτιστη απόδοση σημειώνεται με νότιο προσανατολισμό και κλίση περίπου  $30^{\circ}$  μοίρες.
- Την ηλικία των Φ/Β πάνελ. Υπολογίζεται ότι η απόδοση των Φ/Β πάνελ μειώνεται κατά μέσο όρο 0,5% έως 1% κάθε έτος.
- Την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Τα συστήματα ανίχνευσης ήλιου μπορεί να βελτιώσουν την απόδοση έως και 35%.
- Τη σωστή συντήρηση στο βάθος του χρόνου.
- Των προσανατολισμό των Φ/Β. Τα Φ/Β έχουν μέγιστη απόδοση όταν έχουν νότιο προσανατολισμό. Αποκλίσεις από το νότο έως και  $45^{\circ}$  είναι επιτρεπτές, μειώνουν όμως την απόδοση.
- Την ύπαρξη ανωμαλιών στην περιοχή εγκατάστασης των Φ/Β. Μπορεί για παράδειγμα να υπάρχουν ρέματα, βράχια, εξογκώματα, και άλλα στο οικόπεδο εγκατάστασης.
- Την ύπαρξη στοιχείων στην περιοχή εγκατάστασης που δημιουργούν σκίαση. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ξέρουμε ακριβώς σε πόση έκταση υπάρχει το πρόβλημα της σκίασης και για πόση ώρα.

Προσανατολισμός	Απόδοση		
	Κλίση 0°	Κλίση 30°	Κλίση 90°
Ανατολικός - Δυτικός	90%	85%	50%
Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός	90%	95%	60%
Νότιος	90%	<b>100%</b>	60%
Βορειοανατολικός-Βορειοδυτικός	90%	67%	30%
Βόρειος	90%	60%	20%

Πίνακας 7.2: Ποσοστιαία παραγωγή Φ/Β ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο. (Πηγή: ΣΕΦ: Σύνδεσμος Εταιρειών Φ/Β).


Για την Ελλάδα μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ένα Φ/Β σύστημα με την βέλτιστη κλίση και τον προσανατολισμό παράγει ετησίως κατά μέσο όρο γύρω στα 1200-1450KWh ανά έτος και ανά εγκατεστημένο KW (KWh/έτος/KW).


## 7.2 Επιλεγμένο μοντέλο Φ/Β γεννήτριας και inverter


Η τεχνολογία των Φ/Β σήμερα είναι πιο αναπτυγμένη από ποτέ, δίνοντάς μας τη δυνατότητα να έχουμε μεγάλη γκάμα επιλογών. Η επιλογή των πάνελ γίνεται κυρίως με οικονομικά και εμπορικά κριτήρια. Έπειτα από επικοινωνία με πολλές εταιρείες, επιλέγουμε να προτείνουμε την εγκατάσταση Φ/Β πάνελ της εταιρείας QJ-Solar (Solarena η γερμανική εταιρεία που τα εμπορεύεται).


Το μοντέλο που επιλέγουμε είναι οι Φ/Β γεννήτριες QJP 300W. Οι συγκεκριμένες Φ/Β γεννήτριες προσφέρουν ένα υψηλό επίπεδο ενεργειακής παραγωγής και χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή ευρέως αποδεικνύοντας την αξία τους.

Παραθέτουμε το ενημερωτικό φυλλάδιο του μοντέλου όπως δίνεται από την κατασκευάστρια εταιρεία και την εταιρεία που τα εμπορεύεται:



  
quality

  
stability

  
efficiency

---





## PV module QJP-250W-255W-260W-265W-270W 275W-280W-285W-290W-295W-300W

**Applications**  
On-grid residential for:

- Roof-tops
- On-grid commercial/industrial roof-tops
- Agricultural areas and roof-tops
- Solar power stations

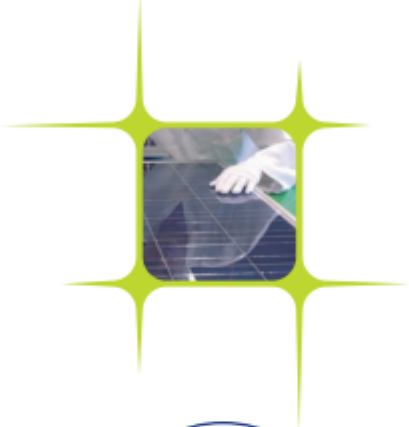
**Quality certificates**


- VDE.TUV.IEC.UL1703.CE
- ISO9001:2008 Standards for quality Management systems
- ISO/TS 16949:2001 The automotive quality management system
- Qco80000HSPM: The certification for hazardous substances regulations

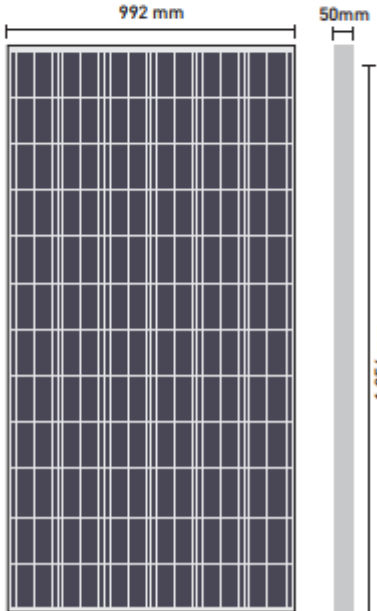





**On-grid module**

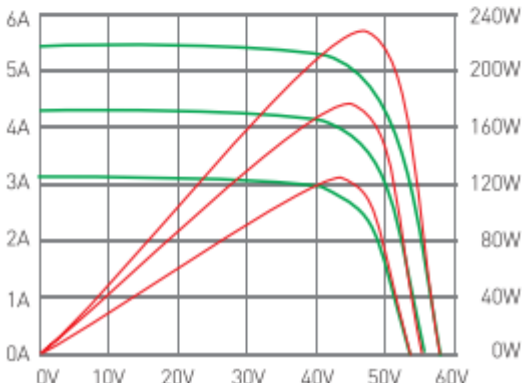
QJM modules are durable solar modules that can be used with grid-connected systems. Thanks to their mature construction and production engineering, each single module is highly effective and long-lasting. They also meet the highest quality requirements due to consistent quality control and quality assurance.







