

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΡΙΘΜΟΣ 1141**

**ΘΕΜΑ: «ΜΕΛΕΤΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΗΣ  
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΡΕΠΑΝΟ ΑΧΑΪΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ  
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ  
ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ»**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

**ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΘΕΟΔΩΡΑ**

**ΚΑΤΣΩΝΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:**

**ΤΣΙΜΠΛΟΣΤΕΦΑΝΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ-ΜΑΡΤΙΟΣ 2012**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

Περίληψη .....	4
Εισαγωγή: Οι τεχνολογικές εξελίξεις .....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	6

1.1	Το θεσμικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα <sup>(1)</sup>	6
1.2	Προβλήματα και Προοπτικές	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2		10
2.1	Μορφές ΑΠΕ <sup>(2)</sup>	10
2.1.1	Ηλιακή ενέργεια	11
2.1.2	Γεωθερμική ενέργεια	11
2.1.3	Βιομάζα	12
2.1.4	Νερό	12
2.1.5	Ενέργεια των παλιρροιών	13
2.1.6	Αιολική Ενέργεια	13
2.1.6.1	Αιολικά Πάρκα	16
2.1.6.2	Λειτουργία του αιολικού πάρκου	16
2.2	Πλεονεκτήματα της αιολικής ενέργειας	17
2.3	Μειονεκτήματα της αιολικής ενέργειας	20
2.3.1	Μειονεκτήματα περιβαλλοντικής Φύσεως	21
2.3.1.1	Οπτική όχληση	21
2.3.1.2	Επίδραση στο χαρακτήρα και τη λειτουργία της περιοχής γύρω από την εγκατάσταση	22
2.3.1.3	Θόρυβος	24
2.3.1.4	Παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες και στα σήματα μετάδοσης των τηλεοράσεων και των ραδιοφώνων και εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών από τις Α/Γ	28
2.3.1.5	Ασφάλεια προσωπικού	29
2.3.2	Μειονεκτήματα τεχνικής απόψεως	30
2.3.2.1	Το διεσπαρμένο δυναμικό τους	30
2.3.2.2	Η στοχαστικότητα τους	30
2.3.2.3	Το μεγάλο κόστος εφαρμογής σε μεγάλες εκτάσεις	31
2.3.2.4	Οι απώλειες από τη μετατροπή της ενέργειας λόγω φυσικών ή τεχνικών ζητημάτων	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3		32
3.1	Η αιολική μηχανή: Ιστορική αναδρομή	32
3.2	Κατηγορίες Ανεμογεννητριών	35
3.3	Λειτουργία τυπικής ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4		41
4.1	Αιολικό Δυναμικό	41
2.3	Αιολικό Δυναμικό στην Ελλάδα	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5		50
5.1	Εισαγωγή Παραμέτρων	50
5.1.1	Φύλλο Input	50
5.2	Τα παραγόμενα φύλλα εργασίας	55
5.2.1	Φύλλο Air Density	55
5.2.2	Φύλλο U <sub>polar</sub>	55

5.2.3	Φύλλο Weibull .....	58
5.2.4	Φύλλο Windrose .....	60
5.2.5	Φύλλο Tables .....	64
5.2.6	Φύλλο 3D .....	67
5.2.7	Φύλλο Time Charts.....	68
5.2.8	Φύλλο Bar Charts .....	74
5.2.9	Φύλλα UhourT - UhourG .....	76
5.2.10	Φύλλα DIRhourT - DIRhourG .....	77
5.2.11	Φύλλα WTprodT - WTprodG .....	78
5.2.12	Φύλλο 12pie.....	79
5.2.13	Φύλλο 12diurnal .....	82
5.2.14	Φύλλο Power Curve .....	83
5.2.15	Φύλλο TempData .....	85
5.2.16	Φύλλο Results .....	87
5.2.17	Φύλλο WindCorr .....	88
5.3	Τελικά συμπεράσματα από την ανάλυση των δεδομένων.....	93
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	94

## Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση ανεμολογικών δεδομένων έξι μηνών που ελήφθησαν κατά το χρονικό διάστημα από 13.10.2006 μέχρι και 13.04.2007 στην περιοχή Δρέπανο του Νομού Αχαΐας και σε υψόμετρο 600 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας. Σκοπός της

ανάλυσης είναι η διερεύνηση της ύπαρξης εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού στην περιοχή. Αναλύθηκαν και μελετήθηκαν για αυτό το λόγο όλα τα διαθέσιμα δεδομένα. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγράμματος ανάλυσης ανεμολογικών δεδομένων Windrose, το οποίο δέχεται σαν είσοδο τα δεδομένα και παράγει γραφήματα και πίνακες εκ των οποίων μπορεί κανείς να εξάγει συμπεράσματα τόσο για την ένταση όσο και για τις επικρατούσες διευθύνσεις του ανέμου στην εν λόγω περιοχή.

Η πτυχιακή εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος κατ'αρχήν (Κεφάλαιο 1) περιγράφεται το θεσμικό πλαίσιο που διέπει την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ελλάδα και επισημαίνονται κάποια προβλήματα που εμποδίζουν την απρόσκοπτη ανάπτυξη των επενδύσεων των ΑΠΕ. Κατόπιν (Κεφάλαιο 2) γίνεται μια σύντομη αναφορά σε όλα τα είδη των ΑΠΕ με έμφαση στην αιολική ενέργεια για την οποία παρατίθενται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της αναλυτικά. Ύστερα (Κεφάλαιο 3) υπάρχει μια ιστορική αναδρομή της αιολικής μηχανής, την οποία ακολουθεί μια περιγραφή των ειδών και των κατασκευαστικών λεπτομερειών της ανεμογεννήτριας (Α/Γ). Τέλος (Κεφάλαιο 4) παρατίθεται μια ανάλυση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα και ειδικότερα του αιολικού δυναμικού της Αχαΐας.

Στο δεύτερο μέρος (Κεφάλαιο 5) πραγματοποιείται μια λεπτομερής ανάλυση όλων των αποτελεσμάτων του προγράμματος Windrose. Όλα τα αποτελέσματα προκύπτουν σε ένα αρχείο του προγράμματος Excel. Από την ανάλυση προέκυψε ότι υπάρχει στην εν λόγω περιοχή εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό

### **Εισαγωγή: Οι τεχνολογικές εξελίξεις**

Η ιστορία των σύγχρονων εμπορικών ανεμογεννητριών (Α/Γ) ξεκινά στις αρχές της δεκαετίας του '80, ως συνέπεια της πετρελαϊκής κρίσης της δεκαετίας του '70. Η εξασφάλιση της ενεργειακής τροφοδοσίας και δευτερευόντως, τότε, η

αειφορία, δημιούργησαν έντονο ενδιαφέρον για τις ΑΠΕ. Σήμερα τα θέματα που λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό των σύγχρονων Α/Γ επικεντρώνονται

- § στη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών των Α/Γ ανάλογα με το αιολικό δυναμικό,
- § στην αυξημένη συμβατότητα με το ηλεκτρικό δίκτυο,
- § στη μείωση της στάθμης του παραγόμενου θορύβου,
- § στην αύξηση της αεροδυναμικής απόδοσης,
- § στη μείωση της οπτικής όχλησης και
- § στις υπεράκτιες εφαρμογές.

Τα τελευταία είκοσι χρόνια η ονομαστική ισχύς των Α/Γ έχει αυξηθεί κατά δύο τάξεις μεγέθους, το κόστος της παραγόμενης ενέργειας έχει μειωθεί δραστικά και η αιολική βιομηχανία έχει αναδειχθεί σε επιλογή αιχμής στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Παράλληλα, η τεχνολογική βάση και τα αναγκαία υπολογιστικά εργαλεία έχουν εξελιχθεί ώστε να καλύπτουν κάθε φορά τις νέες ανάγκες και προκλήσεις.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

---

### **1.1 Το θεσμικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα <sup>(1)</sup>**

Στη χώρα μας η πρώτη δειλή προσπάθεια ανάπτυξης των ΑΠΕ έγινε με τον Ν.1559/1985, «*Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις*» (ΦΕΚ Α 135/85) όταν δόθηκε η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Δήμους ή άλλους εκτός ΔΕΗ Δημόσιους Οργανισμούς, με υποχρέωση την πώλησή της στην ΔΕΗ ή την ιδιοκατανάλωση της από τον παραγωγό. Η προσπάθεια αυτή δεν απέδωσε, εκτός των άλλων και διότι η τιμή πώλησης της ενέργειας προς την ΔΕΗ, ήταν πολύ χαμηλή. Η ουσιαστική ανάπτυξη των ΑΠΕ άρχισε με τον Ν. 2244/94, «*Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις*» (ΦΕΚ Α 168/94), ο οποίος επέτρεψε την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ και από ιδιώτες, όρισε ικανοποιητικές τιμές πώλησης καθώς και την υποχρέωση αγοράς της παραγόμενης ενέργειας από την ΔΕΗ, ενώ παράλληλα το κράτος, εφαρμόζοντας σχετικές αποφάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προχώρησε στην επιδότηση του κόστους εγκατάστασης έργων ΑΠΕ, ώστε να καθίστανται οικονομικά βιώσιμα. Στη συνέχεια έρχεται ο Ν. 2773/99 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 286/22-12-99): «*Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας-Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις*» ο οποίος ρύθμισε θέματα σχετικά με την απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας που θα ίσχυε από τον Φεβρουάριο του 2001 σύμφωνα με την Οδηγία 96/92 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Βάσει του νόμου αυτού έγινε σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), σύσταση του Διαχειριστή του Ηλεκτρικού Συστήματος που θα εποπτεύεται από την ΡΑΕ, απελευθέρωση της παραγωγής και εκμετάλλευσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ, συμπαραγωγή αλλά και από συμβατικά καύσιμα και τέλος έγινε μετατροπή της ΔΕΗ σε Ανώνυμη Εταιρεία. Ακολούθησε ο Ν. 2941/01 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 201/12-09-01): «*Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. «ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ» και άλλες διατάξεις*» με τον

οποίο παρακάμφθηκε ένα μεγάλο μέρος της γραφειοκρατίας προκειμένου για αδειοδότηση εγκαταστάσεων ΑΠΕ. Κατόπιν συναντάμε τον Ν.3468/06 (ΦΕΚ Α' 129/27-6-06): *«Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις»* με τον οποίο ορίζονται οι μορφές συμπαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και μονάδες συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας υψηλής απόδοσης Σ.Η.Θ.Υ.Α. Ακολούθως ήρθε ο νόμος Ν.3734/09 (ΦΕΚ Α' 8/28-1-09): *«Προώθηση της συμπαγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις»*. Με τον νόμο αυτό ορίστηκε η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από άλλες πηγές ενέργειας οι οποίες ορίζονται στο νόμο (τεχνολογίες συμπαγωγής) και συνδέθηκε η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με αυτές. Τέλος υπάρχει ο Ν.3851/10 (ΦΕΚ Α' 85/4-6-10): *«Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»* με τον οποίο δόθηκε έμφαση στην αδειοδότηση σταθμών ΑΠΕ με γνώμονα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αρά και την περιβαλλοντική ενρμόνιση του έργου αλλά και με γνώμονα την αποδοτικότητα του έργου

## **1.2 Προβλήματα και Προοπτικές**

Τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα έργα ΑΠΕ στην Ελλάδα είναι τα ακόλουθα:



- Η χρονοβόρα διαδικασία έκδοσης άδειας λειτουργίας: Ο μεγάλος όγκος της νομοθετικής ύλης και η έλλειψη θεσμοθετημένων προθεσμιών για την έκδοση των απαιτούμενων δικαιολογητικών από τους εμπλεκόμενους φορείς είναι οι βασικότερες αιτίες που καθιστούν την αδειοδοτική διαδικασία των ΑΠΕ ιδιαίτερα χρονοβόρα, με εκτιμώμενο, με σημερινά δεδομένα, μέσο χρόνο ολοκλήρωσης που υπερβαίνει τα τρία έτη (από τη λήψη της άδειας παραγωγής ως τη λήψη της άδειας εγκατάστασης).
- Η ανωριμότητα των επενδυτικών σχεδίων: Έχει παρατηρηθεί ότι οι αρχικές αιτήσεις έγιναν «βιαστικά» και για το λόγο αυτό υπάρχουν συνεχείς τροποποιήσεις για οριστικοποίηση τόσο των τεχνικών χαρακτηριστικών των έργων, όσο και των επενδυτικών σχημάτων γεγονός που οδηγεί σε σημαντική καθυστέρηση υλοποίησης των έργων.
- Οι αντιδράσεις της τοπικής κοινωνίας: Υπάρχει σημαντική έλλειψη ενημέρωσης των κατοίκων για την ανάγκη ανάπτυξης των ΑΠΕ, αλλά και για τις επιπτώσεις των εγκαταστάσεων ΑΠΕ στο περιβάλλον. Αυτό οδηγεί πολλές φορές τους κατοίκους της περιοχής να αντιδρούν στην υλοποίηση έργων ΑΠΕ και να προσφεύγουν στα δικαστήρια.
- Οι περιορισμένες δυνατότητες απορρόφησης της παραγωγής ΑΠΕ: Υπάρχει αδυναμία των υφιστάμενων υποδομών σε δίκτυα να απορροφήσουν την ισχύ των ΑΠΕ και είναι αναγκαία η ενίσχυσή τους, η οποία είναι χρονοβόρα και δαπανηρή, όταν πρόκειται για επεκτάσεις δικτύων Υψηλής Τάσεως.
- Από την αξιολόγηση της πορείας των έργων με άδεια παραγωγής από τη ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας), προκύπτει ότι σημαντικό ποσοστό έργων με άδεια εγκατάστασης αντιμετωπίζει προσφυγές στο ΣτΕ οι οποίες στην πλειοψηφία τους βασίζονται στο επιχείρημα της έλλειψης ειδικού χωροταξικού σχεδίου για ΑΠΕ, που, άλλωστε, προβλεπόταν στο Ν. 2742/99. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο χρονικός ορίζοντας έναρξης των

έργων μετατίθεται κατά τουλάχιστο μία τριετία εάν υπάρχει θετική έκβαση της εκδίκασης των υποθέσεων, ωστόσο η μέχρι τώρα εμπειρία δείχνει ότι δικαιώνονται οι προσφεύγοντες κατά των αιολικών πάρκων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

---

### **2.1 Μορφές ΑΠΕ<sup>(2)</sup>**

### 2.1.1 Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια ήπια μορφή ενέργειας με αυξημένες προσδοκίες, ιδιαίτερα στην Ελλάδα, η οποία διαθέτει αρκετά υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας.

Αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών, οι οποίες εκμεταλλεύονται τη θερμότητα και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ήλιου για τη θέρμανση και ψύξη της κτηριακής υποδομής αλλά και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται σήμερα με τους εξής τρόπους:

- Παθητικά ηλιακά συστήματα
- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα
- Φωτοβολταϊκά συστήματα

### 2.1.2 Γεωθερμική ενέργεια

Πρόκειται για θερμότητα, η οποία εμπεριέχεται στα πετρώματα της γης, στα υπόγεια υδάτινα ρεύματα και στα αέρια, τα οποία βρίσκονται εγκλωβισμένα σε κοιλότητες στο εσωτερικό της γης. Γνωστές πηγές, από τις οποίες παράγεται γεωθερμική ενέργεια, είναι οι πηγές geysers, οι οποίες αφθονούν στην Ισλανδία αλλά και σε άλλες περιοχές της γης. Θεωρείται ότι παράγεται από τη διάσπαση ραδιενεργών ισοτόπων, όπως είναι το ουράνιο, το θόριο και το κάλιο και εγκλωβίζεται στο εσωτερικό της γης εξαιτίας του συνδυασμού της μεγάλης μάζας της γης με τη χαμηλή θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων. Η συσσωρευμένη θερμότητα εξέρχεται στην επιφάνεια της γης μέσω γεωλογικών φαινομένων, όπως οι ηφαιστιακές εκροές και οι γεωλογικές ασυνέχειες και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Είναι μια ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί με βάση τις σημερινές τεχνολογίες, να καλύψει ενεργειακές ανάγκες. Οι εκμεταλλεύσιμες μορφές γεωθερμικής ενέργειας είναι τρεις:

- Η μορφή θερμού νερού, που αναβλύζει από τις θερμές πηγές και χρησιμοποιείται για οικιακές κυρίως εφαρμογές,

- Η μορφή ατμού, που χρησιμοποιείται σε στροβιλογεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.
- Στέλνοντας νερό με πίεση στα θερμά στρώματα του υπεδάφους, που μετατρέπεται σε ατμό εκμεταλλεύσιμο για την παραγωγή ηλ. Ενέργειας.

### 2.1.3 Βιομάζα

Η βιομάζα περιλαμβάνει το σύνολο των υλικών, που έχουν ζωική ή φυτική προέλευση, όπως φυτικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα(π.χ. δάση) ή από ενεργειακές καλλιέργειες, οι οποίες προορίζονται για παραγωγή ενέργειας, τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της δασικής, αγροτικής (γεωργία, κτηνοτροφία) και αλιευτικής παραγωγής, αλλά και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών. Η ενέργεια της βιομάζας είναι αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης των φυτών, κατά την οποία δεσμεύεται η ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπεται σε χημική ενέργεια και στη συνέχεια αποταμιεύεται στις νεογέννητες οργανικές ουσίες και μέσα στους ιστούς των φυτών. Η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα, η οποία απελευθερώνεται κατά την καύση της βιομάζας, έχει ήδη δεσμευτεί από την ατμόσφαιρα για τη δημιουργία της, οπότε, η καύση της βιομάζας έχει μηδενική συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Από την καύση της βιομάζας παράγονται:

- καύσιμα για παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας,
- πρώτες ύλες για παραγωγή βιοαερίου ή φυσικού αερίου, το οποίο αποτελεί άριστη καύσιμη ύλη για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας και
- πρώτες ύλες για παραγωγή αιθανόλης και βιοντήζελ για μηχανές εσωτερικής καύσης.

### 2.1.4 Νερό

Το νερό εκτός από σημαντικό στοιχείο για τη ζωή του ανθρώπου μπορεί να αποτελέσει και πηγή για την παραγωγή ενέργειας φιλικής προς το περιβάλλον. Αυτό μπορεί να γίνει:

- με τη χρήση υδροηλεκτρικών μονάδων ή
- με την ενέργεια που παίρνουμε από τη θάλασσα.

### 2.1.5 Ενέργεια των παλιρροιών

Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας δεν είναι καινούργιο φαινόμενο. Εκατοντάδες χρόνια πριν νερά από παλίρροια δεσμεύονταν στις εκβολές των ποταμών ώστε η αποθηκευμένη ενέργεια να κινεί νερόμυλους. Κατασκευάστηκαν φράγματα σε ποτάμια. Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας διέρχονταν μέσω θυρών στο φράγμα και γέμιζαν τη (φυσική) αποθήκη. Κατά την πλημμυρίδα έκλειναν της θύρες. Κατά την άμπωτη, που ακολουθούσε μετά από ώρες, το αποθηκευμένο νερό ελευθερωνόταν και κινούσε τους νερόμυλους. Μεταξύ του 1581 και του 1822 σε μία από τις καμάρες της γέφυρας του Λονδίνου είχε κατασκευασθεί ένας τέτοιος νερόμυλος. Χρησιμοποιούταν αντλώντας νερό από τον ποταμό Τάμεση. Η εκμετάλλευση της παλιρροϊκής κινήσεως της θάλασσας μπορεί να πραγματοποιηθεί με υδροστροβίλους. Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι ανάλογος με τη λειτουργία των υδροηλεκτρικών σταθμών σε τεχνητά φράγματα ή σε φυσικές υδατοπτώσεις. Οι σημαντικότεροι από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κινητική ενέργεια των παλιρροιών, που είναι γνωστοί είναι:

- Στην La Rance της Γαλλίας με εγκατεστημένη ισχύ 240mw
- στην Kislaya Cryba της Ρωσίας με ισχύ 2mw.

### 2.1.6 Αιολική Ενέργεια

Αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας, η οποία δημιουργείται από τη διαρκή κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα, ο οποίος περιβάλλει τη γη, εξαιτίας μιας σειράς παραμέτρων οι οποίες είναι:

- Η ηλιακή ακτινοβολία
- Η ανομοιογένεια του ανάγλυφου του εδάφους
- Η περιστροφική κίνηση της γης γύρω από τον άξονά της.

Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μία περιοχή στην άλλη, δημιουργεί δηλαδή τους ανέμους. Ο άνεμος είναι δυνατό να περιστρέφει ανεμοτροχούς, να προωθεί ιστιοφόρα πλοία ή να κινεί αντικείμενα, μπορεί δηλαδή η ενέργεια του να καταστεί εκμεταλλεύσιμη. Η πηγή αυτής της ενέργειας είναι πρακτικά ανεξάντλητη, ανανεούμενη συνεχώς, γι' αυτό και ονομάζεται ανανεώσιμη. Εάν υπήρχε η δυνατότητα, με τη σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ενέργεια από τον άνεμο θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Δυστυχώς, εκτιμάται πως μόνο ένα ποσοστό μεταξύ 1,5% έως 2,5% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια αερίων μαζών στην ατμόσφαιρα.

Από θερμοδυναμικής απόψεως, η ενέργεια αυτή είναι υψηλής ποιότητας και γι' αυτόν τον λόγο προσφέρεται ιδιαίτερα για μετατροπή σε ηλεκτρική ή χρήσιμη μηχανική ενέργεια. Αυτό δεν αποκλείει βέβαια τη δυνατότητα να αξιοποιηθεί και για άλλες χρήσεις, όπως η προστασία θερμοκηπίων από τον παγετό κ.λ.π.

Ακόμη, υπολογίζεται ότι το 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ταχύτητας πάνω από 5,1 μέτρα το δευτερόλεπτο, σε ύψος 10 μέτρων πάνω από το έδαφος. Όταν σε μία περιοχή οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτήν την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα.

Η ενέργεια του ανέμου χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο ήδη από την αρχαιότητα. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια, η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στην δύναμη του ανέμου, ενώ γινόταν εκτεταμένη χρήση του ανεμόμυλου, ως κινητήριας μηχανής, κυρίως στον αγροτικό τομέα.

Η χρήση της όμως άρχισε να ατονεί περίπου στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, λόγω της εμφάνισης "άφθονων" και φθηνών ορυκτών καυσίμων. Αργότερα, το

ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, εκδηλώθηκε έντονα περί τα μέσα της δεκαετίας του '70 και ήταν αποτέλεσμα της πετρελαϊκής κρίσης, που είχε εν τω μεταξύ ξεσπάσει. Από τότε, μέχρι σήμερα υπάρχει μία συνεχώς αυξανόμενη τάση για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της εκμετάλλευσης της ενέργειας του ανέμου. Στη σημερινή εποχή η αιολική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί χρησιμοποιώντας κατάλληλους μηχανισμούς και διατάξεις, τις ανεμογεννήτριες. Η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται αρχικά σε μηχανική και ακολούθως σε ηλεκτρική, μέσω των ανεμογεννητριών.

Έτσι, η τεχνολογία των ανεμογεννητριών παρουσίασε μεγάλη εξέλιξη τα τελευταία χρόνια με αντίστοιχη μείωση του κόστους παραγωγής της παραγόμενης ενέργειας. Σήμερα το εμπορικό μέγεθος των ανεμογεννητριών, δηλαδή το μέγεθος το οποίο παρουσιάζει την βέλτιστη σχέση κόστους οφέλους, κυμαίνεται μεταξύ 0,6 και 1,5MW . Όμως σε στάδιο δοκιμών λειτουργούν ανεμογεννήτριες μέχρι 3 MW και σχεδιάζονται και μέχρι 5MW. Μείωση του κόστους επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση περισσότερων ανεμογεννητριών στην ίδια θέση, οπότε σχηματίζονται αιολικά πάρκα, συνήθως συνολικής ισχύος μέχρι 40MW.

Το κύριο μειονέκτημα των ανεμογεννητριών είναι η οπτική αλλαγή, την οποία επιφέρουν στο περιβάλλον, ενώ τα υπόλοιπα όπως ο θόρυβος αντιμετωπίζονται εύκολα με την εύρεση της καταλληλότερης θέσεως για εγκατάστασή τους.

Τέλος θα πρέπει να επισημανθεί ότι η παραγόμενη ισχύς από μια ανεμογεννήτρια αυξάνει με τον κύβο σχεδόν της ταχύτητας του ανέμου και συνεπώς η κατάλληλη επιλογή της θέσεως εγκαταστάσεως είναι βασικής σημασίας για την αποδοτικότητα της επένδυσης. Βασικής σημασίας για την αποδοτικότητα της επένδυσης όσο και για τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, είναι η κατάλληλη επιλογή της θέσεως και η όλη σχεδίαση του έργου.

#### **2.1.6.1 Αιολικά Πάρκα**

Ένα αιολικό πάρκο είναι μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, οι οποίες εγκαθίστανται και λειτουργούν σε μία περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύουν το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό σύστημα.

Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα οι ανεμογεννήτριες να λειτουργούν αυτόνομα, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται ή για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας για χρήση σε αντλιοστάσια. Ανάλογα με τον τόπο, όπου εγκαθίστανται οι συστοιχίες των ανεμογεννητριών, τα αιολικά πάρκα διακρίνονται σε χερσαία και υπεράκτια.

Χερσαία είναι αυτά, τα οποία εγκαθίστανται στη στεριά ενώ υπεράκτια αυτά τα οποία εγκαθίστανται στις θάλασσες. Σε σχέση με τα χερσαία έργα αιολικής ενέργειας, η κατασκευή υπεράκτιων ανεμογεννητριών απαιτεί σημαντική εφαρμοσμένη μηχανική όσον αφορά την υποδομή, τοποθέτηση, ηλεκτρική σύνδεση και την χρήση υλικών, τα οποία αντέχουν στο διαβρωτικό θαλάσσιο περιβάλλον.

#### **2.1.6.2 Λειτουργία του αιολικού πάρκου**

Η καθημερινή λειτουργία ενός αιολικού πάρκου παρακολουθείται και ελέγχεται με τη χρήση ενός συστήματος εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων. Το σύστημα αυτό διασύνδεει όλα τα συστατικά μέρη (δηλ. ανεμογεννήτριες, μετεωρολογικούς σταθμούς και υποσταθμούς) του αιολικού πάρκου σε έναν κεντρικό Η/Υ, που παρέχει τη δυνατότητα στο χειριστή να παρακολουθεί και να ελέγχει τη λειτουργία του αιολικού πάρκου. Το σύστημα παρέχει και αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του αιολικού πάρκου και έτσι μπορούν να εντοπιστούν αστοχίες ή προβλήματα λειτουργίας συγκεκριμένων ανεμογεννητριών.



## 2.2 Πλεονεκτήματα της αιολικής ενέργειας

- § Είναι άφθονες στη φύση, διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- § Είναι ανεξάντλητες, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα. Επίσης, είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο. Πράγματι υπάρχει ισχυρή εξάρτηση της χώρας μας από εισαγόμενα καύσιμα, τα οποία οδηγούν αφ' ενός σε συναλλαγματική αιμορραγία της χώρας μας, αφ' ετέρου σε εξάρτησή της από χώρες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ας σημειωθεί ότι η χώρα μας εξαρτάται κυρίως από το εισαγόμενο πετρέλαιο, που προέρχεται κυρίως από χώρες υψηλού πολιτικοοικονομικού κινδύνου (χώρες του Περσικού κόλπου) και οι οποίες εμπλέκονται αρκετά συχνά σε πολιτικές και στρατιωτικές κρίσεις. Με τον τρόπο αυτό το μεσοπρόθεσμο κόστος παραγωγής ενέργειας, η οποία αποτελεί ίσως τον κυριότερο παραγωγικό συντελεστή για πλήθος βασικών αγαθών, δεν μπορεί να προβλεφθεί με λογικά σενάρια, πράγμα που οδηγεί σε υπερβολική αβεβαιότητα τον αντίστοιχο σχεδιασμό της εθνικής οικονομίας.
- § Ακόμη, αποτελούν την καλύτερη, μακράν, περιβαλλοντική λύση γιατί δεν εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου, ενώ υποκαθιστούν ορυκτά καύσιμα, τα οποία ρυπαίνουν κατά την εξόρυξη, άντληση, μεταφορά αποθήκευση και καύση τους. Έτσι, μειώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση, η οποία προκαλείται από την χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας. Έγκυρες μελέτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έδειξαν ότι μία σημαντική υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές

ενέργειας, και κυρίως με αιολικά πάρκα, που βρίσκονται ήδη στο στάδιο σχεδιασμού ή υλοποίησης, θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ηλεκτροπαραγωγή τουλάχιστον κατά 11%, και επομένως να περιορίσει αντίστοιχα και τις δυσμενείς επιπτώσεις από το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ποιο συγκεκριμένα ανάλογα με το μέγεθος των μηχανών και το αιολικό δυναμικό εξοικονομούνται:

- Για μέση ταχύτητα ανέμου 4,5 m/s
  - 19-34 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα ανά GWh
  - 18-32 kg διοξειδίου του θείου ανά GWh
  - 26-43kg νιτρικά οξείδια ανά GWh
- Για μέση ταχύτητα ανέμου 5,5 m/s
  - 13-22 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα ανά GWh
  - 13-20 kg διοξειδίου του θείου ανά GWh
  - 18-27kg νιτρικά οξείδια ανά GWh
- Για μέση ταχύτητα ανέμου 6,5 m/s
  - 10-17 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα ανά GWh
  - 10-16 kg διοξειδίου του θείου ανά GWh
  - 14-22kg νιτρικά οξείδια ανά GWh

Εδώ είναι αναγκαίο να τονίσουμε, πως η αλόγιστη χρήση ορυκτών καυσίμων καθιστά αναγκαία την εξόρυξη από οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη κυρίως πετρελαίου και φυσικού αερίου ώστε η προσφορά να ανταποκριθεί στη ζήτηση. Γι αυτό και γίνονται πλέον εκτεταμένες έρευνες και επενδύσεις σε θαλάσσιες περιοχές. Αυτές οι επενδύσεις όμως ενέχουν σοβαρό κίνδυνο για το περιβάλλον, όπως αποδείχθηκε και πρόσφατα με την έκρηξη και καταστροφή αντλητικής γεώτρησης στον κόλπο του Μεξικού. Έτσι συμπεραίνουμε ότι γενικότερα οι ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα τα αιολικά πάρκα συντελούν αποφασιστικά στην

προστασία του περιβάλλοντος μιας περιοχής και γενικότερα του πλανήτη, αφού υποκαθιστούν την ανάγκη παραγωγής ορυκτών καυσίμων και περιορίζουν σε σημαντικό βαθμό τις εκπομπές επιβλαβών για την υγεία ρυπαντικών ουσιών, που προκαλούνται από την καύση των ορυκτών καυσίμων (άνθρακα, πετρελαίου, αερίου).

§ Δημιουργούνται θέσεις εργασίας σε τοπικό επίπεδο, συντελώντας στην ανάπτυξη της περιοχής. Η συσσωρευμένη εμπειρία της τελευταίας 15ετίας, τόσο σε διεθνές επίπεδο (μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση λειτουργούν ήδη πάνω από 33.000 MW αιολικών πάρκων), όσο και στην Ελλάδα, όπου λειτουργούν ήδη περίπου 500 αιολικά MW, δείχνει καθαρά ότι η ίδρυση και λειτουργία αιολικών πάρκων εμπορικής κλίμακας δημιουργεί ισχυρούς πόλους τοπικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής αναβάθμισης και προσκομίζει πολλαπλά, μετρήσιμα και ουσιαστικά οφέλη στις τοπικές κοινωνίες, στις περιοχές των οποίων εγκαθίστανται τα έργα αυτά. Πιο συγκεκριμένα, και με βάση τα καταγεγραμμένα απολογιστικά στοιχεία των εν λειτουργία αιολικών πάρκων στην Ελλάδα τα έργα αυτά: συμβάλλουν σημαντικά στην τοπική απασχόληση. Έτσι π.χ., για μία εγκατεστημένη ισχύ αιολικών πάρκων 50 MW, απαιτούνται : 600-900 εργαζόμενοι στη φάση κατασκευής τους. Το 30-40 % αυτής της απασχόλησης προέρχεται από το ντόπιο εργατικό δυναμικό, 13-16 μόνιμοι εργαζόμενοι στη φάση λειτουργίας τους, οι περισσότεροι από τους οποίους (50-100%) είναι ντόπιοι. Η συμβολή των αιολικών πάρκων στην απασχόληση, τόσο την τοπική όσο και αυτήν σε εθνικό επίπεδο, γίνεται πραγματικά εντυπωσιακή εάν συμπεριληφθούν οι προοπτικές εγχώριας κατασκευής / συναρμολόγησης μεγάλων τμημάτων του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού των έργων αυτών, όπως είναι οι πυλώνες των ανεμογεννητριών, οι μετασχηματιστές, οι πίνακες ελέγχου, κ.α. Οι προοπτικές αυτές, οι οποίες έχουν ήδη αρχίσει να υλοποιούνται

στην Ελλάδα (εργοστάσιο ΡΟΚΑΣ στην Τρίπολη, εργοστάσιο ΒΙΟΜΕΚ στο Αλιβέρι), μπορούν να εκτοξεύσουν τη σχετιζόμενη με τα αιολικά πάρκα απασχόληση, ιδιαίτερα την τοπική, στα ύψη σύμφωνα με τα έγκυρα και απόλυτα τεκμηριωμένα απολογιστικά στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής<sup>(3)</sup>, κάθε 50 MW αιολικής ενέργειας που εγκαθίστανται δημιουργούν σήμερα τουλάχιστον 750-950 νέες θέσεις εργασίας, κυρίως στη βιομηχανική παραγωγή του απαιτούμενου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Ακόμη, στην Εύβοια για παράδειγμα, μέχρι τα μέσα του 2001 είχαν εγκατασταθεί 150 MW περίπου αιολικών πάρκων, συνολικού κόστους 58 δισ. δραχμών. Για την κατασκευή κάθε πάρκου της τάξης των 10 MW απασχολήθηκαν 45-65 εργαζόμενοι για 4-5 μήνες ανά έργο, οι μισοί εκ των οποίων, κατά μέσο όρο, προέρχονταν από το τοπικό ανθρώπινο δυναμικό. Το προσωπικό που συμμετείχε στην φάση κατασκευής διανυκτέρευε σε τοπικά καταλύματα. Στην φάση λειτουργίας των αιολικών πάρκων οι μισοί περίπου εργαζόμενοι προέρχονται από το τοπικό ανθρώπινο δυναμικό. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι για κάθε 1 MW αιολικής ενέργειας δημιουργείται 0,5-1 μόνιμη θέση, η οποία αφορά τη λειτουργία και διαχείριση του αιολικού πάρκου, ενώ για κάθε μεγαβάτ εγκατεστημένης ισχύος σε έναν σταθμό άνθρακα, δημιουργούνται 0,2 μόνιμες θέσεις εργασίας, δηλαδή έως και 5 φορές λιγότερες των αιολικών (στοιχεία ΔΕΗ, με βάση την εμπειρία της από τους λιγνιτικούς σταθμούς στη βόρεια Ελλάδα). Ακόμη, πέρα από τα οφέλη που έχει στην τοπική κοινωνία η εγκατάσταση αιολικών πάρκων ωφελεί και την εθνική οικονομία.

