

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1720

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΙΘΑΚΗ**



ΦΩΤΟ ΑΝΔΡΕΑΣ 6896

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2019

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ/ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη για την υλοποίηση ενός αιολικού πάρκου νοτιοδυτικά της νήσου Ιθάκης, κοντά στην περιοχή του Περαχωρίου(<https://www.google.com/maps/@38.35544,20.7035093,3121m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4> ,το βουνό δυτικά του χωριού Περαχώρι). Αρχικά θα υπάρξει μία σύντομη ιστορική αναδρομή για τις Α.Π.Ε. .Επιπλέον θα επισημανθούν τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη που δημιουργούνται από την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) . Με βάση το παραπάνω θέμα θα μελετηθούν τα κριτήρια με τα οποία επιλέχθηκε η περιοχή του Περαχωρίου στη νοτιοδυτική πλευρά της Ιθάκης για την δημιουργία του αιολικού πάρκου. Επίσης θα γίνει αναφορά στον τρόπο επιλογής και χωροθέτησης των ανεμογεννητριών, όπως και στο νομοθετικό πλαίσιο που πρέπει να ακολουθηθεί. Στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μία ιστορική αναδρομή για την χρήση των Α.Π.Ε.. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στην αιολική ενέργεια και την αναγκαιότητα της χρήσης της. Στο τρίτο κεφάλαιο θα επισημανθεί το αιολικό δυναμικό και πως επηρεάζει τα κριτήρια επιλογής του χώρου τοποθέτησης των ανεμογεννητριών. Στο τέταρτο κεφάλαιο θα αναφερθούν τα είδη ανεμογεννητριών και τα μέρη από τα οποία αποτελούνται .Στο πέμπτο κεφάλαιο θα γίνει η επιλογή του χώρου κατασκευής του αιολικού πάρκου με βάση το αιολικό δυναμικό. Στο έκτο κεφάλαιο θα προταθούν κάποια μοντέλα ανεμογεννητριών τα οποία θα έχουν κατάλληλες προϋποθέσεις λειτουργίας με βάση τις ταχύτητες των ανέμων στην περιοχή του Περαχωρίου. Στο έβδομο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά του νομοθετικού πλαισίου για την κατασκευή του αιολικού πάρκου στο νησί της Ιθάκης.

**© 2019, Φώτο Ανδρέας**

**ALL RIGHTS RESERVED**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Κεφάλαιο1 : Ιστορική αναδρομή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....</b> | <b>9</b>  |
| <b>1.1 Ορισμός των ανανεώσιμων πηγών ενέργεια.....</b>                     | <b>9</b>  |
| <b>1.2 Η εξέλιξη των Α.Π.Ε.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>1.3 Τα Α.Π.Ε. στη σύγχρονη εποχή.....</b>                               | <b>11</b> |
| <b>1.4 Εξέλιξη των θεσμικών πλαισίων.....</b>                              | <b>12</b> |
| <br>   |           |
| <b>Κεφάλαιο 2 : Αιολική Ενέργεια.....</b>                                  | <b>18</b> |
| <b>2.1 Εισαγωγή.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>2.2 Κίνηση του ανέμου ... ..</b>  | <b>19</b> |
| <b>2.3 Κατανομή ανέμου Weibull.....</b>                                    | <b>22</b> |
| <b>2.4 Πλεονεκτήματα.....</b>  | <b>25</b> |
| <br>   |           |
| <b>Κεφάλαιο 3 : Αιολικό Δυναμικό.....</b>                                  | <b>27</b> |
| <b>3.1 Εισαγωγή.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>3.2 Χαρακτηριστικά Ανέμου.....</b>                                      | <b>28</b> |
| <b>3.3 Ισχύς Ανέμου.....</b>   | <b>33</b> |
| <b>3.4 Υπολογισμός αιολικού δυναμικού.....</b>                             | <b>36</b> |
| <b>3.4.1 Ανεμόμετρο.....</b>   | <b>37</b> |
| <b>3.4.2 Ανεμοδείκτης.....</b>   | <b>40</b> |
| <b>3.4.3 Κιβώτιο ανέμου.....</b>   | <b>42</b> |
| <br>   |           |
| <b>Κεφάλαιο 4 : Ανεμογεννήτριες.....</b>                                   | <b>43</b> |
| <b>4.1 Εισαγωγή.....</b>   | <b>43</b> |
| <b>4.2 Είδη Ανεμογεννητριών.....</b>                                       | <b>44</b> |
| <b>4.3 Αποτελούμενα Μέρη.....</b>  | <b>51</b> |
| <b>4.4 Αιολικά Πάρκα.....</b>  | <b>57</b> |

|  |    |
|--|----|
| Κεφάλαιο 5 : Περιοχή κατασκευής αιολικού πάρκου..... | 64 |
| 5.1 Γεωγραφική τοποθεσία.....                        | 64 |
| 5.2 Γεωλογικά στοιχεία περιοχής.....                 | 69 |
| 5.3 Πιθανές αλλαγές στην περιοχή.....                | 69 |
| 5.4 Αιολικό δυναμικό στην περιοχή.....               | 70 |
| 5.5 Μετεωρολογικές συνθήκες.....                     | 72 |
| Κεφάλαιο 6 : Επιλογή ανεμογεννήτριας.....            | 75 |
| 6.1 Εισαγωγή.....                                    | 75 |
| 6.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....                      | 75 |
| 6.2.0 Γενικές Πληροφορίες.....                       | 75 |
| 6.2.1 Στροφείο.....                                  | 76 |
| 6.2.2 Πτερύγια.....                                  | 76 |
| 6.2.3 Έδρανο.....                                    | 77 |
| 6.2.4 Σύστημα Βηματικής Συστροφής Πτερυγίων.....     | 77 |
| 6.2.5 Πλήμνη.....                                    | 78 |
| 6.2.6 Κύριος Άξονας.....                             | 79 |
| 6.2.7 Χώρος Ρουλεμάν.....                            | 79 |
| 6.2.8 Κύρια Ρουλεμάν.....                            | 79 |
| 6.2.9 Κιβώτιο Ταχυτήτων.....                         | 80 |
| 6.2.10 Ρουλεμάν Γεννήτριας.....                      | 80 |
| 6.2.11 Σύνδεσμοι Άξονα Υψηλής Ταχύτητας.....         | 81 |
| 6.2.12 Σύστημα Περιστροφής.....                      | 81 |
| 6.2.13 Γερανός.....                                  | 82 |
| 6.2.14 Δομή Πυλώνα.....                              | 82 |
| 6.2.15 Πτυσσόμενη πλάκα και κάλυμμα νασέλας.....     | 83 |

|   |            |
|---|------------|
| 6.2.16 Σύστημα Ψύξης.....                             | 84         |
| 6.2.17 Συμπεράσματα.....                              | 88         |
| 6.3 Χωροθέτηση.....                                   | 88         |
| 6.4 Διασύνδεση.....                                   | 89         |
| <b>Κεφάλαιο 7 : Νομοθετικό Πλαίσιο.....</b>           | <b>90</b>  |
| 7.1 Νομικό πλαίσιο αδειοδοτήσεων αιολικών πάρκων..... | 90         |
| 7.2 Δικαιολογητικά για άδεια εγκατάστασης Α.Π.Ε.....  | 95         |
| <b>Βιβλιογραφία.....</b>                              | <b>100</b> |

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ-ΠΙΝΑΚΩΝ

---

|                 |    |
|-----------------|----|
| Εικόνα 0-1..... | 19 |
| Εικόνα 0-2..... | 20 |
| Εικόνα 0-3..... | 21 |
| Εικόνα 0-4..... | 23 |
| Εικόνα 0-5..... | 24 |
| Εικόνα 0-6..... | 24 |
| Εικόνα 0-7..... | 30 |
| Εικόνα 0-8..... | 31 |
| Εικόνα 0-9..... | 32 |
| Εικόνα 1-0..... | 34 |
| Εικόνα 1-1..... | 35 |
| Εικόνα 1-2..... | 38 |
| Εικόνα 1-3..... | 38 |
| Εικόνα 1-4..... | 38 |
| Εικόνα 1-5..... | 39 |
| Εικόνα 1-6..... | 40 |
| Εικόνα 1-7..... | 40 |
| Εικόνα 1-8..... | 42 |
| Εικόνα 1-9..... | 44 |
| Εικόνα 2-0..... | 45 |
| Εικόνα 2-1..... | 45 |
| Εικόνα 2-2..... | 46 |
| Εικόνα 2-3..... | 47 |
| Εικόνα 2-4..... | 48 |
| Εικόνα 2-5..... | 48 |
| Εικόνα 2-6..... | 49 |

|                  |    |
|------------------|----|
| Εικόνα 2-7.....  | 50 |
| Εικόνα 2-8.....  | 55 |
| Εικόνα 2-9.....  | 60 |
| Εικόνα 3-0.....  | 63 |
| Εικόνα 3-1.....  | 66 |
| Εικόνα 3-2.....  | 67 |
| Εικόνα 3-3.....  | 68 |
| Εικόνα 3-4.....  | 71 |
| Εικόνα 3-5.....  | 71 |
| Εικόνα 3-6.....  | 72 |
| Εικόνα 3-7.....  | 73 |
| Εικόνα 3-8.....  | 74 |
| Πίνακας 3-9..... | 76 |
| Πίνακας 4-0..... | 77 |
| Πίνακας 4-1..... | 78 |
| Πίνακας 4-2..... | 78 |
| Πίνακας 4-3..... | 79 |
| Πίνακας 4-4..... | 79 |
| Πίνακας 4-5..... | 79 |
| Πίνακας 4-6..... | 79 |
| Πίνακας 4-7..... | 80 |
| Πίνακας 4-8..... | 82 |
| Πίνακας 4-9..... | 82 |
| Εικόνα 5-0.....  | 85 |
| Εικόνα 5-1.....  | 87 |



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

---

## 1.1 Ορισμός των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Στη σύγχρονη εποχή ο όρος ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.) έχει γίνει συνώνυμο με ένα από τα βασικότερα μέσα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αφορά την ενέργεια η οποία προέρχεται από φυσικές πηγές ή φυσικές διαδικασίες που ανανεώνονται συνεχώς και υπάρχουν εξαπανέκαθεν. Για παράδειγμα η ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος, το δυναμικό που έχει ο άνεμος και η ροή του νερού είναι διάφορες πηγές που παράγουν ενέργεια, είτε κινητική είτε θερμική και επηρεάζονται αποκλειστικά από τις καιρικές συνθήκες και το πέρασμα του χρόνου.

[Lora Shinn /June 15, 2018]

## 1.2 Η εξέλιξη των Α.Π.Ε

Από την αρχή της ύπαρξης των ανθρώπων και μέχρι το 1500 μ. χ. , οι μόνες διαθέσιμες μορφές ενεργείας που βελτίωναν την διαβίωση τους ήταν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας . Ο ήλιος ήταν η πρώτη και η βασικότερη μορφή ενέργειας για την επιβίωση του ανθρώπου. Η ηλιακή ακτινοβολία είχε ποικίλες χρήσεις και ήταν αναγκαία μορφή ενέργειας για οποιαδήποτε εργασία ήθελε να πραγματοποιήσει ο άνθρωπος. Για παράδειγμα η καλλιέργησι τροφίμων ,η επισκευή-δημιουργία διαφόρων αντικειμένων

(λόγο ορατότητας). Με βάση των Αρχιμήδη η ηλιακή ενέργεια είχε και άλλη χρήση μιας και είχαν κατασκευαστεί κάτοπτρα που ανακλούσαν την ηλιακή ακτινοβολία σε βωμούς, για να γίνει ανάφλεξη και να δημιουργηθεί εστία φωτιάς, ικανή να παρέχει ορατότητα και τις νυχτερινές ώρες. Η υδροηλεκτρική ισχύς χρησιμοποιήθηκε σε μικρή κλίμακα από τον Κτησίβιο και τον Φίλων μέσω ενός τροχού στο νερό. Στη συνέχεια οι Ρωμαίοι δημιούργησαν χειροκίνητες αντλίες και εκμεταλλεύοντουσαν το νερό. Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε κυρίως με πανιά στα κατάρτια των ιστιοπλοϊκών περίπου 5500 χρόνια πριν στην αρχαία Ελλάδα. 2500 χρόνια πριν δημιουργήθηκαν και οι πρώτοι ανεμόμυλοι . Ο Ήρων της Αλεξάνδρειας φαίνεται πως είχε στην κατοχή του μία συσκευή η οποία ήταν σε πρωταρχικό στάδιο και χρησιμοποιούσε τον ατμό . Πριν 500 χρόνια περίπου ξεκίνησε η χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως του άνθρακα ,αλεσμένου αερίου ,πιο μετά της καύσης ορυκτών όπως του πετρελαίου και πιο πρόσφατα της πυρηνικής ενέργειας , νομίζοντας πως μπορούν να μας δώσουν περισσότερη ενέργεια και παράλληλα λιγότερο κόστος. Με το πέρασμα των χρόνων και διάφορων τραγικών συμβάντων που κόστισαν τις ζωές πολλών ανθρώπων, είτε λόγω πυρηνικών εκρήξεων είτε λόγω του καυσαερίου που δημιουργείτε από τη χρήση των ορυκτών, έχει γίνει πλέον αντιληπτό από όλους ότι τέτοιου είδους μορφές ενέργειας μπορούν να βλάψουν την ανθρωπότητα σε μεγάλο βαθμό ,παρόλο το μέγεθος ενέργειας που μας προσφέρουν. Παρόλα αυτά δεν υπάρχει μεγάλη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και πολλές φορές δεν γίνεται σωστή εκμετάλλευση αυτών για την επίτευξη μέγιστου κέρδους. Επιπλέον με την λάθος διαχείριση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δημιουργούνται και διάφορα προβλήματα στην πανίδα και την χλωρίδα. Παράλληλα με την ανάπτυξη μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είχαμε και εξέλιξη στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Περίπου τον 18<sup>ο</sup>αιώνα αναπτύχθηκαν οι ηλιακοί κλίβανοι (φούρνοι που στο στόμιο τους έχουν καθρέπτες και αντανακλούν τις ηλιακές ακτίνες για δημιουργία θερμού περιβάλλοντος

κατάλληλο για ψήσιμο). Το 1747 ο J. Cassini κατάφερε να επιτύχει θερμοκρασίες άνω των 1000°C κάνοντας τους ηλιακούς κλίβανους την πιο χρήσιμη συσκευή για το λιώσιμο κάποιων μετάλλων. Το 1883 ο κινητήρας θερμού αέρα του Ericsson , έδωσε έναν νέο τρόπο εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Στη συνέχεια το 1839 ο Becquerel δημιουργεί μία νέα συσκευή που απορροφά την ηλιακή ενέργεια και την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια . Η ονομασία της συσκευής είναι φωτοβολταϊκό σύστημα. Παρόλα αυτά η ενέργεια που παράγεται δεν ήταν αρκετή ώστε να κεντρίσει το ενδιαφέρον. Το 1954 λοιπόν και μετά από αίτηση της NASA, τα Bell Laboratories κατασκεύασαν φωτοβολταϊκά νέας τεχνολογίας με πολύ καλύτερη απόδοση ικανά να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες του διαστημικού προγράμματος.

**[Bent Sorensen, January/February 1991, Energy Policy]**

### **1.3 Τα Α.Π.Ε. στη σύγχρονη εποχή**

Μέχρι σήμερα οι τρόποι που χρησιμοποιούνταν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ήταν αρκετά απλοϊκές και συνάμα χαμηλής ποιότητας. Με την είσοδο στο 20<sup>ο</sup> αιώνα και με την ταυτόχρονη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας (αυτοματισμοί, υπολογιστές , αισθητήρια, τηλεέλεγχοι και διάφορα άλλα ) τα μέσα με τα οποία αντλούσαμε ενέργεια από τις φυσικές πηγές έγινε αυτόματα πολύ καλύτερης ποιότητας. Για παράδειγμα τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν αποκτήσει ακόμα μεγαλύτερη απόδοση, έχουν διάφορα αισθητήρια για να μπορούν να ανιχνεύσουν τυχόν σκιάσεις ( φωτοβολταϊκά τύπου Sunflower) και πλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε μικρότερη κλίμακα. Για παράδειγμα οι κυψέλες στους ηλιακούς θερμοσίφωνες( εδώ έχουμε μετατροπή της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια και με μία αντίσταση σε θερμική ενέργεια). Στη συνέχεια αυτά που υπέστησαν την μεγαλύτερη αλλαγή είναι ο κλασικοί παλαιοί ανεμόμυλοι που

έχουν γίνει ανεμογεννήτριες. Υπάρχει μία διαφορά παρόλο την ομοιότητα που έχουν στον τρόπο εκμετάλλευσης του αιολικού δυναμικού . Οι ανεμογεννήτριες μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια και όχι σε κινητική ενέργεια όπως οι ανεμόμυλοι ( κίνηση για το άλεσμα) . Πλέον έχουν και κατάλληλα αισθητήρια για να μπορούν να εκμεταλλεύονται τον αέρα από κάθε κατεύθυνση, ο όγκος έχει αυξηθεί αρκετά όπως και το κόστος κατασκευής. Πιο συγκεκριμένα η μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια πλέον έχει διάμετρο στροφείου 164 μέτρα, η κάθε μία από τις πτέρυγες έχει βάρος 33 έως 35 τόνους ,ενώ μπορεί να δώσει έως και 8MW ηλεκτρικής ισχύος που υπερκαλύπτουν τις ανάγκες που μπορεί να έχει ένα νησί όπως είναι η Ιθάκη (Λιγότεροι από 6000 μόνιμοι κάτοικοι). Επίσης πλέον υπάρχουν και οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί που συμβάλουν σημαντικά στην επίλυση του θέματος της μεγάλης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Για να μπορέσουμε όμως να πούμε ότι ανήκει στις ανανεώσιμες πηγές θα πρέπει να αναφερόμαστε σε μικρής ισχύος σταθμούς (μικρότερους των 15MW). Αυτό συμβαίνει γιατί σε μεγαλύτερους σταθμούς για να μπορούμε να έχουμε την κατάλληλη ποσότητα νερού σε συγκεκριμένο ύψος (χρειαζόμαστε μεγάλο ύψος για να αποκτά μεγάλη ταχύτητα το νερό ) ,πρέπει να επέμβουμε και να παραμορφώσουμε σημαντικά τα φυσικά στοιχεία για να πετύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

**[Απόστολος Πολυζάκης , Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος]**

#### **1.4 Εξέλιξη των θεσμικών πλαισίων**

Όσο αναφορά την εξέλιξη των θεσμικών πλαισίων , έχει προκύψει μετά από το πέρασμα πολλών χρόνων και πολλών επιστημονικών συζητήσεων ότι , οι διαδικασίες ενεργειακού σχεδιασμού που αποσκοπούν στο άνοιγμα των συνεισφορών για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας , πρέπει να εξετάζουν καταρχάς τον τρόπο με τον οποίο μια

κοινωνία χρησιμοποιεί την ενέργεια με μια ευρεία έννοια . Όπως και στη συνέχεια ειδικότερα όσον αφορά τη συνολική αποτελεσματικότητα των συστημάτων μετατροπής ενέργειας. Άρα ανάλογα τα αποτελέσματα που προκύπτουν έχουμε διαφορετικές ανάγκες και επιλογές για διάφορα μείγματα που έχουν εξεταστεί. Η ανάπτυξη και η δημιουργία ενεργειακών προγραμμάτων έγινε κυβερνητική ευθύνη αφού την περίοδο του 1973/74 προέκυψε απαγόρευση εξόδου ή εισόδου πετρελαίου σε διάφορες χώρες αλλάζοντας σημαντικά την οικονομία. Για αυτό το λόγο δημιουργήθηκε η ανάγκη σχεδιασμού άλλων τρόπων άντλησης ενέργειας. Πριν, γίνει κυβερνητική ανάγκη υπήρχαν εταιρίες στον ιδιωτικό τομέα που είχαν κάνει κάποια βήματα για τον ενεργειακό προγραμματισμό. Τα νέα Τμήματα Ενέργειας ιδρύθηκαν στις περισσότερες χώρες κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Έπρεπε πρώτα όμως να εδραιώσουν την εξουσία τους και να κερδίσουν την απαιτούμενη τεχνογνωσία για αυτού του νέου είδους ενεργειακού σχεδιασμού. Τα αποτελέσματα των κυβερνητικών προσπαθειών ήταν εκστρατείες που στόχευαν στην αύξηση της ενεργειακής συνείδησης του πληθυσμού και την προετοιμασία των νομοθετικών πλαισίων με στόχο τον έλεγχο της χρήσης της ενέργειας. Επιπλέον στόχος ήταν και η ενθάρρυνση για απασχολήσει σε τέτοιους τομείς με την χρήση μειωμένων φόρων και επιδοτήσεων. Οι εκστρατείες είχαν ως στόχο κυρίως να μάθουν τους ανθρώπους να χρησιμοποιούν την ενέργεια σε λογικά πλαίσια και να εξοικονομούν ενέργεια όπου δεν την χρειάζονταν. Παραδείγματα αυτού του είδους νομοθετικού πλαισίου είναι τα νέα κατασκευαστικά πρότυπα σε διάφορα κτήρια που καθορίζουν τις μέγιστες απώλειες θερμότητας που μπορούν να έχουν και έχουν επιβληθεί σε πολλές χώρες. Επίσης συμπεριλαμβάνεται σε τέτοιου είδους νομοθετικό πλαίσιο και οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τους λέβητες. Σε χώρες όπως η Δανία και γενικά οι βόρεια ευρωπαϊκές χώρες τους επιβάλλεται επιθεώρηση στους λέβητες για την καλή χρήση τους. Στα πλαίσια της ενθάρρυνσης των ατόμων έχει γίνει προσπάθεια για την

επιδότηση μεμονωμένων ατόμων που προσπαθούν για την βελτίωση της απόδοσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επίσης γίνεται επιλεκτική φορολόγηση για αυτού του είδους τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς θεωρούνται ευάλωτες στη διασφάλιση ενέργειας (δεν εγγυούνται την επίτευξη των αποτελεσμάτων που έχουν δοθεί από την μελέτη) ή στην δημιουργία αρνητικών στοιχείων για το περιβάλλον (π.χ. οι ανεμογεννήτριες που δημιουργούν πρόβλημα στα πτηνά) . Ως παράδειγμα σημαντικής επιτυχίας, μπορεί να αναφερθεί ο τρόπος λειτουργίας της Δανίας που έχει μεγάλη εμπειρία και έχει αποκτήσει μεγάλα και σημαντικά οικονομικά οφέλη μέσα από τις προσπάθειες για αύξηση της ενεργειακής απόδοσης (αποπληρωμή των επενδύσεων σε λιγότερο από 10 χρόνια, για επενδύσεις που έχουν μέση φυσική διάρκεια ζωής τα 50 χρόνια). Μια επιχορήγηση ενθάρρυνσης έως και 30% δόθηκε στους αγοραστές εξοπλισμού ανανεώσιμης ενέργειας με οικονομική αποτυχία μικρότερη των οκτώ ετών (το μοντέλο αυτό επιλέχθηκε προκειμένου να αποφευχθεί ο κατασκευαστής να αυξήσει την τιμή κατ 'αναλογία προς την επιδότηση). Ο τύπος του εμπλεκόμενου εξοπλισμού ήταν οι ανεμογεννήτριες , ηλιακοί συλλέκτες θερμότητας (φωτοβολταϊκά) και χωνευτές βιοαερίου. Η φυσική διάρκεια ζωής του εξοπλισμού ανανεώσιμης ενέργειας θα πρέπει να υπερβαίνει τα οκτώ χρόνια, αλλά για την πρώτη γενιά προϊόντων, οκτώ χρόνια φαίνεται δίκαιο ποσοστό για την μέση τιμή επιβίωσης . Οι επιδοτήσεις στην συνέχεια χαμηλώθηκαν ή αφαιρέθηκαν πλήρως καθώς η τεχνολογία έγινε πιο αποδοτική και με μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης. Βασική σε αυτή την εξέλιξη υπήρξε η συμφωνία μεταξύ των επιχειρήσεων ηλεκτρικής ενέργειας και των ιδιοκτών ανεμόμυλων ,σε δίκαιη τιμή για το πωληθέν πλεόνασμα ισχύος από τους ιδιοκτήτες των ανεμόμυλων στον φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου. Μεταξύ των αποτυχιών που σημειώθηκαν τα τελευταία 15 χρόνια στην ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας υπήρξε η προσπάθεια να αναπτυχθούν ανεμογεννήτριες μεγέθους μεγαβάτ ( Πλέον υπάρχουν , έγινε υποσημείωση σε αυτό το σημείο μιας και το

άρθρο είναι του 2000 περίπου ). Είναι ακόμα λιγότερο αξιόπιστα από το βέλτιστο, που βρίσκεται αυτή τη στιγμή περίπου σε ένα μέγεθος μονάδας 200 kW. Προηγμένες εγκαταστάσεις βιοαερίου έχουν συναντήσει πολλά προβλήματα, υποδεικνύοντας την πολυπλοκότητα των σχετικών βιολογικών διαδικασιών. Οι ηλιακοί θερμικοί πίνακες που τοποθετούνται στην οροφή έχουν βελτιωμένη απόδοση και ανθεκτικότητα και είναι πλέον αξιόπιστα σε πολλά μέρη του κόσμου, αλλά οι μονάδες παραγωγής θερμότητας εξακολουθούν να είναι αντικοινωνικές. Το κόστος των φωτοβολταϊκών υλικών έχει μειωθεί όσο αναμενόταν, αλλά οι ηλιακές συστοιχίες κυψελών εξακολουθούν να μην είναι σε θέση να διεισδύσουν στην αγορά κοινής ωφέλειας, κυρίως επειδή δεν έχουν την δυνατότητα να μειωθεί το κόστος της δομής υποστήριξης τους σχεδόν όσο και εκείνης των ίδιων των κυττάρων. Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ο εξοπλισμός που εισήλθαν ήταν με δωρεές από τα βιομηχανικά έθνη ή διεθνείς οργανισμούς βοήθειας. Οι εγχώριες αναπτυξιακές προσπάθειες έχουν αναληφθεί σε ορισμένες περιπτώσεις ( π.χ. μονάδες βιοαερίου στην Ινδία, Πακιστάν και Κίνα ). Λίγες από αυτές τις εγκαταστάσεις έχουν λειτουργήσει σωστά και ακόμη λιγότερες έχουν αποδειχθεί οικονομικά βιώσιμες-αξιόπιστες. Σαφώς το ενεργειακό πρόβλημα στις πιο αναπτυσσόμενες χώρες δεν μπορεί μακροπρόθεσμα να λυθεί από την εισαγόμενη τεχνολογία, αλλά μόνο με τη μεταφορά τεχνολογίας. Προς το παρόν είναι φανερό ότι τα προβλήματα της υποδομής καθιστούν πολύ δύσκολη την επίτευξη μιας τέτοιας μεταφοράς τεχνολογίας και των παρατηρήσεων που έγιναν πριν πιο πάνω για την αποδοτικότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ιδιαίτερα για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ακόμη και ανάμεσα στα εκβιομηχανισμένα έθνη, υπάρχουν μεγάλες διαφορές στα επίπεδα των προσπαθειών που γίνονται προς την κατεύθυνση που έχουν ορίσει για την χρήση της ενέργειας αποτελεσματικά. Επίσης ορισμένοι θα υποστήριζαν ότι ο εξοπλισμός ανανεώσιμης ενέργειας πρέπει στις περισσότερες περιπτώσεις να κατασκευάζεται τοπικά,