992 mm  
50mm  
1.956 mm



The graph shows current (A) on the left y-axis (0A to 6A) and power (W) on the right y-axis (0W to 240W) versus voltage (V) on the x-axis (0V to 60V). Multiple curves represent different power ratings from 40W to 240W.

Πίνακας 7.3: Γενικά χαρακτηριστικά του Φ/Β

## PV module QJP-250W-255W-260W-265W-270W 275W-280W-285W-290W-295W-300W

### Mechanical data

Cell tape:	Polycrystalline cell
Cell arrangement:	72 (6x12)
Dimensions:	1.956 x 992 x 50mm
Weight:	23,5 kg
Front glass:	3.2mm tempered low iron glass
EVA:	EVA
Back side:	TPT
Frame material:	Aluminium
Diodes & type:	IP65 By-pass diodes
Cable type:	900mm / 900mm (Ø 4mm <sup>2</sup> )
Connector:	MC Plug Typ IV (or equal)

### Electrical data QJP 54

Pmax (± 3%)	250W	255W	260W	265W	270W	275W	280W	285W	290W	295W	300W
Vmp	35.0V	35.1V	35.2V	35.3V	35.4V	35.5V	35.7V	35.9V	36.0V	36.1V	36.2V
Imp	7.14A	7.26A	7.39A	7.51A	7.65A	7.75A	7.84A	7.94A	8.05A	8.17A	8.28A
Voc	42.0V	42.1V	42.2V	42.3V	42.4V	42.6V	42.8V	43.1V	43.2V	43.3V	43.4V
Isc	8.00A	8.13A	8.27A	8.41A	8.57A	8.68A	8.78A	8.89A	9.01A	9.15A	9.27A

Maximum system voltage:	DC 1000V (TÜV) / DC 600V (UL)
STC:	irradiance 1000W/m <sup>2</sup> AM: 1.5 temperature 25°C

### Temperature coefficient

NOCT (NOCT):	47°C ± 2°C
Isc:	0.05% / °C
Voc:	- 0,35% / °C
Pmax:	- 0,45% / °C

### Permissible operating conditions

Operating temperature:	- 40°C - +85°C
Maximum loading capacity:	200 Kg/m <sup>2</sup> (5400 Pa)

### Warranty

Manufacturing:	5 years
Power production:	90% : 10 years 80% : 25 years

Note:  
This publication summarizes product warranty and specifications, which are subject to change without notice. Additional information may be found on our web site: [www.cnpv-power.com](http://www.cnpv-power.com)

Το επόμενο βήμα είναι να επιλέξουμε τον κατάλληλο inverter. Και πάλι η επιλογή γίνεται με οικονομικά και εμπορικά κριτήρια. Πρέπει να ληφθεί όμως ιδιαίτερη μέριμνα ώστε τα πάνελ που έχουμε επιλέξει να μπορούν να συνεργαστούν με τον inverter. Οι περισσότεροι αντιστροφείς (inverters) που προορίζονται για σύνδεση με το δίκτυο, σχεδιάζονται για να λειτουργήσουν χωρίς μπαταρίες. Είναι όμως διαθέσιμες και τοπολογίες που περιλαμβάνουν μπαταρίες. Ο αντιστροφέας που θα διαλέξουμε θα λειτουργεί χωρίς μπαταρία. Οι αντιστροφείς που συνδέονται στο δίκτυο μπορούν να εγκατασταθούν υπαίθρια σε μέρος σε σκίαση (ιδανικό).

Αυτή τη στιγμή οι αντιστροφείς της αγοράς πληρούν τις ακόλουθες προδιαγραφές:

- Όταν το δίκτυο παρουσιάζει προβλήματα οι αντιστροφείς τα ανιχνεύουν, χωρίς να συμβάλλουν σε αυτά.
- Αποφεύγουν τη νησιδοποίηση (islanding). Η κατάσταση της νησιδοποίησης είναι αυτή κατά την οποία ένας συνδεδεμένος στο δίκτυο φωτοβολταϊκός αντιστροφέας συνεχίζει να τροφοδοτεί τα φορτία που συνδέονται στο δίκτυο, μετά από μία διακοπή της γραμμής διανομής. Αυτό μπορεί να συμβεί έπειτα από διαδικασίες συντήρησης συνθήκες σφάλματος, και άλλα.
- Ελέγχουν την τάση και τη συχνότητα του δικτύου και όταν αυτές ξεπεράσουν τα επιτρεπόμενα όρια θα πρέπει να γίνεται απόζευξη της Φ/Β πηγής από το δίκτυο. Εφόσον το δίκτυο παύει να είναι προβληματικό, η επαναφορά της σύνδεσης γίνεται μετά τον προκαθορισμένο χρόνο αναμονής.

Το μοντέλο inverter που επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε είναι ο inverter IPG 300C. Οι κεντρικοί μετατροπείς της σειράς Conergy IPG C χωρίς μετασηματιστή χαρακτηρίζονται για την υψηλή απόδοση και την αξιοπιστία τους.



