



Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

**ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΜΙΚΡΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΡΑΣΑΝΑΚΗΣ ΛΕΥΤΕΡΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΚΑΤΣΑΠΡΑΚΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΙΑΣ
Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ 2014



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους ανθρώπους που με βοήθησαν στην υλοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας. Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον καθηγητή μου κ. Κατσαπρακάκη Δημήτρη για την συνεχή καθοδήγηση και τις πολύτιμες γνώσεις που μας πρόσφερε.

Επίσης οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου και στους φίλους μου για την ψυχολογική στήριξη που μου παρείχαν σ' αυτήν μου την προσπάθεια να ολοκληρώσω την εργασία μου. Ιδιαίτερα ευχαριστώ όμως και τον κουμπάρο μου Γιάννη Κατσικαλάκη και την Χαρά Παπαδάκη οι οποίοι μου παρείχαν πολλές και χρήσιμες πληροφορίες για την εργασία αυτή.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αιολική Ενέργεια

- 1.1.1 Ιστορική αναδρομή.....
- 1.1.2. Γενικά για την Αιολική Ενέργεια.....
- 1.1.3 Χρησιμότητα της Αιολικής Ενέργειας

1.2 Ανεμογεννήτρια

- 1.2.1 Τι είναι η Ανεμογεννήτρια.....
- 1.2.2 Χρήση της Ανεμογεννήτριας.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΧΩΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Εισαγωγή.....

2.1 Αιολικό Δυναμικό

- 2.1.1 Τι ορίζεται αιολικό δυναμικό.....
- 2.1.2 Καταγραφή Αιολικού Δυναμικού.....

2.2 Μορφολογία του εδάφους

- 2.2.1 Περίπτωση του επίπεδου εδάφους
- 2.2.2 Περίπτωση που η μορφολογία του εδάφους είναι ανώμαλη



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

- 3.1 Επιλογή οικοπέδου για την πραγματοποίηση της μελέτης του αιολικού πάρκου**
- 3.2 Πρόσβαση περιοχής**
- 3.3 Αιολικό δυναμικό περιοχής**
- 3.4 Επιλογή ανεμογεννήτριας για την σύνδεση με το δίκτυο χαμηλής τάσης**
- 3.5 Χωροθέτηση**
- 3.6 Επεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο**
- 3.7 Προγραμματισμός λειτουργίας του σταθμού**
- 3.8 Εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή απόδοση αιολικού σταθμού**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Εισαγωγή.....

- 4.1 Άδεια Παραγωγής**
- 4.2 Προσφορά Σύνδεσης**
- 4.3 Άδεια Εγκατάστασης**
- 4.4 Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων**
- 4.5 Άδεια λειτουργίας**



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

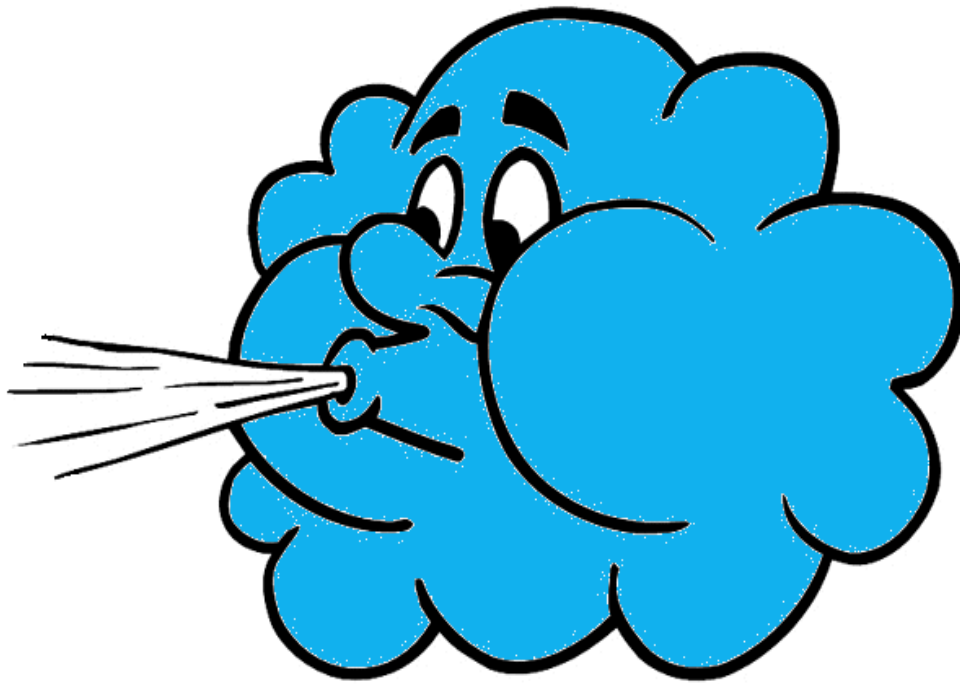
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 :

ΕΙΣΑΓΩΓΗ





1.1 Αιολική Ενέργεια

1.1.1 Ιστορική αναδρομή

Οι ανεμογεννήτριες είναι συνέχεια των ανεμόμυλων. Ο ανεμόμυλος είναι μια διάταξη που χρησιμοποιεί ως κινητήρια δύναμη την κινητική ενέργεια του άνεμου (αιολική ενέργεια). Χρησιμοποιείται για την άλεση σιτηρών, την άντληση νερού και σε άλλες εργασίες. Φαίνεται ότι οι αρχαίοι λαοί της Ανατολής χρησιμοποιούσαν ανεμόμυλους, αν και η πρώτη αναφορά σε ανεμόμυλο (ένα περσικό συγκρότημα ανεμόμυλων του 644 μ.Χ.) εμφανίζεται σε έργα Αράβων συγγραφέων του 9 ου μ.Χ. αιώνα. Αυτό το συγκρότημα των ανεμόμυλων βρισκόταν στο Σειστάν, στα σύνορα της Περσίας και Αφγανιστάν και ήταν “οριζόντιου τύπου” δηλαδή με ιστία (φτερά) τοποθετημένα ακτινικά σε έναν “κατακόρυφο άξονα”. Ο άξονας αυτός στηριζόταν σε ένα μόνιμο κτίσμα με ανοίγματα σε αντιδιαβητικά σημεία για την είσοδο και την έξοδο του αέρα. Κάθε μύλος έδινε απευθείας κίνηση σε ένα μόνο ζεύγος μυλόπετρες. Οι πρώτοι μύλοι είχαν τα ιστία κάτω από τις μυλόπετρες, όπως δηλαδή συμβαίνει και στους οριζόντιους νερόμυλους από τους οποίους φαίνεται ότι προέρχονταν. Σε μερικούς από τους μύλους που σώζονται σήμερα τα ιστία τοποθετούνται πάνω από τις μυλόπετρες. Τον 13^ο αιώνα οι μύλοι αυτού του τύπου ήταν γνωστοί στην Βόρεια Κίνα, όπου μέχρι και τον 16 ο αιώνα τους χρησιμοποιούσαν για εξάτμιση του θαλασσινού νερού στην παραγωγή αλατιού. Τον τύπο αυτό του μύλου χρησιμοποιούσαν επίσης στην Κριμαία, στις περισσότερες χώρες της Δυτικής Ευρώπης και στις ΗΠΑ, μόνο που λίγοι από αυτούς διασώζονται σήμερα. Ο πιο αντιπροσωπευτικός από όλους αυτούς τους τύπους των ανεμόμυλων είναι ο τύπος με το “στροφέιο σχήματος S” (S-Sibari) (εφευρέτης ο Φιλανδός S.J.Savinious) που ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται σε φτωχές ή απομονωμένες περιοχές λόγω της φτηνής και εύκολης κατασκευής του.

Οι πρώτοι ευρωπαϊκοί ανεμόμυλοι: Ο ανεμόμυλος έφτασε στην Ευρώπη από τους Άραβες, χρησιμοποιήθηκε δε στον τύπο του κατακόρυφου ρωμαϊκού υδραυλικού τροχού, με τη διαφορά ότι ο ανεμόμυλος είχε στην θέση του τροχού κατακόρυφα φτερά που μετέδιδαν την κίνηση στις μυλόπετρες με ένα ζεύγος οδοντωτών τροχών. Οι πρώτοι τέτοιοι περιστρεφόμενοι μύλοι εμφανίστηκαν στη Γαλλία το 1180, στην Αγγλία το 1191 και στη Συρία την εποχή των Σταυροφοριών (1190). Στις αρχές του 14 ου αιώνα αναπτύχθηκε στη Γαλλία ο ανεμόμυλος σε σχήμα πύργου (μετοχάρης), Σε αυτόν τον τύπο ανεμόμυλου οι μυλόπετρες και οι οδοντωτοί τροχοί ήταν τοποθετημένοι σε ένα σταθερό πύργο με κινητή οροφή ή “κάλυμμα”, στην οποία στηρίζονταν τα ιστία και η οποία μπορούσε να στραφεί επάνω σε ειδική τροχιά, στην κορυφή του πύργου. Ο “περιστρεφόμενος ανεμόμυλος με κοίλο εσωτερικά άξονα” επινοήθηκε στις Κάτω Χώρες στις αρχές του 15 ου αιώνα. Διέθετε έναν κατακόρυφο άξονα με γρανάζια στα δύο του άκρα ο οποίος περνούσε μέσα από τον κοίλο άξονα και κινούσε ένα τροχό με περιφερειακά διαταγμένα σκαφίδια που μετέφερε το νερό σε υψηλότερη στάθμη.

Ο ανεμόμυλος χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ως ανεμογεννήτρια το 1890 όταν εγκαταστάθηκε πάνω σε χαλύβδινο πύργο ο ανεμόμυλος του Π. Λα Κούρα στη Δανία, με



ισχία με σχισμές και διπλά πτερύγια αυτόματης μετάπτωσης προς τη διεύθυνση του ανέμου. Μετά τον Α΄ Παγκόσμιο πόλεμο, έγιναν πειράματα με ανεμόμυλους που είχαν ισχία αεροτομής, δηλαδή όμοια με πτερύγια αεροπορικής έλικας. Το 1931 μια τέτοια ανεμογεννήτρια εγκαταστάθηκε στην Κριμαία και η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς διοχετευόταν στο τμήμα χαμηλής τάσης του τοπικού δικτύου. Πραγματικές ανεμογεννήτριες με δύο πτερύγια λειτούργησαν στις ΗΠΑ κατά τη δεκαετία του 1940, στην Αγγλία στη δεκαετία του 1950 καθώς και στη Γαλλία. Η πιο πετυχημένη ανεμογεννήτρια αναπτύχθηκε στη Δανία από τον Μ.Χ με τρία πτερύγια αλληλοσυνδεόμενα μεταξύ τους και με έναν πρόβολο στο μπροστινό μέρος του άξονα περιστροφής. Στην Ολλανδία εκτελέστηκαν πειράματα από τον F.G. Sibari με αντικείμενο τη μετασκευή των παλαιών ανεμόμυλων άλεσης δημητριακών, έτσι ώστε η πλεονάζουσα ενέργεια να χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή. Χρησιμοποιήθηκε ένας ασύγχρονος ηλεκτροκινητήρας που κινούσε τον ανεμόμυλο (σε περίπτωση άπνοιας) ή λειτουργούσε σαν γεννήτρια, όταν φυσούσε. Ο μηχανισμός μετάδοσης κίνησης περιλάμβανε συμπλέκτη παράκαμψης με σκοπό ο ηλεκτροκινητήρας να μην κινεί τα ιστία παρά μόνο να εκτελεί χρήσιμο έργο. Η οροφή στρεφόταν με τη βοήθεια αεροκινητήρα που ελεγχόταν από έναν ανεμοδείκτη. Μετά τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο πολλοί περίμεναν ότι η αιολική ενέργεια θα συνέβαλλε σημαντικά στην παραγωγή ηλεκτρισμού, αλλά οι προσπάθειες ανάπτυξης ανεμογεννητριών ατόνησαν μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Οι προσπάθειες αυτές ξανάρχισαν πιο έντονες μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση (1973) και στηρίχθηκαν κατά μεγάλο μέρος στην σύγχρονη αεροδιαστημική τεχνολογία. Έτσι αναπτύχθηκαν διάφοροι τύποι ανεμογεννητριών και στις αρχές της δεκαετίας του 1980 διατεθέντων στο εμπόριο συγκροτήματα μικρής ισχύος (μέχρι 20-25 κιλοβάτ) ενώ είχαν κατασκευαστεί και ανεμογεννήτριες μεγαλύτερης ισχύος (3-4 μεγαβάτ). Οι ανεμογεννήτριες προηγμένης τεχνολογίας που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι κυρίως δύο τύπων: ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα με πτερύγια και ανεμογεννήτριες Νταριά με κατακόρυφο άξονα (από τον Γάλλο G.J.M. Darrieus που τις εφεύρε το 1925). Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, που είναι πιο εξελιγμένες και διαδεδομένες, έχουν συνήθως δύο ή τρία πτερύγια και η ισχύς τους κυμαίνεται από λίγα κιλοβάτ έως μερικά μεγαβάτ. Οι ανεμογεννήτριες Νταριά είναι απλούστερες και μικρότερης ισχύος.



Εικόνα 1.1 : Η εξέλιξη της τεχνολογίας από τους ανεμόμυλους στις σημερινές ανεμογεννήτριες



1.1.2 Γενικά για τη Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με την σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1m/sec, σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί αν γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξής της. Από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι και σήμερα έχουν εγκατασταθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στην Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο, και στην Κρήτη εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος πάνω από 30MW. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης δείχνει και ο ιδιωτικός τομέας για την εκμετάλλευση της εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη, όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει εκδώσει άδειες εγκατάστασης για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος δεκάδων MW.

1.1.3 Χρησιμότητα της Αιολικής Ενέργειας

Η συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας θα συμβάλει:

- Στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη.
- Σε σημαντικό περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφού έχει υπολογισθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού μιας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550KW σε ένα χρόνο, υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2.700 βαρελιών πετρελαίου, δηλαδή αποτροπή της εκπομπής 735 περίπου τόνων CO₂ ετησίως καθώς και 2 τόνων άλλων ρύπων στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο MW αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας.



1.2 Μικρές Ανεμογεννήτριες

1.2.1 Τι είναι η Μικρή Ανεμογεννήτρια

Οι μικρές ανεμογεννήτριες είναι μια κατηγορία ΑΠΕ που εκμεταλλεύεται την ενέργεια του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μεγέθη τους ποικίλουν, ξεκινώντας από οικιακής εγκατάστασης ανεμογεννήτριες με διάμετρο μικρότερης του ενός μέτρου και ισχύος μικρότερης του ενός kW, μέχρι ανεμογεννήτριες διαμέτρου 20 μέτρων και ισχύος 50 kW.

Σε αντίθεση με τις μεγάλες ανεμογεννήτριες που κατά κανόνα συναντώνται σε αιολικά πάρκα, οι μικρές ανεμογεννήτριες έως 50kW είναι απλουστευμένα συστήματα μικρού μεγέθους που κάνουν προσιτή την ηλεκτρική παραγωγή, τα περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά οφέλη της αιολικής ενέργειας στο ευρύτερο κοινό.

Οι πιο συνηθισμένες παράμετροι για την κατηγοριοποίηση των μικρών Α/Γ είναι:

- A. Η επιφάνεια σάρωσης του στροφείου (rotor swept area) [A]
- B. Η διάμετρος του στροφείου (rotor diameter) [D]
- C. Η ονομαστική ισχύς λειτουργίας [P]

Η κατηγοριοποίηση των μικρών Α/Γ προκύπτει από το πρότυπο IEC 61400-2 βάσει της επιφάνειας σάρωσης. Πιο συγκεκριμένα, ισχύει ο ακόλουθος πίνακας :

| | Micro | Πολύ Μικρές | Μικρές |
|---------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| Επιφάνεια σάρωσης | $A \leq 3,5m^2$ | $3,5m^2 < A \leq 40m^2$ | $40m^2 < A \leq 200m^2$ |
| Διάμετρος Στροφείου | $D \leq 2,1m$ | $2,1m < D \leq 7m$ | $7m < D \leq 16m$ |
| Ονομαστική Ισχύς | $P \leq 1kW$ | $1kW < P \leq 10kW$ | $10kW < P \leq 75kW$ |

Πίνακας 1.1: Κατηγοριοποίηση μικρών α/γ κατά το πρότυπο IEC 61400-2

Αυτή τη στιγμή υπάρχουν περισσότεροι από 200 κατασκευαστές μικρών Α/Γ σε όλο τον κόσμο που παράγουν προϊόντα σε αυτή την κλίμακα. Οι μεγαλύτερες αγορές εντοπίζονται στην Αμερική, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Κίνα. Το 75% της παραγωγής των μικρών Α/Γ προορίζεται για αυτόνομα υβριδικά συστήματα, σε συνδυασμό με έξυπνα μίνι δίκτυα. Σήμερα λόγω της θέσπισης συστημάτων εγγυημένης τιμής kWh (feed in tariffs) που αφορούν ειδικά μικρές Α/Γ σε χώρες όπως η Ιταλία, το Ην. Βασίλειο, η Πορτογαλία και η Ελλάδα, δημιουργείται μια αυξητική τάση εγκατάστασης διασυνδεδεμένων συστημάτων στην κατηγορία των μικρών και πολύ μικρών Α/Γ και κατά συνέπεια ξεκινούν οι συνθήκες ωρίμανσης για αυτή την αγορά.



Μια ανεμογεννήτρια των 50kW μπορεί να παράγει έως 250 MWh ετησίως, ποσό ενέργειας ικανό να καλύψει την ενέργεια που καταναλώνουν περισσότερα από 60 νοικοκυριά. Παράλληλα, βοηθά στις εξοικονόμηση 275 τόνων CO₂ που θα εκπέμπονταν από συμβατικές μορφές παραγωγής ενέργειας.

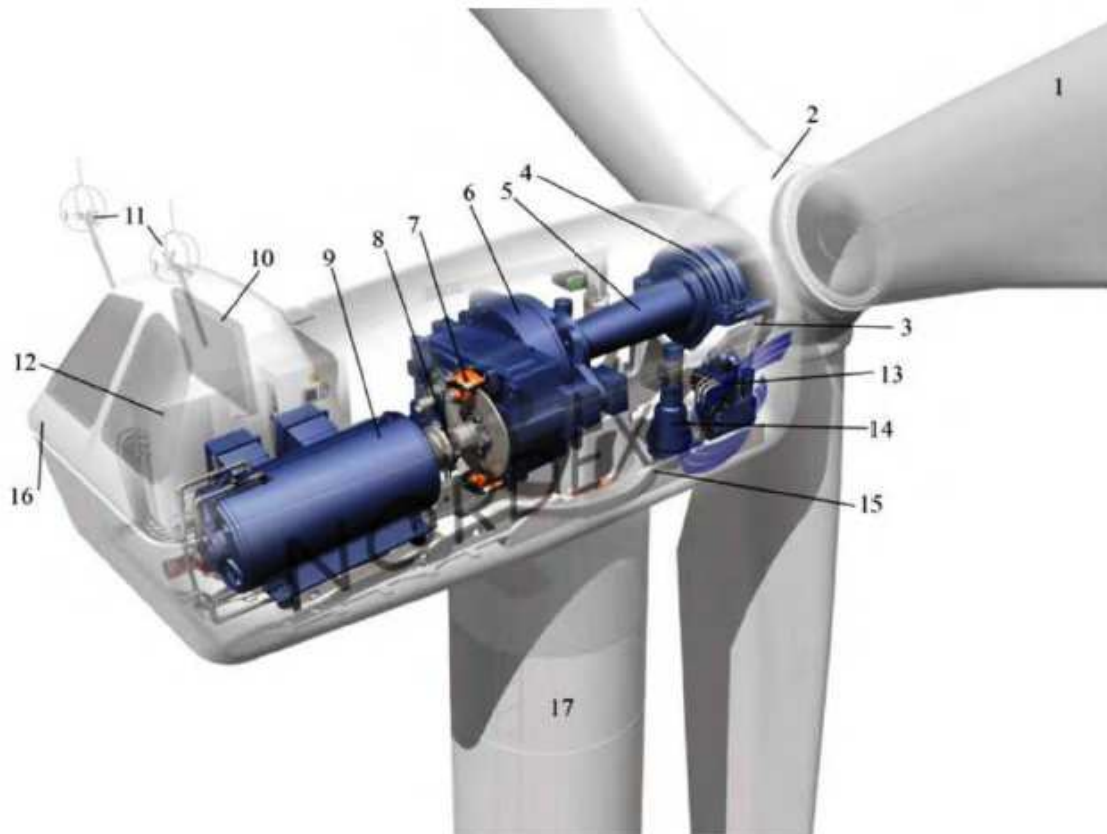
Οι ανεμογεννήτριες δεν είναι βλαβερές για την υγεία. Δεν εκπέμπουν κανενός είδους ακτινοβολία ή ρύπο που θα μπορούσε να βλάψει την υγεία. Αντιθέτως, με τη λειτουργία τους παράγεται πράσινη ενέργεια και εξοικονομείται η χρήση άλλων ρυπογόνων μορφών ενέργειας ενώ αποφεύγεται η έκλυση ρύπων όπως CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Ο θόρυβος μιας ανεμογεννήτριας προέρχεται από τα μηχανικά της μέρη αλλά και από τον αεροδυναμικό θόρυβο που δημιουργείται από την κίνηση των φτερών. Σε απόσταση 65 περίπου μέτρων η ανεμογεννήτρια εκπέμπει περίπου ίδιας έντασης θόρυβο όσο και ο άνεμος, ενώ στα 145 περίπου μέτρα η ανεμογεννήτρια ουσιαστικά δεν ακούγεται.