έτσι ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη οικονομική ανάπτυξη και βιωσιμότητα των έργων. Αυτό δεν θα πρέπει να θεωρείται εμπόδιο για τις αγορές, επειδή πολλά άλλα καταναλωτικά αγαθά πωλούνται παγκοσμίως σχεδόν στην ίδια τιμή, ανεξάρτητα από την τοποθεσία του κατασκευαστή. Για τον εξοπλισμό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η έλλειψη τοπικών επιχειρήσεων και επιχειρήσεων διορθώσεων βλαβών έχουν δημιουργήσει μία ακριβή κατεύθυνση όσο αφορά την αγορά αυτών των υλικών εκτός των χωρών κατασκευής, μιας και αναγκάζονται να κάνουν εισαγωγή. Αν μια παγκόσμια αγορά με κατάλληλη τοπική υποδομή καταφέρει να εδραιωθεί, τότε το πρόβλημα θα αρχίσει να απομακρύνεται. Ένα τελευταίο σημείο που αξίζει να αναφερθεί σε σχέση με τον σχεδιασμό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι το ζήτημα της αποκέντρωσης. Ο ενεργειακός σχεδιασμός μπορεί να γίνει για να δοθούν πολύ περισσότερες τοπικές επιλογές όταν χρησιμοποιηθούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω των τυπικών τάξεων μεγέθους μονάδων, και αυτό ισχύει επίσης για τις πρόσφατες εξελίξεις σε άλλες τοπικές κλίμακες τεχνολογίας ( π.χ. μικρές συνδυασμένες μονάδες παραγωγής θερμότητας και μονάδες παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα ). Εάν μεγάλης κλίμακας μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να αποφευχθούν, τότε ο σχεδιασμός των τοπικών ενεργειακών συστημάτων μπορεί να γίνει πολύ πιο ευέλικτος. Τα δίκτυα μετάδοσης ηλεκτρικής ενέργειας, το φυσικό αέριο και η θερμότητα εξακολουθούν να είναι σημαντικά για τους όρους της ασφάλειας εφοδιασμού και της σταθερότητας, και μπορούν να κατασκευαστούν έτσι ώστε να γίνονται αποδεκτά σε ένα μεγάλο εύρος εισόδων ανανεώσιμης ενέργειας. Αυτό είναι σημαντικό εάν οι ανανεώσιμες πηγές διεισδύσουν σε τόσο υψηλά επίπεδα ενέργειας έτσι ώστε τα ζητήματα αποθήκευσης ενέργειας να έχουν σημαντικό-σπουδαίο σπουδαίο ρόλο. Με καύσιμα ή δεξαμενές με βάση το νερό, οι διεισδύσεις των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να φτάσουν τις τάξεις του 50% ή και περισσότερο μπορεί να επιτευχθεί, χωρίς να είναι αναγκαία η



επιπλέον αποθήκευση ενέργειας. Μια διείσδυση της τάξεως του 100% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα απαιτούσε τα καύσιμα για επιπλέον υποστήριξη να αποτελούνται από βιοκαύσιμα, και ολόκληρη η έννοια της αποθήκευσης ενέργειας θα πρέπει να επεξεργαστεί προσεκτικά για μία δεδομένη γεωγραφική περιοχή.

**[Bent Sorensen, January/February 1991, Energy Policy]**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

---

### 2.1 Εισαγωγή

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια εκείνη η οποία παράγεται από την χρήση του ανέμου με τα κατάλληλα μέσα. Η ενέργεια αυτή ορίζεται ως ήπια μορφή ενέργειας και συγκαταλέγεται στις πηγές ενέργειας οι οποίες θεωρούνται καθαρές. Δηλαδή βρίσκεται στην κατηγορία των πηγών ενέργειας που δεν εκπέμπουν ρύπους. Από τα πρώτα μέσα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι τα πρώτα ιστιοφόρα που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχαία Ελλάδα και αρκετά πιο μετά οι ανεμόμυλοι. Η ονομασία έχει προκύψει από την Ελληνική μυθολογία και πιο συγκεκριμένα τον Αίολο που ήταν θεός των ανέμων. Η εκμετάλλευση της αιολική ενέργεια αποτελεί ένα από το βασικότερους και σημαντικότερους τρόπους άντλησης ηλεκτρικής ενέργειας στην εποχή μας. Το καύσιμο που σε αυτή την περίπτωση είναι ο αέρας που είναι δωρεάν και υπάρχει σε άφθονη ποσότητα στο περιβάλλον. Δεν δημιουργεί αέρια και ρύπους για να καταστρέψει το περιβάλλον και παράλληλα δημιουργεί λιγότερες οικολογικές καταστροφές από ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον τα οικονομικά οφέλη της περιοχής όπου θα γίνει η εγκατάσταση είναι πολύ μεγάλα . Εν ολίγης ο άνεμος και γενικά η αιολική ενέργεια είναι σημαντικά στοιχεία στον τομέα της ενέργειας. Στην σύγχρονη εποχή που η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγάλη , η αιολική ενέργεια είναι ένα σημαντικό εφόδιο για την κάλυψη ενός μεγάλου ποσοστού με την χρήση ανεμογεννητριών.

[Απόστολος Πολυζάκης , Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος]

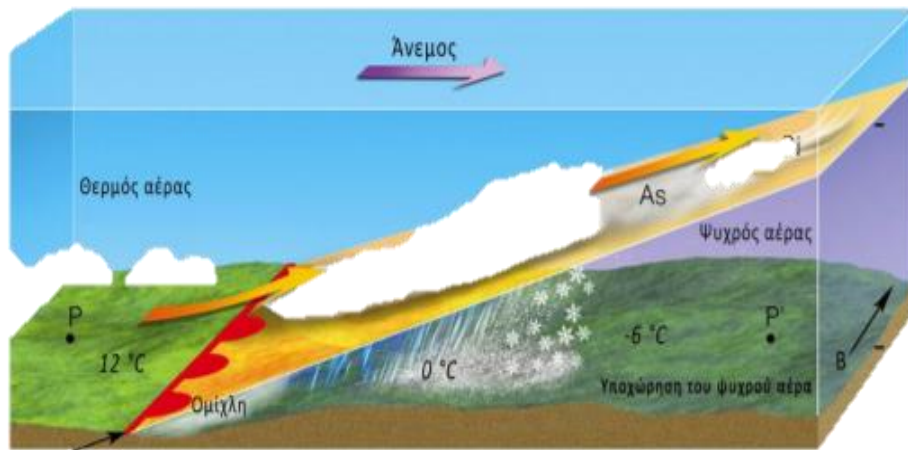
## 2.2 Κίνηση του ανέμου

Γενικά η κίνηση του ανέμου διαφέρει στα ψυχρά και θερμά μέρη του πλανήτη και αυτό διαφοροποιεί και τις βαρομετρικές πιέσεις που παρουσιάζονται. Η γενική κίνηση των αέριων μαζών αλλάζει συνεχώς και εξαρτάται από την κίνηση του πλανήτη ταυτόχρονα με την θερμότητα που εκπέμπει ο ήλιος. Εξαιτίας της μορφολογίας και της κίνησης του πλανήτη (δηλαδή της καμπυλότητας και της ελλειπτικής κίνησης που έχει γύρω από τον ήλιο ) οι ηλιακές ακτίνες που προσπίπτουν στην επιφάνεια δημιουργούν διαφορετικές θερμοκρασίες . Κατά κύριο λόγο οι υψηλότερες θερμοκρασίες επικρατούν στον Ισημερινό, ο οποίος δέχεται το μεγαλύτερο ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό που συμβαίνει λοιπόν στα πιο θερμά μέρη του πλανήτη είναι η δημιουργία θερμών στρωμάτων αέρα . Επειδή οι θερμοί άνεμοι έχουν μικρότερη πυκνότητα από τους ψυχρούς μετατοπίζονται σε μεγαλύτερα ύψη κοντά στα 10km από την επιφάνεια και την θέση τους την παίρνουν οι ψυχροί άνεμοι οι οποίοι με την σειρά τους θα γίνουν θερμοί και τα ανέλθουν στα 10km . Ουσιαστικά δημιουργείται ένας κύκλος διαδικασιών που αλλάζει την μορφή του ανέμου συνέχεια. Αυτός ο κύκλος διαδικασιών-κινήσεων ονομάζεται κατακόρυφη μεταφορά. Σε συνδυασμό με την κίνηση του πλανήτη οι ψυχροί και οι θερμοί άνεμοι κινούνται προς διαφορετικές κατεύθυνσης . Δηλαδή δημιουργούνται κυψέλες ανακυκλοφορούμενου αέρα με χαρακτηριστικό τις περιοχές ηρεμίας ανάμεσα τους . Εκτός της παγκόσμιας κίνησης των ανέμων που ουσιαστικά μας παρουσιάζουν των γενικό σύνολο των κινήσεων υπάρχουν και οι τοπικές κινήσεις που αφορούν συγκεκριμένα σημεία. Οι τοπικοί άνεμοι εξαρτώνται από το υψόμετρο , τις θερμοκρασίες , την εποχή ,το ανάγλυφο της περιοχής και γενικά από την ατμόσφαιρα. Λόγο της θερμοχωρητικότητας που έχει η ξηρά ζεσταίνεται και ψυχραίνεται πιο γρήγορα από την θάλασσα . Κατά την διάρκεια της ημέρας η ξηρά παρουσιάζει μεγαλύτερες θερμοκρασίες από την θάλασσα και αυτό οδηγεί

τις αέριες μάζες να αλλάζουν θέσεις . Το ίδιο ισχύει και κατά την διάρκεια της νύχτας που η θάλασσα έχει μεγαλύτερες θερμοκρασίες από την ξηρά .

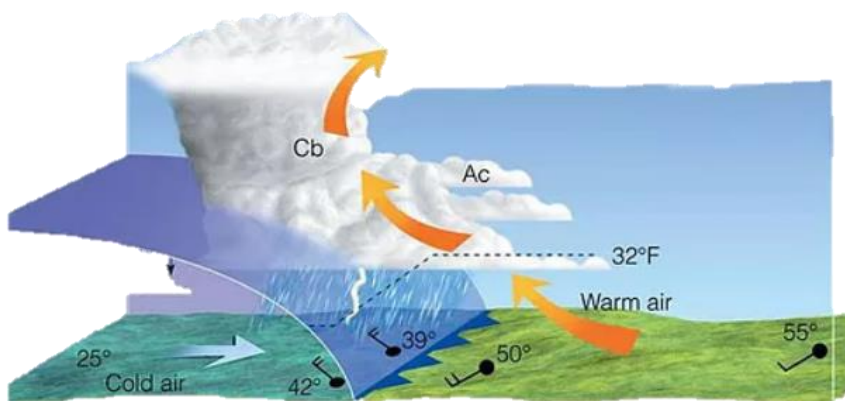
Παρόμοιο φαινόμενο εμφανίζεται και στα βουνά με τις πεδιάδες.

Την ημέρα τα βουνά έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες από τις πεδιάδες και την νύχτα το αντίθετο . Αυτό επηρεάζει την κίνηση του αέρα που ουσιαστικά ο θερμός παίρνει ύψος και ο ψυχρός τον αντικαθιστά.



**Εικόνα 0-1**

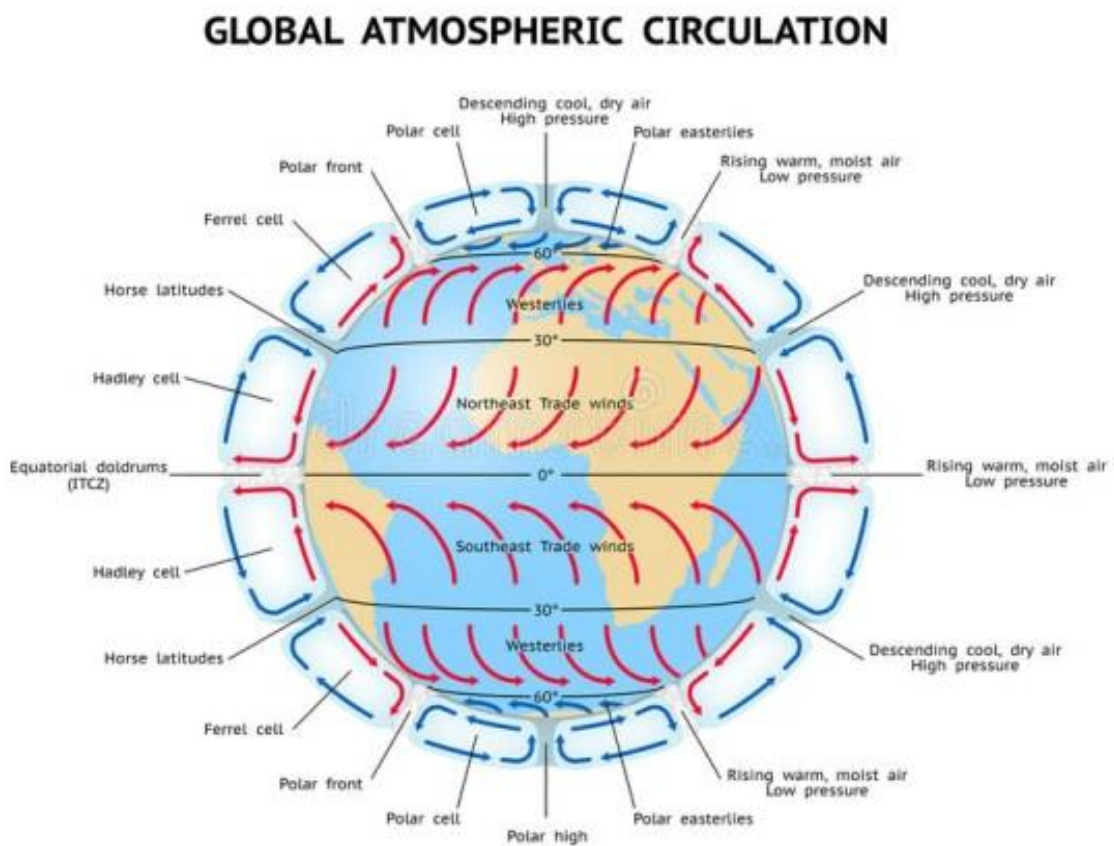
Η κίνηση του ανέμου από θερμό σε ψυχρό περιβάλλον ( εικόνα 0-1 )



**Εικόνα 0-2**

Διαδικασία εναλλαγής θερμών αέριων μαζών με ψυχρές αέριες μάζες ( εικόνα 0-2 )

Στις παραπάνω φωτογραφίες παρατηρούμε όλη την διαδικασία εναλλαγής των αέριων μαζών. Δηλαδή την υπερύψωση των θερμών αέριων μαζών και την αντικατάστασή τους από τις ψυχρές αέριες μάζες, όπως και την φορά που θα έχει ο άνεμος σε αυτή την περίπτωση.



**Εικόνα 0-3**

Παγκόσμια ατμοσφαιρική κυκλοφορία αέριων μαζών ( εικόνα 0-3 )

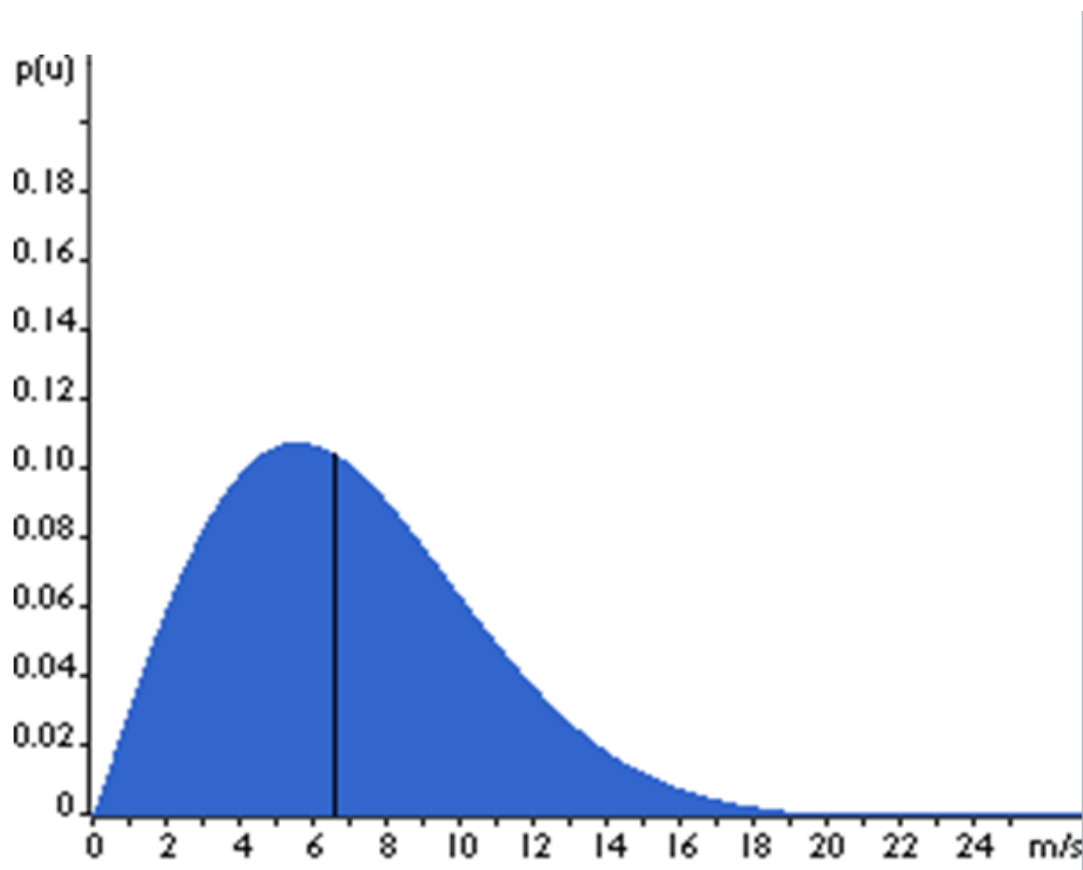
Στην παραπάνω φωτογραφία μας παρουσιάζεται η ατμοσφαιρική κυκλοφορία σε παγκόσμιο επίπεδο. Ουσιαστικά αυτό που παρατηρούμε είναι την κίνηση των θερμών αέριων μαζών προς τα δυτικά στον ισημερινό και στους πόλους λόγω των ψυχρών αέριων μαζών προς τα ανατολικά. Επίσης περιμετρικά της εικόνας φαίνονται οι κυψέλες ανακυκλοφορούμενου αέρα με τις περιοχές κενού τους ,όπως και το πώς επηρεάζονται ανάλογα την γεωγραφική τοποθεσία.

### **2.3 Κατανομή ανέμου Weibull**

Όπως αναφέρθηκε και πριν εκτός της παγκόσμιας κίνησης των ανέμων ,υπάρχουν και οι τοπικοί άνεμοι. Οι ταχύτητες που εμφανίζονται σε τοπικές περιοχές κατά την διάρκεια ενός χρόνου έχει αποδειχθεί ότι συμπίπτουν με την κατανομή Weibull. Αυτού του είδους η κατανομή ουσιαστικά μας προσδιορίζει την πιθανότητα ενός διαστήματος τιμών ταχύτητας των ανέμων σε μία συγκεκριμένη περιοχή στο διάστημα του ενός χρόνου. Εάν αυτά τα διαστήματα γίνουν αρκετά μικρά τότε προκύπτει η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Επίσης υπάρχει και η αθροιστική κατανομή όπου είναι η πιθανότητα να υπάρχει άνεμος μικρότερης ταχύτητας. Η κατανομή Weibull χαρακτηρίζεται από την παράμετρο  $k$  που είναι η παράμετρος μορφής και το  $\lambda$  που είναι η παράμετρος κλίμακας.

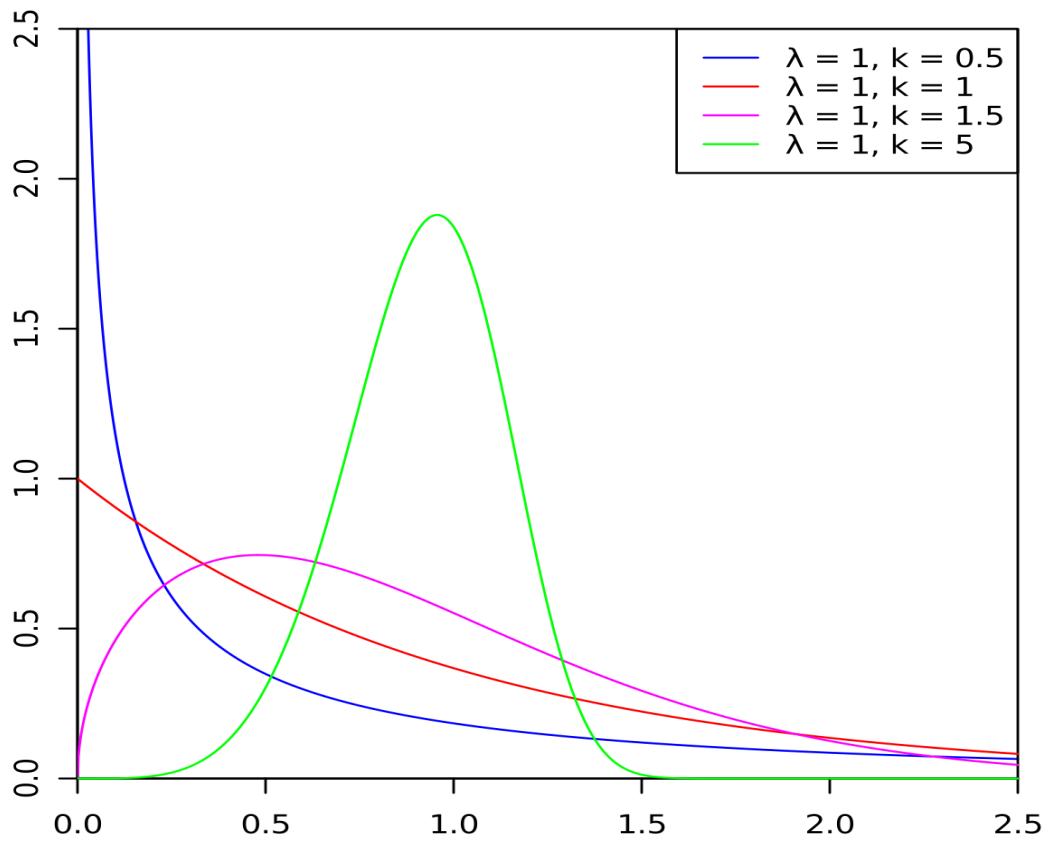
Η παράμετρος  $k$  συσχετίζεται από τις διακυμάνσεις των ταχυτήτων ενώ η παράμετρος  $\lambda$  από τη μέση τιμή ταχύτητα των ανέμων. Ο υπολογισμός αυτών των παραμέτρων είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία για την αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού σε μία περιοχή. Ο υπολογισμός τους γίνεται μέσω ελαχίστων τετραγώνων με τις μετρούμενες τιμές ενός έτους. Επιπλέον υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που μπορούν και πρέπει να υπολογιστούν ,όπως η ταχύτητα με τη μέγιστη πιθανότητα εμφάνισης και η ετήσια μεταβλητότητα .

[Απόστολος Πολυζάκης , Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος]



**Εικόνα 0-4**

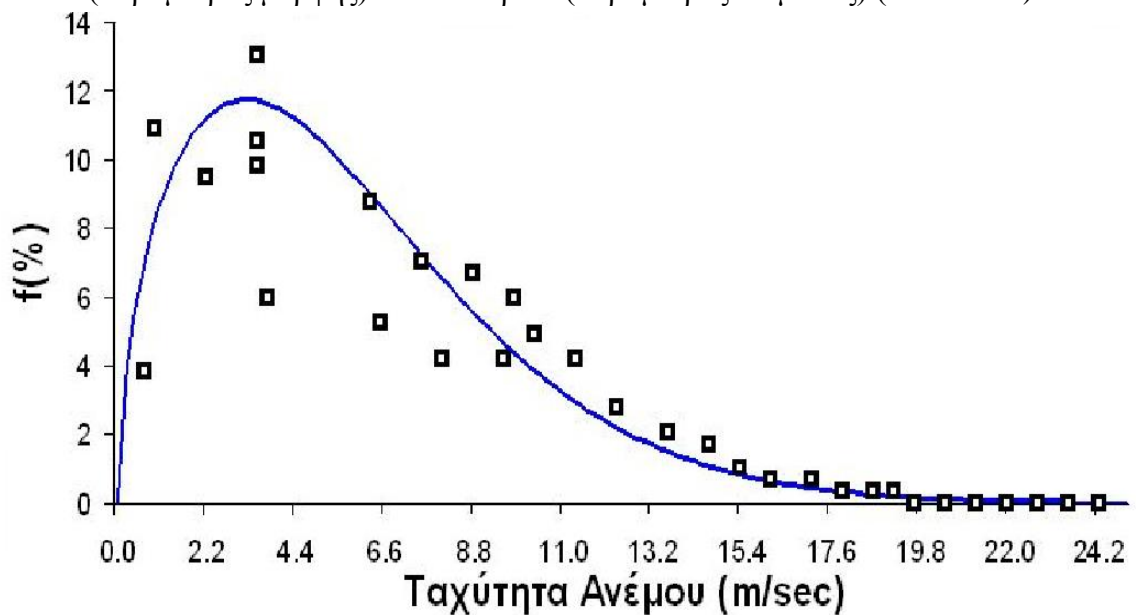
Μία τυπική κατανομή Weibull ( εικόνα 0-4 ) σε γράφημα ( Στον y άξονα έχει την πυκνότητα πιθανότητας και στο x άξονα την ταχύτητα του ανέμου σε μέτρα ανά δευτερόλεπτα ). Όπως φαίνεται στο γράφημα από τις μετρήσεις που υπάρχουν η ταχύτης με την μέγιστη πιθανότητα εμφάνισης είναι τα 5.5m/s. Επίσης φαίνεται και η ελάχιστη πιθανότητα εμφανίσεις για τις τιμές 18m/s και πάνω. Η μαύρη γραμμή αφορά την πιθανότητα της επιθυμητής τιμή ταχύτητας ανέμου για το συγκεκριμένο χώρο (περίπου 7m/s)



**Εικόνα 0-5**

Πυκνότητα πιθανότητας κατανομής Weibull για διαφορετικά  $k$

(παράμετρος μορφής) και σταθερό  $\lambda$  (παράμετρος κλίμακας) (εικόνα 0-5).



