

# **ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ**

## **ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**Πτυχιακή Εργασία:**

**ΚΑΛΥΨΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΟΡΕΙΝΟΥ**  
**ΚΑΤΑΦΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ**  
**ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

**Επιβλέπων: ΠΕΤΡΟΣ Γ. ΒΕΡΝΑΔΟΣ, Καθηγητής**

**Σπουδαστές:**

**ΠΡΟΚΟΠΑΚΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ**  
**ΧΑΛΚΙΟΠΟΥΛΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

# Στόχοι Εργασίας

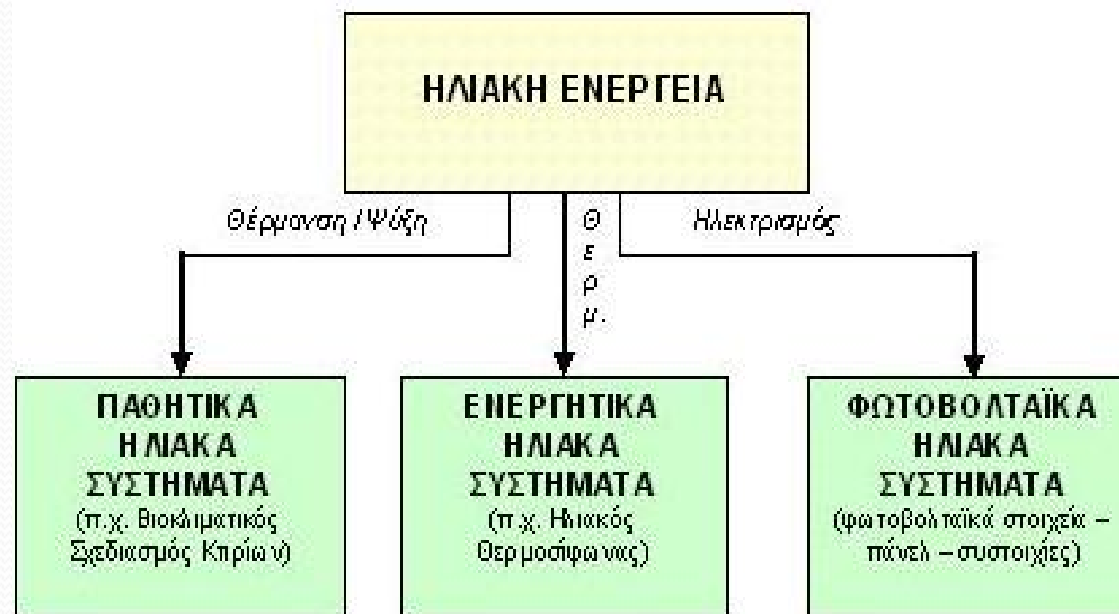
Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στις δύο πιο διαδεδομένες μορφές ΑΠΕ: την ηλιακή και την αιολική. Πιο συγκεκριμένα η εργασία πραγματεύεται την μελέτη και σχεδίαση ενός συστήματος που συνδυάζει τις δύο τεχνολογίες δηλαδή ένα υβριδικό σύστημα ανεμογεννήτριας-φωτοβολταϊκών, με πηγή εφεδρείας μια ντιζελογεννήτρια. Το σύστημα αυτό προορίζεται να εξυπηρετεί τις ενεργειακές ανάγκες το ορειβατικού καταφυγίου Φλαμπούρι Πάρνηθας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

# Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι η φωτεινή ενέργεια (φως), η θερμική ενέργεια (θερμότητα) καθώς και η ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια διαδίδεται στο σύμπαν, κυρίως με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλλά και με σωματιδιακή μορφή. Στο σύνολο της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο και πρόκειται για **Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας**

# Ηλιακή Ενέργεια

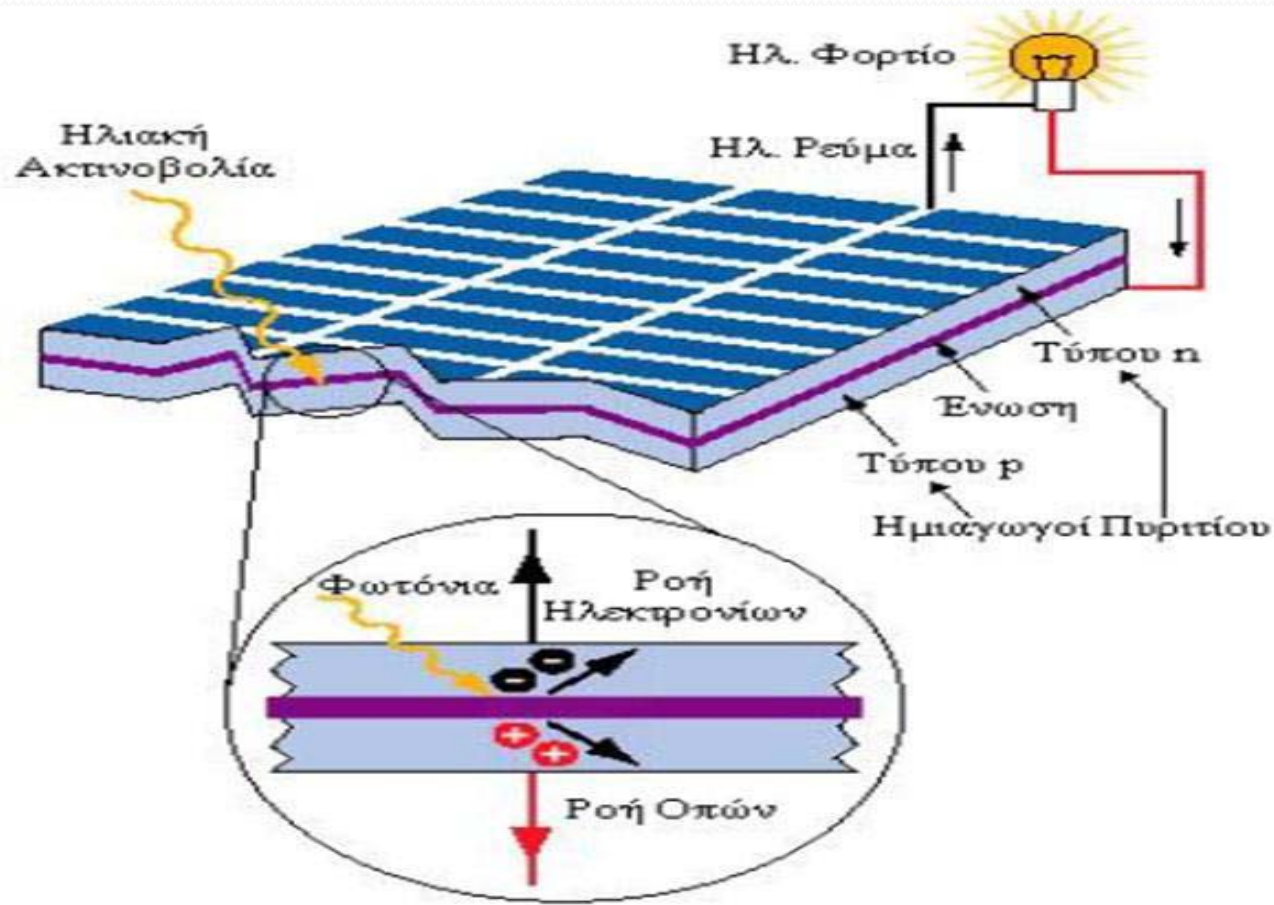
Την ηλιακή ενέργεια την εκμεταλλευόμαστε όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, μέσω παθητικών ηλιακών συστημάτων, ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και φωτοβολταϊκών ηλιακών συστημάτων



# Φωτοβολταϊκά συστήματα

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μετατραπεί απ' ευθείας σε ηλεκτρισμό μέσω των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αυτά γενικά αποτελούνται από ένα σύστημα δύο υλικών σε επαφή, το οποίο όταν φωτίζεται εμφανίζει στα άκρα του συνεχή ηλεκτρική τάση. Σήμερα τα φωτοβολταϊκά στοιχεία των οποίων η βιομηχανική παραγωγή έχει προωθηθεί, είναι αυτά που βασίζονται στη δημιουργία δύο ημιαγωγικών στρωμάτων σε επαφή. Συνήθως, τα δύο στρώματα αποτελούνται από το ίδιο κύριο υλικό, το ένα στρώμα ημιαγωγός τύπου n και το άλλο τύπου p. Εξωτερικά τοποθετούνται κατάλληλα ηλεκτρόδια. Η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς από ένα μοναδικό φωτοβολταϊκό κύτταρο ανέρχεται τυπικά σε μόλις περίπου 2,5 W. Η δε συνεχή ηλεκτρική τάση ανοιχτού κυκλώματος, βρίσκεται στην περιοχή 0,5-0,6 Volts, ενώ το ανττίστοιχο ηλεκτρικό ρεύμα στην περιοχή των 10-40 mA/cm<sup>2</sup>, για πυκνότητα ισχύος ηλιακού φωτός 1 kW/m<sup>2</sup>. Ωστόσο, διά της συνένωσης μεγάλου αριθμού ΦΒ κυττάρων (μεταξύ τους ηλεκτρική σύνδεση σε σειρά) μπορούν να παράγονται εκατοντάδες βαττ, και διά της συνένωσης των ΦΒ πλαισίων μπορούν να παράγονται χιλιάδες κιλοβάτ ηλεκτρικής ισχύος.

# Φωτοβολταϊκό φαινόμενο



# Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Ο μηχανισμός εκδήλωσης του φωτοβολταϊκού φαινομένου σε ένα ηλιακό στοιχείο. Τα φωτόνια της ηλιακής ακτινοβολίας, που δέχεται το στοιχείο στην εμπρός του όψη, τύπου n, παράγουν ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές). Οι φορείς αυτοί, καθώς κυκλοφορούν στην ημιαγώγιμη πλάκα (και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντίθετου προσήμου) μπορεί να βρεθούν κοντά στην περιοχή της ένωσης p-n και να δεχθούν την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου. Έτσι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς τα εμπρός (τμήμα τύπου n) και οι οπές προς τα πίσω (τμήμα τύπου p), με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις του ΦΒ στοιχείου

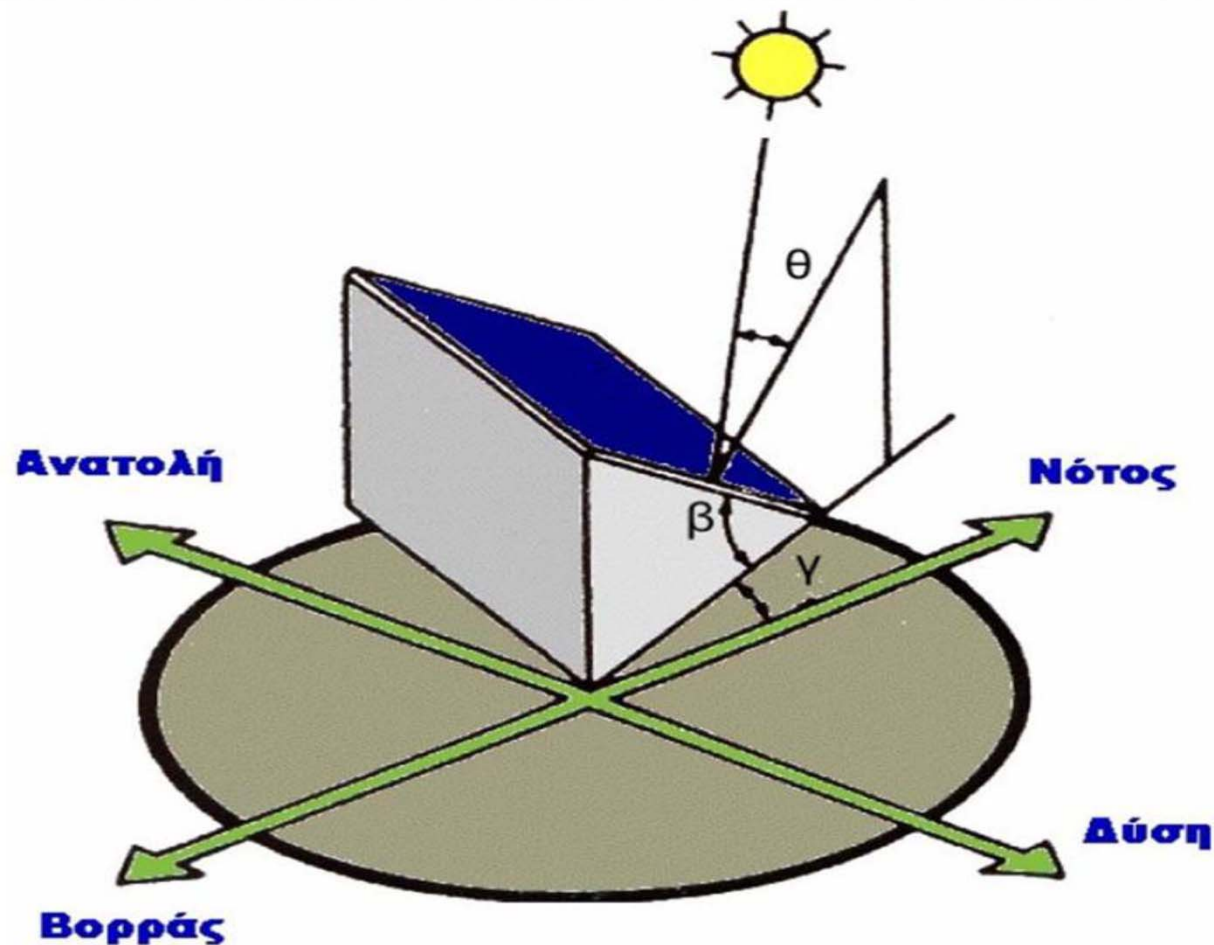
# Προσανατολισμός του συλλέκτη

Η **κλίση** του συλλέκτη ( $\beta$ ) είναι η διέδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του συλλέκτη και στον ορίζοντα. Δείχνει πόσο γέρνει ο συλλέκτης και μπορεί να πάρει τιμές από  $0^\circ$  μέχρι  $180^\circ$ . Για γωνίες  $\beta > 90^\circ$  το επίπεδο του συλλέκτη είναι στραμμένο προς τα κάτω.

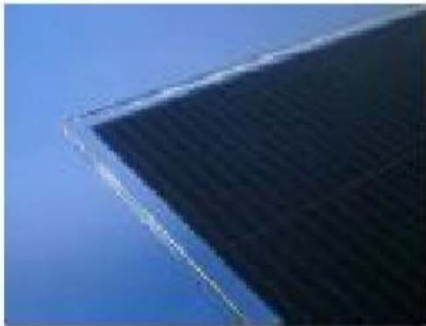
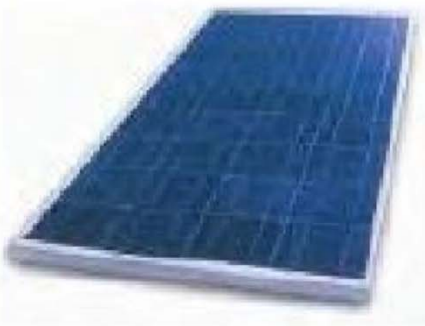

Η **αζιμούθια γωνία** του συλλέκτη ( $\gamma$ ) είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακορύφου του συλλέκτη και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου. Παίρνει τιμές από  $-180^\circ$  μέχρι  $+180^\circ$ . Η γωνία  $-180^\circ$  (που συμπίπτει με τη  $+180^\circ$ ) αντιστοιχεί σε τοποθέτηση του συλλέκτη προς το βορρά, η γωνία  $-90^\circ$  προς την ανατολή, η γωνία  $0^\circ$  προς το νότο και η γωνία  $+90^\circ$  προς τη δύση.