1.2.2 Τεχνολογίες Μικρών Ανεμογεννητριών

Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας στηρίζεται σε δύο συστήματα μετατροπής ενέργειας. Το πρώτο σύστημα αποτελεί ο ανεμοκινητήρας που μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική κινητική ενέργεια. Το δεύτερο σύστημα αποτελεί η ηλεκτρογεννήτρια που μετατρέπει την μηχανική κινητική ενέργεια που προσλαμβάνει από τον άξονα του ανεμοκινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια στην έξοδό της. Η περιγραφή φαίνεται αρκετά απλή, αλλά στην πραγματικότητα ο σχεδιασμός και η λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας είναι μια τεχνολογική πρόκληση, καθώς είναι απαραίτητος ο συνδυασμός πολλών διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων, όπως μηχανολογία, ηλεκτρολογία, αεροναυπηγική, συστήματα αυτομάτου ελέγχου, επικοινωνιακά συστήματα και υπολογιστικές δομές. Στην εικόνα 1.2 φαίνεται η τυπική δομή του εσωτερικού μιας ανεμογεννήτριας.

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον προσανατολισμό του άξονά τους στη ροή του ανέμου, δηλαδή σε οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα.



Εικόνα 1.2: Εσωτερική δομή μιας ανεμογεννήτριας: [1]. Πτερύγιο δρομέα, [2]. Πλήμνη, [3]. Πλαίσιο ατράκτου, [4]. Κύριο έδρανο, [5]. Άξονας δρομέα, [6]. Κιβώτιο ταχυτήτων, [7]. Δισκόφρενο, [8]. Ζεύκτης γεννήτριας, [9]. Επαγωγική γεννήτρια, [10]. Ψύκτρα γεννήτριας και κιβωτίου ταχυτήτων, [11]. Αισθητήρες ανέμου, [12]. Κύκλωμα ελέγχου, [13]. Υδραυλικό σύστημα, [14]. Οδηγός συστήματος προσανατολισμού, [15]. Έδρανο συστήματος προσανατολισμού, [16]. Κάλυμμα ατράκτου, [17]. Πυλώνας

A. Μικρές Ανεμογεννήτριες Οριζόντιου Άξονα

Οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου παρουσιάζουν υψηλό αεροδυναμικό συντελεστή και γι' αυτό έχουν επικρατήσει σε μεγάλες αιολικές εγκαταστάσεις. Ωστόσο, είναι αρκετά πολύπλοκες στην κατασκευή και λειτουργία. Για παράδειγμα, το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια βρίσκονται στην κορυφή του πυλώνα στήριξης και αυτό εγείρει ζητήματα όχι μόνο μηχανολογικής και δομικής φύσεως, αλλά ακόμα και αντικεραυνικής προστασίας και αξιόπιστου συνεχόμενου εποπτικού ελέγχου μέσω κυκλωμάτων αυτοματισμού, καθώς η πρόσβαση στον πυλώνα είναι πολύ δύσκολη. Επιπρόσθετα, οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα χρήζουν σερβομηχανισμού ή ουραίου πτερυγίου που κατευθύνει τον προσανατολισμό του συστήματος, ώστε κάθε φορά ο άνεμος να προσπίπτει κάθετα στα πτερύγια της έλικας.



Η στιβαρότητα είναι μια έννοια που χαρακτηρίζει την ανεμογεννήτρια και ορίζεται ως ο λόγος της πραγματικής επιφάνειας των πτερυγίων προς την επιφάνεια σάρωσης του ρότορα. Όσον αφορά τον αριθμό των πτερυγίων τους, χωρίζονται σε μονόπτερες, δίπτερες, τρίπτερες, πολύπτερες. Οι μονόπτερες και οι δίπτερες είναι φθηνότερες, όμως απαιτούν αντίβαρο στην πλήμνη για εξισορρόπηση του αεροδυναμικού φορτίου. Οι τρίπτερες προτιμώνται περισσότερο στην ηλεκτροπαραγωγή, επειδή είναι πιο σταθερές, αφού το αεροδυναμικό τους φορτίο είναι περισσότερο ομοιόμορφα κατανομημένο και επειδή έχει αποδειχθεί ότι έχουν μεγαλύτερο αεροδυναμικό συντελεστή από τις πολύπτερες. Οι τελευταίες είναι επίσης διαθέσιμες, αλλά τότε το κόστος συγκριτικά με τις τρίπτερες είναι πιο μεγάλο. Παρ' όλα αυτά, επειδή οι πολύπτερες ανεμογεννήτριες είναι μεγάλης στιβαρότητας, άρα έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπίδρασης με τον άνεμο, έχουν μεγάλη ροπή εκκίνησης και προτιμώνται σε αντλήσεις υδάτων.

Αυτή τη στιγμή, οι περισσότεροι και μεγαλύτεροι παραγωγοί ανεμογεννητριών στον κόσμο κατασκευάζουν μεταβλητής ταχύτητας ανεμογεννήτριες, με έλεγχο γωνίας βήματος πτερυγίων. Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος τύπος γεννήτριας είναι οι επαγωγικές γεννήτριες, ενώ σε πολύ μικρό ποσοστό, που όμως τελευταία παρουσιάζει κάποιες αυξητικές τάσεις, χρησιμοποιούνται σύγχρονες γεννήτριες με μόνιμο μαγνήτη. Σήμερα, στη διεθνή αγορά των ανεμογεννητριών, κυρίαρχος τύπος ανεμογεννήτριας (σε ποσοστό μεγαλύτερο του 70%) είναι αυτός με διπλά τροφοδοτούμενη επαγωγική μηχανή (DFIG), με μεταβλητή ταχύτητα και μεταβλητό έλεγχο γωνίας κλίσης των πτερυγίων. Γενικά, για ισχείς της τάξης των MW, μία ανεμογεννήτρια μπορεί να εξοπλιστεί με οποιονδήποτε τύπο τριφασικής γεννήτριας. Στις ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται, επομένως, οι εξής τύποι γεννητριών :

➤ **Ασύγχρονη (επαγωγική) γεννήτρια :**

- Επαγωγική γεννήτρια βραχυκυκλωμένου κλωβού (SCIG)
- Επαγωγική γεννήτρια δακτυλιοφόρου δρομέα (WRIG) :

(i) OptiSlip επαγωγική γεννήτρια (OSIG)

(ii) Διπλά τροφοδοτούμενη επαγωγική γεννήτρια (DFIG).

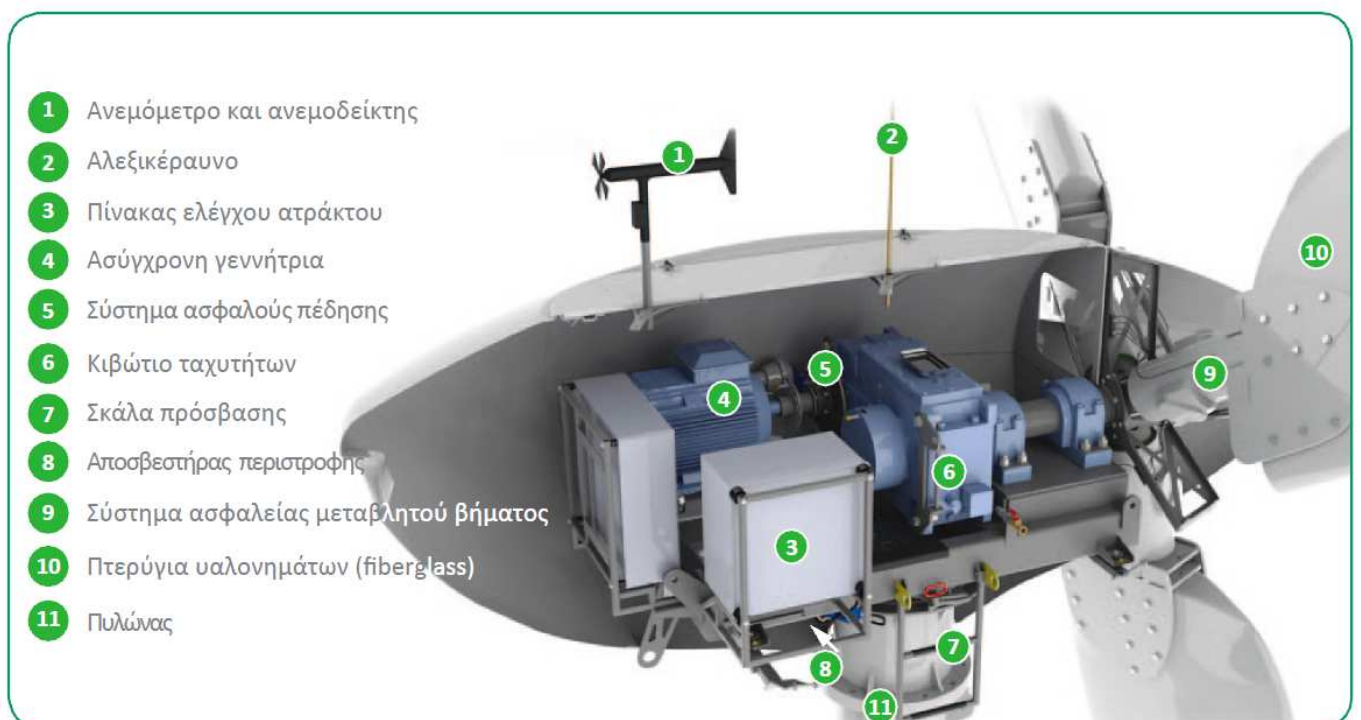
Επαγωγική γεννήτρια βραχυκυκλωμένου κλωβού:

Μέχρι τώρα, υπήρξε η επικρατούσα επιλογή σε απλές εφαρμογές, εξαιτίας της μηχανικής της απλότητας, της υψηλής απόδοσής της και του ελάχιστου κόστους συντήρησης που απαιτεί. Με σύνδεση απευθείας στο δίκτυο, η ταχύτητα της γεννήτριας αυτής μεταβάλλεται μόνο κατά ένα μικρό ποσοστό, εξαιτίας της ολίσθησης της γεννήτριας, η οποία οφείλεται στις αλλαγές της ταχύτητας του ανέμου. Για το λόγο αυτό, η γεννήτρια αυτή χρησιμοποιείται για ανεμογεννήτριες σταθερής ταχύτητας. Η γεννήτρια και ο δρομέας της ανεμογεννήτριας συνδέονται μέσω ενός κιβωτίου ταχυτήτων, μιας και το εύρος της βέλτιστης τιμής της ταχύτητας του δρομέα είναι διαφορετική από αυτή της γεννήτριας. Αυτού του τύπου ανεμογεννήτριες έχουν, συνήθως, έναν μηχανισμό ηλεκτρονικά ελεγχόμενου εκκινήτη και μία εγκατάσταση για αντιστάθμιση αέργου ισχύος, με πυκνωτές, μιας και οι γεννήτριες αυτές καταναλώνουν



άεργο ισχύ. Οι επαγωγικές γεννήτριες βραχυκυκλωμένου κλωβού έχουν μία απότομη χαρακτηριστική ροπής-ταχύτητας και επομένως, διακυμάνσεις στην αιολική ισχύ μεταφέρονται απευθείας στο δίκτυο. Αυτές οι διαταραχές είναι ιδιαίτερα σημαντικές, κατά τη σύνδεση της ανεμογεννήτριας στο δίκτυο, όπου το μεταβατικό ρεύμα μπορεί να είναι 7-8 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό. Σε ένα αδύναμο δίκτυο, αυτό το υψηλό μεταβατικό ρεύμα μπορεί να προκαλέσει σοβαρές διαταραχές στην τάση. Επομένως, η σύνδεση της γεννήτριας αυτής στο δίκτυο θα πρέπει να γίνεται σταδιακά, προκειμένου να μειωθεί το μεταβατικό ρεύμα.

Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας και της απευθείας σύνδεσης με ένα στιβαρό AC δίκτυο, η επαγωγική γεννήτρια βραχυκυκλωμένου κλωβού είναι πολύ εύρωστη και ευσταθής.



Εικόνα 1.3: Εσωτερική δομή επαγωγικής γεννήτριας βραχυκυκλωμένου κλωβού

➤ **Σύγχρονη γεννήτρια :**

- Γεννήτρια βραχυκυκλωμένου δρομέα (WRSG)
- Γεννήτρια μόνιμου μαγνήτη (PMSG).

Τεχνολογία Μόνιμου Μαγνήτη / Άμεσης Κίνησης

Η τεχνολογία μόνιμου μαγνήτη / άμεσης κίνησης, προσφέρει καθαρή, αθόρυβη, αξιόπιστη και αποδοτική ενέργεια με την ελάχιστη δυνατή συντήρηση και επισκευές. Η βασική φιλοσοφία σχεδιασμού μιας τέτοιας ανεμογεννήτριας βασίζεται στη δημιουργία μιας ανεμογεννήτριας η οποία θα αποτελείται από όσο το δυνατόν λιγότερα κινητά



μέρη. Αποτέλεσμα των προσπαθειών αυτών. Η τεχνολογία αυτή ενσωματώνει τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:



Εικόνα 1.4 : Απόψεις από το εσωτερικό γεννήτριας μόνιμου μαγνήτη /άμεσης εκκίνησης

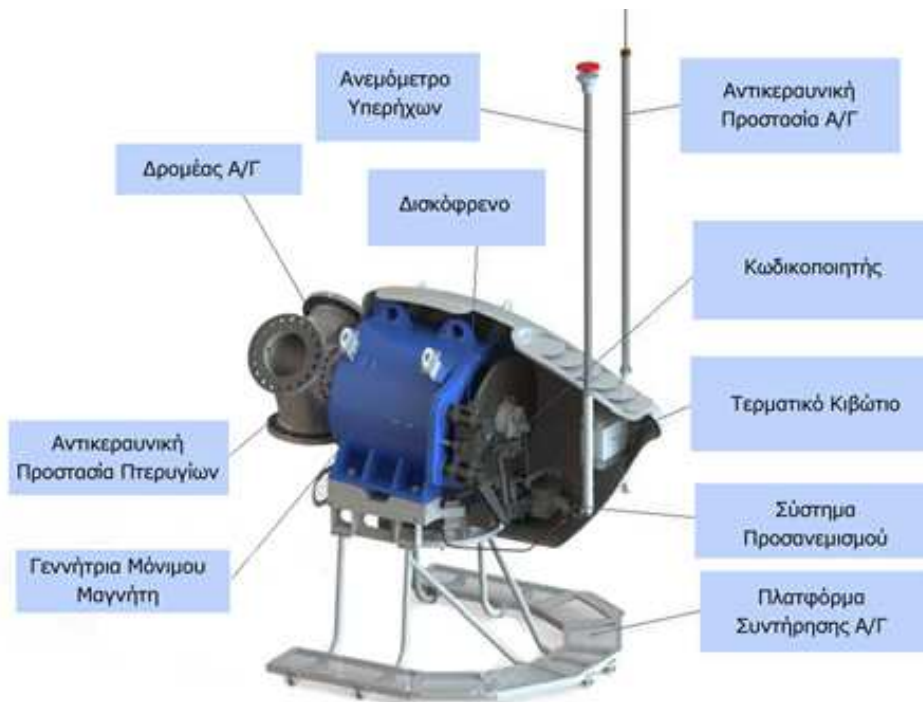
Κίνηση Άμεσης Μετάδοσης (Direct Drive): Το σύστημα κίνησης άμεσης μετάδοσης που έχει σαν αποτέλεσμα η ισχύς να μην χάνεται στις τριβές που προκαλούνται κατά κανόνα από την χρήση ιμάντα, τροχαλίας ή κιβώτιου ταχυτήτων. Τα χαμηλά επίπεδα θορύβου και η μεγαλύτερη ροπή αποτελούν μερικά από προτερήματα της απλής σχεδίασης που διαθέτει λιγότερα κινούμενα μέρη.

Γεννήτρια Μόνιμου Μαγνήτη (Permanent Magnet Generator): Η τεχνολογία των γεννητριών μόνιμου μαγνήτη επιτρέπει την παραγωγή περισσότερης ενέργειας σε χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου αλλά και εξαλείφει την ανάγκη για χρήση κιβώτιου ταχυτήτων, ελαχιστοποιώντας έτσι δραστικά τις απαιτήσεις σε συντήρηση και επισκευές.

Μεταβλητή συχνότητα μετάδοσης (Variable Frequency Drive): Η χρήση μεταβλητής συχνότητας της μετάδοσης, επιτυγχάνει μεγαλύτερη απόδοση, αλλά και επιτρέπει την έναρξη ελέγχου εκκίνησης ροπής έτσι ώστε οι ανεμογεννήτρια να μπορεί να παράγει ενέργεια ακόμα και σε πολύ χαμηλές ταχύτητες ανέμου.

Ενεργό σύστημα διεύθυνσης (Active Yaw System): Το ενεργό σύστημα διεύθυνσης παρακολουθεί συνεχώς τις επικρατούσες συνθήκες ανέμου μέσω αισθητήρα υπέρηχου προηγμένης τεχνολογίας και υπολογίζει τον βέλτιστο προσανατολισμό της Α/Γ. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο να καταγράφει τις συνθήκες ανέμου σε πραγματικό χρόνο και στη συνέχεια να ρυθμίζει αυτόματα την κατεύθυνση της ανεμογεννήτριας έτσι ώστε ο δρομέας να έχει τον προσανατολισμό που απαιτείται για την βελτιστοποίηση της παραγωγής.

Απομακρυσμένη Παρακολούθηση: Για την διασφάλιση της ορθής λειτουργίας της ανεμογεννήτριας κάθε μηχανή είναι εξοπλισμένη με σύστημα απομακρυσμένης καταγραφής και παρακολούθησης που είναι σε διαρκή λειτουργία 24 ώρες την ημέρα, 7 ημέρες την εβδομάδα μέσω σύνδεσης ασύρματου ή ενσύρματου δικτύου. Η λειτουργία απομακρυσμένης παρακολούθησης προσφέρει στον πελάτη και στους τεχνικούς συντήρησης λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την παραγόμενη ενέργεια καθώς και την κατάσταση της ανεμογεννήτριας ανά πάσα στιγμή. Επιπλέον παρέχει την δυνατότητα εντοπισμού ενδείξεων δυσλειτουργίας πριν αυτές εξελιχθούν σε προβλήματα. Επίσης η λειτουργία αυτή μέσω των διαθέσιμων καταγραφών της επιτυγχάνει την αποτελεσματικότερη επίλυση των προβλημάτων σε περίπτωση που αυτά συμβούν και συμβάλει καθοριστικά στην μέγιστη δυνατή διαθεσιμότητα της μηχανής.



Εικόνα 1.5: Εσωτερική δομή γεννήτριας μόνιμου μαγνήτη /άμεσης εκκίνησης



Β. Μικρές Ανεμογεννήτριες Κάθετου Άξονα

Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα χρησιμοποιούν ανέμους οποιασδήποτε κατεύθυνσης, ακόμη και τυρβώδους ροής, στροβιλισμούς, ανερχόμενα και κατερχόμενα ρεύματα, δηλαδή δε χρειάζεται να προσανατολίζονται προς τον άνεμο για να είναι αποτελεσματικές. Εκμεταλλεύονται όλη την ποσότητα του αέρα που περνά από τη δομή τους, ελαχιστοποιώντας τις οπισθέλκουσες δυνάμεις, σε αντίθεση με τις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, όπου σημαντικό ποσοστό ανέμου τις φρενάρει. Η λειτουργία αυτή αποφέρει μια σειρά πλεονεκτημάτων, καθώς αποφεύγεται ένα μεγάλο κομμάτι αυτομάτου ελέγχου, μειώνεται η πολυπλοκότητά της, καταπονείται λιγότερο σε ριπές ανέμων και η παραγωγή ενέργειας αρχίζει από πολύ χαμηλής έντασης ανέμους (2 μποφόρ). Επίσης, το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια μπορούν να τοποθετηθούν κοντά στο έδαφος. Έτσι, η πρόσβαση, η επιτήρηση και η συντήρηση είναι εύκολες και δε χρειάζεται πυλώνας στήριξης. Από την άλλη πλευρά, οι ταχύτητες που αναπτύσσει ο άνεμος κοντά στο έδαφος παραμένουν χαμηλές, γι' αυτό οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου δεν έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης. Επιπλέον, η ροπή εκκίνησής τους είναι χαμηλή με αποτέλεσμα να χρειάζονται εξωτερικό σύστημα υποβοήθησης της εκκίνησης-συνήθως με μικρές ανεμογεννήτριες τύπου Savonius (Σχήμα 1.12). Για όλους τους παραπάνω λόγους, αυτού του είδους οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται κυρίως για γεωργικούς και κτηνοτροφικούς σκοπούς (αυτόματο σύστημα ποτίσματος, γεωτρήσεις, αφαλατώσεις, ψύξη γάλακτος), ενώ οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα προτιμώνται στην ηλεκτροπαραγωγή.



Εικόνα 1.6: Μικρές Ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 :

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΧΩΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ





2.1. Εισαγωγή:

Πρώτο βήμα για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου η επιλογή του χώρου στον οποίο θα εγκατασταθεί το αιολικό πάρκο. Για την επιλογή του χώρου εγκατάστασης υπάρχουν δύο βασικές ομάδες κριτηρίων:

Τα τεχνικοοικονομικά κριτήρια και τα περιβαλλοντικά χωροταξικά. Τα τεχνικοοικονομικά κριτήρια αφορούν, κατά κύριο λόγο, στην οικονομική βιωσιμότητα του έργου και, ειδικότερα, εάν το τοπικό αιολικό δυναμικό είναι επαρκές και ικανοποιητικό, ώστε να έχει νόημα η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου.

