



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: «Διερεύνηση του αιολικού δυναμικού των Δωδεκανήσων για εφαρμογές αιολικών πάρκων»

Φοιτήτρια: Τσαβαρή Αγγελική (Α.Μ.: 37777)

Επίβλεψη: Δρ. Μουστρής Κωνσταντίνος

Πειραιάς, 2018

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους ανθρώπους που μου συμπαραστάθηκαν κατά τη διάρκεια ολοκλήρωσης της παρούσας εργασίας αλλά και των σπουδών μου. Ιδιαίτερα ευχαριστώ την οικογένειά μου για τη στήριξη που μου παρείχε αλλά και τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Μουστρή καθώς χωρίς την καθοδήγησή του η ολοκληρωμένη και πολύπλευρη ανάπτυξη του θέματος θα ήταν αδύνατη.

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	2
Περίληψη	4
Εισαγωγή	7
Κεφάλαιο 1: Αιολική Ενέργεια.....	9
1.1. Ιστορική ανασκόπηση.....	9
1.2. Η έννοια της αιολικής ενέργειας.....	11
1.3. Ανεμογεννήτριες.....	12
1.3.1. Εξαρτήματα ανεμογεννήτριας	12
1.3.2. Τεχνολογία ανεμογεννητριών.....	15
1.4. Στοιχεία και χαρακτηριστικά του ανέμου.....	18
1.5. Περιβαλλοντικές και αισθητικές επιδράσεις αιολικής ενέργειας.....	20
Κεφάλαιο 2: Αιολικό Πάρκο	23
2.1. Αιολικά πάρκα: Έννοια και στοιχεία.....	23
2.2. Διάκριση των αιολικών πάρκων	24
2.2.1. Υπεράκτια αιολικά πάρκα.....	25
2.2.2. Χερσαία αιολικά πάρκα.....	26
2.2.3. Παράκτια αιολικά πάρκα	28
2.3. Η χωροθέτηση των αιολικών πάρκων	29
2.4. Λειτουργία και συντήρηση αιολικών πάρκων	31
Κεφάλαιο 3: Αιολικό Δυναμικό.....	33
3.1. Παράγοντες αξιολόγησης αιολικού δυναμικού	33
3.2. Εκτιμήσεις αιολικού δυναμικού	34
3.3. Υπολογισμός αιολικού δυναμικού.....	37
3.3.1. Επεξεργασία μετρήσεων ταχύτητας ανέμου.....	38
3.3.2. Πειραματικές μετρήσεις.....	40
3.4. Αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα	42
3.4.1. Η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα	45
3.4.2. Εμπόδια και δυσκολίες ανάπτυξης αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα	46
Κεφάλαιο 4: Έρευνα - Διερεύνηση Αιολικού Δυναμικού Δωδεκανήσων	48
4.1. Παρουσίαση Δωδεκανήσων.....	48
4.2. Μεθοδολογία έρευνας.....	48
4.3. Δεδομένα ανέμων Δωδεκανήσων	49
4.3.1. Ανάλυση ανεμολογικών δεδομένων στα Δωδεκάνησα	49
4.4. Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών.....	84
4.4.1. Μέση ισχύς ανεμογεννητριών ανά περιοχή.....	89
4.4.2. Συντελεστής χρησιμοποίησης (Capacity Factor - CF)	130
4.4. Συμπεράσματα έρευνας	153
Βιβλιογραφία	157

Περίληψη

Οι αρχές του 21^{ου} αιώνα σηματοδότησαν την αλλαγή σε επίπεδο αξιοποίησης της διαθέσιμης ενέργειας μέσω νέων τεχνολογιών. Μορφές ενέργειας όπως η αιολική τέθηκαν υπό δυναμική αξιοποίηση μέσω του δυναμικού της εκάστοτε περιοχής με σκοπό τη διευκόλυνση της καθημερινότητας και της πραγματοποίησης των επιμέρους δραστηριοτήτων του ανθρώπου.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ήπια μορφή ενέργειας με χαμηλές επιπτώσεις σε επίπεδο περιβάλλοντος. Η αιολική ενέργεια αντλείται με τη χρήση της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών οι οποίες παρουσιάζουν διαφορετικές ισχύς. Ο εντοπισμός της κατάλληλης περιοχής βασίζεται σε μελέτες και μετρήσεις για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού. Ουσιαστικά με την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού δημιουργούνται συνθήκες παραγωγής ενέργειας η οποία όχι μόνο δεν επιβαρύνει περιβαλλοντικά αλλά δίνει και σημαντικές λύσεις

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εστιάζει στη διερεύνηση του αιολικού δυναμικού των Δωδεκανήσων για εφαρμογές αιολικών πάρκων. Για την επίτευξη του συγκεκριμένου σκοπού, η εργασία χωρίζεται σε 4 επιμέρους κεφάλαια. Ειδικότερα, στο 1^ο κεφάλαιο αναλύονται στοιχεία που αφορούν την αιολική ενέργεια (ιστορικά στοιχεία, ανεμογεννήτριες, στοιχεία ανέμων κ.ά.), στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αιολικά πάρκα ως προς τους τύπους τους και τη λειτουργία τους, το 3^ο κεφάλαιο αναλύει στοιχεία για το αιολικό δυναμικό ενώ στο 4^ο κεφάλαιο πραγματοποιείται διερεύνηση αναφορικά με το αιολικό δυναμικό στην περιοχή των Δωδεκανήσων.

Από τα βιβλιογραφικά και τα ερευνητικά στοιχεία προέκυψε ότι η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού είναι μια σημαντική εναλλακτική επιλογή σε επίπεδο παραγωγής ενέργειας η οποία πρωτίστως βασίζεται στις κατάλληλες εκτιμήσεις και μετρήσεις. Σε επίπεδο μέγιστων τιμών του συντελεστή χρησιμοποίησης και για τις δύο ανεμογεννήτριες (E – 82 και E – 44) η περιοχή της Κατταβιάς συγκέντρωσε τα υψηλότερα επίπεδα. Ειδικότερα, για την Α/Γ E - 82 (2.000 kW) ο συντελεστής χρησιμοποίησης έφτασε το 37,87% ενώ για την Α/Γ E - 44 (800 kW) το 21,62%. Υψηλά επίπεδα του συντελεστή χρησιμοποίησης εμφανίζει η Κάσος (31,96 και 21,17% αντίστοιχα) και η Πάτμος (24,96 και 14,24%), η Λίνδος (14,81 και 8,14%), ο Έμπονας (12,99 και 7,30%) και η Κως (12,49 και 6,01%) δημιουργώντας μια γενικά θετική εικόνα για την περιοχή των Δωδεκανήσων ως προς την αξιοποίηση του

αιολικού δυναμικού λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι ο μέσος ετήσιος συντελεστής χρησιμοποίησης μιας ανεμογεννήτριας κυμαίνεται σε επίπεδα του 20%.

Abstract

The 21st century has marked the change in the level of utilization of available energy through new technologies. Types of energy such as the wind have been dynamically exploited through particular area in order to facilitate the everyday life and the individual activities of the human being.

For the exploitation of wind energy, which is a mild form of energy with low impact on the environment. Wind energy is a mild form of energy with low environmental impact. The identification of the appropriate area is based on studies and measurements for the utilization of its wind capacity.

This thesis focuses on the exploration of the wind potential of the Dodecanese for the applications of wind farms. To achieve this goal, work is divided into 4 sub - chapters. In particular, the first chapter analyzes elements related to wind energy (historical data, wind turbines, wind components, etc.), the 2nd chapter presents the wind farms in relation to their types and operation, the 3rd chapter analyzes data for wind potential while and in the 4th chapter a survey is conducted on wind potential in the Dodecanese.

From the bibliographic and research evidence, exploitation of wind potential is an important alternative to the level of energy production which is basically based on appropriate estimates and measurements. At the level of the maximum utilization rates for the two wind turbines (E - 82 and E - 44), the Katavia region reached the highest levels. In particular for the E - 82 (2,000 kW), the utilization rate reached 37,87% while for the E - 44 (800 kW) is 21,62%. High rates of utilization are Kasos (31,96 and 21,17% respectively) and Patmos (24,96 and 14,24%), Lindos (14,81 and 8,14%), Ebonas (12,99 and 7,30%) and Kos (12,49 and 6,01%), generating a generally positive impact on the area of the Dodecanese in terms of exploitation of wind potential, taking into account that the average annual windfall utilization rate varies levels of 20%.

Εισαγωγή

Οι ενεργειακές ανάγκες με την πρόοδο της καθημερινότητας του ανθρώπου αυξήθηκαν σημαντικά καθιστώντας την αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας ως επιβεβλημένη. Η ενέργεια αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής με την εκμετάλλευση και παραγωγή της να τίθεται σε προτεραιότητα. Η επιστήμη σε συνδυασμό με την τεχνολογία εστίασαν στην όσο το δυνατόν καλύτερη και αμεσότερη αξιοποίηση των διαφόρων μορφών ενέργειας. Ωστόσο η συγκεκριμένη επιλογή έχει οδηγήσει στη δημιουργία αυξημένων επιπέδων καταναλώσεων που πολλές φορές λειτουργούν επιβαρυντικά σε επίπεδο περιβάλλοντος.

Μέχρι τα τέλη του 16^{ου} αιώνα οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν βρίσκονταν σε προτεραιότητα και ανάπτυξη. Η βιομηχανική όμως επανάσταση οδήγησε στην αναζήτηση εναλλακτικών αλλά και συμβατικών πηγών ενέργειας. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ο άνθρακας που μέχρι τότε κατείχε την κεντρική θέση αντικαταστάθηκε από μία νέα συμβατική πηγή ενέργειας, το πετρέλαιο. Το πετρέλαιο αφενός βελτίωσε σημαντικά το βιοτικό επίπεδο και συνέβαλλε στην ανάπτυξη ωστόσο μείωσε σημαντικά τους διαθέσιμους πόρους επιβαρύνοντας ταυτόχρονα το περιβάλλον.

Η αξιοποίηση των συμβατικών μορφών ενέργειας όπως προαναφέρθηκε δημιουργεί συνθήκες ταχείας ανάπτυξης και άμεσης παραγωγής ενέργειας ωστόσο συνδυάζεται με προβλήματα όπως οι περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις και η κατασπατάληση των φυσικών πόρων. Οι συγκεκριμένες συνθήκες υποχρέωσαν στην αναζήτηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και η αιολική. Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας βασίζεται στη χρήση τεχνολογιών και ειδικότερα στις ανεμογεννήτριες χωρίς να ανακύπτουν θέματα επιβαρύνσεων στο περιβάλλον.

Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας πρωτίστως βασίζεται σε εκτιμήσεις και μετρήσεις επί του αιολικού δυναμικού της εκάστοτε περιοχής. Η διερεύνηση του αιολικού δυναμικού για εφαρμογές αιολικών πάρκων αποτελεί μια ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία με εκτιμήσεις και μετρήσεις που οδηγούν στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων αναφορικά με την επιλογή της περιοχής εγκατάστασης των ανεμογεννητριών.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του αιολικού δυναμικού των Δωδεκανήσων για εφαρμογές αιολικών πάρκων. Η επίτευξη του συγκεκριμένου

σκοπού βασίζεται στην ανάλυση των ανεμολογικών δεδομένων περιοχών των Δωδεκανήσων ώστε να εκτιμηθεί συνολικά το ενδεχόμενο δημιουργίας αιολικών πάρκων. Γενικότερα, από την ανάλυση των στοιχείων ανέκυψε ότι η περιοχή των Δωδεκανήσων μπορεί δυνητικά να αξιοποιηθεί στην παραγωγή αιολικής ενέργειας συμβάλλοντας σημαντικά στην αύξηση του ενεργειακού δυναμικού και αντιμετώπισης των ενεργειακών αναγκών.

1.1. Ιστορική ανασκόπηση



Η αιολική ενέργεια και αξιοποίησή της κέντρισε το ενδιαφέρον των ανθρώπων εδώ και αρκετούς αιώνες. Σε επίπεδο ιστορικών στοιχείων, υπάρχει διαφωνία σχετικά με την προέλευση της χρήσης αιολικής ενέργειας στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Αρχικά, αναφορές για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας γίνονται για την αρχαία Βαβυλώνα στα πλαίσια δημιουργίας δικτύου ύδρευσης ενώ κατά άλλους συγγραφείς η δημιουργία των ανεμόμυλων οφείλεται στους Ινδούς (Golding 1976; Sorensen, 1995).

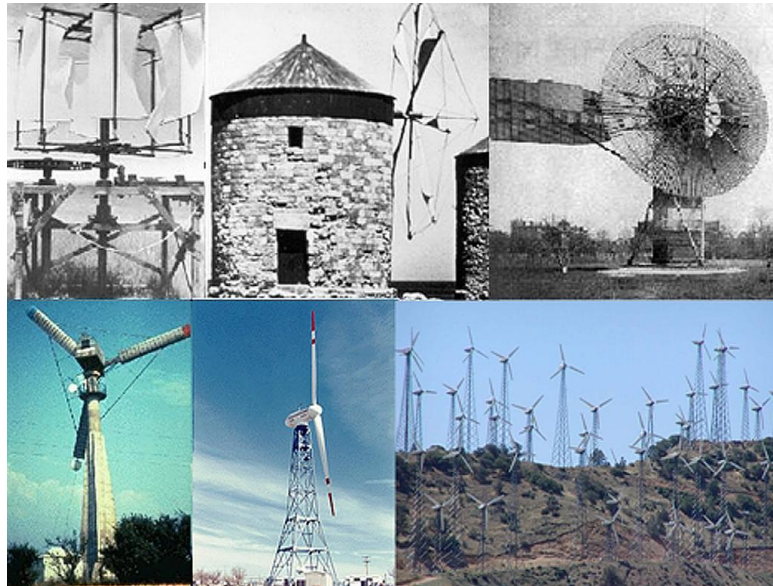
Περίπου το 3500 π.Χ. γίνονται αναφορές χρήσης της αιολικής ενέργειας στη ναυσιπλοΐα από τους Αιγυπτίους ενώ λίγους αιώνες αργότερα (3000 – 2800 π.Χ.) η αιολική ενέργεια εισέρχεται και στη γεωργία (Burton et al, 2001). Στους αιώνες που θα ακολουθήσουν δεν σημειώνεται κάποια αξιόλογη μεταβολή σε επίπεδο αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας με τους Πέρσες (1000 π.Χ) και του Κινέζους (1300 π.Χ.) να αρχίζουν σταδιακά να καθιερώνουν τη χρήση τους στη γεωργία και συγκεκριμένα στη διαδικασία της άλεσης των δημητριακών (σιτάρι, κριθάρι κλπ.) (Nelson, 2009).

Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο χρονικά οριοθετείται περίπου στο 13^ο αιώνα (Αγγλία, Γαλλία, Γερμανία, Ισπανία, Ολλανδία) με την εμφάνιση νέου τύπου ανεμόμυλων (οριζόντιου άξονα) που διαφοροποιούνταν των προϋπαρχόντων (κάθετου άξονα) (Ackermann, 2005; Sathyajith, 2006). Η Ολλανδία αποτέλεσε τη χώρα μαζικής εξάπλωσης των ανεμόμυλων στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας όχι μόνο σε επίπεδο γεωργίας αλλά και αντιμετώπισης φαινομένων όπως τα υψηλά επίπεδα υγρασίας.

Η πορεία αξιοποίησης των δυνατοτήτων της αιολικής ενέργειας στα χρόνια που ακολούθησαν ήταν ανοδική. Στα μέσα του 18^{ου} αιώνα εμφανίζεται ένας νέος τύπος ανεμόμυλων (πολλαπλών πτερυγίων) μεταβάλλοντας ουσιαστικά την πορεία ανάπτυξης και αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας (Sathyajith, 2006). Ο

συγκεκριμένος τύπος χρησιμοποιήθηκε αρχικά στην άντληση νερού για γεωργικές χρήσεις. Η εποχή των ανεμογεννητριών χρονικά οριοθετείται περίπου στο 1900 μ.Χ. με το σχεδιασμό της πρώτης σύγχρονης ανεμογεννήτριας στη Δανία ενώ την ίδια περίοδο κατασκευάζεται στις Η.Π.Α. (Κλίβελαντ) ανεμογεννήτρια με διάμετρο ρότορα 17 m με την παραγωγή ονομαστικής ισχύος 12 kW εντός της 20ετίας που λειτούργησε. Χαρακτηριστικά σημειώνεται ότι το διάστημα 1850 – 1930 υπολογίζεται ότι περίπου 6 εκ. ανεμογεννήτριες του συγκεκριμένου τύπου είχαν τοποθετηθεί στις Η.Π.Α (EIA, 2011).

Πιο συστηματικές μέθοδοι σχεδιασμού ανεμογεννητριών προτάθηκαν κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης περιόδου. Πλέον, δημιουργούνται ανεμογεννήτριες με σταθερότερους ρότορες και αεροδυναμικά σχεδιασμένα πτερύγια. Χαρακτηριστικά, το 1910 στη Δανία εντοπίζονται πολυάριθμες ανεμογεννήτριες οι οποίες παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στα χωριά στη Δανία ενώ το 1925 οι ανεμογεννήτριες εισέρχονται δυναμικά στην αγορά των Η.Π.Α. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, το 1931 συγκεκριμένα, εγκαθίσταται στη Ρωσία ανεμογεννήτρια παραγωγής ενέργειας 100 kW ενώ αντίστοιχες προσπάθειες καταγράφονται σε άλλες χώρες όπως οι Η.Π.Α., η Δανία, τη Γαλλία, η Γερμανία και η Μεγάλη Βρετανία (Sathyajith, 2006; Dodge, 2006; Kaldellis & Zafirakis, 2011).



Εικόνα 1: Εξέλιξη ανεμογεννητριών
Πηγή: Dodge, 2006

Σημαντική εξέλιξη στο χώρο της αιολικής ενέργειας αποτέλεσε η κατασκευή συστημάτων με στρόβιλο 1250 kW που κατασκευάστηκε από τον Palmer C. Putman και τέθηκε σε χρήση το 1941 (Putnam, 1948). Το ενδιαφέρον για την αιολική ενέργεια εντατικοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του διαστήματος 1950 – 1960 όπου κατασκευάζονται στρόβιλοι συνδυάζοντας υψηλή σταθερότητα με χαμηλή ταχύτητα σε χώρες όπως η Γερμανία και η Αγγλία. Το 1973 αποτέλεσε μια χρονιά σταθμό για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας καθώς η αύξηση των τιμών του πετρελαίου (πετρελαϊκή κρίση), έστρεψε εντονότερα το ενδιαφέρον στην αιολική ενέργεια (Kaldellis & Zafirakis, 2011).

Τα χρόνια που ακολούθησαν σημάδεψαν τη θέση της αιολικής ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή. Το 1991 δημιουργείται στη Δανία (Vindeby) το πρώτο υπεράκτιο αιολικό πάρκο που αποτελείται από 11 ανεμογεννήτριες 450kW ενώ την ίδια χρονιά στο Ηνωμένο Βασίλειο (Cornwall) μέσω 10 ανεμογεννητριών παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια σε 2.700 σπίτια. Το χρονικό διάστημα 1995 – 2000 η δραστηριότητα αναφορικά με την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας παραμένει σε στάσιμα επίπεδα ενώ από το 2000 και μετά παρατηρήθηκαν ορισμένες πολύ αξιόλογες προσπάθειες. Το 2000 συγκεκριμένα στο Utgrunden της Σουηδίας κατασκευάστηκε αιολικό πάρκο από 7 ανεμογεννήτριες των 1.5 MW σηματοδοτώντας την έναρξη του εγχειρήματος σε παγκόσμιο επίπεδο. Χαρακτηριστικά, μέχρι το 2005 κατασκευάστηκαν αιολικά πάρκα σε διάφορες χώρες όπως του Middelgrunden στη Δανία (20 ανεμογεννήτριες, 2 MW), του Yttre Stengrund στη Σουηδία (5 ανεμογεννήτριες, 2 MW) (Esteban et al., 2010). Το 2005 η συνολικά παραγόμενη αιολική ενέργεια ήταν 59.000 mW ενώ εντός της 3ετίας που ακολούθησε έφθασε τα 120.000 mW. Τα χρόνια που ακολούθησαν αποδείχτηκε πως η αιολική ενέργεια εισήλθε δυναμικά στο χώρο με την κατασκευή αιολικών πάρκων ανά τον κόσμο με χώρες όπως Κίνα (75.324 MW), οι Η.Π.Α. (60.007 MW) και η Γερμανία (31.308 MW) το 2012 να πρωτοστατούν στην αξιοποίησή της (Shahan, 2014).

1.2. Η έννοια της αιολικής ενέργειας

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια μορφή ενέργειας η οποία έμμεσα συνδέεται με την ηλιακή ακτινοβολία. Ειδικότερα, η ανομοιόμορφη θέρμανση των επιφανειών της γης ανά γεωγραφικές περιοχές, δημιουργεί προϋποθέσεις μετακίνησης αέριων μαζών

και κατ' επέκταση ανέμων. Ο άνεμος αποτελεί τη βάση δημιουργίας της αιολικής ενέργειας η οποία είναι ανεξάντλητη και ανανεώσιμη. Χαρακτηριστικά, έχει υπολογιστεί ότι αν μπορούσε να αξιοποιηθεί το συνολικό αιολικό δυναμικό σε παγκόσμιο επίπεδο, όχι μόνο θα μπορούσαν να καλυφθούν συνολικά οι παγκόσμιες ανάγκες ενέργειας αλλά και να υπάρχει ανάλογο πλεόνασμα. Τα επίπεδα αξιοποίησης του παγκόσμιου αιολικού δυναμικού αν και διαχρονικά βελτιώνονται ωστόσο κινούνται σε χαμηλά επίπεδα (ΚΑΠΕ, 2006; Shata & Hanitsch, 2008).

Ο Μπέτζιος (2002) ορίζει ότι η αιολική ενέργεια προέρχεται από την μετατροπή μέρους της ηλιακής ενέργειας ενώ μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική με τη χρήση των κατάλληλων ανεμογεννητριών. Κατά το συγκεκριμένο συγγραφέα, η έννοια της αιολικής ενέργειας περιλαμβάνει την ηλεκτρικά παραγόμενη ενέργεια με τη χρήση ανεμογεννητριών. Ουσιαστικά, η αιολική ενέργεια αποτελεί μορφή της ηλιακής η οποία περιγράφεται ως διαδικασία με την οποία ο άνεμος χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε μηχανική γίνεται με τη χρήση ανεμογεννητριών και αξιοποιείται σε διάφορες δραστηριότητες (π.χ. άντληση υδάτων).

1.3. Ανεμογεννήτριες

1.3.1. Εξαρτήματα ανεμογεννήτριας

Οι ανεμογεννήτριες ανάλογα με το σκοπό και τις διαθέσιμες εγκαταστάσεις μπορούν να λάβουν διαφορετικές μορφές και διαστάσεις. Χαρακτηριστικά, οι ανεμογεννήτριες των 300KW έχουν διαστάσεις που κυμαίνονται μεταξύ των 25 – 30 m ενώ ανεμογεννήτριες των 500KW μπορούν να φτάσουν τα 40 – 50 m με ανάλογες διαστάσεις πτερυγίων. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή των ανεμογεννητριών είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία στην οποία λαμβάνεται υπόψη και το κόστος το οποίο πολλές φορές είναι αρκετά υψηλό εξαιτίας των εξαρτημάτων και των τεχνολογιών που απαιτούνται (Li & Chen, 2008).

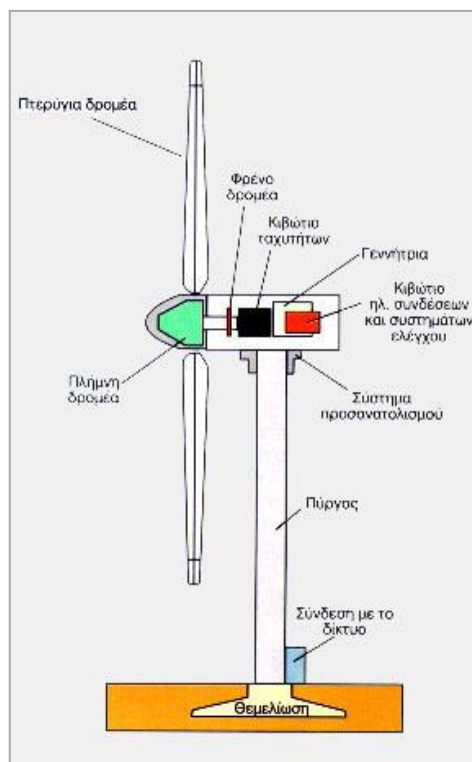
Η κατασκευή της ανεμογεννήτριας προϋποθέτει την ύπαρξη συγκεκριμένων υλικών και επιμέρους τμημάτων. Ανάλογα με τον τύπο ανεμογεννήτριας που θα επιλεγεί, προσδιορίζονται και τα ανάλογα εξαρτήματα. Στα βασικά εξαρτήματα μιας

ανεμογεννήτριας συγκαταλέγονται η έλικα, το σύστημα μετάδοσης κίνησης ή κιβώτιο ταχυτήτων, η γεννήτρια, το σύστημα απόκλισης και το σύστημα ελέγχου της μηχανής. Τα εξαρτήματα στην πλειοψηφία τους βρίσκονται εντός της ατράκτου η οποία περιστρέφεται ανάλογα με τις κατευθύνσεις του ανέμου. Η πλειοψηφία των αιολικών πάρκων έχει εστιάσει στη χρήση ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα οι οποίες αποτελούνται από τα εξής εξαρτήματα (Li & Chen, 2008; ΚΑΠΕ, 2009, 2011; Cortina & Calaf, 2017):

- 1) Δρομέας.** Ο δρομέας αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια η κατασκευή των οποίων γίνεται συνήθως από πολυεστέρα. Τα πτερύγια του δρομέα συνδέονται με την πλήμνη και μπορεί να είναι σταθερά ή κινούμενα στο διαμήκη άξονά τους. Η τοποθέτηση του συστήματος του δρομέα μπορεί να γίνει «ανάντη» ή «κατάντη» του πύργου και της ατράκτου. Τα πτερύγια του δρομέα μπορούν αν λάβουν διάφορες διαστάσεις με γενικό κανόνα ότι όσο μικρότερος ο αριθμός των πτερυγίων τόσο ταχύτερα περιστρέφεται ο δρομέας.
- 2) Σύστημα μετάδοσης κίνησης.** Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης αποτελεί βασικό εξάρτημα των ανεμογεννητριών και απαρτίζεται από τον κύριο άξονα, τα έδρανα και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στην ταχύτητα της ανεμογεννήτριας. Η μετάδοση της κίνησης απλούστερα πραγματοποιείται απευθείας από το δρομέα χωρίς μετατροπέα στροφών με τις μικρού μεγέθους ανεμογεννήτριες (έως 150 KW) να διαθέτουν μια ή δύο βαθμίδες μετάδοσης παράλληλου άξονα ενώ οι μεγαλύτερες (150-750 kW) συχνά διαθέτουν επικυκλικά συστήματα μετάδοσης της κίνησης με τον άξονα εξόδου να ευθυγραμμίζεται με τον κύριο άξονα μειώνοντας τις τάσεις και τις απώλειες στο σύστημα.
- 3) Ηλεκτρογεννήτρια.** Η ηλεκτρογεννήτρια, η οποία μπορεί να είναι 4 ή 6 πόλων, συνδέεται με την έξοδο του κιβωτίου πολλαπλασιασμού στροφών μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου. Αποτελεί βασικό εξάρτημα της ανεμογεννήτριας καθώς μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια του άξονα εισόδου σε ηλεκτρική. Οι ηλεκτρογεννήτριες στις ανεμογεννήτριες παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες εξαιτίας της ανάγκης συμβατότητας με τις διατάξεις του δρομέα και του συγχρονισμού με τον περιστρεφόμενο άξονα
- 4) Σύστημα πέδης.** Αποτελεί το σύστημα ελέγχου της ταχύτητας και διακοπής της κίνησης και το οποίο περιλαμβάνει δισκόφρενο το οποίο βρίσκεται στον κύριο άξονα ελέγχοντας την κίνηση. Το δισκόφρενο μπορεί να τοποθετηθεί

στον κύριο άξονα πριν από το μετατροπέα στροφών ή μετά από αυτόν στον άξονα υψηλής ταχύτητας. Στην περίπτωση που τοποθετηθεί μετά τον κύριο άξονα, απαιτείται η τοποθέτηση ενός μικρότερου συστήματος πέδης ώστε να παρέχεται η απαραίτητη ροπή επιβράδυνσης του δρομέα.