# Προσανατολισμός του συλλέκτη



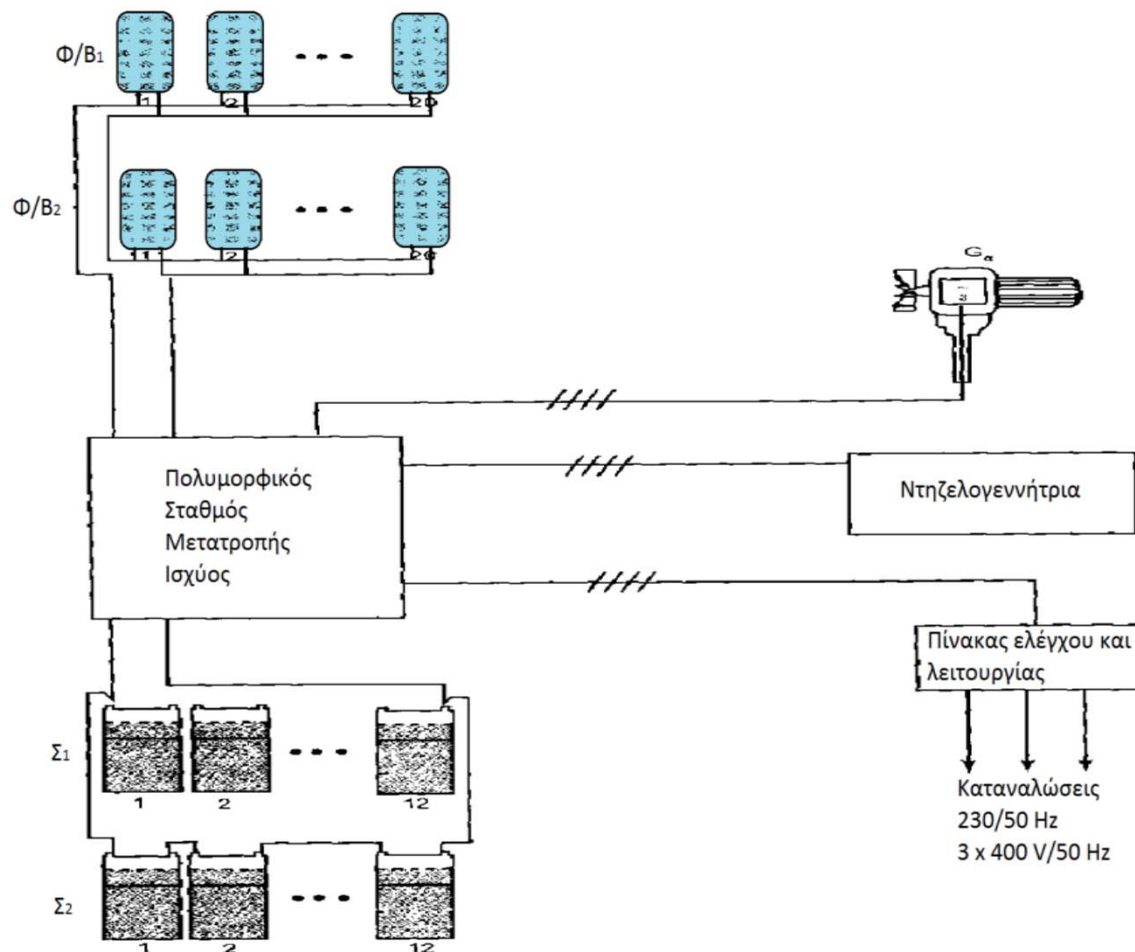
# Διάκριση φωτοβολταϊκών πλαισίων

ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση ανά μονάδα επιφάνειας	~10%	~12%	~15%
Επιφάνεια ανά kWp	9-25 m <sup>2</sup>	7-9 m <sup>2</sup>	5,5-9 m <sup>2</sup>

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

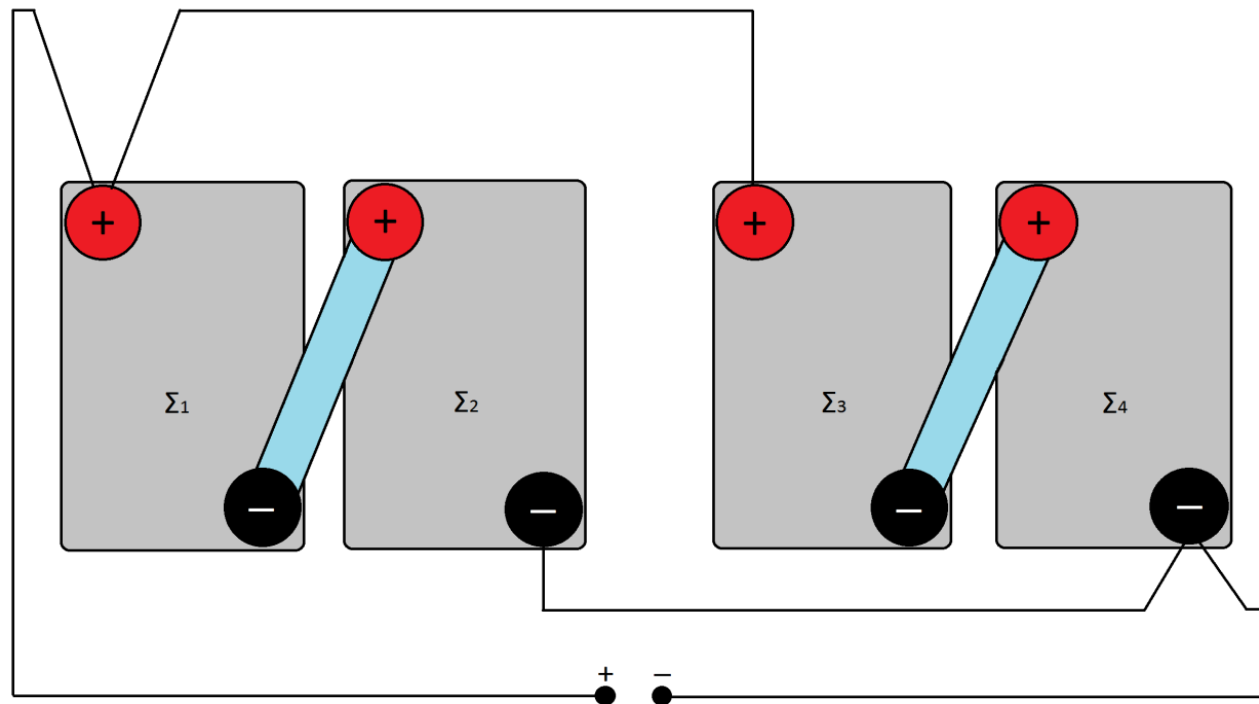
- Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα
- Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα (με δυνατότητα κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας)
- Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα (η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται εξολοκλή-ρου στο κεντρικό δίκτυο)
- Υβριδικό σύστημα αυτόνομο
- Υβριδικό σύστημα διασυνδεδεμένο

# Υβριδικό σύστημα αυτόνομο



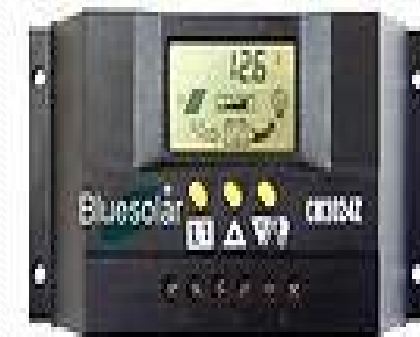
# Συνδεσμολογία συσσωρευτών

- Σύνδεση σε σειρά
- Παράλληλη σύνδεση
- Μικτή σύνδεση

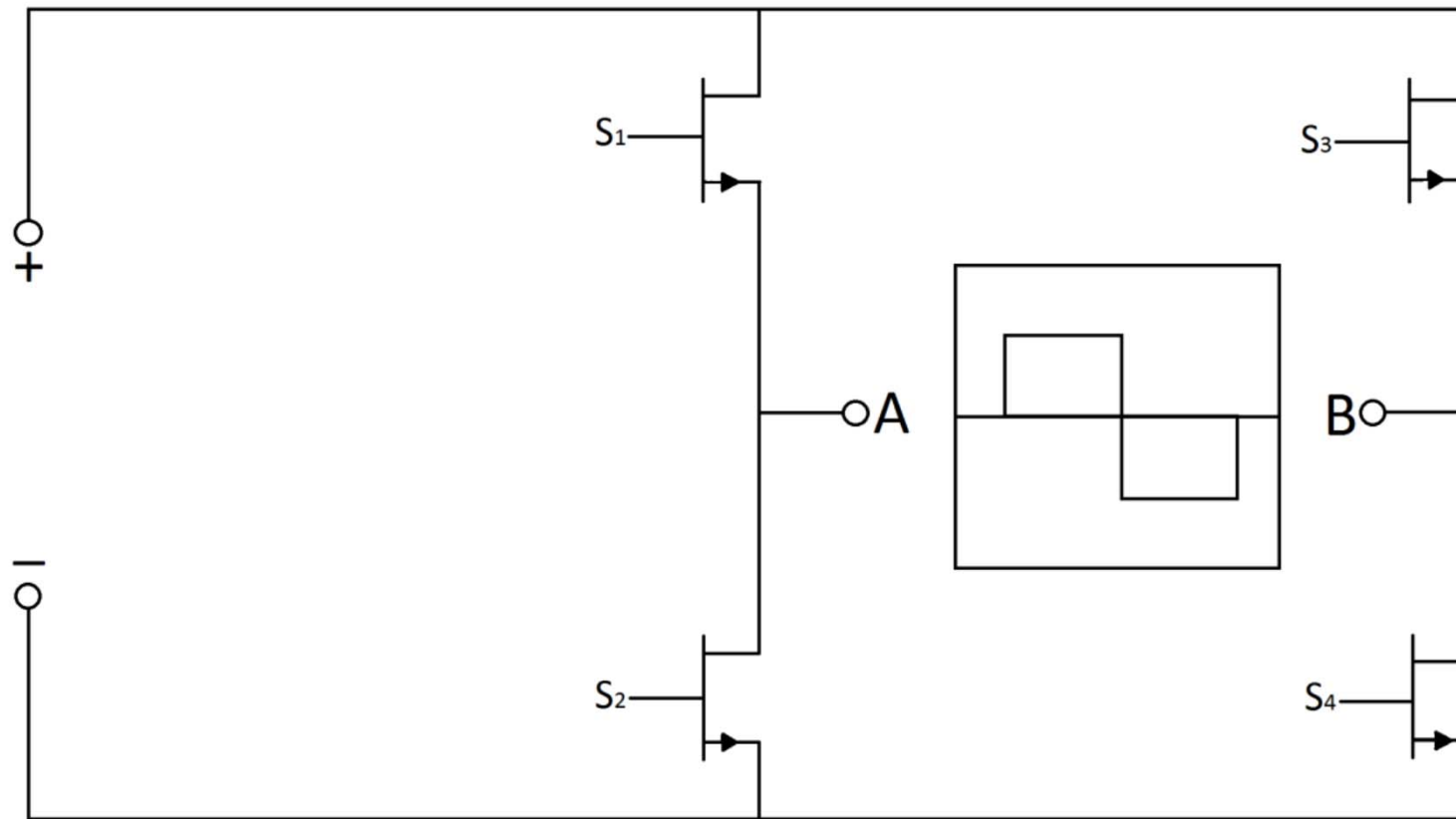


# Ελεγκτής φόρτισης-εκφόρτισης

- Ρυθμιστές φόρτισης μικρής ισχύος
- Ρυθμιστές φόρτισης χαμηλής ισχύος
- Ρυθμιστές ενεργειακών συστημάτων



# Μετατροπέας DC-AC (inverter)



# Μετατροπέας DC-AC (inverter)

Βασική αρχή λειτουργίας του inverter.  $S_1, S_2, S_3, S_4$ , τα διακοπτικά στοιχεία. Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (DC-AC conversion), επιτυγχάνεται με κλείσιμο – άνοιγμα των διακοπτικών στοιχείων, ανά δύο, χιαστί (1, 4 και 2, 3). Όσο τα  $S_1, S_4$  είναι αγώγιμα και τα  $S_2, S_3$  σε αποκοπή, τα σημεία A και B έχουν πρόσημα + και – αντίστοιχα. Όταν συμβαίνει το αντίστροφο, τα A και B έχουν πρόσημα – και + αντίστοιχα. Μ' αυτό τον τρόπο δημιουργείται η εναλλασσόμενη τετραγωνική τάση (κέντρο του διαγράμματος)



# Μετατροπείς DC-AC δικτύου

- Μετατροπείς DC-AC δικτύου μικρής ισχύος χαμηλής τάσης μονοφασικοί
- Μετατροπείς DC-AC μέσης ισχύος χαμηλής τάσης, τριφασικοί
- Μετατροπέας DC-AC μεγάλης ισχύος μέσης τάξης

# ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η κινητική ενέργεια του ανέμου η οποία οφείλεται κυρίως στην άνιση θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο. Περίπου το 2% της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στον πλανήτη μας, μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια η οποία υπολογίζεται σε  $3,6 \cdot 10^9$  MW. Η ενέργεια αυτή είναι τεράστια συγκρινόμενη με τις ανάγκες της ανθρωπότητας. Ενδεικτικά οι ενεργειακές ανάγκες των Η.Π.Α. είναι μόλις το 10% της ενέργειας των ανέμων που πνέουν εκεί. Η αιολική ενέργεια μας προσφέρει τη δυνατότητα να παράγουμε ηλεκτρισμό χωρίς να επιβαρύνουμε το περιβάλλον.

# Ιστορική αναδρομή


Η αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας του ανέμου ξεκίνησε από τα πρώιμα ιστορικά χρόνια και έπαιξε αποφασιστικό ρόλο στην εξέλιξη της ανθρωπότητας με τη χρήση της τόσο στη ναυτιλία όσο και στην άρδευση καθώς και στις αγροτικές καλλιέργειες. Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον άνθρωπο για την κίνηση των ιστιοφόρων πλοίων. Οι ιστορικές και αρχαιολογικές αναφορές υποστηρίζουν επίσης ότι αιολικές μηχανές (ανεμόμυλοι) χρησιμοποιήθηκαν από τους σημαντικότερους αρχαίους λαούς, τους Κινέζους, τους Πέρσες, και τους Αιγύπτιους. Ιστορικές μαρτυρίες αναφέρουν ότι ήδη τον 7ο π.Χ. αιώνα στην Βαβυλωνία ανεμόμυλοι έδιναν την απαραίτητη ενέργεια για την άρδευση της Μεσοποταμίας.