Για το σκοπό αυτό, ο επενδυτής θα πρέπει, με την ανάθεση σε μια εξειδικευμένη εταιρεία μετρήσεων, να πραγματοποιήσει πιστοποιημένες μετρήσεις διάρκειας κατ' ελάχιστον 1 έτους. Στην ίδια ομάδα κριτηρίων (και μάλιστα χρονικά νωρίτερα από το αιολικό δυναμικό) εντάσσεται και το κριτήριο της διαθεσιμότητας ηλεκτρικού χώρου, καθώς υπάρχουν περιοχές που είτε δεν επιτρέπεται καν, είτε δεν έχει νόημα να υποβληθεί αίτηση, λόγω κορεσμού του τοπικού δικτύου (και αυτό πέρα των γενικότερων θεμάτων που τίθενται από τη μελλοντική μεγάλη διείσδυση - αν ποτέ επιτευχθεί). Εξίσου σημαντικά είναι τα περιβαλλοντικά - χωροταξικά κριτήρια, η σωστή εξέταση των οποίων είναι ιδιαίτερα κρίσιμη σε αυτό το αρχικό στάδιο, καθώς, σε περίπτωση ασυμβατότητας του σχεδιαζόμενου αιολικού πάρκου με τις ιδιαιτερότητες της περιοχής, θα είναι αδύνατη η υλοποίησή του.

2.2 Αιολικό Δυναμικό

2.2.1 Τι ορίζεται αιολικό δυναμικό.

Ως αιολικό δυναμικό ορίζεται η ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα χρόνου που μπορεί να δεσμευτεί ανά μονάδα επιφάνειας που προσβάλλεται από τον άνεμο. Ο προσδιορισμός του αιολικού δυναμικού μιας θέσης γίνεται σε ετήσια βάση με βάση την κατανομή της ταχύτητας (εντάσεως) του ανέμου, η οποία καθορίζεται πλήρως όταν είναι δεδομένες οι (κατ' ελάχιστον) ωριαίες τιμές της έντασης του ανέμου καθώς και η συχνότητα εμφάνισης τους στη διάρκεια του έτους.

Υπάρχουν διάφορες πηγές πληροφόρησης για την αξιολόγηση του Αιολικού Δυναμικού μιας περιοχής και αυτές προέρχονται κυρίως από:

1. Χάρτες Αιολικού Δυναμικού – ΚΑΠΕ – ΡΑΕ
2. ΕΜΥ
3. Μετρήσεις αιολικού Δυναμικού



4. Μακροσκοπικά Μοντέλα Μετεωρολογικών προβλέψεων

Κατηγοριοποίηση του Αιολικού Δυναμικού σε (m/sec) μέσης ετήσιας τιμής ανέμου

- Ανεπαρκές < 4
- Χαμηλό 4 – 5.5
- Μέσο 5.5 – 7
- Υψηλό 7 – 9
- Πολύ Υψηλό > 9

Ο ενδιαφερόμενος θα πρέπει με τη συνεργασία του εξειδικευμένου προμηθευτή να εκτιμήσει τη διαθεσιμότητα και την αξιοπιστία των δεδομένων ή γενικά πληροφοριών από άλλες πηγές για το αιολικό δυναμικό στην περιοχή ενδιαφέροντος και να αποφασίσει αν θα προβεί ή όχι σε μετρήσεις στη θέση εγκατάστασης της μικρής ανεμογεννήτριας.

Δημιουργείται λοιπόν το ερώτημα κατά πόσο είναι απαραίτητες οι μετρήσεις του αιολικού δυναμικού πριν την υλοποίηση ενός έργου Μικρών Ανεμογεννητριών. Από τις διάφορες πηγές πληροφόρησης εξάγεται μία εκτίμηση της κατηγορίας του αιολικού δυναμικού της ευρύτερης περιοχής εγκατάστασης. Πόσο ασφαλής είναι αυτή η εκτίμηση εξαρτάται από παράγοντες που έχουν να κάνουν με:

- Την τοπογραφία της θέσης
- Την κατηγορία αιολικού δυναμικού της θέσης
- Τυχόν εμπόδια
- Ιστορικά δεδομένα περιοχής

Σε περιοχές με μέσο ή υψηλό Αιολικό Δυναμικό που στο συμπέρασμα αυτό συγκλίνουν οι πηγές πληροφόρησης αισθανόμαστε μεγαλύτερη σιγουριά να επενδύσουμε, άρα μπορεί να προχωρήσουμε και χωρίς μετρήσεις βασιζόμενοι στην πληροφόρηση μας αλλά και στην ιστορικότητα των δεδομένων της περιοχής.

| Ανεπαρκές | Χαμηλό | Μέσο | Υψηλό | Πολύ υψηλό |
|-----------|--------|------|-------|------------|
| | | | | |

Στις υπόλοιπες κατηγορίες αιολικού δυναμικού δεν υπάρχει ασφάλεια, συγκεκριμένα:

- Στο χαμηλό αιολικό δυναμικό αδυνατούμε να γνωρίζουμε την περίοδο απόσβεσης της επένδυσης.



- Στο υψηλό αιολικό δυναμικό αδυνατούμε να γνωρίζουμε αν η Ανεμογεννήτρια προσαρμοστεί σωστά και αντέξει στις συνθήκες της περιοχής εγκατάστασης.
- Είναι οικονομοτεχνικά χρήσιμο να επιλεχθεί το ύψος πύργου που είναι βέλτιστο στην σχέση τιμής απόδοσης.

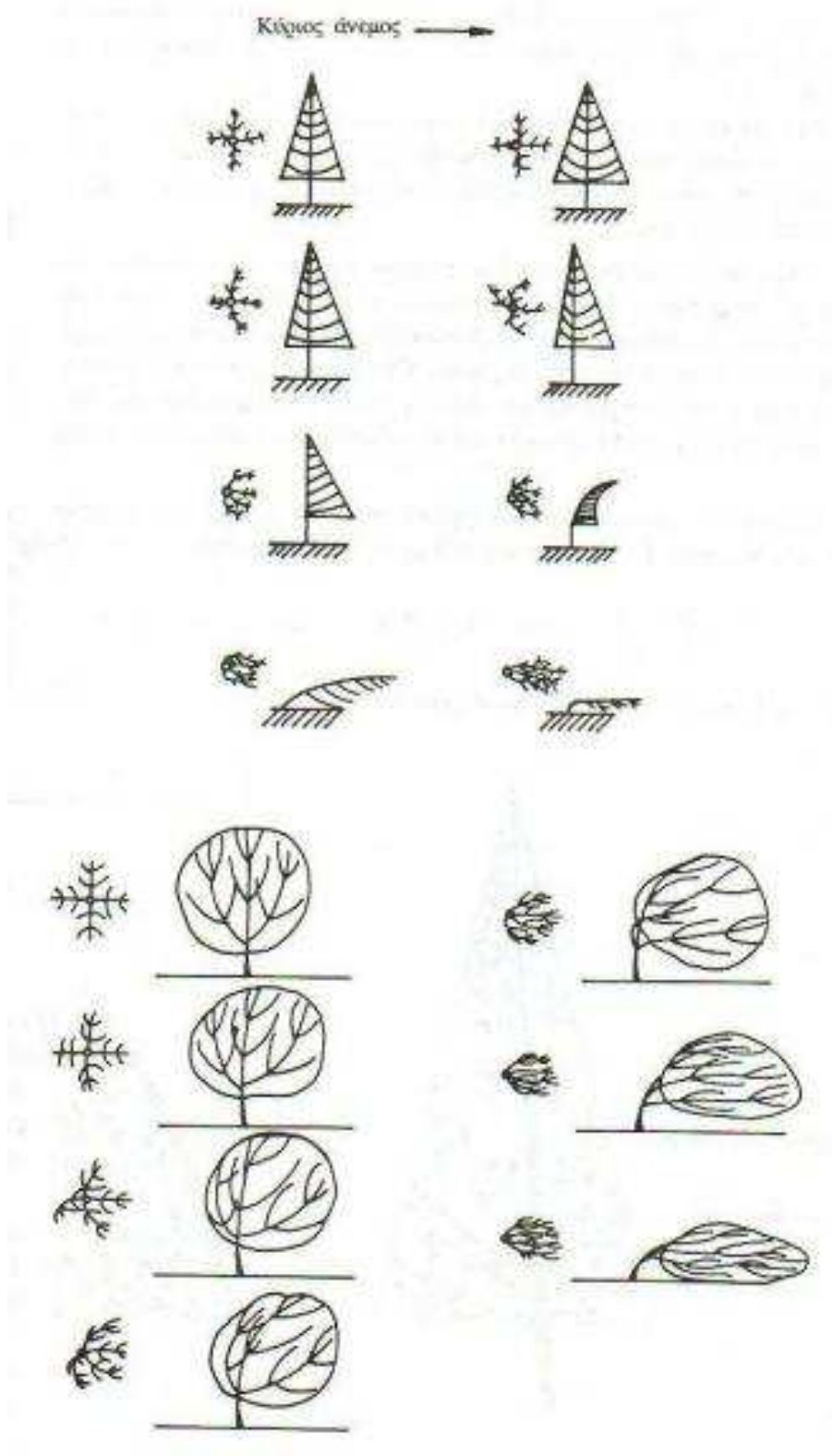
Είναι φανερό ότι η μέτρηση του αιολικού δυναμικού της θέσης εγκατάστασης θα εξαλείψει τον παράγοντα αβεβαιότητας και θα δημιουργήσει προστιθέμενη αξία στην επένδυση.

2.2.2 Καταγραφή αιολικού δυναμικού

Αρχικά έχουν δημιουργηθεί κάποιοι δείκτες με βάση τους οποίους μπορούμε να καταλάβουμε την ταχύτητα που επικρατεί στην κάθε περιοχή.

Τα δέντρα που έχουν παραμορφωθεί λόγω ανέμου είναι οι πιο ασφαλείς δείκτες ύπαρξης αιολικού δυναμικού. Πιο συγκεκριμένα μετά από παρατήρηση της παραμόρφωσης των δέντρων και της μέσης ετήσιας ταχύτητας του ανέμου δημιουργήθηκαν δείκτες και πίνακες που εμφανίζουν την σχέση αυτή της παραμόρφωσης των δέντρων με την μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου στην περιοχή. Πιο συγκεκριμένα οι πίνακες Griggs-Putnam και Barsch καθορίζουν τον βαθμό παραμόρφωσης των δέντρων και εμφανίζουν τις δύο όψεις του για να είναι πιο εμφανής η παραμόρφωση των κλάδων αλλά και του κορμού.

Τα δέντρα που θα μελετήσουμε σε μια περιοχή θα πρέπει να είναι καλά εκτεθειμένα στον άνεμο. Η παραπάνω μέθοδος χρησιμοποιείται στο πολύ αρχικό στάδιο για τον εντοπισμό αιολικού δυναμικού σε μια περιοχή.



Εικόνα 2.1 : Παρατήρηση παραμορφώσεων δέντρων για την εκτίμηση αιολικού δυναμικού μίας περιοχής



Στην συνέχεια για σίγουρα αποτελέσματα και επιστημονικά αποδεδειγμένα ότι υπάρχει αιολικό δυναμικό κατάλληλο για την τοποθέτηση ανεμογεννητριών εγκαθίσταται ένας ανεμολογικός σταθμός για τουλάχιστον ένα χρόνο.

Οι μετρήσεις συνίσταται να ακολουθούν συγκεκριμένες προδιαγραφές που αρμόζουν στην εφαρμογή των μικρών ανεμογεννητριών ώστε να μπορούν να είναι αξιοποιήσιμες αλλά και συγκρίσιμες με άλλες μετρήσεις από άλλο επενδυτή σε άλλη περιοχή.

Συστήνεται:

1. Μέτρηση της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου σε ύψος κατ' ελάχιστον δέκα μέτρων από το έδαφος στην θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας.
2. Δειγματοληψία της στιγμιαίας τιμής των μετρούμενων μεγεθών ανά δευτερόλεπτο και καταγραφή των ακραίων τιμών, της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης δεκαλέπτου.
3. Χρήση βαθμονομημένων κυπελλοφόρων ανεμόμετρων.
4. Ελάχιστη διάρκεια μετρήσεων 6 μηνών με 95% διαθεσιμότητα. Ενδεικνυόμενη διάρκεια μετρήσεων 1 έτος με 85% διαθεσιμότητα.
5. Οι διαστάσεις των βραχιόνων και η τοποθέτηση των οργάνων να συμφωνούν με το πρότυπο IEC 61400-12-1 και ακόμη καλύτερα οι μετρήσεις να γίνονται από διαπιστευμένο κατά ISO 17025 εργαστήριο ώστε να είναι αποδεκτές από τράπεζες και χρηματοδοτικούς φορείς.



Εικόνα 2.2 : Ανεμολογικός Ιστός 10m για μικρές Ανεμογεννήτριες.

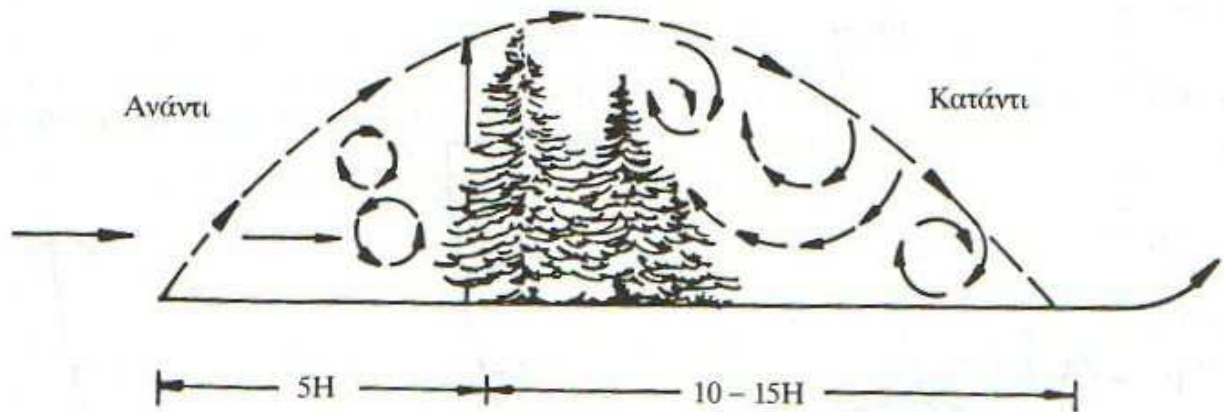
2.3 Μορφολογία του εδάφους

Αφού γίνει το παραπάνω βήμα και βρεθεί η περιοχή που πρόκειται να τοποθετηθούν οι ανεμογεννήτριες, θα πρέπει να μελετηθεί με βάση την μορφολογία της. Έτσι ελέγχουμε την περίπτωση όπου:

- Η μορφολογία του εδάφους είναι επίπεδη
- Η μορφολογία του εδάφους είναι ανώμαλη

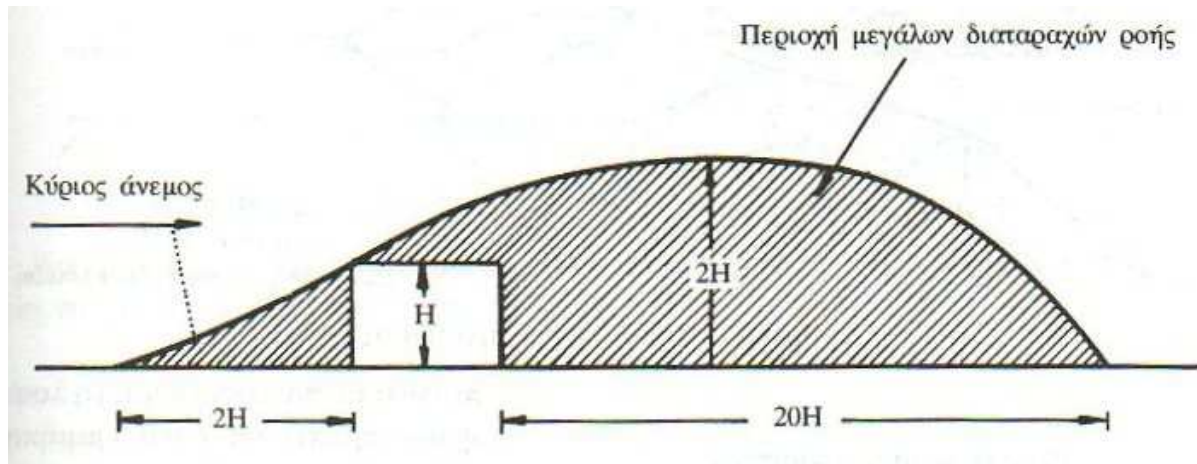
2.3.1 Περίπτωση του επίπεδου εδάφους

Πρέπει να ελέγξουμε αν στην περιοχή υπάρχουν κάποια εμπόδια παραδείγματος χάριν ανεμοφράκτες οι οποίοι προστατεύουν από τους δυνατούς ανέμους που υπάρχουν, αυτό φυσικά σημαίνει ότι οι ανεμογεννήτριες πρέπει να τοποθετηθούν μακριά από την περιοχή που επηρεάζουν τον άνεμο.



Εικόνα 2.2 : Περίπτωση εμποδίων σε επίπεδο έδαφος

Άλλη περίπτωση είναι να υπάρχει κάποιο κτίριο που βρίσκεται παράλληλα με το ρεύμα του αέρα, με αποτέλεσμα να διαταράσσει το πεδίο ταχυτήτων όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.4 : Περίπτωση κτηρίου που αποτελεί εμπόδιο στο ρεύμα του αέρα

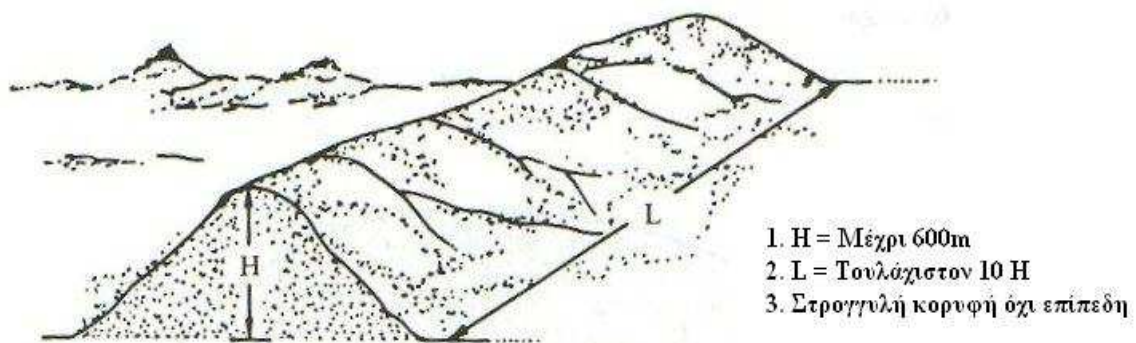
2.3.2 Περίπτωση που η μορφολογία του εδάφους είναι ανώμαλη

Τότε δεν υπάρχει συγκεκριμένος τρόπος εξέτασης διότι κάθε περίπτωση είναι ξεχωριστή. Για να γίνει λοιπόν η μελέτη τέτοιων περιπτώσεων ή κατασκευάζεται ομοίωμα της περιοχής μέσα σε αεροδυναμική σήραγγα ή με την χρήση υπολογιστή χρησιμοποιώντας μαθηματικά μοντέλα.

Πάραυτα μερικές μορφολογικές τοπογραφίες μπορούν να τυποποιηθούν και να χρησιμεύσουν ως κατευθυντήριες γραμμές στην προκαταρκτική λήψη της απόφασης για την τοποθεσία του ανεμοκινητήρα.

Οι περιπτώσεις αυτές είναι οι εξής:

1. Λοφοσειρά



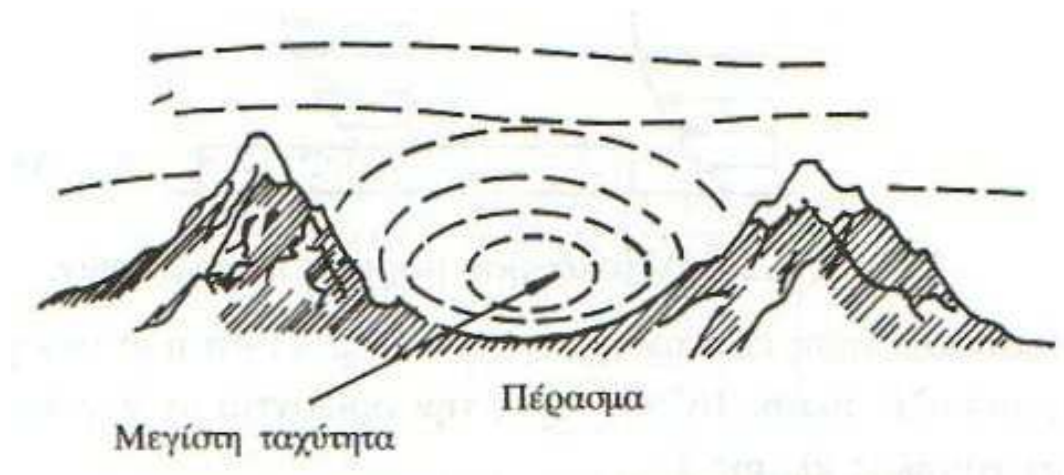
Εικόνα 2.5: Περίπτωση λοφοσειράς που προτείνεται για την τοποθέτηση ανεμογεννήτριας



Η λοφοσειρά πρέπει να είναι κάθετη στην κατεύθυνση του ανέμου και επιμήκης. Αν δεν είναι επιμήκης αντί να περάσει από πάνω ο άνεμος, θα περάσει κυρίως από τα πλάγια. Στην κορυφή της λοφοσειράς ο άνεμος αναπτύσσει σημαντικά πιο μεγάλες ταχύτητες, οπότε η κορυφή προτείνεται για εγκατάσταση ανεμοκινητήρα.

2. Περάσματα και διάσελα

Πολύ καλή θέση για τοποθέτηση ανεμοκινητήρων είναι τα περάσματα και τα διάσελα ειδικά αν η ροή του ανέμου είναι τέτοια ώστε να διέρχεται μέσα από το άνοιγμα. Οι θέσεις αυτές είναι εύκολες ως προς την πρόσβαση τους και προσφέρουν ιδανικές υψηλές ταχύτητες ανέμου. Οι θέσεις αυτές αρχικά εξετάζονται για το αν είναι δυνατή η τοποθέτηση του ανεμοκινητήρα και στην συνέχεια στο εργαστήριο γίνεται λεπτομερής μελέτη σε ομοίωμα μέσα σε αεροδυναμική σήραγγα. Όσο πιο ψηλά είναι τα βουνά που δημιουργούν το πέρασμα τόσο πιο ευνοϊκή είναι η θέση και όσο πιο ομαλή είναι η επιφάνεια του εδάφους του περάσματος τόσο καλύτερη είναι η ενεργειακή απόδοση του ανεμοκινητήρα.