- 5) **Σύστημα προσανατολισμού.** Αποτελεί σύστημα το οποίο ελέγχει τον άξονα περιστροφής του δρομέα ώστε να βρίσκεται σε κατάλληλη θέση και συγκεκριμένα παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.
- 6) **Πύργος.** Ο πύργος αποτελεί το τμήμα εκείνο της ανεμογεννήτριας όπου εδράζεται ολόκληρη η εγκατάσταση και μπορεί να λάβει διάφορες μορφές ανάλογα με τις ανάγκες της εγκατάστασης. Το ύψος του πύργου καθορίζεται από το μήκος των πτερυγίων του δρομέα και συγκεκριμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται αφενός η συνεχής και αδιάκοπη ροή του ανέμου αλλά και να αποφεύγεται η επαφή με το έδαφος.
- 7) **Ηλεκτρονικός πίνακας και πίνακας ελέγχου.** Αποτελούν τους πίνακες ελέγχου ολόκληρου του συστήματος της ανεμογεννήτριας ρυθμίζοντας όλες τις λειτουργίες του. Ο ηλεκτρονικός πίνακας και ο πίνακας ελέγχου τοποθετούνται στη βάση της εγκατάστασης.



Εικόνα 2: Εξαρτήματα ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

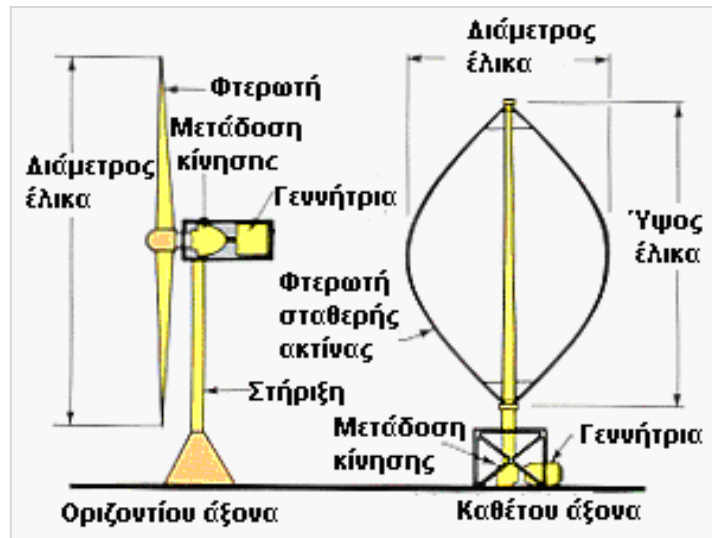
Πηγή: ΚΑΠΕ, 2009

Αναφορικά με τα εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας, το σημαντικότερο είναι τα πτερύγια του δρομέα καθώς το μήκος και η διάμετρός τους καθορίζουν την περιοχή σάρωσης και αξιοποίησης καθώς όσο μεγαλύτερα είναι τόσο μεγαλύτερη είναι και η ενέργεια που μπορεί να αξιοποιηθεί. Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται στα αιολικά πάρκα διαθέτουν 3 πτερύγια ο οποίες περιστρέφονται πιο αργά έναντι των ανεμογεννητριών 2 πτερυγίων, έχοντας ωστόσο χαμηλότερα επίπεδα θορύβου, καλύτερη αισθητική και υψηλότερη απόδοση. Το υλικό κατασκευής των πτερυγίων είναι ο πολυεστέρας ο οποίος ενισχύεται με υαλονήματα ή με κατάλληλα εποξειδικά υλικά (Li & Chen, 2008; ΚΑΠΕ, 2009, 2011).

1.3.2. Τεχνολογία ανεμογεννητριών

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στις ανεμογεννήτριες την τελευταία 20ετία έχει εξελιχθεί σημαντικά προσφέροντας σημαντικές δυνατότητες αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας. Η αύξηση των δυνατοτήτων αναφορικά με την ισχύ των μηχανών που έφθαναν έως τα 60kW με διαμέτρους πτερυγίων 20 m έχουν πλέον εξελιχθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε η ισχύς πλέον να φθάνει μέχρι και τα 5000 kW και διάμετρο άνω των 100 m. Η διαθέσιμη τεχνολογία επιτρέπει υψηλά επίπεδα αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού ενώ η απόδοση μπορεί να ξεπεράσει το 40% ανάλογα με την τοποθεσία εγκατάστασης. Επίσης, σημαντικό στοιχείο της τεχνολογικής εξέλιξης των ανεμογεννητριών αποτελεί η μείωση του κόστους κατασκευής των επιμέρους εξαρτημάτων καθιστώντας την αιολική ενέργεια εξόχως ανταγωνιστική έναντι των παραδοσιακών μορφών ενέργειας (ΚΑΠΕ, 2005; Dafrose & Bajaro, 2008).

Η τεχνολογία των ανεμογεννητριών ορίζεται από τη θέση του άξονα περιστροφής διακρίνοντάς τις σε οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα. Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα διαθέτουν δρομέα τύπου έλικας με τον άξονα να περιστρέφεται παράλληλα προς τη διεύθυνση του ανέμου ενώ στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα διακρίνεται η σταθερότητά του. Ο τύπος ανεμογεννήτριας που τυγχάνει μεγαλύτερης εφαρμογής είναι εκείνος του οριζόντιου άξονα (Herbert et al., 2007).



Εικόνα 3: Ανεμογεννήτριες οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα
 Πηγή: Αληφραγκής, 2016

Στις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα παρατηρείται ότι ο άξονας είναι παράλληλος προς το έδαφος αλλά και στην κατεύθυνση του ανέμου ενώ ως προς τον αριθμό των πτερυγίων τους παρατηρείται ποικιλία (από 1 – 50). Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα περιλαμβάνουν τους παραδοσιακού τύπου (τύπου ανεμόμυλου, αμερικάνικου τύπου κλπ.) και τους τύπους ανεμογεννήτριας έλικας. Στις ανεμογεννήτριες τύπου έλικας ο αριθμός των πτερυγίων δεν ξεπερνά τα τρία (3) με βασικό σημείο τον υψηλό βαθμό απόδοσης (Αληφραγκής, 2016).

Τα βασικά επιμέρους τμήματα της ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα είναι ο πύργος στήριξης, η πτερωτή, ο άξονας περιστροφής, το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το σύστημα ελέγχου της ανεμογεννήτριας, η ηλεκτρική γεννήτρια και το σύστημα προσανατολισμού της μμηχανής. Η πτερωτή της ανεμογεννήτριας μπορεί να τοποθετηθεί «άναντη» ή «κατάντη» στον πύργο στήριξης ενώ ο αριθμός των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα εξαρτάται από παράγοντες όπως η αεροδυναμική φόρτιση, η απόδοση, το κόστος κατασκευής, η αντοχή και ο συντονισμός, η μεταβολή της ροπής της μμηχανής, η ταχύτητα του ανέμου, θέματα ζυγοστάθμισης (Óskarsdóttir, 2014).



Εικόνα 4: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα
Πηγή: Invonio, 2014

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει καθιερώσει τη χρήση των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα που πλέον έχουν ισχύ πολλών kW. Ωστόσο, παρουσιάζουν σημεία που μπορούν να λειτουργήσουν ως μειονεκτήματα προβληματίζοντας τόσο σε επίπεδο σχεδιασμού όσο και σε επίπεδο κατασκευής. Ειδικότερα, προβληματισμό πολλές φορές δημιουργούν τα πτερύγια (αριθμός, μέγεθος, διάμετρος, σύνθεση υλικών κατασκευής), η συμπεριφορά του δρομέα κατά τη μεταβολή λειτουργίας (εκκίνηση, διακοπή, επιτάχυνση κλπ.), η αποδοτικότητα των αυτοματισμών λειτουργίας, ο προσανατολισμός του άξονα του δρομέα προς την κατεύθυνση του ανέμου, ζητήματα αντοχής των υλικών, ο προσδιορισμός του ύψους του δρομέα καθώς και κατασκευαστικά ζητήματα για τον πύργο στήριξης (Dafrose & Bajaro, 2008).

Στην τεχνολογία των ανεμογεννητριών περιλαμβάνονται και εκείνες του κατακόρυφου άξονα στις οποίες περιλαμβάνονται οι τύπου Savonius οι οποίοι διαθέτουν έλικα αντίστασης και οι τύπου Darrieus οι οποίοι διαθέτουν πτερύγια έλικα αεροδυναμικής άνωσης με υψηλά επίπεδα ταχύτητας περιστροφής. Στις ανεμογεννήτριες τύπου Darrieus τα πτερύγια είναι κάθετα και συμμετρικά με ημικυκλικό σχήμα. Οι μηχανές στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα περιστροφής παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως η ανεξάρτητη λειτουργία σε σχέση με την κατεύθυνση του ανέμου, οι δυνατότητες τοποθέτησης των μηχανισμών ζεύξης του άξονα της έλικας με τον άξονα της ηλεκτρογεννήτριας στη βάση του πύργου μειώνοντας σημαντικά τη μηχανική κόπωση του έλικας, της

ατράκτου και του πύργου. Πέραν ωστόσο των όποιων θετικών σημείων στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, υπάρχουν σημεία που τις καθιστούν μειονεκτικές έναντι εκείνων με οριζόντιο άξονα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η μεταβαλλόμενη ροπή σε κάθε περιστροφή καθιστώντας δύσκολη τη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής και το υψηλότερο κόστος κατασκευής (Óskarsdóttir, 2014).

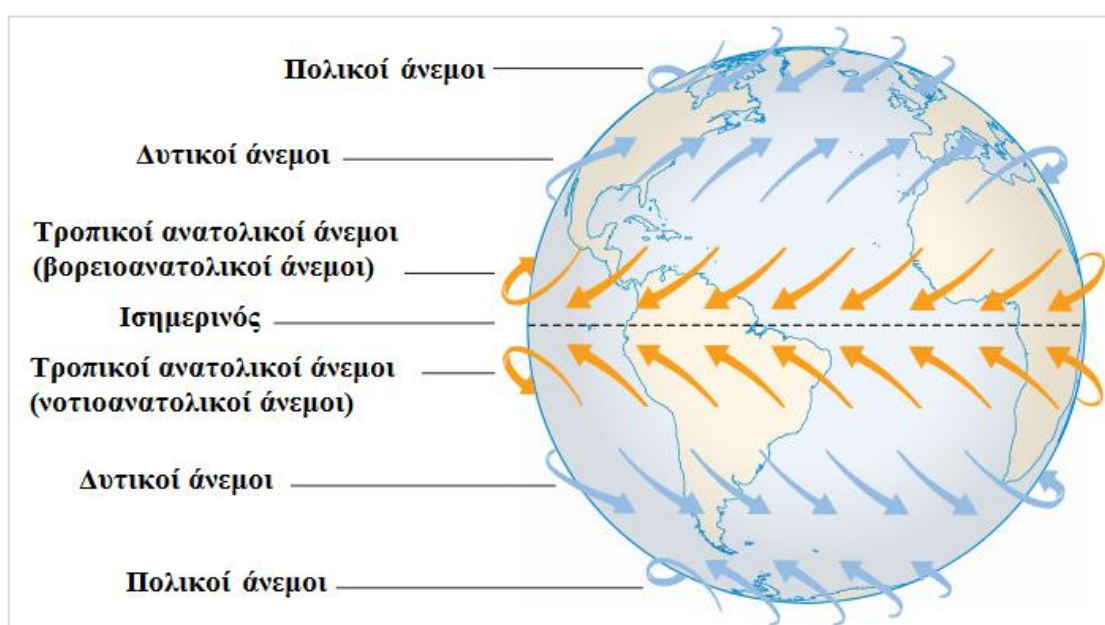


Εικόνα 5: Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα
Πηγή: Invonio, 2014

1.4. Στοιχεία και χαρακτηριστικά του ανέμου

Ο άνεμος ο οποίος αποτελεί βασικό συστατικό στοιχείο της αιολικής ενέργειας με τη δημιουργία του να οφείλεται στην ύπαρξη της ηλιακής ενέργειας. Συγκεκριμένα, η θερμική ενέργεια του ήλιου η οποία προσκρούει στην επιφάνεια του εδάφους δημιουργεί περιβαλλοντικές μεταβολές στην ατμόσφαιρα. Ο θερμός αέρας στις περιοχές του Ισημερινού όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι εντονότερη έχει ελαφρύτερη σύσταση οδηγώντας σε ανύψωσή του σε αντίθεση με του πόλους όπου ο αέρας είναι ψυχρότερος και κατέρχεται. Η κίνηση του θερμού αέρα που δημιουργείται στον Ισημερινό είναι προς βόρεια και νότια ενώ σε επίπεδα 30° και προς τις δύο κατευθύνσεις κατέρχεται ενώ η επιτάχυνση από την περιστροφική κίνηση της γης δημιουργεί τις αποκλίσεις ροής του. Με τη συγκεκριμένη διαδικασία δημιουργούνται οι επιμέρους κατευθύνσεις των ανέμων σε παγκόσμιο επίπεδο δημιουργώντας το αντίστοιχο αιολικό δυναμικό (Dobrovolski, 2002).

Τα χαρακτηριστικά του ανέμου σε κάθε γεωγραφική περιοχή ουσιαστικά ορίζουν την παρεχόμενη ισχύ και τη διαθέσιμη αιολική ενέργεια. Η παρεχόμενη ισχύς του ανέμου στην ανεμογεννήτρια είναι ανάλογος του κύβου της ταχύτητάς του με αποτέλεσμα ο ακριβής προσδιορισμός της ισχύος να είναι μια διαδικασία βασιζόμενη σε επιμέρους χαρακτηριστικά του. Η ταχύτητα του ανέμου εξαρτάται από παράγοντες όπως η γεωγραφική περιοχή με τα υψηλότερα σημεία να εμφανίζουν τις περισσότερες φορές υψηλότερα επίπεδα ταχύτητας. Χαρακτηριστικά του ανέμου όπως η κατεύθυνση, η μέση ταχύτητα, ο ρυθμός μεταβολών, η διάρκεια κλπ. δύναται να επηρεάσουν την τελικά παραγόμενη αιολική ενέργεια (Mahbub et al., 2011).



Εικόνα 6: Κίνηση ανέμων σε παγκόσμιο επίπεδο
Πηγή: Encyclopedia Britannica, 2013

Τα χαρακτηριστικά και οι παράμετροι προσδιορισμού του ανέμου ποικίλουν ανά γεωγραφική περιοχή καθιστώντας τις μετρήσεις αιολικής ενέργειας αρκετά πολύπλοκη. Τα μετεωρολογικά δεδομένα που συγκεντρώνονται αναφορικά με τους ανέμους πολλές φορές δεν είναι σε θέση να προσδιορίσουν χαρακτηριστικά του όπως η θερμοότητα, η πυκνότητα κλπ. Ωστόσο, βασικό σημείο αποτελεί ο τρόπος δημιουργίας των ανέμων που δεν είναι άλλος παρά η μετακίνηση των θερμών αέριων μαζών (ανοδικά) και η κάθοδος των ψυχρών αέριων μαζών. Η ανοδική και καθοδική πορεία των αντίστοιχων αέριων μαζών σε συνδυασμό με την περιστροφή της γης αποτελούν τη βάση δημιουργίας των ανέμων (Encyclopedia Britannica, 2013).

Ο άνεμος χαρακτηρίζεται από αέναη κίνηση εξαιτίας της ύπαρξης ηλιακής ακτινοβολίας, της ανομοιογένειας στην επιφάνεια του εδάφους ανά τον κόσμο και την περιστροφική κίνηση της γης. Περιβαλλοντικά, κλιματολογικά αλλά και μορφολογικά στοιχεία επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά του ανέμου όπως η ύπαρξη νερού, η επιφάνεια του εδάφους, τα επίπεδα υγρασία, η θερμοκρασία κλπ. Ο προσδιορισμός της ταχύτητας του ανέμου βασίζεται στο άθροισμα της μέσης ταχύτητας (V_m) και της μεταβλητής v όπου εκφράζει τις μεταβολές ($V = V_m + v$). Η μέση ταχύτητα του ανέμου V_m προσδιορίζεται τυπικά ως η μέση τιμή εντός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος (Chang et al., 2003).

Μεταξύ των χαρακτηριστικών που προσδιορίζουν τον άνεμο είναι επίσης η διεύθυνση και η ισχύς του. Η διεύθυνση του ανέμου προσδιορίζεται από το σημείο του ορίζοντα που πνέει και όχι προς την κατεύθυνσή του ενώ για την έκφραση της διεύθυνσης χρησιμοποιούνται μοίρες ($^{\circ}$) ή σύμβολα (ανεμόρομβοι). Η ένταση του ανέμου ως χαρακτηριστικό αποτελεί είτε την έκφραση της ασκούμενης πίεσης στις επιφάνειες είτε της ταχύτητας με την οποία κινείται (m/sec, km/h) (Chang et al., 2003).

1.5. Περιβαλλοντικές και αισθητικές επιδράσεις αιολικής ενέργειας

Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας συνοδεύεται από ορισμένες επιδράσεις που μπορούν να χαρακτηριστούν ως εξόχως σημαντικές τόσο σε επίπεδο περιβάλλοντος όσο και σε επίπεδο αισθητικού αποτελέσματος. Η αιολική ενέργεια όπως και οι υπόλοιπες μορφές ενέργειας συνοδεύεται από θετικά και αρνητικά στοιχεία. Σημείο αναφοράς για την αιολική ενέργεια αποτελούν οι ελάχιστες περιβαλλοντικές επιδράσεις σε σύγκριση με παραδοσιακές μορφές ενέργειας οι οποίες επιβαρύνουν το περιβάλλον μέσω της έκλυσης χημικών ουσιών. Κατά την παραγωγή αιολικής ενέργειας δεν υφίσταται η δημιουργία ουσιών που θα μπορούσαν να επιβαρύνουν το περιβάλλον, να ενισχύσουν φαινόμενα όπως του θερμοκηπίου ή της όξινης βροχής (Kaldellis et al., 2016).

Επίσης, η τεχνολογία που αξιοποιείται στην παραγωγή της αιολικής ενέργειας συνοδεύεται γενικά από μειωμένο κόστος αποτελώντας μια από τις οικονομικότερες μορφές Α.Π.Ε. Πλέον, ο σχεδιασμός και η κατασκευή των ανεμογεννητριών μέσω των εξελίξεων στην τεχνολογία παρουσιάζουν μειωμένο κόστος χωρίς σημαντικές

επιβαρύνσεις για το περιβάλλον (Bueno & Carta, 2005). Μεταξύ των πλεονεκτημάτων των ανεμογεννητριών συγκαταλέγεται και η τοποθεσία εγκατάστασης η οποία δεν επηρεάζεται από τη μορφολογία του εδάφους ενώ στοιχεία όπως οι έντονοι άνεμοι μπορούν να λειτουργήσουν θετικά. Η τοποθέτηση των ανεμογεννητριών μπορεί να πραγματοποιηθεί σε εκτάσεις που βρίσκονται εκτεθειμένες στον άνεμο ή σε ορεινές περιοχές χωρίς να εμποδίζεται η περιμετρική δραστηριότητα ή να αλλοιώνεται αισθητά το φυσικό περιβάλλον (Χαραλαμπίδης, 2004).

Ωστόσο, πέρα από τα όποια οφέλη συνοδεύουν την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, μια σειρά στοιχείων λειτουργούν επιβαρυντικά στην αξιοποίησή της. Αν και η κατασκευή αιολικών πάρκων δεν συνοδεύεται από σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, υπάρχουν σημεία που θα μπορούσαν να τις χαρακτηρίσουν ως επιβαρυντικές για το περιβάλλον. Σε σύγκριση με άλλες μορφές ενέργειας προβληματισμοί εκφράζονται αναφορικά με τα επίπεδα θορύβου που παράγονται από τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας αλλά και το αισθητικό αποτέλεσμα ιδιαίτερα σε περιπτώσεις υπερμεγεθών αιολικών πάρκων. Ο θόρυβος των ανεμογεννητριών προέρχεται τόσο από τη λειτουργία του κινητήρα όσο και από την κίνηση των πτερυγίων και εξαρτάται από το μέγεθός τους. Τα αιολικά πάρκα συχνά θεωρούνται υπεύθυνα για τη δημιουργία ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών επηρεάζοντας την τελική επιλογή δημιουργίας ενός αιολικού πάρκου (Kaldellis et al., 2016).

Περιβαλλοντική επίπτωση θα μπορούσε να αποτελεί η μεταβολή της γεωμορφολογίας του εδάφους από την κατασκευή των ανεμογεννητριών. Η κατασκευή της εγκατάστασης κατά ορισμένους αναλυτές μεταβάλλει τη μορφολογία του εδάφους και τον υδροφόρο ορίζοντα. Η συγκεκριμένη επίπτωση συναρτάται από την έκταση της εγκατάστασης, τις αναλύσεις για τυχόν ύπαρξη ύδατος, τις ακολουθούμενες πρακτικές αποκατάστασης αλλά και το ίδιο το οικοσύστημα (Dai et al., 2015).

Σε επίπεδο αισθητικών επιπτώσεων, η παραγωγή αιολικής ενέργειας δεν μπορεί να λεχθεί ότι δημιουργεί προβλήματα μη αναστρέψιμα. Η δημιουργία αιολικών πάρκων δεν δημιουργεί σημαντικά προβλήματα σε παράλληλες αγροτικές δραστηριότητες όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία κλπ. τηρώντας βεβαίως ένα ασφαλές όριο προστασία κυρίως ως προς τον πύργο στήριξης. Επίσης, οι εκτάσεις που απαιτούνται για την παραγωγή αιολικής ενέργειας είναι κατά πολύ μικρότερες έναντι άλλων μορφών ενέργειας επηρεάζοντας λιγότερο το περιβάλλον σε επίπεδο αισθητικής. Ωστόσο, η

εγκατάσταση των ανεμογεννητριών σε μεγάλη ύψη τις καθιστούν ορατές από μεγάλες αποστάσεις με το αισθητικό αποτέλεσμα να εξαρτάται από τον τόπο εγκατάστασης, το σχεδιασμό, την επιλογή των υλικών. Στις αισθητικές επιπτώσεις θα πρέπει να συμπεριληφθεί και η διάθεση μιας έκτασης για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών, διότι αποκλείει ή περιορίζει την εκμετάλλευση της έκτασης αυτής σε άλλες χρήσεις (Χαραλαμπίδης, 2004; Kaldellis et al., 2016).

Κεφάλαιο 2: Αιολικό Πάρκο

2.1. Αιολικά πάρκα: Έννοια και στοιχεία

Η έννοια του αιολικού πάρκου ή του αιολικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως διαφορετικά μπορεί να οριστεί, περιλαμβάνει την οποιαδήποτε χερσαία ή θαλάσσια έκταση επί της οποίας εγκαθίσταται ικανός αριθμός ανεμογεννητριών για τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική. Τα αιολικά πάρκα αποτελούν εγκαταστάσεις οι οποίες απαρτίζονται από συστοιχίες ανεμογεννητριών, μονάδες αποθήκευσης ενέργειας, δίκτυο μεταφοράς αλλά και συνολικά από οποιαδήποτε υποδομή συμβάλλει προς την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας (π.χ. οδικό δίκτυο) (EWEA, 2009).



Εικόνα 7: Αιολικό πάρκο
Πηγή: Booker, 2011

Τα αιολικά πάρκα αποτελούν σημαντική εναλλακτική επιλογή παραγωγής ενέργειας καθώς δεν έχουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις εστιάζοντας κυρίως στην κατασκευή των υποδομών και λιγότερο στις λειτουργικές επιπτώσεις. Η εγκατάσταση του αιολικού πάρκου οριοθετείται σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό για την παραγωγή όσο το δυνατόν περισσότερης αιολικής ενέργειας. Η χρήση ανεμογεννητριών αποσκοπεί στην παροχή ενέργειας στο σύστημα και στη μετατροπή της από κινητική σε ηλεκτρική. Ο χώρος τοποθέτησης των αιολικών πάρκων προσδιορίζει και τον τύπο του (χερσαία, υπεράκτια, παράκτια) ενώ η

παραγόμενη ισχύς εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος των ανεμογεννητριών και το αιολικό δυναμικό (Kaldellis & Kavadias, 2001).

Αναφορικά με τη λειτουργία του αιολικού πάρκου καθοριστική σημασία επιτελούν τα συστήματα ελέγχου και εποπτείας τα οποία είναι συνδεδεμένα με όλα τα επιμέρους τμήματα (ανεμογεννήτριες, μετεωρολογικούς σταθμούς, υποσταθμούς κλπ). Η σύνδεση των επιμέρους τμημάτων του αιολικού πάρκου επιτρέπει όχι μόνο την ομαλή λειτουργία του αλλά και τον πλήρη έλεγχο και εντοπισμό δυσλειτουργιών. Το σύστημα ελέγχου του αιολικού πάρκου είναι σε θέση να συγκεντρώνει και να αξιολογεί πληροφορίες αναφορικά με τη λειτουργία και την απόδοση ώστε να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες αποκατάστασης. Η αποδοτικότητα και η λειτουργικότητα ενός αιολικού πάρκου εξαρτάται τόσο από την κατάλληλη εγκατάσταση με αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού όσο και από τη συντήρηση η οποία απαιτεί εξειδικευμένη τεχνογνωσία (Blanco, 2009).