# Ο Άνεμος

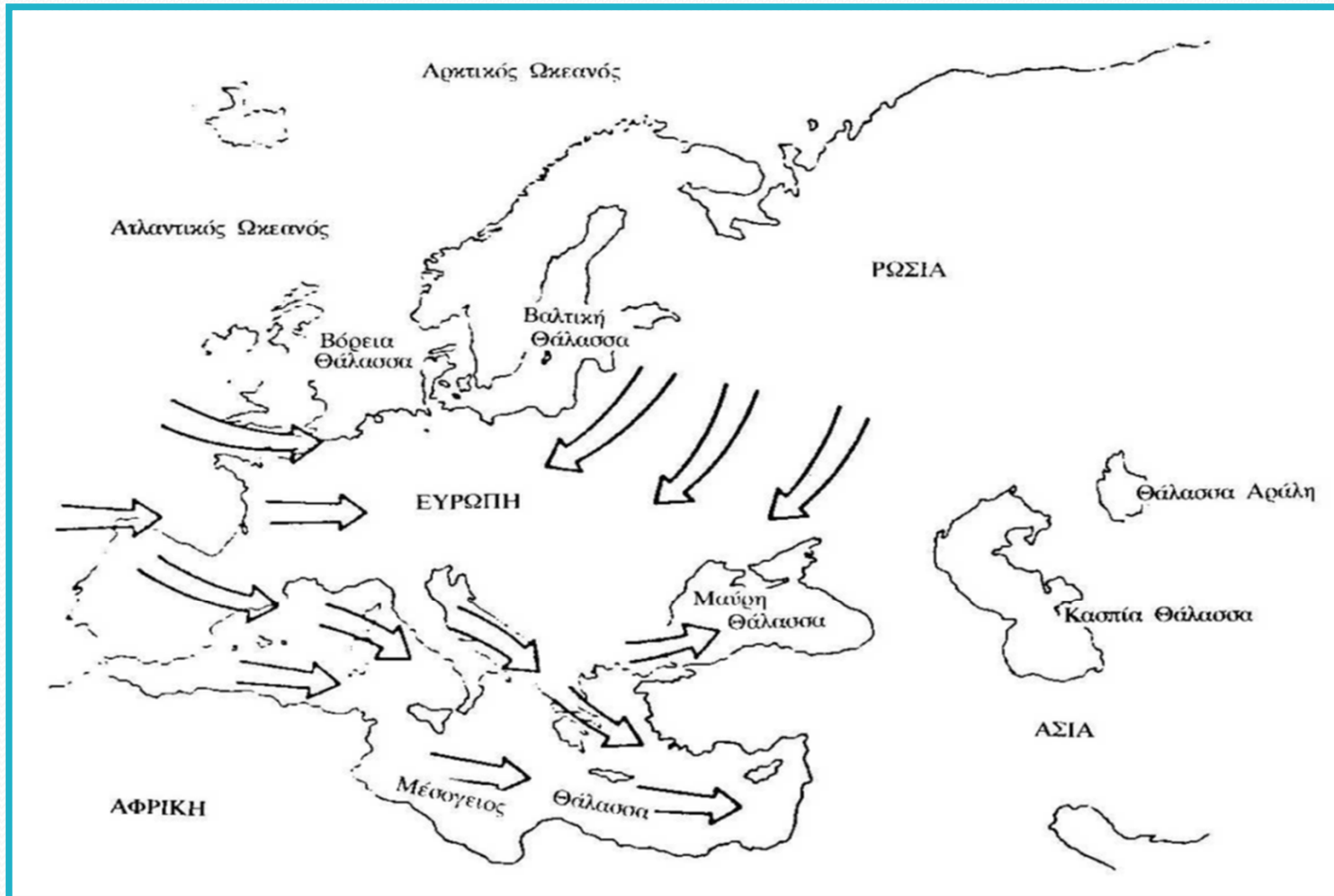
Οι άνεμοι αποτελούν κίνηση αέριας μάζας στην ατμόσφαιρα που κυρίως προκαλείται από την ηλιακή ακτινοβολία. Ειδικότερα είναι αποτέλεσμα των θερμοκρασιακών διαφορών που δημιουργούνται στην τροπόσφαιρα είτε λόγω του γεωγραφικού πλάτους είτε λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης. Οι διαφορετικές γεωγραφικές θερμοκρασίες οφείλονται σε δύο κυρίως παράγοντες:

- Υψομετρική διαφορά δύο σημείων
- Διαφορετική φύση της επιφάνειας (έδαφος ή νερό)

Στην Ευρώπη οι άνεμοι που πνέουν επηρεάζονται από τα ανατολικά ρεύματα του Ατλαντικού, τα ψυχρά βόρεια και τα θερμά τροπικά της Σαχάρας. Έτσι οι επικρατούντες άνεμοι είναι για τον μεν χειμώνα οι Νοτιοδυτικοί ενώ για το καλοκαίρι οι Δυτικοί και οι Βορειοδυτικοί.

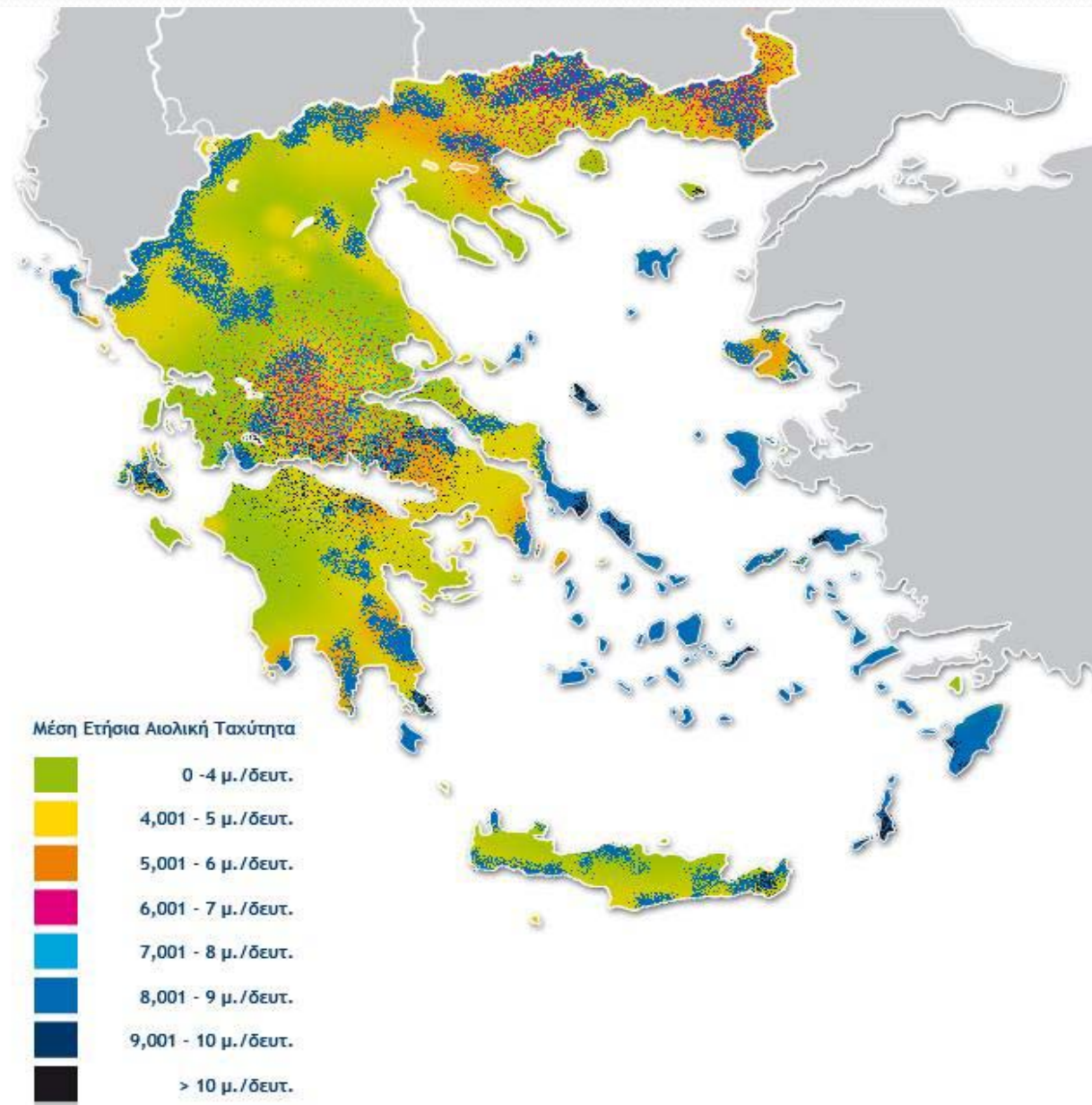


**Στον ελληνικό χώρο, λόγω και τη μορφολογία της Βαλκανικής Χερσονήσου, τη χειμερινή περίοδο επικρατούν τοπικοί Βόρειοι-Βορειοανατολικοί άνεμοι η ένταση των οποίων είναι μέση έως ισχυρή, την άνοιξη γίνονται νοτίων διευθύνσεων, ισχυρής επίσης έντασης, ενώ το καλοκαίρι η ένταση των ανέμων πέφτει με συνέπεια την εμφάνιση πολλών ημερών με νηνεμία.**



# Χαρακτηριστικές παράμετροι του ανέμου

- Μέση ταχύτητα του ανέμου
- Στιγμιαία ταχύτητα του ανέμου
- Μέγιστη ταχύτητα του ανέμου
- Ριπή του ανέμου
- Διεύθυνση του ανέμου
- Τραχύτητα του εδάφους
- Ανατάραξη του αέρα (Τύρβη)
- Στροβιλισμός του αέρα
- Κατανομή του ανέμου





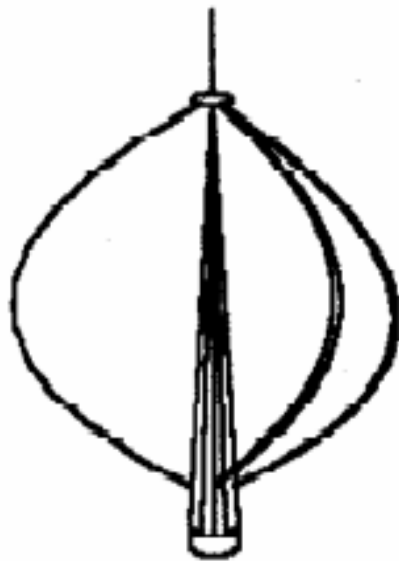
# Κατάταξη αιολικών μηχανών

- Μηχανές κατακόρυφου άξονα
- Μηχανές οριζόντιου άξονα

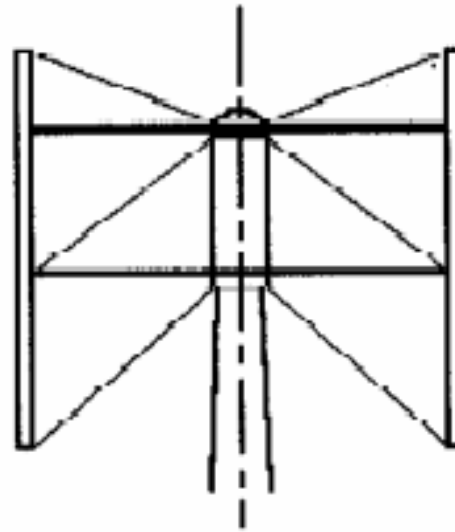
# Μηχανές κατακόρυφου άξονα

Οι μηχανές κατακόρυφου άξονα εμφανίζουν το σημαντικό πλεονέκτημα αυτόματης προσαρμογής στη διεύθυνση του ανέμου, ως εκ τούτου αποτελούν και πιο απλές κατασκευές. Οι πλέον γνωστοί τύποι ανεμοκινητήρων κατακόρυφου άξονα είναι οι μηχανές τύπου Darrieus και οι μηχανές τύπου Savonius. Να σημειωθεί ότι οι μηχανές τύπου Darrieus αποτελούν έναν από τους πλέον διαδεδομένους τύπους ανεμοκινητήρων στη διεθνή αγορά.

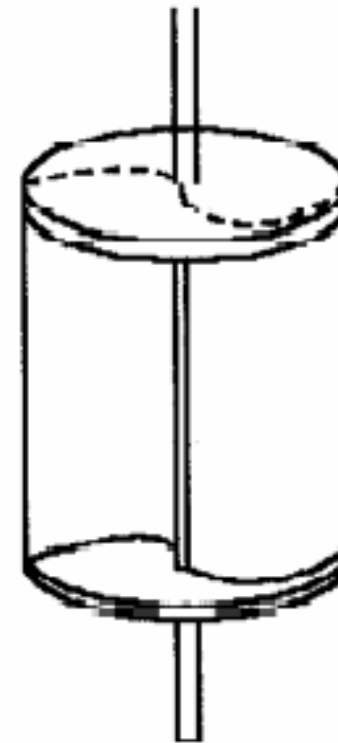
# Μηχανές κατακόρυφου άξονα



**DARRIEUS**



**H - DARRIEUS**

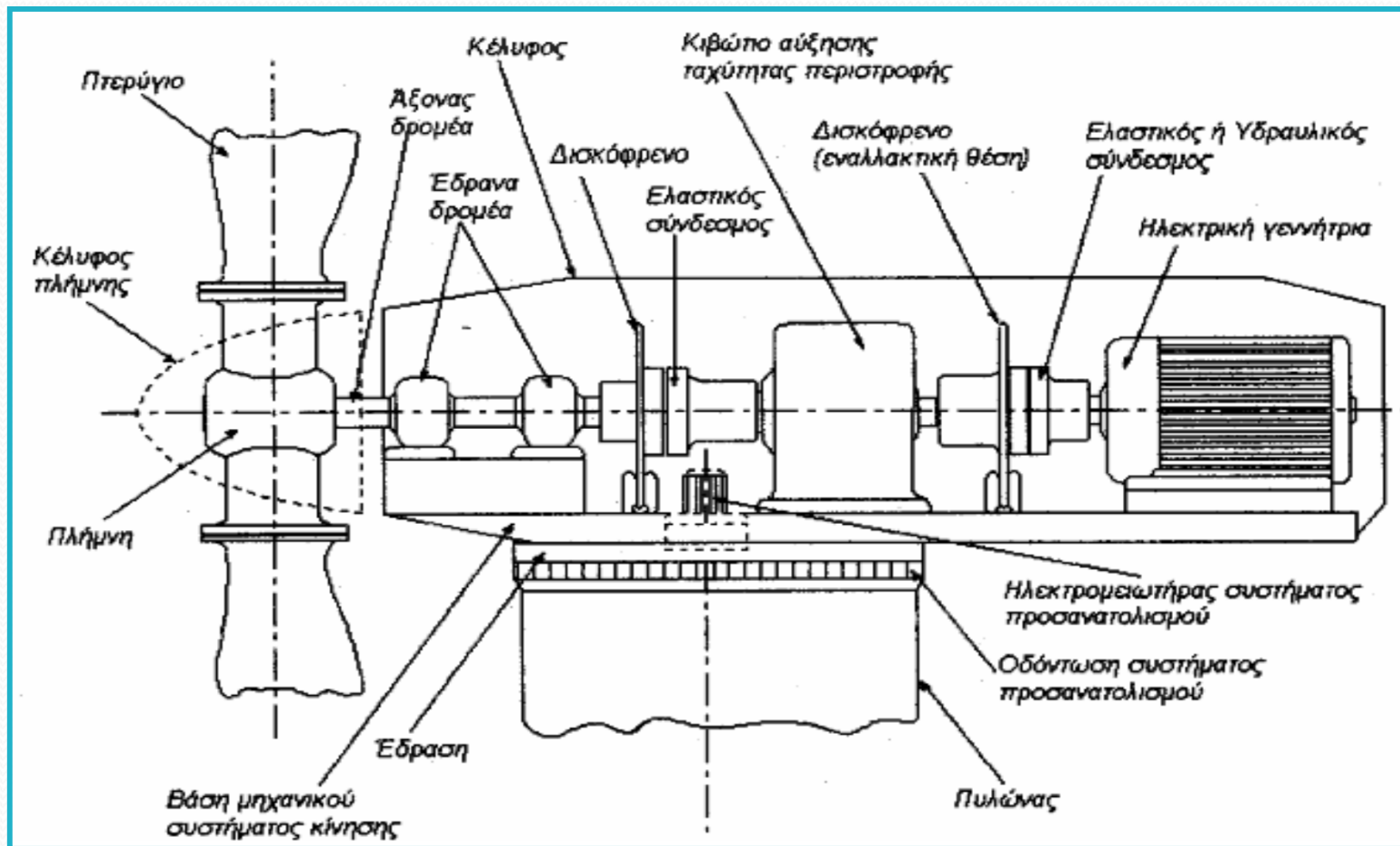


**SAVONIUS**

# Μηχανές οριζόντιου άξονα

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα έχουν τον άξονά τους παράλληλο προς την επιφάνεια της γης και συνήθως παράλληλο και με τη διεύθυνση του ανέμου (head on), αν και κάποτε η διεύθυνσή τους είναι κάθετη προς τη διεύθυνση του ανέμου ( cross-wind). Επιπλέον οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα μπορούν να έχουν ένα, δύο, τρία ή ακόμα και πενήντα πτερύγια, ενώ η πτερωτή τους μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε προσήνεμη διάταξη (up-wind), δηλαδή μπροστά από τον πύργο στήριξης, είτε σε υπήνεμη διάταξη (down-wind), δηλαδή πίσω από τον πύργο στήριξης σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου. Ανάμεσα στις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα συγκαταλέγονται οι κλασσικοί παραδοσιακοί ανεμόμυλοι.