### **2.3 Μειονεκτήματα της αιολικής ενέργειας**

Τα μειονεκτήματα, τα οποία παρουσιάζονται από τη χρήση της αιολικής ενέργειας διακρίνονται σε περιβαλλοντικής και τεχνικής φύσεως.

### 2.3.1 Μειονεκτήματα περιβαλλοντικής Φύσεως

Πέντε (5) είναι, κυρίως, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις τοπικής κλίμακας ,που αναφέρονται (εικάζονται τις περισσότερες φορές) ως αποτέλεσμα της εγκατάστασης και λειτουργίας αιολικών πάρκων εμπορικής κλίμακας :

α)η οπτική όχληση,

β)η κατασκευαστική επέμβαση / αλλοίωση του χαρακτήρα και της λειτουργίας μιας περιοχής (π.χ. μιας δασικής έκτασης),

γ)ο θόρυβος,

δ)οι τηλεπικοινωνίες και

ε)η ασφάλεια του προσωπικού, το οποίο εργάζεται στις ανεμογεννήτριες.

Παρακάτω γίνεται μία αναλυτική παρουσίαση κάθε μιας από τις πέντε αυτές, εν δυνάμει, επιπτώσεις των αιολικών πάρκων.

#### 2.3.1.1 Οπτική όχληση

Κατ' αρχήν, είναι σαφές ότι η αισθητική μιας εγκατάστασης αιολικού πάρκου αποτελεί καθαρά υποκειμενικό παράγοντα, ο οποίος εξαρτάται, όπως δείχνουν σχετικές μελέτες, όχι τόσο από την ίδια την εικόνα της εγκατάστασης, όσο από τη γενικότερη εικόνα που έχει διαμορφώσει ο παρατηρητής για τη χρήση της (π.χ. ως οικολογική πηγή ενέργειας, ως πηγή τοπικών αναπτυξιακών οφελών, κλπ.). Έτσι, σημαντικό παράγοντα για την ενσωμάτωση των Α/Γ σ' ένα τοπίο είναι η κατάρτιση ειδικών μελετών, με τις οποίες θα ενσωματώνονται οι Α/Γ σε κάθε συγκεκριμένο τοπίο. Ακόμη, οι υπέρμαχοι της αιολικής ενέργειας αναφέρουν ότι σε σύγκριση με έναν πετρελαϊκό ή λιγνιτικό σταθμό τα αιολικά πάρκα υπερτερούν αισθητικά.

Ακόμη, αναφέρουν ότι τα πρώτα αισθητικά προβλήματα, τα οποία εμφανίστηκαν στις πρώτες εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες στην Ελλάδα οφείλονται στην γραφειοκρατική ακαμψία δημοσίων αρχών, οι οποίες

επέβαλλαν τον χρωματισμό των Α/Γ με κόκκινες και άσπρες ρίγες. Μεγαλύτερα προβλήματα από οπτικής απόψεως συνήθως δημιουργεί η ενσωμάτωση σ' ένα περιβάλλον των βοηθητικών χώρων των αιολικών πάρκων (κολώνες, μικρές κτηριακές εγκαταστάσεις) παρά η ενσωμάτωση των ίδιων των Α/Γ. Ακόμη, πρέπει να τονιστεί ότι ένα αιολικό πάρκο δεν εμποδίζει τη θέα. Η αρκετά μεγάλη απόστασή του από κατοικημένες περιοχές (ελάχιστη επιτρεπόμενη απόσταση από οικισμό : 500 m), σε συνδυασμό με τις σημαντικές υψομετρικές διαφορές μεταξύ του έργου και των γύρω οικισμών (εάν υπάρχουν), καθώς και η αραιή χωροθέτηση των Α/Γ σε απλές σειρές, περιορίζουν στο ελάχιστο την οπτική όχληση των κατοίκων.

Παράλληλα, οι περιορισμένες χρήσεις γης στην περιοχή ελαχιστοποιούν τις ευκαιρίες οπτικής επαφής με την εγκατάσταση, από κοντινές αποστάσεις. Μόνο οι γεωργοί και κτηνοτρόφοι της περιοχής βλέπουν τις Α/Γ συχνότερα, χωρίς όμως να εμποδίζονται οι δραστηριότητές τους.

Τέλος, σημειώνεται ότι τόσο το λευκό χρώμα των πτερυγίων, όσο και η κατασκευή ολόσωμων (σωληνωτών) πύργων στήριξης των Α/Γ, συντελούν στην καλύτερη εναρμόνισή τους με τον περιβάλλοντα χώρο.

#### **2.3.1.2 Επίδραση στο χαρακτήρα και τη λειτουργία της περιοχής γύρω από την εγκατάσταση**

Και στο θέμα αυτό, θα πρέπει να σημειώσει κανείς την απουσία έγκυρης και συγκροτημένης ενημέρωσης, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόσφορο έδαφος για παραπληροφόρηση και υπερβολικές αντιδράσεις : θα «ξυριστούν» βουνά με δασικές εκτάσεις για την κατασκευή αιολικών πάρκων, θα υποβαθμιστεί η τουριστική ανάπτυξη ή η ανάπτυξη δραστηριοτήτων αναψυχής στις αντίστοιχες περιοχές, θα καταστραφεί η χλωρίδα και η πανίδα τους, κ.ο.κ.

Η συνήθης χρήση γης στις θέσεις εγκατάστασης αιολικών πάρκων είναι η βοσκή αιγοπροβάτων. Σπανιότερα, στις θέσεις αυτές εντοπίζονται ίχνη εγκαταλελειμμένων καλλιεργειών μικρής απόδοσης. Είναι χαρακτηριστικό ότι

ένα τυπικό αιολικό πάρκο των 10MW καλύπτει ωφέλιμη επιφάνεια μόνο 2 στρεμμάτων περίπου, αφού κάθε ανεμογεννήτρια απαιτεί για τη θεμελίωσή της μόνο 130- 150 τετραγωνικά μέτρα. Οπότε η γη μπορεί να χρησιμοποιείται από τους αγρότες όπως και πριν από την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου.

Τέλος, όσον αφορά την πανίδα μιας περιοχής, είναι γνωστό από πλήθος σχετικών μελετών, ότι η εγκατάσταση αιολικών πάρκων έχει από πολύ μικρές έως αμελητέες επιπτώσεις στους τοπικούς πληθυσμούς θηλαστικών, ερπετών και πτηνών. Μελέτες οι οποίες έγιναν στην Γερμανία, την Ολλανδία, τη Δανία και το Ηνωμένο Βασίλειο καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι αιολικές μηχανές δεν αποτελούν απειλή για τα πτηνά, δεδομένου ότι η θνησιμότητά τους, η οφειλόμενη σε αυτές, αποτελεί ένα μικρό μόνο κλάσμα της συνολικής τους θνησιμότητας. Ειδικά σε ανεμογεννήτριες με ύψος κάτω των 50μέτρων ελάχιστα πτηνά έχουν βρεθεί νεκρά. Μόνο μεμονωμένα προβλήματα έχουν αναφερθεί, όπως αυτό του αιολικού πάρκου της Tarifa στην Ισπανία, κοντά στα στενά του Γιβραλτάρ, το οποίο παρεμβάλλεται σε μία από τις διαδρομές των αποδημητικών<sup>(5)</sup>. Προσοχή απαιτείται σε μηχανές οι οποίες τοποθετούνται σε παράκτιες περιοχές, όπου μπορεί να ενοχλήσουν την ανάπτυξη και τις φωλιές ορισμένων πτηνών. Ακόμη, χρειάζεται προσοχή η ανάπτυξη αιολικών πάρκων σε θαλάσσιες περιοχές, οι οποίες αποτελούν περάσματα αποδημητικών πτηνών. Άλλωστε, οι αυστηροί περιορισμοί που έχουν θεσπιστεί τα τελευταία χρόνια για την εγκατάσταση ανθρωπογενών δραστηριοτήτων σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές (π.χ. ζώνες NATURA) αποτελούν ήδη μία πολύ σημαντική ασπίδα προστασίας των περιοχών αυτών.

Στον παρακάτω πίνακα αποδεικνύεται ότι ο αντίκτυπος στα πτηνά από τις Α/Γ είναι μικρότερος σε σχέση με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες

#### Αιτίες θανάτου πουλιών

Αιτία	Εκτίμηση ετήσιου αριθμού νεκρών
-------	---------------------------------

	<b>πτηνών</b>
Κτήρια/Παράθυρα	550 εκατομμύρια
Ηλεκτροφόρα καλώδια Υψηλής Τάσεως	130 εκατομμύρια
Γάτες	100 εκατομμύρια
Οχήματα	80 εκατομμύρια
Εντομοκτόνα	67 εκατομμύρια
Πύργοι Τηλεπικοινωνιών	4.5 εκατομμύρια
Ανεμογεννήτριες	28,5 χιλιάδες
Αεροπλάνα	25 χιλιάδες

**Πηγή:** European Wind Energy Association: Factsheets (σελ. 18) <sup>(4)</sup>

### 2.3.1.3 Θόρυβος

Ο θόρυβος, ο οποίος παράγεται από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών εξαρτάται από δύο λόγους:

α)πρώτα από το επίπεδο των ακουστικών εκπομπών λόγω της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας και

β)από την απόσταση μεταξύ των ανεμογεννητριών και των κοντινότερων κατοίκων.

Οι ακουστικές εκπομπές των ανεμογεννητριών μπορούν να διαχωριστούν στο μηχανικό και στο αεροδυναμικό κομμάτι. Αναλύσεις αυτών των πηγών έχουν δείξει ότι οι μικρότερες ανεμογεννήτριες, με διάμετρο ρότορα μέχρι 20 μέτρα, τα μηχανικά μέρη είναι ο σημαντικότερος παράγοντας δημιουργίας θορύβων, ενώ για τις μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες τα αεροδυναμικά μέρη δημιουργούν τους περισσότερους θορύβους.

Η δεύτερη σημαντική παράμετρος για τα επιτρεπόμενα μεγέθη εκπεμπόμενων θορύβων είναι ποιο επίπεδο θορύβου πρέπει να είναι αποδεκτό για τη λειτουργία του αιολικού πάρκου. Συγκεκριμένα στην Ολλανδία, υπάρχει ένας ειδικός νόμος, ο οποίος παρέχει πρόληψη από την απειλή του θορύβου των



ανεμογεννητριών. Με αυτόν τον νόμο οι απαιτήσεις είναι πολύ αυστηρές επιτρέποντας τα μέγιστα επίπεδα θορύβου να ανέρχονται στα επίπεδα των 40db κοντά στα σπίτια, όταν η ταχύτητα του ανέμου ανέρχεται στα 5-7m/s. Η ταχύτητα του ανέμου είναι σημαντική διότι και για το επίπεδο των εκπεμπόμενων θορύβων λόγω της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας και για το επίπεδο των περιβαλλοντικών θορύβων ποικίλλουν ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Η ταχύτητα μεταξύ 5-7m/s έχει επιλεγεί γιατί στην Ολλανδία τέτοια ταχύτητα ανέμου θεωρείται ότι είναι αυτή στην οποία ο θόρυβος της ανεμογεννήτριας είναι ανεπαίσθητος. Όταν τα επίπεδα εκπομπής θορύβου και τα αποδεκτά επίπεδα θορύβου είναι γνωστά, είναι πολύ εύκολο να υπολογιστεί η απόσταση, η οποία πρέπει να υπάρχει μεταξύ των κοντινότερων κατοικιών και των ανεμογεννητριών. Πρόσφατες μελέτες έχουν ωστόσο δείξει ότι σημαντικό στοιχείο το οποίο επηρεάζει την απόσταση αυτή είναι και ο αριθμός των ανεμογεννητριών και οι αποστάσεις μεταξύ τους. Πάντως έχει διαπιστωθεί ότι η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου δεν αυξάνει, σε αισθητό βαθμό, τα επίπεδα θορύβου της εγγύτερης περιοχής. Οι σύγχρονες Α/Γ προκαλούν θόρυβο ύψους 44 περίπου db σε απόσταση 200m για ταχύτητα ανέμου στα 8 m/s. Πρέπει να σημειωθεί ότι για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 8 m/s, ο θόρυβος που παράγεται από τις Α/Γ καλύπτεται από το θόρυβο, που παράγεται από το περιβάλλον. Το συγκεκριμένο επίπεδο θορύβου που αναφέρθηκε (44 db) αντιστοιχεί σε αυτό μιας ήσυχης μικρής πόλης, και δεν αποτελεί βέβαια πηγή όχλησης. Δεδομένης δε της απαιτούμενης ελάχιστης απόστασης των Α/Γ από γειτονικούς οικισμούς (500m), το επίπεδο αυτό είναι ακόμη χαμηλότερο, της τάξης των 30-35 db, που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου ενός ήσυχου καθιστικού ή ψιθύρου, και που καλύπτεται πλήρως από φυσικές και τεχνικές πηγές θορύβου εγγύτερες προς τους οικισμούς. Επίσης πρέπει σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε ότι: Ο θόρυβος ως γνωστόν ελαττώνεται εκθετικά με την απόσταση. Έτσι σε απόσταση μερικών διαμέτρων του στροφέα της Α/Γ, ο

θόρυβος πλέον καλύπτεται από του υπόλοιπους ήχους του περιβάλλοντος. Κάθε φορά που διπλασιάζεται η απόσταση από μια Α/Γ, μειώνεται ο θόρυβος κατά 6 db δηλαδή ακούγεται 2 φορές πιο σιγά. Η ύπαρξη πολλών Α/Γ θα οδηγούσε σε πολύ μικρή αύξηση του θορύβου (2 ίδιες Α/Γ παράγουν 3 db περισσότερο θόρυβο, 4 ίδιες Α/Γ 6 db, 10 ίδιες Α/Γ 10 db περισσότερο θόρυβο). Γενικά ο πιο εύκολος υπολογισμός του θορύβου Α/Γ γίνεται με βάση τα στοιχεία του κατασκευαστή της Α/Γ, την απόσταση και το είδος του περιβάλλοντος της Α/Γ παρά με την πειραματική μέτρηση του θορύβου. Αυτό ισχύει διότι για να μετρηθεί σωστά ο θόρυβος της Α/Γ πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 db δυνατότερος από τους υπόλοιπους ήχους του περιβάλλοντος. Συνήθως σε αποστάσεις 350 m ο θόρυβος μιας υψηλής ποιότητας Α/Γ κυμαίνεται από 35-45 db (όσο ένα ψιθύρισμα). Ακόμη, ο θόρυβος των Α/Γ σπάνια ακούγεται σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 300 μέτρων ενώ ο θόρυβος που δημιουργούν τα δέντρα από τον άνεμο είναι πολύ δυνατότερος. Επίσης, Καναδική μελέτη έδειξε ότι δεν υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία ότι οι ακουστικοί ή οι υποακουστικοί ήχοι που εκπέμπονται από τις Α/Γ έχουν κάποιο άμεσο αντίκτυπο στην υγεία. <sup>(6)</sup> Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα μέσα επίπεδα θορύβου, που προκαλούνται από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες και είναι σε αρκετές περιπτώσεις μεγαλύτερα από το θόρυβο, που προκαλεί ένα αιολικό πάρκο.

#### Μέσες στάθμες θορύβου σε decibel

ΑΙΤΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ	ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ dB
Πτώση φύλλων	10
Ψίθυρος	20
Ήσυχο υπνοδωμάτιο	35
Σπίτι	50
Κίνηση στην πόλη	90
Ανεμογεννήτρια	45-60

Φορτηγό με ταχ. 55χλμ/ω σε απόσταση 100μ	65
Συζήτηση	60
Γραφείο	60
Αυτοκίνητο με ταχ 65χλμ/ω σε απόσταση 100μ	55
Εσωτερικό αυτοκινήτου	80
Στερεοφωνικό	90
Βιομηχανικός θόρυβος	100
Κομπρεσερ στα 7μ	95
Αεροσκάφος jet σε απόσταση 250μ	105

Πηγή: European Wind Energy Association: Factsheets (σελ 20) <sup>(4)</sup>

Εδώ και δέκα χρόνια έχουν καταβληθεί ιδιαίτερες προσπάθειες για να κατασκευαστεί η σύγχρονη γενιά των αθόρυβων ανεμογεννητριών, με λεπτομερή σχεδιασμό του έλικα αλλά και των μηχανικών μερών. Συνεπώς, σε σωστά σχεδιασμένες ανεμογεννήτριες δεν δημιουργείται ουσιαστικό πρόβλημα θορύβου. Άλλωστε όπως αναφέραμε και παραπάνω, η τυχόν δυσφορία είναι τις περισσότερες φορές καθαρά υποκειμενικό θέμα. Επομένως, ο επενδυτής, ο οποίος ενδιαφέρεται να επενδύσει σ' ένα αιολικό πάρκο πρέπει όσους πιστεύουν ότι οι ανεμογεννήτριες είναι θορυβώδεις να τους ξαναγήσει σ' ένα αιολικό πάρκο, το οποίο είναι ήδη εγκατεστημένο. Είναι, λοιπόν, φανερό, από όλα τα παραπάνω, ότι τα αιολικά πάρκα εμπορικής κλίμακας δεν προκαλούν αισθητές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον των περιοχών που εγκαθίστανται. Το γεγονός αυτό έχει πλέον τεκμηριωθεί αναλυτικά και αδιαμφισβήτητα σε πλήθος δημοσιεύσεων, επιστημονικών εργασιών, υπομνημάτων και μελετών που έχουν εκπονήσει, την τελευταία ιδιαίτερα δεκαετία, διεθνείς οργανισμοί, πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα, περιβαλλοντικές οργανώσεις, κ.α. Αξίζει να αναφέρουμε δύο από τα πιο πρόσφατα αυτά κείμενα, τα οποία αναδεικνύουν, πέρα από κάθε αμφιβολία, τη

θετική περιβαλλοντική διάσταση των αιολικών πάρκων : αφ' ενός τη μονογραφία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Δεκέμβριος 2000) με τίτλο «Environmental impacts from the use of renewable energy technologies», αφ' ετέρου το πληροφοριακό υπόμνημα της Greenpeace (Ιούνιος 2001) με τίτλο «Αιολική ενέργεια ή κλιματικές αλλαγές;»<sup>(7)</sup>.

#### **2.3.1.4 Παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες και στα σήματα μετάδοσης των τηλεοράσεων και των ραδιοφώνων και εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών από τις Α/Γ.**

Η ανησυχία αυτή συνήθως αναφέρεται αφενός σε προβλήματα που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες λόγω της θέσης τους σε σχέση με ήδη υπάρχοντες σταθμούς τηλεόρασης ή ραδιοφώνου και αφετέρου σε πιθανές ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές από τις ίδιες.

Είναι γεγονός ότι, η διάδοση των εκπομπών στις 963 συχνότητες της τηλεόρασης ή και του ραδιοφώνου (κυρίως στις συχνότητες εκπομπών FM) επηρεάζεται από εμπόδια που παρεμβάλλονται μεταξύ πομπού και δέκτη. Το κυριότερο πρόβλημα από τις ανεμογεννήτριες προέρχεται από τα κινούμενα πτερύγια που μπορούν να προκαλέσουν αυξομείωση σήματος λόγω αντανακλάσεων. Αυτό ήταν πολύ εντονότερο στην πρώτη γενιά ανεμογεννητριών που έφερε μεταλλικά πτερύγια. Τα πτερύγια των συγχρόνων ανεμογεννητριών κατασκευάζονται αποκλειστικά από συνθετικά υλικά, τα οποία έχουν ελάχιστη επίπτωση στη μετάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Επίσης, πρέπει να αναφέρουμε ότι η Ελληνική νομοθεσία προβλέπει την προώθηση αδειοδότησης ενός αιολικού πάρκου μόνον εφόσον τηρούνται κάποιες ελάχιστες αποστάσεις από τηλεπικοινωνιακούς ή ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς.

Επομένως, οποιαδήποτε πιθανά προβλήματα παρεμβολών μπορούν να προληφθούν με σωστό σχεδιασμό και χωροθέτηση ή να διορθωθούν με μικρό σχετικά κόστος από τον κατασκευαστή του πάρκου με μια σειρά απλών τεχνικών

μέτρων, όπως π.χ. η εγκατάσταση επιπλέον αναμεταδοτών. Σε σχέση με την συμβατότητα και τις παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες, αξίζει επίσης να αναφέρουμε, ότι σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες οι πύργοι των ανεμογεννητριών όχι μόνον δεν δημιουργούν εμπόδια, αλλά χρησιμοποιούνται ήδη για την εγκατάσταση κεραιών προς διευκόλυνση υπηρεσιών επικοινωνιών, όπως η κινητή τηλεφωνία!

Όσον αφορά τις εκπεμπόμενες ακτινοβολίες, όπως φαίνεται και από την περιγραφή των τμημάτων της ανεμογεννήτριας, τα μόνα υποσυστήματα που θα μπορούσαμε να πούμε ότι «εκπέμπουν» ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλού επιπέδου, είναι η ηλεκτρογεννήτρια και ο μετασχηματιστής μέσης τάσης. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της ηλεκτρογεννήτριας είναι εξαιρετικά ασθενές και περιορίζεται σε μια πολύ μικρή απόσταση γύρω από το κέλυφος της που είναι τοποθετημένο τουλάχιστον 40-50 μέτρα πάνω από το έδαφος. Για το λόγο αυτό δεν υφίσταται πραγματικό θέμα έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ούτε καν στη βάση της ανεμογεννήτριας. Ο μετασχηματιστής, πάλι, περιβάλλεται πάντα από περίφραξη ασφαλείας ή είναι κλεισμένος σε μεταλλικό υπόστεγο. Η περίφραξη είναι τοποθετημένη σε τέτοια απόσταση που το επίπεδο u964 της

ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι αμελητέο. Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε με βεβαιότητα, ότι αυτά που ακούγονται για εκπομπή ραδιενέργειας η ακτινοβολιών άλλου τύπου από τις ανεμογεννήτριες δεν ευσταθούν.

#### **2.3.1.5 Ασφάλεια προσωπικού.**

Τα ατυχήματα ανθρώπων σε αιολικά πάρκα είναι σπάνια και δεν έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα τραυματισμοί από πτερύγια μηχανών, ή λόγω πτώσης πάγου από τις μηχανές.

Οι ασφαλιστικές εταιρείες των ΗΠΑ, όπου υπάρχει μακρόχρονη εμπειρία λειτουργίας μεγάλων αιολικών πάρκων κατατάσσουν την αιολική βιομηχανία ως ιδιαίτερα ασφαλή, σε σχέση με τις λοιπές ενεργειακές βιομηχανίες.

### **2.3.2 Μειονεκτήματα τεχνικής απόψεως**

Από τεχνικής απόψεως τα μειονεκτήματα, τα οποία παρουσιάζονται από τη χρήση αιολικών πάρκων και γενικότερα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:

#### **2.3.2.1 Το διεσπαρμένο δυναμικό τους**

είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος, να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί, ενώ έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και συνεπώς για μεγάλη ισχύ απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, η χαμηλή ροή αξιοποιήσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου κατατάσσει την αιολική ενέργεια στις «αραιές» μορφές ενέργειας. Το πικές τιμές ροής της αξιοποιούμενης αιολικής ισχύος κυμαίνονται μεταξύ  $200\text{W}/\text{m}^2$  και  $400\text{W}/\text{m}^2$ . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη χρήση είτε μεγάλου αριθμού ανεμογεννητριών είτε τη χρήση μηχανών μεγάλων διαστάσεων, για την παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας ενέργειας. Ειδικότερα σε περιπτώσεις αυτόνομων μονάδων είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, σε μια προσπάθεια να έχουμε συγχρονισμό της ζήτησης και της διαθέσιμης ενέργειας. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται αυξημένο αρχικό κόστος (λόγω της προσθήκης του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας) και βέβαια επιπλέον απώλειες ενέργειας κατά τις φάσεις μετατροπής και αποθήκευσης, καθώς και αυξημένες υποχρεώσεις συντήρησης και εξασφάλισης της ομαλής λειτουργίας.

#### **2.3.2.2 Η στοχαστικότητα τους**

Ακόμη, παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητα τους, η οποία μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας, απαιτώντας την εφεδρεία άλλων

ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης. Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής, στην οποία εγκαθίστανται. Η στοχαστικότητα των μεγεθών, όπως ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία, έχουν σαν αποτέλεσμα η τιμή της παραγόμενης ισχύος να έχει μεγάλες διακυμάνσεις, γεγονός που δε μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που τη χρειαζόμαστε, απαιτώντας έτσι την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών (όπως π.χ. σύνδεση με ηλεκτρικό δίκτυο) ή δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης. Από την άλλη η στοχαστικότητα αυτή της αιολικής καθώς και των άλλων ειδών ενέργειας αποτελεί τροχοπέδη στην εξ'ολοκλήρου διεϊσδυσή της στο σύστημα, για λόγους ευστάθειας αυτού.

#### **2.3.2.3 Το μεγάλο κόστος εφαρμογής σε μεγάλες εκτάσεις**

Λόγω του μεγάλου αρχικού κόστους εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης, δεν υπάρχει η δυνατότητα κάλυψης μεγάλων αστικών κέντρων αλλά χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας. Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος είναι ακόμη υψηλό σε σχέση με τις τιμές των συμβατικών καυσίμων. Ειδικά μάλιστα για μεμονωμένες περιπτώσεις αιολικών μηχανών μικρού μεγέθους. Στο σημείο αυτό πρέπει να προσθέσουμε ότι η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και ο ανταγωνισμός μεταξύ των κατασκευαστών έχει τα τελευταία χρόνια συμπίεσει σημαντικά τις τιμές των ανεμογεννητριών.

#### **2.3.2.4 Οι απώλειες από τη μετατροπή της ενέργειας λόγω φυσικών ή τεχνικών ζητημάτων**

Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ότι το σύνολο της απορροφούμενης αιολικής ενέργειας από μία ανεμογεννήτρια, μόνο ένα περιορισμένο μέρος της μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια λόγω των αεροδυναμικών και των

μηχανικών απωλειών και περιορισμών (π.χ. απώλεια ενέργειας, που διαχέεται στο δίκτυο εξαιτίας της μετατροπής του ρεύματος από σταθερό σε εναλλασσόμενο).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

---

### 3.1 Η αιολική μηχανή: Ιστορική αναδρομή

Το πιο σημαντικό μέρος ενός αιολικού πάρκου είναι η αιολική μηχανή. Είναι η διάταξη, η οποία μετατρέπει την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική ή σε δυναμική ενέργεια άλλου σώματος (π.χ. απ' ευθείας άντληση νερού). Κατά τις διάφορες φάσεις της ιστορίας τους αναπτύχθηκαν διάφοροι τύποι αιολικών μηχανών. Τα χαρακτηριστικά τα οποία τα διαφοροποιούν είναι η κατεύθυνση του άξονα περιστροφής και ο αριθμός των πτερυγίων. Ο πρωτοπόρος της ανάπτυξης αιολικών μηχανών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ο



μετεωρολόγος Poul La Cour (1846-1908), που δραστηριοποιήθηκε επίσης στην αεροδυναμική και κατασκεύασε και τη δική του σήραγγα για τα πειράματα. Κατασκεύασε την πρώτη ανεμογεννήτρια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 1891. Χρησιμοποίησε την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για ηλεκτρόλυση, έτσι ώστε να παράγει υδρογόνο που διοχετευόταν στην εγκατάσταση αερίου για τον φωτισμό των κτιρίων ενός σχολείου. Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν καύσιμο αφού αποδίδει 27.000 Kcal/Kg, δηλαδή σχεδόν τριπλάσια θερμότητα καύσης ανά μονάδα μάζας απ' ότι το πετρέλαιο.

Κατά τη διάρκεια του 2ου Παγκοσμίου Πολέμου, η κατασκευαστική εταιρεία F.L.Smith της Δανίας, κατασκεύασε ένα σημαντικό αριθμό ανεμογεννητριών με δύο και τρία πτερύγια (οι τριπτέρυγες συχνά αναφέρονται σαν Δανέζικες μηχανές).

Μία από τις πρώτες μηχανές με τρία πτερύγια της εταιρείας F.L.Smith εγκαταστάθηκε στο νησί Bogø, στη Δανία το 1942. Η ανεμογεννήτρια συνδυάστηκε με μία νηζελογεννήτρια για την ηλεκτροδότηση του νησιού. Το 1951 έγινε μια μετατροπή της μηχανής από συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα 35 KW, με αποτέλεσμα να είναι η δεύτερη μηχανή στον κόσμο που παρήγαγε εναλλασσόμενο ρεύμα.

Ο μηχανικός Johannes Juul, μαθητής του Poul La Cour, κατασκεύασε την πρώτη ανεμογεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος στον κόσμο. Η μηχανή εγκαταστάθηκε στο Vester Egesborg, Δανία.

Το 1956-57 ο Johannes Juul κατασκεύασε μια πρωτοποριακή μηχανή (200 KW) για την εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή Gedser στην νότια Δανία. Η ασύγχρονη μηχανή με τρία πτερύγια, ηλεκτρομαγνητικά μεταβαλλόμενης κλίσης, αποτελεί τη βάση ανάπτυξης των σύγχρονων ανεμογεννητριών. Για πρώτη φορά η μηχανή περιελάμβανε μηχανισμό φρένου για την προστασία της μηχανής από τις υψηλές ταχύτητες του ανέμου. Ο Juul σχεδίασε το σύστημα που ο μηχανισμός του περιελάμβανε τα φρένα στην άκρη

τα οποία απελευθερώνταν από την φυγόκεντρο δύναμη όταν η ταχύτητα περιστροφής ξεπερνούσε κάποιο όριο. Η ανεμογεννήτρια που ήταν για αρκετά χρόνια η μεγαλύτερη στον κόσμο, αποδείχθηκε ιδιαίτερα ανθεκτική. Λειτούργησε για 11 χρόνια χωρίς να απαιτηθεί συντήρηση. Η μηχανή Gedser ανακαινίστηκε το 1975 μετά από αίτημα της NASA που ήθελε να γίνουν κάποιες μετρήσεις για να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη και τον σχεδιασμό του προγράμματος αιολικής ενέργειας των ΗΠΑ. Μετά από μερικά χρόνια λειτουργίας και τη συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων, η μηχανή διαλύθηκε και μερικά τμήματά της βρίσκονται στο Μουσείο Ηλεκτρισμού στην πόλη Bjerringbro της Δανίας. Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στις ΗΠΑ, ιδιαίτερα με τις εγκαταστάσεις στην πολιτεία της Καλιφόρνια, στις αρχές της δεκαετίας του 1980 έδωσε μία σημαντική ώθηση στον τομέα. Χιλιάδες μηχανές εγκαταστάθηκαν σε διάφορες περιοχές. Ένα παράδειγμα είναι το μεγάλο αιολικό πάρκο στο Palm Springs της Καλιφόρνια, όπου εγκαταστάθηκαν πάνω από 1000 μηχανές των 55KW.