Εικόνα 7.5: Ο inverter IPG 300C

Παραθέτουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά του inverter IPG 300C, όπως δίνονται από την κατασκευάστρια εταιρεία:

## Conergy IPG 200C/300C/350C

Conergy IPG C	200 C	300 C	350 C
<b>Είσοδος (Φ/Β γεννήτρια)</b>			
Προτεινόμενο φορτίο Φ/Β γεννητριών	220kWp	330kWp	385kWp
Μέγιστη έξοδος DC	260kWp	360kWp	400kWp
Μέγιστη τάση εισόδου ( $V_{dmax}$ )	1.000V	1.000V	1.000V
Ελάχιστη τάση εισόδου ( $V_{dmin}$ )	530V	530V	580V
Τάση εκκίνησης ( $V_{dstart}$ )	580V	580V	640V
Ονομαστική τάση εισόδου ( $V_{dc}$ )	540V	540V	600V
Μέγιστη τάση ( $V_{mpptmax}$ )	800V	800V	800V
Ελάχιστη τάση ( $V_{mpptmin}$ )	530V	530V	580V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου ( $I_{dmax}$ )	400A	590A	650A
Μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης	800A	800A	800A
Ισχύς εκκίνησης (Feed - in from)	1.800W	1.800W	1.800W
Αντικνευτής MPP	1	1	1
Σχεδιασμός συνδέσεων	M12 βιδωμένα σε χάλκινη μπάρα		
Αριθμός εισόδων DC	4	4	4
Ακρίβεια MPP	≥ 99,9%	≥ 99,9%	≥ 99,9%
Ηλεκτρική προστασία ανά είσοδο (εσωτερική - θερμική)	175A-250A (ρυθμιζόμενη)	175A-250A (ρυθμιζόμενη)	175A-250A (ρυθμιζόμενη)
<b>Έξοδος (Σύνδεση στο δίκτυο)</b>			
Ονομαστική τάση δικτύου ( $V_{ac}$ ) <sup>1</sup>	300V	300V	315V
Μέγιστη τάση δικτύου ( $V_{dmax}$ ) <sup>1</sup>	360V	360V	378V
Ελάχιστη τάση δικτύου ( $V_{dmin}$ ) <sup>1</sup>	240V	240V	252V
Μέγιστο ρεύμα εξόδου ( $I_{o,max}$ ) / Ρεύμα βραχυκύκλωσης	400A	590A	650A
Συντελεστής ρεύματος βραχυκύκλωσης	1	1	1
Ονομαστική ισχύς ( $P_{ac}$ )	200kVA	300kVA	350kVA
Μέγιστη ισχύς ( $P_{dmax}$ )	200kVA	300kVA	350kVA
Ονομαστική συχνότητα ( $f_n$ )	50Hz	50Hz	50Hz
Μέγιστη συχνότητα ( $f_{max}$ )	52,0Hz	52,0Hz	52,0Hz
Ελάχιστη συχνότητα ( $f_{min}$ )	47,5Hz	47,5Hz	47,5Hz
συν Φ	Ρυθμιζόμενο 0,7 επαγωγικό σε 0,7 χωρητικό		
Απαιτούμενος τύπος δικτύου	IT grid	IT grid	IT grid
Παραμόρφωση ρεύματος εξόδου στην ονομαστική ισχύ	≤ 3%	≤ 3%	≤ 3%
Σχεδιασμός συνδέσεων	M12 βιδωμένα σε χάλκινη μπάρα		
Τύπος τροφοδοσίας	3-φασικό ρεύμα		
Έκχυση DC στο δίκτυο	≤ 0,5%	≤ 0,5%	≤ 0,5%
<b>Βαθμός απόδοσης</b>			
Μέγιστος βαθμός απόδοσης <sup>2</sup>	98,7%	98,7%	98,7%
Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης <sup>2</sup>	98,3%	98,5%	98,5%
Βαθμός απόδοσης Καληφάνιας <sup>2</sup>	98,6%	98,6%	98,6%
<b>Εξωτερική παροχή</b>			
Ημερήσια κατανάλωση ( $P_{inv}$ ) <sup>3</sup>	100W έως 920 W		
Κατανάλωση σε κατάσταση αναμονής / υκτερνή κατανάλωση ( $P_{upr}$ )	≤ 100 W		
Ενεργειακές απαιτήσεις για 8 ώρες στους 25°C <sup>4</sup>	3,8 kWh	4,2 kWh	4,4 kWh
Εξωτερική τροφοδοσία	230V - 10% / +15% (σύμφωνα με EN 50160)/ 50Hz / TN grid (L1, N, PE)		
Περίοδος απομόνωσης σε περίπτωση διακοπής ρεύματος	≥ 1s		
Απαιτούμενες ασφάλειες	B16 A		
Τύπος θερματικού	Spring-type 1,5mm <sup>2</sup> έως 2,5mm <sup>2</sup>		

<sup>1</sup> Τάση με τάξη των φάσεων.

<sup>2</sup> Σε τιμές DC και AC και συν φ χωρίς να συμπεριλαμβάνεται η εξωτερική παροχή.

<sup>3</sup> Οι ανεμιστήρες λειτουργούν ανάλογα με τις αλλαγές της θερμοκρασίας.

<sup>4</sup> Τυπικές τιμές. Εξαρτάται από την εγκατάσταση, την περιοχή και τη θερμική κατάσταση.

<sup>5</sup> Οι ενδείξεις της οθόνης μπορεί να περιοριστούν μεταξύ -10° C και -20° C.

<sup>6</sup> Σχετίζεται με τις τιμές shut-down (τάση / συχνότητα). Απόκλιση από τα αναγραφόμενα πρότυπα είναι δυνατή σε περίπτωση επιπλέον απαιτήσεων.

<sup>7</sup> Περισσότερα εγκρίσεις και πιστοποιητικά μη-έντοιας στο [www.conergy.com](http://www.conergy.com)

<sup>8</sup> Συμπεριλαμβανομένης της συσκευασίας μεταφοράς επιπλέον 200mm στο βάθος και 100mm στο μήκος και πλάτος των μετατροπών. Ύψος με εγκατεστημένους τους ανεμιστήρες 2.000mm.