# Τυπική μορφή ανεμοκινητήρα οριζόντιου άξονα



# Χαρακτηριστικά ανεμοκινητήρων οριζόντιου άξονα

- Δρομέας
- Σύστημα αύξησης στροφών
- Σύστημα πέδησης άξονα δρομέα
- Ελαστικοί σύνδεσμοι
- Σύστημα προσανατολισμού
- Κύριος άξονας
- Πύργος
- Βάση στήριξης (θεμελίωση)

# Αιολικά συστήματα

## ανεμογεννητριών μικρής ισχύος

- Αυτόνομα αιολικά συστήματα
- Διασυνδεδεμένα αιολικά συστήματα
- Διασυνδεδεμένα αιολικά συστήματα με δυνατότητα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας
- Υβριδικά συστήματα με ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος

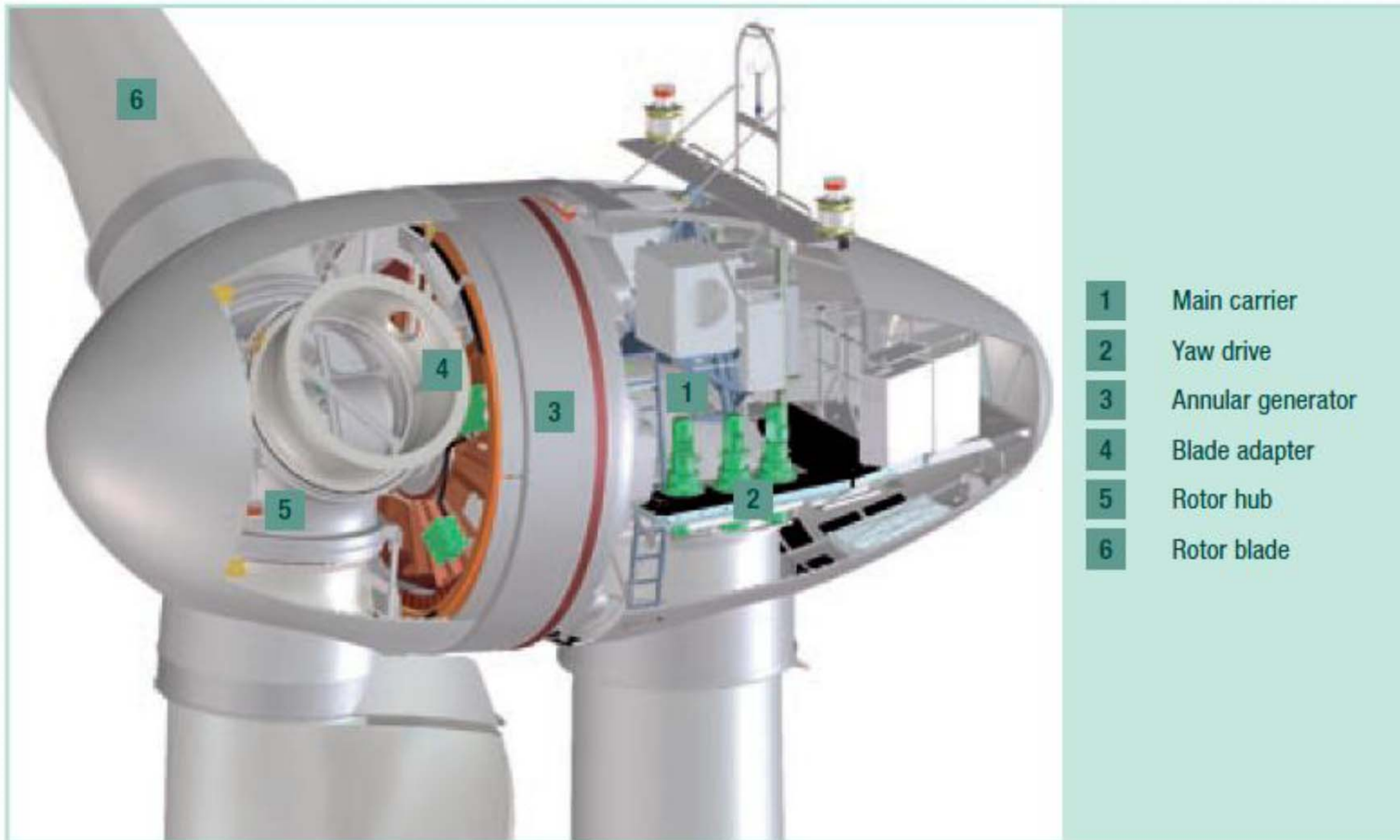
# Ανεμογεννήτριες μέσης και μεγάλης ισχύος

Οι ανεμογεννήτριες χαρακτηρίζονται μέσης ισχύος όταν κατασκευάζονται για ισχύ από 30 μέχρι 200KW και μεγάλης όταν κατασκευάζονται πάνω από τα 200KW. Είναι συνήθως σύγχρονες, οριζόντιου άξονα και ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων του ρότορα διακρίνονται σε:

- Μονόπτερες
- Δίπτερες
- Τρίπτερες



# Τυπική μορφή ανεμοκινητήρα μεγάλης ισχύος



# Η γεννήτρια Diesel

Η ταξινόμηση των μηχανών ντίζελ μπορεί να γίνει ανάλογα με το μέγιστο αριθμό στροφών που αναπτύσσονται ανά λεπτό, διακρίνονται σε αργόστροφες, μέχρι 350 σ.α.λ, σε μεσαίων στροφών, μέχρι 1200 σ.α.λ και σε πολύστροφες που φτάνουν τις 5000 σ.α.λ. Ανάλογα με την ισχύ που αποδίδουν στις κανονικές στροφές λειτουργίας τους τις διακρίνουμε σε μηχανές μικρής ισχύος (μέχρι 25 ίππους ανά κύλινδρο), σε μηχανές μέσης ισχύος (από 25-200 ίππους ανά κύλινδρο) και σε μηχανές υψηλής ισχύος 9 πάνω από 200 ίππους ανά κύλινδρο. Επιπλέον ανάλογα με τον αριθμό των κυλίνδρων διακρίνονται σε μηχανές μονοκύλινδρες μέχρι και 24κύλινδρες. Ακόμη ανάλογα με τον αριθμό των χρόνων του κύκλου λειτουργίας τους χωρίζονται σε τετράχρονες και δίχρονες.

# Το ορειβατικό καταφύγιο Φλαμπούρι

Το ορειβατικό καταφύγιο Φλαμπούρι βρίσκεται στην Πάρνηθα στην ομώνυμη κορυφή Φλαμπούρι σε υψόμετρο 1158 μέτρα. Το καταφύγιο υπάγεται στον Ορειβατικό Σύλλογο Αχαρνών. Το κτίριο του καταφυγίου αρχικά εξυπηρετούσε φυλάκιο του στρατού. Μετά το πέρας της χρησιμοποιήσεως του από το στρατό εγκαταλείφθηκε και παρέμεινε αχρησιμοποίητο για αρκετά χρόνια έως ότου ζητήθηκε από τον Ορειβατικό Σύλλογο Αχαρνών η παραχώρηση του από το Γενικό Επιτελείο Στρατού πράγμα που έγινε.

# Το ορειβατικό καταφύγιο Φλαμπούρι

Το καταφύγιο αποτελείται από δύο κτίρια ένα κύριο και ένα βοηθητικό καθώς και από μια ξύλινη αποθήκη. Κάθε κτίριο διαθέτει και σοφίτα. Η θέρμανση του γίνεται από θερμοδυναμικό τζάκι και σώματα καλοριφέρ προσπαθώντας για τη λιγότερο δυνατή ρύπανση της ατμόσφαιρας. Η τροφοδότηση με νερό γίνεται από παρακείμενη πηγή με τη βοήθεια αντλίας νερού. Διαθέτει οργανωμένη κουζίνα και προσφέρει φρεσκομαγειρεμένα φαγητά, γλυκά και ροφήματα. Υπάρχει η δυνατότητα διανυκτέρευσης μέχρι 40 ατόμων ανά βραδιά, στον επάνω όροφο του κυρίως κτιρίου.

## Το ορειβατικό καταφύγιο Φλαμπούρι Πάρνηθας



## Μελέτη Αυτόνομου Υβριδικού Συστήματος για τη Τροφοδότηση του Ορειβατικού Καταφυγίου

Το εν λόγω καταφύγιο βρίσκεται εντελώς απομακρυσμένο από το δίκτυο της ΔΕΗ και επομένως είναι απαραίτητη η εξασφάλιση της ηλεκτρικής ενέργειας που θα το τροφοδοτεί από άλλες πηγές. Η χρήση ντιζελογεννήτριας εκτός από το μεγάλο κόστος που επιφέρει λόγω της αυξημένης τιμής πετρελαίου που κατά κανόνα υπάρχει τα τελευταία χρόνια, έχει και μια σειρά άλλων μειονεκτημάτων όπως η υψηλή στάθμη θορύβου που δεν ταιριάζει στο χώρο του καταφυγίου, το οποίο προορίζεται για ξεκούραση και ανάπαυση ορειβατών και εκδρομέων.

## Μελέτη Αυτόνομου Υβριδικού Συστήματος για τη Τροφοδότηση του Ορειβατικού Καταφυγίου

Απ' την άλλη, η μεγάλη απόσταση που χωρίζει το ορειβατικό καταφύγιο με το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ κάνει πολύ μεγάλο το κόστος επέκτασης του δικτύου προς τη μεριά του καταφυγίου και επομένως αυτή κρίνεται ως η πιο ασύμφορη λύση στο πρόβλημα της ηλεκτρικής τροφοδότησης. Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προσφέρει μια ικανοποιητική λύση στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του καταφυγίου. Το πρόβλημα που ανακύπτει στην χρήση των ΑΠΕ είναι ότι μία πηγή από μόνη της δεν μπορεί να εξασφαλίσει αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή του καταφυγίου.

## Μελέτη Αυτόνομου Υβριδικού Συστήματος για τη Τροφοδότηση του Ορειβατικού Καταφυγίου

Άρα η μόνη αξιόλογη λύση στο πρόβλημα της ηλεκτρικής τροφοδότησης είναι ο συνδυασμός περισσοτέρων της μιας πηγών ΑΠΕ ή αλλιώς η χρήση υβριδικού συστήματος. Με τη χρήση Υβριδικού συστήματος ξεπερνάμε τις προαναφερθείσες δυσκολίες αφού η μία πηγή ενέργειας αλληλοσυμπληρώνει την άλλη παρέχοντας συνεχή ροή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην δικιά μας τη περίπτωση, το ορειβατικό καταφύγιο Φλαμπούρι Πάρνηθας, επιλέξαμε την εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος το οποίο αποτελείται από Φωτοβολταϊκά – Ανεμογεννήτρια- Ντιζελογεννήτρια.



# Ηλεκτρική ενέργεια κατανάλωσης κατοικίας

Για να μπορέσουμε να προχωρήσουμε στην σχεδίαση του Υβριδικού συστήματος πρέπει να υπολογίσουμε την ηλεκτρική ενέργεια κατανάλωσης του ορειβατικού καταφυγίου. Για το λόγο αυτό εργαζόμαστε ως εξής:

- Γίνεται λεπτομερής καταγραφή όλων των ηλεκτρικών συσκευών που προβλέπεται να τροφοδοτηθούν στο καταφύγιο
- Υπολογίζεται η ημερήσια ενέργεια κατανάλωσης του καταφυγίου
- Εκτίμηση της μέγιστης ισχύος στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

# Ηλεκτρική ενέργεια κατανάλωσης κατοικίας

Επειδή τα κτίρια είναι δύο και τα άτομα το χρησιμοποιούν καθημερινά είναι πολλά, είναι λογικό οι ενεργειακές απαιτήσεις να είναι πολύ υψηλές. Για αυτό θα πρέπει να ακολουθηθούν κάποιοι βασικοί κανόνες ώστε το σύστημά μας να είναι οικονομικότερο:

- Είναι ασύμφορο να επιδιώκεται η χρήση υβριδικού συστήματος για τροφοδότηση ηλεκτρικών συσκευών με μεγάλη θερμική κατανάλωση
- Χρησιμοποιούμε ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (H/Z) για την αντιμετώπιση αιχμών ζήτησης
- Χρησιμοποιούμε συσκευές υψηλής ενεργειακής απόδοσης, δηλαδή από ενεργειακή κλάση A και πάνω

# Καταγραφή των καταναλώσεων που λειτουργούν στο χώρο του καταφυγίου

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (kW)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)
Εσωτερικός Φωτισμός Κεντρικού Κτιρίου 1	0,196	7	1,372
Εξωτερικός Φωτισμός Κεντρικού Κτιρίου	0,043	1	0,043
Κυκλοφορητής Τζακιού - Καλοριφέρ	0,1	16	1,6
Αντλία Πίεσης Νερού	0,65	1,2	0,78
Ψυγείο	0,09	9	0,81
Υπολογιστής (φορητός)	0,05	1,5	0,075
Τηλεόραση (LED)	0,056	0,3	0,0168
Έκτακτες Καταναλώσεις	0,2	0,3	0,06
Σύνολο	4,673		8,067

## Καταγραφή των καταναλώσεων που λειτουργούν στο χώρο του καταφυγίου

➤ Για το μήνα Δεκέμβριο:

Συνολική Ενεργειακή Κατανάλωση: **8,067 KWh**

Συνολική Ισχύς Φορτίων: **4,673 KW**

➤ Για το μήνα Ιούλιο:

Συνολική Ενεργειακή Κατανάλωση: 7,218KWh

Συνολική Ισχύς Φορτίων: 4,573 KW

**Αποφασίσαμε συνεπώς η μελέτη της υβριδικής εγκατάστασης να γίνει για το μήνα Δεκέμβριο αφού τότε έχουμε τις υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις και παράλληλα τις δυσμενέστερες κλιματολογικές συνθήκες (πολύ μικρός χρόνος ηλιοφάνειας).**

# Υπολογισμός Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Το πρώτο βήμα στην μελέτη του υβριδικού συστήματος αποτελεί η επιλογή της κλίσης των φωτοβολταϊκών συλλεκτών. Για τη επιλογή μας αυτή χρησιμοποιούμε το πρόγραμμα **PV GIS** της European Commission. Αφού βρούμε το ορειβατικό καταφύγιο μέσω δορυφόρου και το μαρκάρουμε στο πρόγραμμα PV GIS αρχίζουμε να προσθέτουμε τις υπόλοιπες παραμέτρους για τον υπολογισμό της εγκατάστασής μας. Συγκεκριμένα ορίζουμε ως τεχνολογία φωτοβολταϊκών το κρυσταλλικό πυρίτιο, εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συλλεκτών 4,3 KW όπως προέκυψαν από τους πίνακες ηλεκτρικών καταναλώσεων. Τρόπος τοποθέτησης των συλλεκτών στο έδαφος πάνω σε διαμορφωμένες βάσεις και αζιμούθιο μηδέν καθώς βρισκόμαστε στο βόρειο ημισφαίριο.

# Κλίση φωτοβολταϊκής συστοιχίας

Μετά από διαδοχικές δοκιμές στο πρόγραμμα καταλήξαμε στην επιλογή της **κλίσης των 55°** για τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, διότι του χειμερινούς μήνες (κατά τους οποίους έχουμε την ελάχιστη παραγόμενη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια), η κλίση αυτή δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.