Κατά γενικό κανόνα, η δημιουργία αιολικού πάρκου βασίζεται στην αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού και στην ύπαρξη ελάχιστης μέσης ταχύτητας η οποία θα πρέπει να κυμαίνεται κατ' ελάχιστο σε 4,5 m/sec ή μεγαλύτερη. Ως ιδανική επιλογή γεωγραφικής περιοχής ορίζεται εκείνη η οποία γενικά παρουσιάζει μια σταθερότητα τόσο ως προς τις ταχύτητες και ριπές ανέμου όσο και ως προς τις δυνατότητες πρόσβασης. Τα μετεωρολογικά δεδομένα ωστόσο αναφορικά με τις ταχύτητες ανέμου μεμονωμένα δεν είναι συνήθως επαρκή για την ακριβή χωροθέτηση ενός μεγάλου έργου αιολικής ενέργειας. Η συλλογή των συγκεκριμένων δεδομένων αναφορικά με την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου είναι ζωτικής σημασίας για τον προσδιορισμό πιθανών περιοχών εγκατάστασης και συνήθως απαιτούν την αξιολόγηση διαστημάτων μεγαλύτερων του έτους (Kaldellis & Kavadias, 2001; Blanco, 2009).

2.2. Διάκριση των αιολικών πάρκων

Ο σχεδιασμός και η δημιουργία του αιολικού πάρκου βασίζεται στον προκαθορισμό παραγόντων όπως το κόστος, η διαθέσιμη έκταση, το αιολικό δυναμικό, η μέση ταχύτητα ανέμου, η περιοχή εγκατάστασης. Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει επιτρέψει την δημιουργία και εγκατάσταση αιολικών πάρκων ακόμα και στις πιο δύσβατες περιοχές. Μέχρι πριν από μερικά χρόνια οι δυνατότητες

δημιουργίας αιολικών πάρκων περιοριζόταν σε χερσαίες περιοχές. Πλέον, αιολικά πάρκα δύναται να δημιουργούν σε παράκτιες ή υπεράκτιες θαλάσσιες περιοχές αυξάνοντας τις δυνατότητες αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού. Οι εξελίξεις αυτές αποτελούν τη βάση δημιουργίας αιολικών πάρκων σε περιοχές που διαθέτουν περιορισμένες χερσαίες περιοχές ή το αιολικό τους δυναμικό εντοπίζεται σε περιοχές πλησίον ή εντός της θάλασσας. Στις ενότητες που θα ακολουθήσουν, θα παρουσιαστούν στοιχεία αναφορικά με τη βασική διάκριση των αιολικών πάρκων ανάλογα με την περιοχή εγκατάστασης και συγκεκριμένα σε υπεράκτια, παράκτια και χερσαία (Kaldellis & Kavadias, 2001).

2.2.1. Υπεράκτια αιολικά πάρκα

Το υπεράκτιο αιολικό πάρκο (offshore wind farm) αποτελεί μια νέα εναλλακτική επιλογή αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού μιας θαλάσσιας περιοχής. Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα εγκαθίστανται σε θαλάσσιες περιοχές οι οποίες αξιολογούνται ως καταλληλότερες στην παραγωγή ενέργειας έναντι χερσαίων. Βασικό πλεονέκτημα των υπεράκτιων αιολικών πάρκων είναι οι πολύ μεγάλες δυνατότητες ως προς τις διαθέσιμες εκτάσεις και οι υψηλότερες ταχύτητες ανέμου που συνήθως παρατηρούνται στην επιφάνεια της θάλασσας έναντι της ξηράς καθιστώντας αποδοτικότερη τη λειτουργία των ανεμογεννητριών (Arapogianni & Genachte, 2013).



Εικόνα 8: Υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Πηγή: Carbon Brief, 2015

Στα υπεράκτια αιολικά πάρκα χρησιμοποιούνται κατάλληλες ανεμογεννήτριες οι οποίες πέραν των όποιων άλλων αντιξοοτήτων έχουν να αντιμετωπίσουν και την παρουσία του νερού. Στα δομικά συστατικά στοιχεία που συνθέτουν τις ανεμογεννήτριες περιλαμβάνονται ο ρότορας και ο πύργος. Στο ρότορα συνηθέστερα χρησιμοποιούνται 3 πτερύγια και η άτρακτος του κινητήρα ενώ βασικό σημείο της τοποθέτησης του πύργου αποτελεί το σημείο έδρασης. Οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε διάφορους τύπους ανάλογα με το βάθος έδρασης στη θάλασσα (ρηχού, ενδιάμεσου και βαθύ νερού). Η καταλληλότητα της ανεμογεννήτριας στα υπεράκτια αιολικά πάρκα καθορίζεται από παράγοντες όπως η ταχύτητα του ανέμου, ο κυματισμός, η ποιότητα και το είδος του βυθού, η δυνατότητα διασύνδεσης με το δίκτυο και γενικά οι επιδράσεις του θαλάσσιου περιβάλλοντος στην εγκατάσταση (Lindvig, 2010).

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις κυρίως ως προς τη διαδικασία εγκατάστασης καθώς έχουν αυξημένες μηχανικές απαιτήσεις ως προς την υποδομή, την κατάλληλη σύνδεση και τη εξασφάλιση της προστασίας έναντι των διαβρώσεων που επιφέρει το θαλάσσιο περιβάλλον. Παρ' ότι η εγκατάσταση ανεμογεννητριών στη θάλασσα παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες, οι αυξημένες ταχύτητες ανέμου και οι δυνατότητες περαιτέρω αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού ώθησαν στην αύξηση του ενδιαφέροντος (Gonzalez – Rodriguez, 2017).

Γενικά, τόσο το αιολικό δυναμικό όσο και η μείωση του επιπέδου του κόστους σχετικά με την κατασκευή υπεράκτιων αιολικών πάρκων αποτέλεσαν τους βασικούς παράγοντες άνθησης σε συνδυασμό με τον περιορισμό επιπτώσεων όπως τα επίπεδα θορύβου ιδιαίτερα σε κατοικημένες περιοχές. Η εγκατεστημένη ισχύς στα υπεράκτια αιολικά πάρκα σε παγκόσμιο επίπεδο αυξάνει σημαντικά καθώς οι δυνατότητες της τεχνολογίας επιτρέπουν τη δημιουργία αιολικών πάρκων ακόμα και σε θαλάσσια περιβάλλοντα όπου το παρελθόν μια τέτοια προσπάθεια θα θεωρούνταν εξ αρχής καταδικασμένη (Blanco, 2009; Kim et al., 2016).

2.2.2. Χερσαία αιολικά πάρκα

Τα χερσαία αιολικά πάρκα (onshore wind farms) κατασκευάζονται σε χερσαίες περιοχές με σχετικό υψόμετρο ενώ για να οριστούν ως τέτοια θα πρέπει κατ' ελάχιστο να διατηρούν απόσταση 3 km από την εγγύτερη ακτογραμμή. Τα χερσαία

αιολικά πάρκα όταν κατασκευάζονται σε υψόμετρο ακολουθούν την κορυφογραμμή ώστε να αξιοποιηθεί στο μέγιστο το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό. Κατά την κατασκευή των χερσαίων αιολικών πάρκων ιδιαίτερη σημασία επιτελεί η τοποθέτηση των ανεμογεννητριών και η αξιολόγηση της μέσης ταχύτητας της περιοχής. Η εγκατάσταση των χερσαίων αιολικών πάρκων δύναται να πραγματοποιηθεί και σε πεδινές περιοχές ανάλογα με το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό (Bassi et al., 2012).



Εικόνα 9: Χερσαίο αιολικό πάρκο

Πηγή: Grimwood, 2016

Τα χερσαία αιολικά πάρκα αποτελούν την πιο διαδεδομένη μορφή στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας ενώ και σε επίπεδο τεχνολογίας βρίσκονται πλέον σε ιδιαίτερα ανεπτυγμένο επίπεδο. Η βασική δυσκολία κατασκευής των χερσαίων αιολικών πάρκων σε ορεινούς όγκους έγκειται στη διαδικασία μεταφοράς του αναγκαίου εξοπλισμού ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει το αναγκαίο οδικό δίκτυο. Πλεονέκτημα των χερσαίων αιολικών πάρκων σε ορεινούς όγκους αποτελεί η αξιοποίηση περιοχών που δεν θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν διαφορετικά σε επίπεδο ενέργειας αν και συχνά υπάρχουν ενστάσεις αναφορικά με την αισθητική παρέμβαση (Blanco, 2009; Anderson, 2013).

Μέχρι και το 2000 η βασικότερη πηγή αιολικής ενέργειας ήταν τα χερσαία αιολικά πάρκα εξαιτίας των λιγότερων υποδομών που απαιτούσαν, την προηγμένη και εξειδικευμένη τεχνολογία και τη διαθεσιμότητα των εκτάσεων. Το μεγαλύτερο εμπόδιο στη βελτιστοποίηση των χερσαίων ανεμογεννητριών είναι η μεταβλητότητα των επιπέδων ανέμου στην επιφάνεια του εδάφους. Στα χερσαία αιολικά πάρκα η

απόδοση βελτιστοποιείται σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου ενώ υφίσταται δραστική απώλεια αποδοτικότητας όταν η ταχύτητα του ανέμου ποικίλλει από την ιδανική ταχύτητα. Το πρόβλημα της μεταβλητότητας στην ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια του εδάφους ουσιαστικά ώθησε και στην αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας (Anderson, 2013; Enevoldsen & Valentine, 2016).

2.2.3. Παράκτια αιολικά πάρκα

Τα παράκτια αιολικά (nearshore wind farms) πάρκα εγκαθίστανται σε περιοχές οι οποίες βρίσκονται κοντά στη θάλασσα και εντός της ζώνης των 3 km από την ακτή. Η επιλογή παράκτιων περιοχών για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων βασίζεται στις υψηλές ταχύτητες ανέμου που αναπτύσσονται εξαιτίας των διαφορών σε επίπεδο θερμοκρασίας μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Η ανάπτυξη των παράκτιων πάρκων τα τελευταία χρόνια ακολουθεί την πορεία των αντίστοιχων χερσαίων καθώς σε επίπεδο τεχνολογίας δεν διαφοροποιούνται σημαντικά (Jacobsen et al., 2016).



Εικόνα 10: Παράκτιο αιολικό πάρκο

Πηγή: Econews, 2015

Σε ορισμένες περιπτώσεις όπου το παράκτιο αιολικό πάρκο γειτνιάζει με τη θάλασσα, απαιτούνται ειδικές προδιαγραφές κατασκευής που ακολουθούνται στα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Ειδικότερα, αυξημένη προσοχή αποδίδεται στην κατασκευή στήριξης των ανεμογεννητριών αλλά και στην προστασία έναντι των

διαβρώσεων. Η αξιοποίηση και διάδοση των παράκτιων αιολικών πάρκων τα τελευταία χρόνια αν και έχει αυξηθεί συνοδεύεται ωστόσο από μια σειρά πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων έναντι των άλλων τύπων αιολικών πάρκων (Wilson et al, 2010).

Μεταξύ των πλεονεκτημάτων των παράκτιων αιολικών πάρκων συγκαταλέγεται η δυνατότητα αξιοποίησης των ταχύτερων ανέμων που αναπτύσσονται στις παράκτιες περιοχές εξαιτίας των θερμοκρασιακών διαφορών. Επίσης, η ποιότητα του αέρα θεωρείται καλύτερη εξασφαλίζοντας καλύτερες προδιαγραφές λειτουργίας για το αιολικό πάρκο μειώνοντας το κόστος συντήρησης αλλά αυξάνοντας και τη διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων. Μπορεί αφενός η εγκατάσταση ενός παράκτιου αιολικού πάρκου να αυξάνει το κόστος εξαιτίας των απαιτήσεων προστασίας έναντι των περιβαλλοντικών συνθηκών με την παρουσία της θάλασσας, ωστόσο η ποιότητα λειτουργίας και απόδοσης αντισταθμίζει το συγκεκριμένο μειονέκτημα καθιστώντας τα παράκτια αιολικά πάρκα εξόχως ανταγωνιστικά των χερσαίων (Waewsak et al., 2014; Jacobsen et al., 2016).

Η ανάγκη χρήσης παράκτιων περιοχών για την κατασκευή των συγκεκριμένων αιολικών πάρκων δημιουργεί προβλήματα ως προς την εύρεση της καταλληλότερης. Συγκεκριμένα, σε περιπτώσεις πυκνοκατοικημένων παράκτιων περιοχών ή ύπαρξης φυσικών εμποδίων (π.χ. συστοιχίες δέντρων, δάσος κλπ.), η κατασκευή αιολικού πάρκου είναι ιδιαίτερα δύσκολη όχι μόνο λόγω κοινωνικών αντιδράσεων αλλά και περιορισμών στην ταχύτητα του αέρα. Στις παράκτιες περιοχές επίσης συχνά υφίστανται κτήρια και δομές που έμμεσα μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση του αιολικού πάρκου ως προς τη ροή του ανέμου. Οι παράκτιες περιοχές στις περισσότερες των περιπτώσεων αποτελούν πόλο έλξης του πληθυσμού με αποτέλεσμα η αξία της γης να είναι αυξημένη. Το συγκεκριμένο στοιχείο συνακόλουθα αυξάνει και το κόστος κατασκευής ενός παράκτιου αιολικού πάρκου ενώ αντιδράσεις εκφράζονται αναφορικά με την ασφάλεια αλλά και την υποβάθμιση της περιοχής (Wilson et al, 2010).

2.3. Η χωροθέτηση των αιολικών πάρκων

Η εγκατάσταση των αιολικών πάρκων βασίζεται στη αξιολόγηση επιμέρους παραγόντων και συνθηκών ώστε να εξασφαλίζεται η απόδοση και βιωσιμότητα της

εγκατάστασης αλλά και οι κατά το δυνατόν λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η χωροθέτηση του αιολικού πάρκου περιλαμβάνει την επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας, τη θέση της εκάστοτε ανεμογεννήτριας, την αξιολόγηση της ταχύτητας του ανέμου, το αιολικό δυναμικό κλπ. Η παραγωγή αιολικής ενέργειας μέσω των αιολικών πάρκων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κατάλληλη χωροθέτηση της εγκατάστασης. Πριν τον οποιοδήποτε σχεδιασμό του αιολικού πάρκου απαιτείται να αξιολογηθούν επιμέρους δεδομένα και παράγοντες επίδρασης (Lee et al., 2009; Astariz & Iglesias, 2016).

Μεταξύ των βασικότερων παραγόντων επιλογής της περιοχής χωροθέτησης του αιολικού πάρκου αποτελούν οι κλιματολογικές συνθήκες. Ειδικότερα, τα επίπεδα θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας ανέμου, η συχνότητα μεταβολών στη ροπή, οι πιθανές βροχοπτώσεις σε συνδυασμό με τα επίπεδα έντασης, η τυχόν ύπαρξη παγετού κλπ. Οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες στην περιοχή χωροθέτησης του αιολικού πάρκου μπορούν να επηρεάσουν σε σημαντικό βαθμό την απόδοση του αιολικού πάρκου και συνακόλουθα την παραγόμενη αιολική ενέργεια (Waewsak et al., 2014).

Μεταξύ των κριτηρίων χωροθέτησης ενός αιολικού πάρκου συμπεριλαμβάνεται και η μορφολογία του εδάφους. Η τυχόν ύπαρξη ασταθούς και σαθρού εδάφους και η τυχόν αυξημένη κλίση αυξάνουν τις απαιτήσεις και το κόστος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών ενώ μπορεί να επηρεάσουν και τη λειτουργική τους απόδοση. Για το συγκεκριμένο λόγο, η χωροθέτηση των αιολικών πάρκων πρωταρχικά βασίζεται στην επιλογή εδαφών με αντίσταση στη σαθρότητα και μειωμένες κλίσεις. Ως καταλληλότερες περιοχές ως προς τα εδάφη αξιολογούνται συνηθέστερα οι κορυφές λόφων και βουνών, οι πεδιάδες και οι παράκτιες περιοχές που διαθέτουν ισχυρό το στοιχείο της ταχύτητας των ανέμων. Εξάιρεση στην εγκατάσταση αιολικών πάρκων αποτελούν περιοχές οι οποίες θεσμοθετημένα έχουν οριστεί ως προστατευόμενες ανεξάρτητα από τις δυνατότητες που ενδεχόμενα να παρουσιάζουν (Lee et al., 2009).

Κριτήριο αξιολόγησης στην επιλογή χωροθέτησης του αιολικού πάρκου αποτελεί το αιολικό δυναμικό που διαθέτει η εκάστοτε περιοχή. Πριν τη δημιουργία της εγκατάστασης απαιτείται σαφής αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού της υπό εξέταση περιοχής με βάση τα ανεμολογικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα. Η διαδικασία για την προκαταρκτική εκτίμηση και αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής αποτελεί την πρώτη φάση για τη γνωμοδότηση αναφορικά με την εγκατάσταση αιολικού πάρκου διασφαλίζοντας στο μέτρο του δυνατού την απόδοσή του (Astariz & Iglesias, 2016).

Στη διαδικασία χωροθέτησης των αιολικών πάρκων, εντάσσονται και οι περιβαλλοντικές κατευθύνσεις, προκειμένου να προσαρμόζονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στο περιβάλλον και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής. Γενικά, οι επιδράσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον είναι πολύ περιορισμένες. Ωστόσο, σε ορισμένες μεμονωμένες περιπτώσεις μπορεί η εγκατάσταση ανεμογεννητριών να έχει αρνητικές επιδράσεις σε επίπεδο αισθητικής, ηλεκτρομαγνητικών αλληλεπιδράσεων λόγω των πτερυγίων των ανεμογεννητριών και θορύβου (Lee et al., 2009; Castro – Santos, 2016).

2.4. Λειτουργία και συντήρηση αιολικών πάρκων

Η λειτουργία του αιολικού πάρκου όπως και οποιασδήποτε εγκατάστασης η οποία βασίζεται στην ύπαρξη σύνθετων μηχανών επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες ενώ ταυτόχρονα απαιτείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα η λειτουργική τους συντήρηση. Η αναγκαιότητα της συντήρησης της εγκατάστασης θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική καθώς όχι μόνο εξασφαλίζει την ομαλή της λειτουργία αλλά και τη μακροβιότητά της. Μεταξύ των σημαντικότερων προβλημάτων που ανακύπτουν στη λειτουργία ενός αιολικού πάρκου είναι η μη ομαλή λειτουργία ή ακόμα και η διακοπή των ανεμογεννητριών. Τυχόν ύπαρξη δονήσεων κατά τη λειτουργία των πτερυγίων, μετατόπιση εξαρτημάτων, ανεπαρκής στήριξη καθιστούν επιβεβλημένη τη συντήρηση του αιολικού πάρκου (Li et al., 2016).

Η πρόληψη δυσλειτουργιών και η ελαχιστοποίηση εμφάνισης προβλημάτων που θα μπορούσαν να πλήξουν τη σταθερότητα των αιολικών πάρκων βασίζεται στην επαρκή συντήρηση. Η συντήρηση του αιολικού πάρκου ανά τακτά χρονικά διαστήματα (μηνιαία, τριμηνιαία ή σε ετήσια βάση) γίνεται στη βάση προδιαγραφών που τίθενται από τους κατασκευαστές των εκάστοτε εξαρτημάτων. Από τις σημαντικότερες διαδικασίες συντήρησης είναι οι τακτικοί έλεγχοι λειτουργίας των ανεμογεννητριών στα επιμέρους τμήματα. Χαρακτηριστικά, η επαρκής λίπανση, η αντικατάσταση φθαρμένων εξαρτημάτων, ο καθαρισμός των πτερυγίων είναι ορισμένες από τις εργασίες που θα πρέπει να εκτελούνται στα πλαίσια των απαραίτητων συντηρήσεων (Irawan et al., 2014).

Πέραν των όποιων διαδικασιών αντικατάστασης ή αποκατάστασης βλαβών, στα αιολικά πάρκα ιδιαίτερη σημασία στα πλαίσια της συντήρησης επιτελούν οι προληπτικές εργασίες και έλεγχοι. Ειδικότερα, μέσω της ανάλυσης συγκεκριμένων στοιχείων και δεδομένων που συγκεντρώνονται αναφορικά με τη λειτουργία του αιολικού πάρκου, τα συστήματα καλούνται να εντοπίσουν μεταβολές στις συνθήκες λειτουργίας. Η συγκεκριμένη συντήρηση θα πρέπει να εκτελείται τακτικά από εξειδικευμένους τεχνικούς ώστε αφενός να προλαμβάνονται τυχόν βλάβες και αφετέρου να δημιουργούνται βάσεις διαχείρισης ενδεχόμενων λειτουργικών προβλημάτων στο μέλλον (Chaouachi et al., 2017).

Εκτός ωστόσο της τακτικής ή της προληπτικής συντήρησης στα επιμέρους λειτουργικά τμήματα του αιολικού πάρκου, υφίσταται και η επιλογή της προαιρετικής συντήρησης. Η προαιρετική συντήρηση αποτελεί επιλογή κατά την οποία τυχόν βλάβες μπορούν να προβλεφθούν και οι τεχνικοί είναι σε θέση να παρέμβουν ώστε να μην εμφανιστούν. Οι συγκεκριμένες παρεμβάσεις προαιρετικού χαρακτήρα είναι κυρίως μέσω των τροποποιήσεων στη λειτουργία, βελτιώσεων στη διαδικασία συντήρησης, συνεχούς εκπαίδευσης των εμπλεκόμενων κ.ά. Η προαιρετική συντήρηση μπορεί να διενεργείται από τη στιγμή της αρχικής εγκατάστασης κιόλας του αιολικού πάρκου προλαμβάνοντας βλάβες οι οποίες σε επίπεδο τακτικής συντήρησης μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρονοβόρες και πολυσύνθετες (Li et al., 2016).

Ο καθορισμός της συντήρησης αλλά και η εκτέλεση των επιμέρους εργασιών εντάσσονται στα πλαίσια ορισμού συγκεκριμένου προγράμματος. Ο προγραμματισμός της συντήρησης μέσω προγράμματος, ο καθορισμός των αρμοδιοτήτων, ο ορισμός των τεχνικών και η αντικατάσταση ή αποκατάσταση βλαβών αποτελούν ίσως τις σημαντικότερες διαδικασίες ομαλής λειτουργίας και απόδοσης των αιολικών πάρκων.

3.1. Παράγοντες αξιολόγησης αιολικού δυναμικού

Η αξιολόγηση και ο προσδιορισμός του αιολικού δυναμικού είναι μια αρκετά σύνθετη και πολύπλοκη διαδικασία κατά την οποία διενεργούνται μετρήσεις στην περιοχή εγκατάστασης του αιολικού δυναμικού μέσω κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων. Οι προβλέψεις, οι εκτιμήσεις αλλά και οι μετρήσεις στοιχείων του αιολικού δυναμικού αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες απόφασης για το αιολικό πάρκο. Η εγκατάσταση του αιολικού πάρκου προϋποθέτει ανάλυση του αιολικού δυναμικού λαμβάνοντας υπόψη τους ακόλουθους παράγοντες (Kaldellis & Kavadias, 2001; Vogiatzis et al., 2004; Kotroni et al., 2014):

- 1) Μορφολογικά και τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής εγκατάστασης (π.χ. ύπαρξη λόφων, δάσους, χαρακτηριστικά εδάφους κ.ά.).
- 2) Στοιχεία ανέμων περιοχής (ταχύτητα ανέμων, ροπή, μεταβολές κ.ά.).
- 3) Μετεωρολογικά δεδομένα περιοχής (π.χ. επίπεδα υγρασίας, θερμοκρασίες, βροχές).
- 4) Στοιχεία αιολικού χαρακτήρα γειτνιαζόντων περιοχών.
- 5) Παρουσία και βαθμός κατοίκησης ευρύτερης περιοχής.
- 6) Σαφής συσχετισμός απόδοσης ανέμου και μακροχρόνιας διατήρησης του αιολικού δυναμικού βάσει μαθηματικών μοντέλων.
- 7) Επίπεδο αιολικού δυναμικού βάσει των χαρακτηριστικών και της κατεύθυνσης των ανέμων.
- 8) Βαθμός επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από την εγκατάσταση αιολικού πάρκου στην περιοχή.
- 9) Προσδιορισμός επιπέδων θορύβου και ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών.
- 10) Ελάχιστες αποστάσεις από τηλεπικοινωνιακούς ή ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς.
- 11) Βαθμός επίδρασης στις γεωργικές ή κτηνοτροφικές δραστηριότητες μιας περιοχής.
- 12) Υπολογισμός τύρβης και διάτμησης από την εγκατάσταση ανεμογεννητριών.
- 13) Επίδραση της τραχύτητας του εδάφους.

14) Επίδραση φυσικών και τεχνικών επιφανειακών εμποδίων εδάφους.

15) Αξιολόγηση πυκνότητας του αέρα.