Εικόνα 2.6 : Περίπτωση περάσματος που προτείνεται για την τοποθέτηση ανεμογεννήτριας

Άλλες μελέτες που θα χρειαστούν να γίνουν:

Εφόσον το 1ο βήμα ολοκληρωθεί επιτυχώς και οι ανεμολογικές μετρήσεις αποδείξουν πως υπάρχει αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό, ο επενδυτής μπορεί να περάσει στο 2ο βήμα, που περιλαμβάνει τον πλήρη και κατά το δυνατόν άρτιο τεχνικό σχεδιασμό του έργου.

Από τα ανεμολογικά δεδομένα και την τοπογραφία της περιοχής ο επενδυτής θα να επιλέξει τον προκαταρκτικό τύπο ανεμογεννήτριας που θα χρησιμοποιήσει για το



σχεδιασμό. Στην συνέχεια, με τη βοήθεια των ειδικών λογισμικών πακέτων του υπάρχουν θα προχωρήσει στη χωροθέτηση των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου, δηλαδή στην επιλογή των ακριβών θέσεων τοποθέτησης κάθε ανεμογεννήτριας. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να πραγματοποιήσει και ενεργειακή μελέτη, με την οποία θα κάνει πρόβλεψη της αναμενόμενης ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το αιολικό πάρκο. Ταυτόχρονα θα χρειαστούν να γίνουν έργα οδοποιίας και έργα ηλεκτρικής διασύνδεσης.

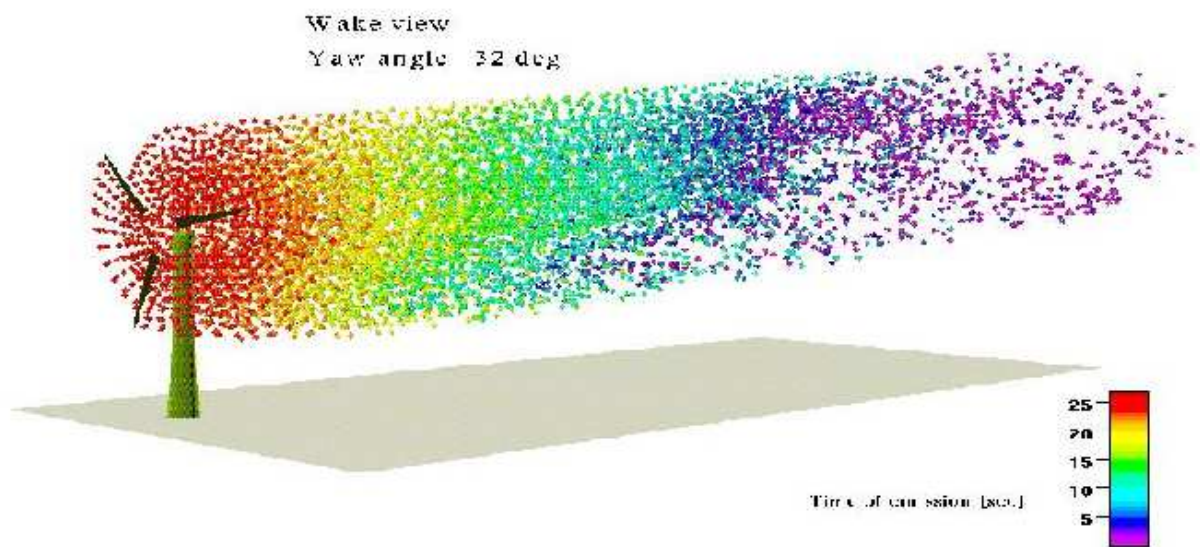
Συνοψίζοντας τα παραπάνω οι παράμετροι επιλογής εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου είναι οι εξής:

- Το αιολικό δυναμικό
- Η δυνατότητα πρόσβασης - απαιτούμενα έργα υποδομής
- Τα υφιστάμενα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή
- Οι πιθανές εμπλοκές στην διαδικασία αδειοδότησης
- Η ιδιοκτησία εδαφικών εκτάσεων - δυνατότητα χρήση γης



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 :

ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ





3.1 Επιλογή Οικοπέδου για την πραγματοποίηση της μελέτης του αιολικού πάρκου

Σχετικά με την τοποθεσία εγκατάστασης μιας μικρής ανεμογεννήτριας απαραίτητη προϋπόθεση είναι φυσικά η ύπαρξη ανεκτού αιολικού δυναμικού. Άλλες εξίσου σημαντικές προϋποθέσεις είναι η ύπαρξη δικτύου σε κοντινή απόσταση και η δυνατότητα πρόσβασης ενώ συνιστάται η αποφυγή μεγάλων εμποδίων στον χώρο εγκατάστασης, όπως ψηλά κτίρια ή δέντρα.

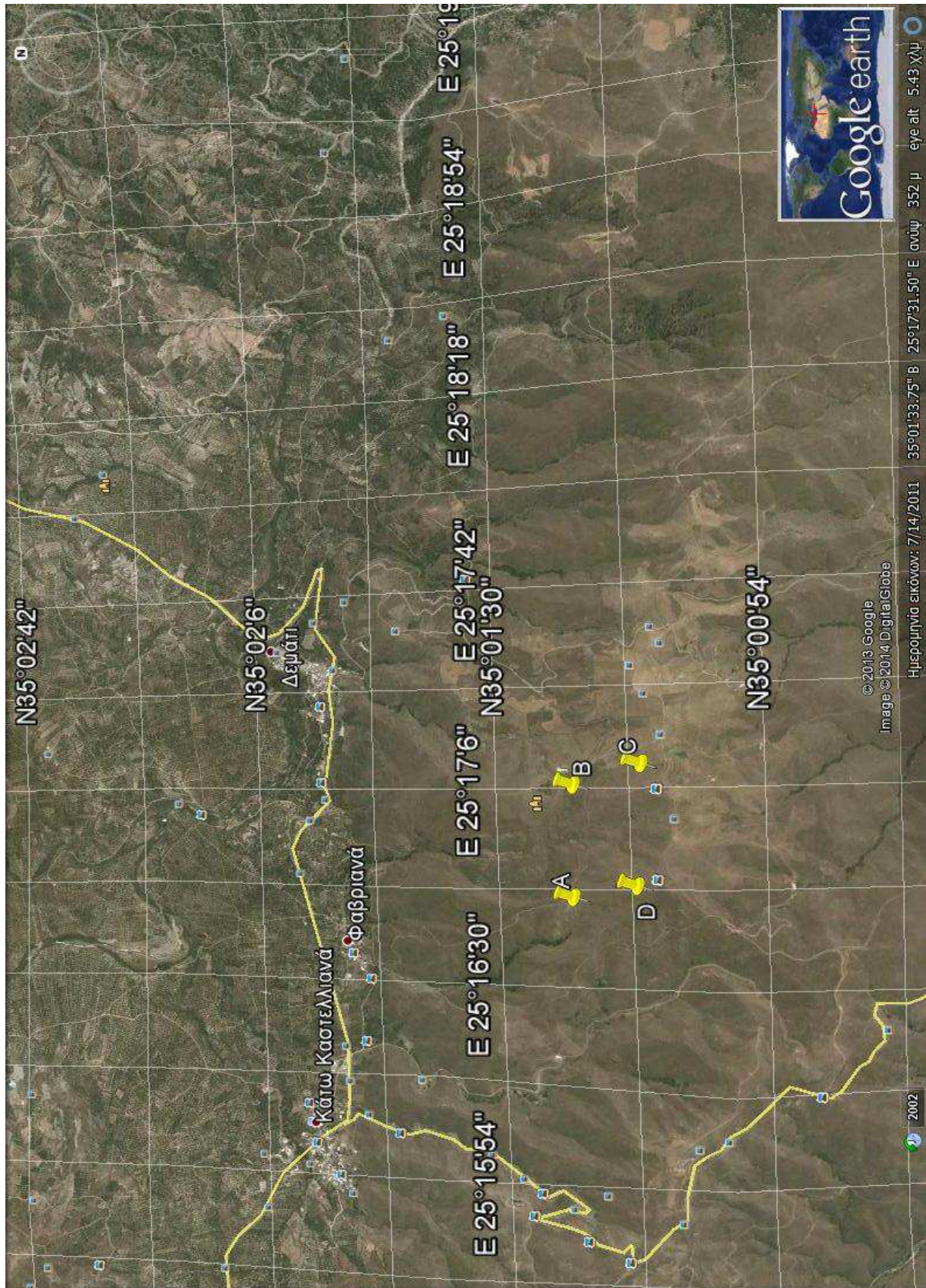
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμα και για τις μικρές ανεμογεννήτριες με τις μεγαλύτερες διαστάσεις οι απαιτήσεις για δέσμευση χώρου είναι ελάχιστες, καθώς ο απαραίτητος χώρος είναι μόλις αυτός που χρειάζεται από το συνεργείο για την εγκατάσταση. Μια μικρή ανεμογεννήτρια 50 kW, μπορεί να εγκατασταθεί σε ένα χώρο (χωράφι, οικόπεδο, βουνοκορφή, κ.τ.λ.) που έχει τουλάχιστον 15×15 μέτρα διαθέσιμα για την ανέγερσή της.

Είναι προτεινόμενο η εγκατάσταση να μη γίνεται σε απόσταση μικρότερη των 35 μέτρων από πολυσύχναστους δρόμους (κυρίως για λόγους ασφαλείας), όπως και σε απόσταση μικρότερη των 150 μέτρων από την κοντινότερη κατοικημένη οικία (κυρίως για λόγους οπτικής / ακουστικής όχλησης σε μικρότερες αποστάσεις). Οι παραπάνω αποστάσεις μπορούν να μειωθούν για αγροτικές οδούς και άλλου είδους κτήρια αντίστοιχα

Ο καθορισμός του ανεκτού δυναμικού για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την τεχνολογία της. Πολλές ανεμογεννήτριες είναι σχεδιασμένες να παράγουν ικανοποιητική ενέργεια σε περιοχές με μέσο ή ακόμα και χαμηλό δυναμικό. Στην αναζήτηση της πιο αποδοτικής ανεμογεννήτριας θα πρέπει η προσοχή να επικεντρώνεται και στην ενέργεια που αναμένεται να παράγει η κάθε ανεμογεννήτρια και όχι μόνο στη δηλούμενη ισχύ της.

Τα παραπάνω αναφερόμενα σχετικά με τα κριτήρια επιλογής μια περιοχής προς εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου εφαρμόζονται και στην παρούσα πτυχιακή μελέτη.

Η επιλογή της περιοχής μελέτης βρίσκεται στην οροσειρά των Αστερουσίων, επί της γεωγραφικής επικράτειας του Δημοτικού Διαμερίσματος Καστελλιανών, Δήμου Αρκαλοχωρίου (Εικόνα 3.1) η οποία τηρεί τα κριτήρια επιλογής περιοχής που αναφέρθηκαν προηγουμένως.



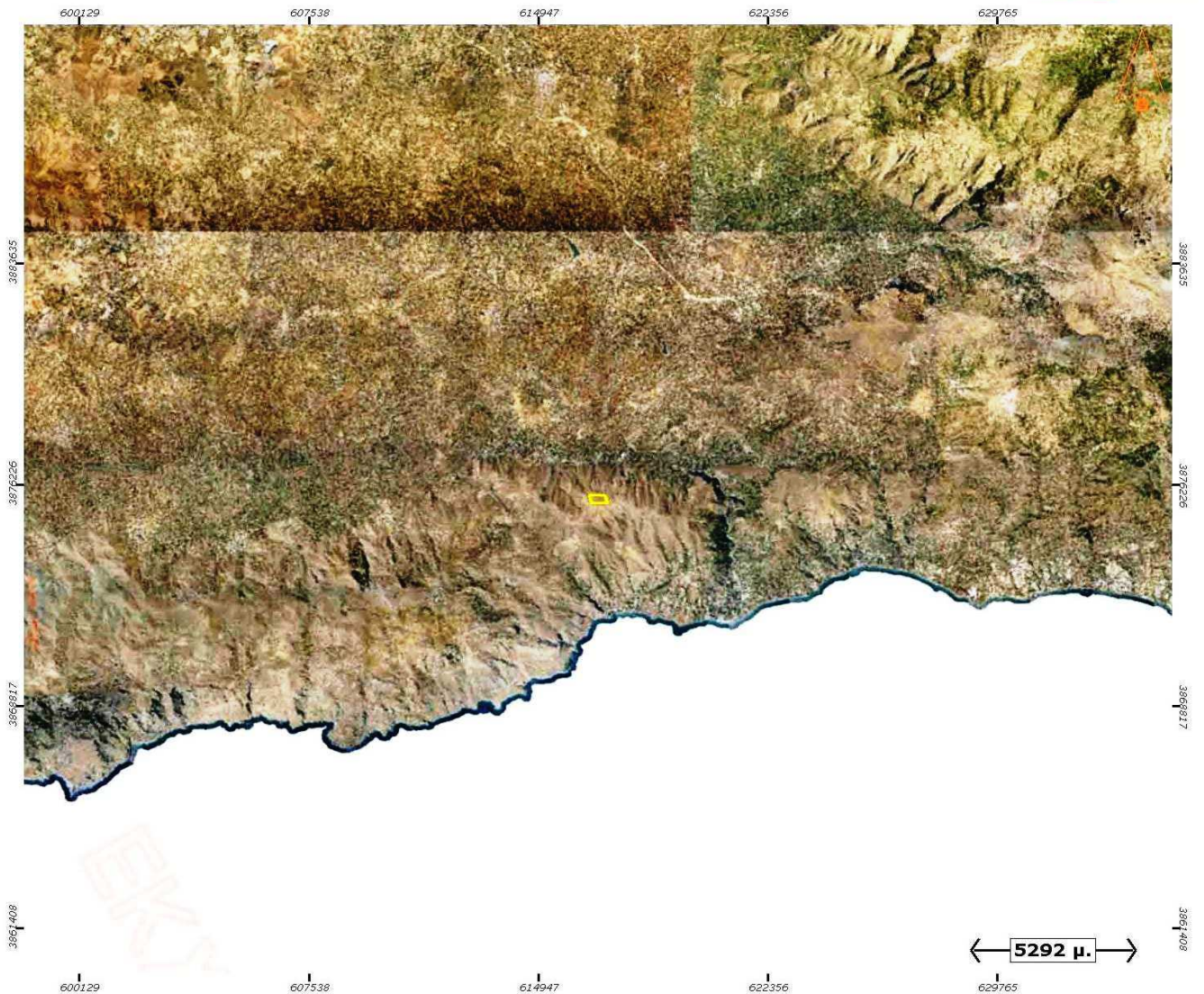
Εικόνα 3.1 : Χάρτης του οικοπέδου στην οροσειρά των Αστερουσίων που επιλέχθηκε για την εγκατάσταση του Αιολικού Σταθμού.



Η περιοχή καταλαμβάνει μια έκταση με εμβαδόν 14.149,92 m² (εμβαδόν οικοπέδου ανεμογεννητριών). Τα ακριβή όρια του οικοπέδου εγκατάστασης του αιολικού πάρκου, παρέχονται στο παρακάτω απόσπασμα κτηματολογίου / τοπογραφικό διάγραμμα κλίμακας 1:5.000.



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ
& ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ Α.Ε.**



Εμβαδόν: 141149,92 τ.μ.

| A/A | X | Y |
|-----|-----------|------------|
| 0 | 616575,92 | 3875898,73 |
| 1 | 617081,28 | 3875890,73 |
| 2 | 617176,53 | 3875610,33 |
| 3 | 616636,77 | 3875634,15 |
| 4 | 616575,92 | 3875898,73 |

Εικόνα 3.2 : Απόσπασμα Κτηματολογίου στο οποίο αναγράφονται και οι ακριβείς συντεταγμένες του υπό μελέτη οικοπέδου.



Εικόνα 3.3 : Φωτογραφίες του οικοπέδου από διαφορετικές οπτικές

3.2 Πρόσβαση Περιοχής

Μια ακόμα σημαντική παράμετρος που πρέπει να εξεταστεί πριν τη μελέτη ενός αιολικού πάρκου είναι να αξιολογηθεί πόσο εύκολη είναι η πρόσβαση στην περιοχή, το όποιο περιλαμβάνει:

- οδικό δίκτυο
- λιμενικές εγκαταστάσεις
- υφιστάμενο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Το υφιστάμενο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης (150 kV) στην Κρήτη παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.4

Αυτοί οι τρεις παράμετροι είναι πολύ σημαντικοί για να μπορεί να είναι οικονομικά βιώσιμη η μελέτη του αιολικού πάρκου.

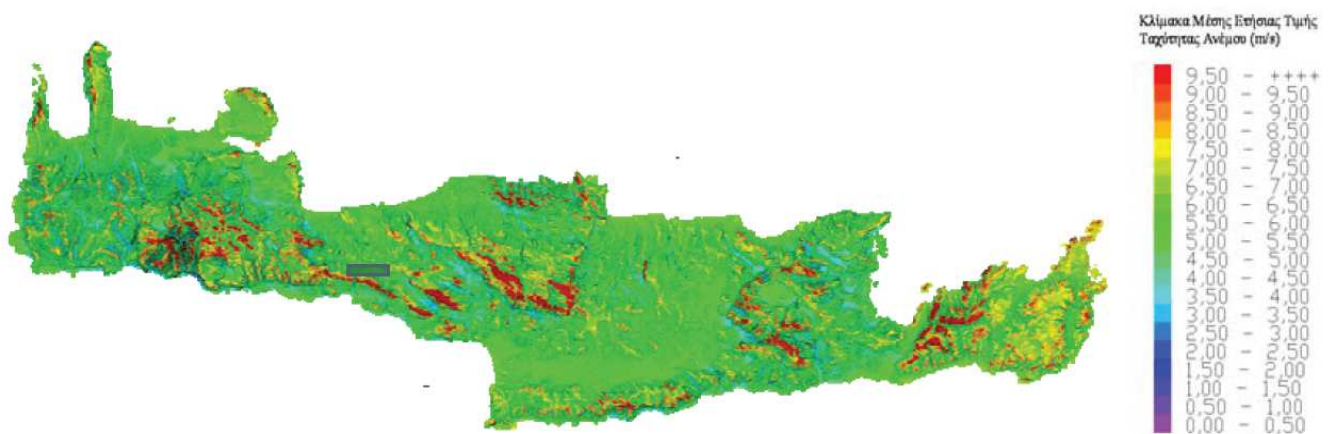


Εικόνα 3.4 : Χάρτης με το ηλεκτρικό δίκτυο της Κρήτης.

3.3 Αιολικό Δυναμικό Περιοχής

Η επιλογή θέσης για τη μελέτη και την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου προϋποθέτει την ύπαρξη καλού αιολικού δυναμικού. Για να δούμε εάν η περιοχή έχει καλό αιολικό δυναμικό, θα πρέπει να εγκατασταθεί μετεωρολογικός σταθμός (ιστός) και να καταγράψει τα δεδομένα για μια διάρκεια τουλάχιστον ενός έτους.

Επίσης δεν αρκεί μόνο να έχει καλό αιολικό δυναμικό (δυνατό αέρα), αλλά και η ποιότητα του αέρα. Να μην έχει δηλαδή μεγάλη τύρβη, και να έχει όσο το δυνατόν στρωτή ροή αέρα. Στρωτή ροή αέρα και χωρίς μεγάλη τύρβη συνήθως συναντάμε στην επιφάνεια της θάλασσας ή από τον αέρα που έρχεται από τη θάλασσα. Στη στεριά θα πρέπει η περιοχή να μην έχει απότομες πλαγιές και πυκνή βλάστηση. παρουσιάζεται Στην Εικόνα 3.5 απεικονίζεται ο χάρτης αιολικού δυναμικού του νησιού, όπως αναπτύχθηκε από το Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας και Σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, με βάση μετρήσεις ανεμολογικών δεδομένων από περισσότερες των ογδόντα (80) θέσεων λήψης.



Εικόνα 3.5 : Ο χάρτης αιολικού δυναμικού της Κρήτης (πηγή: Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας Τ.Ε.Ι. Κρήτης, www.wel.gr).

Η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι δύσκολο να προβλεφθεί θεωρητικά και για αυτό τον λόγο πριν την επένδυση πρέπει να εξετάζεται το αιολικό δυναμικό της περιοχής εγκατάστασης. Στην παρούσα εργασία αυτό έγινε από παλαιότερες μετρήσεις, μεσοσταθμικά δεδομένα από κοντινά έργα και δορυφορικά δεδομένα.