Είκονες από ©2012, ©2012 Δεδομένα χάρτη - Όροι χρήσης

Radiation database: Classic PVGIS

[\[What is this?\]](#)

PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power 4.3 kWp

Estimated system losses [0;100] 28.5 %

#### Fixed mounting options:

Mounting position: Free-standing

Slope [0;90]

55 °

Optimize slope

Azimuth 0 °

Also optimize azimuth

(Azimuth angle from -180 to 180. East=-90, South=0)

#### Tracking options:

Vertical axis

Slope [0;90]

0 °

Optimize

Inclined axis

Slope [0;90]

0 °

Optimize

2-axis tracking

Horizon file

Επιλογή αρχείου Δεν έχει επιλεγεί κανένα αρχείο

#### Output options

Show graphs

Show horizon

Web page

Text file

PDF

Calculate

[\[help\]](#)



# Ισχύς των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Η ισχύς αιχμής  $P_{\rho\Sigma}$  της φωτοβολταϊκής συστοιχίας για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων μιας ημέρας αυτονομίας είναι:

$$P_{\rho\Sigma} = \frac{E_{\kappa} \cdot P_{STC} \cdot N}{E_{HA} \cdot \sigma_{ΑΣ} \cdot \sigma_{\mu} \cdot (N - n)}$$

Μετά τους απαραίτητους υπολογισμούς προκύπτει ότι:

$$P_{\rho\Sigma} = 4,33 \text{ KW}_p$$

Άρα η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πλαισίων πρέπει να είναι κοντά σε αυτή την τιμή για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών για τους χειμερινούς μήνες.

# Επιλογή Φ/Β πλαισίου

Επιλέγουμε τη χρήση Φωτοβολταϊκών πλαισίων LX-240P Eco Line της εταιρίας Luxor



# Ηλεκτρικά δεδομένα LX-240P

- Ονομαστική ισχύς  $P_{mpp}$  [Wp] 240,00
- Εύρος  $P_{mpp}$  241,50 – 246,49
- Ονομαστικό ρεύμα  $I_{mpp}$  [A] 7,95
- Ονομαστική τάση  $V_{mpp}$  [V] 30,40
- Ρεύμα βραχυκυκλώματος  $I_{sc}$  [A] 8,49
- Τάση άνευ φορτίου [V] 37,76
- Βαθμός απόδοσης σε STC 14,89 %
- Βαθμός απόδοσης σε 200 W/m<sup>2</sup> 14,18 %
- NOCT [°C] 47 ± 2°C

## Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων

Με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πίνακα το πλήθος των φωτοβολταϊκών πλαισίων που απαιτούνται είναι:

$$N = \frac{P_{\rho\Sigma}}{P_{\rho\Pi}}$$

Επομένως:

**$N \cong 18$  περίπου φωτοβολταϊκά πλαίσια**

# Συνδεσμολογία Φ/Β πλαισίων

Στη συνέχεια για να υπολογίσουμε την συνδεσμολογία των φωτοβολταϊκών πλαισίων, πρέπει να ορίσουμε τη μέγιστη τάση  $V_{mσ}$  της φωτοβολταϊκής συστοιχίας. Η τάση  $V_{mσ}$  φροντίζουμε να υπερκαλύπτει τη μέγιστη επιτρεπτή τάση φόρτισης του συσσωρευτή, η οποία προσεγγιστικά ισούται με  $\sim 1,2V_B$ , όπου  $V_B$  η ονομαστική τάση του συσσωρευτή. Επομένως ισχύει:

$$V_{mσ} > 1,2 V_B$$

Όπου:

$V_B$  ονομαστική τάση του ηλεκτρικού συσσωρευτή και με τιμή 24V.

# Συνδεσμολογία Φ/Β πλαισίων

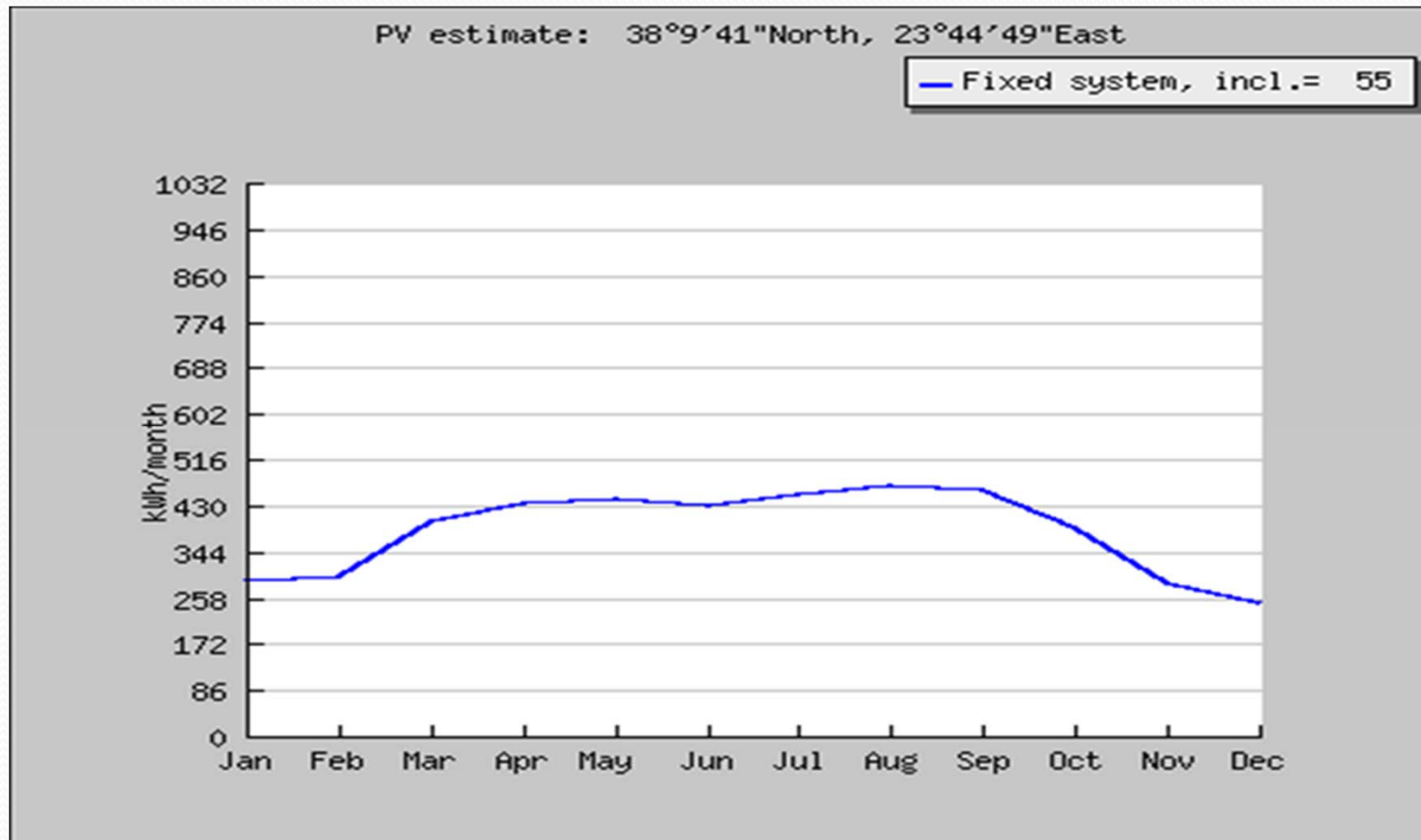
Για να καλύπτουμε το περιορισμό της τάσης που θέσαμε νωρίτερα, επιλέξαμε τη δημιουργία 9 παράλληλων κλάδων, ο καθένας εκ των οποίων θα έχει 2 πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά. Με τη χρήση 18 πλαισίων  $240W_p$  το καθένα, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι τελικά:

$$P_m = v \cdot P_{m1} = 18 \cdot 240 = 4,32 \text{ KW}_p$$

# Επαλήθευση δεδομένων στο πρόγραμμα PV GIS

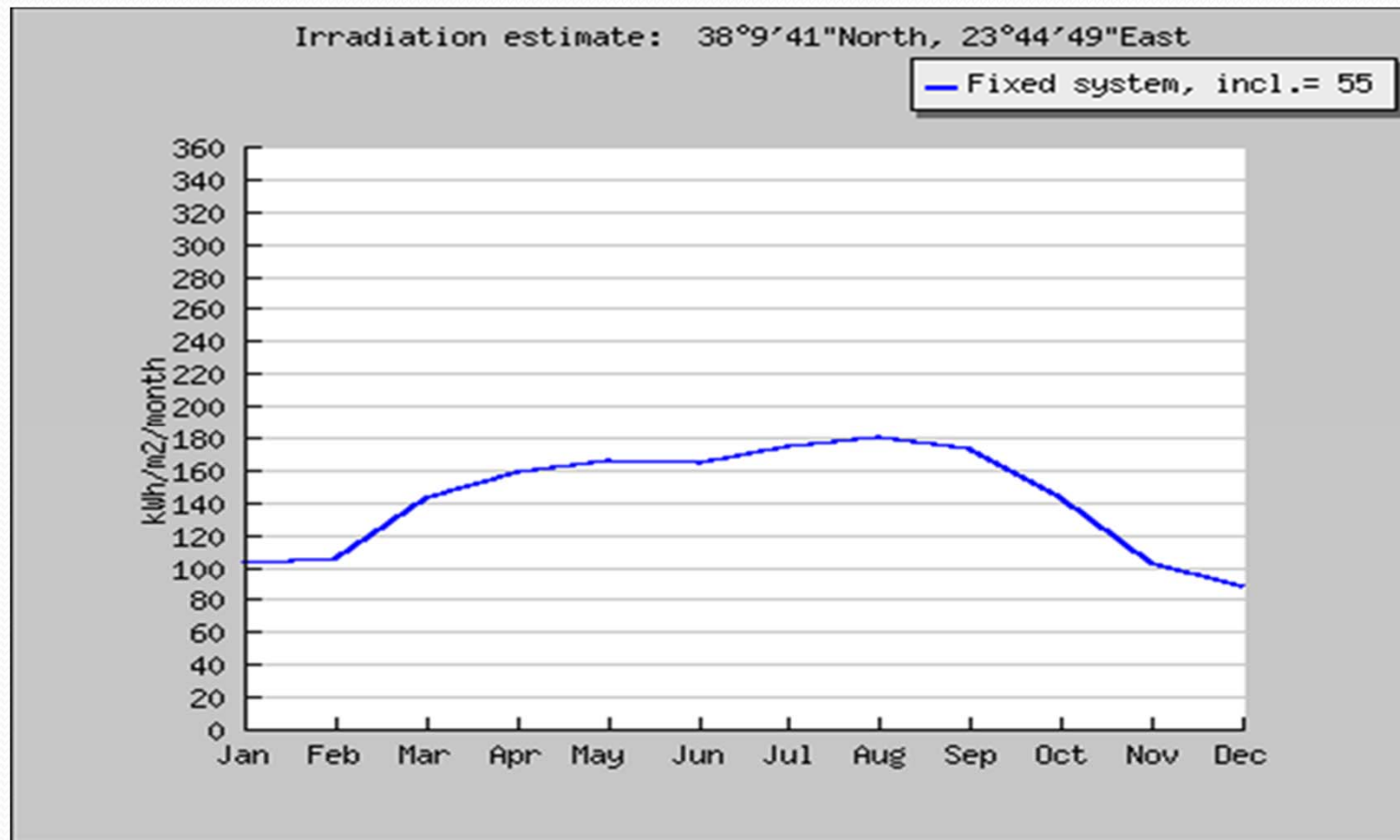
Στη συνέχεια καταχωρούμε τις τιμές που υπολογίσαμε δηλαδή την ισχύ αιχμής της φωτοβολταϊκής συστοιχίας, τον τύπο των πλαίσιων, την κλίση των συλλεκτών καθώς και όλα τα κλιματικά και γεωγραφικά δεδομένα στο πρόγραμμα PV GIS. Έτσι φαίνεται η μέση ημερήσια ενεργειακή απόδοση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας σε κλίση  $55^{\circ}$ .