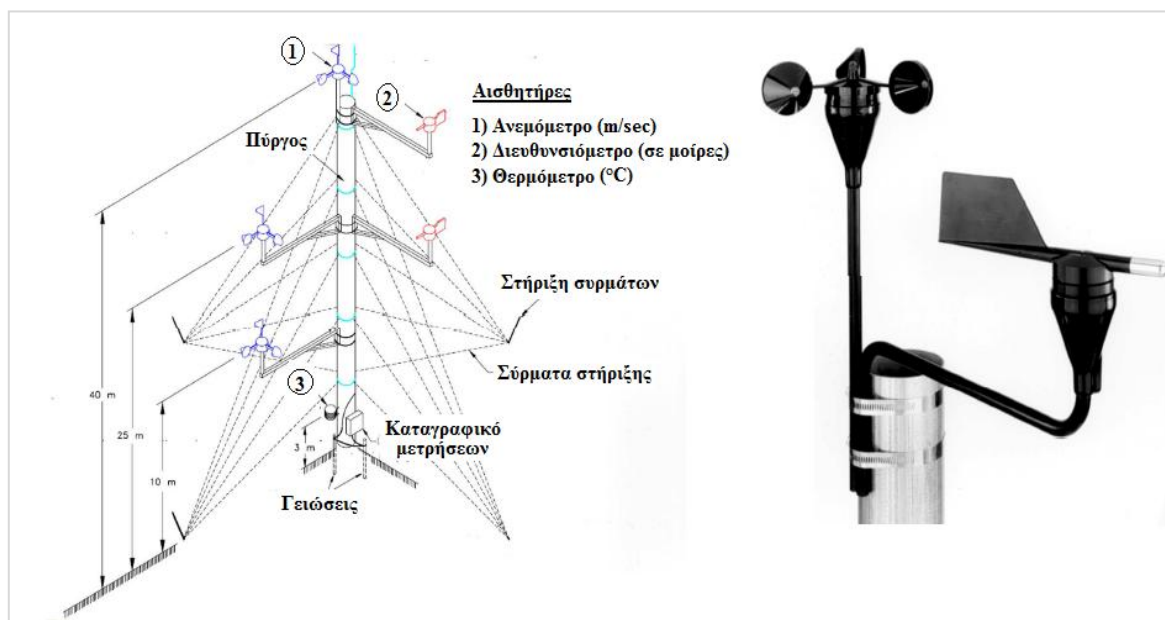
Η εγκατάσταση του αιολικού πάρκου με βάση τους παραπάνω παράγοντες οι οποίοι αξιολογούνται και εκτιμώνται είναι μια διαδικασία η οποία απαιτεί επιστημονικές και τεχνικές γνώσεις. Η οποιαδήποτε απόφαση συνεκτιμά και συνυπολογίζει την επίδραση του εκάστοτε παράγοντα ώστε η επιλογή της τελικής περιοχής αφενός να εξασφαλίζει τα ιδανικότερα αποτελέσματα από την πλευρά της αιολικής ενέργειας και αφετέρου να μην διαταράσσει το φυσικό περιβάλλον και τυχόν κατοικημένες περιοχές. Ο συνδυασμός επιστημονικής και τεχνικής γνώσης αλλά και η συνεργασία του εκάστοτε προσωπικού ουσιαστικά θέτει και τις βάσεις επιτυχούς αξιολόγησης μιας περιοχής ώστε να εγκατασταθεί αιολικό πάρκο.

3.2. Εκτιμήσεις αιολικού δυναμικού

Η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής για την εγκατάσταση αιολικού δυναμικού προϋποθέτει την εκτέλεση μια σειρά διαδικασιών που σχετίζονται με μετρήσεις έντασης του ανέμου, κατεύθυνσης και υψομετρικών χαρακτηριστικών της περιοχής. Ειδικότερα, στις εκτιμήσεις του αιολικού δυναμικού περιλαμβάνονται:

1) **Μετρήσεις μετεωρολογικών ιστών.** Οι μετρήσεις των μετεωρολογικών ιστών καθίστανται ιδιαίτερα καθοριστικές στη συνολική εκτίμηση εγκατάστασης του αιολικού δυναμικού. Η τοποθέτηση ενός ή περισσότερων μετεωρολογικών ιστών οριοθετείται εντός της περιοχής ενδιαφέροντος, ιδανικότερα στο υψηλότερο σημείο προς αποφυγή οποιουδήποτε φυσικού ή τεχνητού εμποδίου. Ως κατάλληλο ύψος τοποθέτησης των μετεωρολογικών ιστών έχουν εκτιμηθεί τα 10 m ενώ κατά περίπτωση η τοποθέτηση των οργάνων μέτρησης μπορεί να γίνει σε μεγαλύτερο ύψος (π.χ. 20,30 ή ακόμα και 60 m). Η σωστή τοποθέτηση του ύψους των οργάνων προσφέρει και ακριβή πληροφόρηση αναφορικά με τις δυνατότητες της περιοχής εγκατάστασης. Στους μετεωρολογικούς ιστούς εγκαθίστανται ανεμόμετρο, διευθυνσιόμετρο και θερμόμετρο ώστε να αντλούνται συνολικά πληροφορίες αναφορικά με τη, ταχύτητα και τη διεύθυνση των ανέμων αλλά και των επιπέδων θερμοκρασίας. Το σύνολο των οργάνων μέτρησης συνδέονται με το καταγραφικό δεδομένων (data logger) το οποίο συλλέγει και αποθηκεύει τα

μετεωρολογικά δεδομένα. Ο χρονικός ορίζοντας και η διάρκεια των μετρήσεων καθορίζονται από τις εκάστοτε ανάγκες μέσω του καταγραφικού ώστε να εξασφαλιστεί στο μέτρο του δυνατού η πληρότητα των δεδομένων (Καβαδιάς, 2010; Keyhani et al., 2010; Ritter et al., 2015).



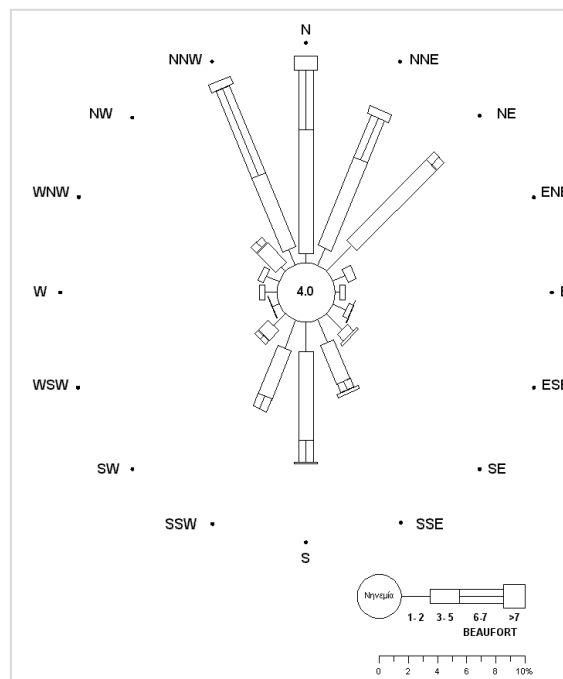
Εικόνα 11: Μετεωρολογικός ιστός με όργανα μέτρησης

Πηγή: Καβαδιάς, 2010

2) Ένταση ανέμου. Ο προσδιορισμός της έντασης των ανέμων σε μια περιοχή αποτελεί σημαντικό παράγοντα εκτίμησης. Η μέτρηση της έντασης γίνεται με τη χρήση κατάλληλων οργάνων και συγκεκριμένα ανεμόμετρων ή ανεμογράφων. Η επιλογή του ανεμόμετρου εξαρτάται από τα επιθυμητά αποτελέσματα επιλέγοντας μεταξύ ανεμόμετρων ταχύτητας (αθροιστική καταγραφή έντασης ανέμου και προσδιορισμός μέσης τιμής, ανεμόμετρα πίεσης (καταγραφή ασκούμενης πίεσης ανά σημείο), ανεμόμετρα θερμού στοιχείου και ανεμόμετρα laser (υψηλή ακρίβεια μετρήσεων). Η τοποθέτηση των ανεμόμετρων ή των ανεμογράφων έχει προσδιοριστεί όπως προαναφέρθηκε στα 10 m χωρίς ωστόσο το συγκεκριμένο επίπεδο ύψους να θεωρείται δεσμευτικό. Σε περιπτώσεις παρουσίας φυσικών ή τεχνητών εμποδίων, το τελικό ύψος τοποθέτησης προσδιορίζεται ανάλογα (Vorvlo, 2002; Mostafaeipour et al., 2014).

3) Διεύθυνση ανέμου. Μια άλλη σημαντική παράμετρος εκτίμησης του αιολικού δυναμικού αποτελεί ο προσδιορισμός της διεύθυνσης του ανέμου. Οι τυχόν

μεταβολές της διεύθυνσης του ανέμου επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση ενώ ο προσδιορισμός της γίνεται με τη χρήση κατάλληλων διαγραμμάτων όπως το πολικό διάγραμμα το οποίο διαχωρίζεται σε επιμέρους τομείς. Για την επίτευξη υψηλότερης ακρίβειας μετρήσεων μπορούν να προστεθεί κατάλληλος σχεδιασμός και για την ένταση των ανέμων. Η διεύθυνση του ανέμου στην υπό μελέτη περιοχή με τη μεγαλύτερη συχνότητα ουσιαστικά είναι και η επικρατούσα (Καβαδιάς, 2010; Fyrippis et al., 2010; Ritter et al., 2015).



Εικόνα 12: Πολικό διάγραμμα

Πηγή: Καβαδιάς, 2010

- 4) **Ύψος περιοχής.** Στις εκτιμήσεις του αιολικού δυναμικού συμπεριλαμβάνεται και το ύψος της υπό εξέταση περιοχής. Χαρακτηριστικά, το υψόμετρο της περιοχής επιδρά τόσο στην ταχύτητα όσο και στην ένταση του ανέμου αλλά κυρίως σχετίζεται με την εγκατάσταση των απαραίτητων μηχανημάτων. Η μεταφορά του αναγκαίου εξοπλισμού για το αιολικό πάρκο σε μεγάλα υψόμετρα αυξάνει σημαντικά το κόστος με αποτέλεσμα να κρίνεται αναγκαία η συνεκτίμηση του υψομέτρου αλλά και ο συσχετισμός με τα επίπεδα απόδοσης (Li & Li, 2005).

3.3. Υπολογισμός αιολικού δυναμικού

Η μεταβλητότητα των ανέμων επηρεάζει σημαντικά τους υπολογισμούς για το αιολικό δυναμικό. Η μεγαλύτερη ακρίβεια του αιολικού δυναμικού εξασφαλίζεται με τη λήψη μετρήσεων της ταχύτητας, της διεύθυνσης και της έντασης των ανέμων σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Ο υπολογισμός του αιολικού δυναμικού βασίζεται σε συγκεκριμένα μαθηματικά μοντέλα τα οποία συνεκτιμούν παράγοντες οι οποίοι σε πρακτικό επίπεδο δεν είναι δυνατόν να επιτευχθούν όπως ένα απόλυτα επίπεδο έδαφος. Τα στοιχεία των μαθηματικών μοντέλων δεν είναι σε θέση να απεικονίσουν με απόλυτη ακρίβεια τα δεδομένα της περιοχής ωστόσο μπορούν να πληροφορήσουν στη βάση συγκεκριμένων παραδοχών (Καββαδίας, 2010; Ritter et al., 2015).

Πριν την εγκατάσταση οποιουδήποτε εξοπλισμού σχετίζεται με την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού, βασική πληροφόρηση παρέχουν τα συγκεντρωμένα ανεμολογικά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούν τα μαθηματικά μοντέλα. Η αξιόπιστη και ολοκληρωμένη εκτίμηση του αιολικού δυναμικού βασίζεται στην αξιοπιστία των καταγραφών και των μετρήσεων. Για τον υπολογισμό της έντασης του αιολικού δυναμικού και της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από τις ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται επιμέρους μαθηματικοί τύποι. Η ένταση της αιολικής ισχύος εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου και δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\frac{P}{A \cdot t} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{A} \cdot \frac{v^2}{t} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3$$

Όπου:

P: Ισχύς ανέμου (W/m^2)

A: Επιφάνεια σάρωσης πτερυγίων ανεμογεννήτριας κατά την περιστροφική κίνηση (m^2)

v: Στιγμιαία ή ωριαία ταχύτητα αέρα (m/s)

ρ : Πυκνότητα αέρα (kg/m^3)

Μεταξύ των συναρτήσεων κατανομής της πιθανότητας που αφορούν τη στιγμιαία ή ωριαία ταχύτητα αέρα (v) είναι η συνάρτηση της πυκνότητας πιθανότητας κατά Weibull, με μορφή δύο παραμέτρων (Lun & Lam, 2000; Tchinda & Kaptouom, 2003):

$$f(v) = \frac{dF}{dV} = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c} \right)^{k-1} \exp \left[- \left(\frac{v}{c} \right)^k \right]$$

Οι μετρήσεις στην εκάστοτε περιοχή εγκατάστασης του αιολικού πάρκου για μεγάλα χρονικά διαστήματα, καταδεικνύει ότι η στιγμιαία ή η ωριαία ταχύτητα αέρα (v) δεν παραμένει σταθερή ούτε είναι ισοκατανεμημένη. Η πιθανότητα εμφάνισης τιμής v εντός διαστήματος $[0, v]$ [αθροιστική κατανομή πιθανότητας, $F(v)$] που συνδέεται με την κατανομή Weibull, δίνεται από την σχέση (Ulgen & Hepbasli, 2002; Weisser, 2003):

$$F(v) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{v}{c} \right)^k \right]$$

Όπου:

k : παράμετρος μορφής

c : παράμετρος κλίμακας

Η συνάρτηση κατανομής πιθανότητας $f(v)$ και η αθροιστική κατανομή $F(v)$ συνδέονται με την σχέση:

$$F(v) = \int_0^v f(v') dv'$$

3.3.1. Επεξεργασία μετρήσεων ταχύτητας ανέμου

Τα στοιχεία που συλλέγονται αναφορικά με τον άνεμο στην περιοχή εγκατάστασης του αιολικού πάρκου, διαμορφώνουν ένα πλαίσιο μετρήσεων που επιτρέπουν την επεξεργασία των μετρήσεων ταχύτητας του ανέμου. Αν θεωρηθεί ότι τα στοιχεία (N) συλλέγονται σε ένα διάστημα Δt , προκύπτουν μετρήσεις V_i και διεύθυνσης του ανέμου ϕ_i με $i = 1, 2, \dots, N$. Τα συγκεκριμένα στοιχεία μπορούν να υπολογιστούν τα εξής (Καλδέλλης, 2005; Τσαουσανίδης, 2012; Toja – Silva, 2015):

1) Μέση ταχύτητα ανέμου (\bar{V}) στην υπό εξέταση περιοχή με τον εξής τύπο:

$$\bar{V} = \sum_{i=1}^N \frac{V_i}{N} = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_N}{N}$$

- 2) Τυπική απόκλιση - διασπορά των μετρήσεων. Η τυπική απόκλιση S_v της ταχύτητας του ανέμου χαρακτηρίζει τη διασπορά των τιμών της ταχύτητας σε σχέση με τη μέση τιμή και υπολογίζεται από με έναν από τους ακόλουθους μαθηματικούς τύπους:

$$S_v = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (V_i - \bar{V})^2} \quad S_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N V_i^2 - N\bar{V}^2}{N-1}}$$

- 3) Διάγραμμα πυκνότητας πιθανότητας $[f(V)]$. Με βάση τις διαθέσιμες πειραματικές μετρήσεις, προσφέρεται η δυνατότητα αξιολόγησης των στοιχείων σε επιμέρους υποσύνολα (κλάσεις). Το εύρος της κλάσης μπορεί να λάβει διάφορες τιμές (π.χ. 1 m/sec) διαμορφώνοντας ένα ιστόγραμμα εμφάνισης των πειραματικών τιμών. Το συγκεκριμένο ιστόγραμμα αποτελείται από αριθμό ορθογωνίων παραλληλογράμμων με βάση ΔV_i ($=V_{i+1}-V_i$) και ύψος f_i ενώ το εμβαδόν τους ($f_i \cdot \Delta V_i$) αντιπροσωπεύει το πλήθος των μετρήσεων της ταχύτητας του ανέμου στο χρονικό διάστημα Δt , των οποίων το μέτρο ανήκει στο κλειστό-ανοικτό διάστημα $[V_i, V_{i+1})$. Για σημαντικό αριθμό κλάσεων η περιβάλλουσα του ιστογράμματος τείνει σε μια ομαλή καμπύλη $f(V)$, η οποία ονομάζεται καμπύλη πιθανοτήτων. Από το ιστόγραμμα προκύπτει:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(V) dV = 1.0$$

- 4) Καμπύλες ολικής πιθανότητας "F(V)" - διάρκειας "G(V)". Η καμπύλη ολικής πιθανότητας αναφέρεται στην αθροιστική πιθανότητα η ένταση του ανέμου να είναι μικρότερη από μια καθορισμένη τιμή V_0 , δηλαδή:

$$F(V_0) = \int_0^{V_0} f(V) dV$$

Αντίστοιχα η καμπύλη διάρκειας αναφέρεται στην πιθανότητα η ένταση του ανέμου να είναι μεγαλύτερη από μία καθορισμένη τιμή V_0 , δηλαδή:

$$G(V_0) = \int_{V_0}^{\infty} f(V) dV$$

Η καμπύλη διάρκειας αποτελεί συμπληρωματική της καμπύλης ολικής πιθανότητας καθώς:

$$F(V_0) + G(V_0) = 1.0$$

3.3.2. Πειραματικές μετρήσεις

Ο υπολογισμός του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού δεν αρκείται στον προσδιορισμό των επιμέρους ταχυτήτων για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα αλλά απαιτείται η επιμέρους ανάλυση των πληροφοριών αναφορικά με την κατανομή της πιθανότητας εμφάνισης των διαφόρων τιμών κατά τη διάρκεια ενός ευρύτερου χρονικού διαστήματος συνυπολογίζοντας περιόδους νηνεμίας και επίπεδα ριπών ανέμου. Η πλήρης και σαφής εκτίμηση του αιολικού δυναμικού ξεφεύγει από τα στενά πλαίσια καταγραφών και επεκτείνεται σε πειραματικές μετρήσεις μέσω μοντέλων που προσδιορίζουν με σχετική ακρίβεια το αιολικό δυναμικό. Οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες αναλυτικές κατανομές πυκνότητας πιθανότητας είναι η κατανομή Weibull και η κατανομή Rayleigh με την πρώτη να αποτελεί περίπτωση ικανοποιητικής περιγραφής των ανεμολογικών χαρακτηριστικών σε περιοχές με ύψος έως 100 m από το έδαφος (Vogiatzis et al., 2004). Η κατανομή Weibull προσδιορίζει την πιθανότητα η ταχύτητα του ανέμου να βρίσκεται σε μια περιοχή της ταχύτητας $V(V-dV/2, V+dV/2)$ βάσει δύο μόνο παραμέτρων. Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι ο εξής (Καλδέλλης, 2005; Τσαουσανίδης, 2012; Toja – Silva, 2015):

$$f_w(V) = \frac{k}{C} \left(\frac{V}{C}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{V}{C}\right)^k\right]$$

Όπου:

C: Σύνδεση με μέση ταχύτητα ανέμου,

k: Αντιστρόφως ανάλογη της διασποράς του μέτρου των ταχυτήτων του ανέμου ως προς τη μέση ταχύτητα.

Η αντίστοιχη κατανομή Rayleigh αποτελεί ειδική μορφή της κατανομής Weibull και προκύπτει από αυτήν όταν η παράμετρος *k* "ισούται με 2. Η κατανομή Rayleigh επιλέγεται εναλλακτικά στη θέση της κατανομής Weibull επειδή παρουσιάζει συγκρίσιμα αποτελέσματα με λιγότερες μαθηματικές πράξεις. Στην περίπτωση που

επιλεγεί η ανάλυση σύμφωνα με την κατανομή Weibull η αθροιστική πιθανότητα $F(V)$ δίνεται από τον τύπο (Vogiatzis et al., 2004; Καλδέλλης, 2005; Τσαουσανίδης, 2012; Toja – Silva, 2015):

$$F(V \leq V_0) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{V_0}{C}\right)^k\right]$$

Στην περίπτωση που επιλεγεί η ανάλυση σύμφωνα με την κατανομή Rayleigh, η αθροιστική πιθανότητα $F(V)$ δίνεται από τον τύπο (Vogiatzis et al., 2004):

$$F(V \leq V_0) = 1 - \exp\left[-\frac{\pi V_0^2}{4\bar{V}^2}\right]$$

Στις πειραματικές μετρήσεις εντάσσεται και η αναγωγή σε τυχαίο ύψος εξαιτίας των μεταβολών που παρατηρούνται. Ως εκ τούτου είναι δυναμικά περὶ των ὁποίων πειραματικῶν μετρήσεων και η χρήση αναλυτικῶν και αριθμητικῶν μεθόδων, που χρησιμοποιούνται στη μηχανική των ρευστῶν και στην αεροδυναμική σχετικά με την κατανομή του ανέμου σε διαφορετικές θέσεις της επιλεγείσας περιοχής. Για την περιγραφή της κατακόρυφης κατανομῆς της ταχύτητας του ανέμου, προτείνονται διάφορες αναλυτικές σχέσεις οι οποίες βασίζονται στη θεωρία των οριακῶν στρωμάτων. Οι κυριότερες κατανομές ταχύτητας είναι οι ακόλουθες (Vogiatzis et al., 2004; Καλδέλλης, 2005; Τσαουσανίδης, 2012):

- 1) Λογαριθμική κατανομή (log - law) η οποία αναφέρει την ταχύτητα του ανέμου σε ὕψος z ἀπὸ το ἔδαφος συναρτῆσει αριθμητικῶν σταθερῶν.

$$V(z) = k_1 \cdot \ln(z/z_0) + k_2$$

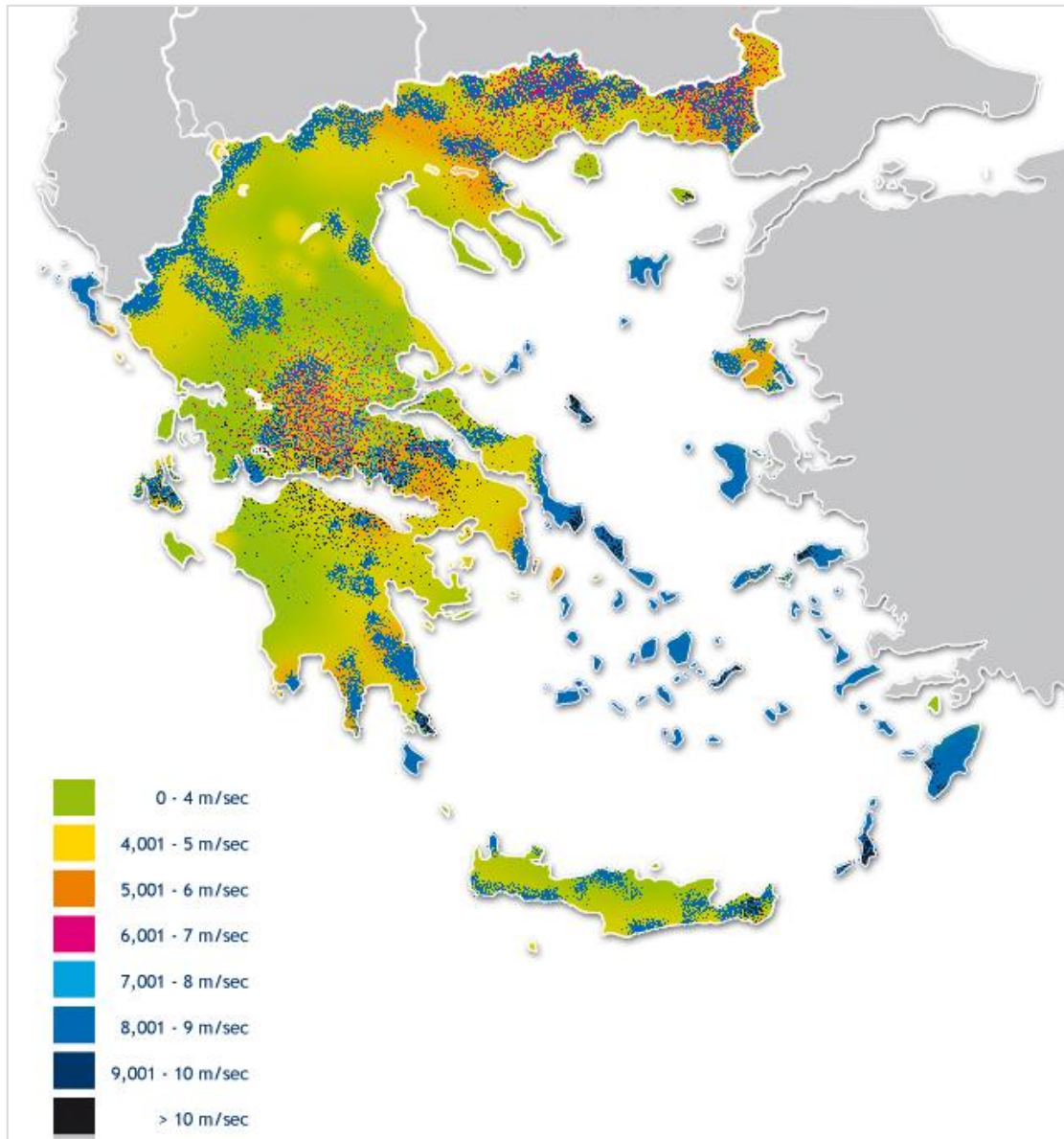
- 2) Εκθετική κατανομή (power - law) η οποία αναφέρει την ταχύτητα του ανέμου σε ὕψος z ἀπὸ το ἔδαφος συναρτῆσει της παραμέτρου a , η τιμή της οποίας εξαρτάται ἀπὸ την τραχύτητα του εδάφους και τη διεύθυνση του ανέμου.

$$\frac{V(z)}{V(z_1)} = \left(\frac{z}{z_1}\right)^a$$

3.4. Αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα

Το αιολικό δυναμικό της χώρας κινείται σε πολύ υψηλά επίπεδα καθιστώντας την αιολική ενέργεια ως ιδιαίτερα σημαντική πηγή ενέργειας. Με βάση τα στοιχεία του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ, 2010), τόσο στα νησιά όσο και στην ηπειρωτική χώρα η υψηλή μέση ταχύτητα ανέμου επιτρέπει την αξιοποίηση των συγκεκριμένων πόρων. Ειδικότερα, με βάση τα στοιχεία της εικόνας 7, τα νησιά του νότιου Αιγαίου παρατηρούνται οι υψηλότερες μέσες ταχύτητες ανέμου (μεταξύ 8 – 10 m/sec) με τη βόρεια ηπειρωτική Ελλάδα να παρουσιάζει ίδια επίπεδα ανέμων. Στην κεντρική Ελλάδα η μέση ταχύτητα ανέμου κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα και συγκεκριμένα μεταξύ 0 – 6 m/sec ενώ αξιόλογες ταχύτητες ανέμου που μπορούν να βοηθήσουν στην παραγωγή αιολικής ενέργειας εντοπίζονται στην περιοχή της ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης με ταχύτητες ανέμου που κατά μέσο όρο κυμαίνονται μεταξύ 4 – 6 m/sec.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του ΚΑΠΕ (2010), η αξιοποιήσιμη αιολική ενέργεια εντοπίζεται κυρίως στα νησιά του Αιγαίου, στη βόρεια Ελλάδα και στην ανατολική Θράκη. Ωστόσο, οι δυσκολίες αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού κυρίως στις νησιωτικές περιοχές της χώρας εστιάζουν στην έλλειψη διασύνδεσης με την ηπειρωτική χώρα αλλά και στον εστιασμό σε άλλους τομείς της οικονομίας όπως ο τουρισμός. Στην Ελλάδα, αν και η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρονικά τοποθετείται αρκετές δεκαετίες παλαιότερα (1982), η ουσιαστικά ανάπτυξη αιολικών πάρκων ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1990 με την Κύθνο να αποτελεί το πρώτο νησί που κατέβαλλε προσπάθειες αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας. Τα χρόνια που ακολούθησαν νησιά όπως η Άνδρος, η Κρήτη, η Λήμνος κ.ά. στράφηκαν στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας με τη δημιουργία αιολικών πάρκων (Kaldellis, 2005).