Η αγορά στις ΗΠΑ εκμηδενίστηκε από τη στιγμή που σταμάτησε το ενδιαφέρον και η υποστήριξη της πολιτείας της Καλιφόρνια γύρω στο 1985. Από τότε οι εγκαταστάσεις νέων μηχανών είναι ασήμαντες, αν και τα τελευταία χρόνια υπάρχει κάποια ανάκαμψη. Το ενδιαφέρον πλέον εστιάζεται στην Ευρώπη και ιδιαίτερα στην Γερμανία, την χώρα με τη μεγαλύτερη ανάπτυξη και εγκατεστημένη ισχύ και στην Ισπανία. Ο σχεδιασμός των ανεμογεννητριών έχει προοδεύσει σημαντικά με αποτέλεσμα τη βελτίωση των αποδόσεων.

Για παράδειγμα, η βελτιστοποίηση των πτερυγίων των ανεμογεννητριών με πειραματικές διατάξεις για τη μείωση των τριβών και οι προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές έχουν πετύχει καλύτερες συνθήκες λειτουργίας και απόδοση των μηχανών.

### 3.2 Κατηγορίες Ανεμογεννητριών

Οι βασικές κατηγορίες Α/Γ είναι αυτή του οριζόντιου άξονα που είναι και η συνηθέστερη και αυτή του κατακόρυφου άξονα. Οι μηχανές οριζόντιου άξονα έχουν ένα ή περισσότερα πτερύγια.

- Ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα: οι μηχανές οριζόντιου άξονα διαθέτουν συνήθως ρυθμιζόμενης κλίσης πτερύγια ώστε να ρυθμίζεται η απόδοση της μηχανής ανάλογα με την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου.
- Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα: στις Α/Γ αυτές ο ρότορας περιστρέφεται περί κατακόρυφο άξονα. Αυτές οι Α/Γ δεν επηρεάζονται από την αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου, με αποτέλεσμα να είναι απλούστερες στην κατασκευή τους. Δεν χρειάζονται ειδικά πτερύγια για τον προσανατολισμό του, γιατί ο άνεμος μπορεί να φυσά από οποιαδήποτε κατεύθυνση. Έχουν μικρό βάρος και μικρό κόστος κατασκευής. Η έλλειψη ροπής εκκίνησης προϋποθέτει εξωτερικό μηχανισμό. Η χαμηλή απόδοση σε σχέση με τις Α/Γ οριζόντιου άξονα και η μικρή σχετικά ισχύς των μηχανών, έχει περιορίσει τη χρήση τους για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και χρησιμοποιούνται κυρίως για άντληση νερού και για εξαερισμό σπιτιών. Χαρακτηριστικός τύπος ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα είναι ο ρότορας Savonius ή S, ο οποίος σχεδιάστηκε το 1929 και μοιάζει με τους αρχαίους περσικούς ανεμόμυλους, που χρησιμοποιούνταν για την άντληση νερού από πηγάδια. Άλλοι τύποι Α/Γ κατακόρυφου άξονος είναι ο τύπος Helius, ο Darrieus και ο ρότορας-H. Σήμερα στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει σε ποσοστό πάνω από 90% οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα.

### **3.3 Λειτουργία τυπικής ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα**

Οι σύγχρονες αιολικές μηχανές έχουν συνήθως δύο πτερύγια και είναι οριζόντιου άξονα, ο οποίος είναι τοποθετημένος πάνω σε ένα κατακόρυφο ιστό. Οι ανεμόμυλοι για αγροκτήματα είναι μία τέτοια περίπτωση. Ο ρότορας μπορεί να έχει μία, δύο, τρεις ή πολλές λεπίδες. Οι ρότορες με φτερωτή μιάς λεπίδας χρειάζονται αντίβαρο στο άλλο μέρος του άξονα για τον περιορισμό των δονήσεων. Αυτός ο τύπος δεν είναι πρακτικός εκεί που επικρατεί ψύχος, μπορεί να σχηματιστεί πάγος στο ρότορα, οπότε αυτός παύει να είναι ζυγοσταθμισμένος. Οι ρότορες με δύο λεπίδες είναι πιο δημοφιλείς, γιατί είναι ανθεκτικοί και πιο φθηνοί να κατασκευαστούν. Ο ρότορας με τρεις λεπίδες διανέμει πιο ομοιόμορφα τις καταπονήσεις, ειδικότερα όταν ο άνεμος αλλάζει κατεύθυνση. Ο τύπος με πολλές λεπίδες (πτερύγια) όπως ο τροχός του ποδηλάτου με τις ακτίνες και αυτός με τη μορφή ιστίου είναι νέοι σχεδιασμοί ρότορα. Ο τύπος ρότορα «ρόδα ποδηλάτου» έχει πολλές λεπτές λεπίδες (πτερύγια) που κρατούνται υπό τάση μεταξύ του κεντρικού μέρους και της στερεάς μεταλλικής περιμέτρου. Είναι ελαφρύς και αντοχής.

Ο ρότορας με ιστία χρησιμοποιεί μεταλλικό σωλήνα για την μπροστινή πλευρά της λεπίδας. Μικρές ράβδοι κάθετοι προς το σωλήνα σχηματίζουν λεπίδα του ρότορα (πτερύγιο). Ένα συρματόσχοινο είναι τεντωμένο μεταξύ της κορυφής και της βάσεως, που αποτελεί την πίσω πλευρά της λεπίδας. Η λεπίδα είναι καλυμμένη με πανί σαν γάντι. Οι Α/Γ με οριζόντιο άξονα έχουν δύο άλλα χαρακτηριστικά, βάσει των οποίων διακρίνονται σε δύο τύπους:

- Ο τύπος με φτερωτή πίσω και
- Τύπος με τη φτερωτή μπροστά

#### **Ρότορας με τη φτερωτή πίσω**

Στην Α/Γ αυτού του τύπου ο ρότορας βρίσκεται πίσω από τον πύργο και το κάλυμμα, όπου είναι και ο άξονας. Δηλαδή, ο άνεμος, που φυσά, περνά πρώτα

από αυτό το κάλυμμα και μετά χτυπά την φτερωτή. Αυτός ο τύπος δεν διαθέτει τη μεταλλική πλάκα (πτερύγιο), που κρατά το ρότορα προσανατολισμένο στον άνεμο. Ο σχεδιασμός αυτός προτιμάται στις μηχανές που χρησιμοποιούνται για ισχυρότερους ανέμους.

### **Ρότορας με τη φτερωτή μπροστά**

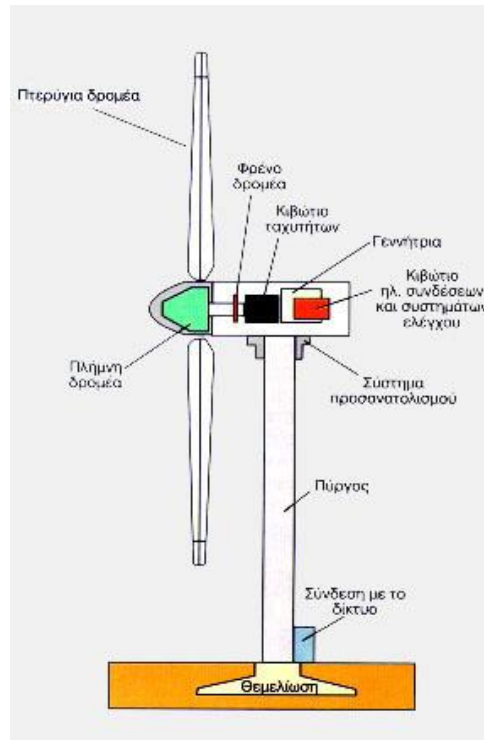
Αυτός ο ρότορας είναι σχεδιασμένος να στρέφεται προς τον άνεμο με τη βοήθεια ενός πτερυγίου στην ουρά. Ένας δεύτερος μηχανισμός θέτει τον ρότορα εκτός της ροής του ανέμου όταν φυσά πολύ δυνατά ή όταν η μηχανή τίθεται εκτός λειτουργίας. Η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των πτερύγων του ρότορα αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας σειράς ερευνητικών προγραμμάτων. Το σχήμα της πτέρυγας και η γωνία την οποία σχηματίζει με την σχετική διεύθυνση του ανέμου επηρεάζουν την αεροδυναμική συμπεριφορά της. Οι πτέρυγες τοποθετούνται είτε στην προσήνεμη είτε στην υπήνεμη πλευρά της ατράκτου και του πύργου.

Όταν είναι τοποθετημένες στην προσήνεμη πλευρά τότε δέχονται τον άνεμο χωρίς αυτός να έχει διαταραχθεί από την ύπαρξη του πύργου. Η τοποθέτηση των πτερύγων στην υπήνεμη πλευρά επιτρέπει τον αυτόματο προσανατολισμό του ρότορα στην κατεύθυνση του ανέμου, αλλά διαταράσσει την ροή του ανέμου και προκαλεί τυρβώδη κίνηση σ' αυτόν, πριν αυτός συναντήσει τον ρότορα.

Η διάρκεια ζωής του ρότορα εξαρτάται από τα μεταβλητά φορτία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες αυτός εκτίθεται. Για τον λόγο αυτό οι μηχανικές ιδιότητες του ρότορα και ο σχεδιασμός του καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την διάρκεια λειτουργίας του. Ο ρότορας κατασκευάζεται είτε από ξύλο είτε από συνθετικά υλικά (πολυεστέρα ή εποξικά υλικά, ενισχυμένα από υαλονήματα), είτε τέλος από μέταλλα (κυρίως χάλυβα ή κράματα αλουμινίου).

## Μηχανικές λεπτομέρειες

Η άτρακτος περικλείει τα μηχανικά μέρη του ρότορα και τα στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής καθώς επίσης και τον μηχανισμό προσανατολισμού της και ενδεχομένως συστήματα ελέγχου. Αυτά τα επιμέρους τμήματα είναι τα ακόλουθα:



- **Ο κύριος (ή χαμηλής ταχύτητας) άξονας:** ο ρόλος του είναι να μεταφέρει την κίνηση από τις πτέρυγες στο κιβώτιο ταχυτήτων. Λόγω των ιδιαίτερως σημαντικών ροπών που αναπτύσσονται σε αυτόν, αποτελεί ένα από τα πλέον ευαίσθητα τμήματα των αιολικών μηχανών. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να ελέγχεται σχολαστικά πριν την τοποθέτησή του.
- **Το δισκόφρενο:** τοποθετείται είτε στον κύριο άξονα, πριν το κιβώτιο ταχυτήτων, είτε στον άξονα υψηλής ταχύτητας, μετά από αυτό. Η δεύτερη αυτή επιλογή έχει το πλεονέκτημα ότι απαιτεί μικρότερου μεγέθους, άρα και φθηνότερο δισκόφρενο για την επιβράδυνση του ρότορα. Έχει όμως το

μειονέκτημα να μην μπορεί να ελεγχθεί ο ρότοράς σε περίπτωση φθοράς του κιβωτίου ταχυτήτων.

- **Κιβώτιο ταχυτήτων:** η ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται από την αιολική μηχανή, θα πρέπει να είναι συμβατή με την συχνότητα και την τάση του συμβατικού ηλεκτρικού δικτύου. Η συχνότητα των περισσότερων δικτύων κυμαίνεται μεταξύ 50-60 Hz, ενώ η συχνότητα περιστροφής του ρότορα είναι περίπου 0,5 Hz. Η αύξηση της συχνότητας περιστροφής γίνεται με τον συνδυασμό ενός κιβωτίου ταχυτήτων και μιας ηλεκτρογεννήτριας πολλαπλών πόλων. Η προσθήκη του κιβωτίου ταχυτήτων μειώνει την απόδοση της αιολικής μηχανής, λόγω πρόσθετων απωλειών. Η χρήση του μπορεί να αποφευχθεί εφ' όσον χρησιμοποιηθούν ειδικές ηλεκτρογεννήτριες χαμηλών στροφών. Αυτές όμως χρειάζονται πολύ μεγάλο ρότορα και στάτορα, ώστε να ενσωματώσουν τους 50 περίπου πόλους οι οποίοι απαιτούνται για την επίτευξη της επιθυμητής συχνότητας.

- **Η ηλεκτρογεννήτρια:** μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ρότορα σε ηλεκτρισμό. Η έξοδος της πρέπει να είναι συμβατή με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, εφ' όσον η αιολική μηχανή προορίζεται να λειτουργήσει διασυνδεδεμένη με το δίκτυο, ή με τις τοπικές ανάγκες κατανάλωσης εφ' όσον λειτουργήσει ως αυτόνομο σύστημα. Οι μικρού μεγέθους αιολικές μηχανές διαθέτουν ηλεκτρογεννήτριες συνεχούς ρεύματος, το οποίο χρησιμοποιείται σε εφαρμογές χαμηλής τάσεως. Το συνεχές αυτό ρεύμα μπορεί να αποθηκευτεί φορτίζοντας συσσωρευτές ή να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο με τη βοήθεια ειδικής διάταξης και να συνδεθεί με το δίκτυο διανομής. Για τις μηχανές οι οποίες είναι εφοδιασμένες με γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος και οι οποίες πρόκειται να χρησιμοποιηθούν διασυνδεδεμένες με το δίκτυο, πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε το παραγόμενο ρεύμα να μην εμφανίζει διαφορά φάσης με αυτό του δικτύου.

Πολλές αιολικές μηχανές συνδεδεμένες με το δίκτυο, διαθέτουν επαγωγικές γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος στις οποίες το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται με τη βοήθεια του ρεύματος του δικτύου. Με τον τρόπο αυτό η συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος είναι η ίδια με αυτή του δικτύου.

- **Η διάταξη προσανατολισμού:** είναι φανερό ότι η βέλτιστη λειτουργία μίας αιολικής μηχανής, απαιτεί τον συνεχή προσανατολισμό της προς τη διεύθυνση του ανέμου. Οι μηχανές με τα πτερύγια στην προσήνεμη πλευρά χρησιμοποιούν διαφορετικά συστήματα προσανατολισμού, αναλόγως του μεγέθους τους. Μικρές μηχανές (ισχύος έως 25 KW ) διαθέτουν παθητικό σύστημα προσανατολισμού, το οποίο αποτελείται συνήθως από πτερύγια τοποθετημένα στο ουραίο τμήμα της ατράκτου. Οι μεγαλύτερες μηχανές διαθέτουν ηλεκτρικό σύστημα προσανατολισμού, το οποίο ενεργοποιείται μόλις αισθητήρες διαγνώσουν αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου, ώστε να προσανατολίσουν την άτρακτο στη σωστή διεύθυνση.

Μηχανές με τα πτερύγια στην υπήνεμη πλευρά προσανατολίζονται παθητικά αυτομάτως, χωρίς να απαιτούνται πτερύγια ή ηλεκτρικός μηχανισμός.

- **Ο πύργος στήριξης:** χρησιμεύει για να μπορεί να τοποθετηθεί η ατρακτός και ο ρότορας σε τέτοιο ύψος στο οποίο η ταχύτητα του ανέμου είναι σημαντικά μεγαλύτερη και λιγότερο τυρβώδης από ότι κοντά στο έδαφος. Το ύψος των σύγχρονων πύργων στήριξης μπορεί να υπερβαίνει και τα 50 m. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να είναι σχεδιασμένοι ώστε να αντέχουν διάφορα φορτία όπως λόγω βάρους, λόγω περιστροφικών κινήσεων και αιφνίδιων μεταβολών της ταχύτητας του ανέμου. Πρέπει επιπλέον να μπορούν να αντέξουν την επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών για τη διάρκεια ζωής της μηχανής, η οποία είναι μεγαλύτερη της εικοσαετίας. Οι πύργοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τους σταθερούς και τους ανακλινόμενους. Οι σταθεροί διακρίνονται με τη σειρά τους σε κυλινδρικούς και δικτυωτούς. Οι κυλινδρικοί κατασκευάζονται είτε από χάλυβα είτε από σκυρόδεμα. Οι πύργοι από σκυρόδεμα έχουν μικρότερη



ελαστικότητα σε σχέση με τους μεταλλικούς και για τον λόγο αυτό αποσβένουν τους θορύβους που προκαλούν οι διάφορες περιστροφικές κινήσεις, μειώνοντας τους θορύβους που προκαλούνται κατά τη λειτουργία της μηχανής. Οι δικτυωτοί πύργοι είναι ανάλογοι με τους πυλώνες διανομής ηλεκτρισμού. Σήμερα έχουν σταματήσει να χρησιμοποιούνται λόγω της αισθητικής τους. Οι ανακλινόμενοι πύργοι έχουν το πλεονέκτημα ότι επιτρέπουν την συντήρηση της αιολικής μηχανής στο έδαφος. Μειονέκτημά τους είναι το ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη στήριξη μεγάλων μηχανών και επίσης απαιτούν για τη στήριξή τους συρματόσχοινα, τα οποία επειδή εκτείνονται σε μεγάλη διάμετρο γύρω από τον πύργο, δεν επιτρέπουν την τοποθέτησή τους σε καλλιεργήσιμες περιοχές.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

---

### **4.1 Αιολικό Δυναμικό**

Η ονομασία αιολικό δυναμικό μίας περιοχής χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία για να δηλώσει τα ακόλουθα τρία μεγέθη:

**A)** Το φυσικό διαθέσιμο αιολικό δυναμικό: είναι η κινητική ενέργεια των αέριων μαζών οι οποίες κινούνται κάθε χρόνο επάνω από την περιοχή. Η αξία αυτού του δυναμικού είναι μόνο θεωρητική.

**B)** Το τεχνικώς αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό: είναι το μέρος του φυσικώς διαθέσιμου αιολικού δυναμικού, το οποίο είναι τεχνικώς δυνατόν να δεσμευτεί από τις αιολικές μηχανές, χωρίς οικονομικό περιορισμό. Αυτό σημαίνει ότι το κόστος του συστήματος συλλογής δεν λαμβάνεται υπ' όψιν. Να σημειωθεί ότι το τεχνικώς αξιοποιήσιμο δυναμικό μεταβάλλεται χρονικώς, γιατί εξαρτάται από την εκάστοτε διαθέσιμη τεχνολογία.

**Γ)** Το οικονομικώς αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό είναι το μέρος του τεχνικώς αξιοποιήσιμου δυναμικού, του οποίου το κόστος αξιοποίησης είναι οικονομικώς συμφέρον. Αυτό το δυναμικό επίσης μεταβάλλεται, δεδομένου ότι εξαρτάται από την εκάστοτε τεχνολογία και τις εκάστοτε οικονομικές συνθήκες. Μία αιολική μηχανή μπορεί να εγκατασταθεί πρακτικά σε οποιονδήποτε ανοικτό χώρο. Δεδομένου όμως ότι τα σύγχρονα αιολικά πάρκα αποτελούν εμπορικές εφαρμογές, θα πρέπει η εγκατάσταση των αιολικών μηχανών να μην γίνει αυθαίρετα, αλλά να είναι αντικείμενο μελέτης και βελτιστοποίησης. Διάφορες μεθοδολογίες έχουν αναπτυχθεί για την επιλογή θέσεων των αιολικών πάρκων, υπάρχουν όμως μερικά βασικά σημεία τα οποία πρέπει να έχει κανείς υπ' όψιν του, όπως:

- Στις κορυφογραμμές, η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη
- Σε κοιλάδες ή περάσματα μεταξύ υψωμάτων, η ταχύτητα του ανέμου ενδέχεται να είναι μεγαλύτερη
- Στα οροπέδια, ειδικά σε όσα βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο, η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη
- Μεγάλες ταχύτητες ανέμου εμφανίζονται επίσης σε πολλές παράκτιες περιοχές.

Οι περιοχές στις οποίες πιστεύεται ότι η ταχύτητα του ανέμου είναι σημαντική, μπορούν να εντοπιστούν από τη μελέτη χαρτών και την συλλογή ιστορικών πληροφοριών αναφορικά με το κλίμα τους. Επισκέψεις στις περιοχές αυτές επιτρέπουν την συλλογή πληροφοριών σχετικά με την ένταση και τη διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων. Σε περιοχές με αρκετά δένδρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση αυτή δείκτες, όπως οι Griggs-Putnam<sup>(6)</sup> οι οποίοι βασίζονται στο βαθμό παραμόρφωσης της βλάστησης. Προσφάτως έχουν δημιουργηθεί άτλαντες αιολικού δυναμικού, οι οποίοι παρέχουν τις ασφαλέστερες πληροφορίες για την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού διαφόρων περιοχών. Τέτοιος είναι ο European Wind Atlas<sup>(8)</sup>, ο οποίος έχει εκπονηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Μετά τον αρχικό εντοπισμό ορισμένων περιοχών στις οποίες είναι δυνατή η εγκατάσταση αιολικών μηχανών, πρέπει να συλλέγουν λεπτομερέστερες πληροφορίες ώστε να γίνει η τελική επιλογή.

Για τον λόγο αυτό απαιτούνται λεπτομερείς χρονοσειρές της ταχύτητας του ανέμου, ώστε να εκτιμηθεί η μέση ετήσια ταχύτητα αλλά και το εύρος μεταβολής της. Η κατανομή συχνοτήτων της ταχύτητας του ανέμου δίνει πληροφορίες σχετικά με τη μέση τιμή και τις πιθανότερες τιμές ταχύτητας, καθώς επίσης και για τον αριθμό των ιδιαίτερα υψηλών ταχυτήτων και των νηνεμιών. Η πληροφορία αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, γιατί αν σε κάποια περιοχή, για παράδειγμα, εμφανίζονται συχνά ταχύτητες μεγαλύτερες των 25 m/s, ίσως αυτή να είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα για εμπορική εκμετάλλευση, δεδομένου ότι η λειτουργία των μηχανών θα πρέπει να σταματάει αρκετά συχνά για λόγους ασφαλείας.

Η κατανομή συχνοτήτων παρέχει επίσης τις απαραίτητες πληροφορίες για τη διαστασιολόγηση των αιολικών μηχανών. Τα απαραίτητα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται είτε από ιστορικά μετεωρολογικά αρχεία, είτε από μετρήσεις *in situ*, είτε τέλος με τη βοήθεια μοντέλων.

Εκτός από την ταχύτητα του ανέμου, διάφορες άλλες παράμετροι επηρεάζουν την τελική επιλογή εγκατάστασης των αιολικών μηχανών όπως:

- Πρόσβαση στο δίκτυο διανομής ηλεκτρισμού
- Τοπικές περιβαλλοντικές επιδράσεις
- Οδική πρόσβαση
- Απόσταση από κατοικημένες περιοχές
- Επίδραση του θορύβου
- Παράσιτα σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα (ραδιοφωνικών -τηλεοπτικών σταθμών κ.λ.π)

### **2.3 Αιολικό Δυναμικό στην Ελλάδα**

Η Ελλάδα ως χώρα είναι ευλογημένη από άποψη ενεργειακών πηγών λόγω της αφθονίας του ήλιου ενώ ο αέρας είναι δυνατός, ειδικά στα νησιά, στα οποία είναι αρκετός ώστε να αναπτυχθούν αιολικά πάρκα, οικονομικώς βιώσιμα. Στα νησιά του Αιγαίου υφίστανται δυνατοί άνεμοι, των οποίων η ταχύτητα τους κυμαίνεται από 7-11m/s κατά μέσο όρο. Ακόμη, μετρήσεις έχουν δείξει, πως στα νησιά του Κεντρικού Αιγαίου η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη από τα 7m/s και σε τυπικά μέρη κυμαίνεται μεταξύ 8-10m/s και σε εξαιρετικές (υπερβολικές) περιπτώσεις φθάνει τα 12m/s. Στα βόρεια και νότια νησιά του Αιγαίου η ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται στα 6m/s.

Η πρώτη εγκατάσταση ανεμογεννήτριας στην Ελλάδα έγινε από τη ΔΕΗ το 1982 στη Κύθνο με ισχύ 100kw. Ήταν αποτέλεσμα της συνεργασίας Ελλάδος με τη Δυτική Γερμανία. Η εγκατάσταση αυτή ήταν πειραματική και λειτουργούσε παράλληλα με τον ηλεκτροπαραγωγικό σταθμό, ο οποίος λειτουργούσε με πετρέλαιο.

Στη συνέχεια η ΔΕΗ δημιούργησε δύο άλλα αιολικά πάρκα, ένα στη Μύκονο(108kw, τεχνολογία της MICON) και ένα στην Κάρπαθο(175kw, τεχνολογία της HMZ). Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές τεχνολογίες, επειδή η

ΔΕΗ είχε την πρόθεση να μελετήσει ποια ήταν καταλληλότερη για μελλοντικά προγράμματα. Επίσης, εγκατέστησε ακόμη δύο αιολικές μονάδες. Η πρώτη αφορούσε την εγκατάσταση αιολικών μηχανών James Howden ισχύος 400kw στην Μύκονο(η οποία είναι αποδεδειγμένα ένα εξαιρετικό σημείο για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων) μιας και η μέση ταχύτητα του ανέμου ανέρχεται στα 11m/s. Η δεύτερη αφορούσε την εγκατάσταση ανεμογεννητριών ισχύος 350kw κάθετου τύπου της εταιρείας SIEMENS στη νήσο Άνδρο, όπου η μέση ταχύτητα του ανέμου ανέρχεται στα 9m/s.

Ωστόσο η μεγάλη ευκαιρία για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας δόθηκε με τη χρηματοδότηση HORS QUOTA από την ΕΟΚ , το οποίο αφορούσε την εγκατάσταση ανεμογεννητριών των 25,100 και των 24 και 55kw στο Αιγαίο.

Το πρώτο ιδιωτικό αιολικό πάρκο λειτουργεί από το 1988 στην Κρήτη, ισχύος 10,2 MW (Κοινότητα Μετόχι Σητείας) καλύπτοντας τις ενεργειακές ανάγκες 10.000 νοικοκυριών. Ένα άλλο πάρκο 27,5 MW λειτουργεί από το 2000, με ετήσια παραγωγή 90 GWh, καλύπτοντας 5% των ετήσιων ηλεκτρικών αναγκών της Κρήτης.

Η προοπτική διείσδυσης των ανεμογεννητριών στο Ελληνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής είναι πολύ θετικές .

Προβλέπεται ότι είναι δυνατή η εγκατάσταση:

- 800-1000 MW για το 2005
- 1500-2000 MW για το 2010.

Το αιολικό δυναμικό όπως αναφέραμε παραπάνω είναι:στα νησιά του Αιγαίου(ταχύτητες ανέμου 8-11m/sec) και Ανατολικής Πελοποννήσου (π.χ. στη Λακωνία 9m/sec), Εύβοιας (8-9 m/sec) και Ανατολικής Αττικής (6m/sec) είναι αρκετά ικανό για να επιτρέψει τη μεγαλύτερη διείσδυση των αιολικών για την παραγωγή ενέργειας. Το τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι διαθέσιμο στον ηλεκτρονικό Άτλαντα του ΚΑΠΕ στο διαδίκτυο <sup>(7)</sup>.

Αιολικές μονάδες στην Ελλάδα έχουν εγκατασταθεί στον Έβρο, στην Κρήτη, στην Εύβοια, στη Λακωνία, στην Πάτρα, στην Αιτωλοακαρνανία και σε νησιά των Κυκλάδων όπως η Κύθνος, η Άνδρος, η Μύκονος κ.α. Δυστυχώς ο ακριβής θεωρητικός υπολογισμός του δυναμικού των Α/Γ επηρεάζεται από όλες εκείνες τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν και οι οποίες πρέπει να είναι μετρημένες με ακρίβεια σε τοπικό επίπεδο κατά την διάρκεια του έτους (π.χ γνώση με ακρίβεια της ταχύτητας του ανέμου σε ωριαία ή ημερήσια βάση). Μετά τον υπολογισμό του τεχνικά αξιοποιήσιμου αιολικού δυναμικού λαμβάνονται υπόψη κάποιες απώλειες της τάξεως του 10-15%. Αυτές οι απώλειες οφείλονται στην σκίαση των Α/Γ μεταξύ τους, σε επικαθίσεις σκόνης και αλάτων στα πτερύγια, στην διαθεσιμότητα του δικτύου, στις μικρές απώλειες μεταφοράς κλπ. Είναι πιθανό, λόγω των τοπικών ιδιαιτεροτήτων, να υπάρξει κάποια μικρή διαφορά ανάμεσα στα αποτελέσματα των υπολογισμών και στην πραγματικά παραγόμενη ενέργεια. Η κύρια παράμετρος που καθορίζει το αιολικό δυναμικό είναι η κατανομή της ταχύτητας του ανέμου.

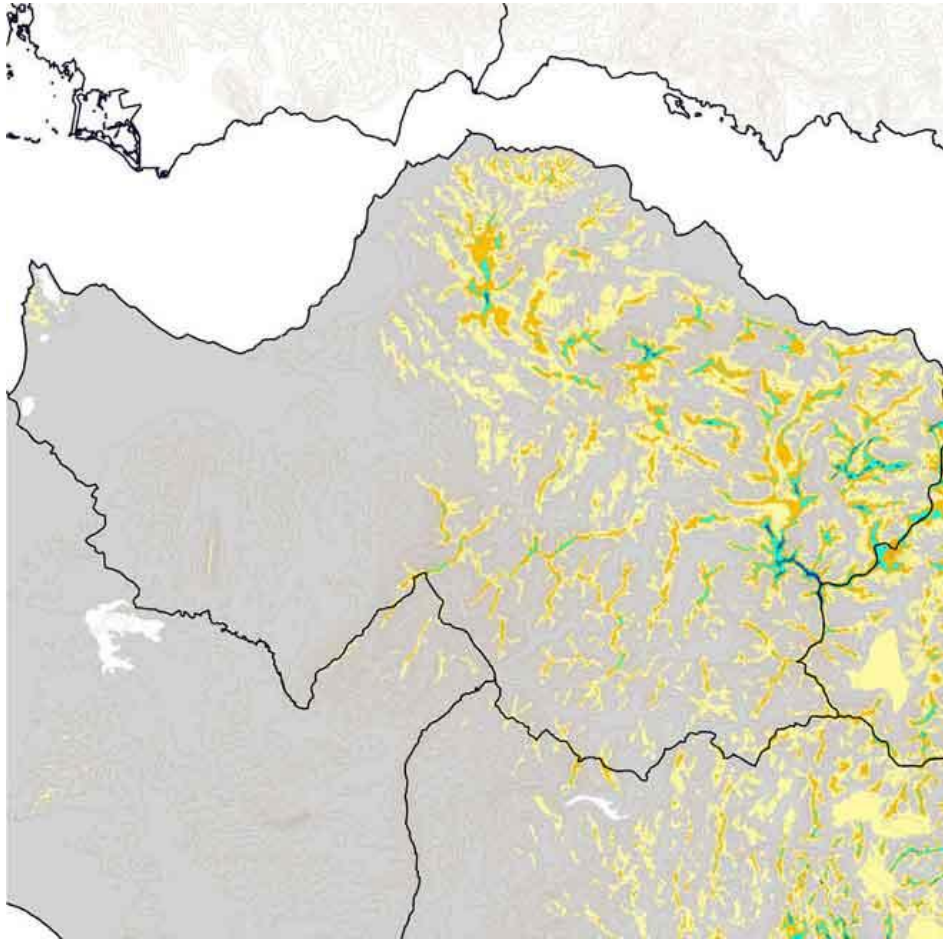
Η μάρκα και ο τύπος της ανεμογεννήτριας της ίδιας ισχύος οδηγούν σε διαφορές της παραγόμενης Η/Ε το πολύ κατά ποσοστό 10%. Συγχρόνως, αν μορφολογία της περιοχής εγκατάστασης των Α/Γ είναι ήπια, τότε η ταχύτητα αυξάνεται ελάχιστα με το ύψος.

Ένας επιπλέον παράγοντάς που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η διακύμανση της ζήτησης Η/Ε. Σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να παράγεται περισσότερη Η/Ε από την απαιτούμενη οπότε η πλεονάζουσα θα πρέπει να αποθηκεύεται σε κάποιες άλλες εγκαταστάσεις ή να αξιοποιείται με κάποιον τρόπο (π.χ αφαλάτωση νερού) ή να γειώνεται.