**Εικόνα 0-6**



Διασπορά πειραματικών τιμών και θεωρητικής κατανομής Weibull (εικόνα 0-6). Στον  $y$  άξονα έχουμε την αθροιστική κατανομή και στον  $x$  έχουμε την ταχύτητα ανέμου όπως και το αναφέρει.

## 2.4 Πλεονεκτήματα

Στην χώρα μας τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μία σημαντική άνοδος στην εγκαταστημένη ισχύ από αιολικά πάρκα. Λόγο του μεγάλου ρυθμού ανάπτυξης δημιουργήθηκε στον πληθυσμό της Ελλάδας η απορία εάν οι ανεμογεννήτριες είναι φιλικές με το περιβάλλον. Ας δούμε αρχικά για ποιόν λόγο προκλήθηκε τόσο ραγδαία ανάπτυξη. Πλέον είναι γνωστός σε όλους ο όρος κλιματική αλλαγή . Εξαιτίας λοιπόν των κλιματικών αλλαγών γίνεται μία συνεχής προσπάθεια για αύξηση της άντλησης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ώστε να μειώνονται οι λειτουργίες των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα λιγότερους ρύπους από τα εργοστάσια συνάμα με την μείωση των εξόδων. Επίσης ο άνεμος είναι μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας η οποία μας παρέχετε δωρεάν. Επιπλέον η τεχνολογία των ανεμογεννητριών έχει εξελίχθη αρκετά ώστε να μας δίνει αρκετή ισχύ σε σχέση με την ισχύ που έχει καταναλωθεί για να δημιουργηθούν ( το ίδιο ισχύει και για το οικονομικό στοιχείο ). Η ανεμογεννήτρια είναι ένα μηχάνημα το οποίο δεν παράγει ρύπους όπως διοξείδιο του θείου ή μονοξείδιο του άνθρακα. Ενισχύει την οικονομία της χώρας σε μεγάλο βαθμό . Δημιουργία συνθήκες ανεξαρτησίας ( για παράδειγμα ένα αιολικό πάρκο που τροφοδοτεί ένα νησί ) για διάφορες περιοχές και έτσι μειώνονται και οι απώλειες μεταφοράς ( δεν χρειάζονται επιπλέον καλώδια πολλών χιλιομέτρων για την διασύνδεση ). Επίσης η Ελλάδα είναι μία χώρα η οποία περιτριγυρίζεται από θάλασσα οπότε υπάρχουν αρκετές

εναλλαγές θερμών αέριων μαζών με ψυχρές αέριες μάζες. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε ανέμους αρκετά συχνά . Κατά κύριο λόγο δυνατούς ανέμους ικανούς να παράγουν μεγάλα ποσοστά ισχύος με την βοήθεια των αιολικών πάρκων

**[Ε. Μπινόπουλος, Π. Χαβιαρόπουλος / Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)]**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

---

### 3.1 Εισαγωγή

Ο ορισμός του αιολικού δυναμικού είναι η μελέτη των χαρακτηριστικών του ανέμου. Δηλαδή την μελέτη της ταχύτητας και της- διεύθυνσης που έχει ο άνεμος ως προς το χώρο και το χρόνο. Επίσης εξετάζει και το σημαντικό ποσοστό που εμπεριέχει ο άνεμος, δηλαδή την αιολική ενέργεια. Γενικότερα το αιολικό δυναμικό εξετάζεται ως προς τις εξής κατηγορίες :

- **1<sup>η</sup>** ( Πρώτη ) κατηγορία είναι το θεωρητικό-μετεωρολογικό δυναμικό που αφορά το σύνολο της αιολικής ενέργειας (ενέργειας ανέμου) που κυκλοφορεί στο περιβάλλον.
- **2<sup>η</sup>** ( Δεύτερη ) κατηγορία είναι το διαθέσιμο δυναμικό που αποτελεί το θεωρητικό δυναμικό αλλά για περιοχές που είναι πιο πιθανό να γίνει εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Για παράδειγμα όταν γίνεται μελέτη διαθέσιμου δυναμικού σε μία περιοχή μπορεί να θεωρηθεί ανίκανη για χρήση λόγω γεωγραφικών ή χωροταξικών προβλημάτων.
- **3<sup>η</sup>** ( Τρίτη ) κατηγορία είναι το τεχνολογικό δυναμικό που ορίζεται ως το εκμεταλλεύσιμο δυναμικό που μπορεί να διαχειριστεί ένα συγκεκριμένο είδος τεχνολογίας.

- 4<sup>η</sup> ( Τέταρτη ) κατηγορία ορίζεται το οικονομικό δυναμικό. Αυτού του είδους το δυναμικό εξαρτάται άμεσα από το τεχνολογικό δυναμικό. Δηλαδή όσο πιο οικονομικά βιώσιμο είναι το τεχνολογικό δυναμικό τόσο πιο εκμεταλλεύσιμο είναι το οικονομικό δυναμικό.

[Απόστολος Πολυζάκης , Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος]

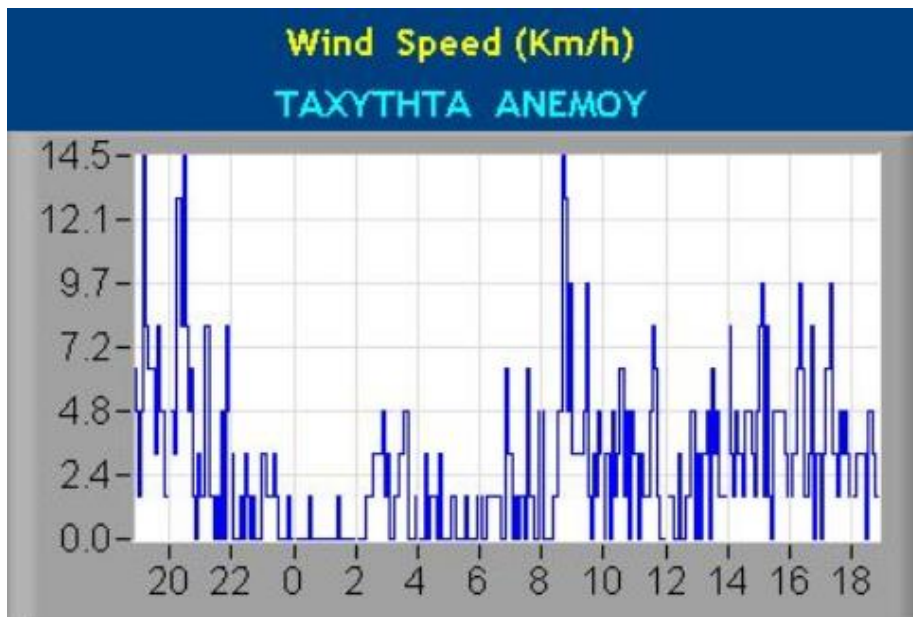
### 3.2 Χαρακτηριστικά ανέμου

Σε μία περιοχή για να γίνει η κατάλληλη εκτίμηση του αιολικού δυναμικού πρέπει γίνουν γνωστά τα χαρακτηριστικά του ανέμου που κινείται στο περιβάλλον. Δηλαδή στοιχεία όπως η ταχύτητα , η διεύθυνση και η κατανομή τους στο χώρο και το χρόνο αποτελούν βασικές πληροφορίες. Η πλήρης συγκέντρωση αυτών των δεδομένων γίνεται μέσω μετρήσεων και υπολογιστικών μοντέλων. Εξαιτίας της μεταβολής του ανέμου λόγω της ιδιαιτερότητας του ως φυσικό φαινόμενο , γίνεται διαχωρισμός σε κατηγορίες ως προς τις χρονικές μεταβολές του. Οι κατηγορίες έχουν ως εξής :

- Σε διάστημα μεγαλύτερου του ενός ημερολογιακού έτους γίνονται απαραίτητες μετρήσεις ταχύτητας και μετεωρολογικών παραμέτρων για την ασφαλή εκτίμηση των μεταβολών σε μία περιοχή. Αυτό συμβαίνει επειδή η πρόβλεψη της διακύμανσης των μεταβολών είναι από τα κυριότερα ζητήματα για την ενεργειακή παραγωγή από τα αιολικά συστήματα. Αυτού του είδους η κατηγορία αφορά μεγάλες περιόδους (συνήθως χρειάζεται διάστημα μετρήσεων τουλάχιστον 5 ετών)

- Η κατηγορία των ετήσιων μεταβολών αφορά τις αλλαγές που συμβαίνουν κατά την διάρκεια ενός έτους σε μία περιοχή. Είναι σημαντικό να είναι γνωστές οι μεταβολές ανά τους μήνες σε μία περιοχή για να μπορεί να γίνει πρόβλεψη για τα ποσοστά ενέργειας που θα παραχθούν και το πώς θα διαχειριστούν αυτά τα ποσά ενέργειας . Πιο συγκεκριμένα στο ανατολικό νησιωτικό μέρος ( Αιγαίο Πέλαγος ) της Ελλάδας έχει παρατηρηθεί ότι τους μήνες Φεβρουάριο , Ιούλιο και Αύγουστο έχουμε τις μέγιστες ταχύτητες ανέμων ,ενώ τους ανοιξιάτικους μήνες έχουμε τις ελάχιστες ταχύτητες . Στην Δυτική Ελλάδα έχει παρατηρηθεί ότι τους χειμερινούς μήνες έχουμε τις μέγιστες ταχύτητες ,ενώ την άνοιξη και το φθινόπωρο έχουμε τις ελάχιστες με τους καλοκαιρινούς μήνες να είναι κοντά στις μέσες τιμές.
- Σε περιοχές που οι θερμοκρασίες διαφοροποιούνται συνεχώς ( τροπικές ζώνες και χώρες στον ισημερινό) κατά την διάρκεια της ημέρας παρουσιάζονται μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου και τις νυχτερινές ώρες υπάρχει μία ηρεμία με τον άνεμο να έχει μικρές ταχύτητες. Ακόμα και αυτού του είδους η κατηγορία εξαρτάται από την εποχή ,το υψόμετρο και το ανάγλυφο της περιοχής. Αυτού του είδους η κατηγορία αφορά τις ημερήσιες μεταβολές σε μία περιοχή. Είναι καλό να υπάρχει μία καθημερινή εκτίμηση των μετεωρολογικών φαινομένων ώστε να μειωθούν τα ποσοστά βλαβών άρα και συντηρήσεων.
- Επιπλέον μία κατηγορία είναι οι σύντομες μεταβολές. Σύντομες μεταβολές ορίζονται τα διαστήματα μέχρι 10 λεπτά το οποία αντιπροσωπεύουν την τύρβη και τις ριπές ανέμου. Για τις εφαρμογές στην αιολική ενέργεια αυτού του είδους οι διακυμάνσεις πρέπει να ποσοτικοποιούνται .

- Επίσης μία κατηγορία είναι η ριπή του ανέμου. Αφορά ένα μεμονωμένο γεγονός μέσα στη τυρβώδη ροή. Οι ριπές αποτελούνται από 4 χαρακτηριστικά :
  1. Πλάτος
  2. Χρόνος ανάπτυξης
  3. Εύρος
  4. Χρόνος παρέλευσης



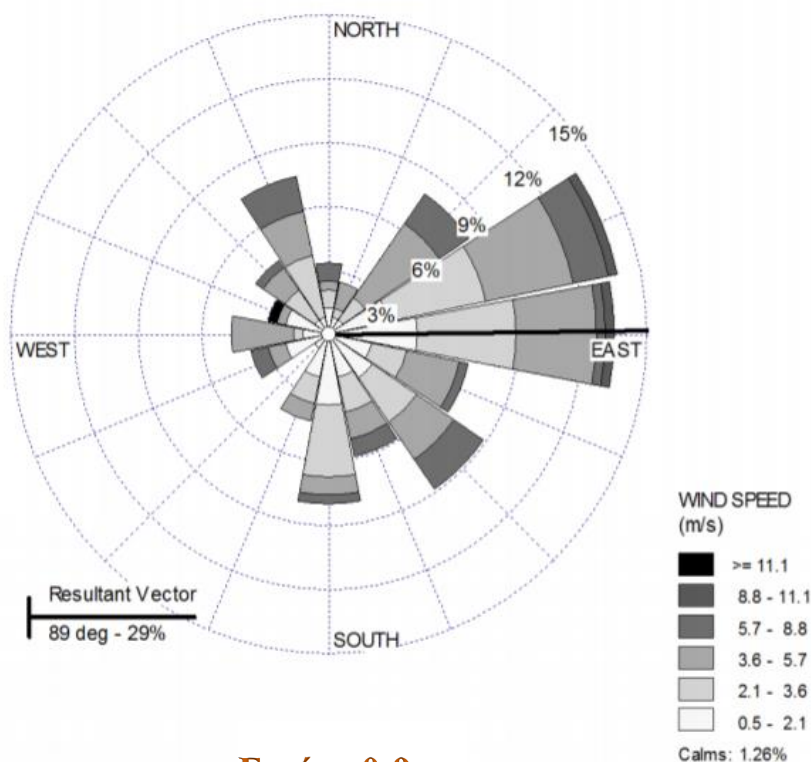
**Εικόνα 0-7**

Για παράδειγμα η παραπάνω φωτογραφία (εικόνα 0-7) μας παρουσιάζει μία χρονοσειρά μετρήσεων ταχύτητας ανέμου στην περιοχή του Βύρωνα ( Στον y άξονα υπάρχουν οι ταχύτητες σε χιλιόμετρα και στο x άξονα ο χρόνος χωρισμένος ανά διαστήματα δύο ωρών ). Η μέση τιμή της ταχύτητας προκύπτει από την πρόσθεση των μετρήσεων για να βρεθεί το άθροισμα και στη συνέχεια η διαίρεση του αθροίσματος με το πλήθος των μετρήσεων. Επίσης μπορεί να υπολογιστεί και η απόκλιση ( $\sigma$ ). Ισούται με το άθροισμα της αφαίρεσης των κάθε τιμών με την μέση τιμή , το οποίο αποτέλεσμα διαιρείται με το ένα μείον το πλήθος ( $N$ ) ( $1/(1-N)$ ) . Στη συνέχεια όλο το αποτέλεσμα από τις παραπάνω πράξεις μπαίνει εντός ρίζας.

| ΚΑΙΜ.<br>BEAUFORT | ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΑΝΕΜΟΥ                   | ΣΕ m/sec             | ΣΕ km/h   | κέρφοι | ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΞΗΡΑ   |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------|--------|--|
| 0                 | Αιφνοια<br>Calm                   | 0 - 0.2              | 1         | <1     | Ο καπνός υψώνεται κατακόρυφα.  |
| 1                 | Σχεδόν άπνοια<br>Light Air        | 0.3 - 1.5            | 1 - 5     | <3     | Η διεύθυνση του ανέμου φάνεται από τον καπνό και όχι από τον ανεμοδείκτη.  |
| 2                 | Πολύ ασθενής<br>Light breeze      | 1.6 - 3.3            | 6-11      | 4-6    | Άνεμος αισθητός στο πρόσωπο. Τα φύλλα των δένδρων θροίζουν και ο ανεμοδείκτης κινείται.                              |
| 3                 | Ασθενής<br>Gentle Breeze          | 3.4 - 5.4            | 12-19     | 7-10   | Τα φύλλα και τα μικρά κλωνάρια των δένδρων βρίσκονται σε συνεχή κίνηση. Ο άνεμος τεντώνει μικρή σημαία.              |
| 4                 | Σχεδόν Μέτριος<br>Moderate breeze | 5.5 - 7.9            | 20 - 28   | 11-16  | Ο άνεμος σηκώνει σκόνη και φύλλα χαρτιού. Κινεί μικρά δένδρα.  |
| 5                 | Μέτριος<br>Fresh Breeze           | 8.0 - 10.7           | 29 - 38   | 17-21  | Μικρά δένδρα με φύλλα αρχίζουν να κινούνται. Σημειάζονται κυματίδια σε λίμνες.                                       |
| 6                 | Ισχυρός<br>Strong breeze          | 10.8 - 13.8          | 39 - 49   | 22-27  | Κινούνται μεγάλα κλαδιά δένδρων. Ακουγεται συρμός στα τηλεγραφικά σύρματα. Οι ομπρέλες χρησιμοποιούνται με δυσκολία. |
| 7                 | Σχεδόν θυελλώδης<br>Near Gale     | 13.9 - 17.1          | 50 - 61   | 28-33  | Τα δένδρα κινούνται ολόκληρα. Το αντίθετο στον άνεμο βιάσιμα γίνεται δύσκολο.  |
| 8                 | Θυελλώδης<br>Gale                 | 17.2 - 20.7          | 62 - 74   | 34-40  | Θραύει μικρά κλωνάρια δένδρων. Γενικά εμποδίζει το αντίθετο στον άνεμο βιάσιμα.                                      |
| 9                 | Πολύ θυελλώδης<br>Strong gale     | 20.8 - 24.4          | 75 - 88   | 41-47  | Προκαλούνται μικρές ζημιές σε κατασκευές. Αναριάζονται πηλيني καπνοδόχοι και κεραμίδια.                              |
| 10                | Θυελλα<br>Storm                   | 24.5 - 28.4          | 89 - 102  | 48-55  | Σπάνια παρατηρείται στο εσωτερικό της ξηράς. Ξερίζονται δένδρα και πρόξενει μεγάλες ζημιές σε κατασκευές.            |
| 11                | Ισχυρή θυελλα<br>Violent Storm    | 28.5 - 32.6          | 103 - 117 | 56-63  | Πολύ σπάνια παρατηρείται. Γίνονται πολύ μεγάλες ζημιές.  |
| 12                | Τυφώνας<br>Hurricane              | 32.7 και περισσότερο | >= 118    | >= 64  | ...  |

Εικόνα 0-8

Στον παραπάνω πίνακα (εικόνα 0-8) παρουσιάζονται οι ταχύτητες ανέμου κατηγοριοποιημένες με την κλίμακα Beaufort. Επίσης μας παρουσιάζονται οι ταχύτητες σε άλλη κλίμακα ,όπως και μία περιγραφή σε πραγματικές συνθήκες μαζί με το πόσο συχνά εμφανίζονται αυτές οι ταχύτητες.



**Εικόνα 0-9**

Στην παραπάνω φωτογραφία (εικόνα 0-9) εμφανίζεται ένα ανεμόροδο ( wind rose ).

Επειδή η διεύθυνση του ανέμου δεν είναι σταθερή σε μία θέση και μεταβάλλεται συνεχώς , γίνεται μέτρηση με βάση την φορά των δεικτών του ρολογιού με την χρήση μοιρών σε ένα ευθύ τμήμα χωρισμένο σε 8,16 ή 32 τομείς. Δημιουργώντας ένα πολικό διάγραμμα και προσθέτοντας την συχνότητα εμφάνισης του ανέμου σε κάποια θέση ,κατασκευάζουμε ένα ρόδο ανέμου ( wind rose ). Τέτοιου είδους στοιχεία είναι ικανά να παρέχουν κατάλληλες πληροφορίες για την πλήρη εκτίμηση αιολικού δυναμικού σε μία περιοχή για συγκεκριμένο χρόνο. Για να αποκτηθούν τέτοιου είδους μετρήσεις χρειάζονται κατάλληλα βαθμονομημένα όργανα.



Τέτοιου είδους όργανα είναι τα ανεμόμετρα ( μετράνε την ταχύτητα του ανέμου ) ,οι ανεμοδείκτες ( παρουσιάζουν την διεύθυνση και τη φορά του ανέμου ) και διάφοροι άλλοι αισθητήρες για καταγραφή των μετρολογικών συνθηκών. Λόγο της εξέλιξης της τεχνολογίας αυτά τα όργανα είναι εξοπλισμένα με GSM modem για την μετάδοση των καταγεγραμμένων πληροφοριών και για τηλεέλεγχο. Για να υπάρχει μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις τα όργανα πρέπει να τοποθετούνται σε ψηλά σημεία για να μην παρεμποδίζεται ο άνεμος. Επίσης πρέπει να έχει γίνει καλή σταθεροποίηση στην εγκατάσταση για την ακρίβεια της φοράς του ανέμου. Επιπλέον στον χώρο εγκατάστασης των οργάνων δεν γίνεται τοποθέτηση μόνο από ένα είδος οργάνου αλλά από πολλαπλά όργανα δημιουργώντας έναν ιστό. Αυτό συμβαίνει ώστε οι μετρήσεις να έχουν μικρότερη απόκλιση από την πραγματικότητα.

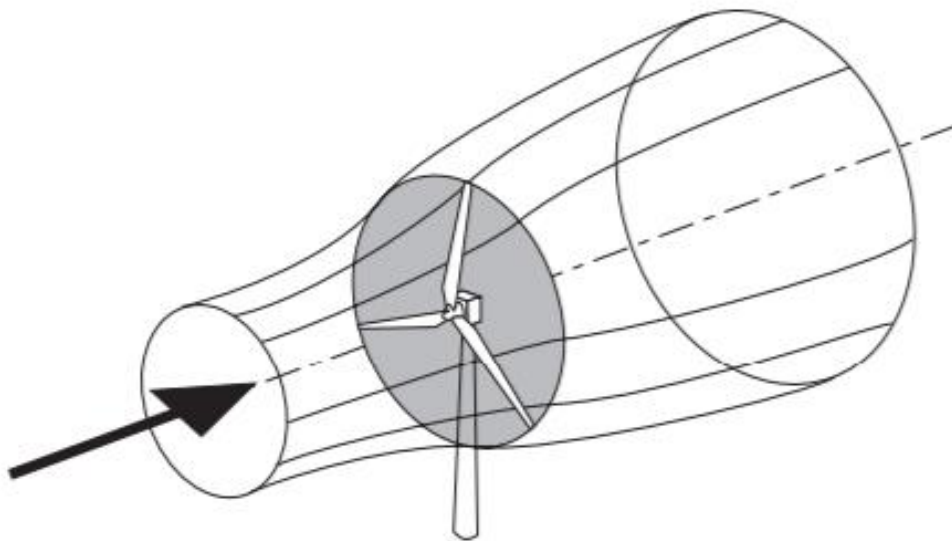
[Απόστολος Πολυζάκης , Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος]

### 3.3 Ισχύς ανέμου

Η ενέργεια του ανέμου αποτελείται από κινητική ενέργεια ,άρα τα μεγέθη που συσχετίζονται είναι η ταχύτητα και η μάζα. Σε αυτή την περίπτωση χρειάζεται η μάζα του ανέμου. Για να βρεθεί η μάζα του ανέμου πρέπει να είναι γνωστή η πυκνότητα του ανέμου που διέρχεται σε μία επιφάνεια με κάποιο εμβαδό A κάθετα. Οπότε αυτό που προκύπτει είναι ότι η ισχύς του ανέμου είναι το  $\frac{1}{2}$  της πυκνότητας που διέρχεται κάθετα σε επιφάνεια A επί της επιφάνειας A επί της ταχύτητας του ανέμου η στην 3 . Αλλά η επιφάνεια ορίζεται ως το κλάσμα  $\pi(3.14)$  επί την διάμετρο στο τετράγωνο δια το 4. Δηλαδή ο τύπος της ισχύος που προκύπτει είναι ο εξής

$$\dot{W} = \frac{1}{2} \rho \frac{\pi D^2}{4} \bar{V}^3$$

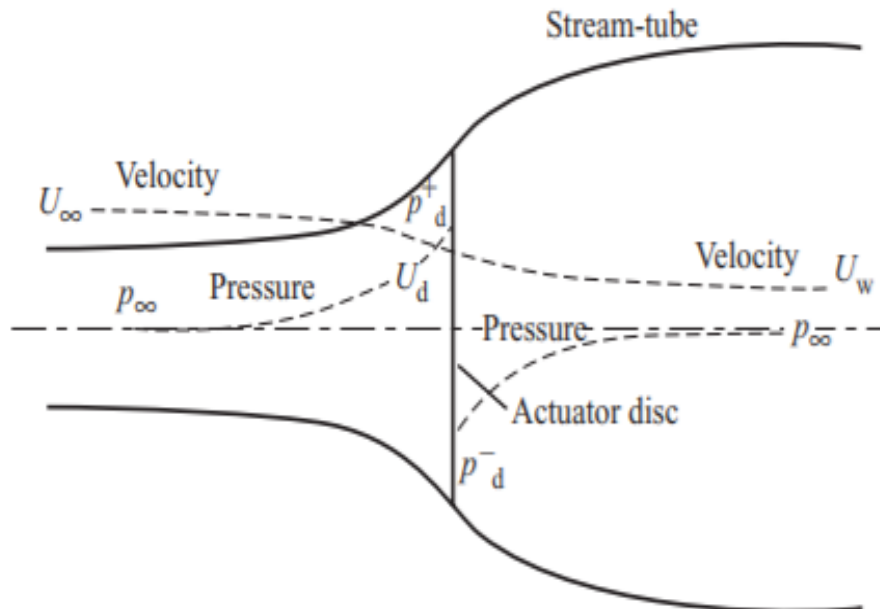
Αφού λοιπόν η ισχύς εξαρτάται άμεσα από την μάζα του αέρα σημαίνει ότι η πυκνότητα είναι ένας σημαντικός παράγοντας. Η πυκνότητα του ανέμου διαφοροποιείται με το υψόμετρο, την θερμοκρασία και την πίεση. Επιπλέον η τεχνικά εκμεταλλεύσιμη ισχύς από ένα ρεύμα ανέμου είναι μικρότερη από αυτή που διατίθεται. Ο λόγος της διαθέσιμης ισχύος προς την τεχνικά εκμεταλλεύσιμη ισχύ ονομάζεται συντελεστής ισχύος ( $C_p$ ). Είναι ένας από τους βασικότερους παράγοντες για τεχνολογικά μέσα εκμετάλλευσης του ανέμου ( ανεμογεννήτριες ). Η μέγιστη τιμή συντελεστή ισχύος έχει όριο  $C_p=0.5926$  με βάση το όριο Betz. Το όριο Betz βασίζεται στη θεωρία του δίσκου ενέργειας η οποία αφορά το μηχανισμό δέσμευσης της κινητικής ενέργειας από το στροφείο και υπολογίζει τη μέγιστη εκμεταλλεύσιμη ισχύ. Με την χρήση του Ροϊκού σωλήνα μπορεί να γίνει αντιληπτό ότι κινητική ενέργεια του ανέμου αλλάζει μετά το στροφείο ανάλογα με την επιφάνεια σάρωσης  $A$ . Η επιφάνεια σάρωσης ορίζεται από την περιστροφή του στροφείου.