Τα αποτελέσματα είναι αρκετά ικανοποιητικά μιας και η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου κυμαίνεται γύρω στα **8,5 m/sec.**, τιμή που θεωρείται εξαιρετική ειδικά για το υψόμετρο και τη μορφολογία της περιοχής. Ακολουθεί ο αντίστοιχος πίνακας με τα στοιχεία ανεμομετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε γειτονικό οικόπεδο με την εγκατάσταση ιστού για την περίοδο ενός ολόκληρου έτους.



| | | |
|--|------------------|---|
| Θέση εγκατάστασης ιστού | | οροσειρά Αστερουσίων Νομού Ηρακλείου |
| Απόλυτο υψόμετρο θέσης εγκατάστασης ιστού (m) | | 489 |
| Ύψος ιστού (m) | | 10 |
| Συντεταγμένες θέσης εγκατάστασης ιστού (ΕΓΣΑ '87) | X | 616833,63 |
| | Y | 3875540,39 |
| Περίοδος πιστοποιημένων μετρήσεων | Έναρξη | 01/07/08 |
| | Πέρασ | 06/07/09 |
| | Διάρκεια (μήνες) | 12 |
| Μέση ταχύτητα ανέμου περιόδου μετρήσεων στη θέση εγκατάστασης του ιστού (m/sec) | | 8,50 |
| Παράμετρος A κατανομής Weibull (m/sec) | | 9,6 |
| Παράμετρος k κατανομής Weibull (m/sec) | | 1,76 |

Εικόνα 3.6 : Μετρήσεις αιολικού δυναμικού οροσειράς Αστερουσίων

3.4 Επιλογή Ανεμογεννήτριας για τη Σύνδεση με το Δίκτυο Χαμηλής Τάσης

Για την επιλογή του τύπου των Α/Γ που θα απαρτίζουν ένα Α/Π λαμβάνονται υπ' όψιν οι εξής παράγοντες:

- καμπύλη ισχύος κάθε τύπου Α/Γ
- οι διαστάσεις της ανεμογεννήτριας σε συνάρτηση με τη διαθέσιμη έκταση του γηπέδου εγκατάστασης και την επιθυμητή ισχύ του αιολικού πάρκου
- περιορισμοί περιβαλλοντικής και χωροταξικής φύσεως
- τεχνικά και κατασκευαστικά θέματα (π.χ. μεταφορά ανεμογεννητριών)
- οικονομική προσφορά αγοράς και προγράμματος συντήρησης αιολικού πάρκου από τον προμηθευτή των ανεμογεννητριών

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα προαναφερόμενα κριτήρια επιλογής ανεμογεννήτριας, καταλήγουμε στην επιλογή της ανεμογεννήτριας από την εταιρεία Endurance και συγκεκριμένα το μοντέλο E3120 / 50kW.

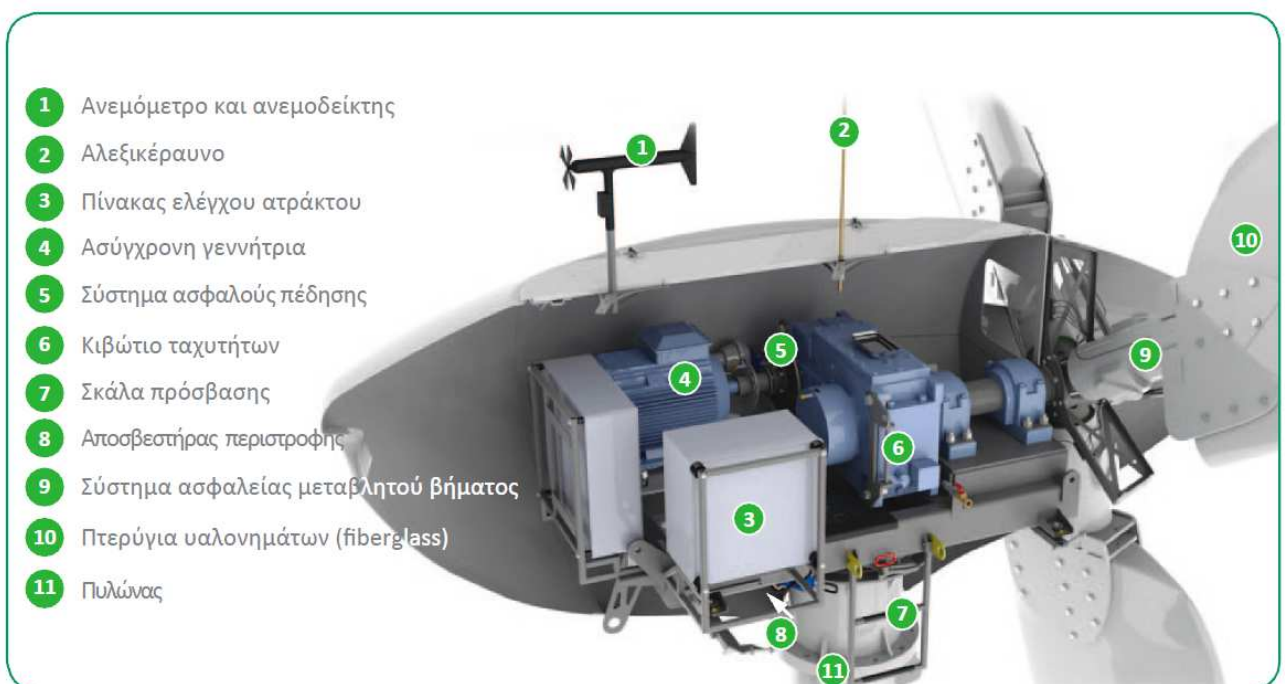
Η Endurance E-3120 είναι μία ασύγχρονη γεννήτρια συμβατή προς το δίκτυο που εξαλείφει την ανάγκη για αντιστροφέα (inverter) ή άλλα ηλεκτρονικά ισχύος. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η αξιοπιστία και η αποδοτικότητα της μηχανής και μειώνεται το αρχικό κόστος.

Η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια παράγει περισσότερη ενέργεια (και άρα έσοδα) από αντίστοιχες ανεμογεννήτριες της κατηγορίας της. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της μεγάλης διαμέτρου του ρότορα (πτερωτής – 19.2m) της. Έτσι, η επένδυση γίνεται πιο ελκυστική χαρίζοντας μεγαλύτερα κέρδη (σε απόλυτα ποσά) στην κατηγορία της, αλλά και πολύ υψηλό ποσοστό απόδοσης των χρησιμοποιούμενων κεφαλαίων.

Η λειτουργία της εκκίνησης ξεκινάει την περιστροφή των πτερυγίων με ηλεκτρική υποβοήθηση ώστε η ανεμογεννήτρια να μπορεί να λειτουργήσει σε χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου από ότι αν στηριζόταν αποκλειστικά στον άνεμο

Ένας πολύ βασικός παράγοντας για κάθε επένδυση είναι το ρίσκο της. Η E-3120 είναι μια από τις πολύ λίγες ανεμογεννήτριες που έχουν εγκατασταθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η πρώτη E-3120 εγκαταστάθηκε πριν 8 χρόνια, γεγονός που μας επιτρέπει να ελέγξουμε την αξιοπιστία και την απόδοσης της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας.

Ακόμα, η κατασκευή της ανεμογεννήτριας γίνεται στον Καναδά από μια αξιόπιστη εταιρεία, με τις πλέον αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας. Τα κυρίως μέρη του ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού της ανεμογεννήτριας προέρχονται από αξιόπιστους κατασκευαστές όπως η Siemens (μειωτήρας στροφών) και η ABB (γεννήτρια).



Εικόνα 3.7: Εσωτερική δομή της Endurance E-3120

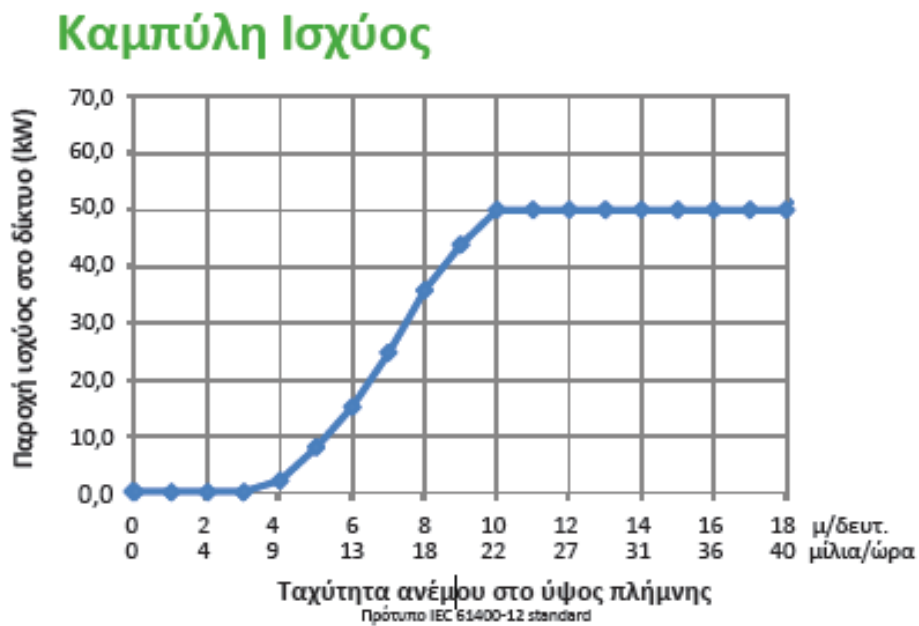


Στην παραπάνω Εικόνα 3.6, φαίνεται αναλυτικά η εσωτερική δομή της Endurance E-3120. Συγκεκριμένα έχουμε:

- 1. Ανεμόμετρο και Ανεμοδείκτης:** Μετράει την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου για να ελέγχει την έναρξη και διακοπή, καθώς και τον προσανατολισμό της ανεμογεννήτριας προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή ενέργειας.
- 2. Αλεξικέραυνο:** Οδηγεί τον κεραυνό στο έδαφος προστατεύοντας την ανεμογεννήτρια.
- 3. Πίνακας Ελέγχου Ατράκτου:** Στεγάζει τα ηλεκτρονικά μέρη της ατράκτου σε περιβάλλον προστατευμένο από τις καιρικές συνθήκες για μέγιστη αξιοπιστία. Ο κύριος πίνακας ελέγχου της ανεμογεννήτριας βρίσκεται στη βάση του πυλώνα για εύκολη πρόσβαση.
- 4. Ασύγχρονη Γεννήτρια:** Παρέχει συμβατή προς το δίκτυο ενέργεια και εξαλείφει την ανάγκη για αντιστροφέα (inverter) ή άλλα ηλεκτρονικά ισχύος. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η αξιοπιστία και η αποδοτικότητα της μηχανής και μειώνεται το αρχικό κόστος.
- 5. Σύστημα Ασφαλούς Πέδησης:** Σταματάει την ανεμογεννήτρια με ασφάλεια μέσω του συστήματος διπλού φρένου σε περίπτωση πολύ ισχυρών ανέμων ή βλάβης του δικτύου.
- 6. Κιβώτιο Ταχυτήτων:** Οδηγεί τη γεννήτρια σε πλήρη ταχύτητα ενώ ο ρότορας περιστρέφεται αργά. Με το στιβαρό και συμβατικό σχεδιασμό του κιβώτιου ταχυτήτων επιτυγχάνεται υψηλή διάρκεια ζωής και αξιοπιστία.
- 7. Σκάλα Πρόσβασης:** Η σκάλα επιτρέπει εύκολη και ασφαλή πρόσβαση στην άτρακτο για εργασίες συντήρησης. Η ασφάλεια αποτελεί κορυφαία σχεδιαστική προτεραιότητα.
- 8. Αποσβεστήρας Περιστροφής:** Καθώς η ανεμογεννήτρια προσανατολίζεται αεροδυναμικά από τον άνεμο, ο αποσβεστήρας περιστροφής εξομαλύνει την κίνηση για να μειωθούν τα φορτία στον πύργο και τον ρότορα.
- 9. Συστήματα Ασφάλειας Μεταβλητού βήματος:** Παρέχει μια επιπλέον ασφάλεια κατά της υπερβολικής ταχύτητας περιστροφής του ρότορα. Εάν για οποιοδήποτε λόγο ο ρότορας περιστραφεί με υπερβολική ταχύτητα, το βήμα των πτερυγίων αλλάζει μέσω ενός μηχανισμού ελατηρίων προκειμένου να ελεγχθεί η ταχύτητα περιστροφής.
- 10. Πτερύγια Υαλονημάτων:** Σχεδιασμένα να παράγουν ενέργεια με αθόρυβο και αποδοτικό τρόπο, ειδικά σε χαμηλούς ανέμους.
- 11. Πύλωνα:** Σωληνωτοί πυλώνες είναι διαθέσιμοι σε διάφορα μεγέθη από 24 έως 42.7 μέτρα ώστε να συμβαδίζουν με τους περιορισμούς στο ύψος ή να φτάνουν στις ιδανικές συνθήκες ανέμου στην τοποθεσία σας.



Εικόνα 3.8: Φωτογραφίες από την ανεμογεννήτρια Endurance E-3120



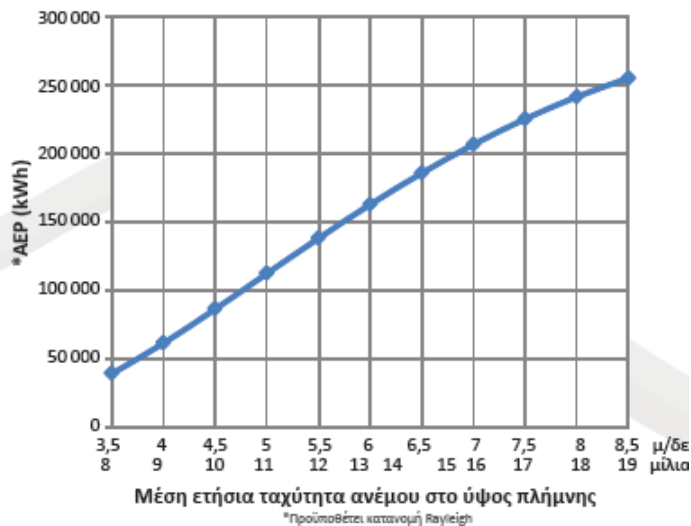
Εικόνα 3.9: Καμπύλη Ισχύος Ανεμογεννήτριας

Ανεμογεννήτρια

| | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| Διαμόρφωση | 3 πτερύγια, οριζόντιου άξονα, υπήνεμη |
| Ονομαστική ισχύς (9,5 μ/δευτ.) | 50 kW |
| Εφαρμογές | Απευθείας σύνδεση με το δίκτυο |
| Ταχύτητα ρότορα | 42 σαλ |
| Ταχύτητα εκκίνησης | 3,5 μ/δευτ. |
| Ταχύτητα διακοπής | 25 μ/δευτ. |
| Ταχύτητα επιβίωσης | 52 μ/δευτ. |
| Συνολικό βάρος | 3 990 κ. |

Εικόνα 3.10: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ανεμογεννήτριας

Ετήσια Ενεργειακή Παραγωγή (ΑΕΡ)



| Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου στο ύψος πλήμνης (μ/δευτ.) | Ετήσια Ενεργειακή Παραγωγή (kWh) |
|--|----------------------------------|
| 3,5 | 40 000 |
| 4,0 | 62 300 |
| 4,5 | 87 100 |
| 5,0 | 113 000 |
| 5,5 | 138 700 |
| 6,0 | 163 300 |
| 6,5 | 186 200 |
| 7,0 | 207 000 |
| 7,5 | 225 600 |
| 8,0 | 241 800 |
| 8,5 | 255 400 |

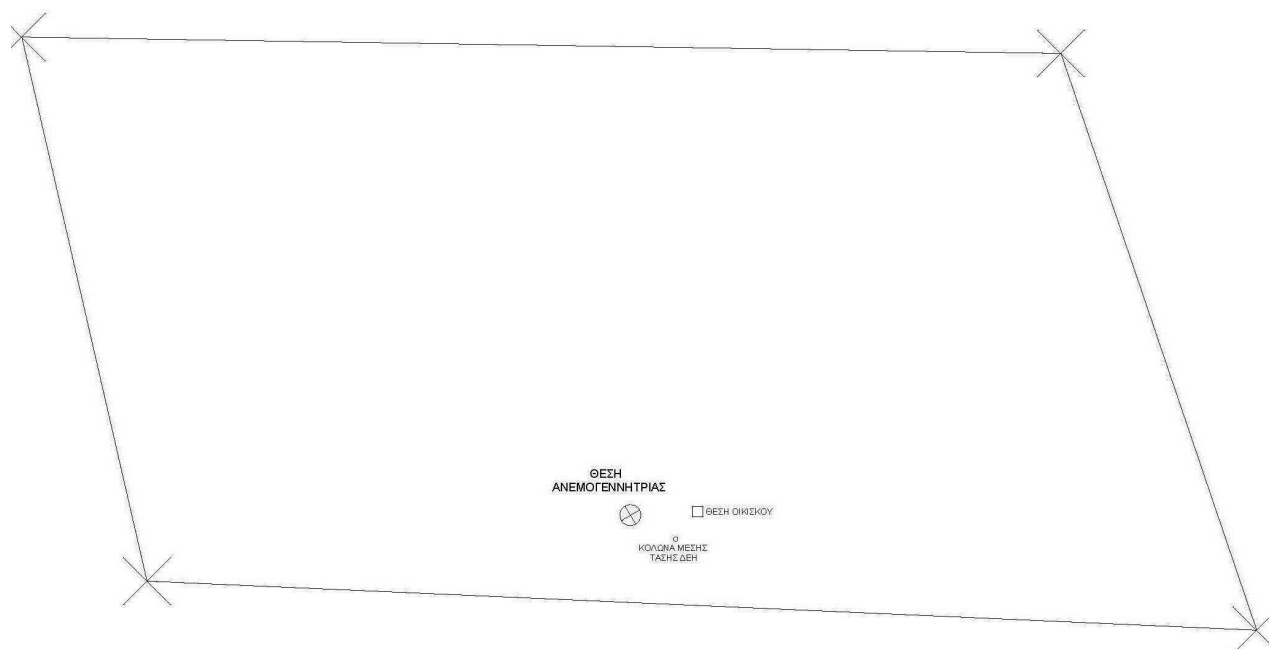
Εικόνα 3.11: Ετήσια Ενεργειακή Παραγωγή Ανεμογεννήτριας βάσει της μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου

3.5 Χωροθέτηση

Η επιλογή της θέσης γίνεται μετά από σχολαστική εξέταση της περιοχής ώστε να ικανοποιεί τους περιορισμούς που προβλέπονται στην σχετική νομοθεσία και να μην επηρεάζει το περιβάλλον, τους υπάρχοντες οικισμούς και τις εν γένει δραστηριότητες της ευρύτερης περιοχής.

Για τη χωροθέτηση της ανεμογεννήτριας ελήφθησαν υπ' όψιν τόσο η τοπογραφία της περιοχής όσο και τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά. Συνήθως η τελική χωροθέτηση αναπτύσσεται κατά μήκος των κορυφογραμμών με κατεύθυνση κάθετη προς την κύρια διεύθυνση του ανέμου θεωρώντας.

Ο απαιτούμενος χώρος που καταλαμβάνει μια ανεμογεννήτρια για λόγους ασφαλείας, όπως προβλέπεται από τις υπουργικές αποφάσεις, αντιστοιχεί σε επιφάνεια κύκλου με κέντρο το κέντρο της ανεμογεννήτριας και ακτίνα 38m.



Εικόνα 3.12: Χωροθέτηση Ανεμογεννήτριας και Οικίσκου σε σχέση με τα όρια του οικοπέδου



3.6 Επεμβάσεις Στον Περιβάλλοντα Χώρο

Οι παρεμβάσεις οι οποίες πραγματοποιούνται στον περιβάλλοντα χώρο περιγράφονται ακολούθως:

1. Δρόμοι πρόσβασης και εσωτερική οδοποιία κατά μήκος του Αιολικού Πάρκου

Σε περίπτωση που υπάρχει ήδη κάποιος διαμορφωμένος αγροτικός δρόμος που φτάνει κοντά στο χώρο εγκατάστασης, τότε το μόνο που χρειάζεται είναι η διάνοιξη ενός ακόμα δρόμου που θα οδηγεί ακριβώς στον χώρο κατασκευής καθώς επίσης και διάνοιξη ίσως του υπάρχοντος δρόμου έτσι ώστε να δοθεί η δυνατότητα προσπέλασης φορτηγών αυτοκινήτων και γερανών που απαιτούνται κατά την μεταφορά και ανέγερση του εξοπλισμού όπου αυτό απαιτηθεί. Τέλος κατά μήκος του Αιολικού Πάρκου προβλέπεται η διάνοιξη δρόμου για την πρόσβαση στις κάθε μια από τις θέσεις των ανεμογεννητριών.

2. Εκσκαφές Θεμελίων Ανεμογεννητριών

Με κέντρα τα σημεία εγκατάστασης των ανεμογεννητριών, θα γίνουν οι εκσκαφές των θεμελίων τετραγωνικής διατομής με ενδεικτικές διαστάσεις 12 x 12 μέτρων και βάθους 2.5 μέτρων περίπου. Οι τελικές διαστάσεις καθορίζονται επακριβώς με βάση την μελέτη θεμελίωσης των ανεμογεννητριών. Τα προϊόντα της εκχωμάτωσης παραμένουν σε μικρή απόσταση από το θεμέλιο και χρησιμοποιούνται μετά την σκυρόδεση του θεμελίου για την επιχωμάτωση του.

3. Εκσκαφές καναλιών καλωδιώσεων μέσης τάσης και σημάτων ελέγχου

Για την όδευση των καλωδίων μέσης τάσης και των καλωδίων σημάτων ελέγχου διανοίγονται κανάλια πλάτους 0.7 μ. και βάθους 1.2 μ., όπως προβλέπεται από τους ηλεκτρολογικούς κανονισμούς και από τις οδηγίες της ΔΕΗ, κατά μήκος του εσωτερικού δρόμου του Αιολικού Πάρκου.

4. Διαμόρφωση πλατειών γύρω από τις θέσεις των ανεμογεννητριών

Στην θέση κάθε θεμελίου ανεμογεννήτριας θα διαμορφώνεται επίπεδη πλατεία διαστάσεων 30 m X 30 m γύρω από το θεμέλιο της ανεμογεννήτριας ώστε να είναι δυνατόν να πραγματοποιούνται ελιγμοί των οχημάτων μεταφοράς του εξοπλισμού και των οχημάτων ανέγερσης καθώς και για την συντήρηση ή επισκευή του εξοπλισμού που θα απαιτηθεί σε μελλοντικό στάδιο. Ο επίπεδος χώρος αυτός θα πρέπει να έχει κατά το δυνατόν μικρές κλίσεις και για τον λόγο αυτό δίνεται ειδική μέριμνα κατά τον σχεδιασμό ώστε παράλληλα να μην αλλοιωθεί η υπάρχουσα κορυφογραμμή.