Πίνακας 7.6: Γενικά χαρακτηριστικά inverter

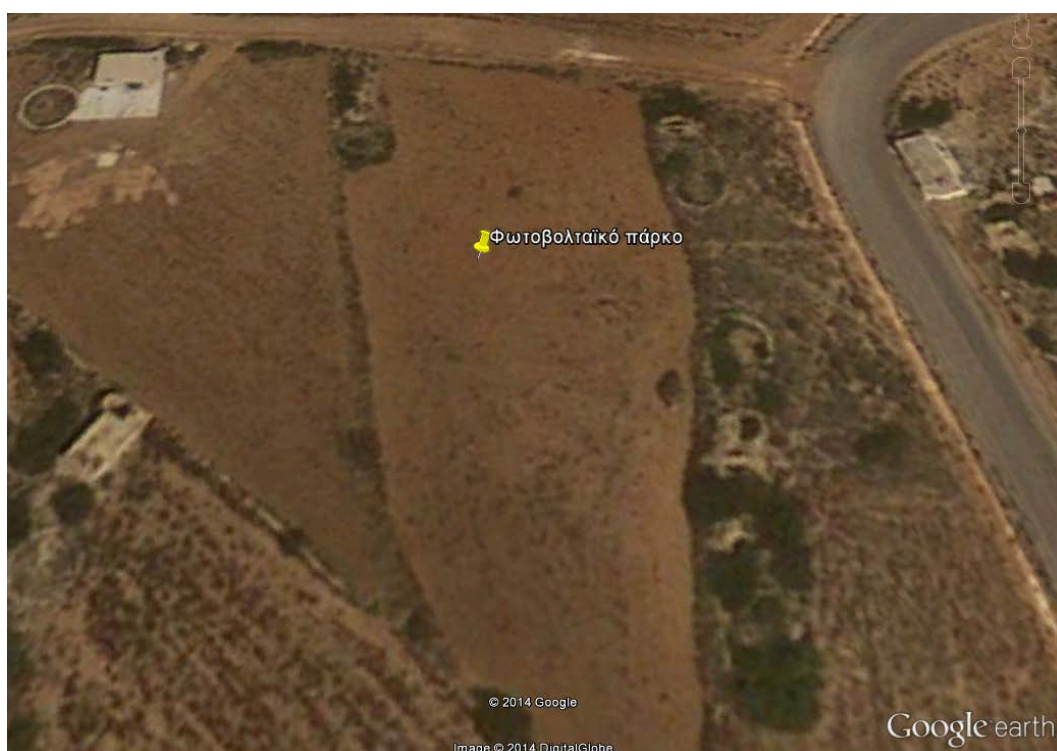
Conergy IPG C series	200 C	300 C	350 C
<b>Ψύξη</b>			
Τύπος ψύξης	Ελεγχόμενος ανεμιστήρας με θερμική ρύθμιση		
Απαιτούμενος αερισμός	4.000 m <sup>3</sup> /h		
Συνολική αντίθλιψη για εξαερισμό	70Pa		
Τύπος φίλτρου αέρα	Η πρόσληψη αέρα πρέπει να φιλτράρεται με φίλτρο τύπου G3 / G4 σύμφωνα με EN 779		
<b>Περιβαλλοντικές απαιτήσεις</b>			
Εύρος θερμοκρασιών <sup>5</sup>	από -20°C έως +50°C		
Μέγιστη θερμοκρασία για διατήρηση της ονομαστικής ισχύος	+50°C		+45°C
Σχετική υγρασία (μη συγκεντρωτική)	0- 95 %		
Εγκατάσταση σε υψόμετρο πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας	≤ 2.000m		
Περιοχή εγκατάστασης	Εσωτερικός χώρος		
Εκπομπές θορύβου	<85 dB		
<b>Προστασία - ασφάλεια</b>			
Τύπος προστασίας	IP 20 σύμφωνα με EN 60529		
Τάξη προστασίας	Τάξη I, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61140		
Έλεγχος ασφαλών γειώσεων	Ναι, με προσαρμοζόμενο τύπο αντίδρασης		
Επιλογές γειώσης	Συμπεριλαμβανομένης της προ-ασφάλειας		
Προστασία υπέρτασης	Αυτόματη αποσύνδεση		
Συμπεριφορά υπερφόρτωσης	Προσαρμογή σημείου λειτουργίας		
Συμπεριφορά υψηλής θερμοκρασίας	Μείωση απόδοσης		
Αποσύνδεση των Φ/Β γεννητριών από το δίκτυο	Καμία, γίνεται γαλβανική απομόνωση από το ΜΤΣΧ μέσω τάσης		
Αντικραυκτική προστασία Φ/Β στην είσοδο	Τύπος II & Τύπος III σύμφωνα με IEC 61643-1		
Αντικραυκτική προστασία στην έξοδο	Τύπος II σύμφωνα με IEC 61463-1		Τύπος I σύμφωνα με IEC 61463-1
Αντικραυκτική προστασία για εξωτερική παραγωγή	Τύπος II & Τύπος III σύμφωνα με IEC 61643-1		
<b>Επιτήρηση δικτύου</b>			
Η παρακολούθηση του δικτύου πληροί τις απαιτήσεις <sup>6</sup>	VDE 0126-1-1, ENEL, RD 664, RD 1663 EN50438-2007, ÖVE E 2750, οδηγία BDEW MS		
<b>Διαστάσεις/ βάρος</b>			
Διαστάσεις σε mm (ΜxΥxΒ) <sup>7</sup>	1.600 x 1.800 x 800		
Βάρος	1.250 kg		
<b>Πρότυπα</b>			
Απώλειες σύζευξης (EMC)	DIN EN 61000-6-4:2007-09		
Αντίσταση παρεμβολών (EMC)	DIN EN 61000-6-2:2006-03		
Ποιότητα δικτύου	DIN EN 61000-3-11:2001-04/DIN EN 61000-3-12:2005-09		
Αξιοπιστία υλικών	DIN EN 50178:1998-04		
Συμμόρφωση με πρότυπα CE	Ναι		
Έγκριση GS	Ναι		
Συμμόρφωση με το Γερμανικό Νόμο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας EEG 2009 § 6.1	Ναι		
Συμμόρφωση με τη Γερμανική οδηγία Μέσης τάσης (BDEW)	Ναι (πιθανόν να απαιτείται πρόσθετος εξοπλισμός)		
<b>Άλλα</b>			
Οθόνη	Οθόνη αφής, VGA, 65.536 χρωμάτων		
Επιτήρηση	Καταγραφές δεδομένων με μνήμη 2GB		
Πρωτόκολλο επικοινωνίας	CAN, Ethernet		
Γλώσσα	Γερμανικά, Αγγλικά, Ισπανικά, Ιταλικά, Γαλλικά, Ελληνικά		