Εικόνα 13: Αιολικό δυναμικό Ελλάδας (μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου σε m/sec)
 Πηγή: ΚΑΠΕ, 2010

Οι εξελίξεις αναφορικά με την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα αποτυπώθηκαν στη συνολικά εγκατεστημένη ισχύ από το 1987 μέχρι και το 2016. Τα τελευταία 30 χρόνια η αρχικά εγκατεστημένη ισχύς των 0,80 MW έφθασε τα 2.374,30 MW το 2016 καταδεικνύοντας την πρόοδο που έχει σημειωθεί χωρίς ωστόσο να εξαντλούνται οι δυνατότητες αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού της χώρας. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξελικτική πορεία αναφορικά με την εγκατεστημένη ισχύ στην Ελλάδα το χρονικό διάστημα 1987 – 2016 (Lalas et al., 1983; Pneumatikos, 1991; Katsoulis & Metaxas, 1992; ΚΑΠΕ, 2010; ΕΛΕΤΑΕΝ, 2016).

Έτος	Εγκατεστημένη ισχύς (MW)	Μεταβολή (%)
1987	0,80	-
1989	1,10	37,50%
1990	1,50	36,36%
1991	3,90	160,00%
1992	19,40	397,44%
1993	26,00	34,02%
1994	26,60	2,31%
1995	27,30	2,63%
1998	38,80	42,12%
1999	106,80	175,26%
2000	237,10	122,00%
2001	276,80	16,74%
2002	293,00	5,85%
2003	408,80	39,52%
2004	480,90	17,64%
2005	603,30	25,45%
2006	749,70	24,27%
2007	850,30	13,42%
2008	996,80	17,23%
2009	1.155,40	15,91%
2010	1.323,80	14,58%
2011	1.637,20	23,67%
2012	1.751,60	6,99%
2013	1.866,50	6,56%
2014	1.976,90	5,91%
2015	2.135,70	8,03%
2016	2.374,30	11,17%

Πίνακας 1: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος στην Ελλάδα σε MW (1987 – 2016)

Πηγή: ΕΛΕΤΑΕΝ, 2016

Με βάση τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα, η Ελλάδα στο συγκεκριμένο διάστημα κατόρθωσε να αξιοποιήσει τις δυνατότητες της αιολικής ενέργειας αυξάνοντας σημαντικά τη συνολικά εγκατεστημένη ισχύ. Χαρακτηριστικά, τη δεκαετία 1987 – 1998 άρχισαν να διαφαίνονται οι πρώτες προσπάθειες αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας με την εγκατεστημένη ισχύ των 0,80 MW το 1987 να φθάνει τα 38,80 MW το 1998. Η δεκαετία που ακολούθησε (1999 – 2008) ήταν καθοριστική για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα με την ισχύ στα τέλη του 2008 να φθάνει τα 996,80 MW. Τα χρόνια που ακολούθησαν η ανάπτυξη για την αιολική ενέργεια συνεχίστηκε με ποσοστά αύξησης που κυμαίνονταν μεταξύ 5 – 15% κατ’

έτος κατορθώνοντας το 2016 η εγκατεστημένη ισχύς να έχει υπερδιπλασιαστεί (2.374,30 MW έναντι των 996,80 MW το 2008) (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2016).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα στοιχεία της Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2016) αναφορικά με την κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2016. Ειδικότερα, από τα 2.374,30 MW της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος, το 31,03% (736,75 MW) βρίσκεται στην κεντρική Ελλάδα, ακολουθεί με 19,12% η Πελοπόννησος (453,90 MW), 12,58% συγκεντρώνουν οι περιοχές της ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης (298,65 MW), 8,40% βρίσκεται στην Κρήτη (199,35 MW), το 7,89% στην περιοχή της Αττικής (187,22 MW) ενώ μικρότερα ποσοστά συγκεντρώνουν η δυτική Ελλάδα (5,74%, 136,35 MW), το νότιο Αιγαίο (3,77%, 89,41 MW), τα νησιά του Ιονίου (3,53%, 83,70 MW), η κεντρική Μακεδονία (3,50%, 83,10 MW), η δυτική Μακεδονία (2,23%, 52,90 MW), τα νησιά του βόρειου Αιγαίου (1,45%, 34,34 MW) και η Θεσσαλία (0,78%, 18, 6 MW).

3.4.1. Η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα

Η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο αν και κρίνεται ως αρκούντως ικανοποιητικό. Η ενασχόληση με την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού αποτέλεσε πρωταρχικό στόχο φορέων όπως η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.), το Εθνικό Αστεροσκοπείο, η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) κ.ά. (Καλδέλλης, 1999). Τα επίπεδα στα οποία κινείται το αιολικό δυναμικό της χώρας αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης για το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) το οποίο μέσω καταγραφών και μετρήσεων σε διάφορες περιοχές κατέβαλλε προσπάθειες απεικόνισης αλλά και εξέλιξης (Αγορής, 2002).

Το αιολικό δυναμικό της χώρας, με βάση τα στοιχεία του Κ.Α.Π.Ε. κινείται σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα διαχρονικά σε νησιωτικές περιοχές και συγκεκριμένα στα νησιά του Αιγίου, στην Πελοπόννησο, την Εύβοια και την περιοχή της Θράκης. Η υπόλοιπη χώρα διαθέτει αξιόλογα επίπεδα αιολικού δυναμικού τα οποία ωστόσο κινούνται χαμηλότερα έναντι των προαναφερθέντων περιοχών. Χαρακτηριστικά, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της ηπειρωτικής Ελλάδας με αυξημένους ορεινούς όγκους επιτρέπουν την εγκατάσταση αιολικών πάρκων που απαιτούν την

προηγούμενη εκτίμηση του αιολικού δυναμικού. Το μειονέκτημα στις συγκεκριμένες περιοχές είναι οι δυνατότητες πρόσβασης καθώς η μεταφορά εξοπλισμού στα ορεινά συνοδεύεται με αυξημένο κόστος (Αγορής, 2002).

Τα στοιχεία αναφορικά με το συνολικό αιολικό δυναμικό της χώρας την κατατάσσουν μεταξύ των βασικών χωρών σε ευρωπαϊκό επίπεδο (1^η Ηνωμένο Βασίλειο, 2^η Ιρλανδία, 3^η Ελλάδα). Με βάση εκτιμήσεις, η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της χώρας θα μπορούσε να καλύψει έως και το 10% των ενεργειακών αναγκών της Ελλάδας. Μέχρι και το 2002, η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού κινούνταν σε πολύ χαμηλά επίπεδα (περί το 2%) με τις δυνατότητες αξιοποίησης να αφήνουν σημαντικά περιθώρια. Η διαθεσιμότητα αιολικής ενέργειας ανά τη χώρα θεωρείται δεδομένη, ωστόσο ακόμα και σήμερα αν και έχει σημειωθεί αξιόλογη πρόοδος δεν αξιοποιείται πλήρως (Παπαδόπουλος, 2002).

Οι παράγοντες που δεν έχουν ενισχύσει την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού είναι διάφοροι, ωστόσο βασικό κοινό σημείο τους είναι η αδυναμία αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας. Τα χαρακτηριστικά του ελληνικού ενεργειακού συστήματος το οποίο βασίζεται κυρίως στην αξιοποίηση παραδοσιακών πηγών ενέργειας έχει ουσιαστικά εμποδίσει την περαιτέρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας. Αν και το μέγεθος του ελληνικού ενεργειακού συστήματος δεν θεωρείται ιδιαίτερα μεγάλο σε σύγκριση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, εντούτοις μέσω της αιολικής ενέργειας έχει τη δυναμική να μετατραπεί σε βασικό παραγωγό ενέργειας (Μαϊόπουλος, 2002).

3.4.2. Εμπόδια και δυσκολίες ανάπτυξης αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα

Η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια είναι συνεχώς αυξητική χωρίς να παραλείπονται παράγοντες και δεδομένα τα οποία εμποδίζουν ή δυσκολεύουν την καθιέρωση της αιολικής ενέργειας και τη δυναμική εισοδό της στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Η δυναμική εισοδος και η ανάπτυξη του αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα οφείλεται κατά βάση στους εξής παράγοντες (Τάσιος, 2003).

- 1) Δυσκολίες επένδυσης. Η θέση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα δεν είναι η δέουσα εξαιτίας των δυσκολιών σε οποιαδήποτε προσπάθεια επένδυσης. Οι συνθήκες στην ελληνική αγορά ενέργειας σε συνδυασμό με τις επικρατούσες αντιλήψεις αλλά και τη γραφειοκρατία στέκουν πολλές φορές ως

ανυπέρβλητο εμπόδιο καθιστώντας την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού δύσκολη. Η αναγκαιότητα κατασκευής νέων υποδομών αλλά και ο έντονος ανταγωνισμός από υπάρχοντες παραγωγούς ενέργειας, δυσκολεύουν σημαντικά την όποια προσπάθεια επένδυσης.

- 2) Γραφειοκρατικές διαδικασίες. Η δημιουργία ενός αιολικού πάρκου στην Ελλάδα έχει συνδεθεί με τον αυξημένο χρόνο έκδοσης σχετικών αδειών, έγκρισης μελετών και γενικά με γραφειοκρατικές διαδικασίες που χρονικά φτάνουν μεσοσταθμικά τα 2 έτη. Ουσιαστικά, ο αυξημένος χρόνος έγκρισης και αδειοδότησης για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου πολλές φορές δημιουργεί ένα αρνητικό ισοζύγιο ανάμεσα στα οφέλη και στο κόστος επένδυσης. Επίσης αρνητικά μπορεί να λειτουργήσει το διαμορφωμένο νομικό πλαίσιο το οποίο ενδεχόμενα ορίζει περιορισμούς (π.χ. περιβαλλοντικούς) στην εγκατάσταση αιολικού πάρκου.
- 3) Κοινωνικές πεποιθήσεις και αντιλήψεις. Η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου σε πολλές περιπτώσεις συνοδεύεται από λανθασμένες αντιλήψεις των τοπικών κοινωνιών. Κατά καιρούς, έχουν διατυπωθεί αρνητικές απόψεις αναφορικά με την εγκατάσταση αιολικών πάρκων εξαιτίας ενδεχόμενων επιδράσεων στο φυσικό περιβάλλον (αισθητική, θόρυβοι κλπ). Η λανθασμένη επικράτηση αντιλήψεων αναφορικά με τις επιδράσεις της αιολικής ενέργειας ουσιαστικά βασίζεται στην απόκρυψη των θετικών στοιχείων όπως η μειωμένη ρύπανση, η προσφορά σημαντικών επιπέδων ενέργειας, οι ελάχιστες επιδράσεις στο φυσικό περιβάλλον.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που αναχαιτίζει την προσπάθεια καθιέρωσης της αιολικής ενέργειας ως μορφής που μπορεί να ενισχύσει τα ενεργειακά αποθεματικά ουσιαστικά είναι η διαδικασία έγκρισης των μελετών και η έκδοση της σχετικής άδειας. Τα υψηλά επίπεδα καθυστερήσεων που σημειώνονται στη διαδικασία εξασφάλισης των απαιτούμενων εγκρίσεων ουσιαστικά έχουν αποτελέσει την τροχοπέδη εξέλιξεων. Η ενημέρωση των τοπικών κοινωνιών, ο αντίλογος και οι θετικές αναφορές από υπάρχοντα αιολικά πάρκα έχουν σε μεγάλο βαθμό κάμψει τις όποιες κοινωνικές αντιδράσεις ενώ δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις κοινωνιών που έχουν εκφραστεί ιδιαίτερα θετικά σχετικά με την εγκατάσταση αιολικού πάρκου στην περιοχή τους. Σε κάθε περίπτωση, η άνοδος της αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού σχετίζεται άμεσα με την άρση περιορισμών και εμποδίων και προσέλκυσης επενδυτών (Τσιπουρίδης 2003).

Κεφάλαιο 4: Έρευνα - Διερεύνηση Αιολικού Δυναμικού Δωδεκανήσων

4.1. Παρουσίαση Δωδεκανήσων

Τα Δωδεκάνησα αποτελούν ένα σύνολο νησιών και νησίδων, ανάμεσα στη Σάμο, την Κρήτη και τα μικρασιατικά παράλια. Το 1912 ο συνολικός πληθυσμός ανερχόταν σε 143.482 κατοίκους εκ των οποίων οι 131.332 ήταν Έλληνες. Με βάση τα στοιχεία της απογραφής του 2001 συνολικά απαριθμήθηκαν 190.071 κάτοικοι με έκταση 2.579,275 km² χιλιόμετρα. Τον Οκτώβριο του 2006 το σύνολο των κατοικημένων νησιών ανερχόταν σε είκοσι επτά (27).

Μεταξύ των νησιών που ξεχωρίζουν είναι η Ρόδος, η οποία, εδώ και χιλιετίες, είναι το νησί στο οποίο βρίσκεται η διοικητική έδρα της περιοχής. Από τα υπόλοιπα, η Κως και η Πάτμος είναι ιστορικά τα πιο σημαντικά, ενώ τα υπόλοιπα εννέα είναι η Αστυπάλαια, η Κάλυμνος, η Κάρπαθος, η Κάσος, η Λέρος, η Νίσυρος, η Σύμη, η Τήλος και το Καστελόριζο. Πέραν των συγκεκριμένων νησιών στα Δωδεκάνησα εντάσσονται το Αγαθονήσι, η Αλιμιά, οι Αρκοί, η Χάλκη, το Φαρμακονήσι, το Γυαλί, η Κίναρος, η Λέβιθα, οι Λειψοί, ο Μάραθος, η Νίμος, η Ψέριμος, η Σαρία, η Στρογγυλή, η Σύρνα και η Τέλενδος. Στην αρχαία Ελλάδα ήταν γνωστά ως (νότιες) Σποράδες, ενώ το όνομα Δωδεκάνησα είναι γνωστό από τον 8^ο αιώνα. Κατά την οθωμανική κυριαρχία (1522 -1912), 12 εκ του συνόλου των νησιών θεωρούνταν ως προνομιακά σε επίπεδο αυτοδιοίκησης (Γιαννόπουλος, 2006).

4.2. Μεθοδολογία έρευνας

Η έρευνα αναφορικά με τη διερεύνηση του αιολικού δυναμικού των Δωδεκανήσων για εφαρμογές αιολικών πάρκων πραγματοποιήθηκε με την ανάλυση δεδομένων χρησιμοποιώντας το λογισμικό Microsoft Excel και αντλώντας ανεμολογικά στοιχεία για την περιοχή των Δωδεκανήσων. Η ερευνητική προσέγγιση του θέματος έγινε με τη χρήση ποσοτικών δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από τη διαδραστική βάση δεδομένων <http://meteosearch.meteo.gr/>.

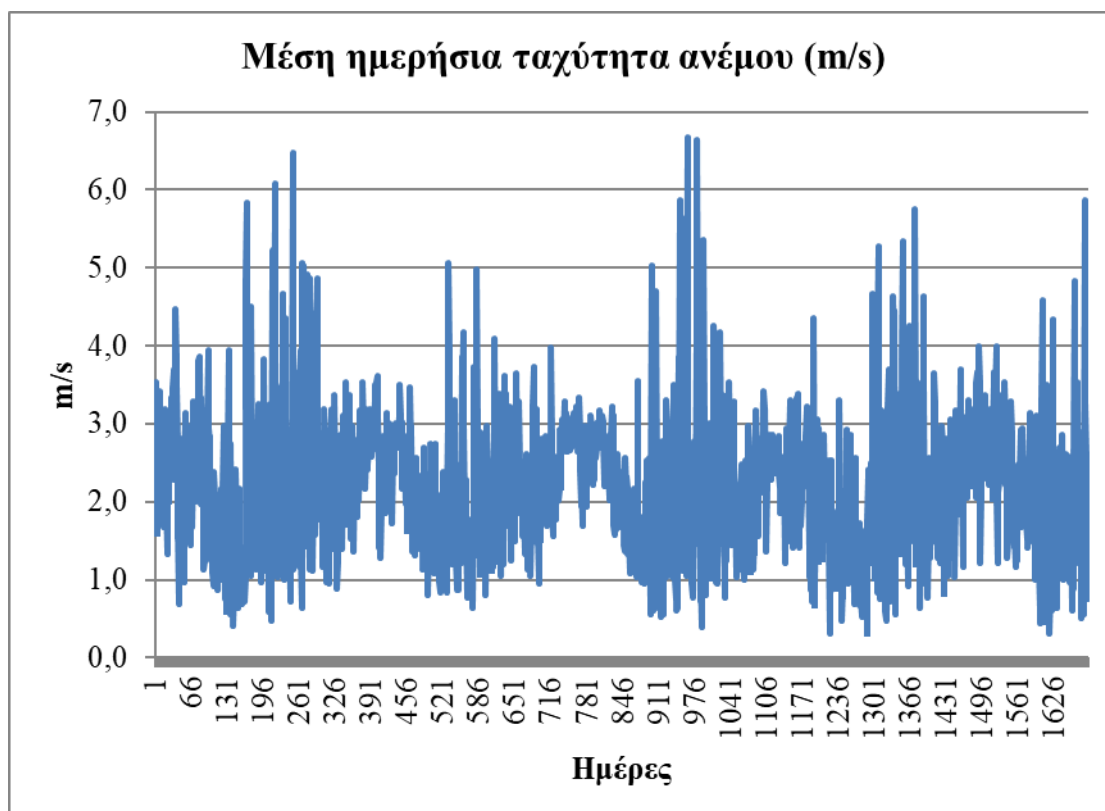
Για την ανάλυση των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν για κάθε περιοχή ως καταλληλότερο εργαλείο ορίστηκε το Excel το οποίο μπορεί να καλύψει τις ανάγκες της παρούσας έρευνας με μετρήσεις μεταβλητών με τη χρήση κλιμάκων, διαγραμμάτων και πινάκων. Το Excel που διαμορφώθηκε αποτέλεσε τον καταλληλότερο τρόπο ανάλυσης πληροφοριών ώστε στη συνέχεια να ελεγχθεί το ατομικό δυναμικό της περιοχής των Δωδεκανήσων. Για τη δημιουργία της βάσης ακολουθήθηκαν βασικές αρχές σχεδιασμού, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των στοιχείων που θα περιληφθούν (έτη, ταχύτητες ανέμων, κατευθύνσεις κ.ά.) ενώ η μέτρηση επιμέρους μεταβλητών έγινε με τη χρήση κατάλληλων μετασχηματισμών και στη βάση δημιουργίας εξισώσεων.

4.3. Δεδομένα ανέμων Δωδεκανήσων

4.3.1. Ανάλυση ανεμολογικών δεδομένων στα Δωδεκάνησα

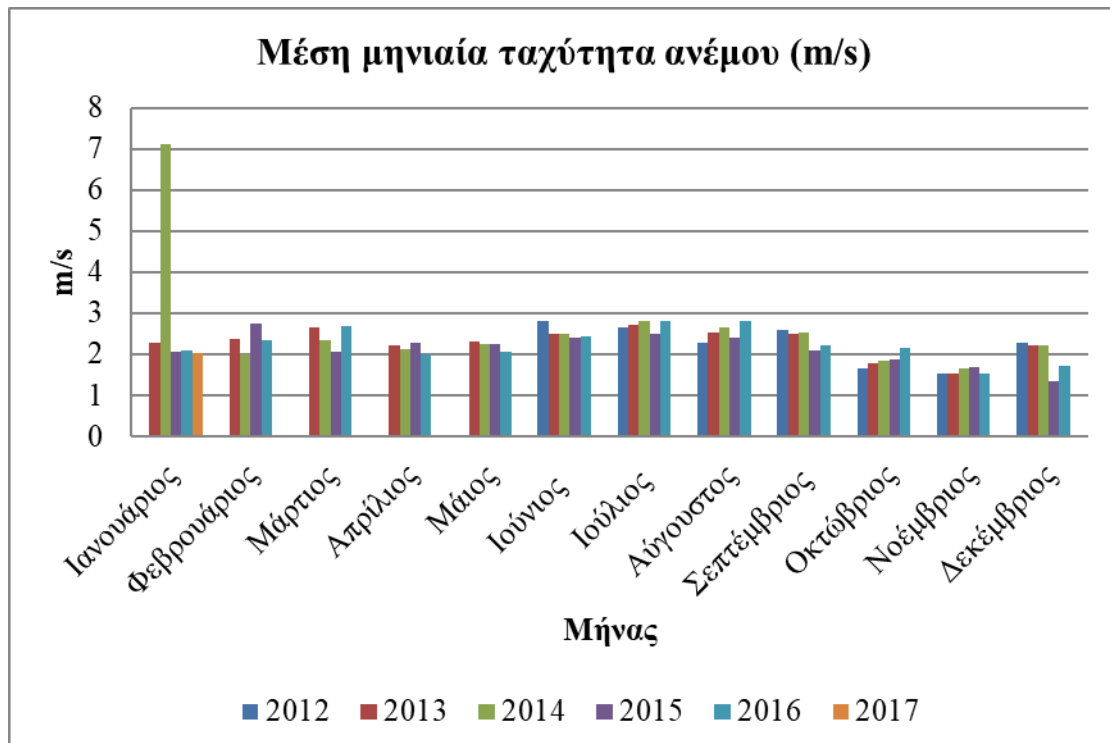
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των ταχυτήτων με τα διαγράμματα τους για τη μέση τιμή της ταχύτητας για κάθε μέρα, μήνα και έτος για κάθε περιοχή στα Δωδεκάνησα. με τα εξής αποτελέσματα:

➤ Ρόδος



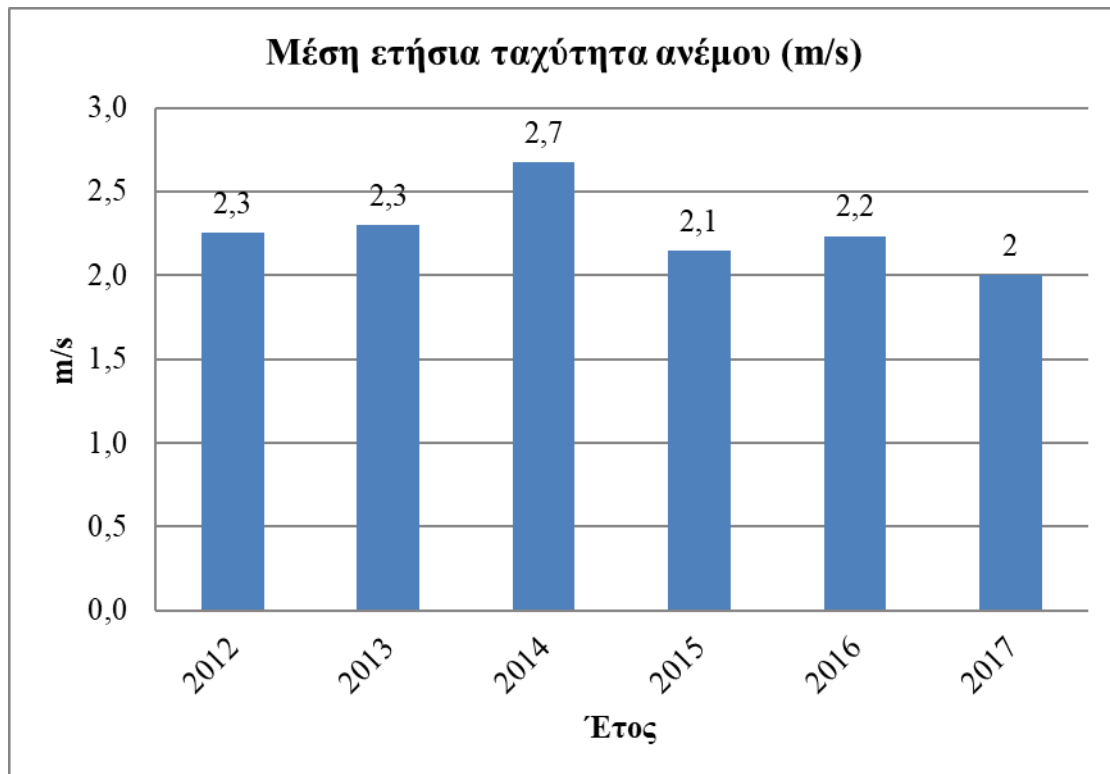
Διάγραμμα 1: Μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου Ρόδου, 2012-2017

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για τη Ρόδο, παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0,5 – 6,8 (m/s). Επίσης, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (%) της μετρούμενης ταχύτητας κυμαίνεται από 1,2 - 3 (m/s).