**Εικόνα 1-0**

**[Wind Energy Handbook/Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi]**

Στην παραπάνω φωτογραφία (εικόνα 1-0) απεικονίζεται ένας Ροϊκός σωλήνας και παρουσιάζεται η αλλαγή της ροής του ανέμου μετά τη διέλευση του από το στροφείο. Στο κενό ενδιάμεσα η κινητική ενέργεια του ανέμου είναι χαμηλή.



**Εικόνα 1-1**

[Wind Energy Handbook /

**Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi]**

Άλλη μία απεικόνιση του Ροϊκού σωλήνα (εικόνα 1-1) με επιπλέον επισυναπτόμενα στοιχεία. Η παραπάνω φωτογραφία ουσιαστικά μας παρουσιάζει την αλλαγή στην ταχύτητα (velocity) και την πίεση (pressure) μετά την διέλευση του ανέμου από το στροφείο, τη μορφή που θα έχει ο Ροϊκός σωλήνας (stream-tube) και το δίσκο επενέργειας (actuator disc). Επιπλέον στοιχείο που εξετάζεται είναι ο συντελεστής αξονικής επαγωγής. Ο συγκεκριμένος συντελεστής εκφράζει την ποσοστιαία επιβράδυνση του αέρα πάνω στο στροφείο. Επίσης σημαντική παρατήρηση είναι ότι ο συντελεστής ισχύος  $C_p$  δεν είναι ίδιος για τον συντελεστή ισχύος της ανεμογεννήτριας  $C_f$ . Ο συντελεστής ισχύος της

ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την αξονική δύναμη και όχι από τη ισχύ που δεσμεύει το στροφέιο

$$C_P = \frac{\dot{W}}{\frac{1}{2}\rho\vec{V}_A^3 A_B} \qquad C_F = \frac{F}{\frac{1}{2}\rho\vec{V}_A^2 A_B}$$

Το  $\dot{W}$  είναι η ισχύς που δεσμεύει το στροφέιο και βρίσκεται στο τύπο για τον συντελεστή ισχύος (power coefficient). Το  $F$  είναι η αξονική δύναμη και αφορά τον δεξιά τύπο που είναι για τον συντελεστή απόδοσης της ανεμογεννήτριας (ή αλλιώς συντελεστής αντίστασης ή ώθησης (thrust coefficient)). Επίσης υπάρχει και ο συντελεστής ροπής (dimensionless torque coefficient  $C_T$ ). Ο συγκεκριμένος συντελεστής εξαρτάται από τη στρεπτική ροπή ( $T$ ) και ορίζεται από τον εξής τύπο :

$$C_T = \frac{T}{\frac{1}{2}\rho\vec{V}_A^2 A \cdot R}$$

[Απόστολος Πολυζάκης , Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος]

### 3.4 Υπολογισμός αιολικού δυναμικού

Όπως έγινε αναφορά και πιο πάνω για να έχουμε πλήρη γνώση του αιολικού δυναμικού σε μία περιοχή , χρειάζονται κατάλληλα βαθμονομημένα εξαρτήματα

που να καταγράφουν διάφορες μετρήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Πιο κάτω θα αναφερθούν αναλυτικά κάποια από αυτά.

### **3.4.1 Ανεμόμετρα**

Τα ανεμόμετρα είναι γνωστά για την ικανότητα που έχουν να μετρούν την ταχύτητα του ανέμου. Η μορφή τους συνήθως είναι χαρακτηριστική μιας και αποτελούνται από 3 ή 4 κοίλα μεταλλικά ημισφαίρια τοποθετημένα ανά 90 μοίρες αν είναι 4 τα ημισφαίρια ή 120 μοίρες αν είναι 3. Επιπλέον σημαντικό στοιχείο είναι η τοποθέτηση τους ως προς τον άξονα χ. Αυτό συμβαίνει ώστε να μπορούν να εκμεταλλευτούν καλύτερα τον άνεμο τα μεταλλικά ημισφαίρια. Επίσης εκτός της μεταλλικής βάσης με τα ημισφαίρια υπάρχει και μία συσκευή καταγραφής που μετράει τις στροφές που έχουν κάνει τα ημισφαίρια και με κατάλληλους υπολογισμούς βρίσκει την ταχύτητα του ανέμου ( με κάποιες αποκλίσεις πάντα ). Το πρώτο μηχανικό ανεμόμετρο εφευρέθηκε το 1450 από τον Ιταλό αρχιτέκτονα Leon Battista Alberti. Το συγκεκριμένο όργανο αποτελούνταν από ένα δίσκο ο οποίος βρισκόταν σχεδόν κάθετα στον άνεμο ( είχε μία κλίση ). Μετά από αρκετά χρόνια ο Άγγλος Robert Hooke ανασχεδιάζει και ανακατασκευάζει την εφεύρεση του Ιταλού αρχιτέκτονα όπως την ξέρουμε σήμερα παίρνοντας και τα εύσημα για την πρωτοποριακή εφεύρεση ( όσο αναφορά την μορφή ).

**[Design and Implementation of an Improved Wind Speed Meter/**

**Odeyemi F. ,Bakare B.]**

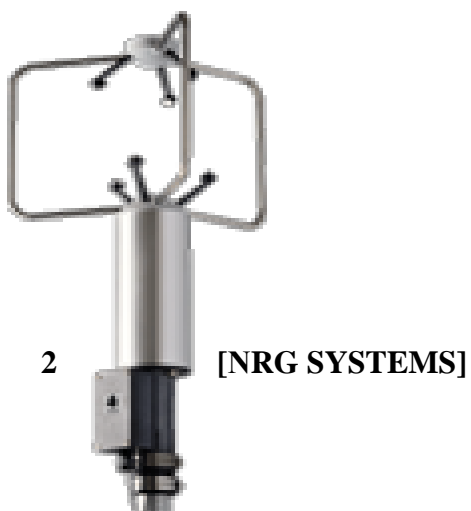


**Εικόνα 1-2**

Ο αριθμός ένα (1) (εικόνα 1-2) απεικονίζει ένα κλασσικό μηχανικό ανεμόμετρο με μεταλλικά ημισφαίρια τοποθετημένα ως προς τον  $\chi$  άξονα. Ο άνεμος κινείται και έρχεται σε επαφή με τα ημισφαίρια και τα κινεί . Όσα αυτά κινούνται έχουν κατάλληλη καλωδίωση με ένα καταγραφικό που μετράει της περιστροφές και μας παρουσιάζει την ταχύτητα.

**[Design and Implementation of an Improved Wind Speed Meter/**

**Odeyemi F. ,Bakare B.]**



**Εικόνα 1-3**



**Εικόνα 1-4**

Οι εικόνες 2 και 3 (εικόνα 1-3 και 1-4) παρουσιάζουν δύο διαφορετικά είδη ανεμόμετρων παλμού ή , όπως αλλιώς λέγονται ηχητικά ανεμόμετρα. Αυτού του είδους τα ανεμόμετρα προσδιορίζουν την στιγμιαία ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου μετρώντας τον αριθμό των ηχητικών κυμάτων που ταξιδεύουν ανάμεσα σε δύο αναμεταδότες και κατά πόσο αυτά επηρεάζονται από τον άνεμο ( αν οι παλμοί πάνε πιο γρήγορα ή πιο αργά λόγω του ανέμου). Το 1994 ο γωολόγος Dr. Andreas Pflitsch εφευρε το ηχητικό ανεμόμετρο. Τα ανεμόμετρα παλμού θεωρούνται καλύτερα και προτιμούνται περισσότερο σε εφαρμογές που χρειάζεται μεγαλύτερη ακρίβεια. Εξαιτίας της μορφής τους και των μηχανικών μερών τους τα κλασσικά μηχανικά ανεμόμετρα έχουν αποκλίσεις από την πραγματικότητα. Επίσης σε χαμηλές ταχύτητες όπως 1 ή 2 m/s υπάχρει περίπτωση τα μηχανικά ανεμόμετρα να μην ανταποκριθούν. Λόγο της έληψης ενέργειας τα μηχανικά μέρη δεν μπορούν να κινηθούν άρα δεν υπάρχουν και μετρήσεις από το καταγραφικό . Δηλαδή για 2m/s θα έχουμε ένδειξη 0m/s. Βασικό μειονέκτημα των ηχητικων ανεμομέτρων είναι το κόστος τους. Παρόλο που έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια , ακόμα έχουν σχεδόν 5 φορές μεγαλύτερη αξία από ένα μηχανικό ανεμόμετρο

**[Design and Implementation of an Improved Wind Speed Meter/**

**Odeyemi F. ,Bakare B.]**



**Εικόνα 1-5**

Στην φωτογραφία νουμερο 4 ( εικόνα 1-5 ) παρατηρούμε ένα ανεμόμετρο νέας τεχνολογίας. Αυτού του είδους τα ανεμόμετρα έχουν υβριδική τεχνολογία. Αντέχουν περισσότερο σε αντίξοες καιρικές συνθήκες λόγω των καλυμάτων που έχουν εγκατεστημένα. Είναι πλήρως ανθεκτικά στις σκόνες και στις βροχές. Έχουν ειδικά συστήματα για ψύξη και θέρμανση για μεγάλες θερμοκρασίες και ψυχρές αντίστοιχα. Έχει πολύ μικρές αποκλίσεις της τάξης των (+ -) 0.2 με 0.3 m/s ( μπορεί να έχουν ακόμα μικρότερες ή μεγαλύτερες αποκλίσεις εξαρτάται από τον κατασκευαστή και τα υλικά από τα οποία αποτελείται ). Επιπλέον μπορεί να μετρήσει και ακραίες ταχύτητες ανέμου σχεδόν στα 70-80 m/s ( 80 m/s ανιστοιχούν σε 288 km/h ,ταχύτητες ανέμου ικανές να καταστρέψουν κατοικίες μιας και 80m/s είναι αντίστοιχα 12 Beaufort ( Hurricane ) ). Γενικά λόγω των ακραίων αντοχών του, γίνεται αρκετά ελκιστικό για αγορά παρά το κόστος του . Επίσης μειώνονται και οι επισκέψεις στις ανεμογεννήτριες για συντήρηση των συστημάτων μιας και δεν βγάζει τόσο συχνά σφάλματα.

[Επιστημονικές επιχειρήσεις Ε.Π.Ε / NRG SYSTEMS ]

### 3.4.2 Ανεμοδείκτης



**Εικόνα 1-6**



**Εικόνα 1-7**



Οι ανεμοδείκτες είναι και αυτοί συστήματα όπως τα ανεμόμετρα που χρειάζονται για την κατανόηση του αιολικού δυναμικού σε μία περιοχή . Για πολλούς αιώνες αποτελούσε μέσω με το οποίο οι άνθρωποι ανίχνευαν την φορά του ανέμου. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο για την ναυτιλία ,την γεωργία και την πρόβλεψη του καιρού. Οι ανεμοδείκτες θα πρέπει να τοποθετούνται σε όσο το δυνατότερον γίνεται υψηλό σημείο έτσι ώστε να μην παρεμποδίζεται ο άνεμος ,για μπορεί να γίνει πλήρως αντιληπτό προς τα πού κινείται ο άνεμος. Αυτές οι συσκευές αποτελούνται από ένα περιστρεφόμενο οριζόντιο βέλος ή από μία κατασκευή που είναι τοποθετημένη σε μια ακίνητη κατακόρυφη ράβδο. Καθώς ο άνεμος φυσάει, το οριζόντιο στέλεχος περιστρέφεται για να δείχνει τόσο την κατεύθυνση όσο και την ταχύτητα του ανέμου. Το ελαφρύτερο και μικρότερο τμήμα του οριζόντιου βέλους δείχνει προς τα πού κινείται ο άνεμος. Οι εικόνες 1 και 2 ( εικόνες 1-6 και 1-7 αντίστοιχα ) μας παρουσιάζουν μηχανικούς και υβριδικούς ανεμοδείκτες αντίστοιχα, όπως και πριν. Οι διαφορές τους όπως και στα ανεμόμετρα είναι κατασκευαστικές ,στην ακρίβεια των μετρήσεων και το κόστος.

**[The History of Wind Vanes /Emily Beach/ July 31 2019]**

### 3.4.3 Κιβώτιο ανέμου (Wind cube lidar)



**Εικόνα 1-8**

Αυτού του είδους οι συσκευές μέτρησης καταγράφουν εξ αποστάσεως την ταχύτητα του ανέμου χρησιμοποιώντας παλμική τεχνολογία Doppler Lidar για την παροχή μετρήσεων υψηλής ποιότητας. Είναι ένα ελαφρύ σύστημα που χρησιμοποιεί τέσσερις δέσμες λέιζερ ακτινικά και μία κάθετα προσανατολισμένη δέσμη για τη συλλογή δεδομένων μέχρι και 290 μέτρα πάνω από το επίπεδο του εδάφους. Παρέχει μετρήσεις για δώδεκα (12) διαφορετικά ύψη ταυτόχρονα για τις τιμές της οριζόντιας και κατακόρυφης ταχύτητας του ανέμου, της διεύθυνσης, της έντασης τύρβης, και της διάτμησης. Λόγο του μικρού του όγκου μπορεί να εγκατασταθεί εύκολα και γρήγορα. Επίσης δεν χρειάζεται επιπλέον άδεια εγκατάστασης. Έχει την δυνατότητα για πολλαπλές επιλογές επικοινωνίας όπως και Flow Complexity Recognition (FCR) για τις διάφορες μορφολογίες εδάφους. Στην εικόνα ένα (1) φαίνεται και η δομή του κιβωτίου.

**[Επιστημονικές επιχειρήσεις Ε.Π.Ε / NRG SYSTEMS ]**

### 4.1 Εισαγωγή

Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν αιολικές μηχανές ( μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας ) που μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια αφού ενδιάμεσα την κάνουν μηχανική ( περιστροφική ). Όταν τοποθετούμε πολλές ανεμογεννήτριες σε ένα μέρος διασύνδεσης τότε αναφερόμαστε σε ένα αιολικό πάρκο. Συνήθως αιολικά πάρκα κατασκευάζονται σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό. Μία οικονομικά συμφέρουσα περιοχή έχει ταχύτητες ανέμου περίπου 6m/s κατά μέσο όρο σε ένα χρόνο. Για αυτό την τελευταία εικοσαετία (20) έχουμε και πολλές κατασκευές αιολικών πάρκων. Ταυτόχρονα με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας πλέον υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία από ανεμογεννήτριες.

#### [Απόστολος Πολυζάκης , Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος]

Οι ανεμογεννήτριες που πρόκειται να εγκατασταθούν για εμπορικές συνθήκες κυμαίνονται σε ισχύ από 100kW έως 10MW. Η ανεμογεννήτρια των 10MW είναι κατασκευασμένη το 2018 και αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες που έχουν κατασκευαστεί μέχρι σήμερα. Είναι κατασκευασμένη από την εταιρία Vestas (V164-10.0MW) και θα εγκατασταθεί στην θάλασσα (offshore wind farm). Τόσο μεγάλης ισχύος ανεμογεννήτριες μπορούν να τροφοδοτήσουν μέχρι και 5977 σπίτια στη Γερμανία . Παρόλα αυτά, ο όγκος και το κόστος τους είναι πολύ μεγάλο. Το στροφέιο έχει διάμετρο 164m και το κάθε πτερύγιο ζυγίζει 35TN (τόνους) και κοστίζει περίπου 16-20 εκατομμύρια δολάρια (\$) ( το 1MW κοστολογείται περίπου 1-2 εκατομμύρια δολάρια (\$) ). Αυτού του είδους οι ανεμογεννήτριες θα είναι διαθέσιμες για εγκατάσταση το 2021.

## 4.2 Είδη ανεμογεννητριών

Όπως αναφέρθηκε και πριν υπάρχει μεγάλη ποικιλία στα ποσοστά ισχύος που μπορεί να παράγει μία ανεμογεννήτρια, παρόλα αυτά δεν έχουν όλες οι ανεμογεννήτριες την ίδια δομή και λειτουργία. Εκτός των κλασικών ανεμογεννητριών με τα τρία (3) πτερύγια υπάρχουν και ανεμογεννήτριες με δυο (2) αλλά και ένα (1) πτερύγιο.

Πιο κάτω παρουσιάζονται όλα τα είδη ανεμογεννητριών :

### ➤ Ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα

- Τύπου με τρία (3) πτερύγια



**Εικόνα 1-9**

- Τύπου με δυο (2) πτερύγια



**Εικόνα 2-0**

[Wind Power/Andrew Farris/February 2017]

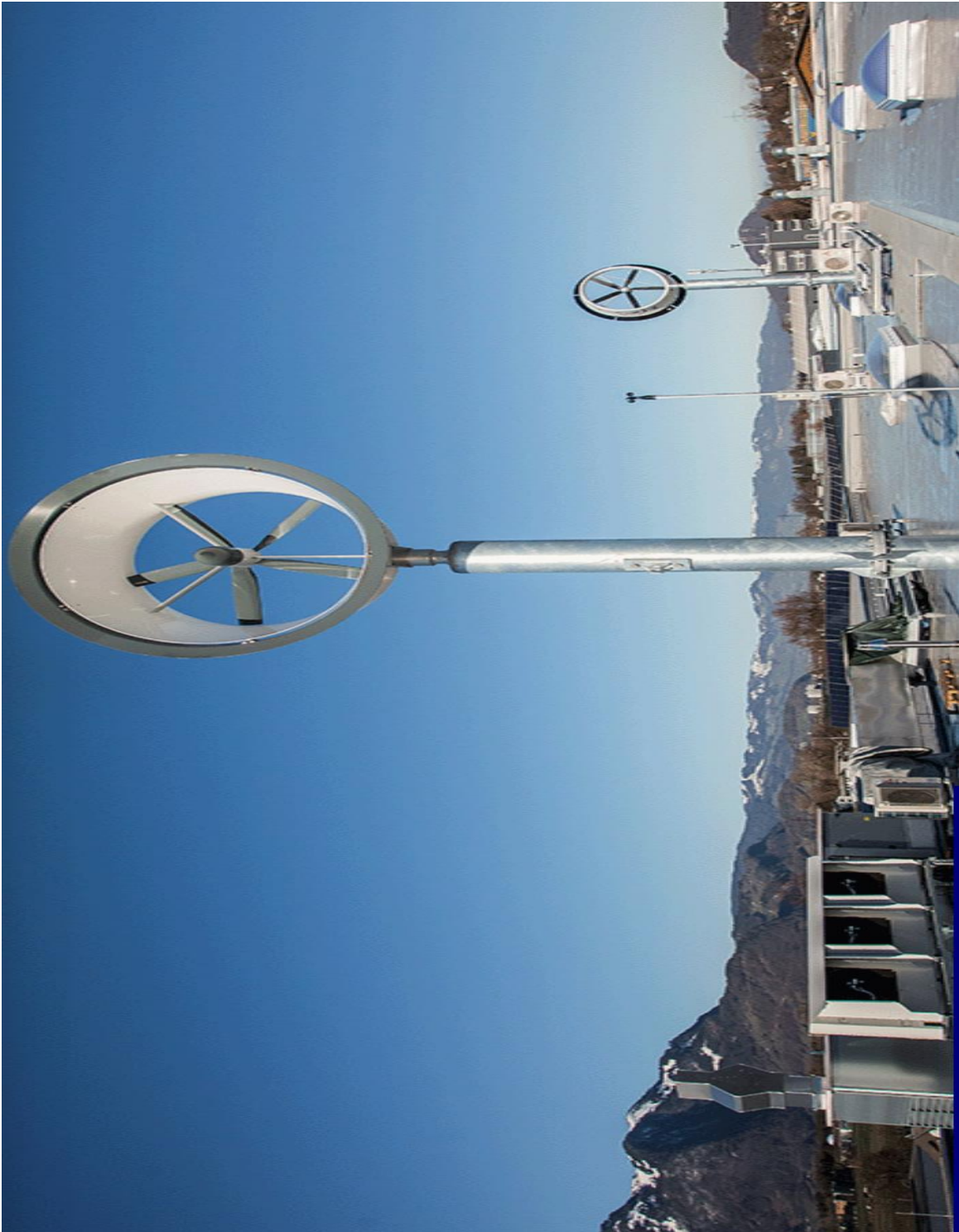
- Τύπου με ένα (1) πτερύγιο



**Εικόνα 2-1**

[Aerotrope/Riva Calzoni/1993]

- Τύπου πολυπτερυγων πολύστροφων ΑΟΑ με περίβλημα



**Εικόνα 2-2**

**[Venturicon Windturbines GmbH]**

- **Ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα**
  - **Τύπου Darrieus**
    - **Σταθερών πτερυγίων σχήματος αυγού**



**Εικόνα 2-3**

**[Wind Turbine Models/Dornier Darrieus 55 ]**

- Σταθερών πτερυγίων σχήματος πλεξούδας



**Εικόνα 2-4**

[Bernharde Aerial Imagery/12 April 2017]

- Διευθυνόμενων πτερυγίων



**Εικόνα 2-5**

[Mellowmag/Enirque Pedro/26 January 2018]



○ Τύπου Savonius



Εικόνα 2-6

- Τύπου χωρίς πτερύγια



**Εικόνα 2-7**

**[Vortex Bladeless]**

## 4.3 Αποτελούμενα μέρη

Κάθε ανεμογεννήτρια έχει διαφοροποιημένα αποτελούμενα μέρη λόγω των ιδιαιτεροτήτων τους. Στο είδος των ανεμογεννητριών που θα γίνει αναφορά στα αποτελούμενα μέρη, είναι η ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα με τρία (3) πτερύγια ( ουσιαστικά η πιο κοινή ανεμογεννήτρια ). Παρακάτω θα αναφερθούν αναλυτικά τα αποτελούμενα μέρη και τη περιέχουν.

### 1. Πύργος-Πυλώνας:

Αποτελεί τον κορμό της ανεμογεννήτριας όπου στηρίζονται το στροφείο και η νασέλα. Είναι κατασκευασμένος από χαλύβδινο σωλήνα ή μεταλλικό δικτύωμα. Ο τρόπος με τον οποίο επιλέγεται ο πύργος μίας ανεμογεννήτριας εξαρτάται κυρίως από το κόστος και την δυνατότητα μεταφοράς-εγκατάστασης.

Αν υπάρχει δυσκολία στην μετακίνηση ,μεγάλου όγκου πύργοι δυσκολεύουν και καθυστερούν την ολοκλήρωση του έργου. Επιπλέον όσο πιο δύσκολη είναι η μετακίνηση ,δημιουργείται και μεγαλύτερο κόστος μιας και χρειάζονται μεγαλύτερα μεταφορικά μέσα. Επόμενο σημαντικό στοιχείο είναι και η τοποθέτηση-ανέργηση του πύργου. Οι πύργοι τύπου μεταλλικού δικτύωματος είναι πιο εύκολοι και γρηγορότεροι στην άμεση εγκατάσταση στο χώρο. Συνεπώς και πιο φθηνοί. Επειδή αποτελείται από μικρά τμήματα είναι πιο εύκολο να γίνει ψυχρό γαλβάνισμα . Οι σωληνωτοί πύργοι παρόλο που αισθητικά είναι καλύτεροι και κάνουν πιο εύκολη την μετακίνηση εντός του πύργου με σκάλες ή ανελκυστήρες, δημιουργούν πολύ μεγάλα προβλήματα στην μετακίνηση. Ειδικά όταν αυξάνεται και το ύψος το οποίο πρέπει να γίνει η εγκατάσταση ,τα κόστη αυξάνονται γιατί η χρήση γερανού είναι πλέον αναγκαστική. Επίσης ο σωληνωτός πύργος έχει μικρή ιδιοσυχνότητα ,κάτι το οποίο δημιουργεί πρόβλημα στις εκκινήσεις της ανεμογεννήτριας. Αυτό συμβαίνει λόγω της διαφορετικής

ιδιοσυχνότητας του στροφείου. Αυτό που ουσιαστικά πρέπει να γίνει ,είναι να ξεπερνάτε η ιδιοσυχνότητα του πύργου όσο πιο γρήγορα γίνεται για μην εμφανιστούν φαινόμενα συντονισμού με το στροφείο.