Εικόνα 3.13: Διαμόρφωση πλατείας γύρω από την Ανεμογεννήτρια

5. Επιχωματώσεις - Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών θεμελίωσης των ανεμογεννητριών και των καναλιών διέλευσης των καλωδίων ισχύος και σημάτων, γίνονται οι απαιτούμενες επιχώσεις όπως προβλέπεται στις σχετικές προμελέτες και στην συνέχεια ολοκληρώνεται η γενικότερη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην επαναφορά στην φυσική αρχική του κατάσταση, ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο η οποιαδήποτε τεχνική παρέμβαση. Παράλληλα η ίδια προσπάθεια γίνεται και κατά το στάδιο των εκσκαφών ώστε να περιοριστούν αυτές στις ελάχιστες απαιτούμενες που παράλληλα θα διασφαλίσουν την ομαλή και ασφαλή εργασία των συνεργείων και των μηχανημάτων ανέγερσης.



3.7 Προγραμματισμός Λειτουργίας Του Σταθμού

Οι απαιτήσεις σε ασφάλεια όσον αφορά την ασφαλή λειτουργία του σταθμού είναι ελάχιστες σε σύγκριση με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Συνοπτικά οι απαιτήσεις σε ασφάλεια προσωπικού, εγκαταστάσεων και περιοίκων συνίστανται σε:

- **Ασφάλεια προσωπικού :**

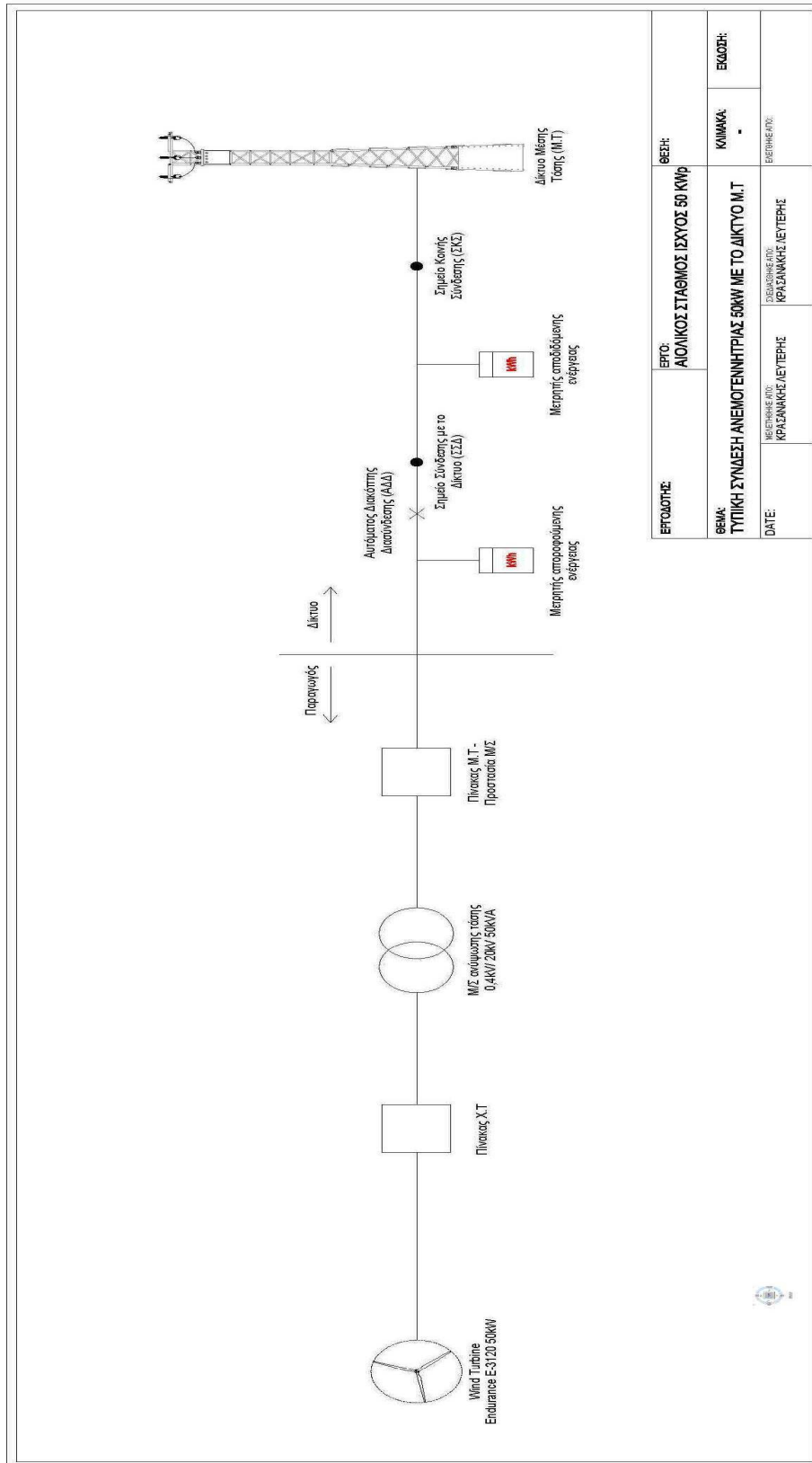
Για την ασφάλεια του προσωπικού διατίθενται όλα τα απαραίτητα μέσα ατομικής προστασίας και εκδίδεται κανονισμός ασφαλείας ο οποίος εφαρμόζεται τόσο κατά την διάρκεια εγκατάστασης του σταθμού τόσο και κατά την διάρκεια λειτουργίας.

- **Αντικεραυνική προστασία :**

Η αντικεραυνική προστασία των εγκαταστάσεων γίνεται με αλεξικέραυνα σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 1197/1991. Ο ακριβής αριθμός των αλεξικέραυνων που χρησιμοποιείται, προσδιορίζεται αναλυτικά μετά από σχετική μελέτη που εκπονείται για το σύνολο των εγκαταστάσεων.

- **Σύστημα Γείωσης Αιολικού Πάρκου :**

Η γείωση κάθε υποσταθμού και της αντίστοιχης ανεμογεννήτριας είναι συνδυασμός θεμελιακής γείωσης με δακτυλιοειδή ηλεκτρόδια και ακτινικά ηλεκτρόδια γειώσεως, ενώ επιτυγχάνεται αντίσταση γειώσεως μικρότερη των 10Ω ανά Α/Γ.



Εικόνα 3.14: Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό διάγραμμα Α/Π



3.8 Εκτιμώμενη Ετήσια Ενεργειακή Απόδοση Αιολικού Σταθμού Ισχύος 50kW

Όπως είναι λογικό, η ισχύς που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες είναι συνεχώς μεταβαλλόμενη, αφού εξαρτάται από την ένταση του ανέμου που πνέει ανά πάσα στιγμή. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Την κατανομή πυκνότητας πιθανότητας της ταχύτητας του ανέμου στη θέση όπου βρίσκεται η ανεμογεννήτρια. Η κατανομή αυτή θεωρείται ότι περιγράφεται από τη θεωρητική κατανομή Weibull με αρκετή ακρίβεια.
- Την καμπύλη ισχύος της Α/Γ, η οποία εκφράζει την αναμενόμενη παραγόμενη ισχύ της ανεμογεννήτριας για κάθε ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της πλήμνης και για δεδομένες συνθήκες περιβάλλοντος.
- Τη διαθεσιμότητα του Α/Π, που καθορίζεται από το πρόγραμμα συντήρησης και από τον εμφανιζόμενο ρυθμό μη προγραμματισμένων διακοπών της ανεμογεννήτριας.

Τέλος, απώλειες για ένα Αιολικό Πάρκο θεωρούνται και οι απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτουν από τις εσωτερικές συνδέσεις των Α/Γ, αλλά και της σύνδεσης του Α/Π με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. Οι απώλειες αυτές σε γενικές γραμμές εξαρτώνται από τα μήκη των καλωδίων σύνδεσης των ανεμογεννητριών εντός του αιολικού πάρκου και τον τρόπο σύνδεσης με το δίκτυο.

Για τον υπολογισμό της αναμενόμενης ετήσιας παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιούνται διάφορα στοιχεία που προκύπτουν από τις ανεμολογικές μετρήσεις καθώς και από τα χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Στην δική μας περίπτωση έχουμε τα παρακάτω στοιχεία:

- Ετήσια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για μέση ταχύτητα ανέμου 8,5m/s, όπως αυτή λαμβάνεται από τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας, ισούται με:

255.400 kWh / έτος

- Διαθεσιμότητα Αιολικού Πάρκου : 98%
- Απορρόφηση Ενέργειας από το δίκτυο (απώλειες εσωτερικών συνδέσεων και καλωδιώσεων) : 95% (δυσμενής υπολογισμός)
- Ετήσια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας λαμβάνοντας υπόψιν τη διαθεσιμότητα του πάρκου και την απορρόφηση ενέργειας:

237.774 kWh / έτος



- Συντελεστής Δυναμικότητας – Capacity Factor: Η ποσότητα που παράγει η ανεμογεννήτρια σε ένα έτος ως προς αυτή που θα μπορούσε θεωρητικά να παραχθεί σε πλήρη λειτουργία (8.766 ώρες).

$$\text{Capacity Factor} = \frac{\text{Ετήσια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας}}{366 \times 24 \times \text{Ονομαστική Ισχύς Λειτουργίας}}$$

$$\text{Capacity Factor} = \frac{237.774 \text{ kW}}{366 \times 24 \times 50 \text{ kW}} \approx 0,54 = 54\%$$

Συγκεντρωτικά λοιπόν φαίνονται οι παραπάνω υπολογισμοί στον Πίνακα που ακολουθεί:

| Ονομαστική Ισχύς Α/Γ | Μέση Ταχύτητα Ανέμου | Ετήσια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας | Capacity Factor |
|-------------------------|-------------------------|---|--------------------|
| 50kW | 8,5m/s | 237.774kWh/year | 54% |

Πίνακας 3.15: Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας και Συντελεστής Ισχύος Α/Γ.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 :

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ





4.1 Εισαγωγή

Η διαδικασία αδειοδότησης για αιολικά πάρκα διέπεται κατά κύριο λόγο από το Ν. 3851/2010 για την «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής», ο οποίος τροποποίησε τον προηγούμενο Ν. 3468/2006. Προσφάτως, ο Ν. 4001/2011 «Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις» εισήγαγε και κάποιες επιπρόσθετες κρίσιμες ρυθμίσεις.

Τα κύρια αδειοδοτικά στάδια στις περιπτώσεις των μικρών αιολικών έργων αναλύονται στις παρακάτω παραγράφους.

4.2 Βασικές Άδειες Ενεργειακής Νομοθεσίας

Οι Ανεμογεννήτριες ισχύος έως 100kW (και γενικά αιολικές εγκαταστάσεις συνολικής ισχύος έως 100kW) απαλλάσσονται από την υποχρέωση έκδοσης:

- Άδειας παραγωγής (άρθρο 4, παράγραφος 4δ του ν.3468/2006, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 2, παράγραφος 12 του ν.3851/2010), και
- Αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας (άρθρο 8, παράγραφος 8 του ν.3468/2006, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 8, παράγραφος 13 του ν.3851/2010).

Αυτό σημαίνει ότι δεν απαιτείται η πλήρωση των κριτηρίων αξιολόγησης για τη χορήγηση άδειας παραγωγής (π.χ. δεν απαιτείται η προσκόμιση ανεμολογικών μετρήσεων από διαπιστευμένο κατά IEC-17025 φορέα). Σημειώνεται ότι στις ανωτέρω περιπτώσεις δεν εκδίδεται καμία διοικητική πράξη, όπως για παράδειγμα ήταν κατά το παρελθόν η Απόφαση Εξαιρέσης από τη Ρ.Α.Ε., δεδομένου ότι αυτό ρητά καθορίζεται στη νέα διατύπωση που εισήγαγε ο ν.3851/2010.



4.3 Περιβαλλοντική Αδειοδότηση

1. Με βάση το άρθρο 8, παράγραφος 13 του ν.3468/2006, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 3, παράγραφος 2 του ν.3851/2010:

Οι μικρές ανεμογεννήτριες απαλλάσσονται από την υποχρέωση περιβαλλοντικής αδειοδότησης (έκδοσης Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων Ε.Π.Ο. ή λήψης Πρότυπων Περιβαλλοντικών Δεσμεύσεων Π.Π.Δ.) όταν εγκαθίστανται σε γήπεδα, εφόσον η συνολική τους ισχύς δεν υπερβαίνει τα 20kW.

Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται η χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής από Ε.Π.Ο. εντός αποκλειστικής προθεσμίας 20 ημερών από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή της οικείας αιρετής Περιφέρειας (Εγκύκλιος 17 ΥΠΕΚΑ, 18.11.2011).

Επιπλέον, ανεμογεννήτριες που εγκαθίστανται σε κτίρια ή εντός οργανωμένων βιομηχανικών υποδοχών, ανεξαρτήτως ισχύος, απαλλάσσονται τόσο από την υποχρέωση έκδοσης Απόφασης Ε.Π.Ο. όσο και βεβαίωσης απαλλαγής από Ε.Π.Ο.

2. Ωστόσο, σε διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης υπόκεινται οι μικρές ανεμογεννήτριες με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση με το ως άνω όριο των 20 kW εφόσον εγκαθίστανται:

- σε γήπεδα που βρίσκονται σε οριοθετημένες περιοχές του δικτύου Natura 2000 ή σε παράκτιες ζώνες που απέχουν λιγότερο από 100 μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού (εκτός βραχονησίδων)
- σε απόσταση μικρότερη των 150 μέτρων από γήπεδο εγκατάστασης όπου χωροθετείται άλλος αιολικός σταθμός για τον οποίο έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής ή απόφαση Ε.Π.Ο. ή προσφορά σύνδεσης και εφόσον η ισχύς του συνόλου των εγκατεστημένων ανεμογεννητριών υπερβαίνει (αθροιστικά) το προαναφερθέν καθοριζόμενο όριο των 20kW, με βάση δημοσιοποιημένα στοιχεία ή ίδια προφανή γνώση του επενδυτή.

3. Η διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης και οι απαιτούμενες μελέτες καθορίζονται από τις Υ.Α. 104247/2006 και 104248/2006 (ΦΕΚ Β' 663). Ωστόσο, ο νόμος 3851/2010 και ο νόμος 4014/2011 έχουν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης (ενδεικτικά έχει καταργηθεί το στάδιο της προκαταρκτικής περιβαλλοντικής επίπτωσης και αξιολόγησης) αλλά οι ανωτέρω υπουργικές αποφάσεις δεν έχουν ακόμα τροποποιηθεί.

Σύμφωνα με την απόφαση του ΥΠΕΚΑ 1958/13.1.2012 (ΑΔΑ: ΒΟΝΝΟ-ΜΒ0) για την κατάταξη των έργων σε κατηγορίες περιβαλλοντικής αδειοδότησης, οι μικρές ανεμογεννήτριες κατατάσσονται στην κατηγορία Β (όπως ισχύει πλέον μετά την ισχύ του νέου περιβαλλοντικού νόμου 4014/2011). Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι



μικρές ανεμογεννήτριες δεν υπόκεινται σε διαδικασία Ε.Π.Ο., αλλά θα λαμβάνουν τις λεγόμενες Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (Π.Π.Δ.) με απλή αίτησή τους στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος της οικείας Περιφέρειας. Για την πλήρη εφαρμογή αυτής της διαδικασίας θα πρέπει να εκδοθεί η υπουργική απόφαση που θα καθορίζει το περιεχόμενο των Π.Π.Δ. Μέχρι τότε, οι μικρές ανεμογεννήτριες αδειοδοτούνται περιβαλλοντικά σύμφωνα με την παλιά κατηγορία Β4 και λαμβάνουν Ε.Π.Ο. από την αιρετή Περιφέρεια κατ' εφαρμογή της παρ. 3 του αρ. 30 του ν.4014/2011.

4. Μετά την έκδοση της απόφασης για το περιεχόμενο των Π.Π.Δ., οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να απευθύνονται στις Διευθύνσεις Περιβάλλοντος των οικείων αιρετών Περιφερειών ώστε να λάβουν Π.Π.Δ.

Μέχρι τότε όμως, οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να απευθύνονται κατά περίπτωση ως ακολούθως:

- Προκειμένου για μικρές ανεμογεννήτριες που απαλλάσσονται από Ε.Π.Ο. (δηλ. για μικρές ανεμογεννήτριες σε κτίρια ή εντός οργανωμένων βιομηχανικών υποδοχέων ή ισχύος μικρότερης των 20kW πλην της περίπτωσης 4.2) στις Διευθύνσεις Περιβάλλοντος των οικείων αιρετών Περιφερειών, προκειμένου να λάβουν βεβαίωση απαλλαγής από Ε.Π.Ο.. Ειδικά σε αυτήν την αίτηση θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα από τον αιτούντα για παραλαβή του αριθμού πρωτοκόλλου της υπηρεσίας –αν είναι δυνατό πάνω σε αντίγραφο της αίτησης– ώστε να τεκμαίρεται με ασφάλεια η παρέλευση του εικοσαημέρου που προβλέπεται στο άρθρο 8 του ν.3468/2006, όπως ισχύει, και μετά την παρέλευση του οποίου η εν λόγω βεβαίωση θεωρείται χορηγηθείσα. Παρά την ύπαρξη της αποκλειστικής αυτής προθεσμίας, οι ενδιαφερόμενοι παροτρύνονται να επιδιώκουν με υπομονή τη χορήγηση της βεβαίωσης από την Περιφέρεια δεδομένου ότι ένας πλήρης φάκελος διευκολύνει σημαντικά την συνέχιση της αδειοδοτικής διαδικασίας και να επικαλούνται το αποκλειστικό της προθεσμίας μόνο σε έσχατη ανάγκη.
- Προκειμένου για μικρές ανεμογεννήτριες που υποχρεούνται να λάβουν Ε.Π.Ο. (δηλ. για μικρές ανεμογεννήτριες ισχύος μεγαλύτερης των 20kW ή ισχύος μικρότερης των 20kW που εμπίπτουν στην περίπτωση 4.2), οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει και πάλι να απευθύνονται στις Διευθύνσεις Περιβάλλοντος των οικείων αιρετών Περιφερειών προκειμένου να λάβουν Ε.Π.Ο. ως έργα κατηγορίας Β4, σύμφωνα με την παρ. 3 του αρ. 30 του ν.4014/2011. Η αίτηση θα συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

Αν και δεν υπάρχει κάποια ειδική υπουργική απόφαση ή εγκύκλιος που να ρυθμίζει το περιεχόμενο της αίτησης για τις μικρές α/γ, με βάση την εμπειρία άλλων τεχνολογιών και τις διατάξεις του νόμου, εκτιμάται ότι η αίτηση θα πρέπει να περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο τα ακόλουθα:



- Τοπογραφικό διάγραμμα του γηπέδου με σημειωμένο το κτίριο ή τη θέση, όπου πρόκειται να εγκατασταθεί η μικρή ανεμογεννήτρια σε συντεταγμένες ΕΓΣΑ87.
- Απόσταση χάρτη ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000.
- Φωτογραφίες του χώρου εγκατάστασης.
- Τομή της ανεμογεννήτριας και διαστάσεις.
- Στοιχεία του φορέα εγκατάστασης.
- Στοιχεία του εξοπλισμού με βασικές πληροφορίες από τα τεχνικά φυλλάδια(π.χ. φωτογραφία του εξοπλισμού, ταχύτητα περιστροφής κ.λπ.) που επιτρέπουν σε μη τεχνικούς να αποκτήσουν άποψη της σκοπούμενης εγκατάστασης. Αν και οι μικρές ανεμογεννήτριες, όπως και όλες οι ανεμογεννήτριες, δεν δημιουργούν ηχητική όχληση σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 200-300 μ., θα πρέπει να επιδιώκεται να προσκομίζονται στοιχεία για την προκαλούμενη στάθμη θορύβου, ώστε να προληφθούν σχετικά ερωτήματα από τις αδειοδοτούσες υπηρεσίες.
- Στοιχεία των απαιτούμενων εγκαταστάσεων υποδομής (τρόπος στήριξης/θεμελίωσης, τρόπος ανέγερσης κ.λπ.).

Τέλος, προκειμένου μετά το πέρας της αδειοδοτικής διαδικασίας να αποφευχθούν προβλήματα με άλλες υπηρεσίες, η αρμοδιότητα των οποίων υφίσταται πιθανά ανάλογα με το είδος και τον χαρακτήρα του χώρου εγκατάστασης με βάση άλλες νομοθεσίες (δασική, αρχαιολογική κ.λπ.), συνιστάται οι ενδιαφερόμενοι να απευθύνονται εγκαίρως με σχετικό αίτημά τους και στις ακόλουθες αρχές: Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων, Εφορεία Νεωτέρων Μνημείων, Δασαρχείο, Διεύθυνση Αγροτικής Ανάπτυξης, Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας, ΓΕΕΘΑ, ΓΕΑ.

| | Σε κτίρια ή ΒΙΠΕ | Σε γήπεδα | | |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--|--|
| | | ≤ 20kW | | > 20 kW |
| | | εκτός περιοχής Natura κλπ. | εντός περιοχής Natura κλπ. (παρ. 4.2) | |
| Ισχύοντα σήμερα (Ιαν. 2012) | Απαλλαγή από Ε.Π.Ο. - | Απαλλαγή από Ε.Π.Ο. Περιφέρεια | Υποχρέωση για Ε.Π.Ο. ως Β4 Περιφέρεια | Υποχρέωση για Ε.Π.Ο. ως Β4 Περιφέρεια |
| Μετά την απόφαση για τις Π.Π.Δ. | Απαλλαγή από Ε.Π.Ο. - | Απαλλαγή από Ε.Π.Ο. Περιφέρεια | Υποχρέωση για Π.Π.Δ. Περιφέρεια | Υποχρέωση για Π.Π.Δ. Περιφέρεια |

Πίνακας 4.1: Υποχρέωση και αρμόδιες υπηρεσίες για περιβαλλοντική αδειοδότηση μικρών ανεμογεννητριών.



4.4 Πολεοδομικά Θέματα και Θέματα Χρήσεως γης.