# Παραγωγή ενέργειας σε KWh σε κλίση 55°

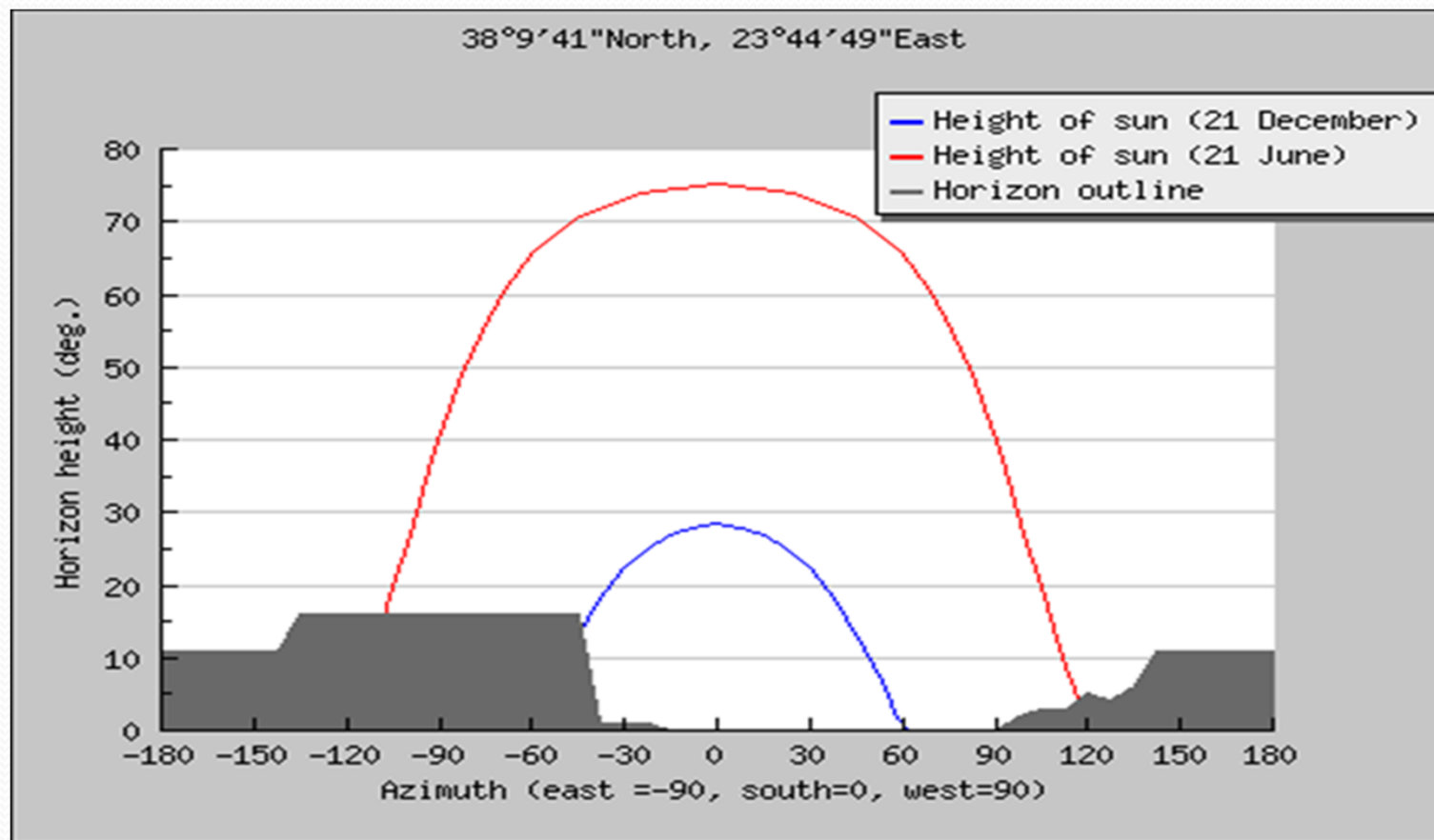




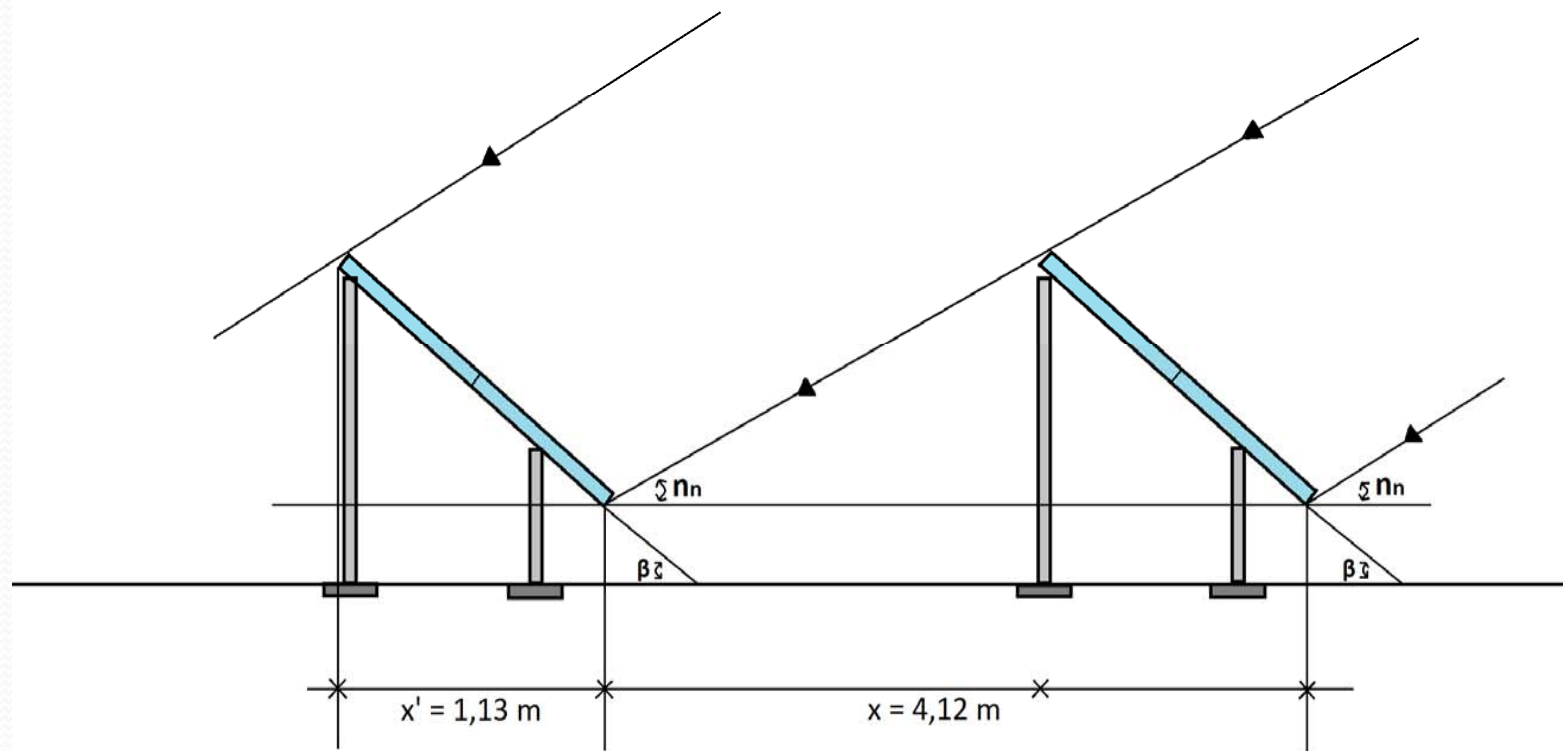
# Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh/m<sup>2</sup> για κλίση 55°



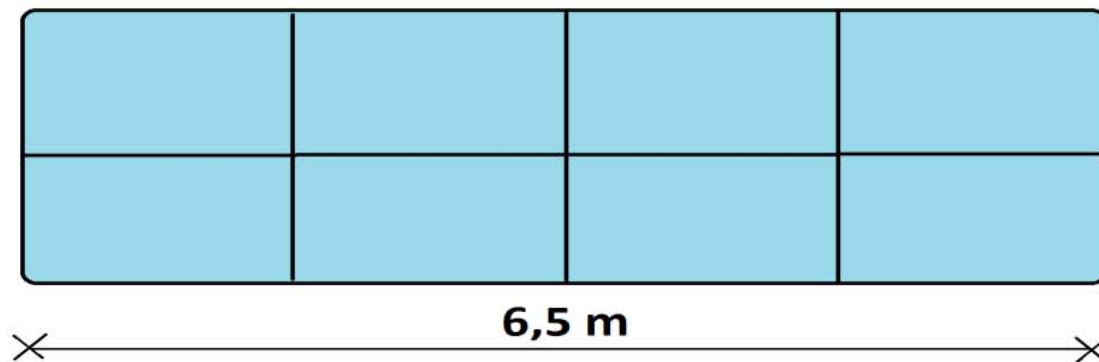
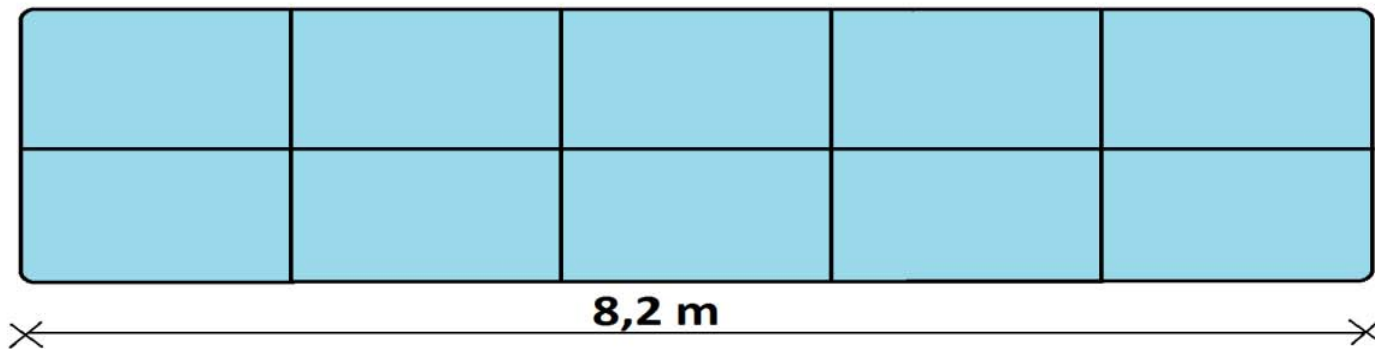
# Μεταβολή του ύψους του ορίζοντα στην περιοχή του καταφυγίου σε μοίρες



# Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συλλεκτών χωρίς σκίαση



# Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συλλεκτών χωρίς σκίαση



# Υπολογισμός χωρητικότητας συσσωρευτών

Κατόπιν υπολογίζεται η χωρητικότητα  $C$  του ηλεκτρικού συσσωρευτή. Ισχύει ο παρακάτω τύπος:

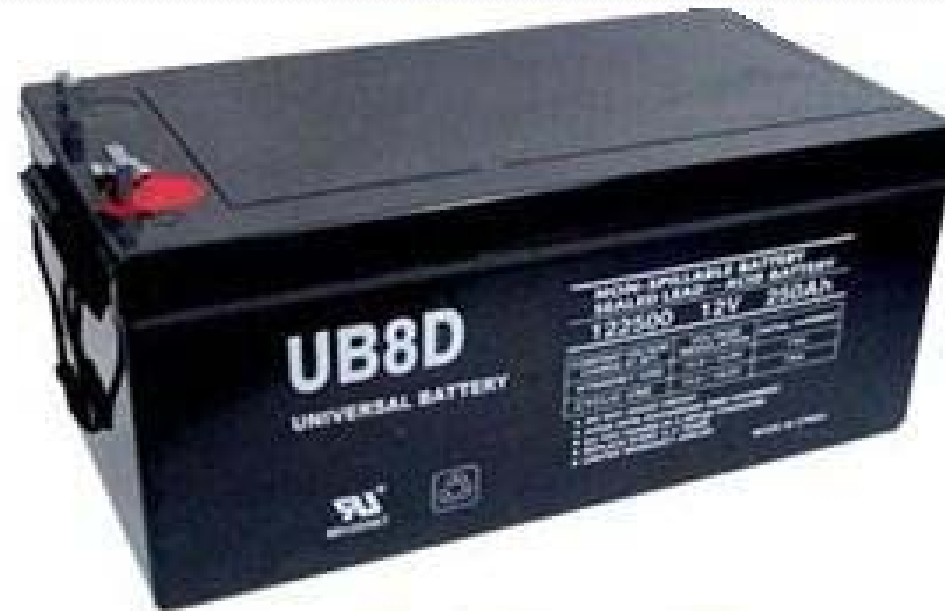
$$C = \frac{n \cdot E_k}{\sigma_{\gamma B} \cdot \sigma_{\epsilon k} \cdot \beta_{\epsilon k} \cdot V_B}$$

Από την παραπάνω σχέση η χωρητικότητα προκύπτει

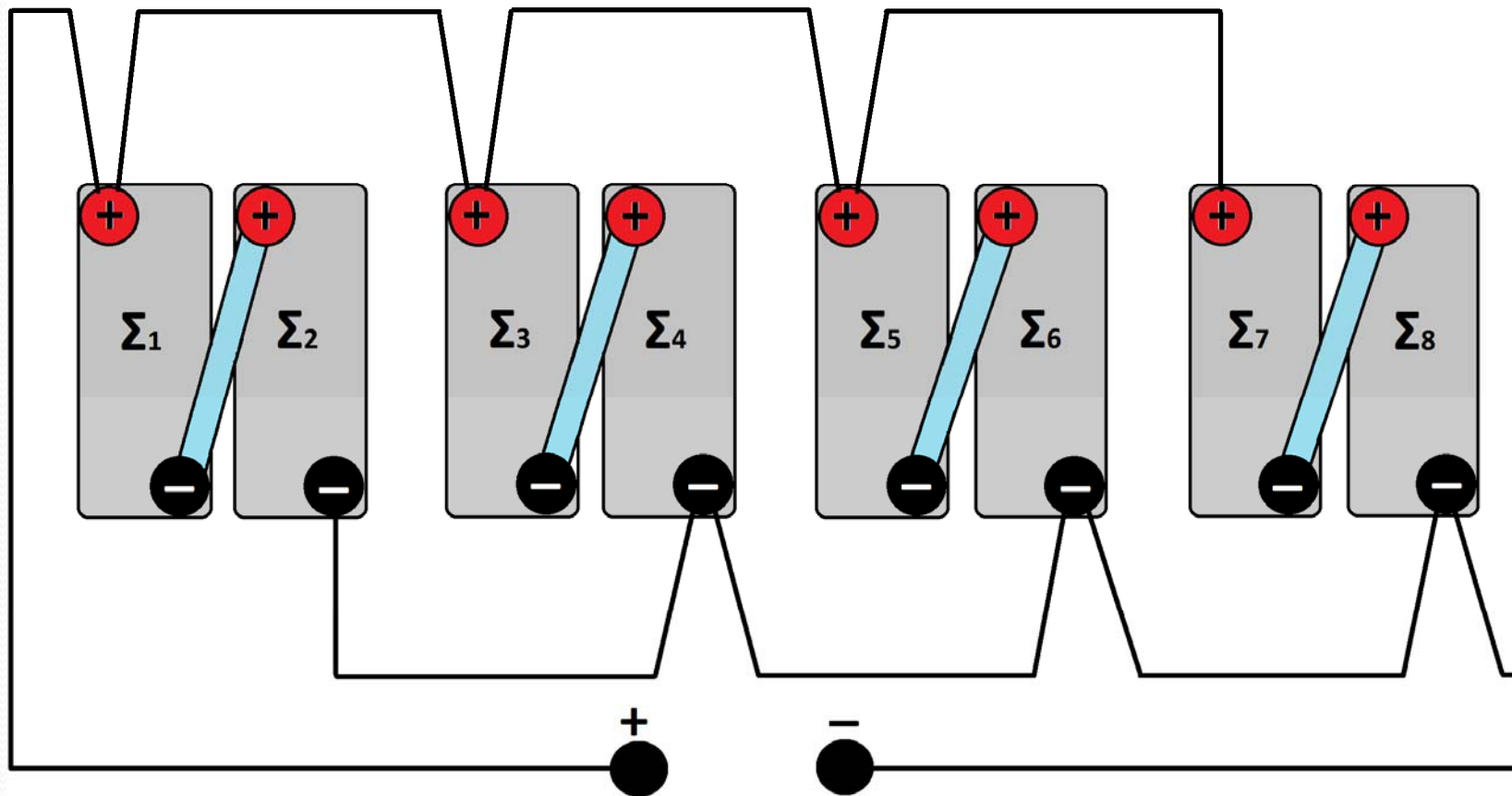
$$C = 769,53Ah$$

# Επιλογή συσσωρευτών

Θα χρησιμοποιήσουμε στο σύστημά μας συσσωρευτές της εταιρίας Solar Systems τύπου AGM 200AH με τάση 12V και χωρητικότητα 200Ah/4h.



# Τρόπος σύνδεσης συσσωρευτών



# Επιλογή Ρυθμιστή Φόρτισης

Θα πρέπει να επιλέξουμε ελεγκτή – ρυθμιστή φόρτισης με τα εξής χαρακτηριστικά:

- μέγιστο ρεύμα εισόδου: 85,86 A
- ονομαστική τάση εισόδου: 72,96 V
- τάση στη λειτουργία χωρίς φορτίο: 90,6 V
- μέγιστο ρεύμα εξόδου: 24,36 A

**Επιλέγεται ο ρυθμιστής FM80-150VDC Charge Controller, της εταιρίας FLEXmax**



# Ο ρυθμιστής FM80-150VDC Charge Controller



# Επιλογή μετατροπέα τάσης (Inverter)

Ο μετατροπέας αυτός θα πρέπει να καλύπτει τις παρακάτω απαιτήσεις:

- Τάση εισόδου ίση με την ονομαστική τάση των συσσωρευτών (δηλαδή 24 V).
- Η ισχύς στην έξοδο του μετατροπέα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με τη μέγιστη ηλεκτρική ισχύ  $P_k$  των φορτίων που λειτουργούν ταυτόχρονα (δηλαδή 4,673 KW όπως θεωρήσαμε νωρίτερα).
- Ο μετατροπέας θα πρέπει να έχει απόδοση τριπλάσιας ισχύος για τουλάχιστον 10sec.
- Η τάση εξόδου του μετατροπέα θα πρέπει να είναι ίση με την τάση των φορτίων κατανάλωσης, δηλαδή 230 V.
- Η κυματομορφή της εξόδου θα πρέπει να είναι τροποποιημένο ή διαμορφωμένο ημίτονο ή πλήρες ημίτονο.