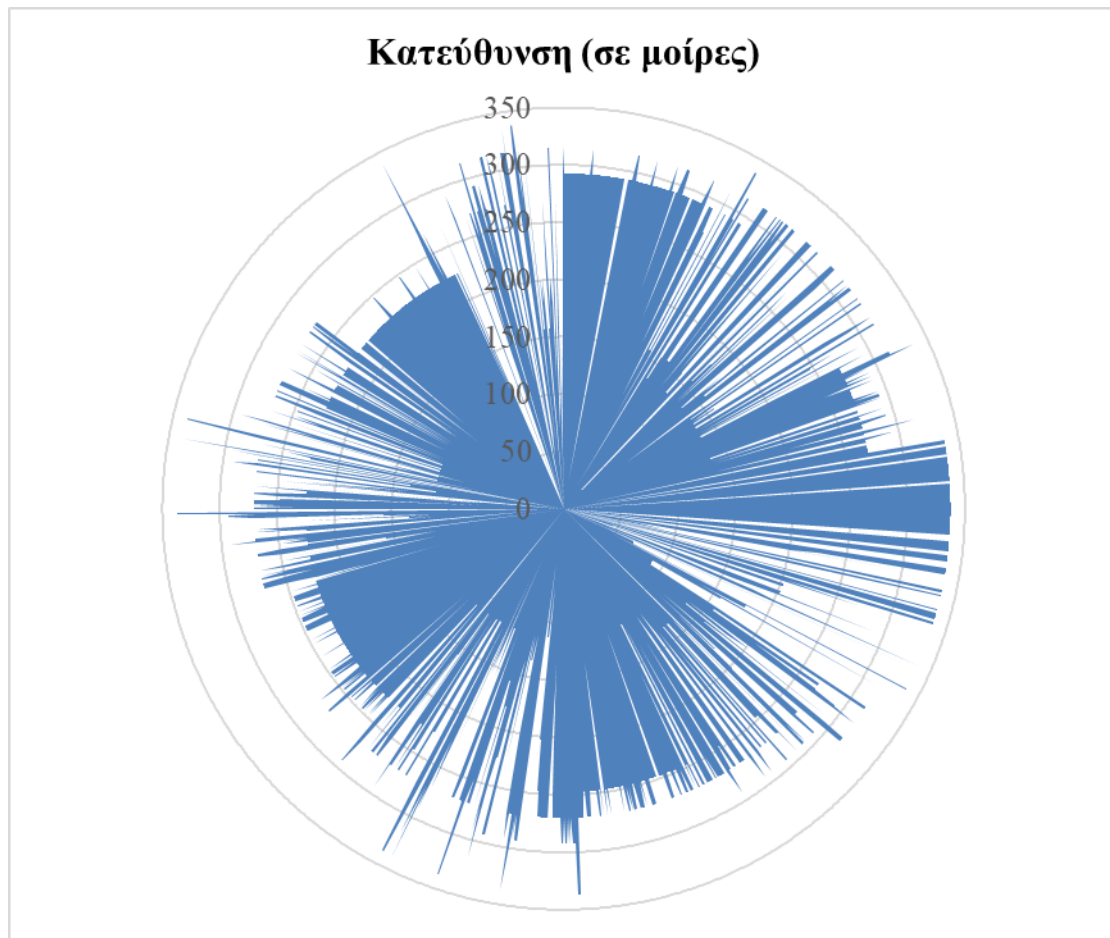
Διάγραμμα 2: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου Ρόδου, 2012-2017

Ως προς τη μέση μηνιαία ταχύτητα για την περιοχή της Ρόδου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου, ότι η ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 1,5 - 2,8 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους θερινούς μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο ενώ κατά το μήνα Νοέμβριο παρατηρούνται τα μικρότερα επίπεδα.



Διάγραμμα 3: Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου Ρόδου, 2012-2017

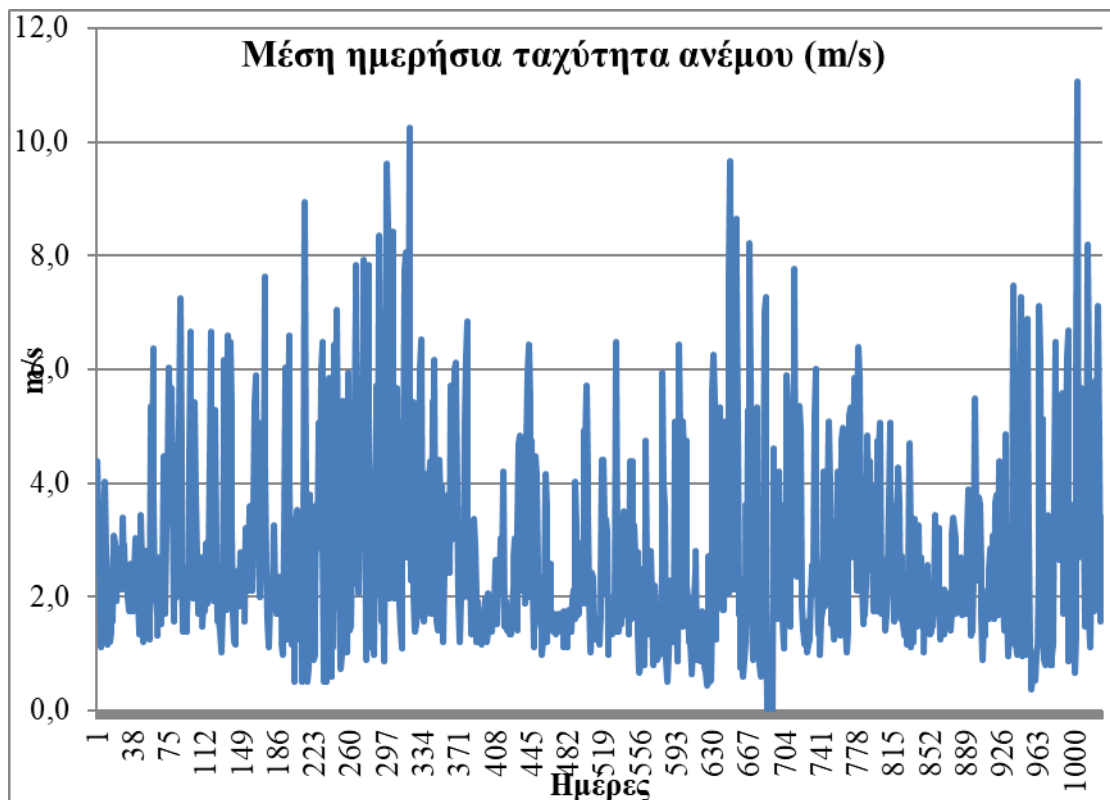
Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Ρόδου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου ότι κυμαίνεται μεταξύ 2 - 2,7 (m/s). Από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου προς τα συνολικά έτη παρατηρείται μια γενική σταθερότητα με μια μικρή πτώση το διάστημα 2015 – 2017 (αποκλίσεις της τάξης των 0,1 - 0,3 m/s).



Ροδόγραμμα 1: Κατεύθυνση ανέμων Ρόδου , 2012-2017

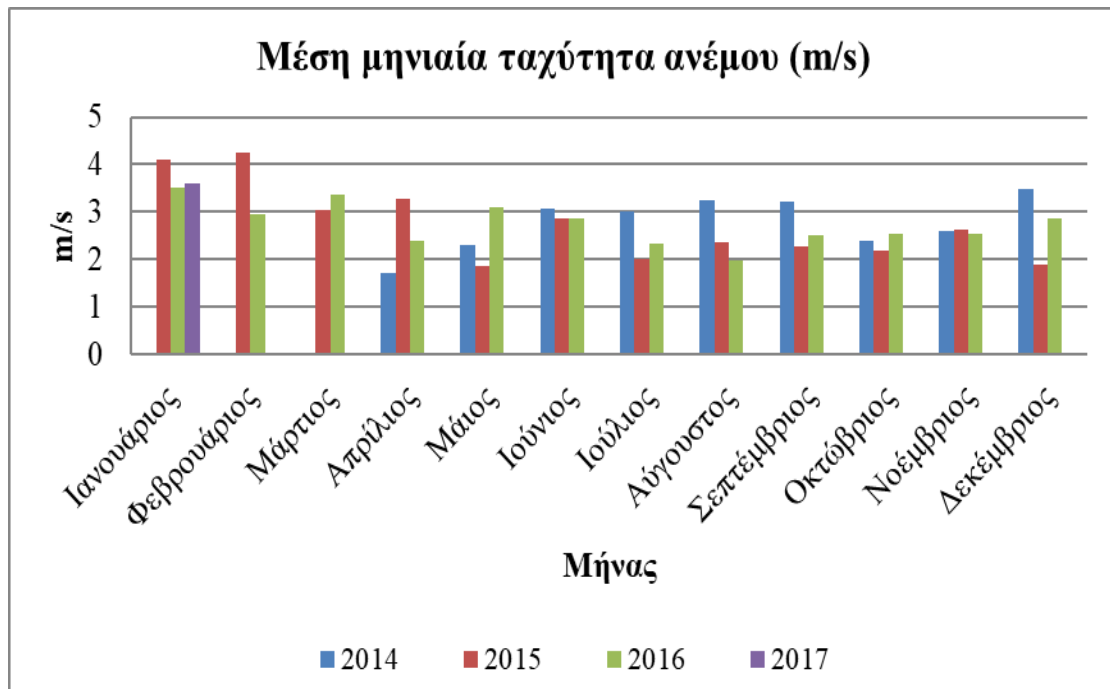
Με βάση τα στοιχεία του ροδογράμματος για την περιοχή της Ρόδου, παρατηρείται ότι για τη περιοχή της Ρόδου οι άνεμοι είναι κυρίως νοτιοδυτικοί ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό βορειοδυτικών ανέμων αλλά και νοτιοανατολικοί.

➤ Λίνδος Ρόδου



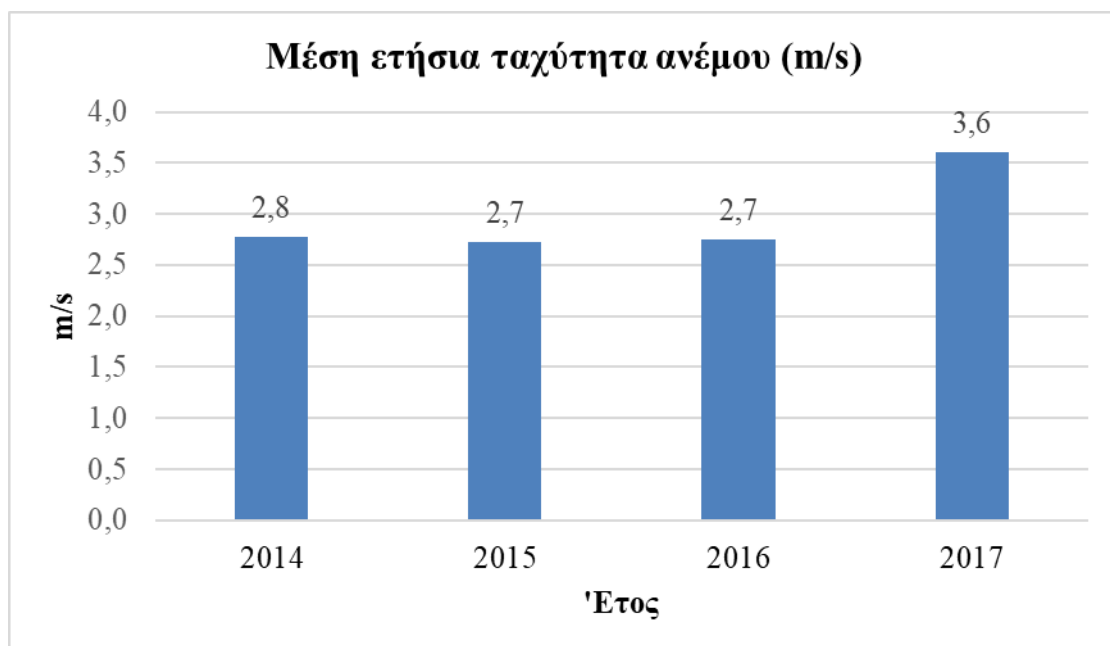
Διάγραμμα 4: Μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου Λίνδου Ρόδου, 2014-2017

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για τη Λίνδο Ρόδου, παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 11 (m/s). Επίσης, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (%) της μετρούμενης ταχύτητας κυμαίνεται από 2 – 4 (m/s).



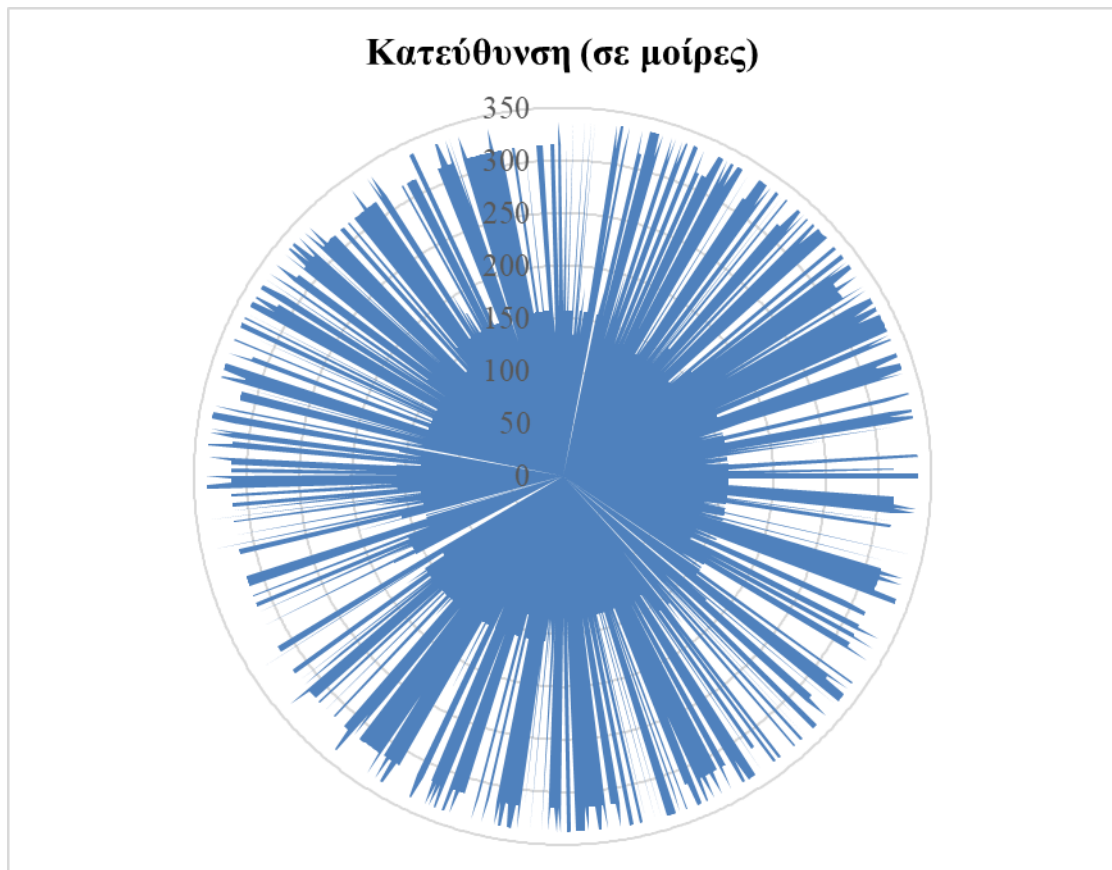
Διάγραμμα 5: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου Λίνδου Ρόδου, 2014-2017

Ως προς τη μέση μηνιαία ταχύτητα για την περιοχή της Λίνδου Ρόδου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου, ότι η ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 1,6 - 4,2 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους θερινούς μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο) ενώ κατά το μήνα Οκτώβριο παρατηρούνται τα μικρότερα επίπεδα.



Διάγραμμα 6: Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου Λίνδου Ρόδου, 2014-2017

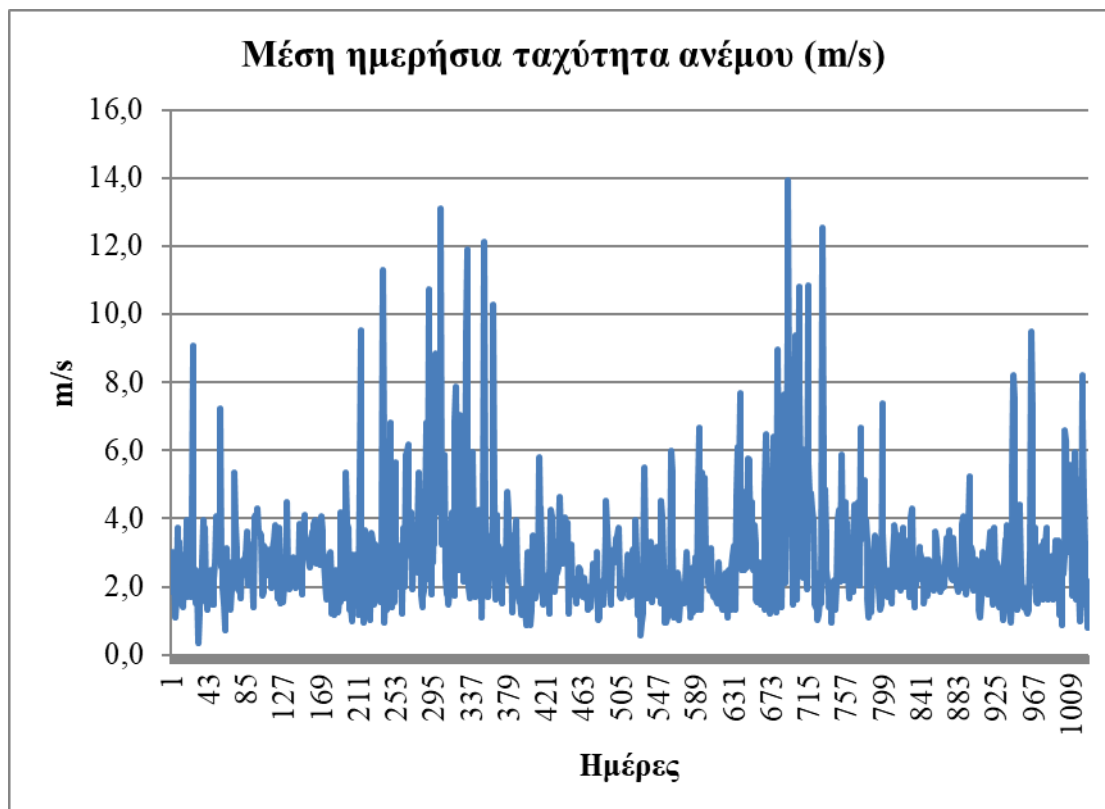
Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Λίνδου Ρόδου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου ότι κυμαίνεται μεταξύ 2,7 – 3,6 (m/s). Από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου προς τα συνολικά έτη παρατηρείται μια γενική σταθερότητα με αυξητικές τάσεις το διάστημα 2016 – 2017 (+ 0,11 m/s).



Ροδόγραμμα 2: Κατεύθυνση ανέμων Λίνδου Ρόδου, 2014-2017

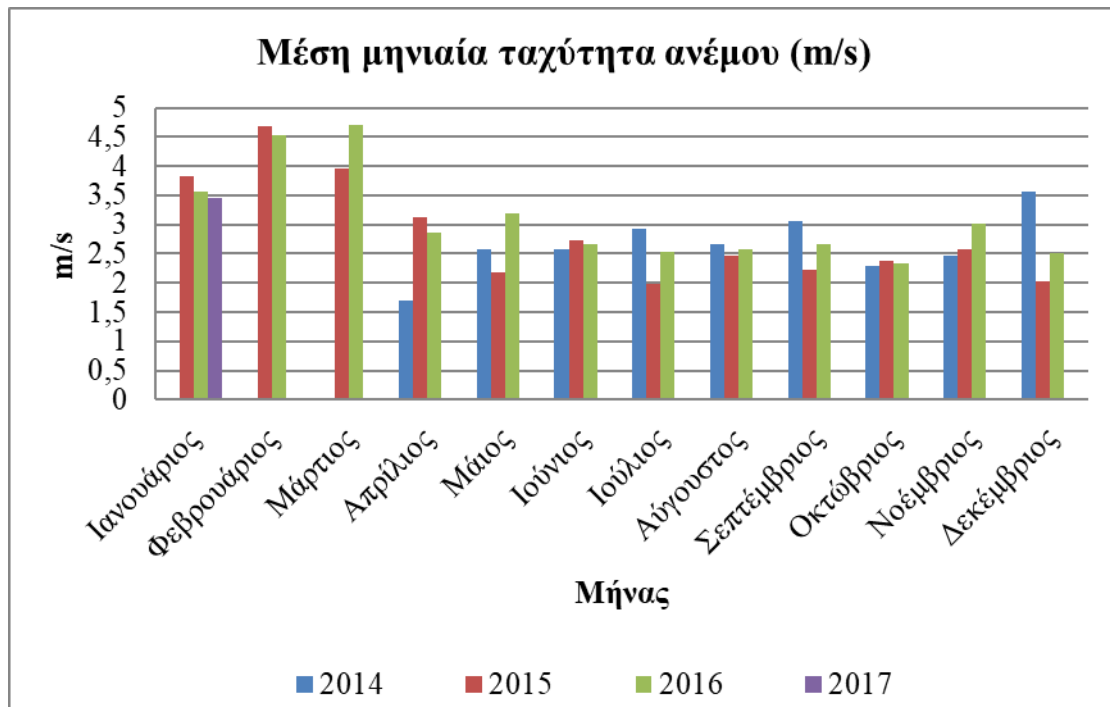
Με βάση τα στοιχεία του ροδογράμματος για την περιοχή της Λίνδου Ρόδου, παρατηρείται ότι οι άνεμοι δεν προέρχονται από μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

➤ Έμπονας Ρόδου



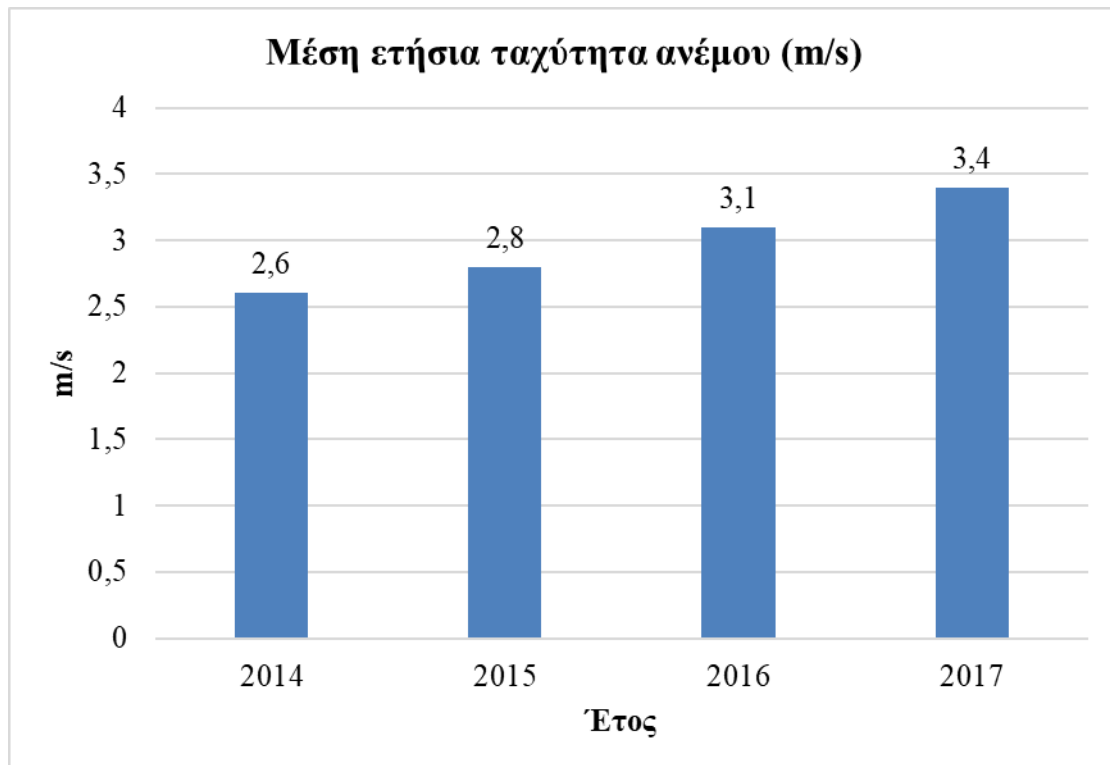
Διάγραμμα 7: Μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου Έμπονα Ρόδου, 2014-2017

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για τον Έμπονα Ρόδου, παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0,2 – 14 (m/s). Επίσης, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (%) της μετρούμενης ταχύτητας κυμαίνεται από 2 – 4 (m/s).



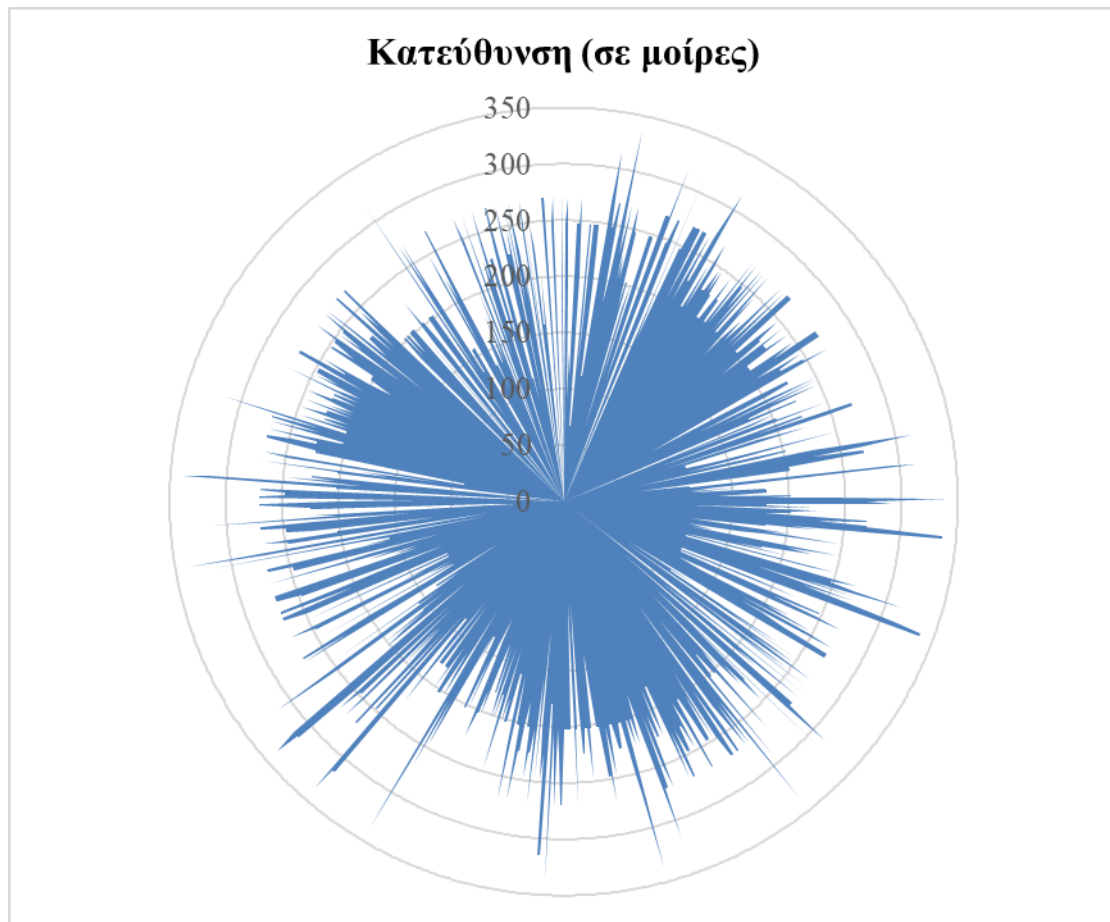
Διάγραμμα 8: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου Έμπονα Ρόδου, 2014-2017

Ως προς τη μέση μηνιαία ταχύτητα για την περιοχή του Έμπονα Ρόδου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου, ότι η ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 1,6 - 4,7 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο ενώ κατά το μήνα Οκτώβριο παρατηρούνται τα μικρότερα επίπεδα.