Πίνακας 7.7: Γενικά χαρακτηριστικά inverter



### 7.3 Επιλεγμένη τοποθεσία Φ/Π

Το Φ/Π πάρκο θα δημιουργηθεί στην νότια πλευρά του νησιού 4.8 km χιλιόμετρα από τον οικισμό Αρκάσα. Η τοποθεσία για την κατασκευή του Φ/Π επιλέχτηκε βάσει ερευνών που έχουν γίνει και προτάσεων που έχουν κατατεθεί τα τελευταία χρόνια για αξιοποίηση του ευρύτερου χώρου με σκοπό την δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων. Μάλιστα σε πολύ κοντινή απόσταση υπάρχει ήδη εγκατεστημένο Φ/Π ιδιωτικής χρήσης 69.2 kW.



Φωτογραφία 7.8 Επιλεγμένη τοποθεσία Φ/Π

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

### 8.1 Ανάλυση κόστους εγκατάστασης Α/Π

- Κόστος προεπενδυτικών μελετών

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κόστη των προεπενδυτικών μελετών.

ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Οικονομοτεχνική μελέτη	3.000
Έρευνες εκτάσεων	1.000
Τεχνικές μελέτες	1.000
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>5.000</b>

Πίνακας 8.1: Κόστος προεπενδυτικών μελετών

- Κόστος λήψης άδειας

Η διαδικασία έκδοσης της άδειας που απαιτείται μπορεί να διακριθεί σε τρία μέρη, κάθε ένα από τα οποία θα πρέπει να κατατεθεί στις αρμόδιες υπηρεσίες. Το κάθε ένα μέρος έχει το δικό του κόστος και παράλληλα συνοδεύεται από την πιθανότητα να μην γίνει δεκτό από την υπηρεσία του.

Το πρώτο μέρος αφορά στις διαδικασίες αδειοδότησης για την παραγωγή και την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας και κατατίθεται στην Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας ΡΑΕ. Το περιεχόμενο και οι προδιαγραφές της αίτησης αυτής καθορίζονται από τον κανονισμό αδειών παραγωγής, από τον οδηγό αξιολόγησης αιτήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς και από διευκρινίσεις που βρίσκονται στην ιστοσελίδα της ΡΑΕ.

Το δεύτερο μέρος αφορά στην έγκριση των περιβαλλοντικών όρων για τους οποίους τηρείται μια αυστηρή και προκαθορισμένη διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ). Η όλη διαδικασία περιλαμβάνει την κατάθεση και την εξέταση από την διεύθυνση περιβάλλοντος και χωροταξίας της τοπικής περιφέρειας.

Τέλος το τρίτο μέρος περιλαμβάνει την ένταξη της υπό συζήτηση επένδυσης στον αναπτυξιακό νόμο 3299/04 και εξετάζεται από την τοπική περιφέρεια με την βοήθεια του ΥΠΕΧΩΔΕ. Η αίτηση για την ένταξη στον αναπτυξιακό νόμο κατατίθεται μόνο εφόσον γίνουν αποδεκτοί οι 2 προηγούμενοι. Αυτό είναι ουσιαστικά το τελευταίο βήμα της αδειοδοτικής διαδικασίας που απαιτείται πριν ξεκινήσει η λειτουργία του

αιολικού πάρκου. Το κόστος έγκειται κυρίως στην σύνταξη και την κατάθεση των απαραίτητων εγγράφων, καθώς ο υπεύθυνος μηχανικός που θα ασχοληθεί με την διαδικασία οφείλει να κάνει μια ολοκληρωμένη πρόταση στην κάθε υπηρεσία αν και εφόσον προσδοκά σε επιτυχή κατάληξη.

Ο πίνακας που ακολουθεί περιλαμβάνει τα προαναφερθέντα κόστη για την κάθε μία διαδικασία ξεχωριστά.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Λήψη άδειας παραγωγής	5.000
Π.Π.Ε.Α.	3.000
Ένταξη στον αναπτυξιακό νόμο	3.000
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>11.000</b>

Πίνακας 8.2 Κόστος λήψης άδειας

- Κόστος οικοπέδου

Σύμφωνα με την έρευνα αγοράς που έγινε για την αγορά του οικοπέδου απαιτούνται περί τις 25.000 € για κάθε 1.000 m<sup>2</sup>, τότε συνολικά για τα 7500 m<sup>2</sup> απαιτούνται **187.500 €**

- Κόστος εξοπλισμού

Στο κόστος εξοπλισμού συμπεριλαμβάνονται τα αντικείμενα που δίνει ο κατασκευαστής της Α/Γ, δηλαδή εξοπλισμό, μεταφορά, ανέγερση, κλπ

ΕΙΔΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Ανεμογεννήτρια ENERCON E44-900 (x6)	3.888.000
Πύργος ENERCON E44-900 (x6)	712.800
Μεταφορά και Εγκατάσταση	324.000
Επίβλεψη ανέγερσης, δοκιμές, θέση σε λειτουργία	116.640
Σύστημα τηλεμετάδοσης δεδομένων ENERCON	19.440
Σύστημα ENERCON SCADA-GRID	84.240
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>5.145.240</b>

Πίνακας 8.3: Κόστος εξοπλισμού

- Κόστος τεχνικών έργων

Για την ολοκλήρωση του έργου απαιτούνται διάφορες εργασίες ούτως ώστε αφενός η πρόσβαση στην επιλεγμένη τοποθεσία να είναι εύκολη και αφετέρου η έκταση της εγκατάστασης να αποκτήσει την κατάλληλη κλίση. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα κόστη για τις διάφορες εργασίες.