Έτσι, επιβάλλεται να συγκρίνουμε την ζήτηση Η/Ε κάθε χρονικής περιόδου κατά την διάρκεια του χρόνου με την προβλεπόμενη παραγωγή. Με αυτή την σύγκριση ελέγχουμε κατά πόσο συμπίπτει η παραγωγή με την ζήτηση. Σύμφωνα με τον νόμο 2244/94, το ανώτερο όριο παραγωγής Η/Ε με χρήση ΑΠΕ σε ένα

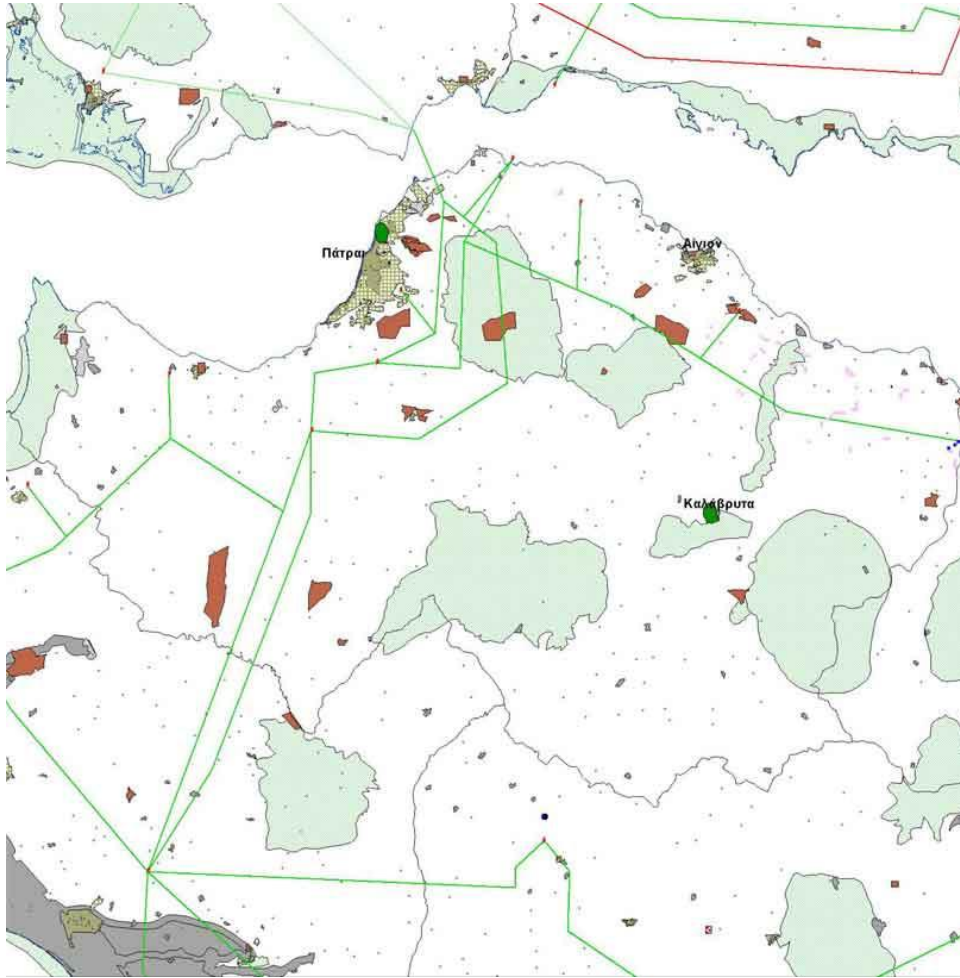
αυτόνομο δίκτυο είναι ίσο με 30% του μέγιστου φορτίου του. Αυτός ο νόμος θεσπίστηκε με σκοπό την προστασία της ευστάθειας του δικτύου από τις διακυμάνσεις ισχύος των Α/Γ λόγω της μεταβολής της ταχύτητας των ανέμων. Συγχρόνως ο ίδιος ο νόμος περιορίζει τον ανταγωνισμό έναντι της ΔΕΗ (μέχρι τις αρχές του 2001) από ιδιωτικές επιχειρήσεις που ενδιαφέρονται να παράγουν Η/Ε με αξιοποίηση ΑΠΕ. Η ζήτηση Η/Ε το καλοκαίρι είναι γενικά αυξημένη στα νησιά (λόγω του τουρισμού και των συνηθειών), ενώ συγχρόνως πνέουν ιδιαίτερα ισχυροί άνεμοι. Έτσι, η εποχιακή διακύμανση της παραγόμενης ισχύος συμπίπτει σημαντικά με την διακύμανση της ζήτησης.

Η εγκατάσταση Α/Γ δεν μπορεί να οδηγήσει σε ολοκληρωτική διείσδυση των ΑΠΕ στην παραγωγή Η/Ε. Αν έχουμε εξαντλήσει το 30% διείσδυσης που επιτρέπει ο νόμος τότε πιθανόν κάποια χρονικά διαστήματα ένα τμήμα των Α/Π θα είναι εκτός λειτουργίας γιατί θα υπερκαλύπτεται η ζήτηση, οπότε λόγω της μεταβολής της ζήτησης δεν είναι σκόπιμη ούτε εφικτή η κατασκευή Α/Π πάνω από μια ορισμένη ισχύ. Επιπρόσθετα, σε μικρότερα συστήματα, όπως είναι τα νησιωτικά, προκύπτουν και προβλήματα σταθερότητας και ασφαλείας του δικτύου.



**Αχαΐα: Αιολικό Δυναμικό <sup>(9)</sup>**





**Αχαΐα: Εκμεταλλεύσιμο Αιολικό Δυναμικό<sup>(9)</sup>**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

---

### 5.1 Εισαγωγή Παραμέτρων

#### 5.1.1 Φύλλο Input

Το φύλλο *Input* αποτελείται από 4 πίνακες. Ο πρώτος πίνακας περιέχει τα προς επεξεργασία αρχεία με τα ανεμολογικά δεδομένα. Ο δεύτερος περιλαμβάνει συντελεστές και μεταβλητές που χαρακτηρίζουν την επεξεργασία των δεδομένων. Ο τρίτος συμπληρώνεται προαιρετικά και περιλαμβάνει τους συντελεστές διόρθωσης των προς επεξεργασία ανεμολογικών μεγεθών. Ο τέταρτος αφορά την διόρθωση της πυκνότητας του αέρα με το υψόμετρο. Αναλυτικά:

Ο **πρώτος πίνακας** περιλαμβάνει τα ονόματα των αρχείων με τα ανεμολογικά δεδομένα καθώς και τις στήλες για την ταχύτητα (σε m/s), την διεύθυνση (σε μοίρες), την τυπική απόκλιση της ταχύτητας (σε m/s), την θερμοκρασία (σε βαθμούς Κελσίου), την ηλιακή ακτινοβολία (σε  $W/m^2$ ), την ατμοσφαιρική πίεση (σε hPa), την κλίση της ροής της ριπής του ανέμου (σε μοίρες), την σχετική υγρασία (επί τοις εκατό), 3 σήματα ελέγχου, την ώρα και την ημερομηνία. Τέλος, υπάρχει ο αριθμός των γραμμών που δεν θα ληφθούν υπόψη στην αρχή κάθε αρχείου (σχόλια, κλπ). Τα αρχεία είναι προτιμότερο να είναι τοποθετημένα με χρονική σειρά (αρχίζοντας από αυτά με τις παλαιότερες μετρήσεις), επειδή αν διαπιστωθεί ότι τα δεδομένα δεν είναι χρονικά ταξινομημένα, τότε απαιτείται επιπλέον μνήμη και χρόνος για να ταξινομηθούν (αυτό γίνεται αυτόματα).

File Names	Column Number			Temperature (°C)	Solar Radiation (W/m <sup>2</sup> )	Gust of Wind Speed [m/s]	Time	Date	Lines to skip
	Wind Speed (m/s)	Wind Direction (°)	Wind Speed SDV						
C:\test\μετρήσεις\st131006.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st131006.001	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st161006.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st241006.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st021106.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st081106.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st131106.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st201106.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st291106.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st051206.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st141206.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st301206.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st030107.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st080107.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st160107.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st230107.000	5	9	6			4	2	1	15
C:\test\μετρήσεις\st010207.000	5	9	6			4	2	1	15

1<sup>ος</sup> πίνακας στο φύλλο Input

Ο **δεύτερος πίνακας** περιλαμβάνει ένα σύνολο από μεταβλητές, εκ των οποίων οι 4 πρώτες είναι αυτές που θα αλλάζουν σε κάθε επεξεργασία, ανά περιοχή. Οι 2 πρώτες είναι ένας τίτλος και ένας υπότιτλος που αφορούν την ανάλυση που πραγματοποιείται και οι άλλες 2 είναι η ημερομηνίες έναρξης και λήξης της επεξεργασίας των δεδομένων. Οι ημερομηνίες αυτές μπορούν να καλύπτουν και μικρότερο χρονικό διάστημα από αυτό των συλλεχθέντων δεδομένων, είναι δυνατόν δηλαδή να γίνει επεξεργασία σε λιγότερα δεδομένα από αυτά που έχουν συλλεχθεί.

Τα υπόλοιπα στοιχεία του 2ου πίνακα είναι οι αναγκαίες παράμετροι για την επεξεργασία των ανεμολογικών δεδομένων. Συγκεκριμένα:

- § το χρονικό βήμα των μετρήσεων (10 λεπτά).
- § το όριο για τις άπνοιες (τιμή της ταχύτητας του ανέμου, κάτω από την οποία η ένδειξη της διεύθυνσης του ανέμου δεν είναι αξιόπιστη. Συνήθως τίθεται 2m/s.)
- § ο αριθμός των τομών διεύθυνσης του ανέμου (16) για τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η ανάλυση (συνιστάται : 16)
- § το ύψος του ιστού (10m), καθώς και το υψόμετρο της τοποθεσίας από την επιφάνεια της θάλασσας (600 m στη συγκεκριμένη περίπτωση)

Title1	( title )
Title2	( subtitle )
Start from	13/10/2006
End at	13/4/2007
Minutes between data	10
Limit for calms (m/s)	2
Number of Direction Sectors	16
Measurements Height :	
above Ground level (m)	10
above Sea level (m)	600
Calcul. of mean turbulence	
at wind speed (m/s)	10
± bin width (m/s)	1
Wind Turbine selected	Enercon E48-800kW
Exponent coefficient (α)	0,08
Weibull method	"paper" method
low limit (m/s)	4
high limit (m/s)	16
Wind Speed Uncertainty	
Calibr. error at Umean (m/s)	0,06
Anemometer's max speed m/s	80
Data Logger's precision (bits)	8
File Name for	
Site Correlation calculations	
Export processed data	
file name	

2<sup>ος</sup> πίνακας στο φύλλο Input

- § το διάστημα της ταχύτητας του ανέμου για το οποίο υπολογίζεται η ένταση της τύρβης ( $U_{SDV} / U_{MEAN}$ ). Συνιστάται να είναι  $10\text{m/s} \pm 1\text{m/s}$ .
- § το μοντέλο της ανεμογεννήτριας (Enercon E48-800kW) για το οποίο θα υπολογιστεί η ενέργεια που θα παρήγαγε αν ήταν εγκατεστημένη στη θέση του ιστού.
- § τον εκθέτη α με τη χρήση του οποίου ανάγεται η ταχύτητα από το ύψος του ιστού στο ύψος της πλήμνης της ανεμογεννήτριας, βάσει του τύπου:  $u_{hub} / u_{mast} = [h_{hub} / h_{mast}]^{\alpha}$ . Όταν ο ιστός περιέχει περισσότερα του ενός ανεμόμετρα, δεν χρησιμοποιείται διότι υπολογίζεται αναλυτικά εξ'

αυτών. Για την Ελλάδα και σε περιοχές σύνθετης τοπογραφίας συνιστάται η τιμή 0.08. Αντίθετα, σε περιοχές επίπεδης τοπογραφίας (π.χ. Ολλανδία) τίθεται 0.14. Η τιμή  $\alpha$  αναφέρεται στα 5m/s και για ρεαλιστικότερες εκτιμήσεις θεωρείται ότι υποδιπλασιάζεται κάθε 5m/s, με τις ενδιάμεσες τιμές να προκύπτουν με γραμμική παρεμβολή (π.χ. αν τεθεί 0.08, τότε στα 10m/s  $\alpha=0.04$ , στα 15m/s  $\alpha=0.02$ , κ.ο.κ., στα δε 0m/s τίθεται  $\alpha=0.16$ ).

- § την μέθοδο υπολογισμού των συντελεστών ( $k, C$ ) της κατανομής Weibull που προσομοιώνει την πραγματική κατανομή των δεδομένων. Εν συντομία υπάρχουν 2 τρόποι υπολογισμού: α) χρησιμοποιώντας μόνο την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση της ταχύτητας και β) χρησιμοποιώντας την κατανομή της ταχύτητας σε ένα συγκεκριμένο εύρος (π.χ.: 4-16m/s). Γενικά, συνιστάται η 2<sup>η</sup> μέθοδος.
- § Σε περίπτωση χρησιμοποίησης αναλογικού ανεμομέτρου δίνονται και ο συντελεστής διόρθωσης του ανεμομέτρου (0.06) καθώς στις μετρήσεις του υπεισέρχεται ο παράγοντας της απόκλισης. Επίσης δίνονται η μέγιστη ταχύτητα του ανεμομέτρου καθώς και η μέγιστη ακρίβεια σε bit του data logger, δηλαδή της συσκευής που παραλαμβάνει τις αναλογικές ενδείξεις του ανεμομέτρου και τις μετατρέπει σε ψηφιακές.
- § Τέλος, δίνονται (προαιρετικά) τα ονόματα δύο αρχείων, στα οποία θα εγγραφούν:
- όλες οι απαραίτητες πληροφορίες που θα χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα *WindRose* στο στάδιο των συσχετισμών (φύλλο *WindCorr*). Πρόκειται για ένα (ενδιάμεσο) αρχείο που απαιτείται στην περίπτωση όπου πρόκειται να πραγματοποιηθούν συσχετίσεις με τα ανεμολογικά δεδομένα της συγκεκριμένης τοποθεσίας με αυτά από άλλη τοποθεσία.
  - όλα τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποίησε το πρόγραμμα *WindRose* για να πραγματοποιήσει τις αναλύσεις. Η χρησιμότητά του έγκειται στο να συγκεντρωθούν όλα τα δεδομένα (στην περίπτωση που τα δεδομένα προέρχονται από πολλά αρχεία με διαφορετικούς συντελεστές διόρθωσης - βλέπε επόμενη § και Πίνακα 3) σε ένα και μοναδικό αρχείο. Τα δεδομένα του αρχείου αυτού έχουν ήδη "διορθωθεί" με τους αντίστοιχους συντελεστές του Πίνακα 3, άρα σε μελλοντική επεξεργασία του, δεν πρέπει δοθούν εκ νέου συντελεστές διόρθωσης.

Correction Coefficients	
Wind Speed MULT	
Wind Speed OFFSET (m/s)	
Wind Direction MULT	
Wind Dir. OFFSET (°)	
Temperature MULT	
Temperature OFFSET (°C)	
Solar Radiation MULT	
Sol. Rad. OFFSET (W/m <sup>2</sup> )	
Time MULT	
Time OFFSET (sec)	

**Ο 3ος Πίνακας** του φύλλου *Input* αφορά τους συντελεστές διόρθωσης των μετρούμενων μεγεθών, σε περίπτωση συστηματικού σφάλματος (π.χ. στην περίπτωση λαθεμένων συντελεστών βαθμονόμησης ανεμομέτρου, εσφαλμένη σκόπευση ανεμοδείκτη, λάθος ώρα/ημερομηνία, κλπ). Η διόρθωση που εφαρμόζεται είναι γραμμικού τύπου ( $\alpha x + \beta$ ). Αν δεν δοθούν τιμές για τα  $\alpha$  και  $\beta$ , τότε η τιμή τους θεωρείται 1.0 και 0.0 αντίστοιχα

### 3<sup>ος</sup> πίνακας του φύλλου *Input*

**Ο 4ος Πίνακας** αφορά τη διόρθωση της πυκνότητας του αέρα σε σχέση με το υψόμετρο της τοποθεσίας. Ο πίνακας αυτός δεν χρησιμοποιείται αν τα ανεμολογικά δεδομένα εμπεριέχουν χρονοσειρές ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας (δηλωμένες στον 1ο Πίνακα του *Input*). Σε αντίθετη περίπτωση, τρεις είναι οι δυνατές επιλογές:

Air Density	
Method 2 : $\rho = f(\theta, z)$	
Month of the year	Value
Jan	1,198
Feb	1,181
Mar	1,168
Apr	1,156
May	1,141
Jun	1,121
Jul	1,105
Aug	1,109
Sep	1,124
Oct	1,148
Nov	1,168
Dec	1,185
$\Gamma$ [°C/km]	6,5
$\theta_{\text{mean}}$ [°C]	15
(for Method 2 only)	

- § η 1η μέθοδος, κατά την οποία ο υπολογισμός της πυκνότητας γίνεται με βάση ένα εμπειρικό τύπο με μόνη παράμετρο το υψόμετρο
- § η 2η μέθοδος όπου ο υπολογισμός της πυκνότητας γίνεται βάση της θερμοκρασίας και του υψομέτρου. Απαιτούνται επίσης δύο ακόμα παράμετροι: ο συντελεστής κατακόρυφης μεταβολής της θερμοκρασίας  $\Gamma$  (προτεινόμενη τιμή: 6.5°C/km) και η εκτιμώμενη θερμοκρασία εδάφους (για την περίοδο των μετρήσεων). Αν υπάρχουν πληροφορίες για τη θερμοκρασία στα αρχεία των δεδομένων, τότε χρησιμοποιούνται αυτές οι θερμοκρασίες. Στο παραγόμενο φύλλο Air Density φαίνεται η σύγκριση των δύο μεθόδων.
- § η εισαγωγή των τιμών πυκνότητας ανά μήνα του έτους.

#### 4<sup>ος</sup> πίνακας του φύλλου Input

### 5.2 Τα παραγόμενα φύλλα εργασίας

#### 5.2.1 Φύλλο Air Density

Στο φύλλο αυτό φαίνονται οι τιμές της πυκνότητας του αέρα και με τις δύο μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της

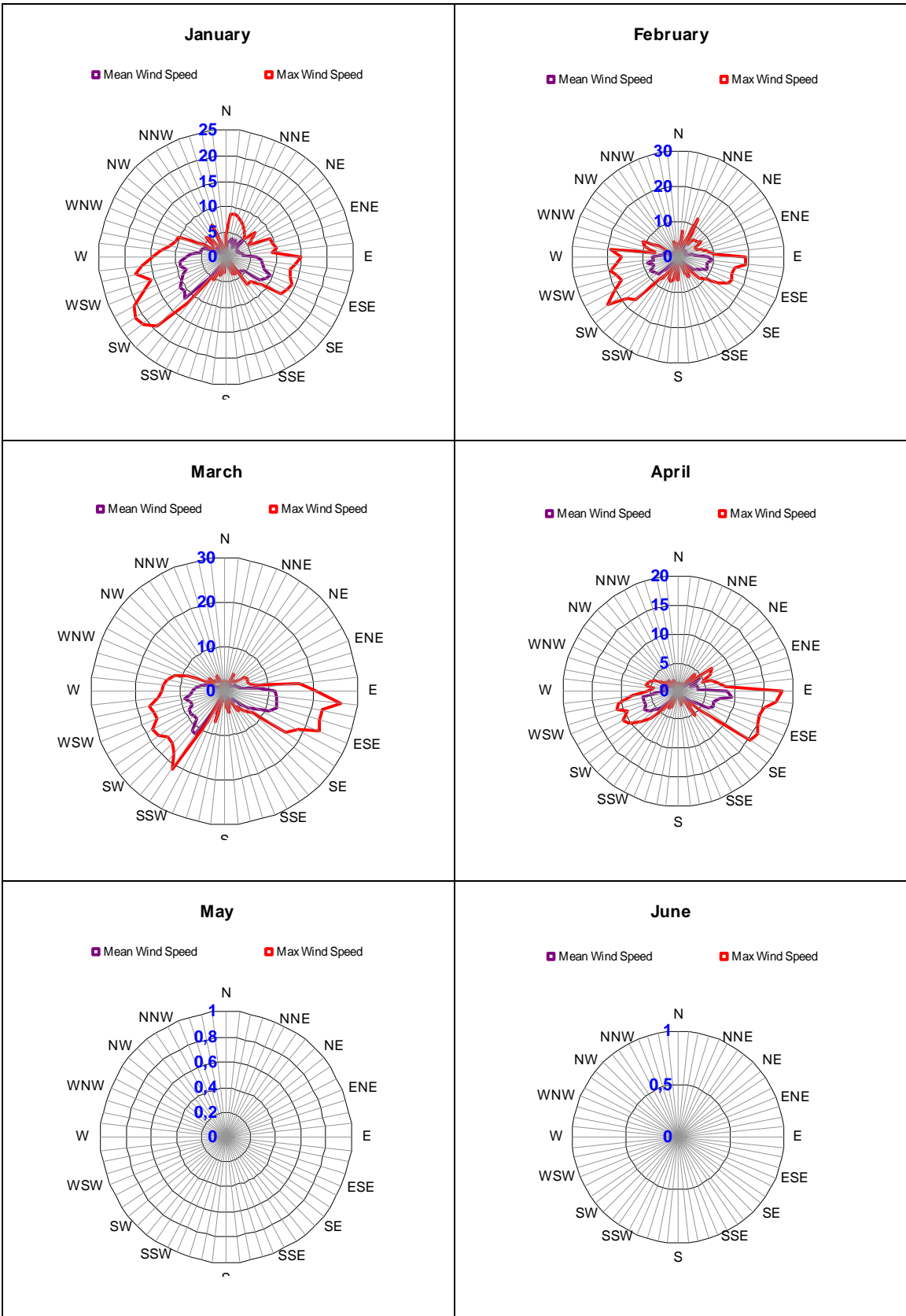
Air-Density [kg/m<sup>3</sup>] as a function of Elevation. Comparison of the 2 methods

Method 1		Method 2										Parameters for Method 2	
Height		Temperatures [°C]										Γ [°C / km]	R
		-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	6,5	287
												g [m/s <sup>2</sup> ]	ρ0 [kg/m <sup>3</sup> ]
												9,81	1,225
1.226	0	1.341	1.316	1.292	1.269	1.247	1.225	1.204	1.184	1.164	1.145		
1.222	100	1.329	1.304	1.280	1.257	1.235	1.213	1.193	1.172	1.153	1.134		
1.218	200	1.316	1.292	1.268	1.245	1.223	1.202	1.181	1.161	1.142	1.123		
1.215	300	1.304	1.280	1.256	1.233	1.211	1.190	1.170	1.150	1.131	1.112		
1.211	400	1.292	1.267	1.244	1.221	1.200	1.179	1.158	1.139	1.120	1.101		
1.207	500	1.280	1.255	1.232	1.210	1.188	1.167	1.147	1.128	1.109	1.091		
1.203	600	1.267	1.243	1.220	1.198	1.177	1.156	1.136	1.117	1.098	1.080		
1.200	700	1.255	1.232	1.209	1.187	1.165	1.145	1.125	1.106	1.087	1.069		
1.196	800	1.243	1.220	1.197	1.175	1.154	1.134	1.114	1.095	1.076	1.059		
1.192	900	1.232	1.208	1.186	1.164	1.143	1.122	1.103	1.084	1.066	1.048		
1.188	1000	1.220	1.197	1.174	1.152	1.132	1.112	1.092	1.073	1.055	1.038		
1.185	1100	1.208	1.185	1.163	1.141	1.121	1.101	1.081	1.063	1.045	1.027		
1.181	1200	1.197	1.174	1.151	1.130	1.110	1.090	1.071	1.052	1.034	1.017		
1.177	1300	1.185	1.162	1.140	1.119	1.099	1.079	1.060	1.042	1.024	1.007		
1.174	1400	1.174	1.151	1.129	1.108	1.088	1.068	1.050	1.031	1.014	0.997		
1.170	1500	1.162	1.140	1.118	1.097	1.077	1.058	1.039	1.021	1.004	0.987		
1.167	1600	1.151	1.129	1.107	1.087	1.067	1.047	1.029	1.011	0.994	0.977		
1.163	1700	1.140	1.118	1.096	1.076	1.056	1.037	1.019	1.001	0.984	0.967		
1.159	1800	1.129	1.107	1.086	1.065	1.046	1.027	1.008	0.991	0.974	0.957		
1.156	1900	1.118	1.096	1.075	1.055	1.035	1.016	0.998	0.981	0.964	0.948		
1.152	2000	1.107	1.085	1.064	1.044	1.025	1.006	0.988	0.971	0.954	0.938		
1.149	2100	1.096	1.074	1.054	1.034	1.015	0.996	0.978	0.961	0.945	0.928		
1.145	2200	1.085	1.064	1.043	1.024	1.005	0.986	0.968	0.951	0.935	0.919		
1.141	2300	1.075	1.053	1.033	1.013	0.994	0.976	0.959	0.942	0.925	0.910		
1.138	2400	1.064	1.043	1.023	1.003	0.984	0.966	0.949	0.932	0.916	0.900		

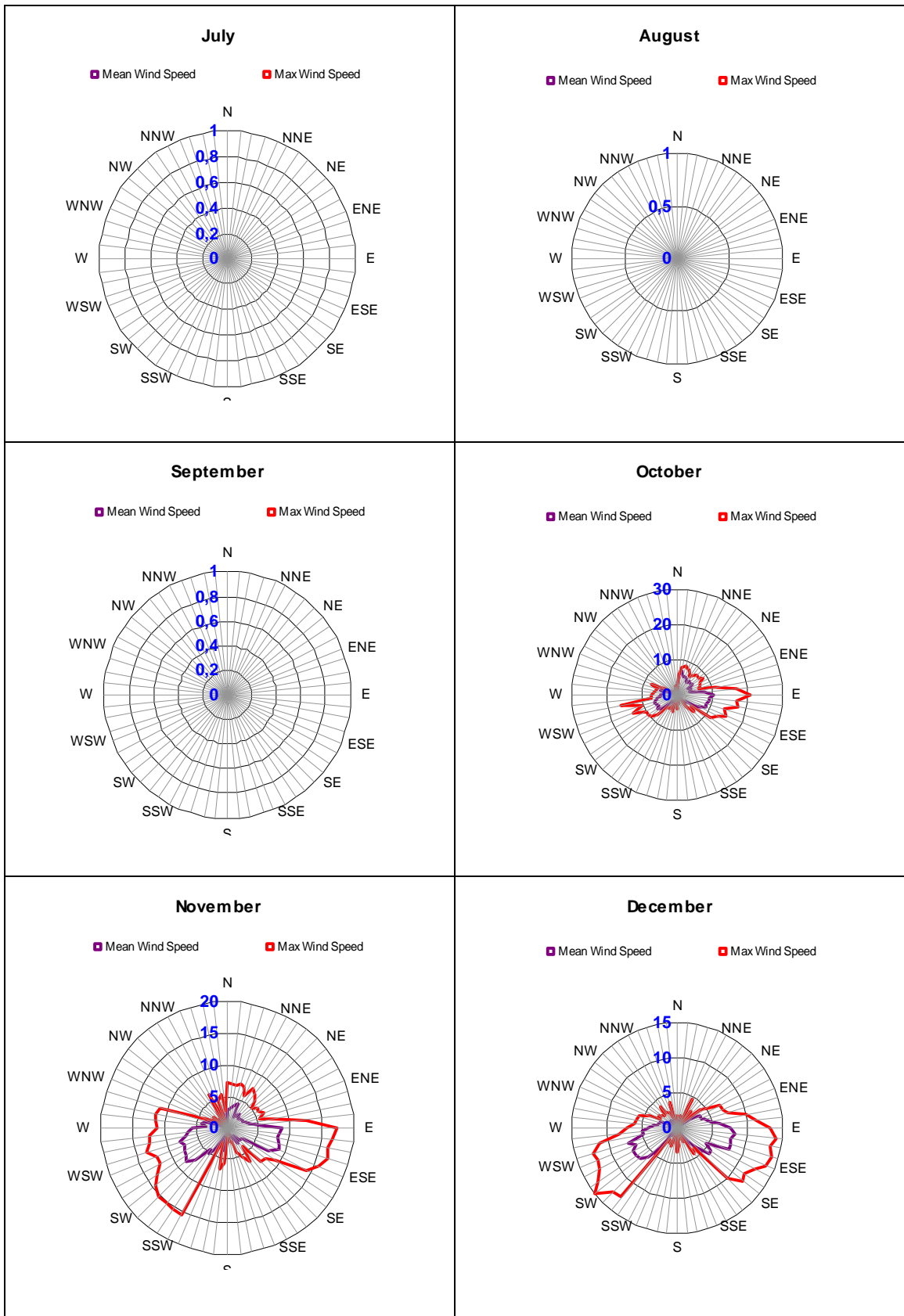
Πίνακας του φύλλου Air Density

#### 5.2.2 Φύλλο Urolar

Στο φύλλο αυτό παρουσιάζονται τα 12 μηνιαία πολικά διαγράμματα με την μέση και μέγιστη ταχύτητα του ανέμου. Η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου έχει μετρηθεί σε διαστήματα 10 λεπτών (όπως έχει ορισθεί στο φύλλο Input). Από τα διαγράμματα αυτά δεν λαμβάνεται καμία πληροφορία σχετικά με τη συχνότητα πνοής των ανέμων, αλλά μόνο με το πόσο ισχυροί άνεμοι πνέουν ανά διεύθυνση. Από τα συγκεκριμένα διαγράμματα μπορούμε να διακρίνουμε πως οι διευθύνσεις των ανέμων είναι κυρίως δύο: Δυτικές και Ανατολικές, και δεν γίνεται καθόλου εμφάνιση Βόρειων και Νότιων ανέμων. Δεν υπάρχουν τιμές στα διαγράμματα των μηνών Μαΐου- Σεπτεμβρίου διότι δεν διαθέτουμε δεδομένα για αυτούς τους μήνες



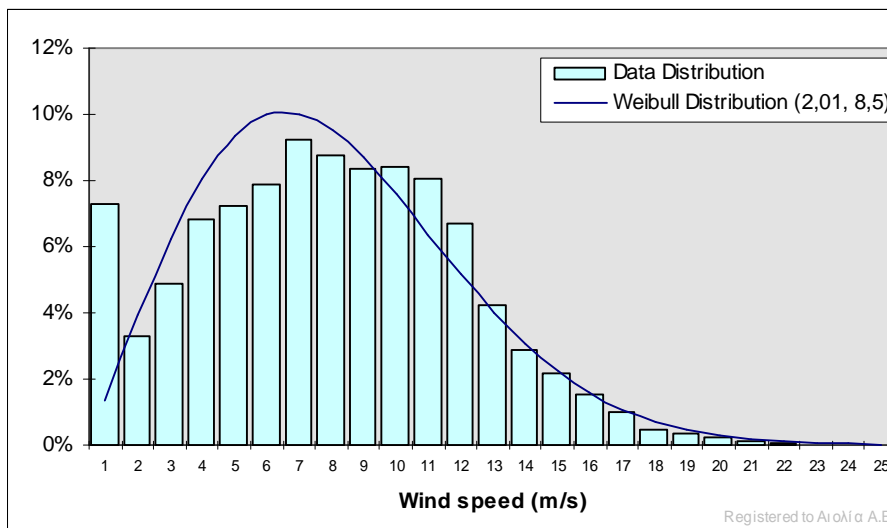




Τα πολικά διαγράμματα του φύλλου Urolar

### 5.2.3 Φύλλο Weibull

Στο 1<sup>ο</sup> διάγραμμα εμφανίζεται η κατανομή των δεδομένων (ως ποσοστό επί τις %) ανά ταχύτητα, μαζί με την κατανομή Weibull που την προσεγγίζει. Για τον υπολογισμό των συντελεστών της χρησιμοποιείται η μέθοδος Weibull paper. Από το διάγραμμα αυτό καταλαβαίνει κανείς ότι στην περιοχή υπάρχει εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό μιας και το κριτήριο για κάτι τέτοιο είναι η ταχύτητα του ανέμου να είναι σε μεγάλο ποσοστό πάνω από 5m/s, γεγονός που συμβαίνει.