Ταυτόχρονα με την αίτηση για την περιβαλλοντική αδειοδότηση, ο ενδιαφερόμενος πρέπει να υποβάλει αίτηση στην αρμόδια πολεοδομική αρχή.

Δυστυχώς για τις μικρές ανεμογεννήτριες δεν έχουν θεσπιστεί ειδικές διατάξεις σχετικά με τους όρους δόμησης στον χώρο, σε κτίρια ή άλλες δομικές κατασκευές. Με βάση το γενικό πλαίσιο και τις ειδικές αναφορές που αυτό περιλαμβάνει σε μερικές περιπτώσεις, ισχύουν τα ακόλουθα:

1. Βαθμοί όχλησης και αποστάσεις από οικισμούς

Με βάση την υπουργική απόφαση 13727/724/24.7.2003 (ΦΕΚ Β' 1087/5.8.2003), όπως τροποποιήθηκε και συμπληρώθηκε με την Δ6/Φ1/ οικ.19500/4.11.2004 (ΦΕΚ Β' 1671/11.11.2004), σχετικά με την αντιστοίχιση δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία, οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες βαθμών όχλησης (άρθρο 1):

| Όνομαστική ισχύς | $P \leq 20 \text{ kW}$ | $20 \text{ kW} < P \leq 700 \text{ kW}$ | $P > 700 \text{ kW}$ |
|------------------|------------------------|---|----------------------|
| Βαθμός όχλησης | μη οχλούσα | χαμηλής όχλησης | μέσης όχλησης |

Πίνακας 4.2 : Βαθμοί όχλησης μικρών ανεμογεννητριών

Με βάση την ίδια Υπουργική Απόφαση, ισχύουν οι ακόλουθοι περιορισμοί:

- δεν επιτρέπεται (άρθρο 2 παρ.1) η χωροθέτηση μικρών ανεμογεννητριών σε παραδοσιακούς οικισμούς, περιοχές ιστορικών τμημάτων πόλεων και περιοχές RAMSAR
- επιτρέπεται (άρθρο 2 παρ.3) η εγκατάσταση σταθμών μηδενικής όχλησης, δηλαδή μικρών ανεμογεννητριών ισχύος μικρότερης ή ίσης από 20 kW, σε περιοχές:
 - εντός σχεδίου,
 - εντός ορίων οικισμών με πληθυσμό μικρότερο από 2.000 κατοίκους,
 - εντός ορίων οικισμών προϋφιστάμενων του 1923 και
 - εκτός σχεδίου

Με βάση το από 24.4.1985 προεδρικό διάταγμα (ΦΕΚ Δ' 181), και συγκεκριμένα το άρθρο 7 παρ.3 αυτού, όπως τροποποιήθηκε με το από 16.5.1989 (ΦΕΚ Δ' 293), η ελάχιστη απόσταση από οικισμούς για εγκαταστάσεις μέσης όχλησης ορίζεται σε 500μ.



Επομένως, οι απαιτούμενες αποστάσεις από οικισμούς έχουν ως εξής:

| Όνομαστική ισχύς | $P \leq 20 \text{ kW}$ | $20 \text{ kW} < P \leq 700 \text{ kW}$ | $P > 700 \text{ kW}$ |
|----------------------|-----------------------------|---|----------------------|
| Απόσταση από οικισμό | Εντός οικισμού ³ | Εκτός οικισμού ασχέτως απόστασης | > 500 μέτρα |

Πίνακας 4.3 : Αποστάσεις από οικισμούς για την εγκατάσταση μικρών Α/Γ

Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η προκαλούμενη ηχητική όχληση να μην ξεπερνά το όριο των 45db από κατοικίες.

2. Όροι δόμησης

Με βάση το ν.2244/1994 άρθρο 3 παρ.4, εδάφιο τρίτο, όπως προστέθηκε με τον ν.2941/2001 άρθρο 2 παρ.7, αντικαταστάθηκε με τον ν.3734/2009 άρθρο 27Α παρ. 9 και τροποποιήθηκε με τον ν.3851/2010 άρθρο 9 παρ.8:

- Για την εγκατάσταση μικρών ανεμογεννητριών δεν απαιτείται άδεια δόμησης, αλλά έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την αρμόδια Διεύθυνση Πολεοδομίας.
- Ειδικά για την τοποθέτηση μικρών ανεμογεννητριών σε κτίρια και στέγαστρα, μπορεί, με απόφαση του Υπουργού Π.Ε.Κ.Α. να προβλέπεται μόνο γνωστοποίηση των εργασιών αυτών στον οριζόμενο, κατά περίπτωση, αρμόδιο φορέα. Τέτοια απόφαση δεν έχει ακόμα εκδοθεί.
- Δεν απαλλάσσονται από την υποχρέωση έκδοσης οικοδομικής άδειας δομικές κατασκευές, όπως τα θεμέλια των πύργων ανεμογεννητριών, οικήματα στέγασης εξοπλισμού ελέγχου και μετασχηματιστών.
- Για την έκδοση οικοδομικής άδειας ανέγερσης δεν απαιτείται έγκριση της αρμόδιας Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (Ε.Π.Α.Ε.), εκτός εάν η εγκατάσταση προβλέπεται να γίνει σε παραδοσιακούς οικισμούς ή περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, που προστατεύονται ως προς την πολεοδομική ανάπτυξη από ειδικά διατάγματα.
- Η εγκατάσταση μικρών ανεμογεννητριών υπάγεται στις περί βιομηχανικών εν γένει εγκαταστάσεων διατάξεις του άρθρου 4 του από 24.5.1985 προεδρικού διατάγματος (ΦΕΚ Δ' 270) για την εκτός σχεδίων πόλεων δόμηση, καθώς και σε κάθε άλλη ειδική διάταξη του ίδιου προεδρικού διατάγματος, που αφορά σε έργα της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού Α.Ε., ανεξάρτητα από το φορέα υλοποίησής τους.



- Σε υπουργική απόφαση μπορεί να καθορίζονται ειδικοί όροι και περιορισμοί δόμησης για την ανέγερση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης Α.Π.Ε. κατά παρέκκλιση των διατάξεων των άρθρων 1, 4 και 7 του από 24.5.1985 προεδρικού διατάγματος, που δημοσιεύθηκε στις 31.5.1985 (ΦΕΚ Δ' 270), καθώς και ειδικές αποστάσεις από τα όρια οικισμών, κατά παρέκκλιση των διατάξεων του άρθρου 4 του ίδιου προεδρικού διατάγματος και των διατάξεων του άρθρου 7 του από 24.4.1985 προεδρικού διατάγματος που δημοσιεύθηκε στις 3.5.1985 (ΦΕΚ Δ' 181).

Το από 24.5.1985 προεδρικό διάταγμα (ΦΕΚ Δ' 270), καθορίζει τα ακόλουθα:

- Άρθρο 1 παρ.1: αρτιότητα, οικοδομησιμότητα, περίφραξη
- Άρθρο 4: αποστάσεις εγκαταστάσεων μέσης όχλησης από οικισμούς, αποστάσεις από όρια γηπέδου, ποσοστό κάλυψης, ύψος, συντελεστής δόμησης, παρεκκλίσεις
- Άρθρο 7: όροι δόμησης για υποσταθμούς και κτίρια που στεγάζουν ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό

4.5 Σύνδεση στο δίκτυο

Ταυτόχρονα με την αίτηση για την περιβαλλοντική αδειοδότηση και την αίτηση στην αρμόδια πολεοδομική αρχή, ο ενδιαφερόμενος πρέπει να υποβάλει αίτηση σύνδεσης στον αρμόδιο Διαχειριστή, που μέχρι σήμερα είναι η ΔΕΔΔΗΕ.

1. Προσφορά σύνδεσης

Αιτήσεις σύνδεσης για μικρές ανεμογεννήτριες, όπως και γενικά για σταθμούς Α.Π.Ε. & Σ.Η.Θ.Υ.Α., πλην φωτοβολταϊκών, υποβάλλονται στη Διεύθυνση Διαχείρισης Δικτύου, Πατησίων 27, 10432 Αθήνα, 8ος όροφος) με το έντυπο του παραρτήματος της Υ.Α. 13310/2007, που βρίσκεται αναρτημένο στον δικτυακό τόπο της ΔΕΔΔΗΕ.

Σύμφωνα με τη διαδικασία που έχει καθορίσει η ΔΕΗ, κατά την αίτηση προσκομίζονται τα ακόλουθα δικαιολογητικά:

- Τοπογραφικό 1:5.000 ΓΥΣ της θέσης εγκατάστασης του σταθμού.
- Τίτλος κυριότητας ή νόμιμης κατοχής του χώρου εγκατάστασης.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά και πιστοποιήσεις του εξοπλισμού.
- Στοιχεία Μ/Σ ανύψωσης, όταν πρόκειται για σύνδεση στη μέση τάση.
- Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο σύνδεσης του σταθμού, όπου θα παρουσιάζεται λεπτομερώς ο σημαντικός εξοπλισμός της εγκατάστασης, οι μονάδες παραγωγής με διακριτή αρίθμηση, οι Μ/Σ ανύψωσης τάσης, οι διατάξεις αντιστάθμισης και τα μέσα απόζευξης και προστασίας.
- Σύντομη τεχνική περιγραφή.



Όλα τα παραπάνω έγγραφα πρέπει να υποβάλλονται σε τρία αντίτυπα.

Τα στοιχεία της αίτησης στη ΔΕΔΔΗΕ θα πρέπει να συμπληρωθούν:

- με αντίγραφο της έγκρισης από την Πολεοδομία (μικρής κλίμακας ή δόμησης), όταν αυτή εκδοθεί,
- με αντίγραφο της απαλλαγής από Ε.Π.Ο. ή αποδεικτικό παρέλευσης του εικοσαημέρου από την υποβολή της αίτησης στην Διεύθυνση Περιβάλλοντος της αιρετής Περιφέρειας ή απόφαση Ε.Π.Ο ή Π.Π.Δ. κατά περίπτωση.

Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία η ΔΕΔΔΗΕ, ως Διαχειριστής του Δικτύου, θα εκδώσει την Προσφορά Σύνδεσης, που θα είναι εξαρχής δεσμευτική σε κάθε περίπτωση, πλην των περιπτώσεων εκείνων κατά τις οποίες το έργο δεν απαλλάσσεται από έκδοση Ε.Π.Ο.. Στην τελευταία περίπτωση, η Προσφορά Σύνδεσης καθίσταται δεσμευτική με την προσκόμιση της Ε.Π.Ο. ή των Π.Π.Δ. κατά περίπτωση.

Σημειώνεται ότι, κατά τον νόμο, ο τίτλος κυριότητας και η έγκριση της Πολεοδομίας, δεν απαιτούνται για την έκδοση της προσφοράς σύνδεσης από τη ΔΕΔΔΗΕ, αλλά απαιτούνται για την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης η οποία έπεται αυτών, με βάση σχετικές οδηγίες και την πρακτική της ΔΕΔΔΗΕ.

Σημειώνεται ότι οι σχετικές διατάξεις της Υ.Α. 13310/2007 που αφορούν τα ζητούμενα δικαιολογητικά για την χορήγηση προσφοράς σύνδεσης, δεν θα πρέπει να ακολουθούνται (τουλάχιστον όχι εξαντλητικά) για τις μικρές ανεμογεννήτριες διότι αφενός δεν τις καταλαμβάνουν τυπικά, αφού η συγκεκριμένη Υ.Α. αφορά έργα τα οποία δεν απαλλάσσονται από την έκδοση αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας (δηλαδή αιολικές εγκαταστάσεις συνολικής ισχύος έως 100 kW), αφετέρου δεν είναι κατάλληλες για τις μικρές ανεμογεννήτριες.

2. Σύμβαση σύνδεσης και παροχή εγγυήσεων για τη σύνδεση

Μετά την έκδοση από τη ΔΕΔΔΗΕ της δεσμευτικής προσφοράς σύνδεσης, την υποβολή του τίτλου κυριότητας και την έγκριση της Πολεοδομίας, ο φορέας υποβάλλει στη ΔΕΗ αίτηση για την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης. Με την υπογραφή της Σύμβασης αυτής, ο φορέας καταβάλλει στη ΔΕΔΔΗΕ όλο το κόστος σύνδεσης που έχει καθορισθεί στη δεσμευτική προσφορά.

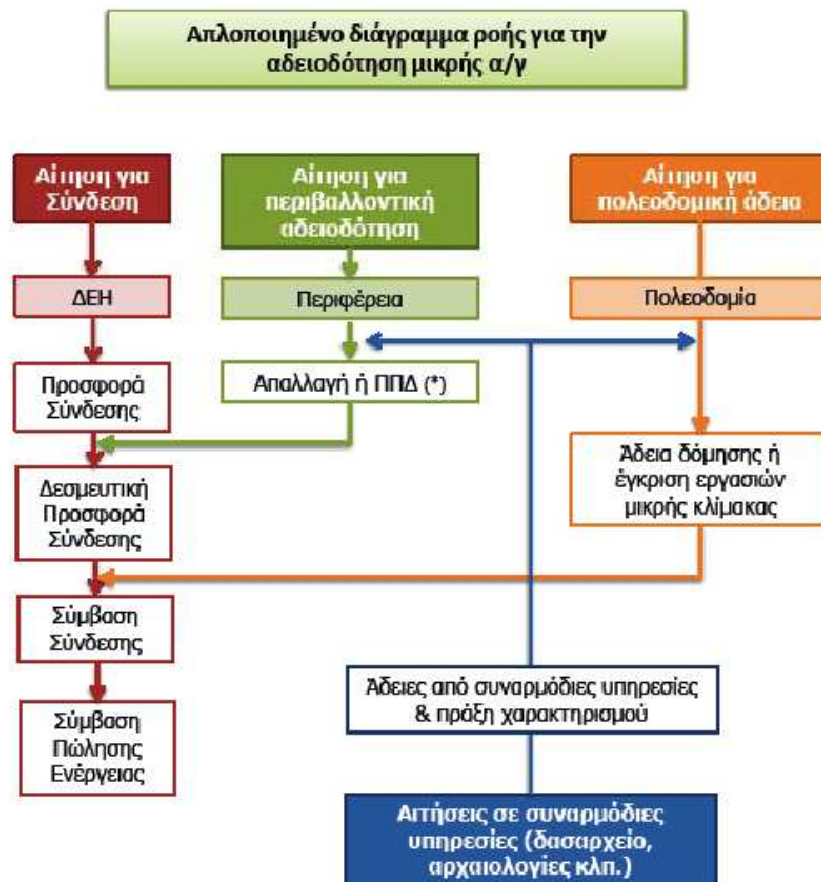
Ένα σημείο που είναι αδιευκρίνιστο σχετίζεται με την υποχρέωση να έχει εκδοθεί η έγκριση από την Πολεοδομία προκειμένου να υπογραφεί η σύμβαση σύνδεσης. Η ακολουθούμενη πρακτική από τη ΔΕΔΔΗΕ στην περίπτωση των μικρών φωτοβολταϊκών, για τα οποία όμως απαιτείται μόνο έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας όταν δεν συνοδεύονται από κάποια δομική κατασκευή (π.χ. μη προκατασκευασμένος οικίσκος), επιβάλλει την προσκόμιση της έγκρισης αυτής. Στην



περίπτωση των μεγάλων α/γ για τις οποίες απαιτείται άδεια δόμησης για το θεμέλιο (διαδικασία σαφώς πιο χρονοβόρα από αυτή της έγκρισης εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας) αυτή δεν απαιτείται για την υπογραφή της σύμβασης σύνδεσης. Είναι ασαφές πώς θα αντιμετωπισθούν οι μικρές ανεμογεννήτριες που απαλλάσσονται από την άδεια εγκατάστασης και θεμελιώνονται σε γήπεδο.

Ένα επίσης βασικό σημείο στη διαδικασία, που θα πρέπει να είναι εκ των προτέρων γνωστό, είναι η υποχρέωση παροχής εγγυήσεων. Στις συμβάσεις σύνδεσης που συνάπτει ο Διαχειριστής με τους φορείς σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. οι οποίοι εξαιρούνται από την υποχρέωση για λήψη άδειας παραγωγής (εν προκειμένω για μικρές ανεμογεννήτριες έως 100kW), καθορίζεται (σύμφωνα με το άρθρο 8, παρ. 15 του ν.3468/2006, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 3 παρ.2 ν.3851/2010), προθεσμία σύνδεσης στο Σύστημα ή το Δίκτυο, η οποία είναι αποκλειστική, και ορίζεται εγγύηση ή ποινική ρήτρα (150€/kW εγκατεστημένης ισχύος), που καταπίπτει αν ο φορέας δεν υλοποιήσει τη σύνδεση εντός της καθορισθείσας προθεσμίας. Από την παροχή εγγυήσεων, σύμφωνα με την ίδια παράγραφο και το άρθρο του ν.3851/2010 εξαιρούνται:

- Ανεμογεννήτριες που εγκαθίστανται σε κτίρια,
- Ανεμογεννήτριες για τις οποίες έχει υπογραφεί σύμβαση σύνδεσης πριν τη θέση σε ισχύ του ν.3851/2010.



Πίνακας 4.4 : Απλοποιημένο Διάγραμμα Ροής για την αδειοδότηση μικρής Α/Γ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 :

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ





5.1 Εισαγωγή

Σε κάθε επένδυση ο μελετητής καλείται να απαντήσει στο απλό ερώτημα: Θα έχουμε απόσβεση της επένδυσης; Αν ναι, σε ποσά χρόνια; Είναι φανερό ότι η ανέγερση ενός Αιολικού Πάρκου αποτελεί μία επένδυση και είναι αναμενόμενο να θέλει ο επενδυτής την όσο το δυνατόν συντομότερη απόσβεση του πάρκου.

Προκειμένου να θεωρηθεί μία επένδυση αποδοτική, υπάρχουν κάποιοι οικονομικοί δείκτες που θα πρέπει να ικανοποιούνται.

- Θα πρέπει να εξασφαλιστεί εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IPR) τουλάχιστο 4%
- Αυτό αντιστοιχεί σε δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας (capacity factor) 20% και μέση ταχύτητα ανέμου 6 m/s
- Για τον υπολογισμό της ενεργειακής αποδοτικότητας λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες απώλειες
 - ✓ Τεχνική διαθεσιμότητα 98%
 - ✓ Ηλεκτρικές απώλειες 2-5%

5.2 Ορισμοί και υπολογιζόμενοι δείκτες οικονομικότητας (ΑΚΕ, ΕΟΟ, ΕΛΔ, ΚΕΟΟ, IRR, NPV, ERR, PBP)

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικοί βασικοί οικονομικοί ορισμοί που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της επένδυσης.

1. ΑΚΕ(I.I.C) : Αρχικό Κόστος Επένδυσης

Είναι η δαπάνη που καταβάλλει ο επενδυτής, κατά το χρόνο που πραγματοποιείται η επένδυση.

$$\text{ΑΚΕ} = \text{Κε} \cdot \text{Μ} + \text{Κα}, \text{ όπου}$$

- Κε : εξαρτώμενο κόστος συστήματος
Μ : μέγεθος συστήματος
Κα : ανεξάρτητο (του μεγέθους) κόστος συστήματος

Στην περίπτωση μας το ΑΚΕ είναι αφορά την ανεμογεννήτρια που θα επιλέξουμε να εγκαταστήσουμε, καθώς το μέγεθος (Μ) του συστήματος είναι ένα. Το επιπλέον κόστος στο ΑΚΕ είναι τα έργα πολιτικού μηχανικού (οδοποιία, εκσκαφές), οι αμοιβές του προσωπικού, το κόστος των οικοπέδων καθώς και το κόστος των μελετών.



2. ΕΟΟ: Ετήσιο Οικονομικό Όφελος

Είναι το υπολογιζόμενο οικονομικό όφελος ανά έτος από τις πωλήσεις ενέργειας στη Δ.Ε.Η. Υπολογίζεται βασιζόμενο στο γεγονός ότι η Δ.Ε.Η έχει ορίσει μια σταθερή τιμή για την αγορά της κιλοβατώρας που παράγεται από αυτόνομους παραγωγούς, αιολικών πάρκων έως 50kW. Η τιμή αυτή έχει διαμορφωθεί σήμερα στα **0,25 €/kWh**.

3. ΕΛΔ: Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες

Είναι οι μισθοί των εργαζομένων, το κόστος συντήρησης της ανεμογεννήτριας, τα ενόικια που πιθανών να δίνονται στους ιδιοκτήτες των οικοπέδων, καθώς και οι δαπάνες που γίνονται για την ασφάλιση της ανεμογεννήτριας.

4. ΚΕΟΟ : Καθαρό Ετήσιο Οικονομικό Όφελος

Είναι το ποσό που μένει αν από το ετήσιο οικονομικό όφελος αφαιρέσουμε τις ετήσιες λειτουργικές δαπάνες:

$$\text{ΚΕΟΟ} = \text{ΕΟΟ} - \text{ΕΛΔ}$$

Ακολούθως υπολογίζονται οι ακόλουθοι χρηματοοικονομικοί δείκτες:

A. IRR (%): Εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης (Internal Financial Rate of Return).

Το IRR είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο που εξισώνει την παρούσα αξία της προσδοκώμενη ταμειακή εισροής με την παρούσα αξία της προσδοκώμενης ταμειακής εκροής.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης περιγράφει την ετήσια απόδοση των κεφαλαίων που επενδύονται (ιδίων κεφαλαίων ή άλλων) σε μια παραγωγική δραστηριότητα και εκφράζει το μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης της επένδυσης για τη διάρκεια μελέτης της επένδυσης. Με άλλα λόγια ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι το επιτόκιο εκείνο για το οποίο η καθαρά παρούσα αξία μηδενίζεται

**B. NPV (€): Καθαρή παρούσα αξία επένδυσης.**

Η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης εκφράζει την παρούσα αξία του συνόλου των καθαρών κερδών που επιτυγχάνονται καθ' όλη τη διάρκεια μελέτης της επένδυσης. Η καθαρή παρούσα αξία εξασφαλίζει τη μέτρηση της αποδοτικότητας μιας επένδυσης και τη σύγκρισή της με την απόδοση άλλων εναλλακτικών σχεδίων, με χρήση ενός επιτοκίου αναγωγής (εναλλακτικό κόστος ή κόστος ευκαιρίας).