## **2. Στροφείο-Πτερωτή:**

Αποτελεί το βασικότερο μέρος της ανεμογεννήτριας. Μέσο της πτερωτής μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ενέργεια. Το στροφείο αποτελείται από τα πτερύγια και την πλήμνη . Τα πτερύγια είναι κατάλληλα σχεδιασμένα και παρουσιάζουν μία συστροφή τέτοια ώστε να εκμεταλλεύονται καλύτερα τον άνεμο . Οι πλέον σύγχρονες ανεμογεννήτριες έχουν κατάλληλες ρυθμίσεις βήματος . Αυτό σημαίνει ότι αποτελούνται από στρεφόμενα πτερύγια για την επίτευξη μέγιστης παραγόμενης ενέργειας . Εκτός από την διάμετρο του στροφείου υπάρχει και η ακτίνα ποδός. Ορίζεται ως η εσωτερική διάμετρος και αφορά την απόσταση μεταξύ της βάσης του πτερυγίου έως τον άξονα . Η διάμετρος του στροφείου κατασκευάζεται με βάση την ονομαστική ισχύ και το αιολικό δυναμικό της περιοχής εγκατάστασης. Η γωνιακή ταχύτητα εξαρτάται από το λόγο ταχύτητας του ακροπτερυγίου που πρέπει να βρίσκεται στην περιοχή των βέλτιστων τιμών του συντελεστή ισχύος για το στροφείο. Όσο αναφορά ο πλήθος των πτερυγίων που θα έχει μία ανεμογεννήτρια , εξαρτάται άμεσα με το είδος εφαρμογής της. Γενικά το πλήθος , το μήκος και το υλικό κατασκευής των πτερυγίων διαφοροποιείται ανάλογα την εφαρμογή . Για παράδειγμα στις ΗΠΑ κατασκευάζονταν στροφεία με μικρή διάμετρο ,μικρή περιφερειακή ταχύτητα και μεγάλη ροπή για άντληση νερού (πολυπτερυγοί ανεμόμυλοι) . Πλέον χρησιμοποιούνται περισσότερο τριπτερυγες ανεμογεννήτριες ,επειδή είναι πιο αποδοτικές παρόλο που έχουν μεγαλύτερο κόστος. Όσο αναφορά την παραγόμενη ισχύ ,οι ανεμογεννήτριες παρουσιάζουν διάφορους τρόπους για άντληση

περισσότερης ενέργειας. Για παράδειγμα οι ανεμογεννήτριες έχουν σύστημα προσανατολισμού και έτσι μπορούν να κινήσουν το στροφείο προς την φορά του ανέμου για να καλύπτουν μεγαλύτερους χώρους σάρωσης. Επίσης έχουν αεροδυναμικά φρένα που χρησιμοποιούνται κυρίως για προστασία των πτερυγίων , όταν το στροφείο ξεπεράσει τις επιτρεπτές τιμές γωνιακής ταχύτητας.

### **3. Σύστημα μετάδοσης:**

Περιλαμβάνει τους άξονες ,τις εδράσεις και το κιβώτιο ταχυτήτων. Στις κλασσικές ανεμογεννήτριες έχουμε έναν άξονα χαμηλών ταχυτήτων .Ταχύτητες χαμηλών στροφών που προκύπτουν από την μηχανική ενέργεια του στροφείου και έναν άξονα υψηλών ταχυτήτων ερχόμενος από το κιβώτιο ταχυτήτων που μετατρέπει την ταχύτητα του άξονα χαμηλών ταχυτήτων. Η ανύψωση της ταχύτητας συμβαίνει έτσι ώστε οι στροφές να είναι πιο συμβατές με αυτές τις γεννήτριες που συνδέεται πιο πίσω . Τα κριτήρια με τα οποία επιλέγουμε ένα κιβώτιο ταχυτήτων εξαρτώνται από την απόδοση, την ροπή και την διάρκεια ζωής τους. Εξαιτίας των συνεχόμενων αλλαγών ταχύτητας του ανέμου ,το κιβώτιο ταχυτήτων δέχεται διαφορετικές ροπές από την κίνηση του στροφείου .Επιπλέον υπάρχει σύστημα πέδησης για να φρενάρει ο άξονας σε μεγάλες ταχύτητες ,κάτι το οποίο φθείρει το κιβώτιο ταχυτήτων. Επίσης το κιβώτιο ταχυτήτων χρειάζεται μεγάλη απόδοση για να εκμεταλλεύεται η γεννήτρια σχεδόν όλη την κίνηση του στροφείου , για να παράγει περισσότερη ενέργεια . Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω στον άξονα κίνησης του στροφείου υπάρχει πέδηση. Συνήθως είναι δισκόφρενο τοποθετημένο στον άξονα των υψηλών στροφών μετά το κιβώτιο ταχυτήτων, όπου υπάρχουν μικρότερες ροπές. Επειδή λοιπόν υπάρχουν μικρότερες ροπές το κόστος του δισκοφρένου είναι και πιο μικρό. Εάν υπάρχει δισκόφρενο στον άξονα των χαμηλών ταχυτήτων ,τότε θα είναι μεγάλου όγκου με υδραυλικά συστήματα για

φρενάρισμα και όχι ηλεκτρομαγνητικού τύπου όπως είναι το δισκόφρενο στις υψηλές ταχύτητες. Μεγάλος όγκος σημαίνει και μεγαλύτερο κόστος.

#### **4. Γεννήτρια:**

Μέσο της γεννήτριας έχουμε μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι πιο συνηθισμένες γεννήτριες που υπάρχουν στις ανεμογεννήτριες είναι οι εξής :

- Επαγωγικές ασύγχρονες σταθερών στροφών (σταθερές ονομαστικές στροφές)
- Επαγωγικές ασύγχρονες μεταβλητών στροφών διπλής τροφοδοσίας (μπορεί να γίνει εναλλαγή των ονομαστικών στροφών ,π.χ. από 1500rpm σε 3000rpm με την προσθήκη τυλιγμάτων ή την αφαίρεση ,εξαρτάται την εναλλαγή)
- Σύγχρονες γεννήτριες μεταβλητών στροφών με μόνιμο μαγνήτη και χωρίς κιβώτιο( συνδέεται απευθείας)

#### **5. Αισθητήρες και μηχανισμοί περιστροφής:**

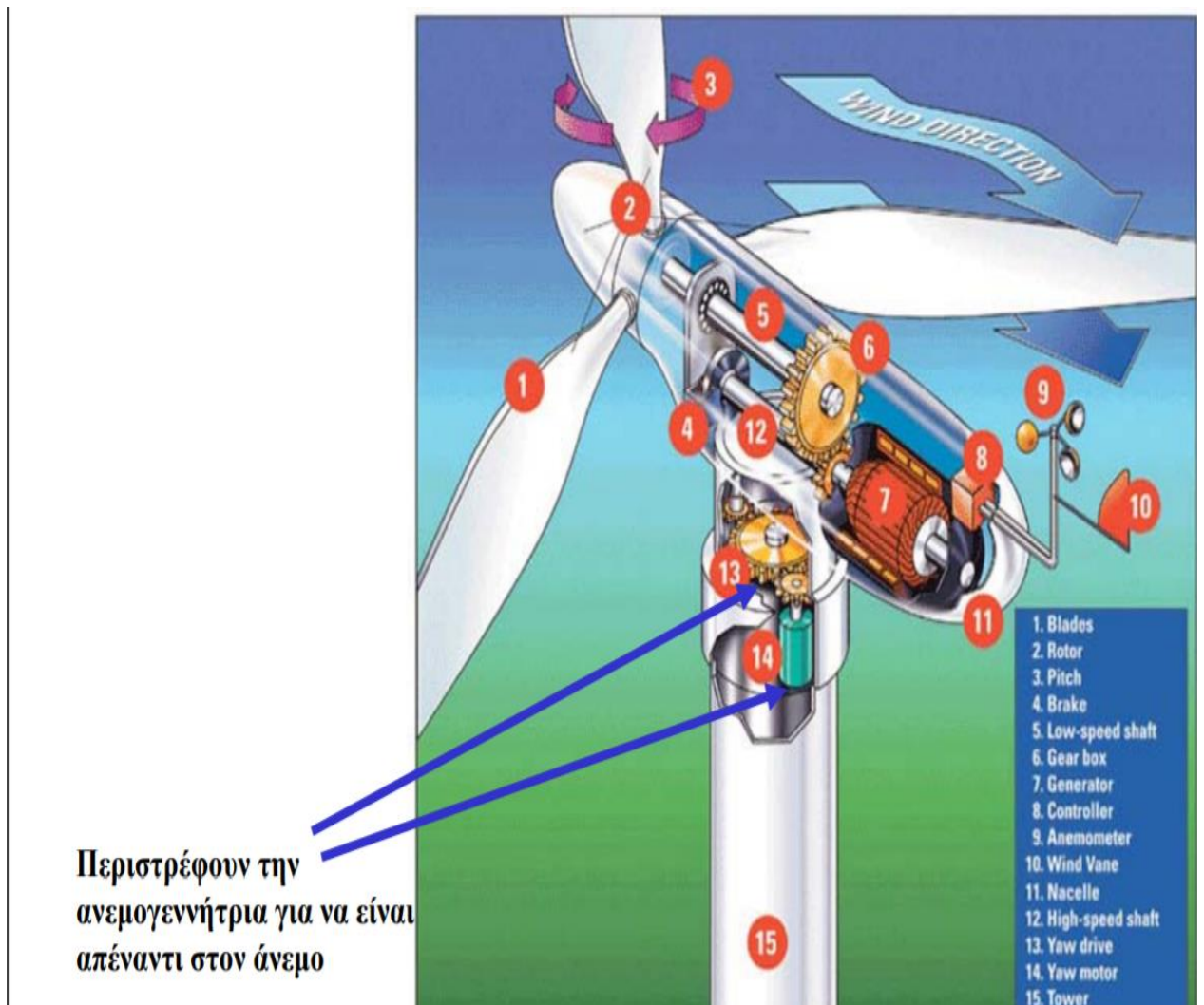
Στις ανεμογεννήτριες υπάρχουν αισθητήρες ώστε να μπορεί να γίνει καταγραφή και να δοθεί εντολή για μετακίνηση στο σημείο που προσπίπτει ο άνεμος στην ανεμογεννήτρια.

Αυτοί οι έλεγχοι γίνονται με αισθητήρια που έχουν προαναφερθεί πιο πάνω. Ουσιαστικά τα αισθητήρια δίνουν σήμα σε ένα σερβοκινητήρα που αυτός με την σειρά του κάνει την περιστροφή( το σήμα συνήθως είναι ρεύμα της τάξεως των mA) Κάποια από αυτά τα αισθητήρια είναι το ανεμόμετρο και ο ανεμοδείκτης. Στις μικρές ανεμογεννήτριες δεν υπάρχει ανεμοδείκτης , αλλά ουριαίο πτερύγιο (tail vane) το οποίο περιστρέφει την ανεμογεννήτρια προς τον άνεμο.

## 6. Σύστημα ελέγχου και ασφάλειας:

Τα συστήματα ελέγχου ορίζονται ως τα ηλεκτρικά και μηχανολογικά (H/M) εξαρτήματα που καθορίζουν την σωστή λειτουργία όλου του συστήματος. Έχουν σκοπό την προστασία και μέγιστη απόδοση του συστήματος σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας.

[Απόστολος Πολυζάκης, Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος]



Εικόνα 2-8

[Some Industrial Systems/Chapter 2/Magdi S Mahmoud/January 2012]

Στην παραπάνω εικόνα (εικόνα 2-9) παρουσιάζεται όλα τα αποτελούμενα μέρη μίας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα με 3 πτερύγια

1. Πτερύγια ( Είναι τα μέρη εκείνα που προσπίπτει ο άνεμος και κινούν τον άξονα εσωτερικά. Στις ανεμογεννήτριες νέας τεχνολογίας είναι κατασκευασμένες από υαλοβάμβακα ( fiberglass ) )
2. Στροφείο ( Συνδέει πτερύγια και πλήμνη .Η πλήμνη δεν αναφέρεται στην εικόνα. Είναι το κωνικό μπροστινό μέρος )
3. Συστροφή-Κλίση( είναι το σημείο που περιστρέφονται τα πτερύγια για εκμετάλλευση του ανέμου από άλλες διεύθυνσης )
4. Φρένο ( αυτό είναι στον άξονα χαμηλών ταχυτήτων και πρέπει να έχει υδραυλικά συστήματα τα οποία δεν φαίνονται στην φωτογραφία. Αν ήταν στο άξονα των υψηλών ταχυτήτων θα ήταν πιο μικρό σε όγκο )
5. Άξονας χαμηλών ταχυτήτων( είναι ο άξονας που δέχεται την μηχανική ενέργεια από το στροφείο )
6. Κιβώτιο ταχυτήτων ( μετατρέπει την χαμηλή ταχύτητα σε υψηλή ταχύτητα για την γεννήτρια )
7. Γεννήτρια( Μετατρέπει την μηχανική ενέργεια στην είσοδο σε ηλεκτρική ενέργεια στην έξοδο )
8. Ελεγκτής ( Στέλνει το ανατροφοδοτούμενο σήμα στο σερβοκινητήρα και ουσιαστικά του δίνει εντολή να μετακινηθεί. )
9. Ανεμόμετρο ( Μετράει την ταχύτητα του ανέμου )
10. Ουριαίο Πτερύγιο-Ανεμοδείκτης ( εξαρτάται την περίπτωση αυτό που απεικονίζεται είναι ανεμοδείκτης και καταγράφει την φορά του ανέμου )
11. Νασέλα ( περιέχει όλα τα Η/Μ εξαρτήματα )



12. Άξονας υψηλών ταχυτήτων ( ο άξονας που συνδέεται η γεννήτρια και αφορά τις ονομαστικές στροφές της )
13. Γρανάζι οδηγού περιστροφής ( Γρανάζι για κίνηση αριστερά και δεξιά )
14. Οδηγός περιστροφής ( σερβοκινητήρας που παίρνει σήμα από τα αισθητήρια-ελεγκτή )
15. Πύργος ( Είναι ο πυλώνας που στηρίζονται η νασέλα και το στροφείο. Στο εσωτερικό του συνήθως έχει σκάλα ή ανελκυστήρα

#### **4.4 Αιολικά πάρκα**

##### **1. Εισαγωγή**

Αιολικό πάρκο ορίζεται ένας αρκετά μεγάλος χώρος που περιέχει περισσότερες από μία ανεμογεννήτριες συνδεδεμένες μεταξύ τους σε έναν υποσταθμό. Αυτό συμβαίνει επειδή η πυκνότητα του αέρα δεν είναι τόσο μεγάλη και για αυτό χρειαζόμαστε πολλές ανεμογεννήτριες για να εκμεταλλευτούμε το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής. Συνήθως κατασκευάζονται αιολικά πάρκα σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό. Για να μπορέσει να γίνει ένας χώρος αιολικό πάρκο χρειάζονται πολλές διαδικασίες. Μία από αυτές είναι η καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου. Όπως είναι γνωστό και στην Εφαρμοσμένη Οικονομία αυτό που εφαρμόζεται στα αιολικά πάρκα είναι οικονομία κλίμακας. Δηλαδή μείωση του κόστους μέσω της χωροταξικής συγκέντρωσης. Χρησιμοποιώντας περισσότερες ανεμογεννήτριες σε ένα χώρο δεν χρειάζονται πολλαπλές άδειες και πολλαπλά δικαιώματα χρήσης Γης. Επίσης οι μελέτες σκοπιμότητας ,

η διαχείριση κατασκευής ,η σύνδεση στο δίκτυο ,τα έργα υποδομής ,η συντήρηση και άλλοι παράγοντες υλοποιούνται πιο εύκολα επειδή η ανεμογεννήτριες βρίσκονται κοντά μεταξύ τους και δεν χρειάζεται να κατασκευάζονται πολλοί χώροι. Όσο αναφορά τους οικονομικούς παράγοντες ,ένα αιολικό πάρκο θεωρείται βιώσιμο όταν συγκαλύπτει αρκετούς παράγινες. Οι παράγοντες έχουν ως εξής:

- **Κόστος κτήσης ανεμογεννήτριας:**

Όταν μία ανεμογεννήτρια έχει πωληθεί πάνω από 100 φορές από το πρωτότυπο σχέδιο το κόστος της μειώνεται στο  $\frac{1}{4}$  της αρχικής τιμής. Επίσης στο κόστος κτήσης συνυπολογίζονται τα κόστη μεταφοράς και εγκατάστασης.

- **Κόστος αγοράς-ενοικίασης του χώρου:**

Επειδή ο χώρος που είναι να δημιουργηθεί ένα αιολικό πάρκο είναι αρκετά μεγάλος σημαίνει ότι και το κόστος εξαγοράς του θα είναι και μεγάλο. Επίσης εξαρτάται και από την χώρα που θα γίνει η εγκατάσταση . Οι πιο αναπτυσσόμενες χώρες με , πολύ πληθυσμό έχουν και μεγαλύτερα κόστη για την εξαγορά Γης

- **Κόστος κατασκευής υποδομών:**

Για να κατασκευαστεί ο χώρος που θα γίνει η θεμελιακή γείωση μιας ανεμογεννήτριας, πρέπει πρώτα να γίνει μία επεξεργασία του εδάφους νωρίτερα , ώστε να έρθει σε κατάσταση επεξεργασίας. Στα κόστη υποδομών συνυπολογίζονται και οι πληρωμές πολιτικών μηχανικών και γεωλόγων που θα αναλύσουν και θα κατασκευάσουν το υπόστρωμα του εδάφους για να στηρίξουν την ανεμογεννήτρια.

- **Το αιολικό δυναμικό:**

Όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω το αιολικό δυναμικό έχει ίσως τον σημαντικότερο ρόλο στην κατασκευή ενός αιολικού πάρκου. Είναι υπεύθυνο για τις ποσότητες ενέργειας που θα παράγει μία ανεμογεννήτρια. Ουσιαστικά είναι υπεύθυνο για τα χρήματα που θα παραχθούν μετά την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραχθεί από τις ανεμογεννήτριες.

- **Το κόστος της kWh:**

Επειδή το αιολικό πάρκο συνδέεται με το δίκτυο και μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στους συμβατικούς σταθμούς ,οι συμβατικοί σταθμοί είναι και αυτοί που θα καθορίσουν την τιμή της kWh. Επίσης η τιμή της kWh εξαρτάται από την ζήτηση και την κατανάλωση που υπάρχει στην κάθε χώρα .Ποτέ δεν έχει σταθερή τιμή και όσο αυξάνεται η χρήση από έναν χρήστη μεγαλώνουν και τα κλιμάκια πώλησης της. Ουσιαστικά στις χώρες με μεγαλύτερο πληθυσμό η τιμή της kWh είναι πιο μεγάλη λόγω μεγάλης ζήτησης. Επίσης εξαρτάται και από την ενέργεια που παράγει ένας σταθμός. Για παράδειγμα ένα μικρός σταθμός 70-100kW πουλάει πιο ακριβά την kW σε σχέση με έναν μεγαλύτερο σταθμό στα 40MW .Αυτό συμβαίνει γιατί τα κόστη συντήρησης ανά ανεμογεννήτρια μπορεί να είναι πιο μεγάλα σε μικρούς σταθμούς ,οπότε η τιμή της kWh εξαρτάται από το οικονομικό ισοζύγιο του σταθμού

- **Διάρκεια ζωής ανεμογεννήτριας:**

Μία ανεμογεννήτρια σχεδιάζεται να έχει χρόνο ζωής τα 20-30 χρόνια. Είναι απόλυτα κατανοητό ότι εάν ξεπεράσει τα 30 χρόνια θα έχουμε μεγαλύτερα κέρδη ή αντίστοιχα εάν καταστραφούν πριν τα 20 χρόνια θα δημιουργηθούν οικονομικές ζημιές.

- **Επιδότησεις:**

Σε πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και μη , υπάρχουν επιδοτήσεις για την κατασκευή αιολικών πάρκων και γενικά Α.Π.Ε.

- **Κόστος χρήματος:**

Η αξία του χρήματος σε κάθε χώρα έχει σημαντικό ρόλο στις συναλλαγές που πραγματοποιούνται. Αυτό κυρίως έχει σημαντικό ρόλο σε χώρες που δεν κατασκευάζουν ανεμογεννήτριες και τις εισάγουν από άλλες χώρες.

## **2 Είδη αιολικών πάρκων**

Λόγο της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας πλέον έχουμε και αιολικά πάρκα στη θάλασσα ,εκτός των κλασικών αιολικών πάρκων στην ξηρά. Παρακάτω παρουσιάζονται τα δύο είδη αιολικών πάρκων:

- **Αιολικό πάρκο στην ξηρά (Wind Farm)**



**Εικόνα 2-9**

**[Panoramio/Micahel Paraskevas/31 March 2006/Wind Farm at Panachaiko]**

Τα συνηθέστερα αιολικά πάρκα είναι αυτά που βρίσκονται στην ξηρά.

Συνήθως βρίσκονται σε μεγάλα υψόμετρα με σχετικά ομοιόμορφα και εύκολα διαχειρίσιμο έδαφος για εκμετάλλευση πιο δυνατών ανέμων .

- **Αιολικό Πάρκο στη Θάλασσα(Off-Shore Wind Farm)**

Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 3-1 ) έχουμε ένα παράκτιο αιολικό πάρκο. Τα παράκτια αιολικά πάρκα όρχησαν να δημιουργούνται την τελευταία δεκαετία(10) . Κατασκευάζονται στην θάλασσα λόγο του υψηλού αιολικού δυναμικού που παρατηρείτε στην επιφάνεια της θάλασσας. Επίσης δεν επηρεάζουν το περιβάλλον όπως αυτές στην ξηρά που δημιουργούν πρόβλημα στα πτηνά. Στην εικόνα επίσης φαίνεται ο τυπικός τρόπος διασύνδεσης ενός αιολικού πάρκου.

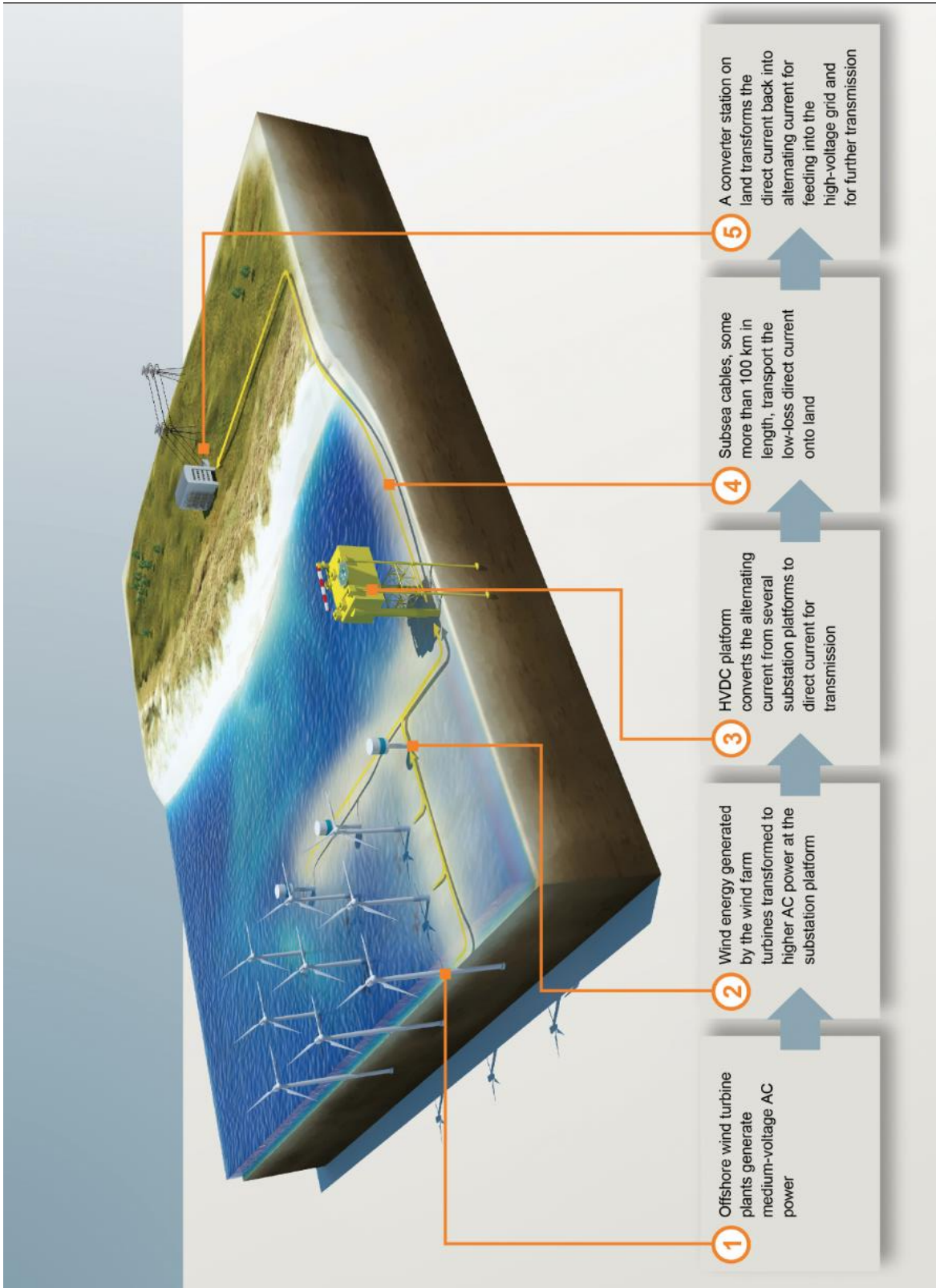
Στο 1<sup>ο</sup> βήμα μας αναφέρει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες.

Στο 2<sup>ο</sup> βήμα μας αναφέρει την μεταφορά της ενέργειας του 1<sup>ο</sup> βήματος μέσω υποθαλάσσιων καλωδίων και την ανύψωση της τάσης που γίνεται από μετασχηματιστές ( γίνεται ανύψωση της τάσης για μείωση των απωλειών)

Στο 3<sup>ο</sup> βήμα μας αναφέρει την μεταφορά από το 2<sup>ο</sup> βήμα στην πλατφόρμα που παρουσιάζει. Σε αυτή την πλατφόρμα γίνεται η μετατροπή του ρεύματος από εναλλασσόμενο (AC) σε συνεχές (DC)

Στο 4<sup>ο</sup> βήμα με υποθαλάσσια καλώδια σχεδόν 100km γίνεται η μεταφορά του συνεχούς ρεύματος προς το φορτίο. Αυτού του τύπου τα καλώδια έχει ελάχιστες απώλειες.

Στο 5<sup>ο</sup> βήμα αφού γίνει η μεταφορά μέσω του 4<sup>ου</sup> βήματος γίνεται μετατροπή που συνεχές ρεύματος σε εναλλασσόμενο και στην συνέχεια μεταφέρεται στο δίκτυο υψηλής τάσης.