# Inverter Quattro 24/3000/70-50/30



# Διαστασιολόγηση Ανεμογεννήτριας

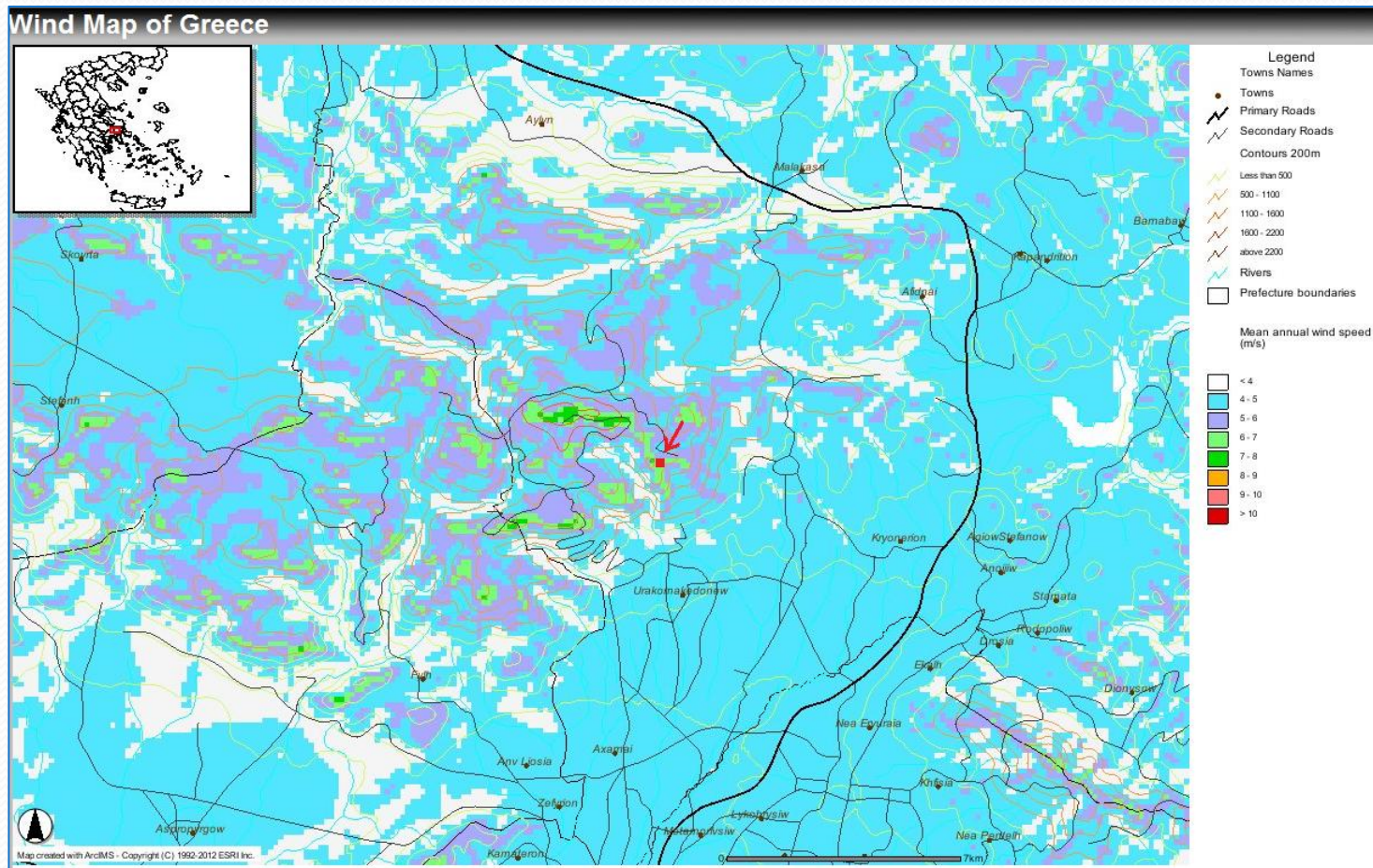
Είναι απαραίτητη η καταγραφή των ανεμολογικών δεδομένων που επικρατούν στο χώρο του καταφυγίου. Τα στοιχεία που παραθέτουμε προέρχονται από τη βάση δεδομένων [meteo.gr](http://meteo.gr). Η εν λόγω βάση δεδομένων αντλεί στοιχεία από το δίκτυο αυτόματων σταθμών του ΕΑΑ και αποτελείται από σταθμούς τύπου Davis, οι οποίοι μετρούν όλες τις βασικές μετεωρολογικές παραμέτρους, δηλαδή πίεση θερμοκρασία, υγρασία, βροχόπτωση, διεύθυνση και ένταση του ανέμου. Όλες οι καταγραφές (ανά δέκα λεπτά) συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο.

# Μετεωρολογικός σταθμός Πάρνηθας

Οι μετρήσεις της έντασης του ανέμου για το ορειβατικό καταφύγιο πάρθηκαν από το μετεωρολογικό σταθμό της Πάρνηθας (LGK3). Πληροφορίες σταθμού:

- Όνομα: Πάρνηθα (LGK3)
- Ύψόμετρο: 1230 m
- Θέση: Βάση Ναυτικού (ΣΔΑΜ)
- Ύψος αισθητήρων θερμ/υγρ : 2 m
- Ύψος ανεμομέτρου: 5 m
- Βρίσκεται σε χώμα

# Η θέση του ορειβατικού καταφυγίου πάνω στον αιολικό χάρτη της Ελλάδας



# Μεθοδολογία καθορισμού της ονομαστικής ισχύος της ανεμογεννήτριας

Δημιουργούμε για κάθε μήνα ένα πίνακα με 4 στήλες όπου για ορισμένο βήμα  $du$  καταγράφουμε τα παρακάτω:

- Τις τιμές της ταχύτητας του ανέμου
- Τις αντίστοιχες τιμές της συνάρτησης κατανομής της πυκνότητας πιθανότητας  $f(u)$ , του ανέμου, η οποία προκύπτει με βάση τα ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής. Συγκεκριμένα το  $f(u) = dp/du = dt/(T \cdot du)$  όπου  $dp = dt/T$  η πιθανότητα εμφάνισης ανέμων με ταχύτητα, της οποίας το μέτρο βρίσκεται μέσα στην περιοχή ταχυτήτων  $u$  και  $u+du$ , όπου  $du$ , το βήμα ταχυτήτων ανέμου και  $dt$  το χρονικό διάστημα μέσα στο συνολικό χρόνο  $T$ , στο οποίο έπνεαν άνεμοι με ταχύτητα στο συγκεκριμένο διάστημα  $u$  και  $u+du$ .
- Τις τιμές του συντελεστή ισχύος,  $n_{AG}$ , σε κάθε ταχύτητα του ανέμου, με βάση τα στοιχεία του κατασκευαστή.
- Σε κάθε ταχύτητα  $u$ , υπολογίζεται το γινόμενο  $n_{AG} \cdot f(u)du$ .
- Το άθροισμα των γινομένων αυτών αποτελεί τον ζητούμενο  $\bar{n}_{AG}$ , για το μήνα αυτό.

# Ενδεικτικός πίνακας Ιανουαρίου

<b>u m/sec</b>	<b><math>n_{ΑΓ}(u)</math></b>	<b>Πυκνότητα πιθανότητας, <math>f(u)</math></b>	<b><math>n_{ΑΓ}(u) \cdot f(u) \cdot d(u)</math> )</b>
<b>1</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0422</b>	<b>0,00</b>
<b>2</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0738</b>	<b>0,00</b>
<b>3</b>	<b>0,034</b>	<b>0,1261</b>	<b>0,0043</b>
<b>.....</b>			
<b>24</b>	<b>0,4</b>	<b>0,00006</b>	<b>0,000024</b>
<b>25</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00007</b>	<b>0,00</b>
		$\bar{n}_{ΑΓ} = \sum n_{ΑΓ}(u) \cdot f(u) \cdot du$ $= 0,316172$	



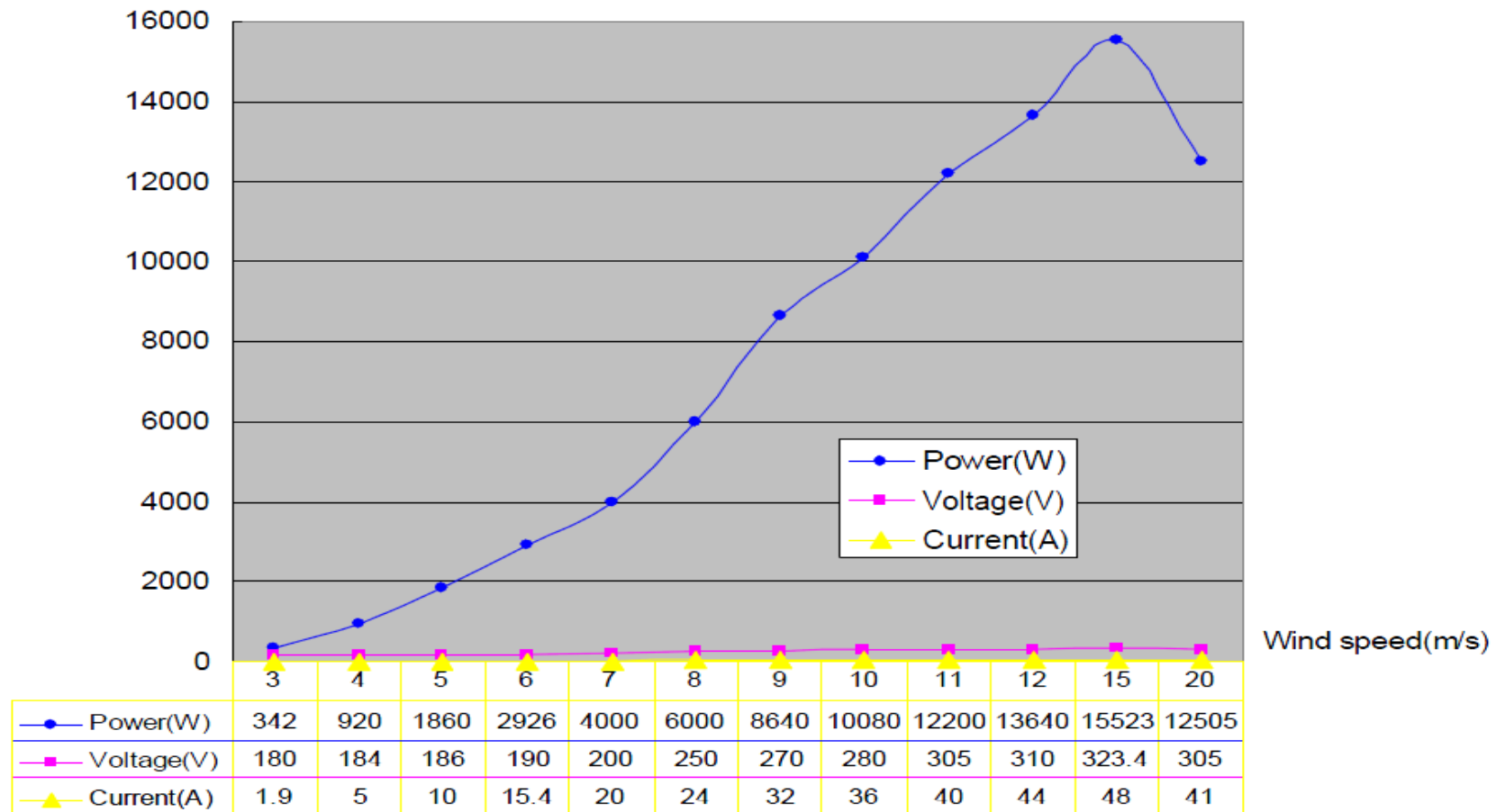
# Επιλογή ανεμογεννήτριας

Με αυτό τον τρόπο προσδιορίσουμε 12 τιμές (όσοι και οι μήνες) ονομαστικής ισχύος ΑΓ. Μεταξύ αυτών των τιμών θα επιλέξουμε τη μέγιστη ονομαστική ισχύ έτσι ώστε να έχουμε πλήρη κάλυψη φορτίου. Κάνοντας του υπολογισμούς για κάθε μήνα του έτους με βάση τα στοιχεία των πινάκων παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη τιμή προκύπτει τον μήνα **Ιανουάριο** και είναι ίση με **9,73 KW**. Επομένως και η ονομαστική ισχύς της ανεμογεννήτριάς μας για πλήρη κάλυψη των φορτίων της κατανάλωσης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι **9,73 ≈ 10 KW**. Με βάση τους παραπάνω υπολογισμούς επιλέγουμε την ανεμογεννήτρια **Hummer Wind Turbine – 10KW**.