<b>ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ (€)</b>
Έργα Πολιτικού Μηχανικού	648.000
Έργα Ηλεκτρολόγου Μηχανικού	162.000
Διασύνδεση με δίκτυο	388.000
Επίβλεψη κατασκευής και δοκιμών Α/Π	64.000
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1.262.000</b>

Πίνακας 8.4: Έξοδα τεχνικών έργων

Μετά την παρουσίαση και ανάλυση του κόστους που απαιτείται για την κατασκευή του αιολικού πάρκου, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το συνολικό κόστος της εγκατάστασης,

<b>ΕΙΔΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ (€)</b>
Κόστος προεπενδυτικών μελετών	<b>5.000</b>
Κόστος λήψης άδειας	<b>11.000</b>
Κόστος οικοπέδου	<b>187.500</b>
Κόστος εξοπλισμού	<b>5.145.240</b>
Κόστος τεχνικών έργων	<b>1.262.000</b>
<b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>6.610.740</b>

Πίνακας 8.5: Συνολικό κόστος εγκατάστασης

## 8.2 Ανάλυση κόστους εγκατάστασης Φ/Π

- Κόστος προεπενδυτικών μελετών

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κόστη των προεπενδυτικών μελετών.

ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Οικονομοτεχνική μελέτη	3.000
Έρευνες εκτάσεων	1.000
Τεχνικές μελέτες	1.000
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>5.000</b>

Πίνακας 8.6: Κόστος προεπενδυτικών μελετών

- Κόστος λήψης άδειας

Η διαδικασία αδειοδότησης για ένα έργο 75 kW είναι πλέον αρκετά απλή, αφού εξαιρούνται και από ΕΠΟ και από άδεια παραγωγής κλπ. Αυτό που απαιτείται είναι μια προκαταρκτική μελέτη για τη συμπλήρωση του φακέλου αιτήσεως προς τη ΔΕΗ και την πολεοδομία. με κόστος περίπου **3.000 €**

- Κόστος οικοπέδου

Το οικόπεδο που θα χρειαστούμε θα πρέπει να έχει έκταση περίπου 3.000 m<sup>2</sup>. Σύμφωνα με την έρευνα αγοράς που έγινε για την αγορά του οικοπέδου απαιτούνται περί τις 25.000 € για κάθε 1.000 m<sup>2</sup>, οπότε συνολικά θα κοστίζει **75.000 €**

- Κόστος εξοπλισμού

Το κόστος εξοπλισμού όπου περιλαμβάνει: τις Φ/Β γεννήτριες QJP 300W τους inverter IPG 300C, τη μελέτη εφαρμογής, την εγκατάσταση, την επίβλεψη, τις μεταφορές, τη συναρμολόγηση και τοποθέτηση βάσεων και φωτοβολταϊκών στοιχείων, τη συναρμολόγηση αντιστροφών, τη συναρμολόγηση του υποσταθμού, τη ρύθμιση, τη θέση σε δοκιμαστική λειτουργία 10 ημερών, την επεξήγηση λειτουργίας της εγκατάστασης και την παράδοση των εγχειριδίων υπολογίζεται στα **90.000 €**

- Κόστος τεχνικών έργων

Για την ολοκλήρωση του έργου απαιτούνται διάφορες εργασίες ούτως ώστε αφενός η πρόσβαση στην επιλεγμένη τοποθεσία να είναι εύκολη και αφετέρου η έκταση της εγκατάστασης να αποκτήσει την κατάλληλη κλίση. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα κόστη για τις διάφορες εργασίες:

<b>ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ (€)</b>
Εκσκαφή και επιχωμάτωση για διαμόρφωση του πάρκου	20.500
Διασύνδεση με δίκτυο	16.500
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>37.000</b>

Πίνακας 8.7: Έξοδα τεχνικών έργων

Μετά την παρουσίαση και ανάλυση του κόστους που απαιτείται για την κατασκευή του φωτοβολταϊκού πάρκου, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το συνολικό κόστος της εγκατάστασης:

<b>ΕΙΔΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ (€)</b>
Κόστος προεπενδυτικών μελετών	<b>5.000</b>
Κόστος λήψης άδειας	<b>3.000</b>
Κόστος εξοπλισμού	<b>90.000</b>
Κόστος οικοπέδου	<b>75.000</b>
Κόστος τεχνικών έργων	<b>37.000</b>
<b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>210.000</b>

Πίνακας 8.8: Συνολικό κόστος εγκατάστασης

### 8.3 Υπολογισμός απόδοσης και κέρδους Α/Π

Όπως προαναφέρθηκε, οι ανεμογεννήτριες που θα χρησιμοποιηθούν είναι 6 και θα έχουν ονομαστική απόδοση 900 KW. Η ονομαστική απόδοση του αιολικού πάρκου θα είναι 5.400 KW.