**Εικόνα 3-0**

**[SUN & WIND ENERGY/WIND ENERGY/TANJA PESCHEL/17.04.2014]**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

---

### 5.1 Γεωγραφική τοποθεσία

Η τοποθεσία που έχει επιλεγθεί για να γίνει η μελέτη του αιολικού πάρκου που πραγματεύεται αυτή η πτυχιακή , βρίσκεται σε ένα λόφο στα 600μέτρα υψόμετρο στη νήσο Ιθάκη. Πιο συγκεκριμένα βρίσκεται σε ένα χώρο αρκετά μεγάλων διαστάσεων (500μέτρα X 150μέτρα ) κοντά στο μοναστήρι των Τριών Ιεραρχών 3 χιλιόμετρα μακριά από το κοντινότερο οικισμό ( το χωριό Περαχώρι ). Επιπλέον υπάρχει και η δυνατότητα εκμετάλλευσης ενός επιπρόσθετου χώρου μικρότερων διαστάσεων για την εγκατάσταση ενός μέρους του αιολικού πάρκου( 200μέτρα X 80μέτρα ) ο οποίος βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από τον κύριο χώρο τοποθέτησης του μεγαλύτερου μέρους του αιολικού πάρκου ( έχουν διαφορά 300μέτρων έως 400 μέτρων ). Επίσης σημαντικό στοιχείο της περιοχής τοποθέτησης είναι το πλάτος του δρόμου που ξεπερνάει τα 5 μέτρα με δυνατότητες επέκτασης ,το οποίο είναι σημαντικό στοιχείο για την πιο εύκολη μεταφορά των πτερυγίων και των υπόλοιπων αντικειμένων όπως η νασέλα και ο πυλώνας στήριξης (πιθανότατα τα πτερύγια να ξεπερνούν τα 50μέτρα το καθένα ). Επιπρόσθετο θετικό στοιχείο για την αξιολόγηση της διαδρομής μέχρι τον χώρο τοποθέτησης των ανεμογεννητριών είναι οι λιγιστές στροφές που θα δυσκόλευαν το έργο της μεταφοράς.

Για την μελέτη της μεταφοράς έχουν υπολογιστεί μόνο οι αποστάσεις από το χωριό του Περαχωρίου μέχρι των χώρο εγκατάστασης. Οι υπόλοιποι δρόμοι τυπικά καλύπτουν τις ανάγκες που έχει ένα μεγάλο φορτηγό για να μπορέσει να ολοκληρώσει την μεταφορά . Όλα οι μετρήσεις που έχουν δοθεί για τις παραπάνω αποστάσεις έχουν γίνει προσωπικά από μένα μετά από επίσκεψη που έκανα στο χώρο στις 20 Ιουλίου 2019.



Εξαιτίας του μεγάλου χώρου ήταν αδύνατο να καταγραφεί όλη η έκταση σε μία φωτογραφία για αυτό πιο κάτω έχει επεξεργαστεί έτσι ώστε να παρουσιαστεί σε μεγάλο βαθμό πώς είναι η μεγάλη έκταση. Παρόλο που έχει γίνει επεξεργασία της εικόνας (απλή μεγέθυνση μέσω του word είναι η επεξεργασία η φωτογραφία δεν διαφέρει από την πραγματικότητα) δεν έχει καταγραφεί όλη η πραγματική έκταση μιας και αριστερά του χώρου στο βάθος υπάρχουν άλλα 150 μέτρα. Η φωτογραφία παρουσιάζει τις διαστάσεις 350 μέτρα X 150 μέτρα.

Περιμετρικά υπάρχουν δέντρα και πίσω ένας λόφος με ύψος μικρότερο των 15-20 μέτρων (Φωτογραφία 3-2).

Το κομμάτι του δρόμου που έχει ζωγραφιστεί με κόκκινο χρώμα δείχνει τα 5 μέτρα πλάτος (Φωτογραφία 3-3)



**Εικόνα 3-1**



**Εικόνα 3-2**



**Εικόνα 3-3**

Ο χώρος εγκατάστασης από δορυφορική οπτική με την χρήση της εφαρμογής Google maps (Φωτογραφία 3-4)

## **5.2 Γεωλογικά στοιχεία περιοχής**

Η περιοχή αποτελείται κυρίως από πέτρα και φυτά κάτι το οποίο κάνει πιο δύσκολο το έργο για την τοποθέτηση ανεμογεννητριών. Τα φυτά μπορούν να απομακρυνθούν μιας και δεν προσφέρουν τροφή σε ζώα, καθώς δεν υπάρχουν ζώα στην περιοχή ( εκτός από έντομα ) ούτε εκμεταλλεύονται από κάποιο άτομο για πρώτες ύλες. Τα φυτά είναι κυρίως πουρνάρια και διάφορα μη βρώσιμα αγριόχορτα. Επιπλέον η περιοχή βρίσκεται σχεδόν στην κορυφογραμμή σε ένα αρκετά επίπεδο έδαφος με ελάχιστη τραχύτητα

## **5.3 Πιθανές αλλαγές στην περιοχή**

Από τις βασικότερες αλλαγές που πρέπει να γίνουν για να ολοκληρωθεί η τοποθέτηση των ανεμογεννητριών είναι η επισκευή του δρόμου. Ο δρόμος αρχικά θα πρέπει να ανοίξει σε πλάτος μετακινώντας τα φυτά που υπάρχουν στο πλάι ώστε να κερδηθούν κάποια σημαντικά μέτρα. Επίσης θα πρέπει να διαμορφωθούν κάποιες υψομετρικές διαφορές με κρουστικά μηχανήματα ώστε να το έδαφος να έρθει σε μία ευθεία. Στη συνέχεια θα πρέπει να έρθει σε πλήρη ισορροπία τοποθετώντας άμμο ή χαλίκι το οποίο θα στρωθεί με οδοστρωτήρες ή άλλα ειδικά μηχανήματα. Το επόμενο βήμα θα ήταν η τοποθέτηση ασφάλτου ώστε να ολοκληρωθεί πλήρως η διαδρομή μέχρι των χώρο τοποθέτησης των ανεμογεννητριών. Στον χώρο που θα τοποθετηθούν οι ανεμογεννήτριες

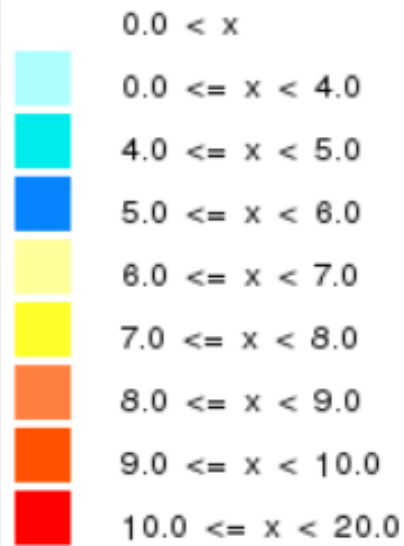
θα πρέπει να γίνει μία προεργασία ώστε να καλυφθούν και εκεί οι μικρές υψομετρικές διαφορές και να έχουμε μία ισορροπία. Αν δεν υπάρχει πλήρη ευθεία υπάρχει κίνδυνος όταν τοποθετηθεί η ανεμογεννήτρια να κατάρρευση ή να μην μπορεί να αντέξει την πίεση από έντονη λειτουργία.

#### **5.4 Αιολικό δυναμικό στην περιοχή**

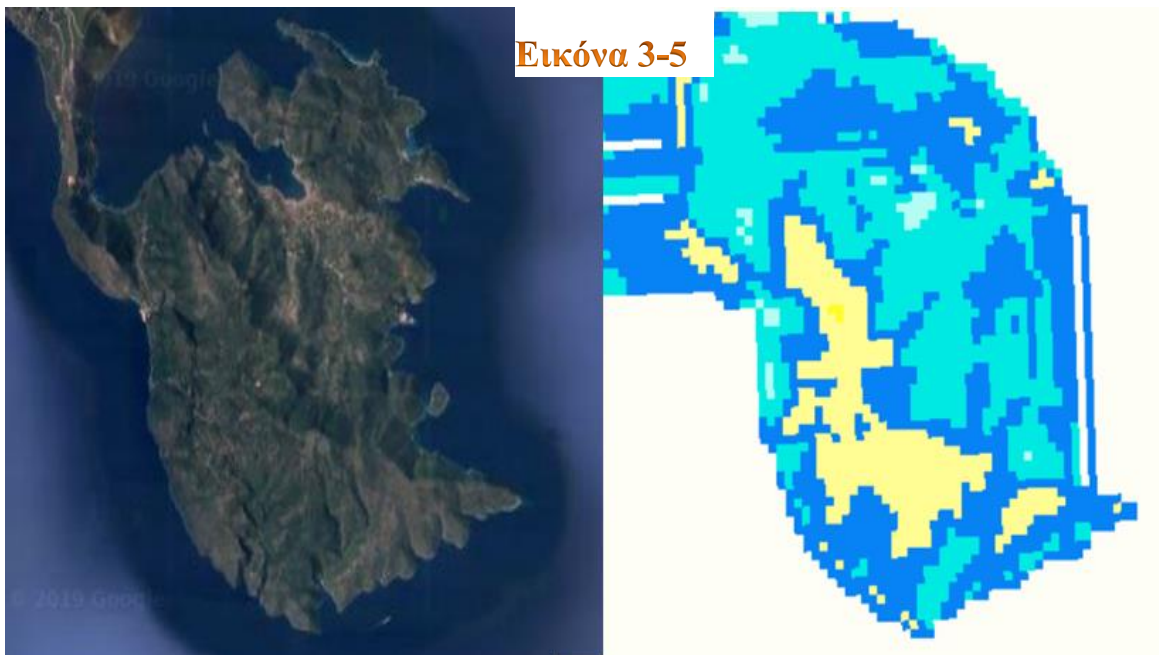
Το αιολικό δυναμικό όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου. Για αυτό μία από τις βασικότερες κινήσεις που έγιναν για να επιλεγεί ο εξής χώρος για την εγκατάσταση ήταν η εύρεση των στοιχείων εκείνων που θα αποδεικνύουν το κατάλληλο αιολικό δυναμικό για χρήση. Μέσω λοιπόν του γεοπληροφοριακού χάρτη που μπορεί να βρεθεί από την ιστοσελίδα του κέντρου ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας ( Κ.Α.Π.Ε ) βρέθηκαν τα αιολικά δυναμικά της περιοχής που θα γίνει η εγκατάσταση. Από τις παρακάτω εικόνες ( εικόνες 3-5 και 3-6 ) παρατηρείτε ότι στην περιοχή του Περαχωρίου το αιολικό δυναμικό έχει ασθενή κίτρινη απόχρωση προς έντονη κίτρινη απόχρωση. Αυτό λοιπόν με την χρήση του πίνακα έντασης μπορεί να μας δείξει τις μέσες ταχύτητες ανέμου μέσα σε ένα χρόνο. Παρατηρώντας τις κίτρινες αποχρώσεις από τον πίνακα γίνεται αντιληπτό ότι οι ταχύτητες κυμαίνονται από 6m/s έως 8m/s ( m/s -> μέτρα/δευτερόλεπτα ). Τα γεωφυσικά και αιολικά στοιχεία της περιοχή της νήσου Ιθάκης που έχουν επιλεγεί για την μελέτη και εγκατάσταση αιολικού πάρκου. Ο παρακάτω πίνακας (εικόνα 3-5 ) δείχνει τις μετρήσεις για ύψος 100 μέτρων από το έδαφος κάτι το οποίο είναι και το ζητούμενο μιας και το ύψος των ανεμογεννητριών θα είναι περίπου στις ίδιες τιμές. Υπάρχουν και πίνακες για 80 και 120 μέτρα. Είναι λογικό όσο πιο ψηλά πάμε τόσο περισσότερη ταχύτητα θα έχουμε και αντίστροφα για χαμηλότερο ύψος. Για αυτό έγινε και η επιλογή

του μεσαίου πίνακα για να υπάρχει μία ισορροπία στις τιμές. Πίνακας που παρουσιάζει τις μέσες τιμές ανέμου μέσα σε ένα χρόνο για ύψος 100 μέτρων από το έδαφος. Οι μονάδες βαθμονόμησης είναι m/s

Δεδομένα Αιολικού Δυναμικού (h100)

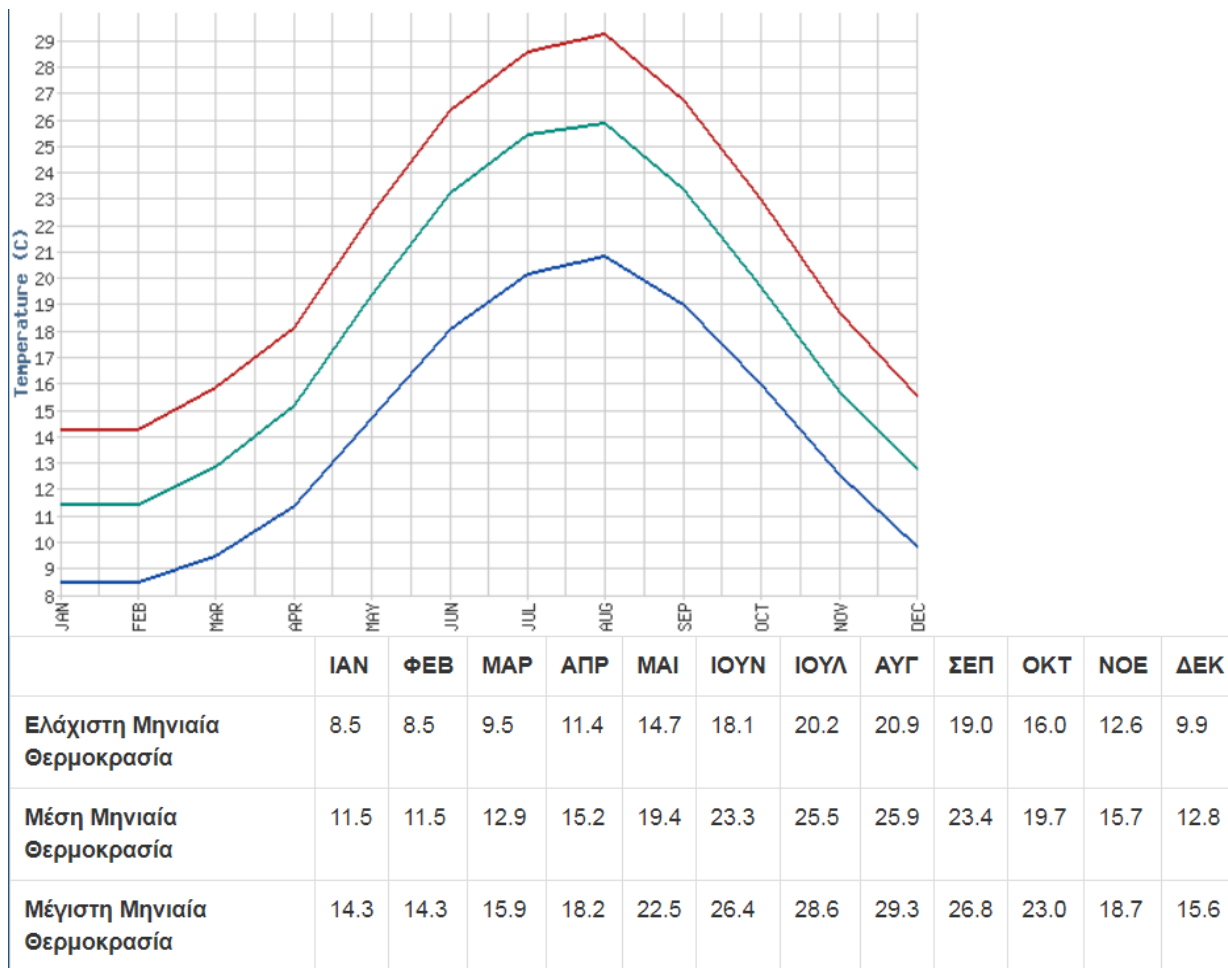


Εικόνα 3-4



## 5.5 Μετεωρολογικές συνθήκες

Για να έχουμε όσο γίνεται λιγότερες βλάβες και διαβρώσεις θα πρέπει να ξέρουμε τις μετρολογικές συνθήκες που επικρατούν σε μία περιοχή μέσα στο χρόνο ,πριν κάνουμε την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου. Πιο συγκεκριμένα για την περιοχή που έχουμε επιλέξει να γίνει η τοποθετήσει του αιολικό πάρκο αναλύονται στις παρακάτω φωτογραφίες που έχουν ληφθεί από την ιστοσελίδα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας ( Ε.Μ.Υ ).

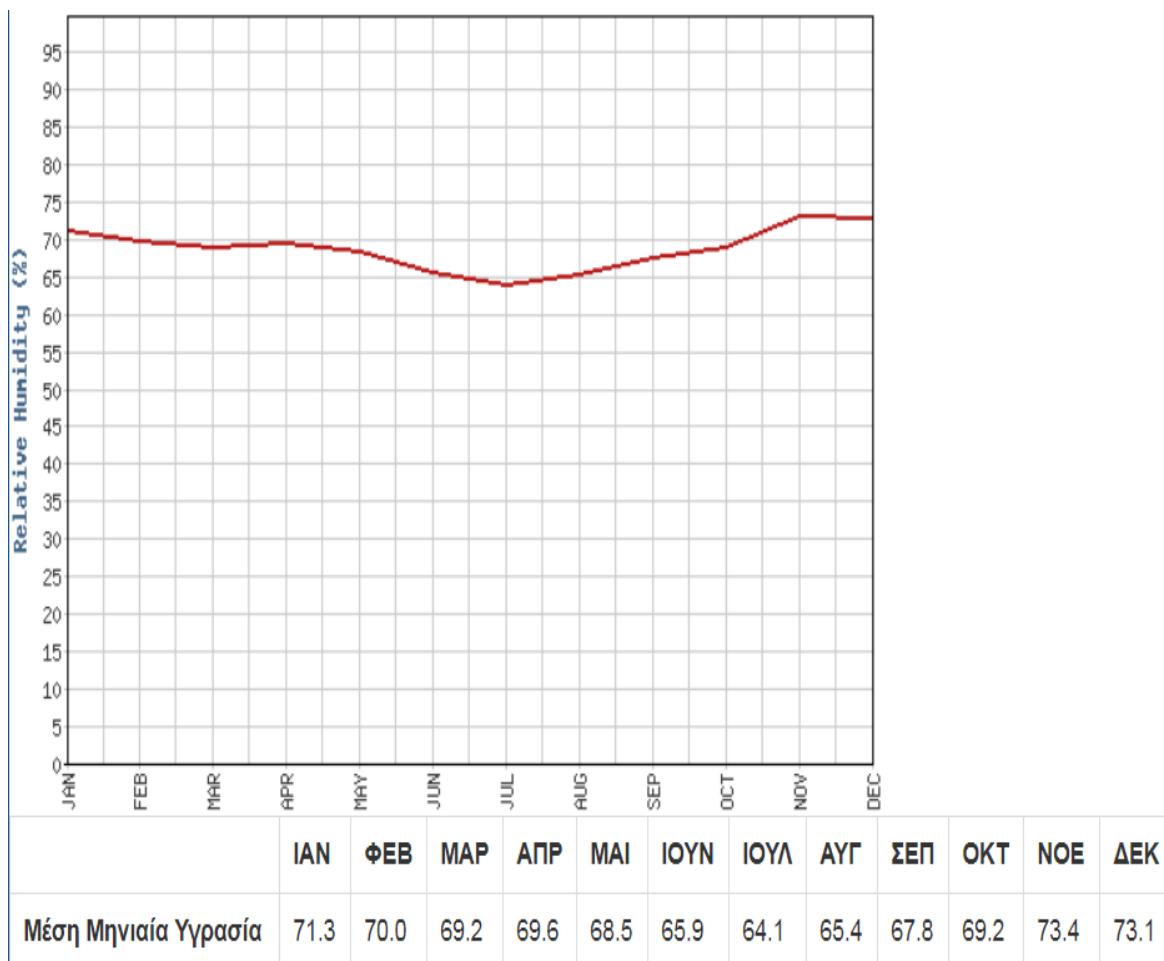


**Εικόνα 3-6**



### Πίνακας θερμοκρασιών για την περιοχή της Ιθάκης και της Κεφαλονιάς (εικόνα 3-7)

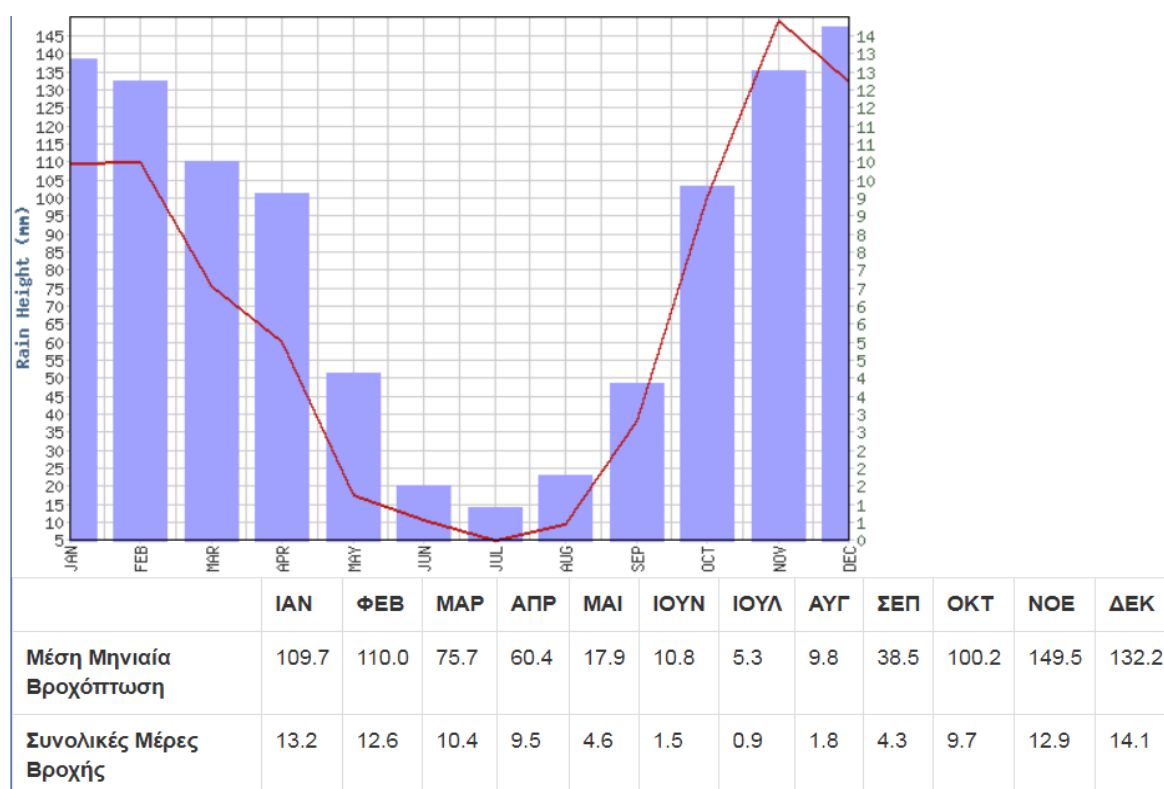
Όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω η θερμοκρασία είναι ένα σημαντικό στοιχείο για την δημιουργία ανέμων. Επιπλέον έχει σημαντικό ρόλο για την επιλογή των ανεμογεννητριών μιας και έχουν και όρια λειτουργίας. Μέσο του πίνακα με τις θερμοκρασίες γίνεται αντιληπτό ότι η νήσος Ιθάκη έχει ένα ήπιο κλίμα με μικρές αλλαγές στην θερμοκρασία κατά την διάρκεια ενός ημερολογιακού χρόνου. Οι τιμές κυμαίνονται από 8.5 C<sup>0</sup> έως 29.3 C<sup>0</sup>.



**Εικόνα 3-7**

Οι ανώτερες τιμές στον πίνακα μας παρουσιάζουν την υγρασία στην περιοχή της Ιθάκης και της Κεφαλονιάς ( εικόνα 3-8 )

Η υγρασία έχει πάλι σημαντικό ρόλο για τον χώρο τοποθέτησης. Η υψηλή θερμοκρασία μπορεί να προκαλέσει διαβρώσεις στα μέταλλα της ανεμογεννήτριας κάνοντας την πιο "ευάλωτη". Στην Ιθάκη η υγρασία είναι περίπου στο 70% ένα σχετικά υψηλό ποσοστό ,κάτι το οποίο δεν μπορεί να αποφευχθεί μιας και είναι νησί. Η υγρασία όμως εξαρτάται και από τις βροχοπτώσεις ,ειδικά τους χειμερινούς μήνες. Για αυτό όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα όταν αυξάνονται οι βροχοπτώσεις αυξάνεται και η υγρασία. Παρόλα αυτά οι πίνακες κάνουν αναφορά στο γενικό σύνολο . Αυτό σημαίνει ότι στην περιοχή που θα τοποθετηθούν οι ανεμογεννήτριες και λόγω υψομέτρου ίσως τα στοιχεία να έχουν κάποια απόκλιση.



**Εικόνα 3-8**

Πίνακας με τα ύψη βροχόπτωσης στις περιοχές Ιθάκης και Κεφαλονιάς (εικόνα 3-9)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Επιλογή Ανεμογεννήτριας

---

### 6.1 Εισαγωγή

Μετά από μελέτη των παραμέτρων του χώρου εγκατάστασης και του αιολικού δυναμικού που διατίθεται, επιλέχθηκαν οι κατάλληλες ανεμογεννήτριες. Μετά από αρκετή αναζήτηση στους διαδικτυακούς χώρους των εταιριών που κατασκευάζουν ανεμογεννήτριες, η εταιρία που υπερίσχυσε είναι η Vestas. Η Vestas είναι μία παγκόσμιας φήμης εταιρία που σχεδιάζει, κατασκευάζει και εγκαθιστά συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως είναι τα αιολικά πάρκα. Αυτή τη στιγμή παγκόσμιος έχει εγκατεστημένες σε 80 χώρες ανεμογεννήτριες που παράγουν πάνω από 105 GW (γιγαβαττ). Το μοντέλο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί είναι το V90-1,8/2.0MW (Τα 1.8MW αφορούν το παλιό μοντέλο, ενώ τα 2MW το καινούργιο μοντέλο που έχει ως βάση το μοντέλο με τα 1.8MW). Είναι ένα αξιόπιστο μοντέλο το οποίο έχει 7764 αντίτυπα εγκατεστημένα σε όλο τον κόσμο (με βάση το καταγραφικό της Vestas). Αυτό σημαίνει ότι είναι και κατά  $\frac{1}{4}$  πιο φθινό από την αρχική του τιμή. Στον χώρο που έχουμε επιλέξει θα τοποθετηθούν δύο ανεμογεννήτριες.