Διάγραμμα 9: Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου Έμπονα Ρόδου, 2014-2017

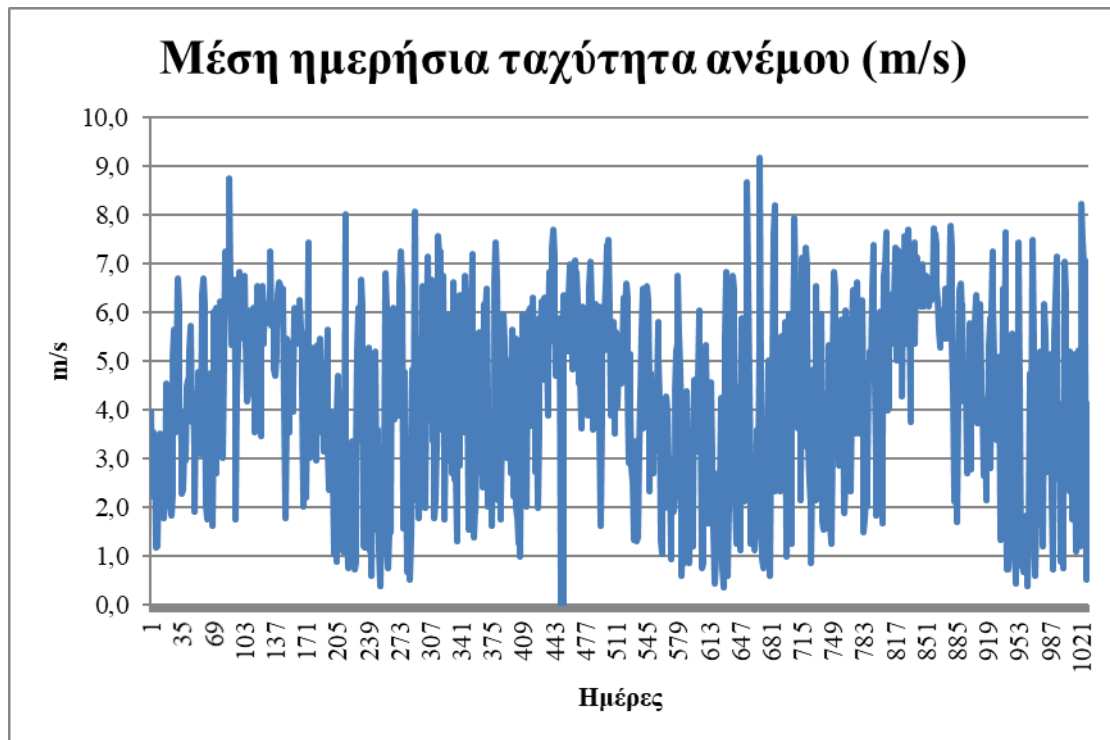
Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή του Έμπονα Ρόδου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου ότι κυμαίνεται μεταξύ 2,6 - 3,4 (m/s). Από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου προς τα συνολικά έτη παρατηρείται μια γενική αύξηση το διάστημα 2014 – 2017 (αυξήσεις της τάξης των 0,2 - 0,3 m/s).



Ροδόγραμμα 3: Κατεύθυνση ανέμων Έμπονα Ρόδου, 2014-2017

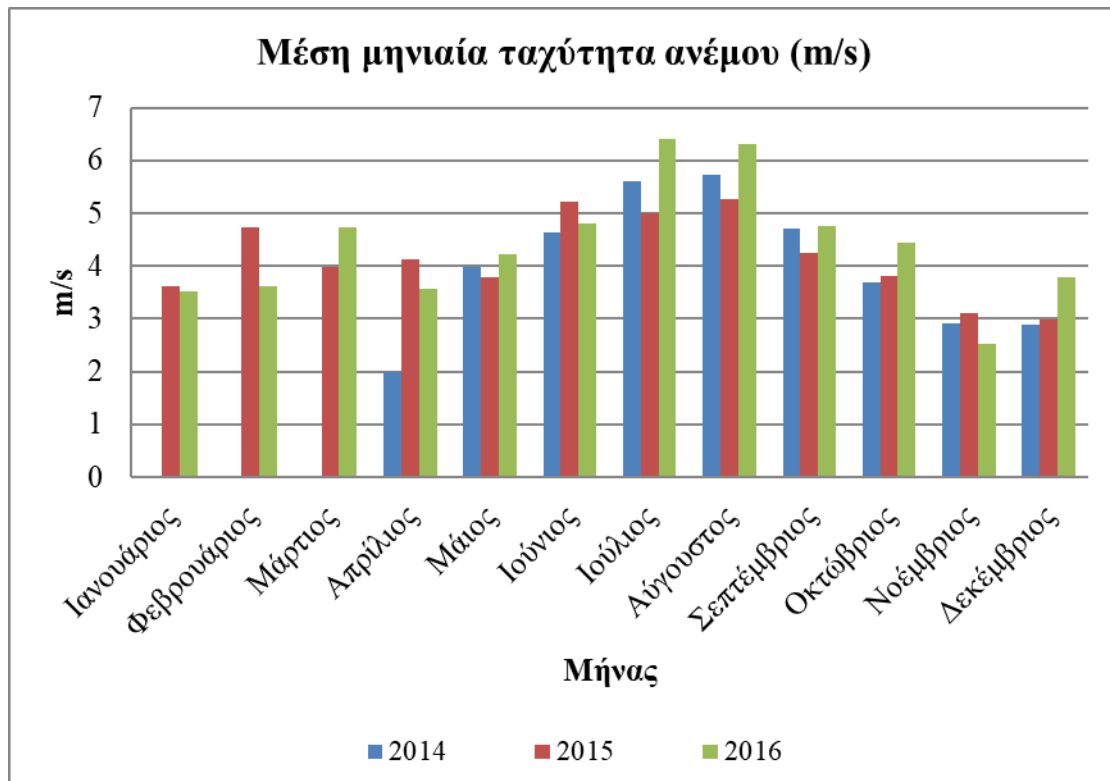
Με βάση τα στοιχεία του ροδογράμματος για την περιοχή του Έμπονα Ρόδου, παρατηρείται ότι οι άνεμοι είναι κυρίως βορειοανατολικοί ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό βορειοδυτικών ανέμων.

➤ Κατταβιά Ρόδου



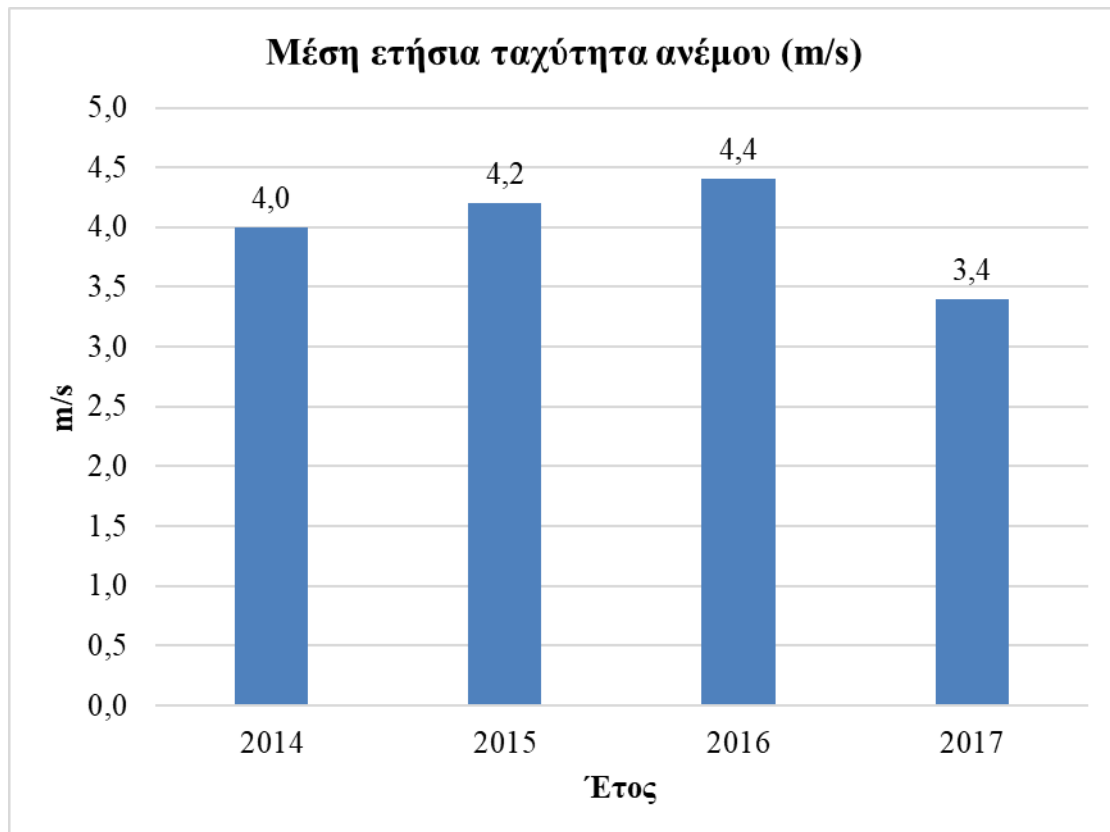
Διάγραμμα 10: Μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου Κατταβιάς Ρόδου, 2014-2016

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για τη Κατταβιά Ρόδου, παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 9,2 (m/s). Επίσης, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (%) της μετρούμενης ταχύτητας κυμαίνεται από 1 - 4 (m/s).



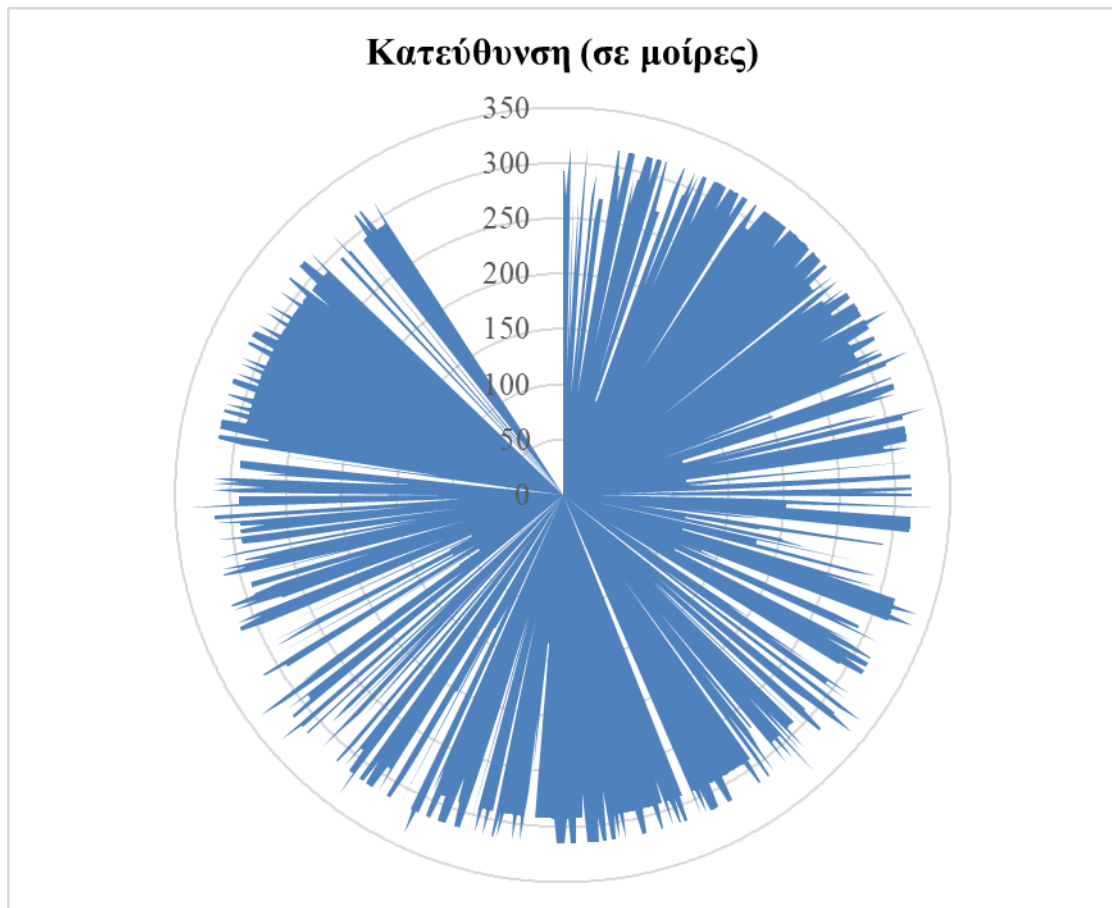
Διάγραμμα 11: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου Καταβιάς Ρόδου, 2014-2016

Ως προς τη μέση μηνιαία ταχύτητα για την περιοχή της Καταβιάς Ρόδου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου, ότι η ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 2,3 - 6,2 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους θερινούς μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο) ενώ κατά το μήνα Νοέμβριο παρατηρούνται τα μικρότερα επίπεδα.



Διάγραμμα 12: Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου Κατταβιάς Ρόδου, 2014-2017

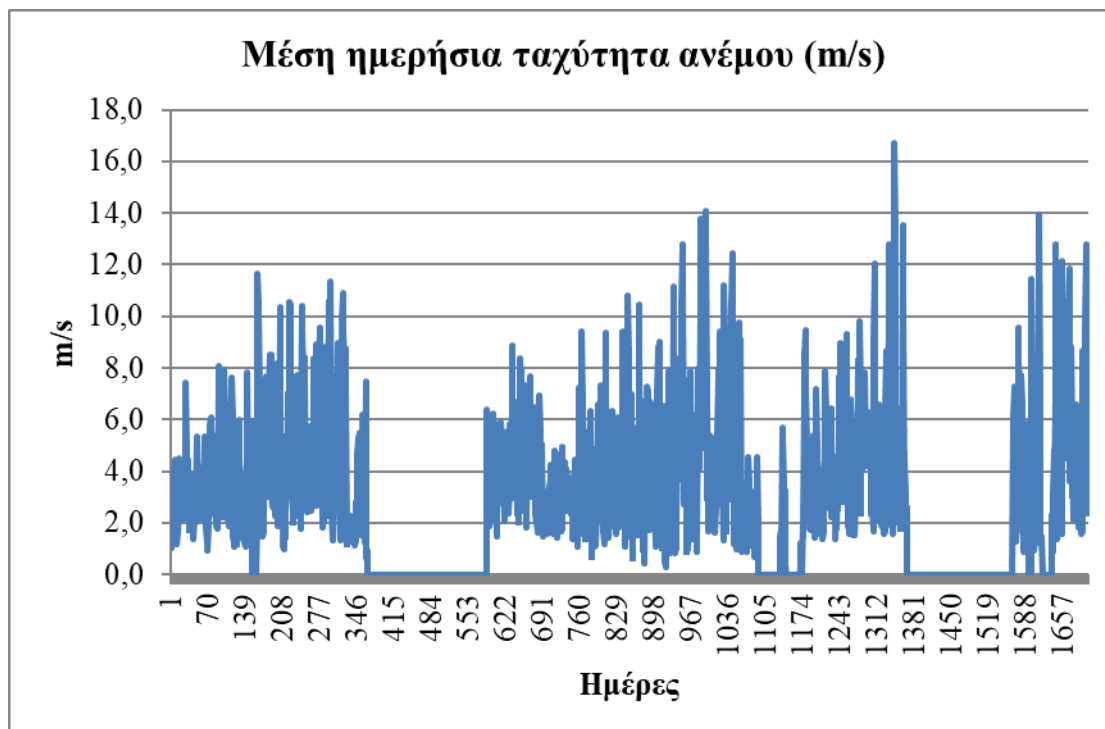
Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Κατταβιάς Ρόδου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου ότι κυμαίνεται μεταξύ 3,4 - 4 (m/s). Από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου προς τα συνολικά έτη παρατηρείται μια γενική σταθερότητα το διάστημα 2014 – 2016 με μια σημαντική πτώση το 2017 (-1 m/s).



Ροδόγραμμα 4: Κατεύθυνση ανέμων Κατταβιάς Ρόδου, 2014-2016

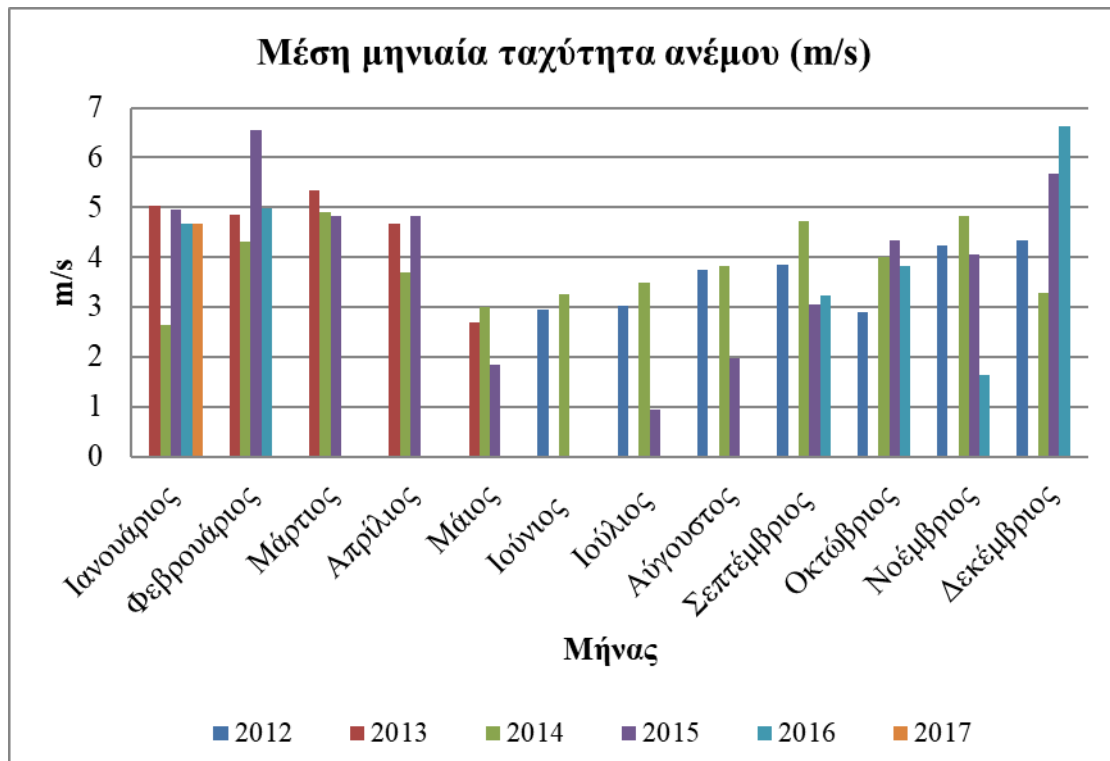
Με βάση τα στοιχεία του ροδογράμματος για την περιοχή της Κατταβιάς Ρόδου, παρατηρείται ότι οι άνεμοι είναι κυρίως βορειοανατολικοί ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό νοτιοανατολικών και νοτιοδυτικών ανέμων.

➤ **Κάσος**



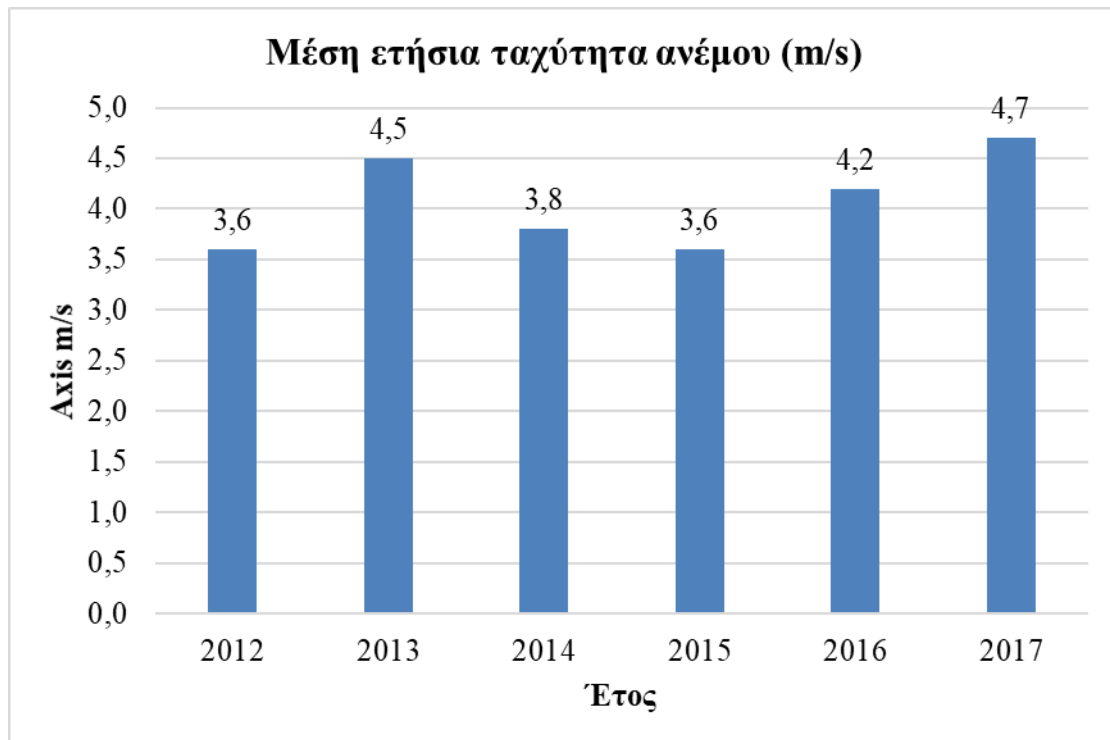
Διάγραμμα 13: Μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου Κάσου, 2012-2017

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για την Κάσο, παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 16,2 (m/s). Επίσης, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (%) της μετρούμενης ταχύτητας κυμαίνεται από 1,2 – 3,8 (m/s).



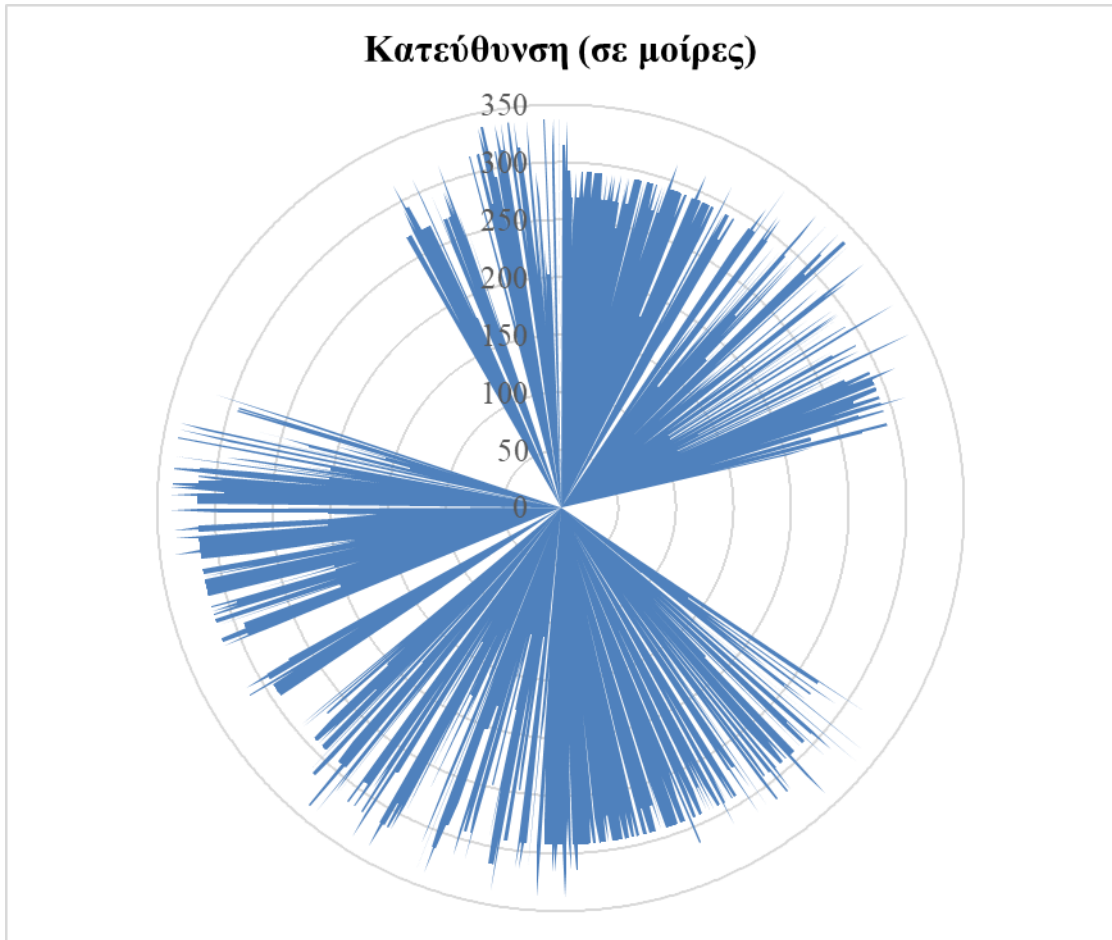
Διάγραμμα 14: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου Κάσου, 2012-2017

Ως προς τη μέση μηνιαία ταχύτητα για την περιοχή της Κάσου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου, ότι η ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 0,9 - 6,8 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο ενώ κατά το μήνα Ιούνιο παρατηρούνται τα μικρότερα επίπεδα.