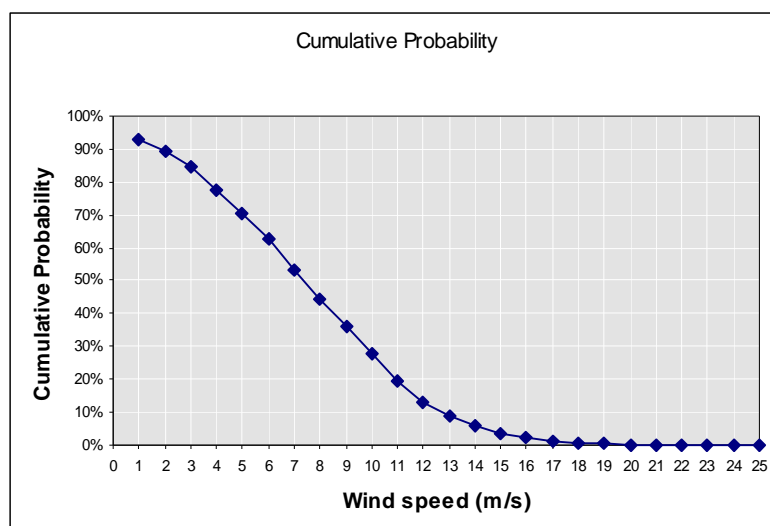
**1<sup>ο</sup> διάγραμμα του φύλλου Weibull –  
Κατανομή των ταχυτήτων του αέρα ως ποσοστού επί τις %**

Ο δεύτερος πίνακας είναι αυτός με την αθροιστική πιθανότητα (%) σε συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου. Και σε αυτόν τον πίνακα μπορεί κανείς να βρει την πιθανότητα που υπάρχει να εμφανιστούν ταχύτητες μεγαλύτερες από 5m/s στις διάφορες διευθύνσεις. Αυτό είναι κάτι πολύ χρήσιμο μιας και μπορεί να αποφασιστεί ο προσανατολισμός της ανεμογεννήτριας. Στην τελευταία στήλη του πίνακα αυτού φαίνεται η μεταβολή της έντασης της τύρβης (δηλαδή της τυχαίας μεταβολής του πεδίου ροής του ανέμου) ανά διεύθυνση

Direction	Angles (deg)	Weibull shape	Weibull scale	Data Distrib	Mean Wind Speed (m/s)	T.I. at 10m/s
NNE	11,25 - 33,75	1,81	4,19	0,95%	3,0	
NE	33,75 - 56,25	1,75	3,38	1,44%	2,6	
ENE	56,25 - 78,75	2,13	3,94	3,81%	3,2	13,2
E	78,75 - 101,25	2,20	10,05	23,03%	8,8	13,9
ESE	101,25 - 123,75	2,30	9,83	18,27%	8,7	15,2
SE	123,75 - 146,25	1,68	4,95	1,72%	4,2	13,9
SSE	146,25 - 168,75	1,49	2,23	0,39%	1,5	
S	168,75 - 191,25	1,12	1,66	0,32%	1,3	
SSW	191,25 - 213,75	0,48	1,21	0,59%	2,8	17,1
SW	213,75 - 236,25	2,00	8,79	5,12%	7,7	16,1
WSW	236,25 - 258,75	2,75	9,03	25,19%	7,9	16,0
W	258,75 - 281,25	2,36	8,14	14,09%	7,2	15,9
WNW	281,25 - 303,75	1,42	3,76	3,27%	3,3	18,0
NW	303,75 - 326,25	1,06	1,06	0,75%	1,1	
NNW	326,25 - 348,75	1,14	1,80	0,47%	1,2	
N	348,75 - 11,25	1,40	2,84	0,60%	1,6	

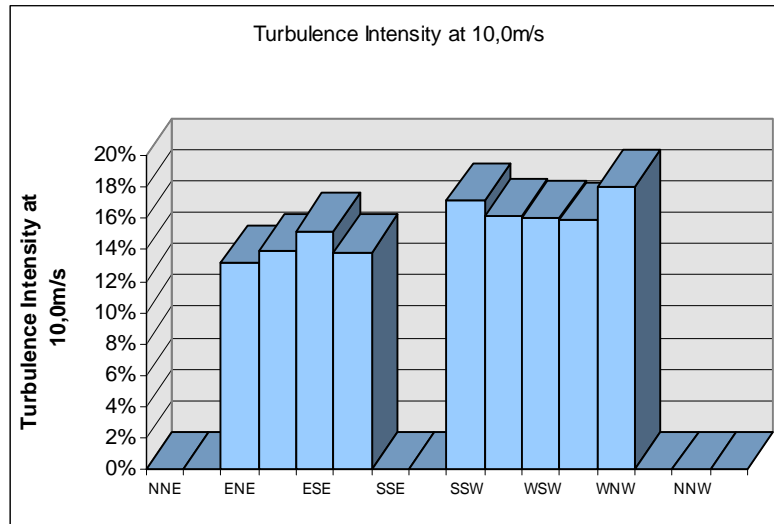
**1<sup>ος</sup> πίνακας του φύλλου Weibull  
Κατανομή των ταχυτήτων του αέρα ανά κατεύθυνση**

Κατόπιν συναντάμε το διάγραμμα της αθροιστικής πιθανότητας από το οποίο καταλαβαίνουμε πως η πιθανότητα να έχουμε ικανοποιητικές ταχύτητες ανέμου (από 5m/s και πάνω ανέρχεται στο 70% και πέφτει στο 10% για ανέμους 12 m/s)



**Διάγραμμα αθροιστικής πιθανότητας**

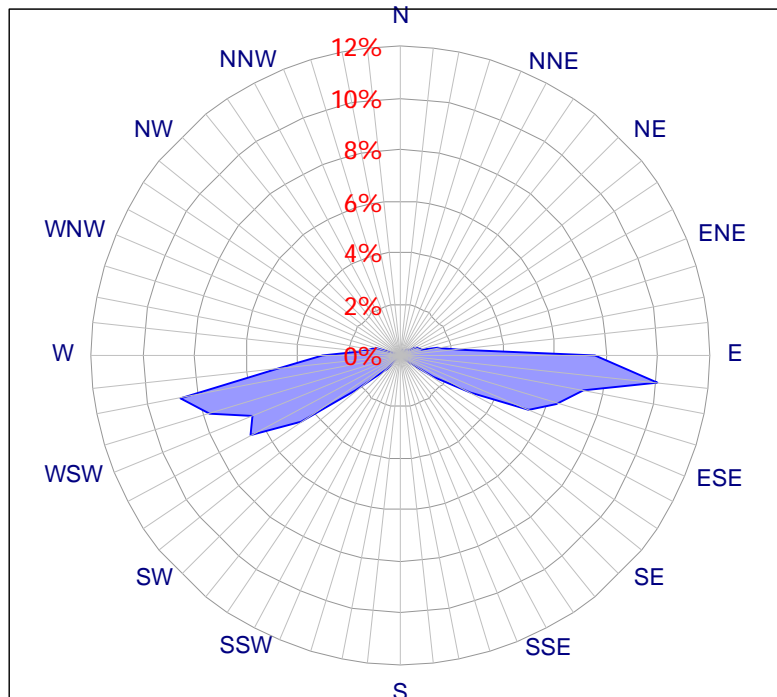
Τελευταίο είναι το διάγραμμα που παρουσιάζει την μεταβολή της έντασης της τύρβης ανά διεύθυνση για την ταχύτητα του ανέμου που καθορίστηκε στο φύλλο Input (στα  $10\text{m/s} \pm 1\text{m/s}$ )



**Διάγραμμα μεταβολής της τύρβης**

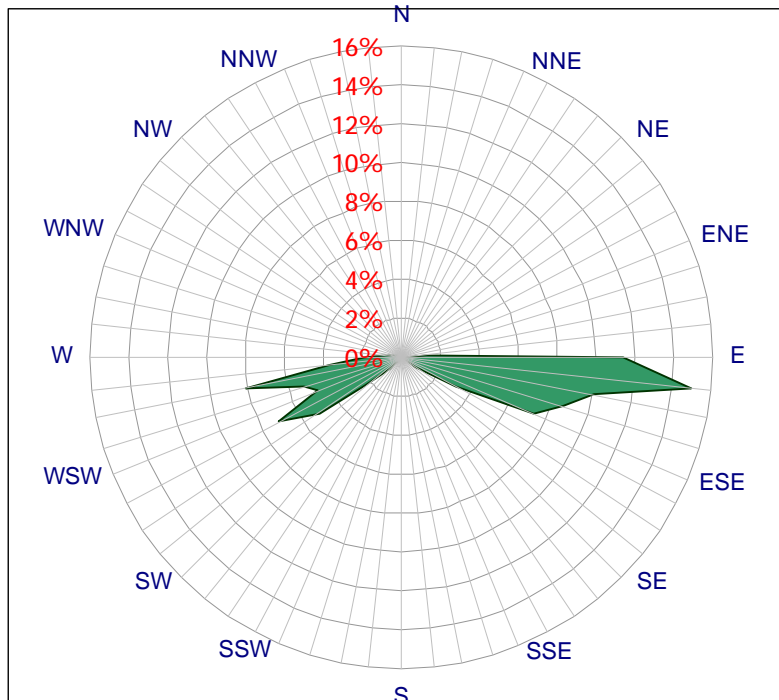
#### 5.2.4 Φύλλο Windrose

Σε αυτή τη σελίδα αρχικά παρατίθενται ένα ροδόγραμμα χρόνου και ένα ροδόγραμμα ενέργειας. Για την εξαγωγή τους δεν λαμβάνονται υπόψη οι περίοδοι όπου εμφανίζεται ταχύτητα κάτω από  $2\text{ m/s}$  (είναι το όριο limit for calms που τίθεται στη σελίδα Input), επειδή κατά την διάρκεια αυτών των περιόδων η διεύθυνση που αναφέρει ο ανεμοδείκτης είναι τυχαία. Και τα δύο ροδογράμματα αποτελούνται από 64 τόξα εύρους  $5.625^\circ (=360^\circ/64)$ . Κάθε τιμή της κατανομής είναι η μέση τιμή των μετρήσεων που εμπεριέχονται στο τόξο και λαμβάνεται στο κέντρο του τόξου, π.χ. η τιμή της κατανομής στο σημείο  $0^\circ$  είναι ο μέσος όρος των μετρήσεων που βρίσκονται μέσα στο τόξο  $[-2.8125^\circ, +2.8125^\circ)$ . Παρακάτω φαίνεται το ροδόγραμμα χρόνου στο οποίο φαίνεται η κατανομή των ανέμων ανά διεύθυνση για όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.



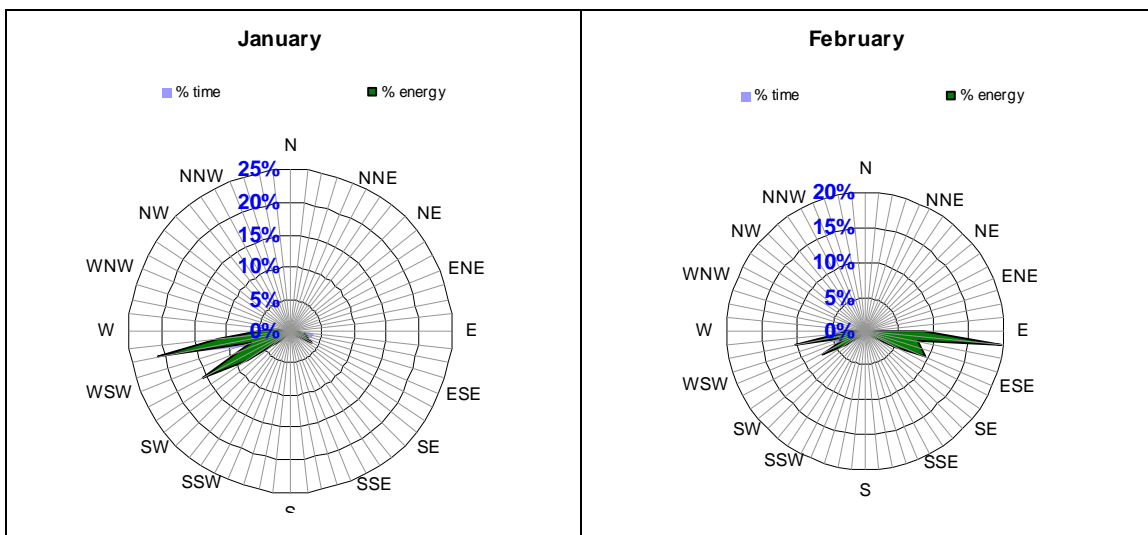
***Το ροδόγραμμα διευθύνσεων του ανέμου, για 64 τομείς διεύθυνσης  
(πιθανότητα εμφάνισης μιας διεύθυνσης στο συνολικό χρόνο)***

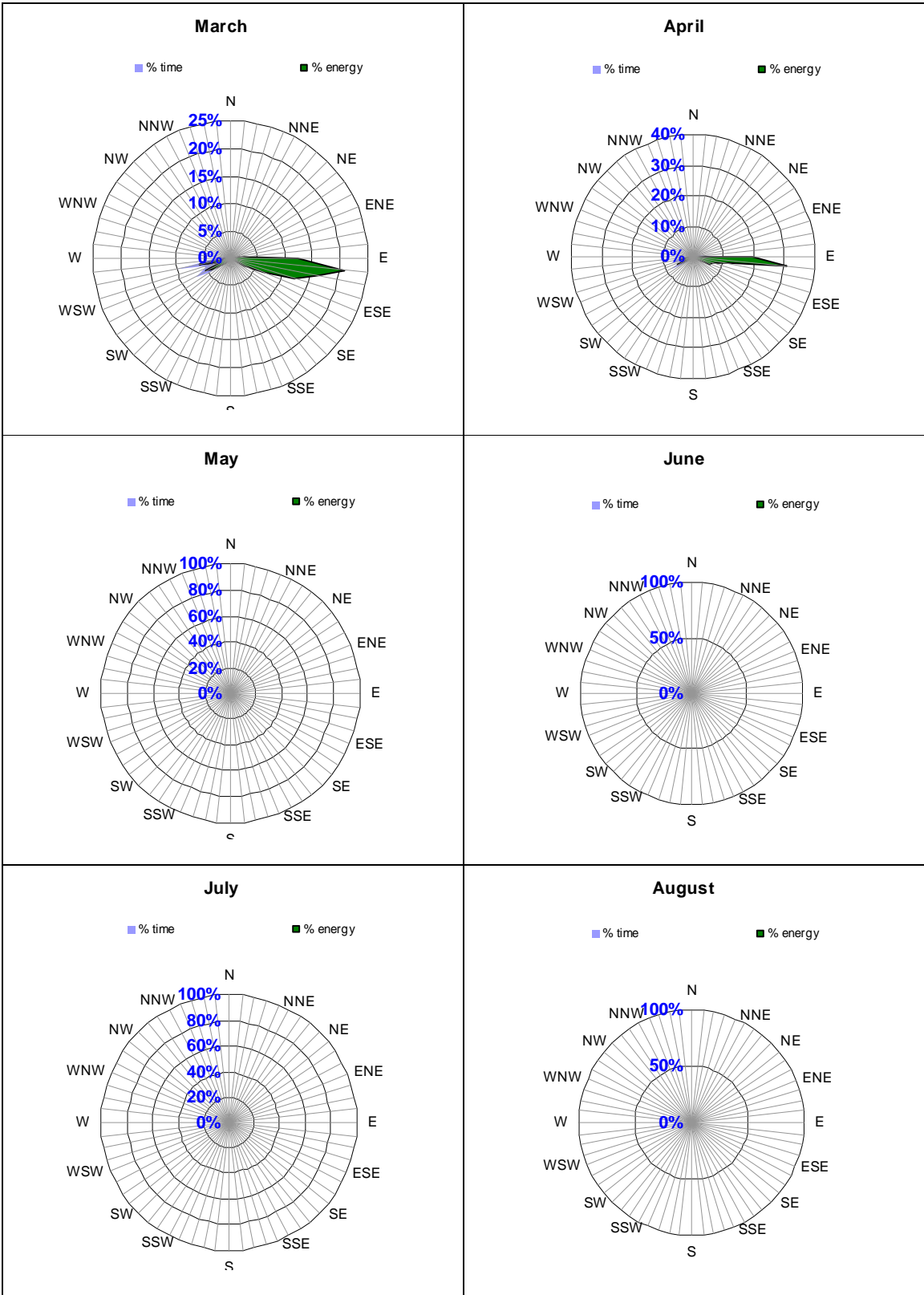
Ακολουθεί το ροδόγραμμα ενέργειας το οποίο απεικονίζει την ενέργεια του αέρα ανά διεύθυνση και όχι της ΑΓς. Ο διαχωρισμός είναι απαραίτητος διότι η ανεμογεννήτρια έχει ένα ανώτατο όριο ταχύτητας περιστροφής (ταχύτητα αποσύνδεσης - cut-out speed) πάνω από το οποίο για λόγους ασφαλείας διακόπτεται η λειτουργία της. Σε πολλές περιπτώσεις λοιπόν η ενέργεια και κατά συνέπεια η ταχύτητα του ανέμου υπερβαίνει το όριο αυτό.

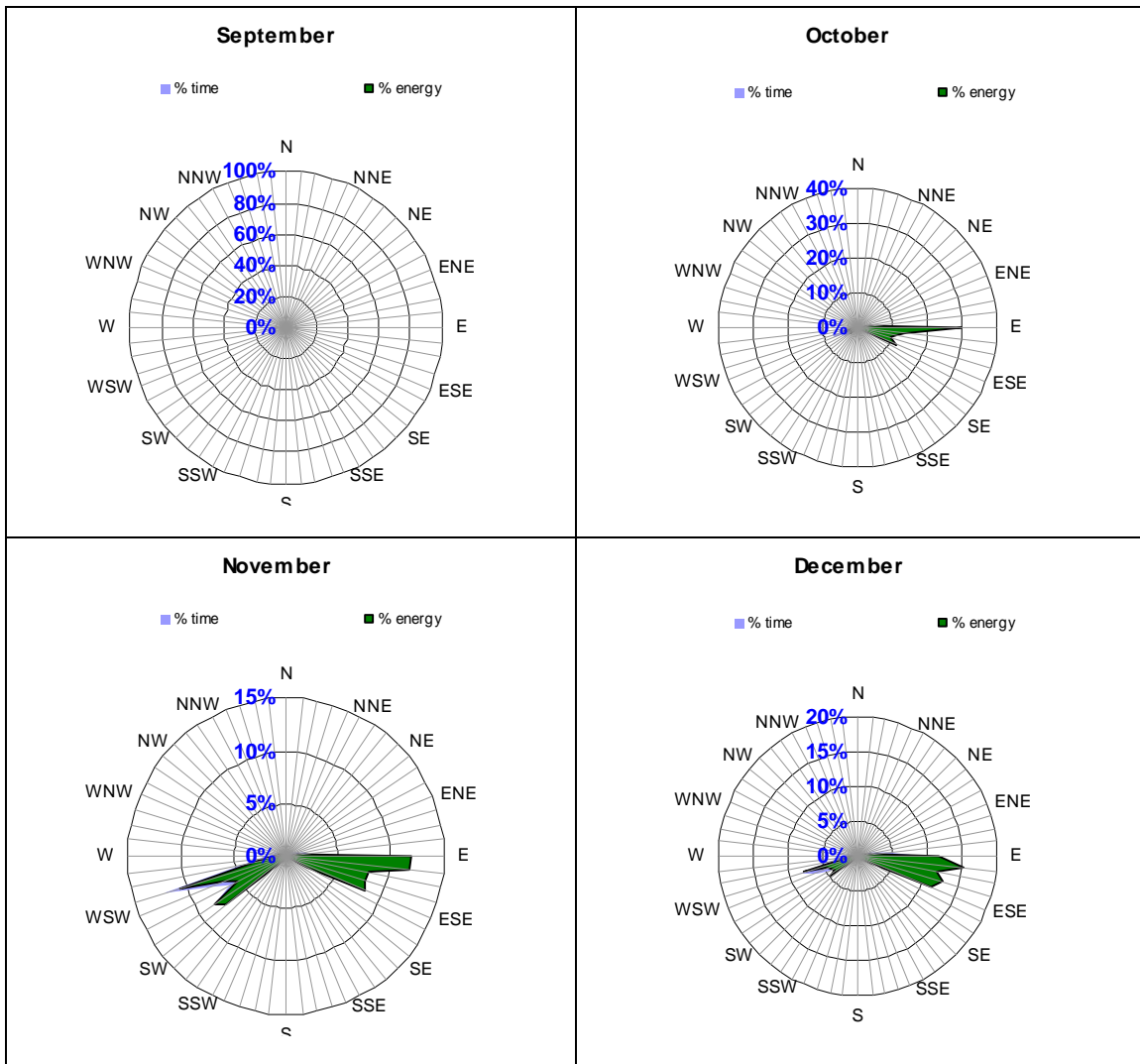


**Το ροδόγραμμα ενέργειας του ανέμου ανά διεύθυνση, για 64 τομείς διεύθυνσης (πιθανότητα εμφάνισης ανέμου ανά διεύθυνση)**

Ακολουθούν τα μηνιαία ροδοδιαγράμματα χρόνου και ενέργειας







**Μηνιαία ροδογράμματα διεύθυνσης του ανέμου  
σε σχέση με το χρόνο και την ενέργεια**

### 5.2.5 Φύλλο Tables

Στην σελίδα αυτή, υπάρχουν 2 πολύ σημαντικοί πίνακες που εμπεριέχουν σημαντικά στοιχεία της ανάλυσης: Ο πρώτος είναι πίνακας με τις τιμές της διακύμανσης επί της % έντασης της τύρβης ( $\sigma_u / U_{MEAN} * 100$ ) ανά διεύθυνση ανέμου και ανά ταχύτητας του ανέμου.



### Turbulence Intensity (%) vs Wind Speed & Wind Direction

m/s	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
5-6	22	22	18	17	18	17	16	24	21	16	16	16	19	40	35	22
6-7	23	23	16	16	18	16	13	28	24	16	16	16	19		23	18
7-8	22	20	14	16	17	14			20	15	16	16	23			27
8-9	18	24	15	15	18	14			25	16	16	16	18			19
9-10			13	14	16	14				15	16	16	19			
10-11				14	15	13			17	17	16	16	17			
11-12				13	15	11				17	16	16	16			
12-13	81			14	14					17	16	16	20			
13-14				14	14					17	16	16	17			
14-15				13	15				23	17	16	16				
15-16				13	15				18	17	16	15				
16-17				13	14				21	17	15	15				
17-18				13	15				18	18	17	14				
18-19				12	15					16	16					
19-20				13	15					17	15	19				
20-21				13	16				20	15	14					
21-22				14	15					17	13					
22-23				13	15					14						
23-24				12	15					13						
24-25																
25-				13												

Διακύμανση επί της % έντασης της τύρβης ( $\sigma_u / U_{MEAN} * 100$ )  
ανά διεύθυνση ανέμου και ανά ταχύτητας του ανέμου

Ο δεύτερος παρουσιάζει την ολική κατανομή των δεδομένων πάλι ανά διεύθυνση και ανά ταχύτητα ανέμου.

### Data distribution vs Wind Speed & Wind Direction

m/s	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	totals
0-1	84	115	165	171	174	69	52	45	60	70	146	174	183	101	73	89	1771
1-2	30	43	101	129	55	37	10	13	15	31	76	79	94	47	17	19	796
2-3	21	60	147	189	123	59	15	9	26	65	124	152	143	22	13	9	1177
3-4	13	45	177	331	238	51	9	6	15	86	273	266	131	8	1	5	1655
4-5	15	39	154	305	322	42	4	2	5	81	395	312	74	2	4	2	1758
5-6	22	20	103	347	289	55	3	2	4	115	560	313	57	1	3	11	1905
6-7	25	18	49	411	342	38	1	1	4	116	838	352	39		2	4	2240
7-8	14	7	19	484	331	23			3	118	801	314	11			5	2130
8-9	6	3	4	489	356	11			2	117	744	277	19			1	2029
9-10			4	467	423	12				112	674	324	17				2033
10-11				459	463	14			1	79	555	359	17				1947
11-12				469	473	6				71	362	235	6				1622
12-13	1			368	274					51	194	131	1				1020
13-14				306	176					23	131	63	1				700
14-15				257	123				1	37	81	33					532
15-16				188	90				2	22	55	12					369
16-17				107	59				1	18	46	13					244
17-18				45	36				2	12	17	5					117
18-19				32	26					7	16						81
19-20				14	26					3	10	1					54
20-21				7	15				1	2	4						29
21-22				2	11					1	2						16
22-23				2	1					1							4
23-24				1	1					2							4
24-25																	
25-				1													1
totals	231	350	923	5581	4427	417	94	78	142	1240	6104	3415	793	181	113	145	24234

Ολική κατανομή των δεδομένων ανά διεύθυνση και ανά ταχύτητα ανέμου

Εδώ αξίζει να τονιστούν τα παρακάτω:

- § Η κατηγοριοποίηση των ταχυτήτων του ανέμου έχει γίνει σε 25 διαστήματα εύρους 1m/s, με το 26<sup>ο</sup> διάστημα να εμπεριέχει τον αριθμό όλων των δεδομένων με ταχύτητες μεγαλύτερες από 5m/s. Στον 1<sup>ο</sup> Πίνακα δεν εμφανίζονται τα διαστήματα ταχύτητας για τιμές μικρότερες από <5m/s (έχοντας ενεργοποιήσει την απόκρυψη κελιών του Excel), αφενός επειδή η ένταση της τύρβης για μικρές ταχύτητες δεν έχει ιδιαίτερη φυσική σημασία, αφετέρου γιατί καθίσταται προβληματική η σύγκριση των διαφόρων τιμών στην γραφική απεικόνιση του πίνακα (φύλλο εργασίας 3D
- § Ο αριθμός των τομέων διεύθυνσης του ανέμου είναι αυτός που καθορίστηκε στο φύλλο εργασίας *Input* (16 στη συγκεκριμένη περίπτωση). Επισημαίνεται ότι οι διευθύνσεις αντιστοιχούν στα κέντρα των τομέων που αναφέρονται, δηλαδή τώρα που έχουν επιλεγεί 16 τομείς τότε το εύρος κάθε τομέα είναι 22.5° (=360°/16) και για τον Βορρά λαμβάνονται υπόψη οι μετρήσεις με διεύθυνση ανέμου μέσα στο τόξο [348.75°, +11.25°).
- § Ο υπολογισμός της μέσης τύρβης σε κάθε διάστημα γίνεται με τη χρήση κλασσικών μεθόδων υπολογισμού του μέσου όρου, χωρίς καμία επιπλέον διόρθωση. Παρόλο που ο τρόπος αυτός δεν είναι ακριβής, προσεγγίζει αρκετά την πραγματική τιμή, την οποία θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε επ' ακριβώς μόνο από τις λεπτομερείς χρονοσειρές ταχύτητας του αέρα.

Στο τέλος της σελίδας αυτής παρατίθενται 2 αριθμοί που αναφέρονται στις διαδοχικές περιστροφές που πραγματοποίησε ο ανεμοδείκτης κατά την διάρκεια των μετρήσεων.

#### **Max. successive wind vane rotations**

counter-clockwise (E-N-W)	8,1
clockwise (W-N-E)	0,6

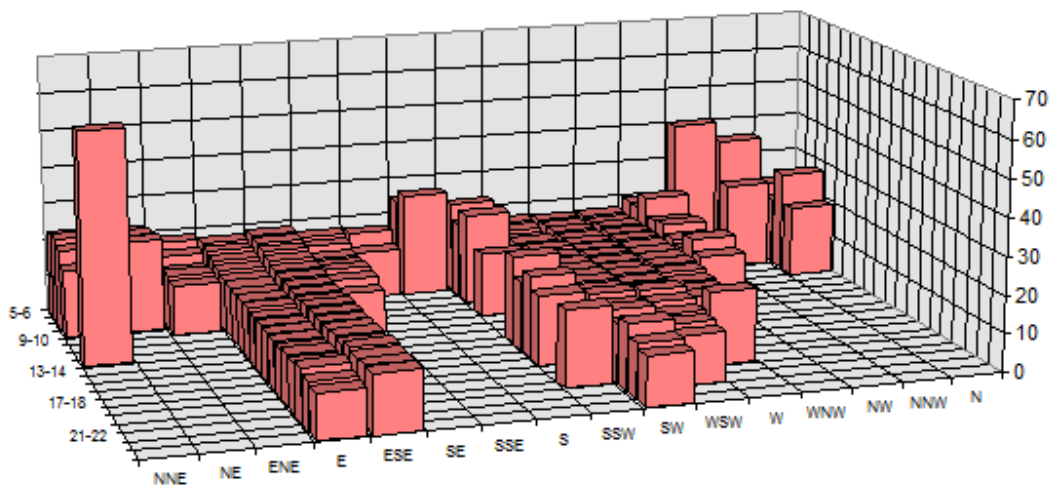
**Διαδοχικές περιστροφές που πραγματοποίησε  
ο ανεμοδείκτης κατά την διάρκεια των μετρήσεων**

Οι αριθμοί που δηλώνουν πόσες φορές η ΑΓ θα μπορούσε να περιστραφεί γύρω από τον άξονά της, χρησιμεύουν στον υπολογισμό των περιελίξεων των καλωδίων μεταφοράς ισχύος της Α/Γς. Για τον υπολογισμό τους έχουν ληφθεί υπόψη όλα τα δεδομένα (συμπεριλαμβανομένων και των απνοιών) επειδή, ακόμα και στην περίπτωση χαμηλών ταχυτήτων αέρα, η Α/Γ περιστρέφεται με σκοπό τον καλύτερο δυνατό προσανατολισμό. Είναι προφανές ότι η ακρίβεια των αριθμών αυτών, εξαρτάται από το ποσοστό πληρότητας των δεδομένων.

### 5.2.6 Φύλλο 3D

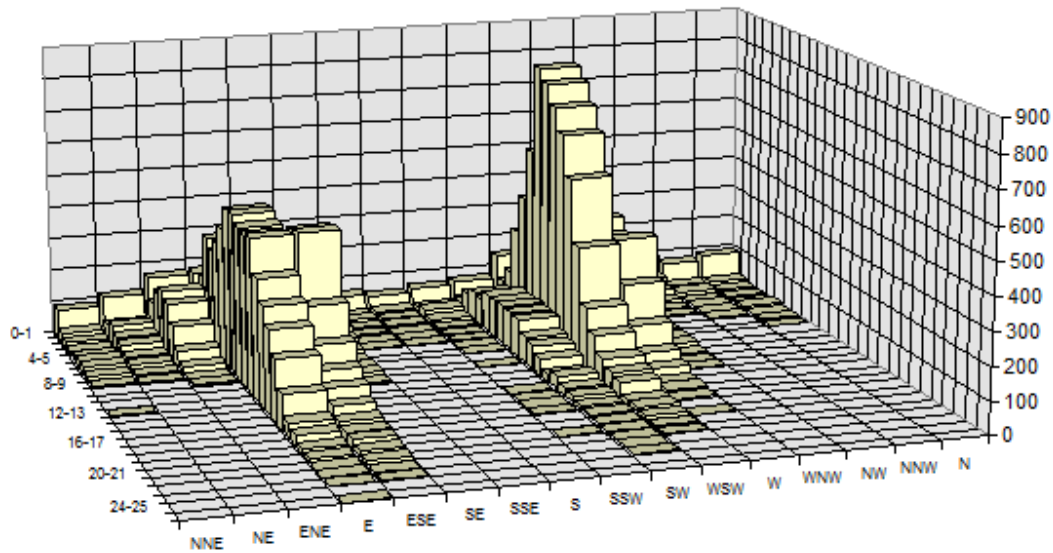
Στην σελίδα αυτή απεικονίζονται τρισδιάστατα οι 2 πίνακες του φύλλου Tables.

**Turbulence Intensity (%) vs Wind Speed & Wind Direction**



**Διακύμανση επί της % έντασης της τύρβης**  
 $(\sigma_u / U_{MEAN} * 100)$  **ανά διεύθυνση ανέμου και ανά ταχύτητας του ανέμου**

### Data distribution vs Wind Speed & Wind Direction

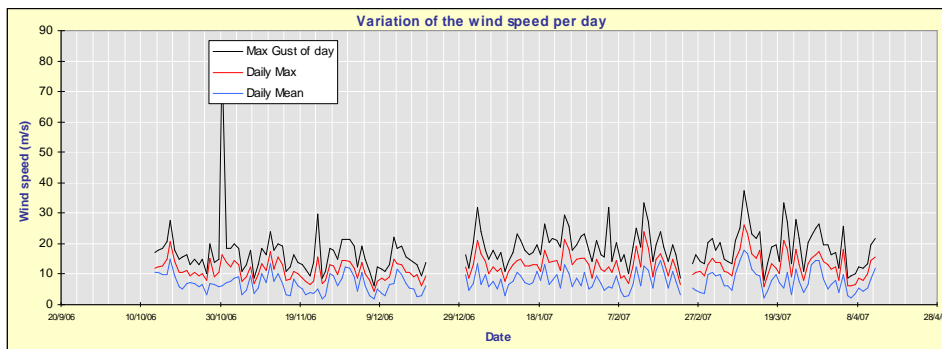


Ολική κατανομή των δεδομένων ανά διεύθυνση και ανά ταχύτητα ανέμου

### 5.2.7 Φύλλο Time Charts

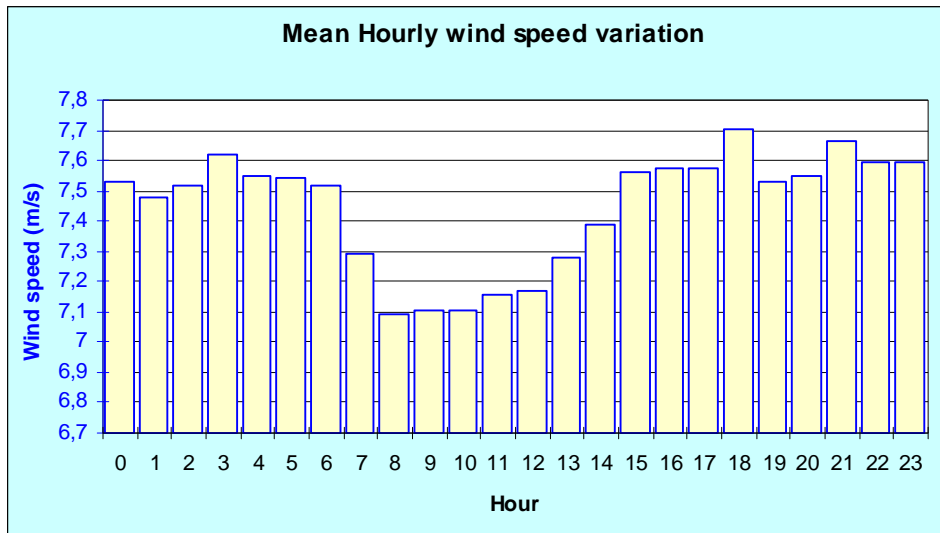
Τα διαγράμματα της σελίδας αυτής δίνουν την γενική εικόνα της διακύμανσης της ταχύτητας του αέρα στην περιοχή των μετρήσεων.