C. ERR (%): Economic Rate of Return.

Παρουσιάζει αντιστοιχία με το IRR και εκφράζει τη μέση ετήσια απόδοση των ιδίων κεφαλαίων μιας επένδυσης κατά τη διάρκεια ζωής της επένδυσης, σε σύγκριση με μια τυπική (βάση) αποδοτικότητα κεφαλαίου, που εκφράζεται με το επιτόκιο ευκαιρίας (r).

D. PBP (Έτη): Έντοκη Περίοδος Ανάκτησης (Αποπληρωμής) Κεφαλαίου (Pay Back Period).

Εκφράζει το χρόνο αποπληρωμής των κεφαλαίων μιας επένδυσης (ιδίων ή και άλλων), λαμβάνοντας υπ' όψιν το κόστος του χρήματος στη διάρκεια του χρόνου και ορίζεται σαν το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή του ποσού της αρχικής επένδυσης και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μία εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου.

Κατά την οικονομική ανάλυση επενδύσεων σε αιολικά πάρκα γίνονται οι εξής παραδοχές :

- i. η παραγωγή ενέργειας από το αιολικό πάρκο είναι σταθερή για όλα τα έτη μελέτης της επένδυσης
- ii. η λειτουργία του αιολικού πάρκου ξεκινά το έτος 1 (πρώτο έτος) οπότε θεωρείται ότι η εγκατάσταση του αιολικού πάρκου πραγματοποιήθηκε το έτος μηδέν (0).
- iii. η οικονομική ανάλυση γίνεται σε σταθερούς όρους (χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψιν ο πληθωρισμός)
- iv. τα δάνεια αποπληρώνονται σε ισόποσες τοκοχρεωλυτικές δόσεις.
- v. η απομένουσα αξία της επένδυσης πέραν των ετών μελέτης είναι μηδέν (0).



5.3 Παραμετρική Ανάλυση Επενδύσεων

Η οικονομικότητα των επενδύσεων σε Α/Π εξαρτάται από πληθώρα παραμέτρων που καθορίζονται από:

- a. το ενεργειακό περιβάλλον
- b. την πολιτική προώθησης που διέπει επενδύσεις ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ
- c. το αιολικό δυναμικό
- d. το κόστος, τη διάρκεια ζωής και τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας
- e. το χρηματοοικονομικό περιβάλλον
- f. τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής
- g. το υφιστάμενο δίκτυο μεταφοράς / διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά την οικονομική ανάλυση των επενδύσεων σε Αιολικό Πάρκο υπολογίζονται οι δείκτες οικονομικότητας μιας επένδυσης, δεδομένων όλων των παραμέτρων που συμμετέχουν στους υπολογισμούς. Κατά την παραμετρική ανάλυση των επενδύσεων σε Α/Π απεμπλέκονται οι πιο βασικές παράμετροι οικονομικότητας και εξετάζεται η βαρύτητα και ο τρόπος που κάθε μια από αυτές επιδρά στην οικονομικότητα των επενδύσεων αυτών. Οι βασικότερες παράμετροι για τις οποίες παρέχεται δυνατότητα παραμετρικής ανάλυσης είναι:

- a. συντελεστής επιχορήγησης επένδυσης σε Α/Π
- b. τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας
- c. επιδότηση στην τιμή πώλησης της ενέργειας που παράγεται από Α/Π
- d. ετήσιος πληθωρισμός τιμής ενέργειας
- e. επιτόκιο δανεισμού κεφαλαίων
- f. συντελεστής φορολογίας επενδύσεων σε Α/Π
- g. έτη μελέτης της επένδυσης.

5.4 Υπολογισμοί και Αποτελέσματα οικονομικής μελέτης του Α/Π

Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με βάση τα παραπάνω και η αξιολόγηση επιχειρείται με βάση συγκεκριμένους οικονομικούς δείκτες.

5.4.1. Υπολογισμός Ετήσιας Παραγωγής Ενέργειας Α/Γ

Η αναμενόμενη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ο συντελεστής ισχύος (capacity factor) του πάρκου, παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1.



| Όνομαστική Ισχύς Α/Γ | Μέση Ταχύτητα Ανέμου | Ετήσια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας | Capacity Factor |
|-------------------------|-------------------------|---|--------------------|
| 50kW | 8,5m/s | 237.774kWh/year | 54% |

Πίνακας 5.1: Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας και Συντελεστής Ισχύος Α/Γ.

5.4.2. Αρχικό κόστος επένδυσης

Ακολουθεί ο υπολογισμός του συνολικού αρχικού κόστους της επένδυσης. Ο υπολογισμός βασίζεται στον κατά εκτίμηση καθορισμό του αρχικού κόστους (turn key) ανά μονάδα εγκατεστημένης αιολικής ισχύος. Το οποίο περιλαμβάνει:

- Αγορά Α/Γ και Πύργων Αιολικού Πάρκου
- Μεταφορά Ανεμογεννητριών στο Α/Π
- Συναρμολόγηση και εγκατάσταση Α/Γ του Α/Π
- Εργατικά συνεργεία, στέγη και τροφή αυτών
- Αμοιβές, έργα πολιτικού μηχανικού.
- Γερανός, μεταφορά και ασφάλιστρα γερανού
- Ηλεκτρολογικό εξοπλισμό
- Συνδέσει με ΔΕΔΔΗΕ
- Κόστος Μελέτης Α/Π

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται το συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης και το υποτιθέμενο ειδικό αρχικό κόστος επένδυσης.

| Αρχικό Κόστος Επένδυσης | |
|--|------------------|
| Κόστος παραγωγικού εξοπλισμού (inverters, base tower, wind turbine) | 150.000€ |
| Κόστος χωματουργικών, διαμόρφωσης γηπέδου, περίφραξη, βάσεων, κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος, οικίσκος, ηλεκτρολογικών εργασιών Η/Μ, πίνακες Η/Μ, συναγερμός, κάμερες, τηλεμετρία, φωτισμός | 25.000€ |
| Φ.Π.Α 23% μόνο σε κατασκευαστικό κόστος | 5.000€ |
| Άδεια σε επιλεγμένο γήπεδο με αιολικό δυναμικό 8,5m/sec | 30.000€ |
| Κόστος Μελέτης, Αμοιβές Μηχανικών | 3.000€ |
| Όροι σύνδεσης με ΔΕΔΔΗΕ | 5.000€ |
| Σύνολο | 218.000 € |

Πίνακας 5.2: Συνολικό αρχικό κόστος επένδυσης Αιολικού Σταθμού 50kW.



5.4.3. Ετήσια ακαθάριστα έσοδα και διάρκεια ζωής επένδυσης

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται όλες οι παράμετροι οι οποίες καθορίζουν την πωλούμενη ενέργεια, με βάση την ετήσια παραγωγή ενέργειας που έχουμε υπολογίσει. Επίσης παρουσιάζεται η τιμή πώλησης της ενέργειας, τα ετήσια ακαθάριστα έσοδα και η διάρκεια ζωής της επένδυσης.

| Υπολογισμός Ετήσιων Εσόδων Επένδυσης | |
|--|-----------------|
| Διάρκεια ζωής αιολικού πάρκου | 20 έτη |
| Διαθεσιμότητα αιολικού Πάρκου | 98% |
| Απορρόφηση ενέργειας από το δίκτυο | 95% |
| Ετήσια προβλεπόμενη προς πώληση ενέργεια | 237.774 kWh |
| Τιμή Πώλησης Μονάδας Ενέργειας | 0,25€/kWh |
| Ετήσια Έσοδα από πώληση ενέργειας | 59.444 € |

Πίνακας 5.3: Στοιχεία υπολογισμού ετήσιων εσόδων επένδυσης.

5.4.4. Χρηματοδοτικό σχήμα επένδυσης

Στο σημείο αυτό ορίζεται το χρηματοδοτικό σχήμα της επένδυσης. Το χρηματοδοτικό σχήμα αναλύεται σε ίδια κεφάλαια, δανειακά κεφάλαια και επιχορήγηση.

Για την παρούσα οικονομική ανάλυση υιοθετήθηκε το χρηματοδοτικό σχήμα του ακόλουθου πίνακα. Με βάση την ισχύουσα νομοθεσία, δεν έχει ψηφισθεί κάποιο σχετικό νομοθετικό πλαίσιο έτσι ώστε η παρούσα επένδυση να δικαιούται κάποιας μορφής επιχορήγηση.

| Χρηματοδοτικό Σχήμα | Ποσοστά | Ποσά |
|---------------------|---------|-------------|
| Ίδια Κεφάλαια | 40% | 87.200,00€ |
| Δάνειο | 60% | 130.800,00€ |
| Επιχορήγηση | 0% | 0,00€ |

Πίνακας 5.4: Χρηματοδοτικό Σχήμα



5.4.5. Χρηματοροές

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται οι ετήσιες χρηματοροές της επένδυσης. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του έργου.

| Υπολογισμός Ετήσιων Χρηματοροών | |
|---|--------------|
| Κόστος Συντήρησης | 2.000€/ έτος |
| Επιτόκιο Δανείου | 6% |
| Περίοδος Αποπληρωμής Δανείου | 10 έτη |
| Φορολογία | 25 % |
| Μέθοδος Υπολογισμού Αποσβέσεων | σταθερή |
| Ασφάλιση Έργου (0,4% επί του αρχικού κόστους) | 850€ /έτος |
| Ενοίκιο Γης | 1.000€/έτος |
| Διάφορα Έξοδα (Λογιστικά κόστη κλπ) | 1.000€/έτος |

Πίνακας 5.5: Παράμετροι Υπολογισμού Ετήσιων Χρηματοροών

Μετά τον καθορισμό των ανωτέρω παραμέτρων, οι χρηματοροές της επένδυσης για τη διάρκεια ζωής που έχει αναφερθεί ανωτέρω, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 5.6



Πίνακας Χρηματοροών Επένδυσης

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ :

| | |
|-----------------------|----------------------|
| Περιοχή Εγκατάστασης: | Οροσειρά Ασπερουσίων |
| Μέγεθος Εγκαταστασης: | 50,00kWp |

Κόστος Επένδυσης:

| | |
|---|---------------------|
| Κόστος Μελέτης & Εγκατάστασης Φ/Β Συστήματος: | 183.000,00 € |
| Άδεια και Κόστος Σύνδεσης ΔΕΔΔΗΕ: | 35.000,00 € |
| Συνολικοί Τόκοι Δανείου: | 46.915,29 € |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ: | 264.915,29 € |

Όφελος Επένδυσης:

| | |
|--------------------------------------|--------------------|
| Συνολική Ετήσια Ενεργειακή Απόδοση : | 237.774,00kWh |
| Τιμή Πώλησης ανά kWh : | 0,250 € |
| ΕΣΟΔΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΕΤΟΣ: | 59.443,50 € |

Στους πίνακες που ακολουθούν συνοπολογίζονται τα εξής:

* Λειτουργικά Έξοδα = Κόστος Συντήρησης + Ασφάλιση Έργου + Ενοίκιο Γης + Διάφορα Έξοδα

** Φορολογικός Συντελεστής της επιχείρησης = 25%

*** Εισφορά Αλληλεγγύης 10% επί του ετήσιου τζίρου για τα δύο πρώτα έτη.



| | 1 ^ο Έτος | 2 ^ο Έτος | 3 ^ο Έτος | 4 ^ο Έτος | 5 ^ο Έτος | 6 ^ο Έτος | 7 ^ο Έτος | 8 ^ο Έτος |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Ετήσια Ακαθάριστα Έσοδα | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 |
| Λειτουργικά Έξοδα | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 |
| Αρχικό Υπόλοιπο Δανείου | 130.800,00 | 120.876,47 | 110.357,53 | 99.207,45 | 87.388,37 | 74.860,14 | 61.580,22 | 47.503,51 |
| Χρεώματα | 9.923,53 | 10.518,94 | 11.150,08 | 11.819,08 | 12.528,23 | 13.279,92 | 14.076,72 | 14.921,32 |
| Τόκοι Πληρωτέοι | 7.848,00 | 7.252,59 | 6.621,45 | 5.952,45 | 5.243,30 | 4.491,61 | 3.694,81 | 2.850,21 |
| Ποσό Δόσης (Τοκοχρεολύσιο) | 17.771,53 | 17.771,53 | 17.771,53 | 17.771,53 | 17.771,53 | 17.771,53 | 17.771,53 | 17.771,53 |
| Αποσβέσεις | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 |
| Φορολογητέο Εισόδημα | 35.845,50 | 36.440,91 | 37.072,05 | 37.741,05 | 38.450,20 | 39.201,89 | 39.998,69 | 40.843,29 |
| Φορολογία | 8.961,38 | 9.110,23 | 9.268,01 | 9.435,26 | 9.612,55 | 9.800,47 | 9.999,67 | 10.210,82 |
| Εισφορά Αλληλεγγύης | 5.944,00 | 5.944,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Σύνολο Πληρωμών | 37.526,90 | 37.675,76 | 31.889,54 | 32.056,79 | 32.234,08 | 32.422,00 | 32.621,20 | 32.832,35 |
| ΚΑΘΑΡΕΣ ΕΙΣΠΡΑΞΕΙΣ | 21.916,60 | 21.767,74 | 27.553,96 | 27.386,71 | 27.209,42 | 27.021,50 | 26.822,30 | 26.611,15 |
| ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NPV) | 20.774,02 | 19.557,72 | 23.470,15 | 22.103,88 | 20.819,82 | 19.597,84 | 18.434,57 | 17.336,25 |

| | 9 ^ο Έτος | 10 ^ο Έτος | 11 ^ο Έτος | 12 ^ο Έτος | 13 ^ο Έτος | 14 ^ο Έτος | 15 ^ο Έτος | 16 ^ο Έτος |
|----------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ετήσια Ακαθάριστα Έσοδα | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 |
| Λειτουργικά Έξοδα | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 |
| Αρχικό Υπόλοιπο Δανείου | 32.582,19 | 16.765,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Χρεώματα | 15.816,60 | 15.759,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Τόκοι Πληρωτέοι | 1.954,93 | 1.005,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ποσό Δόσης (Τοκοχρεολύσιο) | 17.771,53 | 16.765,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Αποσβέσεις | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 |
| Φορολογητέο Εισόδημα | 41.738,57 | 42.687,56 | 43.693,50 | 43.693,50 | 43.693,50 | 43.693,50 | 43.693,50 | 43.693,50 |
| Φορολογία | 10.434,64 | 10.671,89 | 10.923,38 | 10.923,38 | 10.923,38 | 10.923,38 | 10.923,38 | 10.923,38 |
| Εισφορά Αλληλεγγύης | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Σύνολο Πληρωμών | 33.056,17 | 32.287,48 | 15.773,38 | 15.773,38 | 15.773,38 | 15.773,38 | 15.773,38 | 15.773,38 |
| ΚΑΘΑΡΕΣ ΕΙΣΠΡΑΞΕΙΣ | 26.387,33 | 27.156,02 | 43.670,13 | 43.670,13 | 43.670,13 | 43.670,13 | 43.670,13 | 43.670,13 |
| ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NPV) | 16.298,54 | 15.899,31 | 24.234,25 | 22.972,19 | 21.773,01 | 20.638,06 | 19.565,47 | 18.543,58 |



| | 17 ^ο Έτος | 18 ^ο Έτος | 19 ^ο Έτος | 20 ^ο Έτος | ΣΥΝΟΛΑ |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| Ετήσια Ακαθάριστα Έσοδα | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 59.443,50 | 1.188.870,00 |
| Λειτουργικά Έξοδα | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 4.850,00 | 97.000,00 |
| Αρχικό Υπόλοιπο Δανείου | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - |
| Χρεολύσιο | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 129.794,06 |
| Τόκοι Πληρωτέοι | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 46.915,29 |
| Ποσό Δόσης (Τοκοχρεολύσιο) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 176.709,35 |
| Αποσβέσεις | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | 10.900,00 | |
| Φορολογητέο Εισόδημα | 43.693,50 | 43.693,50 | 43.693,50 | 43.693,50 | |
| Φορολογία | 10.923,38 | 10.923,38 | 10.923,38 | 10.923,38 | 206.738,68 |
| Εισφορά Αλληλεγγύης | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11.888,00 |
| Σύνολο Πληρωμών | 15.773,38 | 15.773,38 | 15.773,38 | 15.773,38 | 492.336,03 |
| ΚΑΘΑΡΕΣ ΕΙΣΠΡΑΞΕΙΣ | 43.670,13 | 43.670,13 | 43.670,13 | 43.670,13 | 696.533,97 |
| ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NPV) | 17.573,49 | 16.661,63 | 15.793,90 | 14.970,90 | 387.018,57 |

Πίνακας 5.6: Υπολογισμός Ετήσιων Χρηματοροών



5.4.6. Οικονομικοί Δείκτες

Για τον υπολογισμό των δεικτών αυτών απαιτείται η εισαγωγή δύο ακόμα παραμέτρων, του επιτοκίου αναγωγής και της εναπομένουσας αξίας της επένδυσης, μετά την ολοκλήρωση του χρόνου ζωής του έργου. Οι παράμετροι αυτοί εκτιμώνται από το μελετητή και οι τιμές τους για την παρούσα ανάλυση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 5.7.

Στην παρούσα καταληκτική παράγραφο της οικονομικής ανάλυσης της επένδυσης υπολογίζονται οι οικονομικές δείκτες αυτής. Αρχικά, θα υπολογιστούν οι εξής οικονομικοί δείκτες:

1. Καθαρή παρούσα αξία (NPV).
2. Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR).
3. Έντοκη περίοδος αποπληρωμής.
4. Άτοκη περίοδος αποπληρωμής.

Για τον υπολογισμό των δεικτών αυτών απαιτείται η εισαγωγή δύο ακόμα παραμέτρων, του κόστους χρήματος και της εναπομένουσας αξίας της επένδυσης, μετά την ολοκλήρωση του χρόνου ζωής της.

Οι παράμετροι αυτοί καθώς και οι ανωτέρω οικονομικοί δείκτες παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν

| Παράμετροι Οικονομικών Δεικτών Επένδυσης | |
|--|-------|
| Επιτόκιο Αναγωγής | 5,5% |
| Εναπομείνουσα Αξία | 0,00€ |

Πίνακας 5.7: Παράμετροι Οικονομικών Δεικτών Επένδυσης

| Οικονομικοί Δείκτες Επένδυσης | |
|---|-----------|
| Καθαρή Παρούσα Αξία Ιδίων κεφαλαίων – N.P.V. | 299.818 € |
| Εσωτερικός βαθμός απόδοσης ιδίων κεφαλαίων – I.R.R. | 14,35% |
| Περίοδος αποπληρωμής ιδίων κεφαλαίων | 3,5 έτη |
| Έντοκη περίοδος αποπληρωμής ιδίων κεφαλαίων | 4 έτη |
| Απόδοση αρχικών κεφαλαίων επένδυσης – R.O.I | 219 % |

Πίνακας 5.8: Οικονομικών Δεικτών Επένδυσης



5.5 Συμπεράσματα οικονομικής μελέτης

Από την παραπάνω οικονομική μελέτη προέκυψαν σημαντικά αποτελέσματα που δείχνουν ότι μια παρόμοια μελλοντική επένδυση είναι εξαιρετικά συμφέρουσα. Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων, αναφέρονται στη συνέχεια τα εξής:

- **Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR)**

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης εκφράζει σε επιτόκιο την ετήσια απόδοση του κεφαλαίου που επενδύθηκε. Στη συγκεκριμένη ανάλυση βρέθηκε ότι είναι ίσος με 14,35%, ποσοστό ικανοποιητικό για τα δεδομένα της επένδυσης

- **Καθαρή Παρούσα Αξία (N.P.V)**

Η καθαρή παρούσα αξία είναι το σύνολο των εσόδων της επένδυσης ανοιγμένο στην παρούσα χρονική στιγμή. Η τιμή της καθαρής παρούσας αξίας που υπολογίστηκε είναι ίση με **299.818 €**.

- **Χρόνος Αποπληρωμής (Χ. Α ή P.T)**

Ο χρόνος αποπληρωμής είναι ο χρόνος που απαιτείται για να συγκεντρωθούν από τα έσοδα του συστήματος τα κεφάλαια που επενδύθηκαν. Η οικονομική μου μελέτη υπολογίζει ότι η συγκέντρωση του κεφαλαίου από τα έσοδα θα πραγματοποιηθεί σε 3,5 έτη, ενώ η έντοκη περίοδος αποπληρωμής υπολογίστηκε σε 4 έτη, χρόνος αρκετά ικανοποιητικός για το είδος της επένδυσης.

Οι τιμές αυτές κρίνονται αρκετά ικανοποιητικές και υπερέχουν πολλών επενδύσεων ανάλογου ποσού. Να επισημάνουμε ότι το ρίσκο σε μια επένδυση Αιολικού Πάρκου είναι πολύ μικρότερο από επενδύσεις παρεμφερούς κόστους και πολύ αποδοτικότερο από τραπεζικές επενδύσεις.. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι στο συγκεκριμένο έργο υπάρχει ήδη οδικό δίκτυο σε μικρή απόσταση από την περιοχή που πρόκειται να γίνει η επένδυση πράγμα που περιορίζει τον όγκο των απαιτούμενων συνοδών έργων. Γενικά το αιολικό πάρκο μπορεί να κατασκευαστεί από τεχνικής πλευράς καθώς και να συντηρηθεί μιας και οι συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή κρίνονται ικανοποιητικές. Από όλα τα παραπάνω αλλά και από το σύνολο της παρούσας μελέτης βγαίνει καθαρά το συμπέρασμα ότι η εγκατάσταση ενός μικρού Αιολικού Πάρκου στην εξεταζόμενη θέση είναι μια συμφέρουσα επένδυση.