[Vestas Products ®]

### 6.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά

#### 6.2.0 Γενικές Πληροφορίες

Η ανεμογεννήτρια Vestas V90 1.8/2.0MW είναι μία ρυθμιζόμενη αιολική μηχανή με ενεργό περιστροφή και στροφείο με τρία πτερύγια. Η ανεμογεννήτρια διαθέτει στροφείο με 90 μέτρα διάμετρο με γεννήτρια ονομαστικής ισχύς 1.8 ή 2 MW ανάλογα τις συνθήκες ανέμου. Η ανεμογεννήτρια περιέχει ένα σύστημα

περιστροφής των πτερυγίων που ονομάζεται OptiTip® και OptiSpeed™. Με αυτά τα χαρακτηριστικά , η ανεμογεννήτρια έχει την δυνατότητα να λειτουργήσει σε διάφορες ταχύτητες ,όπως και να διατηρήσει την ονομαστική ισχύ στην έξοδο.

### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

#### 6.2.1 Στροφείο

#### Πίνακας 3-9

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Στροφείο                       |   |
| Διάμετρος                      | 90 m                                    |
| Περιοχή σάρωσης                | 6362 m <sup>2</sup>                     |
| Ταχύτητα περιστροφής           | 14.9 rpm                                |
| Όριο ταχύτητα δυναμικού πεδίου | 9.6-17 rpm                              |
| Φορά περιστροφής               | Δεξιόστροφα ( παρατηρώντας από μπροστά) |
| Προσανατολισμός                | Προς τα κάτω                            |
| Κλίση                          | 6°                                      |
| Κλίση κωνικού σημείου          | 2°                                      |
| Αριθμός Πτερυγίων              | 3                                       |
| Αεροδυναμικά φρένα             | Ελάχιστη αντίσταση                      |

### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

#### 6.2.2 Πτερύγια

Τα 44 μέτρα προκατασκευασμένα πτερύγια αποτελούνται από άνθρακα (carbon) και υαλοβάμβακα (fiberglass) . Επίσης αποτελούνται από δύο κέλυφη αεροτομών που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους σε μία δοκό στήριξης.

## [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### Πίνακας 4-0

|                        |   |
|------------------------|---|
| Πτερύγια               |   |
| Τύπος                  | Κελύφη αεροτομών συνδεδεμένα σε δοκό στήριξης   |
| Μήκος πτερυγίου        | 44 m  |
| Υλικό κατασκευής       | άνθρακας (carbon) και υαλοβάμβακας (fiberglass) |
| Σύνδεσμος πτερυγίων    | Χαλύβδινες ενώσεις                              |
| Φύλλα Αέρα             | RISØ P + FFA – W3                               |
| Μέγιστη χορδή          | 3.512 m   |
| Άκρο πτερυγίου (R44.5) | 0.391 m   |
| Περιστροφή             | 27°   |
| Βάρος                  | 6750 kg   |

## [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### 6.2.3 Έδρανο (Ρουλεμάν) Πτερυγίου

Τα Ρουλεμάν των πτερυγίων αποτελούνται από δύο σειρές τεσσάρων σημείων επαφής και περιέχουν λιπαντικό το οποίο αλλάζεται χειροκίνητα.

## [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### 6.2.4 Σύστημα Βηματικής Συστροφής Πτερυγίων ( Pitch Control System )

Η ενέργεια που εισέρχεται από στο σύστημα από τον αέρα και καταλήγει στην

γεννήτρια μεταλλάσσεται με βάση την συστροφή των πτερυγίων και του πλάνου λειτουργίας που έχει δημιουργηθεί. Το σύστημα συστροφής χρησιμοποιείται και ως κύριο σύστημα φρένου (αεροδυναμικού φρένου το οποίο περιστρέφεται σε σημείο τέτοιο ώστε να είναι κόντρα στον άνεμο). Το σύστημα συστροφής βασίζεται σε υδραυλικά συστήματα παράλληλα με την χρήση κυλίνδρου στα πτερύγια για την συστροφή τους.

### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

#### Πίνακας 4-1

|                     |                                     |
|---------------------|-------------------------------------|
| Σύστημα Περιστροφής |                                     |
| Τύπος               | Υδραυλικός                          |
| Κύλινδρος           | Ø-125/80-760                        |
| Αριθμός             | 1 κομμάτι/πτερύγιο                  |
| Εύρος               | -5 <sup>ο</sup> έως 90 <sup>ο</sup> |

### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

#### Πίνακας 4-2

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| Υδραυλικό σύστημα    |                |
| Χωρητικότητα αντλίας | 44 λίτρα/λεπτό |
| Πίεση λειτουργίας    | 180-200bar     |
| Ποσότητα λαδιού      | 260λίτρα       |
| Κινητήρας            | 18.5kW         |

### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

#### 6.2.5 Πλήμνη

Η πλήμνη είναι το σώμα εκείνο που ενώνει τα 3 πτερύγια με την νασέλα.

Επίσης και η πλήμνη διαθέτει κύλινδρο συστροφής και λαβές.

### Πίνακας 4-3

|        |   |
|--------|---|
| Πλήμνη |   |
| Τύπος  | Σφαιρικό σχήμα με κέλυφος               |
| Υλικό  | Χυτοσίδηρος<br>EN GJS 400-18U-LT/EN1560 |

#### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### 6.2.6 Κύριος Άξονας

### Πίνακας 4-4

|               |                        |
|---------------|------------------------|
| Κύριος Άξονας |                        |
| Τύπος         | Σφουρηλατημένος άξονας |
| Υλικό         | 42 CrMo4 QT / EN 10083 |

#### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### 6.2.7 Χώρος Ρουλεμάν

### Πίνακας 4-5

|               |   |
|---------------|---|
| Κύριος Άξονας |   |
| Τύπος         | Περίβλημα με χαμηλό κέντρο              |
| Υλικό         | Χυτοσίδηρος<br>EN GJS 400-18U-LT/EN1560 |

#### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### 6.2.8 Κύρια Ρουλεμάν

### Πίνακας 4-6

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| Κύρια Ρουλεμάν |                                   |
| Τύπος          | σφαιρικά                          |
| Λίπανση        | Γράσο/Επανατοποθέτηση χειροκίνητα |

## [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### 6.2.9 Κιβώτιο Ταχυτήτων

Το κύριο κιβώτιο ταχυτήτων μεταδίδει περιστροφική ροπή από το στροφείο στη γεννήτρια. Η ροπή μεταδίδεται από τον άξονα υψηλής ταχύτητας στη γεννήτρια μέσω ενός εύκαμπτου σύνθετη ζεύξης, που βρίσκεται πίσω από το δισκόφρενο. Το δισκόφρενο είναι τοποθετημένο απευθείας στον άξονα υψηλής ταχύτητας.

### Πίνακας 4-7

| Κιβώτιο Ταχυτήτων          |   |
|----------------------------|---|
| Τύπος                      | 1 πλανητικό στάδιο + 2 ελικοειδή στάδια |
| Κλίμακα                    | 1:112.8                                 |
| Ψύξη                       | Αντλία λαδιού με συσκευή ψύξης λαδιού   |
| Συσκευή θέρμανσης λαδιού   | 2 kW                                    |
| Μέγιστη θερμοκρασία λαδιού | 80°C                                    |
| Καθαρότητα λαδιού          | -/15/12 ISO 4406                        |

## [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### 6.2.10 Ρουλεμάν Γεννήτριας

Τα ρουλεμάν έχουν γράσο το οποίο τοποθετείτε από μια μονάδα λίπανσης η οποία βρίσκεται εντός της νασέλας( για θερμοκρασίες έως -10C<sup>0</sup> ). Το χρόνο η ροή λαδιού είναι περίπου 2400 cm<sup>3</sup>



## [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### 6.2.11 Σύνδεσμοι άξονα υψηλής ταχύτητας

Ο εύκαμπτος σύνδεσμος μεταδίδει τη ροπή από τον άξονα υψηλής ταχύτητας του κιβωτίου ταχυτήτων στον άξονα εισόδου της γεννήτριας. Ο εύκαμπτος σύνδεσμος έχει σχεδιαστεί για να αντισταθμίσει τις μετατοπίσεις μεταξύ του κιβωτίου ταχυτήτων και της γεννήτριας. Η ζεύξη αποτελείται από δύο σύνθετους δίσκους και έναν ενδιάμεσο σωλήνα με δύο φλάντζες αλουμινίου και ένα γυάλινο σωλήνα ινών. Ο σύνδεσμος είναι τοποθετημένος σε τρία έμβολα πάνω στο δισκόφρενο και στην πλήμνη της γεννήτριας.

Ο τύπος του συνδέσμου είναι VK 420

## [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### 6.2.12 Σύστημα περιστροφής

Το σύστημα περιστροφής έχει σχεδιαστεί για να μετακινεί την ανεμογεννήτρια προς τον άνεμο . Η νασέλα είναι τοποθετημένη στην πλάκα περιστροφής, η οποία είναι βιδωμένη στον πύργο. Το σύστημα των ρουλεμάν περιστροφής είναι ένα απλό σύστημα εδράνων με ενσωματωμένη τριβή. Ασύγχρονοι κινητήρες περιστροφής με φρένα επιτρέπουν στην νασέλα να περιστρέφεται στην κορυφή του πύργου. Ο ελεγκτής ( από τον ανεμοδείκτη) λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την κατεύθυνση του ανέμου. Η αυτόματη περιστροφή είναι απενεργοποιημένη όταν η μέση ταχύτητα ανέμου είναι κάτω από 3 m / s.

## [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### Πίνακας 4-8

| Σύστημα Περιστροφής  |   |
|----------------------|---|
| Τύπος                | Φορητό σύστημα εδράνων με ενσωματωμένη τριβή                              |
| Υλικό                | Σφυρηλατημένος δακτύλιος περιστροφής με θερμικά επεξεργασμένα έδρανα PETP |
| Ταχύτητα περιστροφής | <0.5°/δευτερόλεπτο  |

#### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### Πίνακας 4-9

| Γρανάζι Περιστροφής                   |  |
|---------------------------------------|--|
| Τύπος                                 | Ανοξείδωτος συνδυασμός αποσβεστήρων (αμορτισέρ) και μη πλανητικό κιβώτιο ταχυτήτων. Ηλεκτρικό φρένο του κινητήρα |
| Κινητήρας                             | 1.5 kW, 6 πόλων, ασύγχρονος  |
| Αριθμός γραναζιών περιστροφής         | 6  |
| Συνολική κλίμακα                      | 1,120 : 1  |
| Ταχύτητα περιστροφής σε πλήρες φορτίο | Περίπου 1 rpm στην έξοδο του άξονα   |

#### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

#### 6.2.13 Γερανός

Ο γερανός είναι ένας ανυψωτήρας με αλυσίδα με μέγιστη αντοχή ανύψωσης τα 800kg

#### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

#### 6.2.14 Δομή Πυλώνα

Σωληνοειδείς πύργοι με συνδέσεις φλάντζας, πιστοποιημένοι σύμφωνα με τον

σχετικό τύπο έγκρισης, διατίθενται σε διαφορετικά τυπικά ύψη. Οι μαγνήτες παρέχουν φορτίο στήριξης σε οριζόντια κατεύθυνση και εσωτερικά, όπως οι πλατφόρμες και οι σκάλες υποστηρίζονται κατακόρυφα (δηλ. κατά την κατεύθυνση βαρύτητας) με μηχανικό τρόπο σύνδεσης. Τα αναφερόμενα ύψη πλήμνης αφορούν την απόσταση από το τμήμα θεμελίωσης έως το επίπεδο του εδάφους που είναι περίπου 0,6 μ. και αλλάζει ανάλογα με το πάχος της φλάντζας του πυθμένα και από την απόσταση από την άνω φλάντζα του πύργου μέχρι το κέντρο της πλήμνης του. Τα ύψη του πυλώνα είναι 80/95/105/125 μέτρα.

## **[General Specification V90-2MW/VESTAS]**

### **6.2.15 Πτυσσόμενη πλάκα και κάλυμμα νασέλας**

Το κάλυμμα της νασέλας είναι κατασκευασμένο από υαλοβάμβακα. Βέργες είναι τοποθετημένες στο δάπεδο για τοποθέτηση εξοπλισμού ανύψωσης. Η οροφή είναι εξοπλισμένη με αισθητήρες άνεμου (ανεμόμετρα και ανεμοδείκτες) και φεγγίτες που μπορούν να ανοίγουν από στο εσωτερικό της νασέλας για πρόσβαση στην οροφή. Η πρόσβαση από τον πύργο στη νασέλα γίνεται από το σύστημα περιστροφής. Η πλάκα της νασέλας αποτελείται από δύο μέρη το ένα είναι το μπροστινό τμήμα από χυτοσίδηρο και από άλλο ένα την δοκό στήριξης στο πίσω μέρος. Το μπροστινό μέρος της πλάτης της νασέλας είναι η βάση για όλο το σύστημα κίνησης και μεταδίδει δυνάμεις από τον δρομέα στον πύργο μέσω του συστήματος περιστροφής. Η επιφάνεια του πυθμένα επεξεργάζεται και συνδέεται με το έδρανο περιστροφής και τα γρανάζια του συστήματος περιστροφής είναι βιδωμένα στο μπροστινό μέρος του ομφαλού. Το πίσω μέρος της πλάκας στήριξης χρησιμεύει ως βάση για τα πάνελ ελέγχου, τη γεννήτρια και τον μετασχηματιστή.

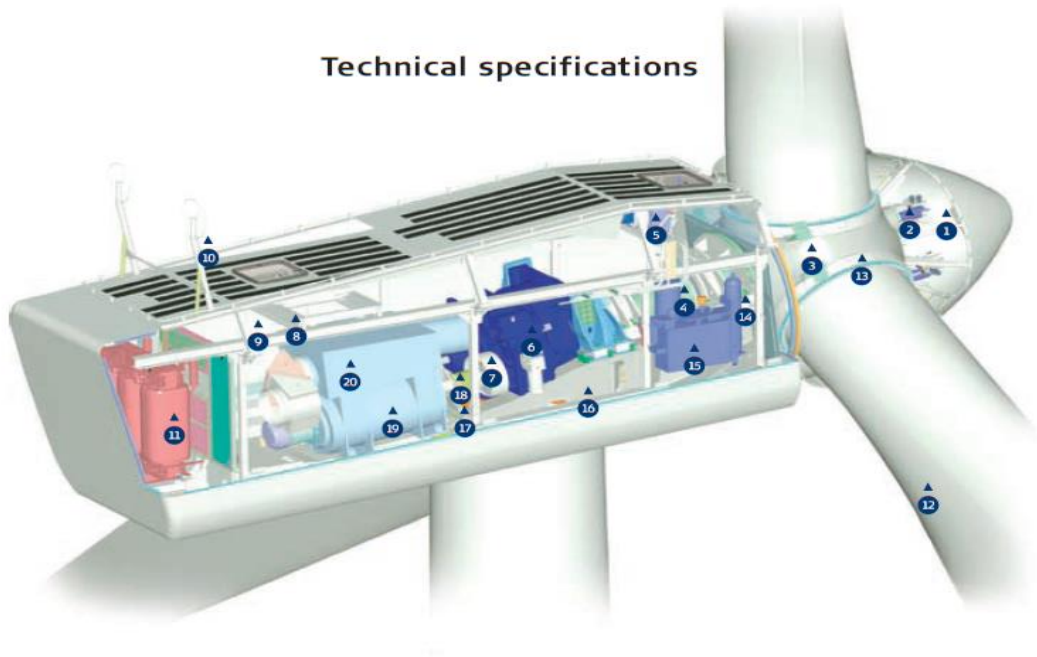
## **[General Specification V90-2MW/VESTAS]**

### **6.2.16 Συστήματα ψύξης**

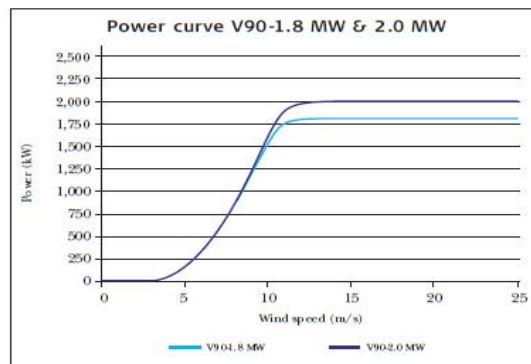
Κάθε μονάδα εντός της νασέλας έχει διαφορετικό τρόπο για να ψύχεται. Αυτό συμβαίνει είτε από την ίδια την κατασκευή του στοιχείου είτε από εξωτερικό μηχανισμό. Συστήματα όπως ο μετασχηματιστής, η γεννήτρια, ο VCS μετατροπέας, τα υδραυλικά και το κιβώτιο ταχυτήτων θέλουν ατομική μονάδα ψύξης ,όπως και έχουν με αρκετά μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας . Κάποιες μονάδες ψύξης λειτουργούν με αέρα και άλλες με ψυκτικό υγρό υπό πίεση.

**[General Specification V90-2MW/VESTAS]**

## Technical specifications



- |                   |                                     |                             |                             |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 Hub controller  | 6 Gearbox                           | 11 High voltage transformer | 16 Machine foundation       |
| 2 Pitch cylinders | 7 Mechanical disc brake             | 12 Blade                    | 17 Yaw gears                |
| 3 Blade hub       | 8 Service crane                     | 13 Blade bearing            | 18 Composite disc coupling  |
| 4 Main shaft      | 9 VMP-Top controller with converter | 14 Rotor lock system        | 19 OptiSpeed® generator     |
| 5 Oil cooler      | 10 Ultrasonic wind sensors          | 15 Hydraulic unit           | 20 Air cooler for generator |



### Εικόνα 5-0

[General Specification V90-2MW/VESTAS]

Στην παραπάνω εικόνα (εικόνα 5-1) η εταιρία Vestas μας παρουσιάζει τα αποτελούμενα μέρη της ανεμογεννήτριας V90-2MW.

1. Στο νούμερο ένα (1) είναι ο ελεγκτής της πλήμνης
2. Στο νούμερο δύο (2) είναι οι κύλινδροι της συστροφής
3. Στο νούμερο τρία(3) είναι το σημείο που γίνεται η ένωση πλήμνης-πτερυγίων
4. Στο νούμερο τέσσερα (4) είναι ο κεντρικός άξονας
5. Στο νούμερο πέντε (5) είναι η συσκευή ψύξης με λάδι
6. Στο νούμερο έξι (6) είναι το κιβώτιο ταχυτήτων
7. Στο νούμερο επτά (7) είναι το μηχανικό δισκόφρενο
8. Στο νούμερο οκτώ (8) είναι ο γερανός μεταφοράς
9. Στο νούμερο εννέα (9) είναι ο ελεγκτής με μετατροπέα
10. Στο νούμερο δέκα (10) είναι ένα υπερηχητικό με αισθητήρες
11. Στο νούμερο έντεκα (11) είναι μετασχηματιστής υψηλής τάσης
12. Στο νούμερο δώδεκα (12) είναι τα πτερύγια
13. Στο νούμερο δεκατρία (13) είναι τα ρουλεμάν των πτερυγίων
14. Στο νούμερο δεκατέσσερα (14) είναι το σύστημα κλειδώματος του στροφείου
15. Στο νούμερο δεκαπέντε (15) είναι μία υδραυλική μονάδα
16. Στο νούμερο δεκαέξι (16) είναι μία μηχανική θεμελίωση
17. Στο νούμερο δεκαεπτά (17) είναι τα γρανάζια περιστροφής
18. Στο νούμερο δεκαοκτώ(18) είναι το συνθετικό του δίσκου ζεύξης
19. Στο νούμερο δεκαεννέα (19) είναι η γεννήτρια OptiSpeed™
20. Στο νούμερο είκοσι (20) είναι η αερόψυξη της γεννήτριας

**[General Specification V90-2MW/VESTAS]**

---

## Rotor

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Diameter:             | 90 m   |
| Area swept:           | 6,362 m <sup>2</sup>   |
| Nominal revolutions:  | 14.9 rpm   |
| Operational interval: | 9.0-14.9 rpm   |
| Number of blades:     | 3  |
| Power regulation:     | Pitch/Optispeed  |
| Air brake:            | Full blade pitch by three separate hydraulic pitch cylinders |

---

## Tower

|             |                   |
|-------------|-------------------|
| Hub height: | 80 m, 95 m, 105 m |
|-------------|-------------------|

---

## Operational data

|                     |          |                   |
|---------------------|----------|-------------------|
|                     | IEC IIA: | IEC IIIA/DIBt II: |
|                     | 1,800 kW | 2,000 kW          |
| Cut-in wind speed:  | 3.5 m/s  | 2.5 m/s           |
| Nominal wind speed: | 12 m/s   | 13 m/s            |
| Cut-out wind speed: | 25 m/s   | 25 m/s / 21 m/s   |

---

## Generator

|                   |                             |                             |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                   | IEC IIA:                    | IEC IIIA/DIBt II:           |
| Type:             | Asynchronous with Optispeed | Asynchronous with Optispeed |
| Nominal output:   | 1,800 kW                    | 2,000 kW                    |
| Operational data: | 50 Hz/60 Hz 690 V           | 50 Hz/60 Hz 690 V           |

---

## Gearbox

|       |                          |
|-------|--------------------------|
| Type: | Planetary/helical stages |
|-------|--------------------------|

---

## Control

|       |  |
|-------|--|
| Type: | Microprocessor-based control of all the turbine functions with the option of remote monitoring. Output regulation and optimisation via OptiSpeed and OptiTip pitch regulation. |
|-------|--|

---

## Weight

|             |         |          |         |
|-------------|---------|----------|---------|
| Nacelle:    | 68 t    |          |         |
| Rotor:      | 38 t    |          |         |
| Towers:     |         |          |         |
| Hub height: | IEC IIA | IEC IIIA | DIBt II |
| 80 m        | 150 t   | 150 t    | -       |
| 95 m        | -       | -        | 200 t   |
| 105 m       | -       | -        | 225 t   |

*t = metric tonnes*

*DIBt towers are only approved for Germany.*

All specifications subject to change without notice.

## Εικόνα 5-1

### [General Specification V90-2MW/VESTAS]

### 6.2.17 Συμπεράσματα από την επιλογή της V90-2MW

Στην εικόνα 5-2 έχουμε την συνοπτική λίστα των ταχυτήτων της ανεμογεννήτριας V90-2MW IEC IIIA( ταχύτητα εκκίνησης ,καταστροφής ,επαναφοράς και γενικά σημαντικά άλλα στοιχεία). Από την καμπύλη ισχύος της εικόνας 5-1 και σε συνδυασμό της εικόνας 5-2 προκύπτουν τα εξής:

1. Η ανεμογεννήτρια είναι κατάλληλη για αιολικά δυναμικά κοντά στα 10m/s. Αυτό συμβαίνει γιατί το σύστημα έχει μέγιστη ισχύ εξόδου για τα 10m/s. Οπότε ένα αιολικό δυναμικό περίπου στα 7-8 m/s είναι πολύ κοντά στην ιδανική περίπτωση( 10m/s). Επιπλέον θετικό στοιχείο είναι ότι η ανεμογεννήτρια αρχίζει να παράγει ισχύ από πολύ μικρές ταχύτητες 2.5m/s
2. Η ανεμογεννήτρια έχει ταχύτητα επιστροφής τα 25m/s. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να αντέξει και ταχύτητες άνω των 25m/s . Οπότε και σε περίπτωση που υπάρχουν δυνατοί άνεμοι στην περιοχή εγκατάστασης οι ανεμογεννήτρια θα λειτουργεί σε μέγιστη ισχύ από 10m/s έως 25m/s
3. Επιπλέον θετικό στοιχείο είναι η διαθεσιμότητα του πυλώνα σε διαφορετικά ύψη. Επειδή ο χώρος που πρόκειται να εγκατασταθούν οι συγκεκριμένες ανεμογεννήτριες είναι περιτριγυρισμένος από μικρά δέντρα είναι σημαντικό να επιλεγεί ένας ψηλότερος πύργος.

### 6.3 Χωροθέτηση

Η Χωροθέτηση των ανεμογεννητριών σε αιολικό πάρκο ,αποτελεί ένα από τα βασικότερα βήματα για την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής. Γενικότερα οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε σειρές και ισαπέχουν μεταξύ τους κατά  $D_{dw}$ . Το  $D_{dw}$  είναι ίσο με 4 έως 8 φορές το  $D$ . Όπου το  $D$  είναι η διάμετρος του στροφείου. Αν έχουμε διάμετρο στροφείου 90 μέτρα όπως έχει η ανεμογεννήτρια V90 ,τότε η επόμενη



θα τοποθετηθεί  $4 \cdot 90\text{m} = 360\text{m}$  μακριά (το ελάχιστο ) έως  $8 \cdot 90\text{m} = 720\text{m}$  μακριά ( το μέγιστο). Από τον χώρο τοποθέτησης που έχει επιλεγεί μπορούμε να τοποθετήσουμε σε μία οριζόντια σειρά δύο ανεμογεννήτριες( η οριζόντια απόσταση είναι σχεδόν 500m).

**[Απόστολος Πολυζάκης , Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος]**

#### **6.4 Διασύνδεση**

Οι ανεμογεννήτριες που έχουν επιλεγεί να εγκατασταθούν έχουν τάση εξόδου 690V. Για να μειωθούν οι απώλειες ,αυτό που γίνεται είναι η ανύψωση της τάσης με μετασχηματιστές περίπου στα 34,5Kv ,για την μεταφορά εντός του πάρκου. Αφού συνδεθούν μεταξύ τους μετά τους μετασχηματιστές σε έναν τοπικό υποσταθμό , με υποθαλάσσια καλώδια γίνεται και η σύνδεση στο δίκτυο ( υποθαλάσσια γιατί η εγκατάσταση αφορά την Ιθάκη). Επιπλέον γίνεται και σύνδεση σε ένα τοπικό κέντρο ελέγχου για διάφορους χειρισμούς.