Το 1ο δείχνει την εξέλιξη της μέσης τιμής της ταχύτητας του ανέμου κάθε ημέρας για όλες τις ημέρες των μετρήσεων. Στο ίδιο διάγραμμα παρουσιάζεται και η μέγιστη ταχύτητα ανά ημέρα για το ορισθέν χρονικό βήμα (10 λεπτά). Δηλαδή παρουσιάζεται η μεγαλύτερη τιμή από τις μέγιστες κάθε 10λέπτου



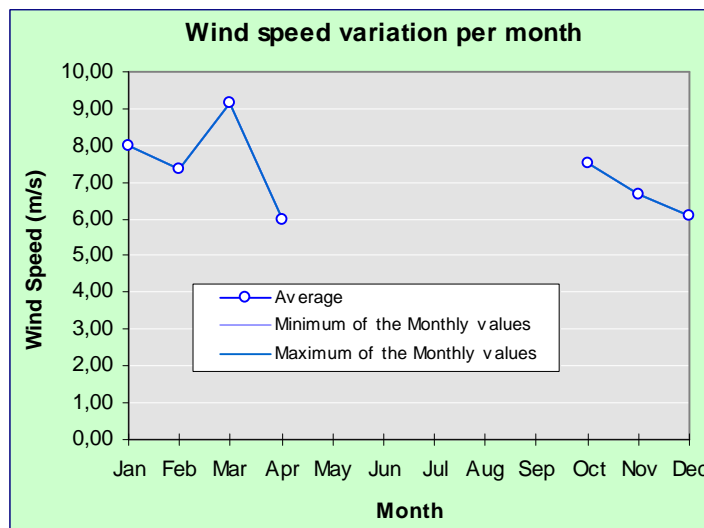
**Εξέλιξη της μέσης τιμής της ταχύτητας του ανέμου  
κάθε ημέρας για όλες τις ημέρες των μετρήσεων**

Στο 2ο διάγραμμα είναι η λεγόμενη κατανομή Diurnal, δηλαδή η κατανομή της ταχύτητας ανά ώρα της ημέρας για το σύνολο των μετρήσεων, ανεξάρτητα από τη διεύθυνση του ανέμου. Στο φύλλο *12diurnal* υπάρχει η ωριαία διακύμανση της ταχύτητας αλλά για κάθε μήνα ξεχωριστά



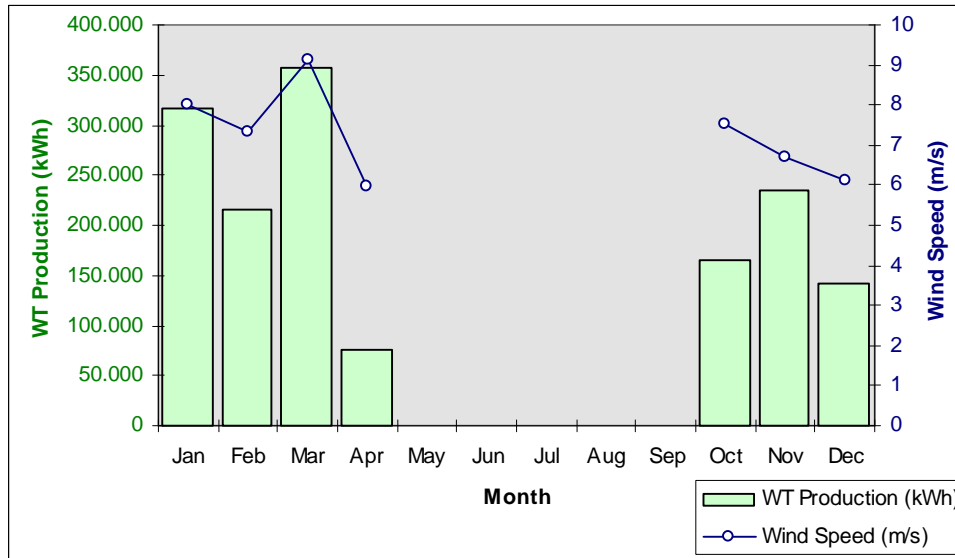
**Κατανομή Diurnal**

Το 3ο διάγραμμα παρουσιάζει την μέση ταχύτητα ανά μήνα. Αν τα ληφθέντα δεδομένα υπερβαίνουν το 1 έτος, τότε η μέση ταχύτητα κάθε μήνα υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη όλους τους μήνες.



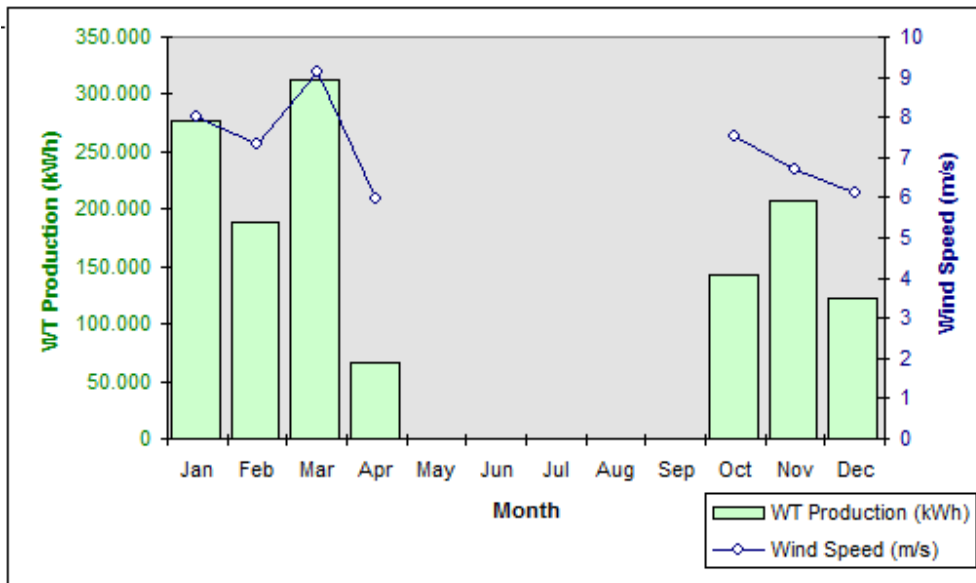
**Μέση ταχύτητα ανά μήνα**

Τέλος εξάγεται και ένα διάγραμμα που υπολογίζει την παραγόμενη ενέργεια (σε kWh) από την Α/Γ σε σχέση με τη μέση ταχύτητα του τρίτου διαγράμματος

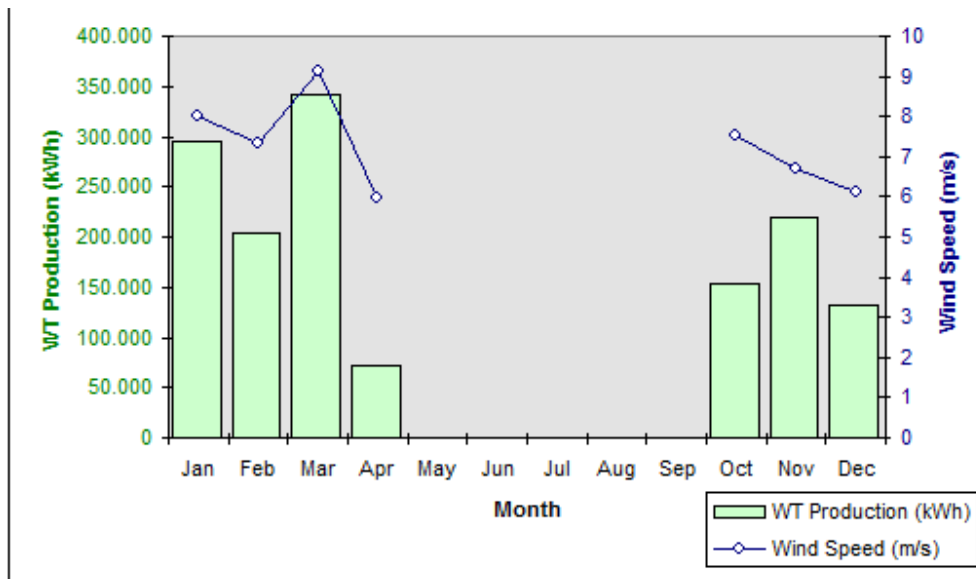


#### **Παραγόμενη ενέργεια (σε kWh) από την Α/Γ Enercon E48-800kW**

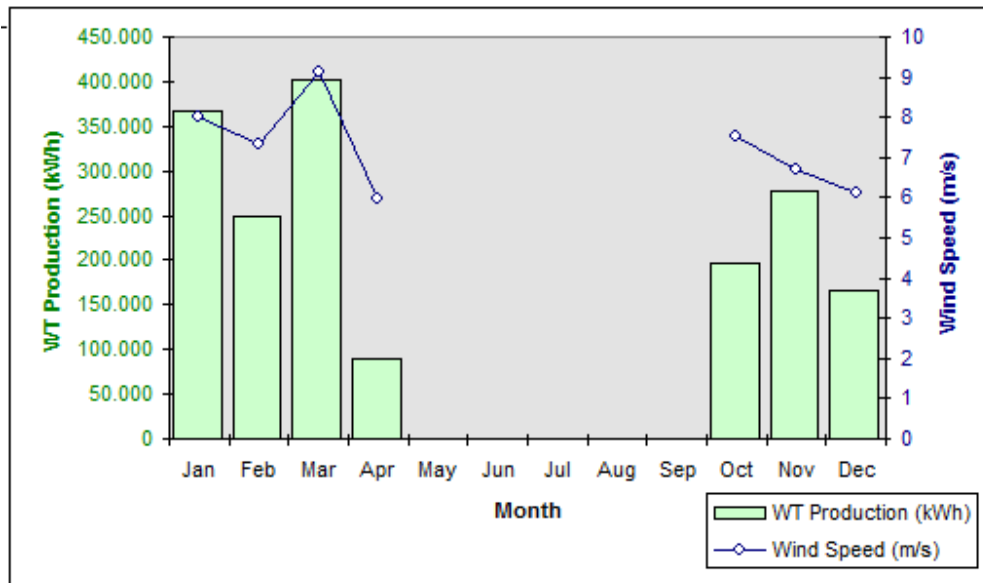
Σε αυτό το σημείο παρατίθενται για σύγκριση τα διαγράμματα παραγόμενης ενέργειας έξι ακόμα ανεμογεννητριών της ίδιας ή παραπλήσιας ισχύος σε kW με την ανεμογεννήτρια Enercon E48-800kW. Από μια απλή παρατήρηση των διαγραμμάτων που ακολουθούν διαπιστώνεται η υπεροχή της Enercon E48-800kW όσον αφορά την παραγόμενη ενέργεια, μιας και ακόμα και Α/Γ μεγαλύτερης ισχύος (πχ. NEG-Mikon -900kW ή Vestas V52 -850kW) δεν καταφέρνουν να ξεπεράσουν σε παραγόμενη ισχύ της Enercon E48



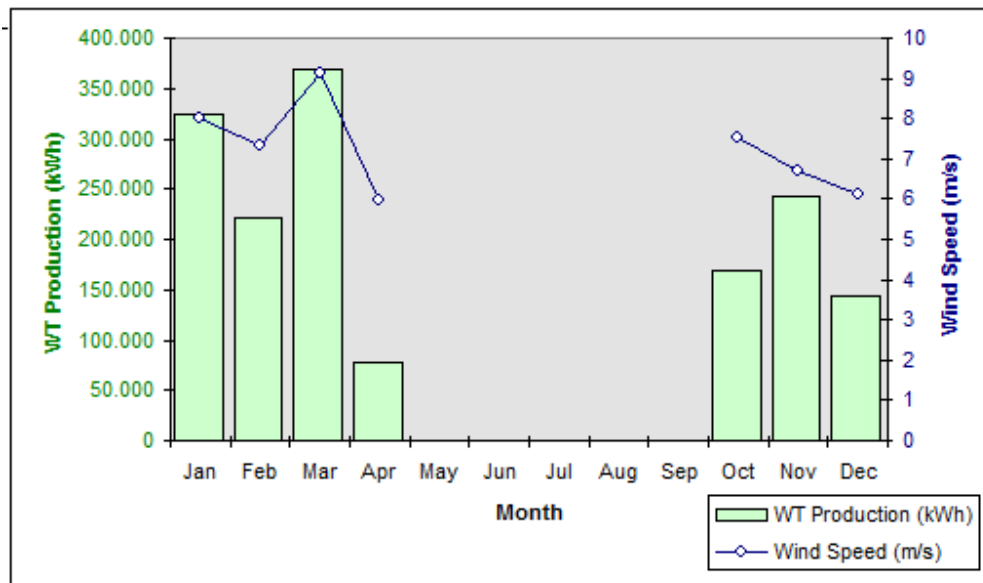
*Παραγόμενη ενέργεια (σε kWh) από την Α/Γ Nordex N50 –800 kW*



*Παραγόμενη ενέργεια (σε kWh) από την Α/Γ Vestas V52 -850kW*

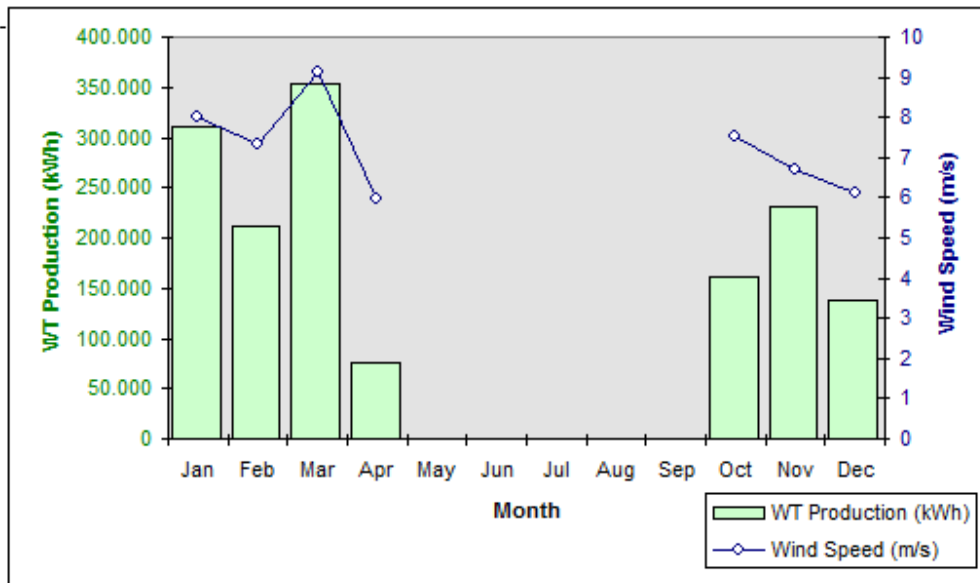


**Παραγόμενη ενέργεια (σε kWh) από την Α/Γ Gamesa G58 -850kW**

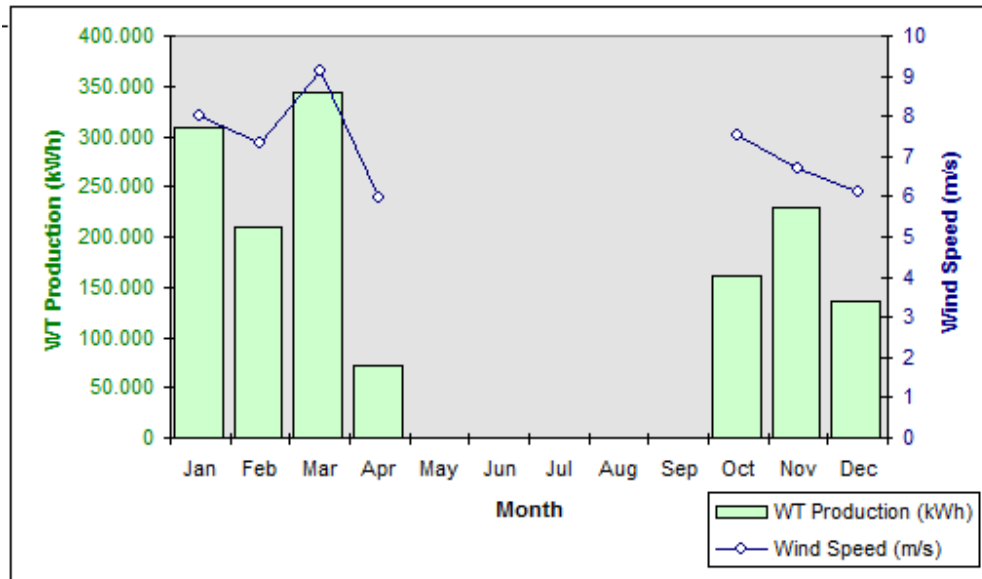


**Παραγόμενη ενέργεια (σε kWh) από την Α/Γ Gamesa G52 -850kW**





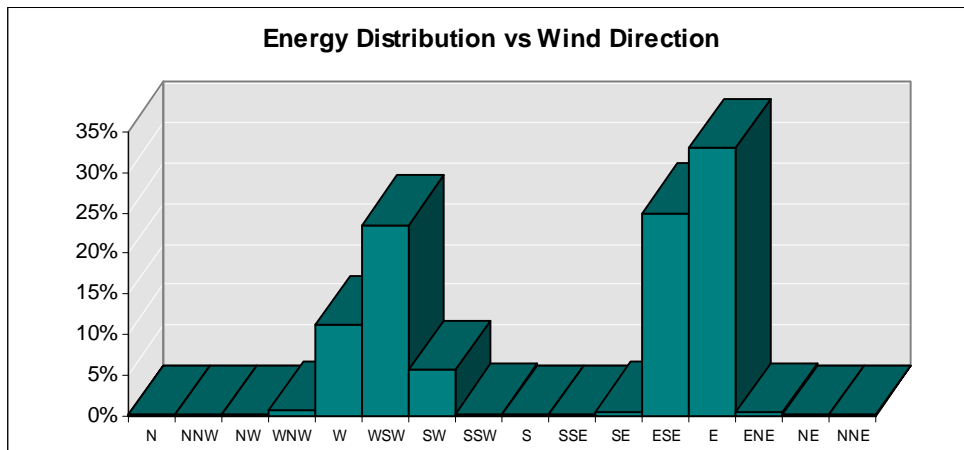
*Παραγόμενη ενέργεια (σε kWh) από την Α/Γ ΝΕΓ-Μίκον -900kW*



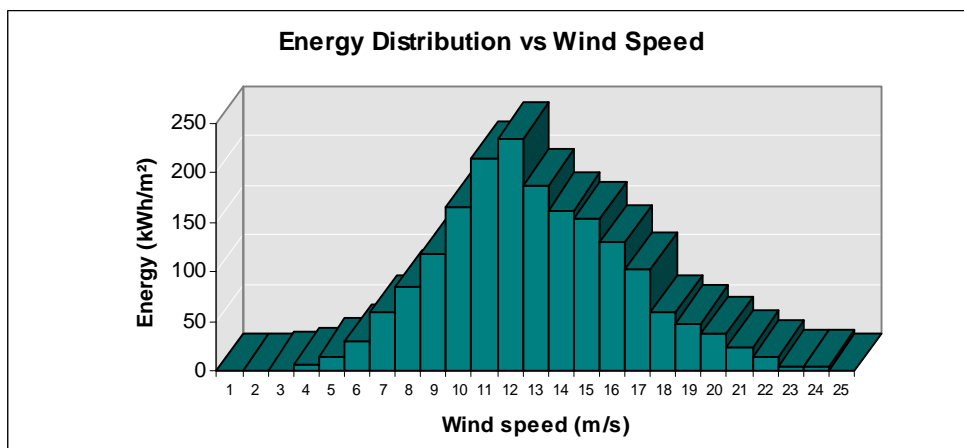
*Παραγόμενη ενέργεια (σε kWh) από την Α/Γ Επρον -750kW*

### 5.2.8 Φύλλο Bar Charts

Τέσσερα διαγράμματα συνθέτουν την σελίδα αυτή. Τα δύο πρώτα αφορούν την κατανομή της ενέργειας του ανέμου ανά διεύθυνση και ανά ταχύτητα ανέμου.

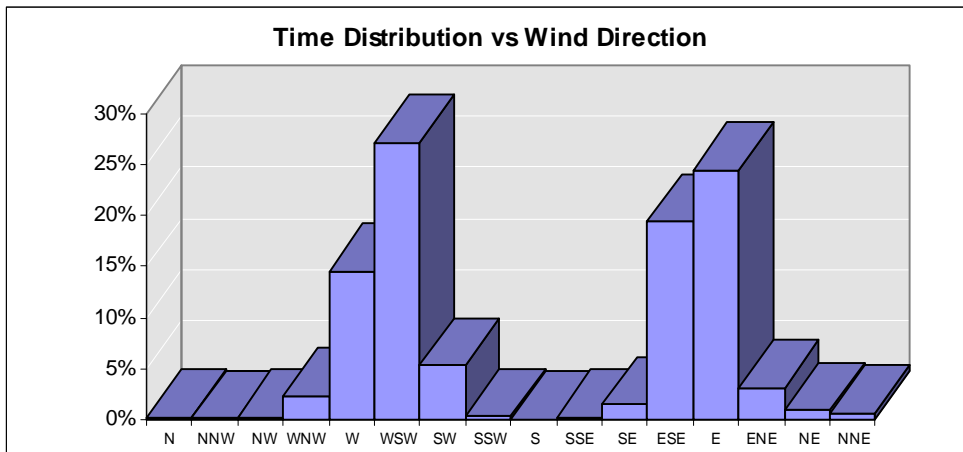


*Κατανομή της ενέργειας του ανέμου ανά διεύθυνση ανέμου*

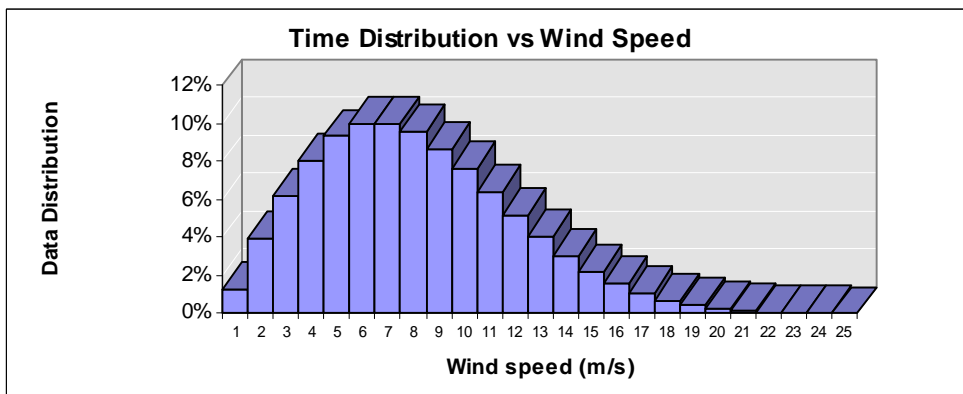


*Κατανομή της ενέργειας του ανέμου ανά ταχύτητα ανέμου*

Τα δύο τελευταία αφορούν την χρονική κατανομή του ανέμου πάλι ανά διεύθυνση και ταχύτητα.



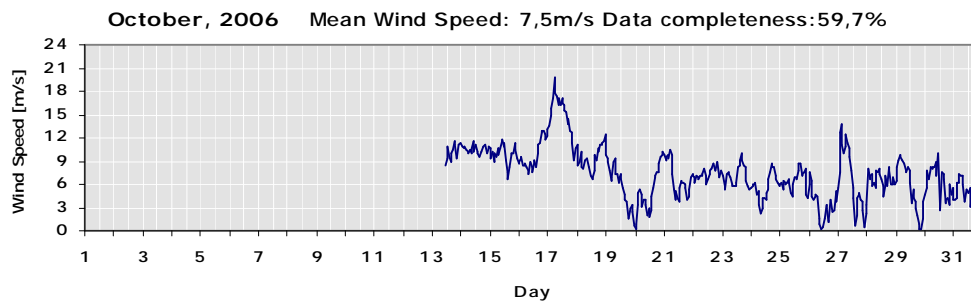
*Χρονική κατανομή του ανέμου ανά διεύθυνση ανέμου*



Χρονική κατανομή του ανέμου ανά ταχύτητα ανέμο

### 5.2.9 Φύλλα UhourT - UhourG

Στα 2 αυτά φύλλα εργασίας απεικονίζεται ανά μήνα η μέση τιμή της ταχύτητας ανά ώρα για όλες τις ημέρες του μήνα. Στο φύλλο *UhourT* υπάρχουν οι πίνακες με τις τιμές των (ωριαίων) ταχυτήτων και στο φύλλο *UhourG* τα γραφήματά τους ανά μήνα.



*Γράφημα με τις ωριαίες ταχύτητες του ανέμου*

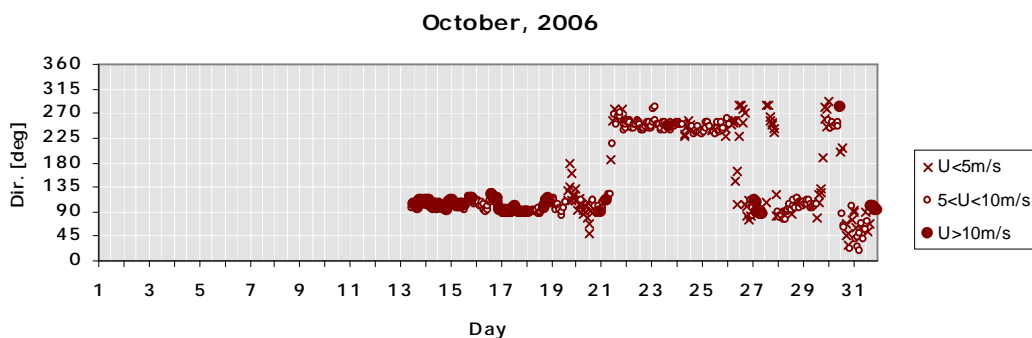
**Mean Wind Speed per day and hour**

##		Mean Wind Speed: 7,5m/s Data completeness: 59,7%																										
Hour	##	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mean		
1	1																											
2	2																											
3	3																											
4	4																											
5	5																											
6	6																											
7	7																											
8	8																											
9	9																											
10	10																											
11	11																											
12	12																											
13	13														8,5	9,3	10,9	9,6	8,8	10,1	10,4	11,6	11,1	9,3	11,2	11,2	11,3	10,3
14	14	11,4	10,9	10,6	11,0	10,4	10,2	9,9	10,5	10,1	10,7	11,6	10,3	11,2	10,2	10,0	9,6	10,3	10,2	10,9	11,0	11,2	10,0	10,8	10,9	10,6	10,6	
15	15	10,6	9,4	10,3	8,9	9,9	9,6	10,6	9,8	10,7	11,7	11,8	10,9	11,4	9,1	7,6	6,8	8,3	9,7	9,9	10,0	11,3	10,5	9,3	8,7	9,9	9,9	
16	16	8,9	9,3	9,6	8,5	8,5	8,7	8,3	7,8	7,4	8,9	8,2	7,6	8,6	9,1	8,3	10,1	11,1	11,3	12,6	12,9	12,9	12,3	11,8	12,2	9,8	9,8	
17	17	13,1	13,5	15,0	15,7	17,1	19,7	17,8	17,4	16,2	17,1	16,3	17,0	16,4	16,2	15,5	16,4	13,7	14,5	12,8	12,7	11,2	9,1	10,6	10,7	14,8	14,8	
18	18	11,1	8,6	8,9	10,3	8,2	8,0	9,1	9,2	9,3	8,2	8,3	7,2	6,7	6,8	7,9	9,8	9,2	10,7	10,2	11,0	11,2	11,3	11,5	12,4	9,4	9,4	
19	19	9,7	9,4	8,8	7,8	6,5	6,9	9,0	9,2	7,4	7,4	6,2	6,6	7,4	6,7	5,5	4,7	3,9	3,7	1,7	1,7	3,0	3,3	2,5	0,7	5,8	5,8	
20	20	0,3	0,8	3,4	4,8	5,3	4,7	3,2	4,0	4,0	3,2	2,1	3,0	1,9	2,6	4,5	5,6	6,8	7,1	7,6	7,5	8,8	9,6	9,8	10,1	5,0	5,0	
21	21	9,7	9,2	9,5	9,9	9,4	10,4	9,8	7,3	5,3	4,0	5,2	4,2	3,9	5,6	6,5	6,2	6,3	6,1	5,5	4,1	4,4	5,3	6,9	7,3	6,7	6,7	
22	22	7,1	6,9	6,3	7,1	6,8	6,7	7,0	7,2	7,3	8,1	7,1	6,1	6,6	7,2	7,7	7,9	8,0	8,8	7,9	7,9	8,8	7,1	6,9	7,8	7,3	7,3	
23	23	7,1	7,1	5,8	5,3	7,3	7,5	7,4	7,0	5,9	5,7	5,9	5,8	6,1	8,3	8,5	9,1	10,0	9,1	8,5	8,2	6,5	5,9	5,4	5,3	7,0	7,0	
24	24	5,5	5,8	6,0	5,9	6,2	4,8	5,0	3,4	2,2	2,8	4,3	4,3	4,1	4,9	5,4	6,8	7,5	8,6	8,3	8,3	7,0	6,6	6,1	5,7	5,7	5,7	
25	25	5,9	6,2	5,4	6,5	6,3	5,9	6,3	6,8	6,1	4,8	4,4	6,1	6,8	6,8	6,7	7,7	8,6	8,7	7,0	7,4	7,5	8,0	4,7	4,3	6,5	6,5	
26	26	6,0	7,5	6,5	4,5	4,1	4,4	4,6	4,5	1,6	1,0	0,3	0,5	0,4	1,6	3,3	2,9	1,1	1,3	4,0	2,5	2,5	2,7	5,1	3,8	3,2	3,2	
27	27	5,5	7,6	12,6	13,8	11,1	9,9	10,8	12,4	11,4	10,7	9,5	7,8	5,6	4,2	0,7	1,9	4,2	4,7	4,9	4,0	3,8	2,6	0,5	2,3	6,8	6,8	
28	28	3,4	8,1	6,7	7,2	7,3	5,7	6,3	5,6	7,9	7,5	8,0	7,4	6,6	5,9	4,5	5,9	7,2	5,7	8,2	7,8	6,1	5,9	7,0	5,9	6,6	6,6	
29	29	6,4	8,3	9,1	9,8	9,6	9,0	9,0	8,7	7,7	7,6	8,3	7,8	6,2	3,5	5,4	4,2	3,7	2,9	2,0	0,8	0,3	0,3	1,6	3,8	5,7	5,7	
30	30	4,6	5,6	7,7	6,7	7,9	8,3	8,0	8,1	8,2	8,8	7,1	10,0	3,4	2,8	7,5	7,3	6,7	3,6	4,1	4,3	3,4	6,0	4,6	5,6	6,3	6,3	
31	31	4,0	3,9	4,2	6,1	6,3	7,3	7,0	7,2	6,0	3,8	5,4	5,2	4,8	5,5	3,0	4,4	9,1	11,2	11,6	10,4	11,2	11,6	11,7	12,3	7,2	7,2	

*Πίνακας με τις ωριαίες ταχύτητες του ανέμου*

### 5.2.10 Φύλλα DIRhourT - DIRhourG

Τα φύλλα, *DIRhourT* και *DIRhourG*, δείχνουν τη διακύμανση της διεύθυνσης του ανέμου ανά ημέρα (μέση τιμή ανά ώρα), για κάθε μήνα.