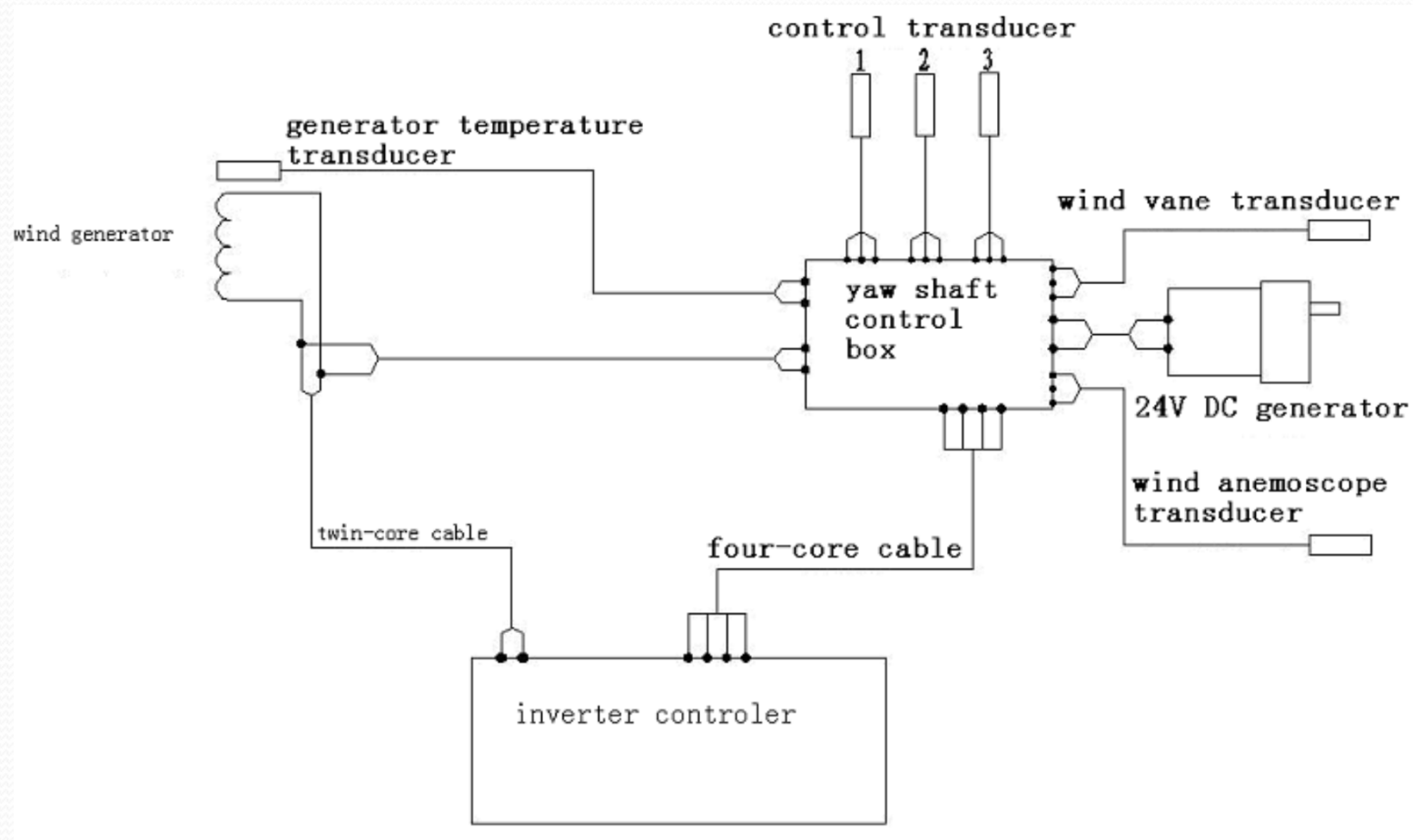
# Hummer Wind Turbine – 10KW



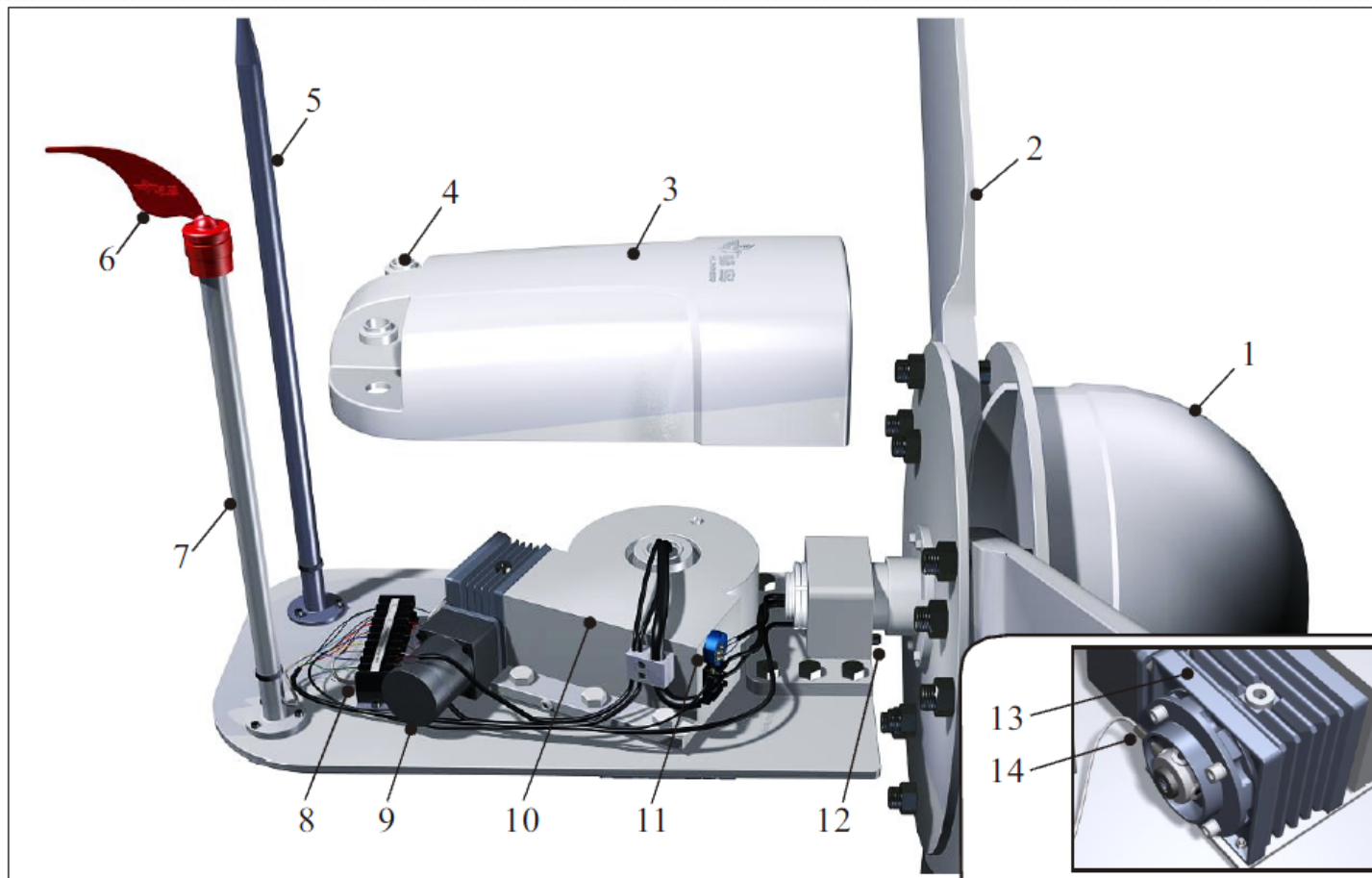
# Καμπύλη ισχύος A/Γ Hummer Wind Turbine – 10KW



# Το βασικό κύκλωμα της ανεμογεννήτριας



# Δομή της ανεμογεννήτριας



# Δομή της ανεμογεννήτριας

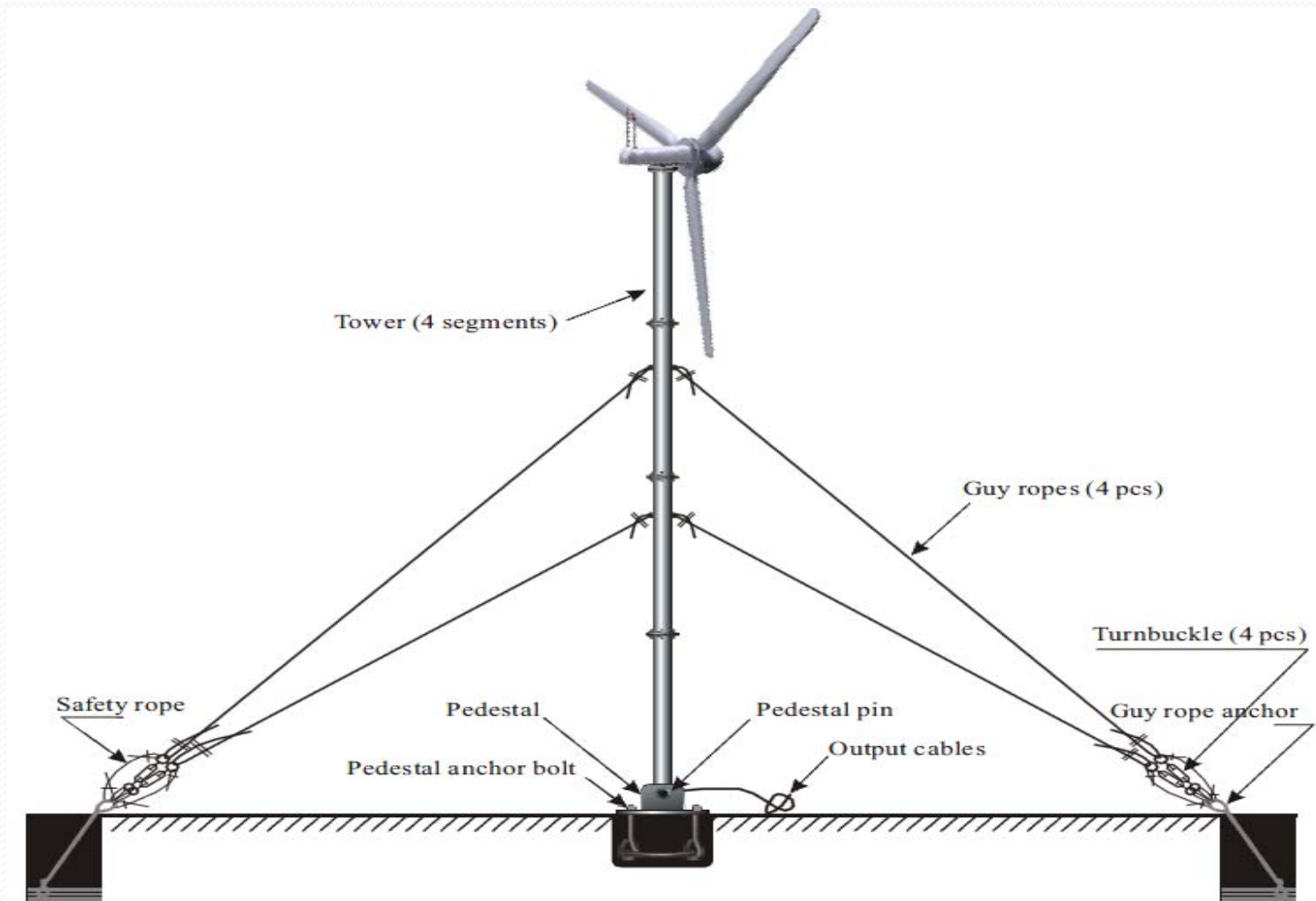
NO	Name
1	Generator
2	Rotor blade
3	Yaw shaft protection cover
4	Gland cover
5	A lighting rod (selection match)
6	Dogvane
7	Support of dogvane

NO	Name
8	Signal wire terminal block
9	DC 24V regulating-direction motor
10	Gear box
11	Generator temperature transmitter
12	Wind generator rotor speed probe
13	Speed-reduction device
14	Measurement probe for yaw shaft revolving

# Χώρος τοποθέτησης της ανεμογεννήτριας



# Τελική μορφή της ΑΓ πάνω στον πύργο στήριξης





# Ανορθωτής – ρυθμιστής φόρτισης για την ανεμογεννήτρια

Επιλέγουμε τον AC/DC 24V/40A modular converter της  
εταιρείας Siemens



# Επιλογή Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους (H/Z)

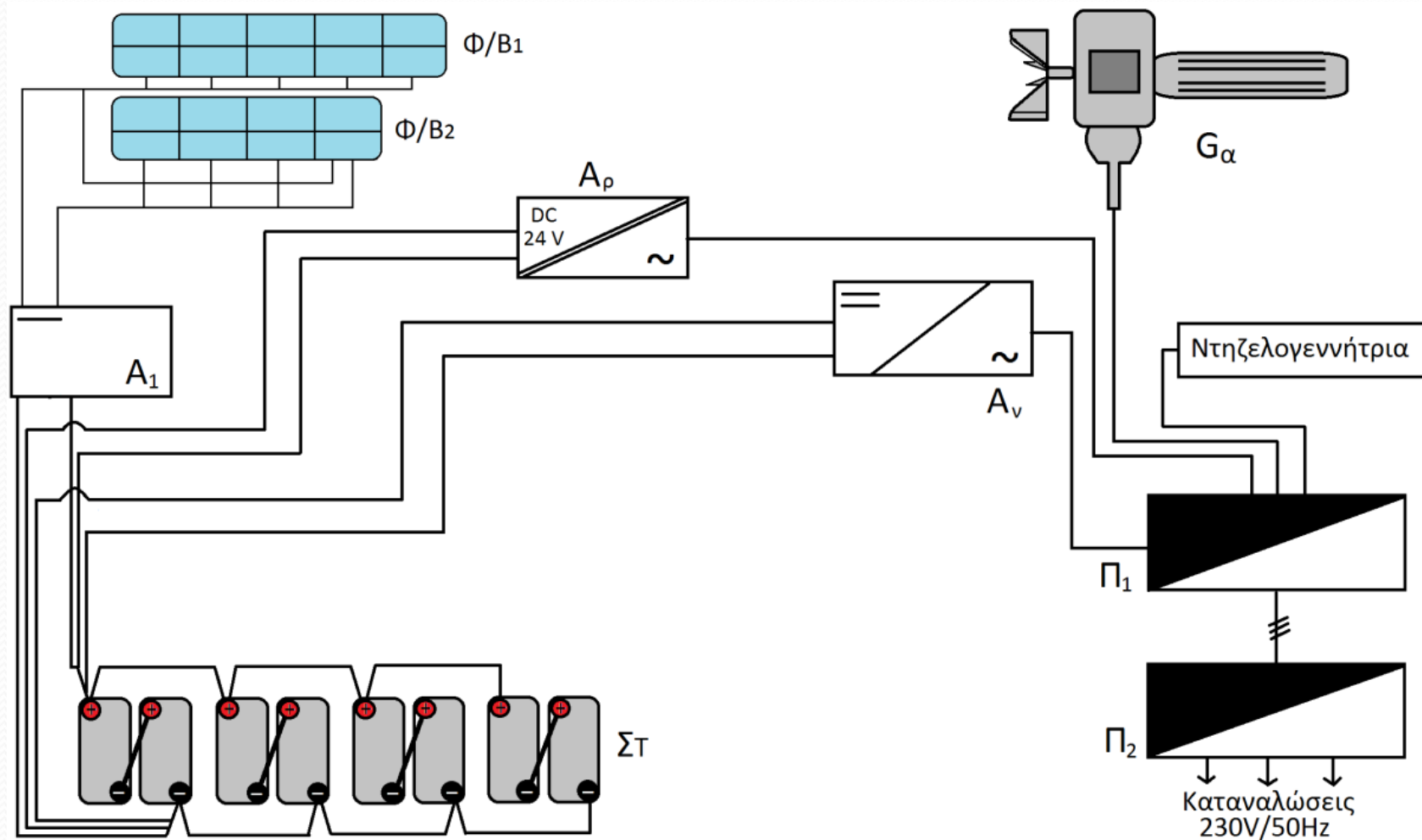
Η γεννήτρια αποτελεί μονάδα εφεδρείας στο σύστημά μας και συνεπώς καλείται να καλύψει την αδυναμία επαρκούς ηλεκτροδότησης του καταφυγίου και τις πιθανές βλάβες που μπορεί να προκύψουν. Ως εκ τούτου το H/Z δεν τοποθετείται με σκοπό τη συνεχή λειτουργία του αλλά εφόσον χρειαστεί θα πρέπει να ανταποκριθεί πλήρως στις ανάγκες του συστήματός μας. Η ισχύς αιχμής του καταφυγίου όπως υπολογίστηκε στις προηγούμενες σελίδες είναι 4,673 KW. Επομένως το H/Z που θα επιλεγθεί θα πρέπει να αποδώσει τουλάχιστον αυτή την ισχύ.

# Επιλογή Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους (Η/Ζ)

Με αυτά τα δεδομένα επιλέγουμε την γεννήτρια Diesel  
DHY6000SE-3 της εταιρίας HYUNDAI



# Τελικό Υβριδικό Σύστημα



# Τελικό Υβριδικό Σύστημα

$\Phi/B_1, \Phi/B_2$  = Ομάδες φωτοβολταϊκών πλαισίων.

$A_1$  = Αυτόματος φορτιστής – ρυθμιστής.

$A_v$  = Ηλεκτρονικός αντιστροφέας (inverter).

$A_p$  = Ανορθωτής – φορτιστής.

$\Sigma_T$  = Συστοιχία συσσωρευτών βιομηχανικού τύπου.

$G_\alpha$  = Ανεμογεννήτρια.

$\Pi_1$  = Πίνακας αυτοματισμού, ελέγχου και παρακολούθησης.

$\Pi_2$  = Πίνακας διανομής ηλεκτρικού ρεύματος 230V/ 50 Hz AC.

# Λειτουργία του συστήματος

Τα Φ/Β πλαίσια παράγουν ηλεκτρική ενέργεια η οποία μέσω του φορτιστή – ρυθμιστή Α1 οδηγείται προς τους συσσωρευτές ΣΤ για αποθήκευση ή προς τον ηλεκτρονικό αντιστροφέα Α2 για μετατροπή από την DC σε 230V/50 Hz AC. Από τον αντιστροφέα το ηλεκτρικό ρεύμα ελέγχεται από τον πίνακα αυτοματισμού Π1 και εφόσον καλύπτει τις ανάγκες ζήτησης της κατανάλωσης διοχετεύεται προς τον πίνακα Π2 για διανομή.

Όταν τα φορτία ζήτησης αυξηθούν ο πίνακας αυτοματισμού Π1 δίνει εντολή στην ανεμογεννήτρια Γα να ξεκινήσει και να αναλάβει τα φορτία της κατανάλωσης, διακόπτοντας την τροφοδοσία από τον ηλεκτρονικό αντιστροφέα. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας της ανεμογεννήτριας γίνεται φόρτιση των συσσωρευτών αποθήκευσης ΣΤ δια μέσου του ανορθωτή – φορτιστή Αρ.

# Λειτουργία του συστήματος

Αν υπάρξει περαιτέρω αύξηση των φορτίων κατανάλωσης ή η ανεμογεννήτρια αδυνατεί να ανταπεξέλθει στην τροφοδότηση του συστήματος με ηλεκτρική ενέργεια, ο πίνακας αυτοματισμού Π1 δίνει εντολή στην ντιζελογεννήτρια να ξεκινήσει αυτή τη φορά και να αναλάβει τα φορτία της κατανάλωσης, διακόπτοντας την τροφοδοσία από την ανεμογεννήτρια Γα.

Αν κατά τη διάρκεια λειτουργίας της ντιζελογεννήτριας, μειωθούν τα φορτία ζήτησης και καλύπτονται από τα Φ/Β πλαίσια ή από τους συσσωρευτές αποθήκευσης, ο πίνακας αυτοματισμού Π1 δίνει εντολή για σταμάτημα της ντιζελογεννήτριας και σύνδεση με τον ηλεκτρονικό αντιστροφέα.