Η απόδοση των ανεμογεννητριών στην περιοχή που επιλέχθηκε υπολογίζεται ότι είναι 25%. Επομένως για τον προσδιορισμό των MWh που θα παράγονται ετησίως, απαιτούνται οι ακόλουθοι υπολογισμοί:

$$24\text{h} \times 365 \text{ μέρες} = 8.760 \text{ h}$$

$$8.760 \text{ h} \times 25\% = 2.190 \text{ h}$$

$$2.190 \text{ h} \times 5.4 \text{ MW} = 11.826 \text{ MWh} = 11.826.000 \text{ kWh}$$

Τα έσοδα πωλήσεων για την πρώτη δεκαετία λειτουργίας της μονάδας αναμένεται να είναι σταθερά καθώς η τιμή αγοράς της MWh από την ΔΕΗ είναι σταθερή περίπου στα 87 ευρώ ανά MWh. Επομένως λαμβάνοντας σαν δεδομένο ότι το μέγεθος της παραγωγής του αιολικού μας πάρκου είναι προβλεπόμενο με πολύ μικρή απόκλιση, είμαστε σε θέση να προβούμε σε μια εκτίμηση των ετήσιων εσόδων από πωλήσεις. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει το αιολικό πάρκο αναμένεται να παράγει ετησίως 11.826 MWh, επομένως τα έσοδα από πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να ανέλθουν στα 1.028.862 € ετησίως για τα πρώτα 10 έτη, θεωρώντας ότι έχουμε μέγιστη παραγωγή.

Στους παρακάτω πίνακες δίνεται η κατάσταση των αποτελεσμάτων χρήσης και ο χρόνος επιστροφής του κεφαλαίου για τα πρώτα δέκα χρόνια λειτουργίας του αιολικού πάρκου. Το κόστος παραγωγής κατά προσέγγιση ανέρχεται στα 43.000 €/έτος με μια αύξηση της τάξης του 2% τον χρόνο. Συμπεριλαμβάνονται έξοδα λειτουργίας και συντήρησης, έξοδα ανθρωπίνου δυναμικού, διάφορα εφόδια και ότι επιπλέον έξοδα μπορεί να προκύψουν. Επίσης ο φόρος σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία ανέρχεται στο 25 %. Στο πρώτο πίνακα το κεφάλαιο καλύπτεται εξ ολοκλήρου από δικά μας χρήματα

ΕΤΟΣ	ΕΣΟΔΑ ΠΩΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€)	ΚΕΡΛΟΣ ΠΡΟΣ ΦΟΡΟΛΟΓΗΣΗ (€)	ΦΟΡΟΣ (€)	ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΛΟΣ (€)	ΚΕΦΑΛΑΙΟ (€)
2014	1.028.862	43.000	985.862	246.466	739.397	5.871.344
2015	1.028.862	43.860	985.002	246.251	738.752	5.132.592
2016	1.028.862	44.737	984.125	246.031	738.094	4.394.498
2017	1.028.862	45.632	983.230	245.808	737.423	3.657.076
2018	1.028.862	46.545	982.317	245.579	736.738	2.920.338
2019	1.028.862	47.475	981.387	245.347	736.040	2.184.298
2020	1.028.862	48.425	980.437	245.109	735.328	1.448.970
2021	1.028.862	49.393	979.469	244.867	734.601	714.369
2022	1.028.862	50.381	978.481	244.620	733.860	0
2023	1.028.862	51.389	977.473	244.368	733.105	0

Πίνακας 8.9: Εξέλιξη κεφαλαίου σε περίπτωση μη κρατικής επιδότησης

Το συμπέρασμα που εύκολα εξάγεται από την παρατήρηση του παραπάνω πίνακα είναι ότι ακόμα και στην περίπτωση που θεωρήσουμε ότι δεν υπάρχει κρατική επιδότηση, η επιστροφή του κεφαλαίου πραγματοποιείται στα πρώτα 8 χρόνια λειτουργίας του αιολικού πάρκου, διάστημα που κρίνεται αρκετά ικανοποιητικό. Η υπόθεση αυτή όμως δεν είναι ρεαλιστική καθώς στις περισσότερες των περιπτώσεων υπάρχει πάντα σημαντική συμβολή του κρατικού φορέα.

Στον δεύτερο πίνακα, έχει ληφθεί υπόψη η κρατική επιδότηση η οποία όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως ανέρχεται στο 40 % του συνολικού κεφαλαίου. Στην προκειμένη δηλαδή περίπτωση στο αρχικό κεφάλαιο δεν υπολογίζεται το ποσό του 2.644.296 ευρώ, οπότε θεωρούμε το συνολικό κόστος της επένδυσης να είναι 3.966.444 ευρώ.

ΕΤΟΣ	ΕΣΟΔΑ ΠΩΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€)	ΚΕΡΔΟΣ ΠΡΟΣ ΦΟΡΟΛΟΓΗΣΗ (€)	ΦΟΡΟΣ (€)	ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ (€)	ΚΕΦΑΛΑΙΟ (€)
2014	1.028.862	43.000	985.862	246.466	739.397	3.227.048
2015	1.028.862	43.860	985.002	246.251	738.752	2.488.296
2016	1.028.862	44.737	984.125	246.031	738.094	1.750.202
2017	1.028.862	45.632	983.230	245.808	737.423	1.012.780
2018	1.028.862	46.545	982.317	245.579	736.738	276.042
2019	1.028.862	47.475	981.387	245.347	736.040	0
2020	1.028.862	48.425	980.437	245.109	735.328	0
2021	1.028.862	49.393	979.469	244.867	734.601	0
2022	1.028.862	50.381	978.481	244.620	733.860	0
2023	1.028.862	51.389	977.473	244.368	733.105	0

Πίνακας 8.10: Εξέλιξη κεφαλαίου σε περίπτωση κρατικής επιδότησης

Από τον προηγούμενο πίνακα βλέπουμε ότι η επιστροφή του κεφαλαίου με την κρατική επιδότηση πραγματοποιείται σε 5 χρόνια, διάστημα που κρίνεται πολύ ικανοποιητικό.



## 8.4 Υπολογισμός απόδοσης και κέρδους Φ/Π

Τα φωτοβολταϊκά που θα χρησιμοποιηθούν είναι 250 με ονομαστική απόδοση 300W. Οπότε η ονομαστική απόδοση του πάρκου θα είναι 75 kW. Για σταθερό βέλτιστο νότιο προσανατολισμό όπου οι συνολικές απώλειες (ανακλάσεων, θερμοκρασίας, πτώσης τάσης κλπ) είναι 25,6 % , η μέση ετήσια αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 104.835 kWh.