**Γράφημα της διακύμανσης της διεύθυνσης του ανέμου ανά ημέρα**

**Mean Wind Direction per hour and per day**

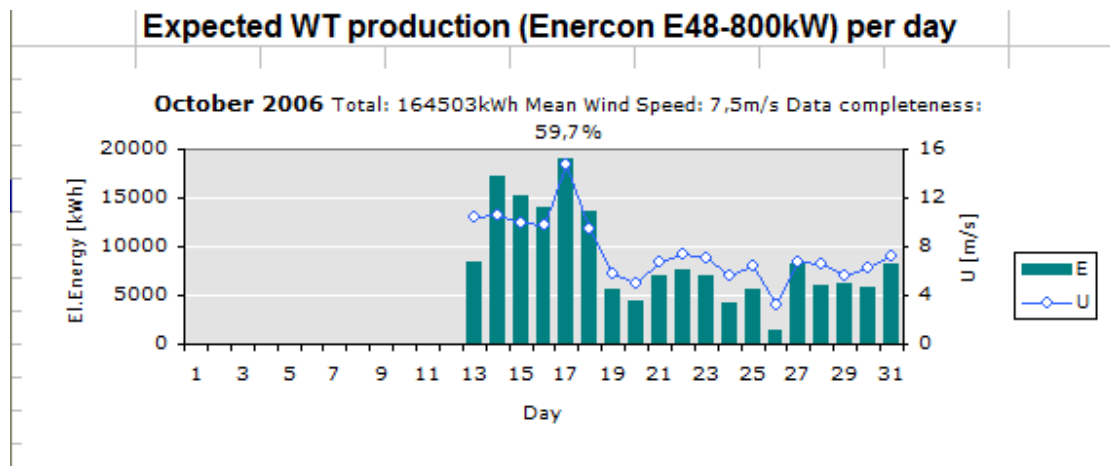
## Mean Wind Speed: 7,5m/s Data completeness: 59,7%

Hour	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
1																										
2																										
3																										
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14	112	109	102	110	108	101	97	97	98	103	103	96	100	104	101	97	95	98	99	97	94	94	108	107		
15	109	107	109	100	109	107	100	97	99	102	98	105	99	105	93	100	107	117	116	115	115	114	103	106		
16	106	110	112	105	99	107	98	102	91	93	90	94	99	108	111	121	121	117	115	113	113	106	95	93		
17	91	91	89	90	91	89	90	89	91	89	91	93	98	99	96	92	93	90	88	88	88	88	90	89		
18	88	94	91	90	88	89	93	89	89	93	94	95	87	86	88	93	97	100	96	107	111	113	109	105		
19	110	109	113	111	96	94	101	103	97	91	84	88	98	108	105	111	130	135	178	159	110	118	120	112		
20	132	92	104	115	110	104	85	94	87	99	77	105	66	50	93	109	111	101	90	85	87	98	94	90		
21	90	98	107	111	109	110	114	120	122	186	214	257	278	269	254	251	263	262	269	261	279	249	240	243		
22	251	253	255	258	252	241	241	250	249	251	256	252	252	250	242	240	240	241	247	250	253	242	252	242		
23	248	253	278	282	256	250	248	249	240	242	248	252	254	238	249	251	245	250	240	253	248	249	245	253		
24	248	254	251	249	249	255	249	227	233	247	258	241	242	249	247	245	236	233	237	238	245	237	235	232		
25	240	238	236	243	254	254	252	246	246	244	238	235	233	243	252	241	236	240	254	241	238	241	229	244		
26	259	249	250	257	248	251	255	255	145	102	164	229	286	285	253	279	270	103	99	83	76	110	109	82		
27	80	97	111	108	88	89	94	87	85	86	91	86	85	108	287	283	265	255	251	249	241	236	122	83		
28	83	89	81	79	81	75	88	75	89	91	94	97	105	93	87	101	109	97	114	116	106	97	109	104		
29	98	107	103	105	105	109	109	104	96	97	99	99	104	79	104	108	123	125	133	187	259	282	247	279		
30	291	257	241	241	249	254	247	247	248	253	246	282	201	208	85	63	61	67	45	30	52	22	75	98		
31	94	90	62	38	43	25	19	51	68	58	38	59	88	73	53	69	89	99	99	99	97	92	95	94		

**Πίνακας της διακύμανσης της διεύθυνσης του ανέμου ανά ημέρα**

### 5.2.11 Φύλλα WTprodT - WTprodG

Στο φύλλο *WTprodT* υπάρχουν οι 7 πίνακες με τις τιμές της ωριαίας παραγόμενης ενέργειας ανά ημέρα για κάθε μήνα των μετρήσεων και στο φύλλο *WTprodG* τα αντίστοιχα 7 γραφήματά τους. Παρατίθενται το γράφημα και ο αντίστοιχος πίνακας για τον μήνα Οκτώβριο



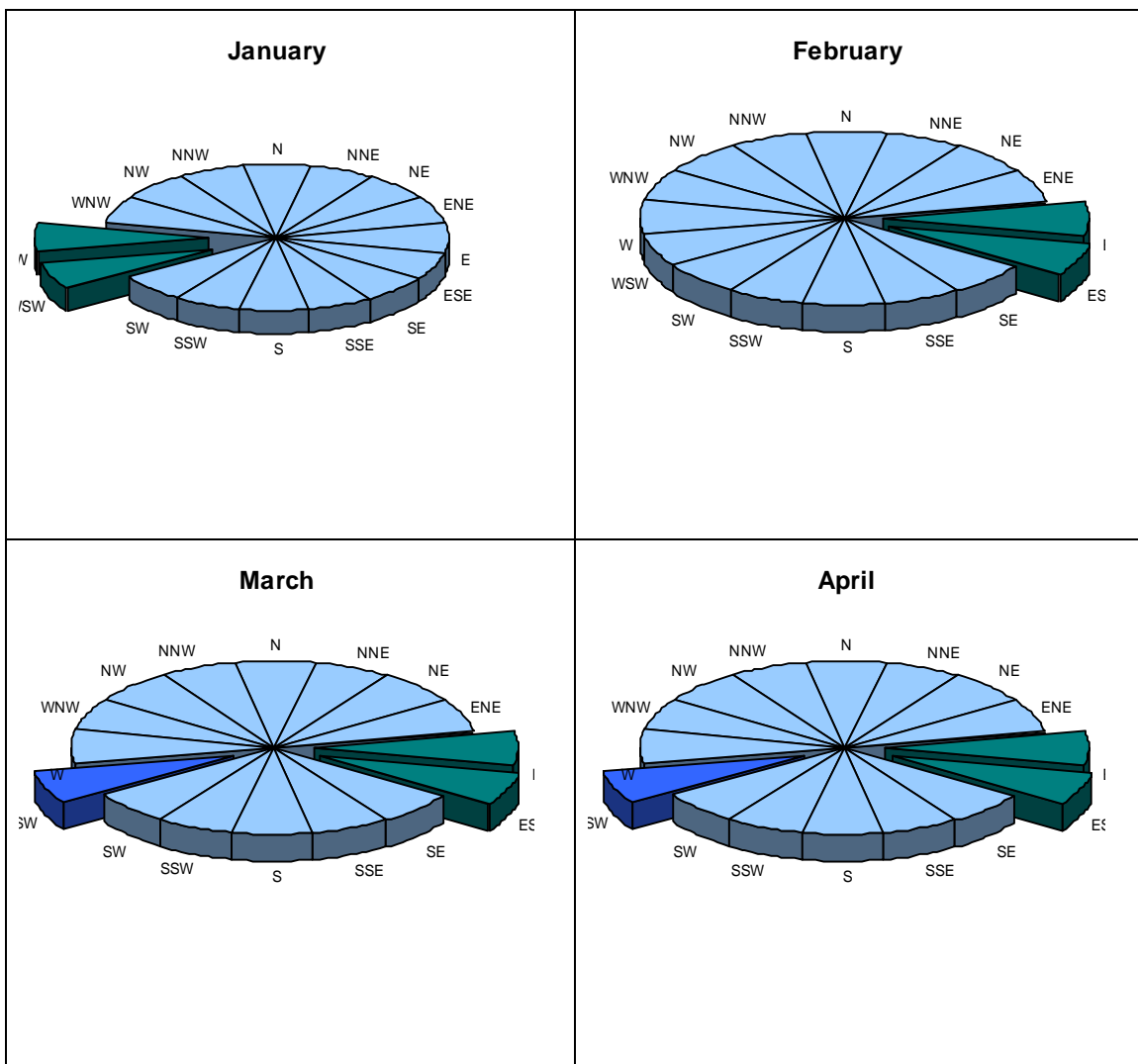
**Γράφημα τιμών της ωριαίας παραγόμενης ενέργειας ανά ημέρα κάθε μήνα**  
**Expected WT production (Enercon E48-800kW) per day and hour**

##		Total: 164503kWh Mean Wind Speed: 7,5m/s Data completeness: 59,7%																									
Hour	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	sum		
1																											
2																											
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
11																											
12																											
13														159	570	750	623	522	678	711	784	756	593	762	766	771	8444
14	774	748	729	754	717	698	662	722	685	734	777	701	765	691	668	620	698	693	752	757	767	674	724	742	17253		
15	723	602	701	530	655	635	726	653	732	783	785	747	766	556	335	238	436	638	668	674	771	715	587	498	15154		
16	533	585	628	468	465	499	436	364	310	528	422	341	477	552	435	675	750	766	796	808	809	804	787	795	14033		
17	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	18939	
18	754	480	541	699	432	399	569	575	588	430	435	289	260	267	378	651	575	731	691	754	763	771	761	799	13592		
19	643	594	521	365	217	258	533	573	312	308	184	220	329	235	129	85	57	45	7	8	26	25	12	0	5698		
20	0	2	29	87	117	82	24	53	48	26	6	21	7	12	78	133	246	261	335	322	509	629	649	686	4379		
21	634	562	612	659	607	702	650	351	130	56	120	61	45	136	215	184	190	175	131	53	67	118	257	301	7015		
22	280	255	193	277	250	233	271	283	304	404	274	174	223	291	348	379	390	511	383	382	517	283	252	366	7526		
23	274	278	152	119	308	321	309	266	167	145	157	152	180	436	470	547	681	562	473	419	217	158	121	118	7032		
24	132	153	170	163	183	83	99	27	7	17	58	60	51	94	126	240	328	481	446	438	269	226	181	148	4180		
25	162	190	127	211	192	162	192	239	179	88	71	181	244	248	237	364	494	499	273	310	344	408	84	60	5557		
26	168	322	215	69	53	79	74	77	5	2	0	0	0	2	29	21	3	4	57	29	10	15	150	70	1455		
27	150	351	801	809	765	651	740	804	773	736	612	374	136	61	0	8	56	78	92	49	43	12	0	16	8115		
28	34	409	239	301	313	144	203	139	380	327	398	320	225	161	79	158	287	179	431	365	195	208	274	176	5944		
29	243	435	556	653	624	551	553	501	353	336	438	368	186	31	125	64	43	18	9	2	0	0	3	44	6136		
30	77	136	360	238	393	441	399	415	425	516	296	500	34	49	374	305	244	34	51	67	43	181	99	140	5819		
31	65	58	65	187	195	305	282	297	176	45	124	129	130	170	20	76	550	756	783	708	763	781	781	797	8244		

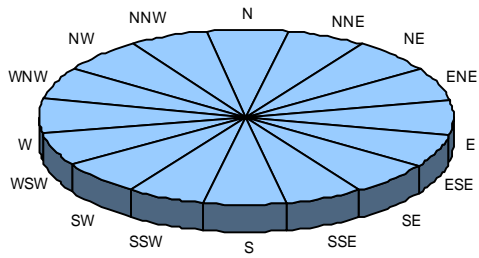
**Πίνακας τιμών της ωριαίας παραγόμενης ενέργειας ανά ημέρα κάθε μήνα**

### 5.2.12 Φύλλο 12ριε

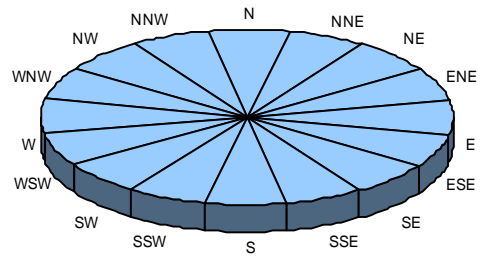
Σε αυτό το φύλλο παρουσιάζονται 12 γραφήματα πίτας, ένα για κάθε μήνα, όπου απεικονίζονται οι δύο κύριες διευθύνσεις του ανέμου χρονικά και ενεργειακά. Όπως και στο φύλλο *WindRose* έτσι και εδώ δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό ως προς τον χρόνο οι άπνοιες. Αν υπάρχουν δεδομένα από τον ίδιο μήνα αλλά άλλου έτους, τότε αυτά συνυπολογίζονται. Οι τομείς των γραφημάτων με μπλε χρώμα συμβολίζουν τις επικρατούσες διευθύνσεις του ανέμου σε σχέση με το χρόνο, οι οποίες δεν βρίσκονται μέσα στις επικρατούσες διευθύνσεις σε σχέση με την παρεχόμενη ενέργεια (πράσινοι τομείς)



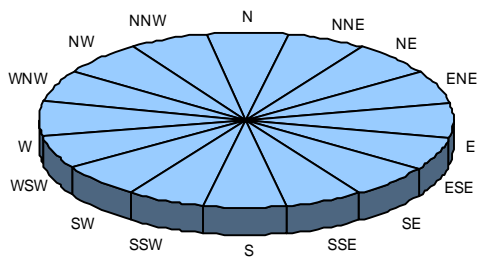
**May**



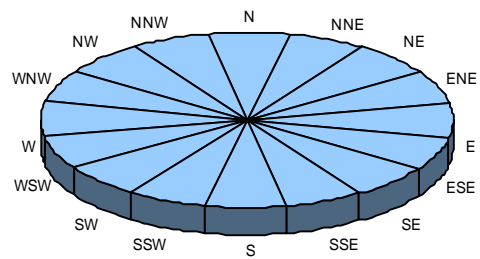
**June**



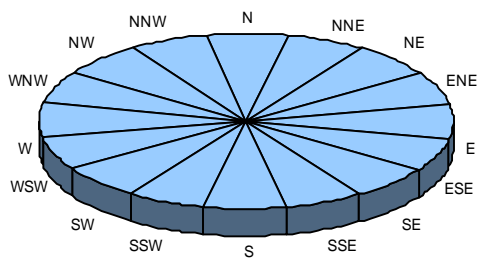
**July**



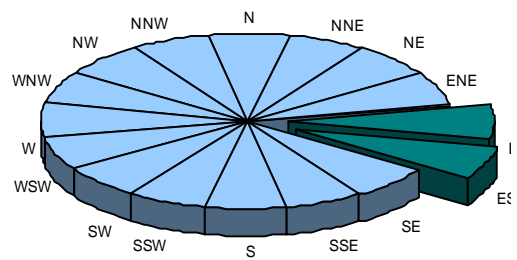
**August**



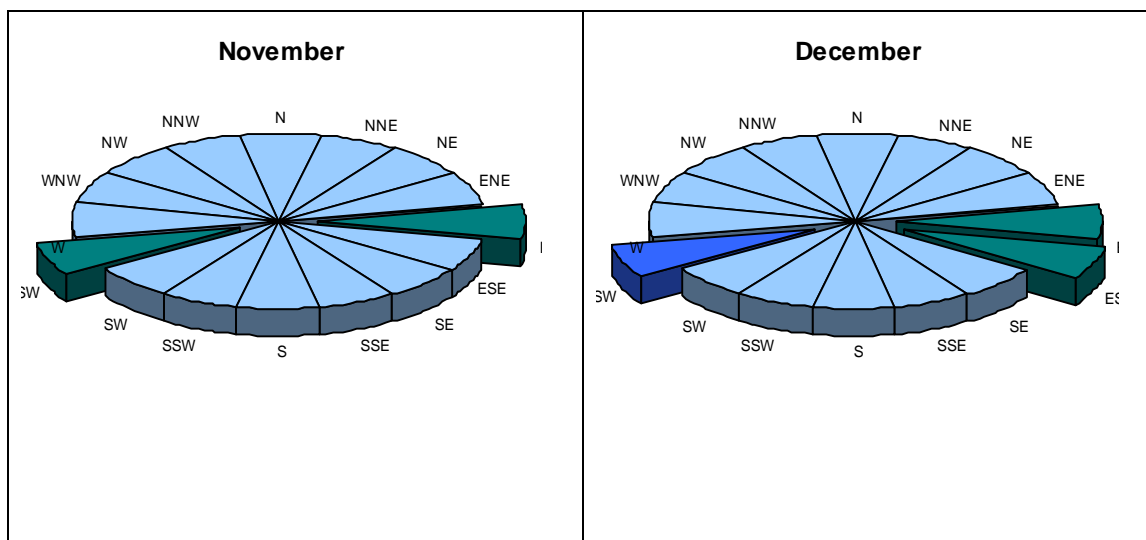
**September**



**October**







**Διαγράμματα πίτας με τις κύριες διευθύνσεις του ανέμου χρονικά και ενεργειακά**

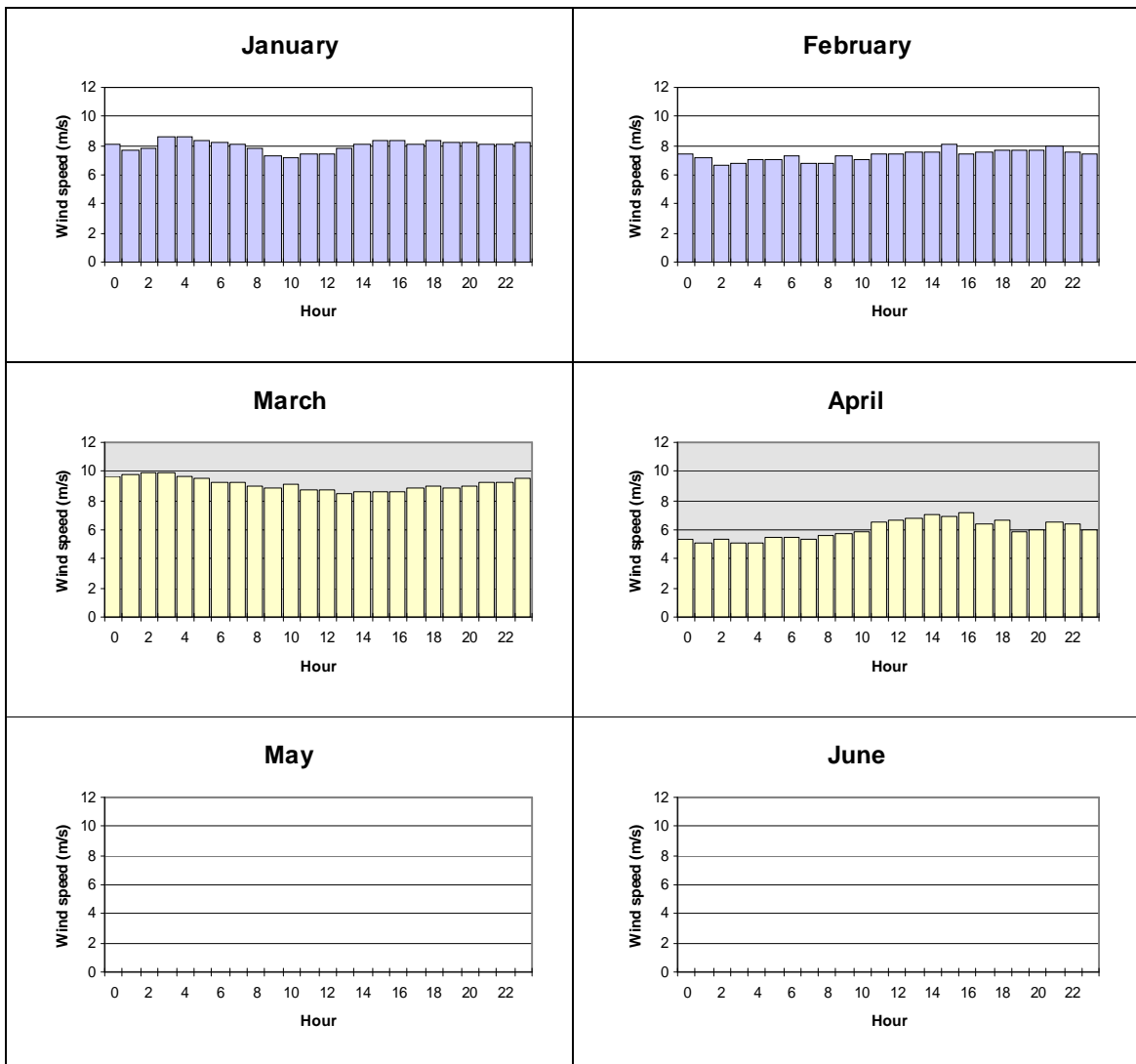
Στο τέλος της σελίδας υπάρχει αναλυτικός πίνακας όπου παρουσιάζονται και αριθμητικά τα αποτελέσματα.

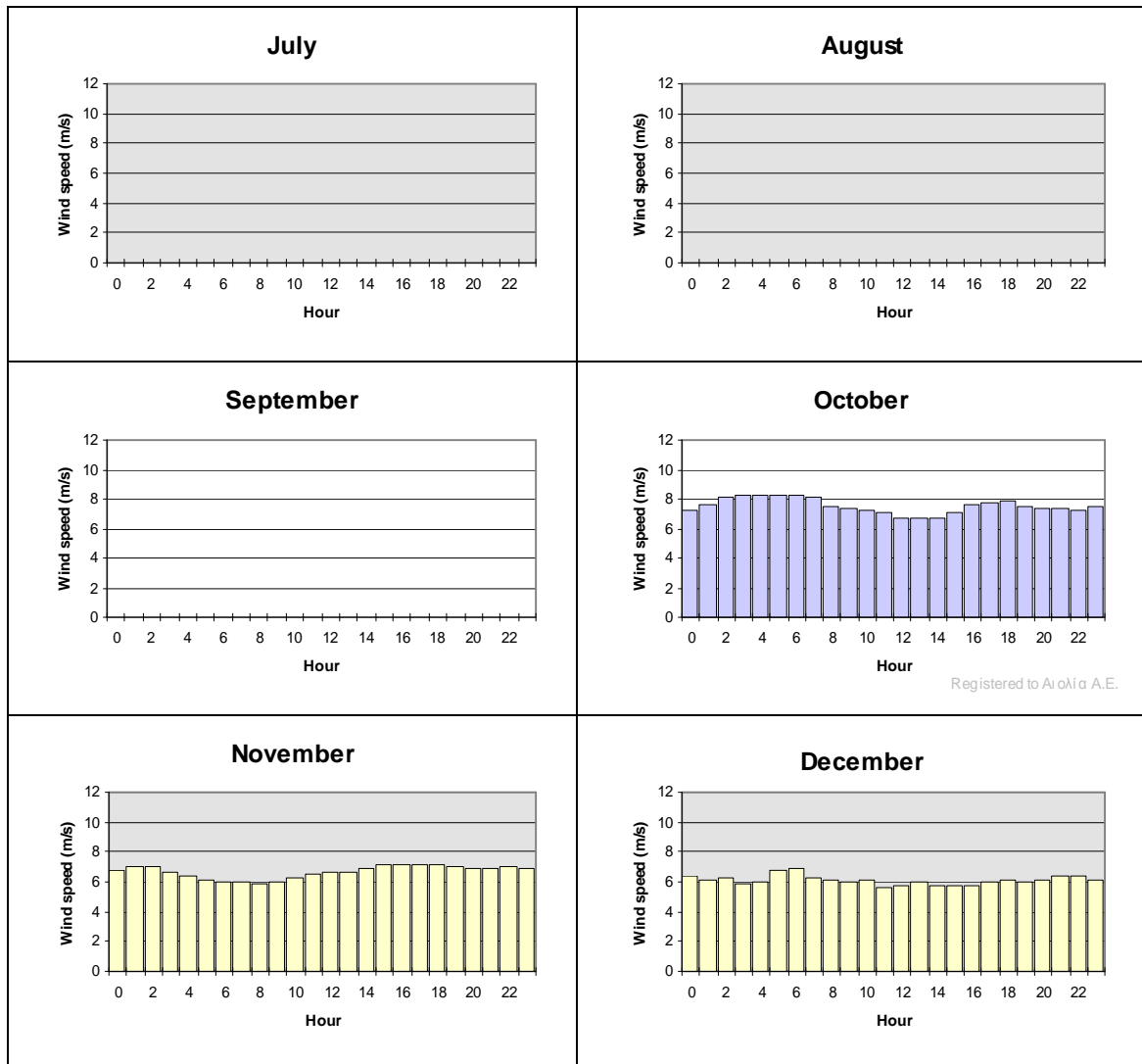
Month	Energy				Time			
	Best direction		2nd best direction		Best direction		2nd best direction	
January	WSW	44,2%	W	31,5%	WSW	35,3%	W	32,1%
February	E	32,7%	ESE	28,2%	E	26,5%	ESE	25,7%
March	E	42,9%	ESE	30,5%	E	31,0%	WSW	25,2%
April	E	57,3%	ESE	22,6%	E	31,3%	WSW	27,6%
May		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%
June		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%
July		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%
August		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%
September		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%
October	E	53,6%	ESE	30,8%	E	32,3%	ESE	26,1%
November	E	28,7%	WSW	27,1%	WSW	31,6%	E	22,0%
December	E	37,1%	ESE	31,2%	E	29,0%	WSW	22,9%

**Αποτελέσματα των παραπάνω διαγραμμάτων**

### 5.2.13 Φύλλο 12diurnal

Στην σελίδα αυτή υπάρχουν 12 γραφήματα, ένα ανά μήνα, στα οποία εικονίζεται η ωριαία μεταβολή της ταχύτητας κατά την διάρκεια της ημέρας. Όλα τα δεδομένα λαμβάνονται υπόψη ανεξαρτήτως διεύθυνσεως ανέμου. Επίσης, αν υπάρχουν δεδομένα από τον ίδιο μήνα αλλά άλλου έτους, τότε αυτά συνυπολογίζονται.





**Ωριαία μεταβολή της ταχύτητας κατά την διάρκεια της ημέρας**

#### 5.2.14 Φύλλο Power Curve

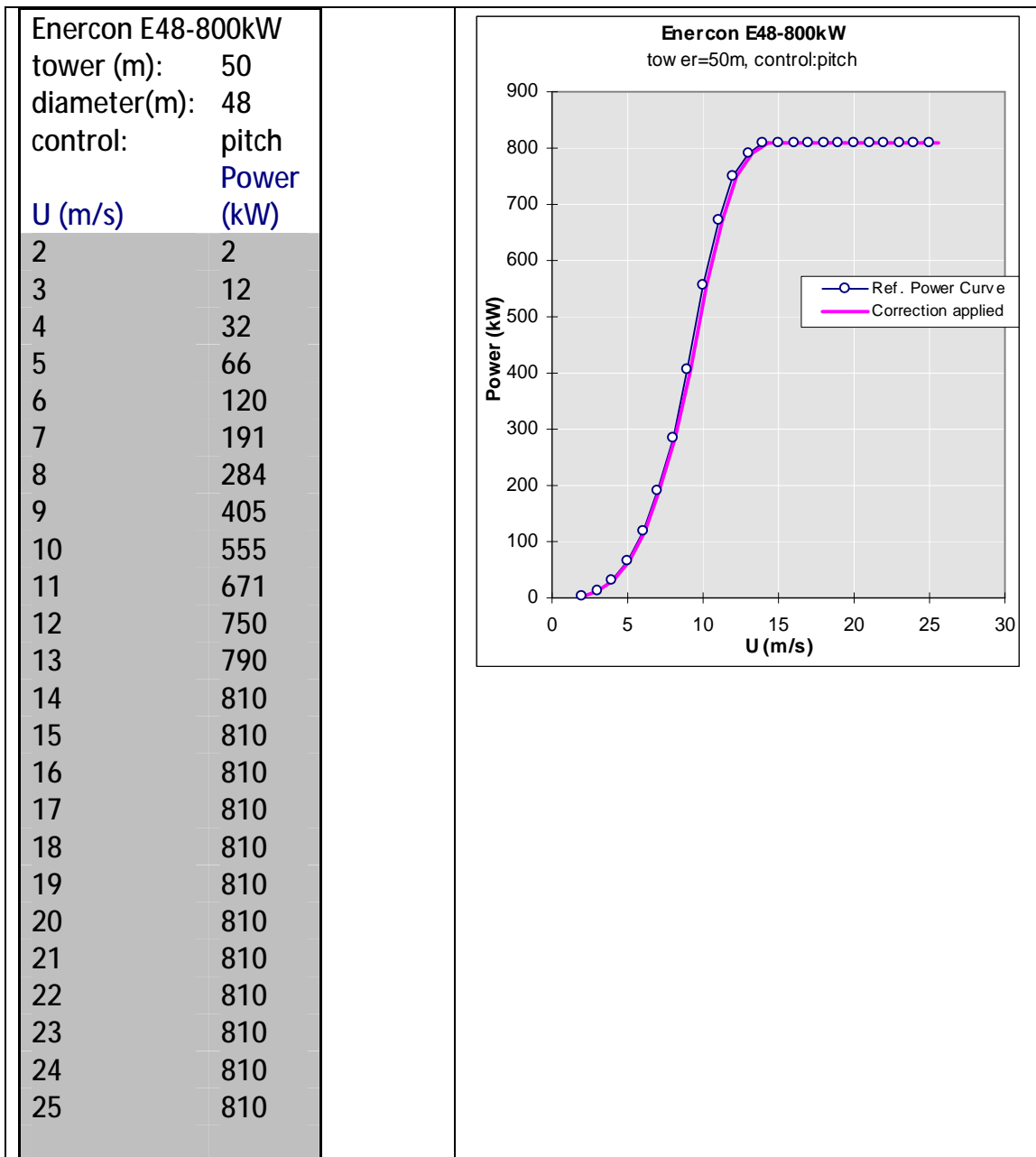
Το φύλλο εργασίας αυτό αποτελείται από ζεύγη στηλών που εμπεριέχουν στοιχεία ταχύτητας και παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος από τα οποία προκύπτουν οι καμπύλες ισχύος διαφόρων Α/Γ. Συγκεκριμένα υπάρχουν για κάθε Α/Γ δύο στήλες, στην πρώτη αναφέρεται η ταχύτητα του ανέμου και στη δεύτερη η παραγόμενη ισχύς στη συγκεκριμένη ταχύτητα. Ο μέγιστος αριθμός των δεδομένων της καμπύλης ισχύος είναι 100.

Ο ακριβής υπολογισμός της ηλεκτρικής ισχύος για μία συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου γίνεται με τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής στην καμπύλη ισχύος. Αν όμως η ταχύτητα ανέμου είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη ταχύτητα της

καμπύλης ισχύος ή μικρότερη από την ελάχιστη τότε η Α/Γ θεωρείται εκτός λειτουργίας και παραγόμενη ισχύς τίθεται μηδέν.

Ο υπολογισμός της ισχύος που θα παράγαγε η Α/Γ στο δεδομένο χρονικό διάστημα γίνεται χρησιμοποιώντας την πραγματική κατανομή ταχυτήτων και όχι την κατανομή Weibull.

Η Α/Γ που χρησιμοποιήθηκε είναι η Enercon E48-800kW για την οποία στη συνέχεια φαίνονται τα στοιχεία της εκ των οποίων προέκυψε η καμπύλη ισχύος



**Καμπύλη Ισχύος της ανεμογεννήτριας Enercon E48-800kW**

### 5.2.15 Φύλλο TempData

Στο φύλλο αυτό αναγράφονται όλες οι πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για όλα τα διαγράμματα που εμφανίζονται στα παραπάνω φύλλα. Για την διευκόλυνση του χρήστη, κάθε στήλη έχει τον τίτλο της και επιπλέον τα διαγράμματα έχουν ομαδοποιηθεί χρωματικά. Πάντως, σε κάθε διάγραμμα ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δει ποια είναι η στήλη των δεδομένων που χρησιμοποιούνται, κάνοντας ένα διπλό κλικ με το ποντίκι πάνω στην αντίστοιχη καμπύλη και επιλέγοντας *X Values* και *Names and Values*.