**[Απόστολος Πολυζάκης , Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος]**

Επίσης οι ανεμογεννήτριες έχουν PLC για έλεγχο. Μέσο του PLC και με μία RF signal κεραία που συνδέεται με το PLC μπορούμε να στείλουμε πληροφορίες σε ένα σύστημα το οποίο εμπεριέχει scada. Με την χρήση ενός web navigator υπάρχει η δυνατότητα για τηλεέλεγχο των ανεμογεννητριών μέσω του scada. Χρησιμοποιώντας τηλεέλεγχο οι μηχανικοί που κάνουν τις συντηρήσεις θα μπορούν να έχουν πλήρη εικόνα της κατάστασης της ανεμογεννήτριας . Αυτό θα είναι μία σημαντική βοήθεια που θα μειώσει και τις επισκέψεις των μηχανικών στις ανεμογεννήτριες. Αυτόματα αυτό σημαίνει και μείωση του κινδύνου για βλάβες και γενικότερα του κινδύνου για κάποιο ατύχημα ( είτε στα μηχανήματα είτε στους ανθρώπους)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

---

## **7.1 Νομικό πλαίσιο αδειοδοτήσεων αιολικών πάρκων**

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 δανειοδοτικά στάδια στις περιπτώσεις των αιολικών έργων είναι:

### **I. Άδεια Παραγωγής**

Η άδεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται για αιολικά πάρκα με εγκατεστημένη ισχύ μεγαλύτερη των 100 kW, ενώ για τα πάρκα με μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ δεν απαιτείται άδεια παραγωγής ή άλλη σχετική διαπιστωτική πράξη. Η άδεια παραγωγής χορηγείται με απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.), κατόπιν σχετικής αίτησης, ενώ για τη χορήγησή της αξιολογούνται κριτήρια που αναφέρονται στο άρθρο 2 παρ. 1 του Ν. 3851/2010. Η Ρ.Α.Ε., αφού εξετάσει αν πληρούνται τα κριτήρια αυτά, αποφασίζει για τη χορήγηση ή μη άδειας παραγωγής μέσα σε δύο (2) μήνες από την υποβολή της αίτησης, εφόσον ο φάκελος είναι πλήρης, άλλως από τη συμπλήρωσή του. Ο φάκελος θεωρείται πλήρης, αν μέσα σε τριάντα (30) ημέρες από την υποβολή του δεν ζητηθούν εγγράφως από τον αιτούντα συμπληρωματικά στοιχεία.

Η άδεια παραγωγής χορηγείται για χρονικό διάστημα είκοσι πέντε (25) ετών και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρόνο. Στην περίπτωση, όμως, που εντός τριάντα (30) μηνών από τη χορήγηση της δεν εκδοθεί άδεια εγκατάστασης, η άδεια παραγωγής παύει αυτοδικαίως να ισχύει, εκδιδομένης σχετικής διαπιστωτικής πράξης από τη Ρ.Α.Ε..

## **II. Προσφορά Σύνδεσης**

Μετά την έκδοση της άδειας παραγωγής από τη Ρ.Α.Ε., ο ενδιαφερόμενος προκειμένου να του χορηγηθεί άδεια εγκατάστασης, ζητά ταυτόχρονα την έκδοση:

**α)** Προσφοράς Σύνδεσης από τον αρμόδιο Διαχειριστή, ο οποίος θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. **β)** Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.), κατά το άρθρο 4 του ν. 1650/1986, όπως ισχύει, και **γ)** Άδειας Επέμβασης σε δάσος ή δασική έκταση, κατά την παρ. 2 του άρθρου 58 του ν. 998/1979 (ΦΕΚ 289 Α'), εφόσον απαιτείται, ή γενικά των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου.

Ο αρμόδιος Διαχειριστής χορηγεί μέσα σε τέσσερις (4) μήνες την Προσφορά Σύνδεσης που του ζητήθηκε, η οποία αρχικώς είναι μη δεσμευτική και οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική:

**α)** με την έκδοση της απόφασης Ε.Π.Ο. για το σταθμό Α.Π.Ε. ή, **β)** αν δεν απαιτείται απόφαση Ε.Π.Ο., με τη βεβαίωση από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή της οικείας Περιφέρειας ότι ο σταθμός Α.Π.Ε. απαλλάσσεται από την υποχρέωση αυτή.

Η Προσφορά Σύνδεσης ισχύει για τέσσερα (4) έτη από την οριστικοποίησή της και δεσμεύει τον Διαχειριστή και τον δικαιούχο

### **III. Άδεια Εγκατάστασης**

Αφού καταστεί δεσμευτική η Προσφορά Σύνδεσης, ο δικαιούχος ενεργεί:

**α)** για τη χορήγηση άδειας εγκατάστασης

**β)** για τη σύναψη της Σύμβασης Σύνδεσης και της Σύμβασης Πώλησης, σύμφωνα με τα άρθρα 9, 10 και 12 και τους Κώδικες Διαχείρισης του Συστήματος και του Δικτύου.

Σύμφωνα με το άρθ.187 του ν.4001/2011 (Α'179) που τροποποιεί το άρθ.8 του

ν.3468/2006, η σύναψη της Σύμβασης Σύνδεσης προηγείται της σύναψης Πώλησης

Ηλεκτρικής Ενέργειας. Οι Συμβάσεις αυτές υπογράφονται και ισχύουν από τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης, εφόσον απαιτείται,

**γ)** για τη χορήγηση αδειών, πρωτοκόλλων ή άλλων εγκρίσεων που τυχόν απαιτούνται

σύμφωνα με τις διατάξεις της ισχύουσας νομοθεσίας για την εγκατάσταση του σταθμού, οι οποίες εκδίδονται χωρίς να απαιτείται η προηγούμενη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης,

**δ)** για την τροποποίηση της απόφασης Ε.Π.Ο. ως προς τα έργα σύνδεσης, εφόσον απαιτείται.

Η άδεια εγκατάστασης χορηγείται μέσα σε προθεσμία δεκαπέντε (15) εργάσιμων ημερών από την ολοκλήρωση της διαδικασίας ελέγχου των δικαιολογητικών. Κατά τη διαδικασία έκδοσης της άδειας εγκατάστασης, ελέγχεται η απόσταση κάθε ανεμογεννήτριας του σταθμού από την πλησιέστερη ανεμογεννήτρια σταθμού του ίδιου ή άλλου παραγωγού, η οποία καθορίζεται με ανέκκλητη συμφωνία των παραγωγών, για την οποία ενημερώνεται η Ρ.Α.Ε. και οι δανειοδοτούσες αρχές.

Η άδεια εγκατάστασης ισχύει για δύο (2) έτη και μπορεί να παρατείνεται, κατ' ανώτατο όριο, για ίσο χρόνο, μετά από αίτηση του κατόχου της, εφόσον:

**α)** κατά τη λήξη της διετίας έχει εκτελεσθεί έργο, οι δαπάνες του οποίου καλύπτουν το 50% της επένδυσης, ή

**β)** δεν συντρέχει η προϋπόθεση της ανωτέρω περίπτωσης αλλά έχουν συναφθεί οι

αναγκαίες συμβάσεις για την προμήθεια του εξοπλισμού ο οποίος απαιτείται για την υλοποίηση του έργου, ή

γ) υφίσταται αναστολή με δικαστική απόφαση οποιασδήποτε άδειας απαραίτητης για τη νόμιμη εκτέλεση του έργου.

#### **IV. Ε.Π.Ο.**

Για αιολικά πάρκα, των οποίων η εγκατεστημένη ισχύς είναι μικρότερη των 20 kW, δεν απαιτείται βεβαίωση ΕΠΟ, αλλά βεβαίωση απαλλαγής από αυτήν. Η βεβαίωση απαλλαγής εκδίδεται από τη ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας εντός αποκλειστικής προθεσμίας 20 ημερών, μετά την άπρακτη παρέλευση της οποίας θεωρείται αυτή χορηγηθείσα, κατά τις διατάξεις του άρθρου 3 του Ν. 3851/2010. Για την απόδειξη της άπρακτης παρέλευσης, ο ενδιαφερόμενος πρέπει στα επόμενα στάδια να προσκομίζει σχετική βεβαίωση της Περιφέρειας, ή εναλλακτικά, αντίγραφο του αιτήματός του με τον αριθμό πρωτοκόλλου και την ημερομηνία κατάθεσής του, μαζί με υπεύθυνη δήλωση για την παρέλευση του 20ημέρου χωρίς έκδοση ούτε απαλλαγής, ούτε αρνητικής απόφασης. Κατ' εξαίρεση απαιτείται ΕΠΟ εάν:

α) το έργο εγκαθίσταται εντός περιοχής Natura 2000 ή σε απόσταση < 100m από αιγιαλό, ή

β) γειτνιάζει σε απόσταση <150 m με άλλο σταθμό ίδιας τεχνολογίας, η δε αθροιστική ισχύς υπερβαίνει το όριο των 20 kW.

Για την έκδοση απόφασης Ε.Π.Ο. κατά τις διατάξεις του άρθρου 4 του ν. 1650/1986, όπως ισχύει, υποβάλλεται πλήρης φάκελος και Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) στην αρμόδια για την περιβαλλοντική αδειοδότηση αρχή.

Η αρμόδια αρχή εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα προτεινόμενα μέτρα πρόληψης και αποκατάστασης, μεριμνά για την τήρηση των διαδικασιών δημοσιοποίησης

και αποφαινεται για τη χορήγηση ή μη απόφασης Ε.Π.Ο. μέσα σε τέσσερις (4) μήνες από το χρόνο που ο φάκελος θεωρήθηκε πλήρης.

Η απόφαση Ε.Π.Ο. για την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ισχύει για δέκα (10) έτη και μπορεί να ανανεώνεται, με αίτηση που υποβάλλεται υποχρεωτικά έξι (6) μήνες πριν από τη λήξη της, για μία ή περισσότερες φορές, μέχρι ίσο χρόνο κάθε φορά. Μέχρι την έκδοση της απόφασης ανανέωσης εξακολουθούν να ισχύουν οι προηγούμενοι περιβαλλοντικοί όροι.

Βεβαίωση Ε.Π.Ο. ή απαλλαγή από αυτήν δεν απαιτείται για ανεμογεννήτριες που εγκαθίστανται εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων (ΒΙ.ΠΕ., ΒΙ.ΠΑ. κτλ), ή πάνω σε κτίρια και άλλες δομικές κατασκευές (Ν. 3468/2006, αρθ. 8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν. 3851/2010, αρθ. 3, §2). Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να προσκομίζεται τοπογραφικό διάγραμμα ή έγγραφο προσφοράς σύνδεσης απ' όπου να προκύπτει σαφώς η εγκατάσταση σε υποδοχέα ή πάνω σε κτίριο αντίστοιχα.

## **V. Άδεια λειτουργίας**

Πριν τη χορήγηση άδειας λειτουργίας, απαιτείται να προηγηθεί προσωρινή σύνδεση του πάρκου για δοκιμαστική λειτουργία, κατόπιν αιτήσεως στον αρμόδιο Διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστη λειτουργία 15 ημερών, ο Διαχειριστής εκδίδει βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης των δοκιμών (ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β'1153, άρθ.14).

Εν συνεχεία, ο παραγωγός ενεργεί για τη χορήγηση άδειας λειτουργίας. Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του οργάνου που είναι αρμόδιο για τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης, μετά από αίτηση του ενδιαφερομένου και έλεγχο από κλιμάκιο των αρμόδιων Υπηρεσιών της τήρησης των τεχνικών όρων εγκατάστασης στη δοκιμαστική λειτουργία του σταθμού, καθώς και έλεγχο της διασφάλισης των αναγκαίων λειτουργικών και τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού του, που μπορεί να διενεργείται και από το

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.). Η άδεια λειτουργίας χορηγείται μέσα σε αποκλειστική προθεσμία είκοσι (20) ημερών από την ολοκλήρωση των ανωτέρω ελέγχων.

Η άδεια λειτουργίας ισχύει για είκοσι (20) τουλάχιστον έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρονικό διάστημα.

Σημειώνεται πως σε περιπτώσεις αιολικών πάρκων με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση με 100 kW δεν απαιτείται η έκδοση άδειας παραγωγής, άδειας εγκατάστασης ή άδειας λειτουργίας, ενώ δεν απαιτείται επίσης και περίοδος δοκιμαστικής λειτουργίας.

(Energy Press/Μεταξάς & Συνεργάτες-Δικηγόροι & Νομικοί Σύμβουλοι/24-07-2012)

## **7.2 Δικαιολογητικά για άδεια εγκατάστασης Α.Π.Ε**

### **A. Παρατήρηση:**

Τα στοιχεία που προσκομίζουν οι ενδιαφερόμενοι πρέπει να ταυτίζονται με τα στοιχεία της οικείας άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ταύτιση αφορά τη θέση εγκατάστασης του σταθμού, την ονομαστική ηλεκτρική ισχύ του σταθμού, την πρόβλεψη σιτοπαραγωγής ( σε περίπτωση άδειας αυτοπαραγωγού ) και το πρόσωπο του αιτούντος.

### **B. Απαιτούμενα δικαιολογητικά και στοιχεία**

- 1). Έντυπη αίτηση του ν.3468/2006.
- 2). Άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- 3). Συνοπτική τεχνική περιγραφή του έργου, υπογεγραμμένη από το μελετητή που την εκπόνησε, η οποία να περιλαμβάνει τα βασικά τεχνικά στοιχεία καθώς και το προϋπολογισμό του έργου.

**4).** Οριστική/Δεσμευτική προσφορά του ΔΕΣΜΗΕ για τη σύνδεση του σταθμού με το Σύστημα ή το Δίκτυο.

**5).** Τοπογραφικά διαγράμματα που θεωρούνται από το ν αρμόδιο Διαχειριστή (ΔΕΣΜΗΕ ή/ και ΔΕΗ) και αφορούν την όδευση των έργων σύνδεσης του σταθμού.

**6).** Νομιμοποιητικά στοιχεία της εταιρίας

**6<sup>α</sup>).** Γενικά για όλες τις εταιρίες:

- Η ηλεκτροπαραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε) να προκύπτει από το σκοπό της εταιρίας.

- Η διάρκεια της εταιρίας να είναι τουλάχιστον ίση με τον χρόνο ισχύος της οικείας άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

**6<sup>β</sup>).** Για ομόρρυθμες εταιρίες (Ο.Ε) και ετερόρρυθμες εταιρίες (Ε.Ε) :

- Επικυρωμένα αντίγραφα του καταστατικού και τον τυχόν τροποποιήσεων του καταστατικού.

- Πιστοποιητικό του οικείου πρωτοδικείου για την καταχώριση στα τηρούμενα βιβλία εταιριών της σύστασης της εταιρίας και τον τυχόν τροποποιήσεων του καταστατικού.

**6<sup>γ</sup>).** Για τις εταιρίες περιορισμένης ευθύνης (Ε.Π.Ε) και ανώνυμες εταιρίες (Α.Ε):

- ΦΕΚ/τεύχος Α.Ε. & Ε.Π.Ε στο οποίο δημοσιεύτηκε η σύσταση και η έγκριση του καταστατικού της εταιρίας.

- ΦΕΚ/τεύχος Α.Ε. & Ε.Π.Ε στο οποίο δημοσιεύθηκε η συγκρότηση του διοικητικού συμβουλίου και η νόμιμη εκπροσώπηση της εταιρίας.

- Στις περιπτώσεις που δεν έχει ολοκληρωθεί στο ΦΕΚ/τεύχος Α.Ε. & Ε.Π.Ε να υποβληθούν στοιχεία που να τεκμηριώνουν την αποστολή στο εθνικό τυπογραφείο ( π.χ. επιστολή της αρμόδιας διεύθυνσης εμπορίου).

**7).** Απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για το χώρο εγκατάστασης του σταθμού και για τα αναγκαία συνοδά έργα (οδοποιία πρόσβασης , ηλεκτρική σύνδεση , υποσταθμός



κλπ) όπου απαιτούνται ,οι οποία να συνοδεύεται με την μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων ( χάρτες, γνωμοδοτήσεις κλπ).

**8).** Νόμιμο αποδεικτικό στοιχείο αποκλειστικής χρήσης του γηπέδου και κάθε άλλου ακινήτου που συνδέεται με την κατασκευή και λειτουργία του σταθμού .

Αναλυτικότερα :

- Για ιδιωτικές εκτάσεις : Επικυρωμένο συμβόλαιο για την κυριότητα ή επικαρπία ή μίσθωση συνοδευόμενο από το τυπογραφικό διάγραμμα στο οποίο αναφέρεται το συμβόλαιο και από το πιστοποιητικό μεταγραφής στο οικείο κτηματολογικό γραφείο ή υποθηκοφυλακείο .

- Για δημόσιες δασικές εκτάσεις : Απόφαση έγκρισης επέμβασης και χάρτες.

- Για την εκτέλεση εργασιών σε δρόμο (δημοτικό ,επαρχιακό κλπ) όπου απαιτείται (π.χ. διέλευση οπτικών ινών, αγωγών νερού κ.α.) : Άδειες τομής από τις κατά περίπτωση αρμόδιες υπηρεσίες.

### **Για τα αιολικά πάρκα γνωμοδοτήσεις Γ.Ε.Ε.Θ.Α και Υ.Π.Α**

**9).** Υπεύθυνη δήλωση του ιδιοκτήτη του σταθμού για την ανάθεση της μελέτης εγκατάστασης , καθώς και υπεύθυνη δήλωση του μελετητή για την ανάληψη της μελέτης εγκατάστασης.

**10).** Τα ακόλουθα παραστατικά πληρωμής τελών , κρατήσεων και φόρων :

**i.** Κράτησης 1ο/οο επί του προϋπολογισμού του έργου υπέρ του ταμείου συντάξεως μηχανικών εργοληπτών δημοσίων έργων (ΤΣΜΕΔΕ) και 0.5ο/οο υπέρ εθνικού Μετσόβιου

πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π.) σύμφωνα με τις διατάξεις του ν.2326/1940 (ΦΕΚ Α΄ 145) με ανώτατο όριο των παραπάνω ποσών ευρώ 2.93 και ευρώ 1,47 αντίστοιχα σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου μόνου του ν.1889/1951 (ΦΕΚ Α΄ 211) και τους ισχύοντες κανόνες μετατροπής και στρογγυλοποίησης των δραχμών σε ευρώ (€).

**ii.** Κράτησης 2% επί της αμοιβής του έργου υπέρ ΤΣΜΕΔΕ και 1% υπέρ ΕΜΠ σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν.915/1979 (ΦΕΚ Α΄ 103) χωρίς περιορισμό ανώτατου ορίου.

**iii.** Κατάθεσης ποσοστού 10% της αμοιβής μελέτης του μηχανικού και ειδικά στην περίπτωση μελέτης υδραυλικών έργων και εκτέλεσης τοπογραφικών εργασιών ποσοστού 4% στην οικεία δημόσια οικονομική υπηρεσία , ως προκαταβολής του φόρου εισοδήματος σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 52 του Ν.2238/1994 (ΦΕΚ Α΄ 151).

**iv.** Αποδείξεις κατάθεσης στην εθνική τράπεζα της Ελλάδος του ποσού της αμοιβής μελέτης στο όνομα του μηχανικού .

**v.** Τέλους χαρτόσημου 2ο/οο επί της αμοιβής του μηχανικού καταβαλλόμενο στην οικεία Δ.Ο.Υ ,αντί επικόλλησης κινητού επισήματος στα σχέδια, προϋπολογισμούς , μελέτες καθώς και στα τυχόν αντίγραφα αυτών , σύμφωνα με το άρθρο 25 του Ν.2873/2000 (ΦΕΚ Α΄ 285).

**vi.** Παράβολου 27,88 ευρώ (€) συνολικά υπέρ του δημοσίου (λογαριασμός αριθ.1459) για την ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση στο όνομα του ιδιοκτήτη του σταθμού από την οικεία δημόσια οικονομική υπηρεσία σύμφωνα με το άρθρο Ν.Δ. 1150/1949 (ΦΕΚ Α΄ 249) , το άρθρο μόνο του Ν.1889/1951 , την κοινή υπουργική απόφαση 13959/22.02.1952 και τους ισχύοντες κανόνες μετατροπής και στρογγυλοποίησης των δραχμών σε ευρώ

Τα αποδεικτικά των περιπτώσεων ii), iii) και iv) δεν απαιτούνται όταν ο μελετητής είναι υπάλληλος του ενδιαφερόμενου με σχέση εξαρτημένης εργασίας. Στη περίπτωση αυτή υποβάλλεται το νόμιμο αποδεικτικό στοιχείο της εξαρτημένης εργασίας

**11). Παρατήρηση για μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς :**

Στις περιπτώσεις μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών ισχύος μέχρι 15MWe απαιτείται επί πλέον ενιαία άδεια χρήσης νερού-εκτέλεσης έργου αξιοποιήσεις υδατικών πόρων από την αρμόδιο Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης

**(Υπουργική Απόφαση Δ6/Φ1/οικ.13310(ΦΕΚ Β΄ 1153/10-7-2007):**

**Άρθρα 7 & 8)**

## Βιβλιογραφία

---

1. A history of renewable energy technology/Energy Policy/Ben Sorensen/  
January-February 1991
2. General Specification V90\_1.8-2.0 MW 50Hz VCS/VESTAS
3. Renewable Energy Resources/Taylor & Francis/2005
4. Promotion of Renewable Energy Sources: Effects on Innovation/Mario  
Ragwitz/Taylor & Francis /2007
5. Renewable Energy Second Edition\_ A First Course / Robert Ehrlich , Harold A.  
Geller
6. Journal Of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics/A Review Of  
Challenges and Mitigation Measures/Elsevier Enhanced Read/Taylor & Francis,  
CRC Press/Luca Bruno , Marko Horvat , Lorenzo Raffoele
7. Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος/<sup>1ST</sup> Edition /Power Heat Cool  
(P.H.C)/Απόστολος Λ. Πολυζάκης/2017
8. Υψηλές Τασεις/3<sup>η</sup> Έκδοση/TZIOLOS PUBLICATIONS/Λάμπρος Οικονόμου ,  
Γεώργιος Φώτης , Χρήστος Χριστοδούλου/2016
9. Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας /2<sup>η</sup> Έκδοση/TZIOLOS  
PUBLICATIONS/Παντελής Β. Μαλατέστας/2016
10. Μεταφορά & Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας/4<sup>η</sup> Έκδοση/Εκδόσεις ΙΩΝ/Νίκος  
Κολλιόπουλος/ B.M. Weedy & B.J. Cory
11. Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις/2<sup>η</sup> Έκδοση/TZIOLOS PUBLICATIONS/Βασίλης Δ.  
Μπιτζιώνης/2015-2016
12. Some Industrial Systems/Chapter 2/Magdi S Mahmoud/19 February 2016
13. Wind Explained/History Of Wind Power/Independent Statistics & Analysis/U.S.  
Energy Information Administration/4 April 2019

- <https://www.eia.gov/energyexplained/wind/history-of-wind-power.php>
14. Energy Fundamentals /Physics Of Wind Turbines  
<https://home.uni-leipzig.de/energy/energy-fundamentals/15.htm>
15. Meteoblue/Ιθάκη  
[https://www.meteoblue.com/el/καιρός/historyclimate/climatemodelled/Ιθάκη\\_Ελληνική-Δημοκρατία\\_261708](https://www.meteoblue.com/el/καιρός/historyclimate/climatemodelled/Ιθάκη_Ελληνική-Δημοκρατία_261708)
16. Sun & Wind Energy/Siemens receives major order for BorWin3 North Sea grid connection from TenneT/17.04.2016  
<https://www.sunwindenergy.com/wind-energy/siemens-receives-major-order-borwin3-north-sea-grid-connection-tennet>
17. Wind Power/Andrew Farris/February 2017  
<http://www.energybc.ca/wind.html>
18. The History Of Wind Vanes/Emily Beach/July 31,2019  
<https://sciencing.com/history-wind-vanes-4298.html>
19. Design & Implementation Of An Improved Wind Speed Meter/Odeyemi F.M. & Bakare B.I/Jan-Feb 2015  
<http://www.iosrjournals.org/iosr-jece/papers/Vol.%202010%20Issue%201/Version-2/G010123643.pdf>
20. Hybrid Turbine Control Sensor  
<https://www.nrgsystems.com/assets/resources/Hybrid-Anemometer-Manual.pdf>
21. Επιστημονικές Επιχειρήσεις Ε.Π.Ε  
[https://www.scienter.gr/web/el/rnrg\\_products.php](https://www.scienter.gr/web/el/rnrg_products.php)
22. Ιδιωτικός Μετεωρολογικός Σταθμός Βύρωνα  
<https://www.meteovyronas.gr/>

23. Greenpeace/Αιολική Ενέργεια ή Κλιματικές Αλλαγές;

<http://www.rae.gr/old/k2/greenpeace.pdf>

24. Κλίμακα Beaufort

[http://www.megakastro.gr/tempe/bft\\_gr.htm](http://www.megakastro.gr/tempe/bft_gr.htm)

25. Αέριες Μάζες και Μετωπικές Επιφάνειες

[https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3711/1/05\\_chapter\\_04\\_r1.pdf](https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3711/1/05_chapter_04_r1.pdf)

26. Vortex Bladeless

<https://vortexbladeless.com/technology-design/>

27. Πανεπιστήμιο Πατρών/ Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας /Ενότητα 8/Εέυθέριος  
Αμανατίδης/Κατανομή Weibull

[https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CMNG2123/2015/%CE%91%CE%9D%CE%9F%CE%99%CE%9A%CE%A4%CE%91%20%CE%9C%CE%91%CE%98%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91\\_%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%94%CE%9F%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3/%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%208%20\\_%20%CE%95%CE%BA%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%20%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%20%CE%94%CF%85%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%2C%20%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AD%CF%82%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%91%CE%BD%CE%B5%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%BD%CE%AE%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%B5%CF%82.pdf](https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CMNG2123/2015/%CE%91%CE%9D%CE%9F%CE%99%CE%9A%CE%A4%CE%91%20%CE%9C%CE%91%CE%98%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91_%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%94%CE%9F%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3/%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%208%20_%20%CE%95%CE%BA%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%20%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%20%CE%94%CF%85%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%2C%20%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AD%CF%82%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%91%CE%BD%CE%B5%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%BD%CE%AE%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%B5%CF%82.pdf)

28. Invonio power the future

<https://medilab.pme.duth.gr/invonio/turbine-types.html>

29. ΔΕΣΜΗΕ

<http://www.desmie.gr/ape-sithya/adeiodotiki-diadikasia-kodikopoiisi-nomotheias-ape/periechomena/aiolika/>

30. ΥΠΕΚΑ

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=IkhnXWv0gik%3D&tabid=569>

31. Wind Map Of Greece

<http://aims.cres.gr/grwind150/viewer.htm>

32. Renewables First

<https://www.renewablesfirst.co.uk/windpower/wind-installation/>

33. ΕΜΥ

<http://www.hnms.gr/emy/el/>

34. NRDC

<https://www.nrdc.org/stories/renewable-energy-clean-facts>

35. National Geographic

<https://www.nationalgeographic.com/environment/energy/reference/renewable-energy/>

36. EnergyPress

<https://energypress.gr/news/nomiko-plaisio-adeiodotiseon-aiolikon-parkon>

37. ΥΠΕΚΑ ΙΘΑΚΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

<https://energypress.gr/news/nomiko-plaisio-adeiodotiseon-aiolikon-parkon>