Τα έσοδα πωλήσεων για την πρώτη δεκαετία λειτουργίας της μονάδας αναμένεται να είναι σταθερά καθώς η τιμή αγοράς της MWh από την ΔΕΗ είναι σταθερή περίπου στα 0.27 ευρώ ανά kWh. Λαμβάνοντας σαν δεδομένο ότι το μέγεθος της παραγωγής είναι προβλεπόμενο με πολύ μικρή απόκλιση, είμαστε σε θέση να προβούμε σε μια εκτίμηση των ετήσιων εσόδων από πωλήσεις. Το φωτοβολταϊκό πάρκο αναμένεται να παράγει ετησίως 104.835 kWh, επομένως τα έσοδα από πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να ανέλθουν στα 28.305 € ετησίως για τα πρώτα 10 έτη, θεωρώντας ότι έχουμε μέγιστη παραγωγή.

Στο παρακάτω πίνακα δίνεται η κατάσταση των αποτελεσμάτων χρήσης και ο χρόνος επιστροφής του κεφαλαίου για τα πρώτα δέκα χρόνια λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πάρκου. Σε σχέση με το αιολικό πάρκο το κόστος παραγωγής (έξοδα λειτουργίας, συντήρησης κλπ) θεωρείται μηδαμινό οπότε και δεν το λαμβάνουμε υπόψη. Επίσης ο φόρος σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία ανέρχεται στο 25 %.

ΕΤΟΣ	ΕΣΟΔΑ ΠΩΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€)	ΦΟΡΟΣ (€)	ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ (€)	ΚΕΦΑΛΑΙΟ (€)
2014	28.305	7.076	21.229	188.771
2015	28.305	7.076	21.229	167.543
2016	28.305	7.076	21.229	146.314
2017	28.305	7.076	21.229	125.085
2018	28.305	7.076	21.229	103.856
2019	28.305	7.076	21.229	82.628
2020	28.305	7.076	21.229	61.399
2021	28.305	7.076	21.229	40.170
2022	28.305	7.076	21.229	18.941
2023	28.305	7.076	21.229	0

Πίνακας 8.11: Εξέλιξη κεφαλαίου

Όπως βλέπουμε η επιστροφή του κεφαλαίου πραγματοποιείται στα πρώτα 9 χρόνια λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πάρκου, διάστημα που κρίνεται αρκετά ικανοποιητικό ειδικά αν αναλογιστούμε ότι η διάρκεια ζωής ανέρχεται στα 30 χρόνια.

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα λοιπόν ότι η εγκατάσταση αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων στην Ελλάδα μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα, όχι μόνο για την προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος, κάτι το οποίο άλλωστε αποτελεί την αιτία στροφής προς τις ΑΠΕ, αλλά και για την ελληνική οικονομία. Ωστόσο, παρά το γεγονός πως υπάρχουν όλες οι προϋποθέσεις για την μεγαλύτερη αξιοποίηση της αιολικής και ηλιακής ενέργειας, κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει στον βαθμό που θα έπρεπε, καθώς εκτός από την προκατάληψη και την ελλιπή ενημέρωση που υπάρχει για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας η γραφειοκρατία αποτελεί τον μεγαλύτερο ανασταλτικό παράγοντα για κάθε νέα προσπάθεια. Επομένως κρίνεται αναγκαίο να γίνει προσπάθεια από τις εκάστοτε κυβερνήσεις, αλλά και από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, προκειμένου οι όποιες κωλυσιεργίες που παρατηρούνται κατά την διαδικασία έγκρισης ενός επενδυτικού σχεδίου να εξαλειφθούν προκειμένου η χώρα μας να αποτελεί μια περιοχή ελκυστική για τους νέους επενδυτές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) [www.rae.gr](http://www.rae.gr)
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής  
<http://www.ypeka.gr>
- Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) [www.dei.gr](http://www.dei.gr)
- Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας [www.eletaen.gr](http://www.eletaen.gr)
- Αιολική ενέργεια <http://www.aenaon.net/gr/>
- Ανεμογεννήτρια <http://www.anemogennitria.gr/>
- Αεροπορική Μετεωρολογία [www.aviamet.gr](http://www.aviamet.gr)
- Εξοικονόμηση Ενέργειας <http://www.buildings.gr/greek/greek.htm>
- Ηλιακή Ενέργεια  
[http://www.ekke.gr/estia/Cooper/Pandoiko\\_Patra\\_98/Trypanagnost.pdf](http://www.ekke.gr/estia/Cooper/Pandoiko_Patra_98/Trypanagnost.pdf)
- Παθητικά Ηλιακά συστήματα Θέρμανσης  
<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/>
- Φωτοβολταϊκό Σύστημα Βικιπαίδεια [http://el.wikipedia.org/wiki/φωτοβολταϊκό\\_σύστημα](http://el.wikipedia.org/wiki/φωτοβολταϊκό_σύστημα)
- Κάρπαθος Βικιπαίδεια <http://el.wikipedia.org/wiki/Κάρπαθος>
- Κλίμα –Γράφημα Κάρπαθος Ελλάδα [Ελλάδα – WeatherOnline.gr](http://www.weatheronline.gr)
- Χαρακτηριστικά Αιολικού πάρκου <http://www.enercon.de/de-de/60.htm>
- Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού Πάρκου [www.solarena.eu](http://www.solarena.eu)
- Μετατροπείς [www.conergy.gr/inverters.aspx](http://www.conergy.gr/inverters.aspx)
- Υπολογισμός απόδοσης για φωτοβολταϊκά συστήματα  
<http://www.selasenergy.gr/solar-calculator-main.php>