Ενδεικτικά παρατίθενται δύο όψεις αυτού του φύλλου

Direction	% time	% energy	Wind Dir.	width	Date	Daily Mean	Min	Daily Max	Hour	Wind speed (m/s)	WT Production (kWh)	Month	Wind Speed (m/s)	WT Production (kWh)	Wind direction	Time distribution	Energy Distribution	Wind speed (m/s)	Data Distribution	Wind speed Distribution (2.01, 8.5)	Energy (kWh/yr)	
N	0.00%	0.01%	N	22.5	1/8/1006	10.345	7.89	12.89	8	8	83413.51	Average			N	0.17%	0.03%	1	7.31%	1.33%	0.02424	
	0.00%	0.01%	NNE	22.5	1/8/1006	10.521	8.50	12.17	1	7	81205.45		Jan	0.81	315.609	NNW	0.11%	0.01%	2	3.29%	3.82%	0.285190012
	0.00%	0.03%	NE	22.5	1/8/1006	9.8625	6.30	12.50	2	8	64124.83		Feb	7.35	216.188	NW	0.15%	0.01%	3	4.86%	6.23%	1.918099958
	0.00%	0.08%	ENE	22.5	1/8/1006	9.7807	6.90	14.84	3	8	64195.2		Mar	9.15	356.580	WNW	2.38%	0.50%	4	6.93%	8.07%	6.911850181
NNE	0.20%	0.04%	E	22.5	1/7/1006	14.777	8.16	20.57	4	8	64614.3	Apr	5.99	75.476	W	14.59%	11.15%	5	7.25%	8.34%	15.48103048	
	0.16%	0.03%	ESE	22.5	1/8/1006	9.2763	4.55	14.81	5	8	64484.97	May	8	105.503	WSW	15.5%	21.40%	6	7.05%	9.07%	30.32030247	
	0.14%	0.01%	SE	22.5	1/8/1006	8.8072	0.3	18.48	6	8	64110.15	Jun	8	105.503	S	5.26%	8.84%	7	8.24%	10.05%	56.7705051	
	0.14%	0.02%	SSE	22.5	2/8/1006	5.6253	0.3	18.59	7	7	61205.61	Jul	8	105.503	SSW	0.31%	0.22%	8	6.79%	9.96%	85.2688034	
NE	0.10%	0.02%	S	22.5	2/8/1006	5.7454	2.5	11.12	8	7	58126.91	Aug	7	58126.91	S	0.09%	0.01%	9	8.37%	8.70%	188.520221	
	0.30%	0.03%	SSW	22.5	2/8/1006	7.336	-0.49	9.4899999	9	7	57077.79	Sep	7	57077.79	SSE	0.15%	0.01%	10	8.39%	7.60%	105.6002330	
	0.43%	0.05%	SW	22.5	2/8/1006	7.8296	4.88	10.4	10	7	65021.24	Oct	7.53	164.503	SE	1.44%	0.41%	11	8.07%	6.38%	214.8613483	
	0.58%	0.05%	WSW	22.5	2/8/1006	5.6547	1.79	9.5200005	11	7	65035.39	Nov	6.68	235.895	ESE	19.30%	24.98%	12	6.69%	5.16%	232.8621112	
ENE	7.25%	0.97%	W	22.5	25/8/1006	6.4576	-2.85	9.9799995	12	7	58349.64	Dec	6.11	140.850	E	24.37%	35.04%	13	4.21%	4.03%	107.3859088	
	0.84%	0.09%	WNW	22.5	26/8/1006	3.1872	0.3	8	13	7	58468.02	SDV of Monthly Values			ENE	3.03%	0.34%	14	2.89%	3.04%	162.4821887	
	1.43%	0.24%	NW	22.5	27/8/1006	6.7797	0.3	15.11	14	7	60024.27		Jan	0.80	0	NE	0.89%	0.16%	15	2.20%	2.21%	153.2244588
	2.36%	1.34%	WNW	22.5	28/8/1006	6.571	-2.54	9.1859997	15	8	65846.56		Feb	0.80	0	NNE	0.54%	0.12%	16	1.55%	1.56%	156.8154755
7.56%	11.39%		22.5	29/8/1006	5.9813	0.3	15.55	16	8	65523.68	Mar		0.80	0	January			17	1.01%	1.07%	102.913734	
E	10.07%	15.94%		30/8/1006	6.2630	0.47	16.450001	17	6	60483.39	Apr	0.80	0	NNE	0.60%	0.17%	18	0.40%	0.71%	59.11629182		
	7.22%	10.11%		31/8/1006	7.2230	1.71	13.63	18	6	60017.44	May	0.80	0	NE	0.54%	0.06%	19	0.37%	0.40%	40.4707058		
	6.34%	8.73%		1/9/1006	7.59	0.96	12.48	19	8	64489.74	Jun	0.80	0	ENE	1.56%	0.18%	20	0.22%	0.28%	38.16866931		
	5.49%	7.41%		2/9/1006	6.6256	6.44	14.5	20	8	64505.27	Jul	0.80	0	E	7.94%	4.08%	21	0.12%	0.17%	23.79707999		
ESE	3.12%	3.15%		3/9/1006	9.1525	1.34	12.9	21	8	65664.04	Aug	0.80	0	ESE	13.20%	11.23%	22	0.07%	0.10%	14.7720247		
	1.52%	0.87%		4/9/1006	3.4430	0.3	7.48	22	8	65684.17	Sep	0.80	0	SE	1.12%	0.35%	23	0.02%	0.06%	4.296830135		
	0.55%	0.16%		5/9/1006	4.6502	0.3	8.1800003	23	8	63712.04	Oct	0.80	0	SSE	0.10%	0.06%	24	0.02%	0.03%	4.8283304		
	0.21%	0.03%		6/9/1006	9.3814	6.18	12.48	24	8	64489.74	Nov	0.80	0	S	0.05%	0.06%	25	0.00%	0.02%			
SE	5.11%	0.81%		7/9/1006	3.6481	0.3	6.9400001	25	8	13028.09	Dec	0.80	0	SSE	0.24%	0.01%	26					
	0.07%	0.01%		8/9/1006	5.3294	0.3	9.8000009	1	8	12471.52	Minimum of the Monthly values			SW	3.60%	7.24%						
	0.54%	0.00%		9/9/1006	10.102	7.82	12.27	2	6	12395.79		Jan	0.81	315.609	WSW	36.32%	44.24%					
	0.83%	0.00%		10/9/1006	7.8787	0.3	11.41	3	9	14943.79		Feb	7.35	216.188	W	32.08%	31.98%					
0.83%	0.00%		11/9/1006	13.274	8.84	17.309999	4	9	15136.28	Mar		9.15	356.580	WNW	3.00%	0.74%						
S	0.82%	0.00%		12/9/1006	7.72	0.3	11.79	5	8	14597.37	Apr	6.80	75.476	NW	0.15%	0.01%						
	0.01%	0.00%		13/9/1006	10.146	-7.78	15.81	6	8	14089.99	May	8	105.503	NNW	0.12%	0.01%						
	0.04%	0.00%		14/9/1006	6.9313	0.3	13.18	7	8	13119.67	Jun	8	105.503	N	0.22%	0.05%						
	0.82%	0.00%		15/9/1006	3.175	0.3	8.8500002	8	8	12404.27	Jul			February								
SSW	0.05%	0.00%		16/9/1006	2.8747	0.3	5.3359999	9	7	11447.18	Aug			NNE	0.54%	0.08%						
	0.05%	0.01%		17/9/1006	5.2352	-6.54	11	10	7	11186.3	Sep			NE	0.59%	0.06%						
	0.04%	0.00%		18/9/1006	6.8115	0.3	18.21	11	7	11436.17	Oct			ENE	1.72%	0.15%						
	0.12%	0.03%		19/9/1006	5.8934	0.3	8.6999998	12	7	11594.02	Nov	0.50	225.895	E	26.45%	32.12%						
SW	0.11%	0.21%		20/9/1006	3.1173	0.3	7.7800002	13	8	12136.42	Dec	6.11	140.850	ESE	25.70%	26.18%						
	0.31%	0.08%		21/9/1006	4.1157	0.3	6.6900002	14	8	12526.16	Maximum of the Monthly values			SE	2.66%	0.83%						
	0.73%	0.09%		22/9/1006	3.6916	0.3	7.76	15	8	13082.24		Jan	8.81	315.609	SSE	0.19%	0.02%					
	2.16%	2.32%		23/9/1006	4.969	0.3	15.44	16	8	13095.07		Feb	7.35	216.188	S	0.19%	0.01%					
-6.84%	9.87%		24/9/1006	1.9362	0.3	6.8600001	17	8	13547.76	Mar		9.15	356.580	SSW	0.34%	0.04%						
WSW	8.87%	9.87%		25/9/1006	2.5641	0.3	8.8300005	18	8	13732.89	Apr	8.80	75.476	SW	2.00%	5.81%						
	-6.16%	-4.55%		26/9/1006	10.302	-6.18	12.23	19	8	13702.83	May			WSW	20.27%	20.58%						
	7.70%	5.10%		27/9/1006	9.2909	-3.83	12.64	20	6	12986.79	Jun			W	16.47%	13.12%						
	0.07%	0.01%		28/9/1006	6.1703	-2.31	9.6099999	21	0	13759.55	Jul			WNW	2.07%	0.20%						
W	6.89%	3.69%		29/9/1006	8.5376	3.44	14.42	22	8	13659.98	Aug			NW	0.09%	0.06%						
	3.00%	1.94%		30/9/1006	12.358	9.49	14.49	23	8	13138.03	Sep			NNW	0.03%	0.06%						
	1.59%	0.79%		1/10/1006	12.118	10.3	14.17	February						W	7.53	164.503	N	0.12%	0.02%			
	1.19%	0.34%		2/10/1006	9.851	6.27	12.1	8	7	8602.58	Nov	6.88	235.895	March								
1.88%	0.24%		3/10/1006	4.3383	0.3	8.7700005	1	7	8145.18	Dec	6.11	140.850	NNE	0.10%	0.06%							

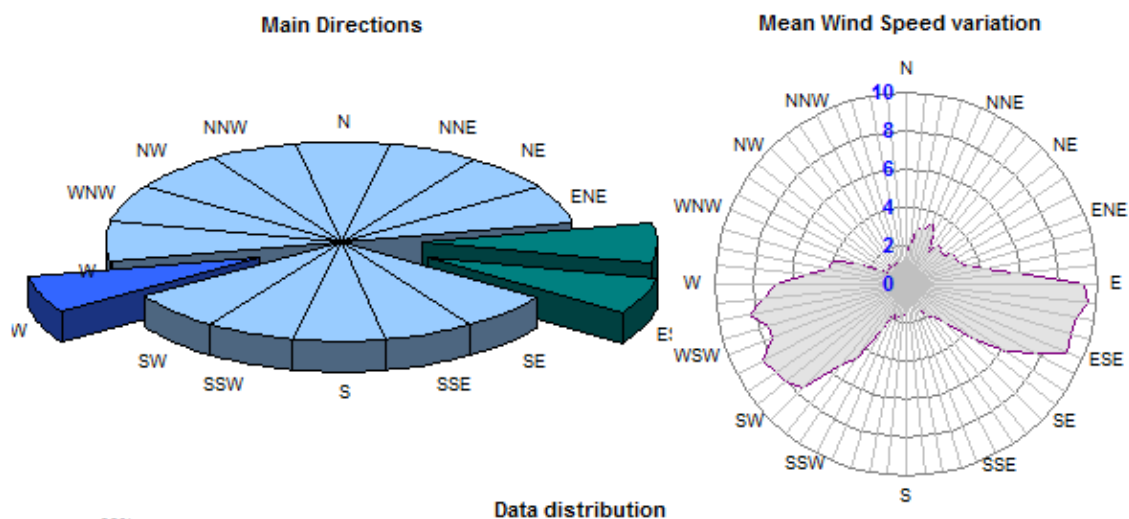
Wind Direction	Turbulence Intensity at 10.8m/s	Conversion	day of month	mean wind speed	Dens. Corr. (U/m/s)	Dens. Corr. (PWV)	Max Gust of day	Direction	Mean Wind Speed	Max Wind Speed	Wind Direction	Data distribution	Probabilist y in line	day of month	mean wind Dir./hour (s/m/s)	mean wind Dir./hour (5-16m/s)	mean wind Dir./hour (>16m/s)	Gust	Date	Monthly Mean	% full	Max 10min value	
NNE	0.00%	January	October, 2006	2.0423687		2	17 N	1.5884695	7.1199999			2-5m/s	5-15m/s	15-15m/s	+15m/s	October, 2006			17.8	1802905	7.5318391	58.72%	20.67
NE	0.00%	February	1	3.0615529		12	17.7	2.0339632	8.3999999	N		0.07%	0.10%	0.00%	0.04%	1			12.5	1102905	6.6777315	108.88%	17.3099999
ENE	13.21%	March		4.0847373		32	18.5	3.0523255	8.71	NNW		0.09%	0.02%	0.00%	0.00E+00				29.5	1202905	6.1053967	67.28%	14.9
E	13.89%	April		5.1859213		66	20.8	2.923636	8.8199997	NW		0.15%	0.00%	0.00%	0.00E+00				14.1	101897	8.0142899	108.88%	24.289801
ESE	15.03%	May		6.1271057		120	27.8	2.4567127	8.1800003	NNW		1.61%	0.86%	0.12%	0.00%				13.5	202107	7.3551105	88.95%	23.789801
SE	13.88%	June		7.1482963		181	17.7	2.9884824	12.18	W		3.37%	7.29%	3.79%	1.63E-03				31.798998	321027	9.1458302	88.85%	28.289801
SSE	0.00%	July		8.9884748		294	14.7	2.1440747	7.48	WSW		3.68%	16.70%	6.11%	6.80E-03				12.5	402187	5.8953427	41.23%	18.1
S	0.00%	August		9.8986588		485	15.5	2.7881037	7.52	SW		1.67%	2.87%	1.21%	0.31%				11.7				
SSW	17.12%	September		15.211843		895	16.2	2.5111949	8.2299999	SSW		3.21%	0.86%	0.01%	2.70E-04				28.1				
SW	18.11%	October		11.233027		871	15.2	2.4449698	7.8299999	S		0.88%	0.81%	0.00%	0.00%				11.8				
WSW	18.55%	November		12.254211		730	14.7	2.9291229	8.8188888	SSE		16.13%	0.82%	0.00%	0.00%				14.7				
W	15.88%	December		13.275295		790	13.2	2.9382895	7.28	SE		0.78%	0.64%	0.09%	0.00E+00				10.8				
NNW	16.81%	Jan		14.29858		810	14.7	2.9178834	8.2299999	ESE		3.15%	0.84%	0.07%	1.22%				12.5				
NY	0.00%	Feb		15.217764		810	10.1	2.2891595	8.2199997	E		2.81%	1.01E-01	0.59%	1.84%				12.0				
NNW	0.00%	Mar		16.238949		810	20	4.0982695	11.52	ENE		2.29%	0.28E-02	0.19E+00	0.00%				14.7				
N	0.00%	Apr		17.260132		810	13.9	2.7270422	17.89	NE		8.67%	2.22E-03	0.00%	0.00%				23.298998				
		May		18.281317		810	14.7	3.5448331	28.87	NNE		0.23%	0.31%	0.00%	0.00%				29.5				
		Jun		19.482982		810	80.8	9.8898027	26.280001										37.280001				
		Jul		28.423885		810	18.5	9.0847481	22.42										31				
		Aug		21.44487		810	18.5	8.9989919	22.34										31				
		Sept		22.460655		810	20	8.1889936	23.110001	ESE									38.298998				
		Oct		23.487238		810	18.5	7.7278486	18.66										24.8				
		Nov		24.508423		810	10.9	6.2782223	18.59										21.798998				
		Dec		25.529668		810	13.2	4.6882009	11.88										18.4				
			2				1.7	2.711996	10.29	SE									11.0				
							0.6	2.102118	0.8299999										9.2989996				
							3.2	2.456665	5.1799999										8.6000004				
							18.5	1.8089395	6.8330001										8.8900008				
							16.2	1.7827273	4.8200002										9.2900006				
							29.6	1.2189921	2.717										9.9900009				
							17.7	1.82	4.8800005										73.3				
							20	0.025	3.52										9.9900009				
							18.1	1.9447125	3.4010001										11.4				
							18.4	1.9999999	3.9448888										7.4810001				
							17.8	1.9181711	11.8										18.1810001				
							16.3	1.8601111	7.2000002										11.7				
							13.4	1.549	0.7000001	SSW									8.3488888				
							13.7	2.087770	18.42										15.1				
							11.7	4.029379	20.84										10.7988888				
							8.1	0.021316	17.8598888										20.7400001				
							3.9	7.8880000	19.2199999	SW									27.2000001				
							20.0	6.0282000	21.18										31.7200000				
							8.8	8.20000	22.780001										35.2000000				
							10.0	8.8888888	10.75										31.2000000				
							18.0	7.4819999	17.42	WSW									21.4000001				
							17.0	1.4818181	18.28										23.2				
							14.7	3.0940000	11.011111										79.7100001				
							11.8	1.8296000	17.28										11.8				
							11.8	8.7888888	18.2888888	W									14.9				
							11.8	1.7818181	18.2888888										16.3				
							16.3	1.7541818	13.74										14				
							11.4	4.029379	12.18										17.7400001				
							11.4	1.8296000	17.28										14.9				

### 5.2.16 Φύλλο Results

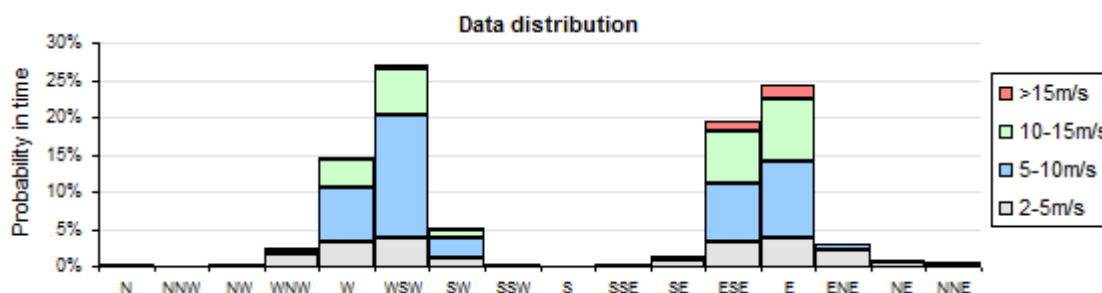
Στο φύλλο αυτό συνοψίζονται όλα τα στοιχεία της ανάλυσης που διεξάχθηκε. Η μορφή του φύλλου είναι η ακόλουθη

Measurements Period : from 13/10/2006 to 13/4/2007		
Mean Wind Speed (at 10m height)	7,4 m/s	
Mean Turbulence Intensity (at 10m/s)	15,3 %	
Max. 10min Average Wind Speed	26,3 m/s	(10/3/2007 13:00)
Maximum Gust	80,8 m/s	(30/10/2006 12:50)
Uncertainty of Wind Speed measurement	0,2 m/s	
Mean Wind Power	460,9 Watt/m <sup>2</sup>	
Total Wind Energy	1861,4 kWh/m <sup>2</sup>	
Weibull Distribution constants		
shape factor (k)	2,01	
scale factor (C)	8,5 m/s	
Total number of valid data	24234	
Included number of calms (<2m/s)	2567	
Missing data	2118 (8,0%)	
Expected W.T. energy production	1.505.128,9 kWh	(Enercon E48-800kW)
W.T. Capacity Factor	46,0 %	( $\rho_{ave}=1,140\text{kg/m}^3$ )
Calc. Mean Wind Speed at 50m height	8,5 m/s	( $\alpha=0,08$ )
WT Annual Energy Production & cap. factor		
calculated from data distribution	3.266.644,0 kWh	46,01 %
calculated from Weibull distribution	3.147.791,3 kWh	44,33 %
Best Sector in Energy contain		
	E	33,00 %
2nd best Sector in Energy contain		
	ESE	24,98 %
Best Sector in Time distribution		
	WSW	27,15 %
2nd best Sector in Time distribution		
	E	24,37 %

### Τελικά συγκεντρωτικά αποτελέσματα με μορφή πίνακα



## Τελικά συγκεντρωτικά αποτελέσματα με μορφή πίτας και ροδογράμματος



## Τελικά συγκεντρωτικά αποτελέσματα με μορφή γραφήματος

### 5.2.17 Φύλλο WindCorr

Στο φύλλο αυτό πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί συσχετίσεων από ανεμολογικά δεδομένα δύο τοποθεσιών. Η χρήση του φύλλου αυτού είναι δυνατή μόνο στην περίπτωση που ο χρήστης έχει ήδη δημιουργήσει, με το πρόγραμμα *WindRose*, τα δύο απαιτούμενα αρχεία, ένα για κάθε τοποθεσία. Υπενθυμίζεται, ότι αυτό γίνεται θέτοντας απλώς ένα όνομα αρχείου στον Πίνακα 2 του φύλλου *Input* και επιλέγοντας στην συνέχεια *Run*

**Σημείωση :** Ο υπολογισμός των συσχετίσεων είναι δυνατός μόνο στην περίπτωση που οι τα ανεμολογικά δεδομένα των 2 περιοχών έχουν κάποιο κοινό χρονικό διάστημα

Από τις δύο τοποθεσίες αυτή με το μεγαλύτερο πλήθος δεδομένων χαρακτηρίζεται ως *Τοποθεσία Αναφοράς (Reference time series)*. Με βάση τα κοινά δεδομένα των δύο περιοχών υπολογίζονται οι συντελεστές συσχέτισης (*correlation coef.*), παλινδρόμησης (*regression coef.:  $R^2$* ) και γραμμικής παρεμβολής (*slope, offset*). Αυτοί οι συντελεστές υπολογίζονται:

- § Ανά διάστημα ταχύτητας (π.χ. 5-6m/s) και ανά τομέα διεύθυνσης (π.χ. BBA).
- § Ανά διάστημα ταχύτητας ανεξαρτήτως διεύθυνσης
- § Ανά τομέα διεύθυνσης ανεξαρτήτως ταχύτητας (εκτός των απνοιών)
- § Για όλες τις ταχύτητες, ανεξαρτήτως διεύθυνσης



Υπενθυμίζεται εδώ ότι τιμές του *συντελεστή συσχέτισης* κοντά στην μονάδα δείχνουν παρόμοιες (σε φάση) μεταβολές, ενώ τιμές κοντά στο μηδέν δείχνουν ασυσχέτιστες μεταβολές.

Δεδομένου ότι συνήθως η απόσταση μεταξύ των δύο υπό συσχέτιση σταθμών είναι αρκετές εκατοντάδες (ή και χιλιάδες) μέτρα, το πρόγραμμα εκτελεί αρχικά έναν υπολογισμό του μέγιστου γενικού συντελεστή συσχέτισης όλων των ταχυτήτων, μετατοπίζοντας την μία χρονοσειρά ως προς την άλλη κατά 2 ώρες. Έτσι, εντοπίζεται η χρονική μετατόπιση (δηλαδή το διάστημα που μεσολαβεί για να μετρήσει ο 2ος σταθμός κάτι που μετρήσε ο 1ος σταθμός) που υπάρχει μεταξύ των γεγονότων που καταγράφονται στους 2 σταθμούς. Αυτή η χρονική μετατόπιση των 2 χρονοσειρών αναγράφεται στον Πίνακα 2 του φύλλου *WindCorr*. Ο 1ος Πίνακας του φύλλου *WindCorr* (στήλη A) περιέχει τις αναγκαίες παραμέτρους που πρέπει να συμπληρωθούν για την εκτέλεση των συσχετίσεων. Αναλυτικά

- § Τα 2 πρώτα αρχεία είναι αντίστοιχα το αρχείο αναφοράς (δηλ. αυτό με τα περισσότερα δεδομένα) και το αρχείο σύγκρισης (δηλ. αυτό με τα λιγότερα/ελλιπή δεδομένα), όπως δημιουργούνται μετά από διαδοχικές εκτελέσεις του *WindRose*.
- § Ακολούθως (και προαιρετικά), παρατίθεται το όνομα του αρχείου στο οποίο εγγράφονται τα (κοινά) δεδομένα των δύο περιοχών που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς των συσχετίσεων. Η χρησιμότητά του έγκειται στην επαλήθευση των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν για την περαιτέρω ανάλυση.
- § Στην συνέχεια το 4ο αρχείο (προαιρετικό και αυτό) χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των δεδομένων της 2ης περιοχής όπως υπολογίζονται βάση των συσχετισμών.

Στην συνέχεια του Πίνακα 1, δίνονται οι εξής παράμετροι οι οποίοι είναι αναγκαίες για τους υπολογισμούς των συσχετίσεων:

- § η αρχική χρονική μετατόπιση των δύο χρονοσειρών για τον υπολογισμό του μέγιστου συντελεστή συσχέτισης
- § το αν η συσχέτιση θα γίνει με τις μέσες ωριαίες ταχύτητες
- § ο αριθμός των διαστημάτων ταχύτητας
- § το εύρος του κάθε διαστήματος ταχύτητας
- § ο ελάχιστος κοινός χρόνος δεδομένων σε κάθε διάστημα ταχύτητας και τομέα διεύθυνσης, ώστε να υπάρχει ικανός αριθμός των δεδομένων για αξιόπιστα αποτελέσματα
- § ο αριθμός των τομέων διεύθυνσης (4, 8, 12, 16 ή 32)

Input File with the Reference time-series
\Program Files\WindRose\Series1.bin
Input File with the Target (incomplete) time-series
\Program Files\WindRose\Series2.bin
Output File for the concurrent pairs of data (optional)
\Program Files\WindRose\sync.txt
Output File for of the predicted time-series (optional)
\Program Files\WindRose\pred.txt
Locate best correlation, by shifting Target series up to : [hours]
2
Transform 1-hour data
Number of wind speed bins
20
Width of wind speed bin [m/s]
2
Min. hours of data per bin
2
Number of Directions 8
Correlation Method
y=ax
2

1<sup>ος</sup> πίνακας

Μόλις, συμπληρωθεί ο Πίνακας 1, τότε επιλέγοντας από το κύριο menu του Excel το *WindRose* και *Calculate Correlations* ξεκινάει ο υπολογισμός των συσχετίσεων. Τα αποτελέσματα αναγράφονται μετά από λίγο σε τρεις πίνακες, το περιεχόμενο των οποίων αναφέρεται στην συνέχεια..Ο 2ος Πίνακας του φύλλου *WindCorr* περιέχει τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των συσχετίσεων. Έτσι, για κάθε αρχείο εμφανίζει:

- § τον αριθμό των δεδομένων που περιέχει
- § την ημερομηνία της 1ης και της τελευταίας μέτρησης
- § μέση ταχύτητα του ανέμου.

Στην συνέχεια, αναγράφονται:

- § ο αριθμός των κοινών (ταυτόχρονων) μετρήσεων
- § ο μέγιστος συντελεστής συσχέτισης, μετά από την χρονική μετατόπιση των δύο χρονοσειρών
- § η χρονική διαφορά (σε λεπτά της ώρας) για την οποία επιτυγχάνεται η καλύτερη συσχέτιση
- § ο πολλαπλασιαστής και η σταθερά της γραμμικής παρεμβολής, και
- § ο συντελεστής παλινδρόμησης (regression coef.)

Τα παραπάνω αποτελέσματα αφορούν την γενική συσχέτιση των ταχυτήτων, ανεξαρτήτως διεύθυνσης, στο κοινό χρονικό διάστημα των 2 περιοχών

Number of hourly averaged data	Data start at	Data end at	Mean(*) Wind Speed [m/s]	Number of sync. data	Max. Wind Speed Correlation coefficient	at a time(**) shift [min]	General regression coefficients	of wind speeds	
744	1/2/2000	2/3/2000 23:50	6,91				slope	offset [m/s]	R2
				696	0,957	0	0,899	0,000	0,916
696	1/2/2000 0:00	29/2/2000 23:50	6,21						
			(*) at the common time interval			(**) of Target site relative to Ref. site			

## 2<sup>ος</sup> πίνακας

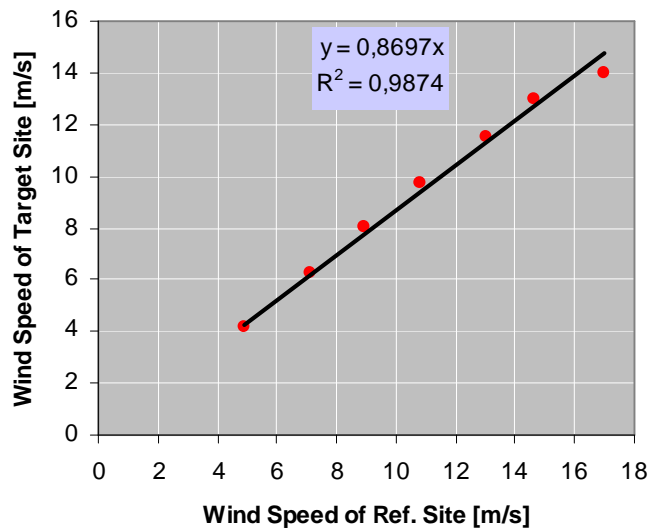
Στον 3ο Πίνακα αναγράφονται ανά διάστημα ταχύτητας και τομέα διεύθυνσης, οι ταχύτητες και οι εντάσεις της τύρβης για κάθε περιοχή, καθώς και οι συντελεστές συσχέτισης, παλινδρόμησης και γραμμικής παρεμβολής. Ο Πίνακας αυτός είναι "δυναμικός" δηλαδή τα περιεχόμενά του αλλάζουν ανάλογα με την επιλογή του *drop-down button* με το οποίο επιλέγουμε τον τομέα διεύθυνσης.

Correlations Table.		Select direction of the Reference Site: All directions included													
Wind speed bin - Ref. site [m/s]	Number of Hourly averaged data	Wind Speeds					Directions			Correlations [%]					
		Ref. site Mean value [m/s]	Target site Mean value [m/s]	Correlation Coefficient	Slope	Offset [m/s]	Rz	Ref. site Mean value	Target site Mean value	Ref. site Mean value	Target site Mean value	Correlation Coefficient	Slope	Offset	
0 - 2	54	0,74	1,40	0,4755	-1,433	0,000	0,72977				55,1	5,7	0,558	0,707	0,000
2 - 4	51	3,15	7,74	0,4870	0,877	0,000	0,74374				56,3	32,6	0,477	0,896	0,000
4 - 6	70	4,70	4,18	0,6076	0,654	0,000	0,48074				7,1	25,7	0,609	1,091	0,000
6 - 8	141	7,10	6,26	0,4307	0,652	0,000	0,8546				19,7	22,6	0,733	1,141	0,000
8 - 10	160	8,70	6,07	0,4805	0,577	0,000	0,72070				18,4	20,6	0,679	1,113	0,000
10 - 12	53	10,79	0,75	0,4046	0,575	0,000	0,6367				19,8	20,4	0,580	1,031	0,000
12 - 14	27	13,71	11,50	0,4651	0,654	0,000	0,74653				19,3	19,0	0,734	0,764	0,000
14 - 16	17	14,60	12,08	0,2945	0,657	0,000	0,38874				20,8	21,4	0,587	1,029	0,000
16 - 18	5	17,01	14,01	0,8477	0,674	0,000	0,41947				17,6	20,1	0,663	1,148	0,000
18 - 20															
20 - 22															
22 - 24															
24 - 26															
26 - 28															
28 - 30															
30 - 32															
32 - 34															
34 - 36															
36 - 38															
38 - 40															

### 3<sup>ος</sup> πίνακας

Τέλος, στον 4ο πίνακα, ταξινομούνται οι ταυτόχρονες μετρήσεις, ανά τομέα διεύθυνσης. Εδώ λαμβάνονται υπόψη μόνο τα ταυτόχρονα δεδομένα με ταχύτητα ανέμου  $\geq 5\text{m/s}$ . Έτσι, μπορεί να συμπεράνει κανείς την γωνιακή μεταβολή του ανύσματος της ταχύτητας του ανέμου από την μία περιοχή στην άλλη.

All directions included



### 4<sup>ος</sup> πίνακας

### **5.3 Τελικά συμπεράσματα από την ανάλυση των δεδομένων**

Από την παραπάνω ανάλυση προέκυψε ότι υπάρχει εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό στην περιοχή του Δρεπάνου, κάτι που εξάλλου ήταν αναμενόμενο για τουλάχιστον τρεις λόγους: Ο πρώτος είναι ότι αν κάποιος παρατηρήσει το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό στη σελίδα 48 της παρούσης εργασίας καταλαβαίνει αμέσως ότι η περιοχή προσφέρεται για εκμετάλλευση. Ο δεύτερος λόγος είναι εμπειρικός μιας και είναι γνωστό ότι στην περιοχή του Δρεπάνου και πέριξ αυτής αναπτύσσονται πολύ δυνατοί άνεμοι. Πέρα όμως και πάνω από τις παρατηρήσεις έρχεται η ανάλυση των ανεμολογικών δεδομένων που συλλέχθηκαν και τα οποία μας παραμερίζουν και την παραμικρή αμφιβολία για το αν μπορούμε να εκμεταλλευθούμε την περιοχή ή όχι. Η απάντηση είναι ότι είναι δυνατόν στην περιοχή να εγκατασταθεί αιολικό πάρκο μιας και όπως προκύπτει στο φύλλο Results η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι 7.4 m/s, ταχύτητα ικανοποιητική. Ένα άλλο ενδιαφέρον συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι επί το πλείστον στην περιοχή πνέουν άνεμοι δυτικοί και ανατολικοί και πολύ λιγότερο βόρειοι και νότιοι, γεγονός που δείχνει πως οι Α/Γ θα έχουν περισσότερο προσανατολισμό δυτικό και ανατολικό. Επίσης η εκτιμώμενη ενέργεια δεδομένου ότι θα χρησιμοποιηθεί η Α/Γ Enercon E48 θα είναι περίπου 3.000.000 kWh.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- [1] [http://www.rae.gr/old/SUB2/2\\_4.htm#N.3851/10](http://www.rae.gr/old/SUB2/2_4.htm#N.3851/10)
- [2] «Environmental impacts from the use of renewable energy technologies: [http://www.ucsus.org/clean\\_energy/technology\\_and\\_impacts/impacts/environmental-impacts-of.html](http://www.ucsus.org/clean_energy/technology_and_impacts/impacts/environmental-impacts-of.html)
- [3] ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ : ΜΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΓΙΑ ΤΗ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗ ΧΩΡΑ ΜΑΣ ΧΑΛΚΙΔΑ 10/04/2009 ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΡΑΧΙΩΤΗΣ ΜΕΛΟΣ Δ.Σ. ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΑΠΕ - [http://library.tee.gr/digital/m2383/m2383\\_rahiotis.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2383/m2383_rahiotis.pdf)
- [4] Bird Behavior In and Near a Wind Farm at Tarifa, Spain: Management Considerations by *Guyonne Janss*: [http://old.nationalwind.org/publications/wildlife/avian98/15-Janss-Tarifa\\_Spain.pdf](http://old.nationalwind.org/publications/wildlife/avian98/15-Janss-Tarifa_Spain.pdf)
- [5] European Wind Energy Association: Factsheets [http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/publications/factsheets/Factsheets.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/factsheets/Factsheets.pdf)
- [6] 'Wind Turbine Sound and Health Effects: An Expert Panel Review', by W. David Colby, M.D. Robert Dobie, M.D. Geoff Leventhall, Ph.D. David M. Lipscomb, Ph.D. Robert J. McCunney, M.D. Michael T. Seilo, Ph.D. Bo Sundergaard, M.Sc.) <http://www.scribd.com/doc/33595302/AWEA-CanWEA-SoundWhitePaper-12-11-09-Wind-Turbine-Sound-and-Health-Effects>
- [7] Greenpeace (Ιούνιος 2001) με τίτλο «Αιολική ενέργεια ή κλιματικές αλλαγές;»: <http://www.greenpeace.org/greece/Global/greece/report/2006/10/32632.pdf>
- (8) <http://www.windatlas.dk/europe/About.html>
- (9) [www.arcmeletitiki.gr](http://www.arcmeletitiki.gr)
- (10) [www.Cres.gr](http://www.Cres.gr)
- [11] [http://eclass.et.teiath.gr/hermes/Theory\\_en.php](http://eclass.et.teiath.gr/hermes/Theory_en.php)