Διάγραμμα 15: Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου Κάσου, 2012-2017

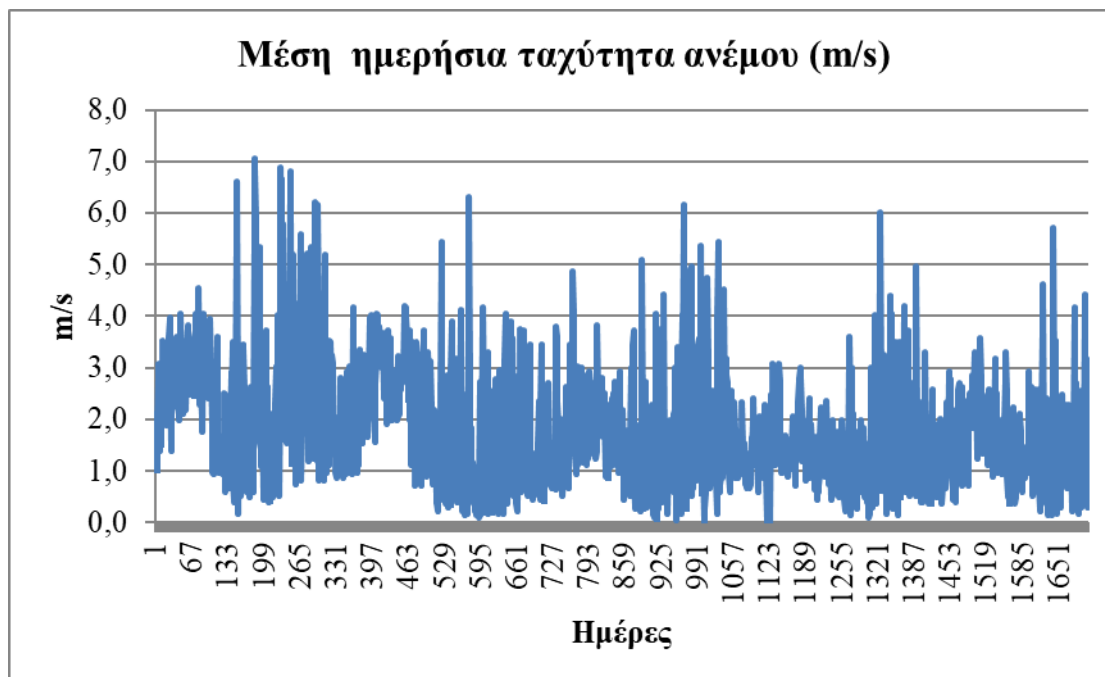
Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Κάσου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου ότι κυμαίνεται μεταξύ 3,6 - 4,5 (m/s). Από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου προς τα συνολικά έτη παρατηρείται μια γενική σταθερότητα με αυξητικές τάσεις από το 2016 και μετά (αύξηση 0,5 - 0,6 m/s).



Ροδόγραμμα 5: Κατεύθυνση ανέμων Κάσου, 2012-2017

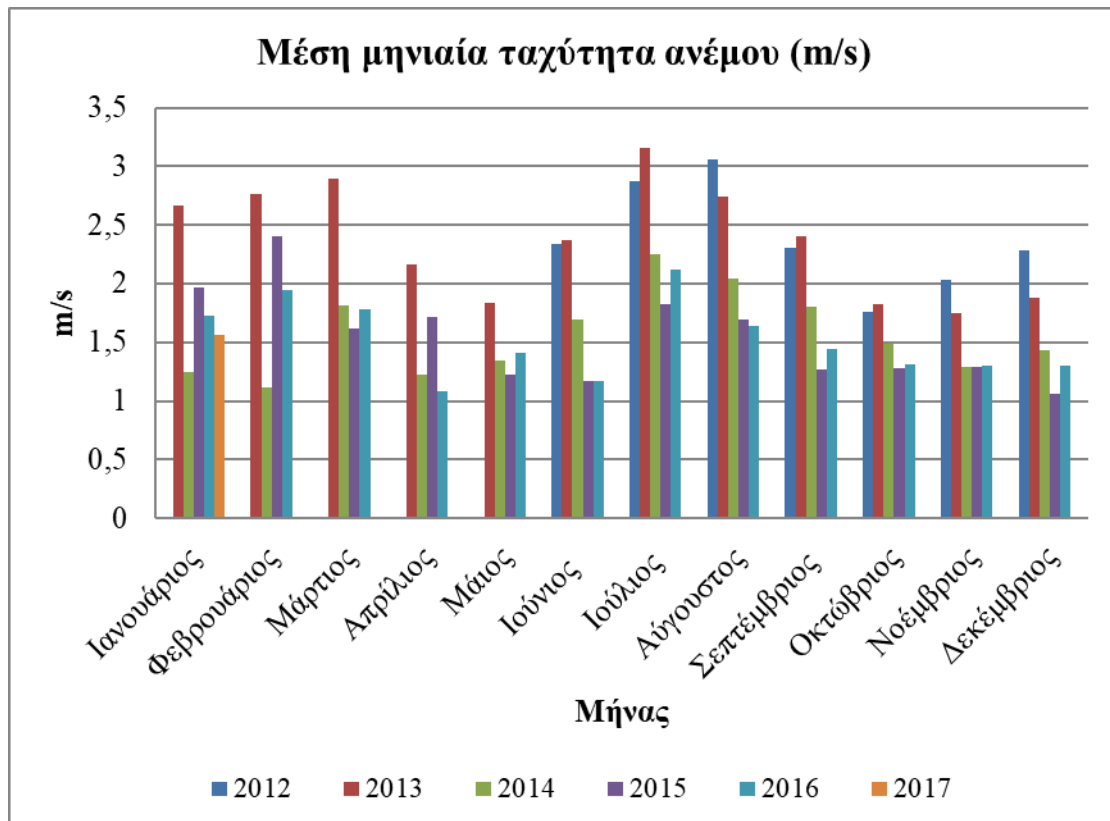
Με βάση τα στοιχεία του ροδογράμματος για την περιοχή της Κάσου, παρατηρείται ότι οι άνεμοι είναι κυρίως νοτιοδυτικοί ενώ σημαντικό ποσοστό εντοπίζεται στους βορειοανατολικούς.

➤ **Κάλυμνος**



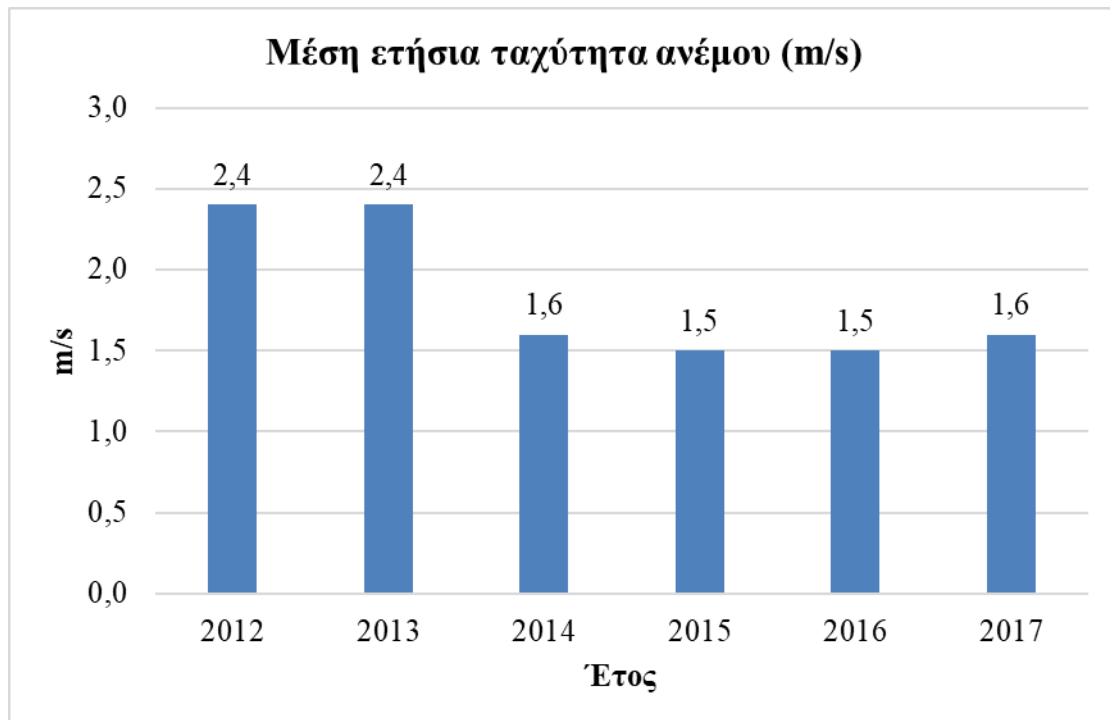
Διάγραμμα 16: Μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου Καλύμνου, 2012-2017

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για την Κάλυμνο, παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 7,1 (m/s). Επίσης, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (%) της μετρούμενης ταχύτητας κυμαίνεται από 0,8 - 3 (m/s).



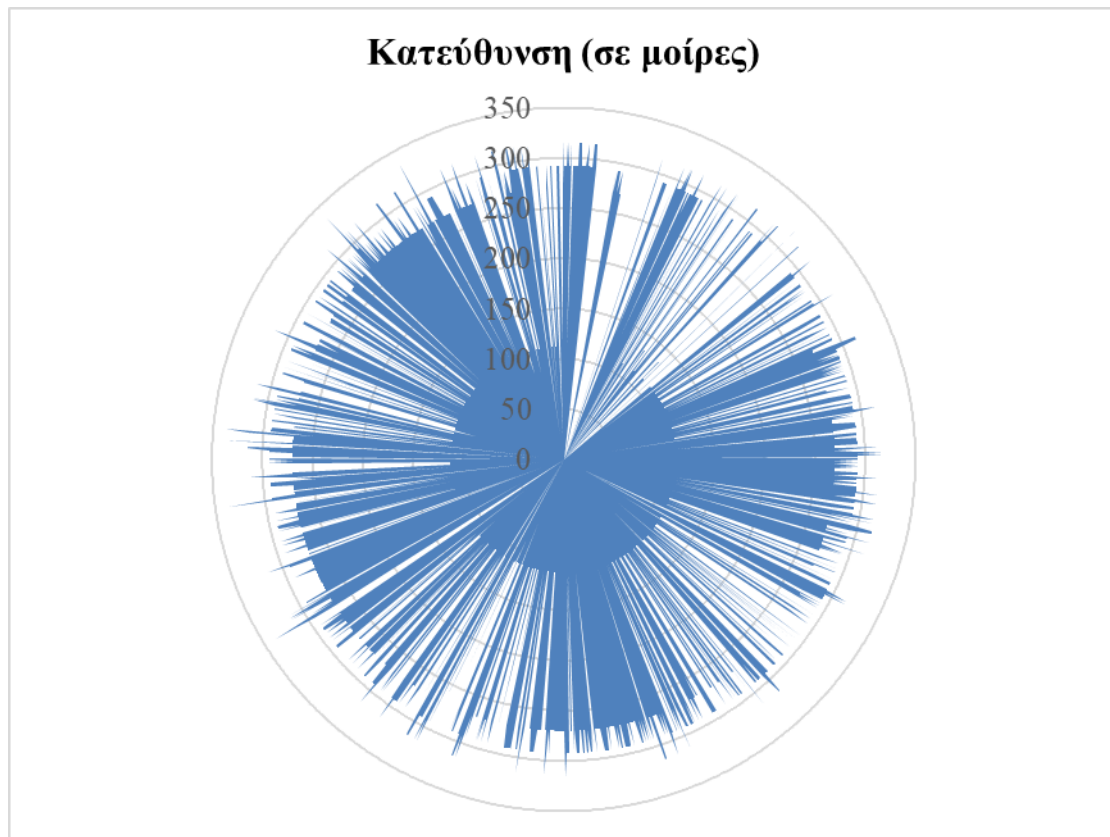
Διάγραμμα 17: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου Καλύμνου, 2012-2017

Ως προς τη μέση μηνιαία ταχύτητα για την περιοχή της Καλύμνου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου ότι η ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 1,5 - 3,2 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους θερινούς μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο) ενώ κατά το μήνα Οκτώβριο παρατηρούνται τα μικρότερα επίπεδα.



Διάγραμμα 18: Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου Καλύμνου, 2012-2017

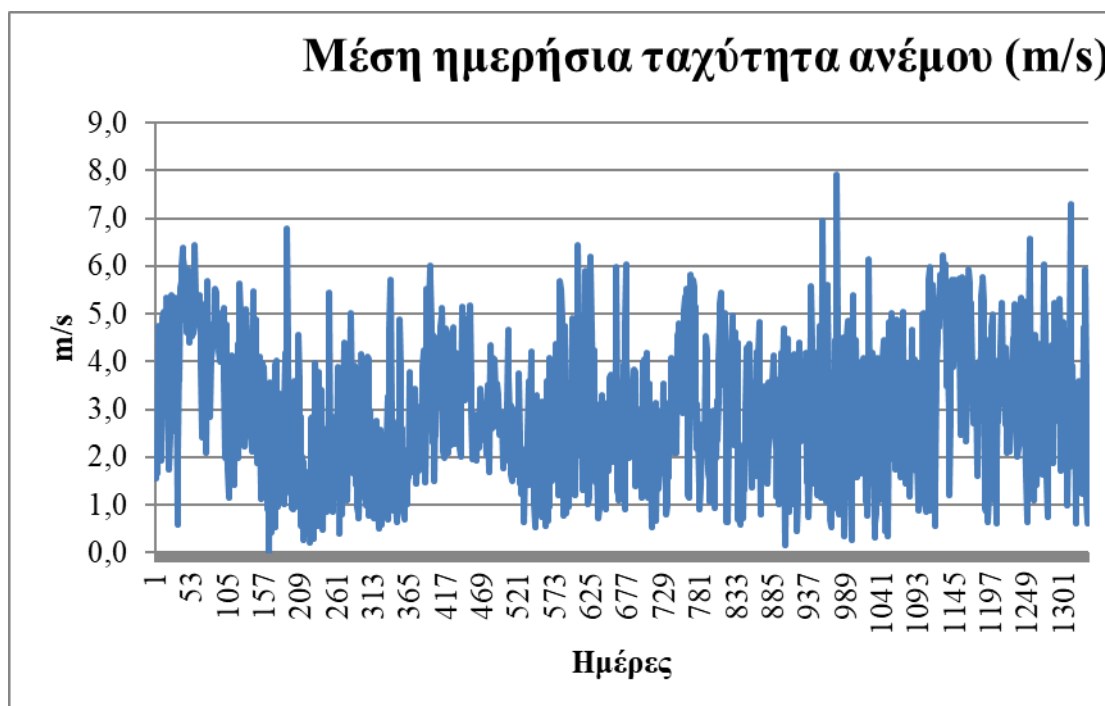
Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Καλύμνου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου ότι κυμαίνεται μεταξύ 2 - 2,7 (m/s). Από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου προς τα συνολικά έτη παρατηρείται μια γενική σταθερότητα με μια μικρή πτώση το διάστημα 2015 – 2017 (αποκλίσεις της τάξης των 0,1 - 0,3 m/s).



Ροδόγραμμα 6: Κατεύθυνση ανέμων Καλύμνου, 2012-2017

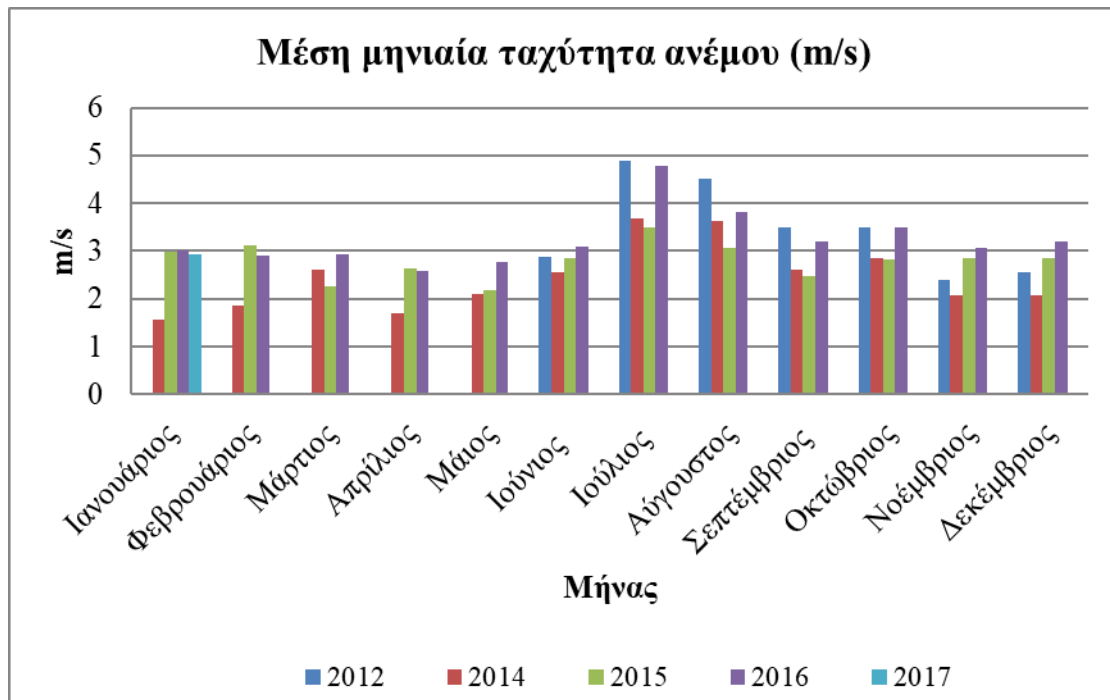
Με βάση τα στοιχεία του ροδογράμματος για την περιοχή της Καλύμνου, παρατηρείται ότι οι άνεμοι είναι κυρίως βορειοδυτικοί ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό νοτιοανατολικών και νοτιοδυτικών.

➤ **Κως**



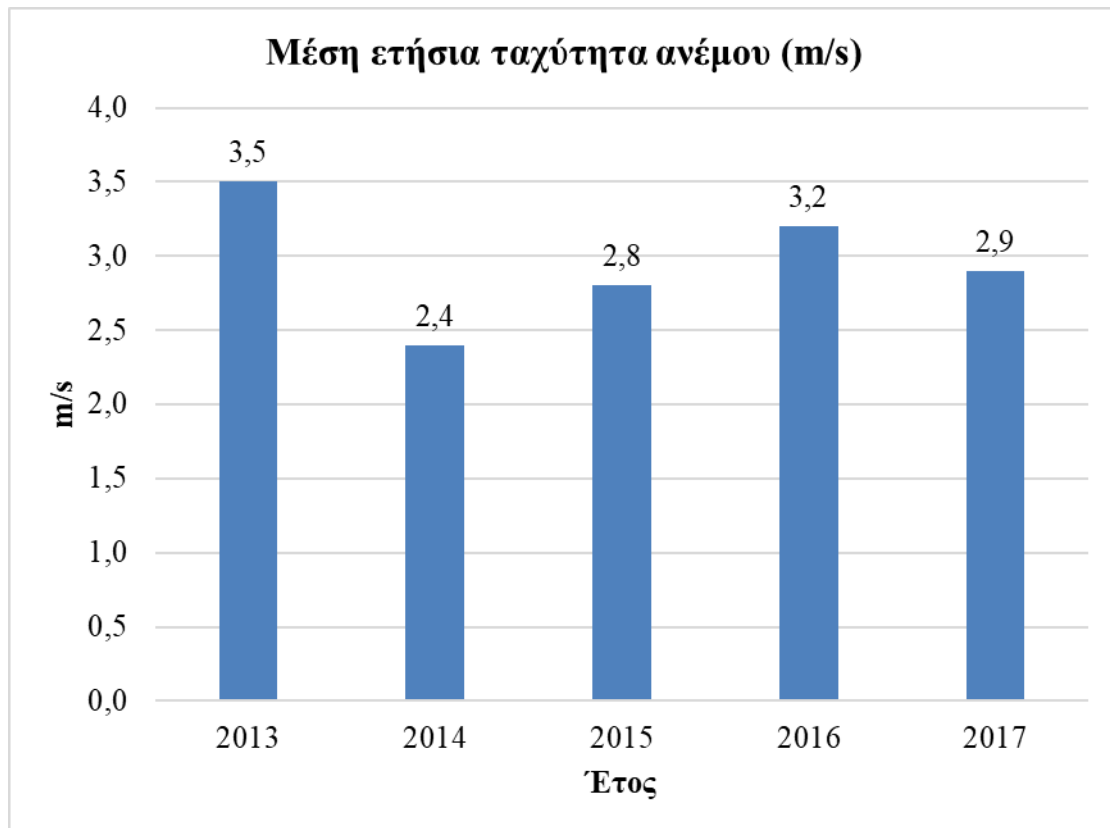
Διάγραμμα 19: Μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου Κω, 2013-2017

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για την Κω, παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 8 (m/s). Επίσης, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (%) της μετρούμενης ταχύτητας κυμαίνεται από 1,2 – 2,5 (m/s).



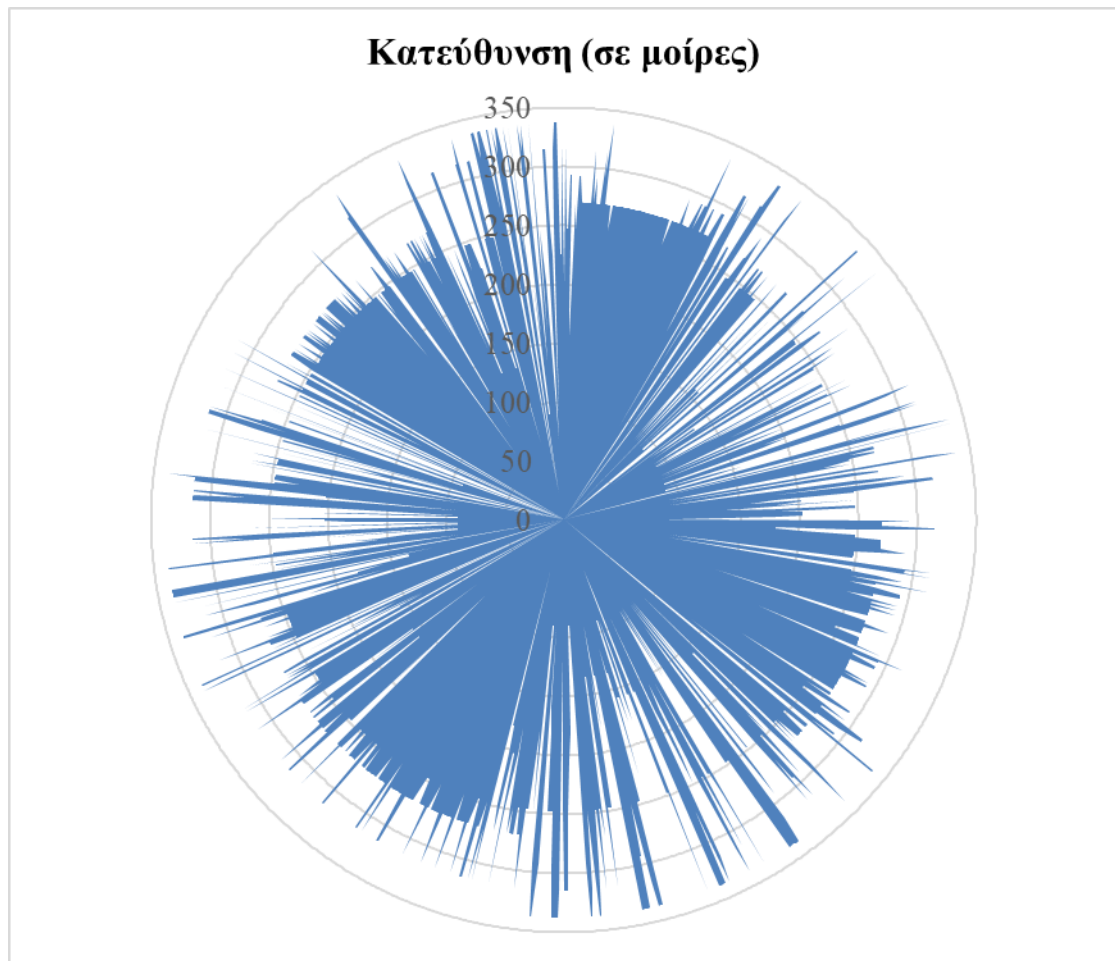
Διάγραμμα 20: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου Κω, 2013-2017

Ως προς τη μέση μηνιαία ταχύτητα για την περιοχή της Κω, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου, ότι η ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 1,5 - 2,8 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους μήνες Ιούνιο και Αύγουστο ενώ κατά το μήνα Απρίλιο παρατηρούνται τα μικρότερα επίπεδα.



Διάγραμμα 21: Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου Κω, 2013-2017

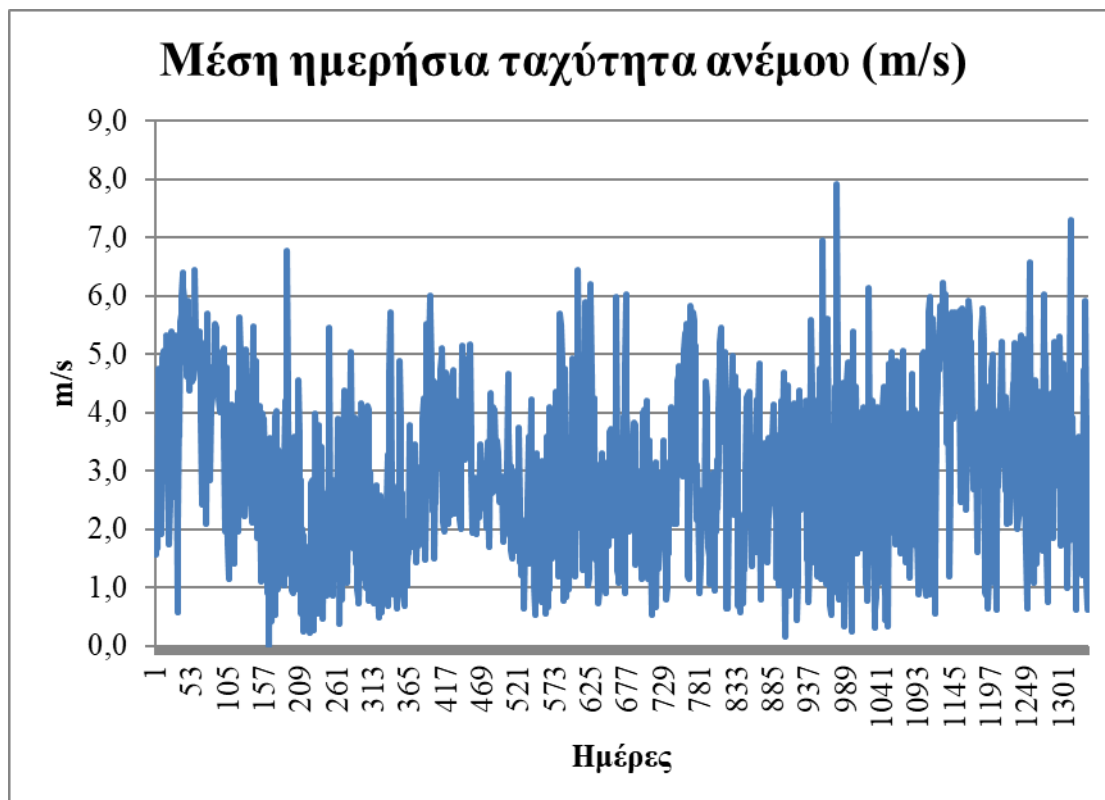
Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Κω, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου ότι κυμαίνεται μεταξύ 2,4 – 3,5 (m/s). Από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου προς τα συνολικά έτη παρατηρείται μια μικρή πτώση το διάστημα 2014 – 2017 της τάξης των 0,3 - 0,6 m/s κατά περίπτωση



Ροδόγραμμα 7: Κατεύθυνση ανέμων Κω, 2013-2017

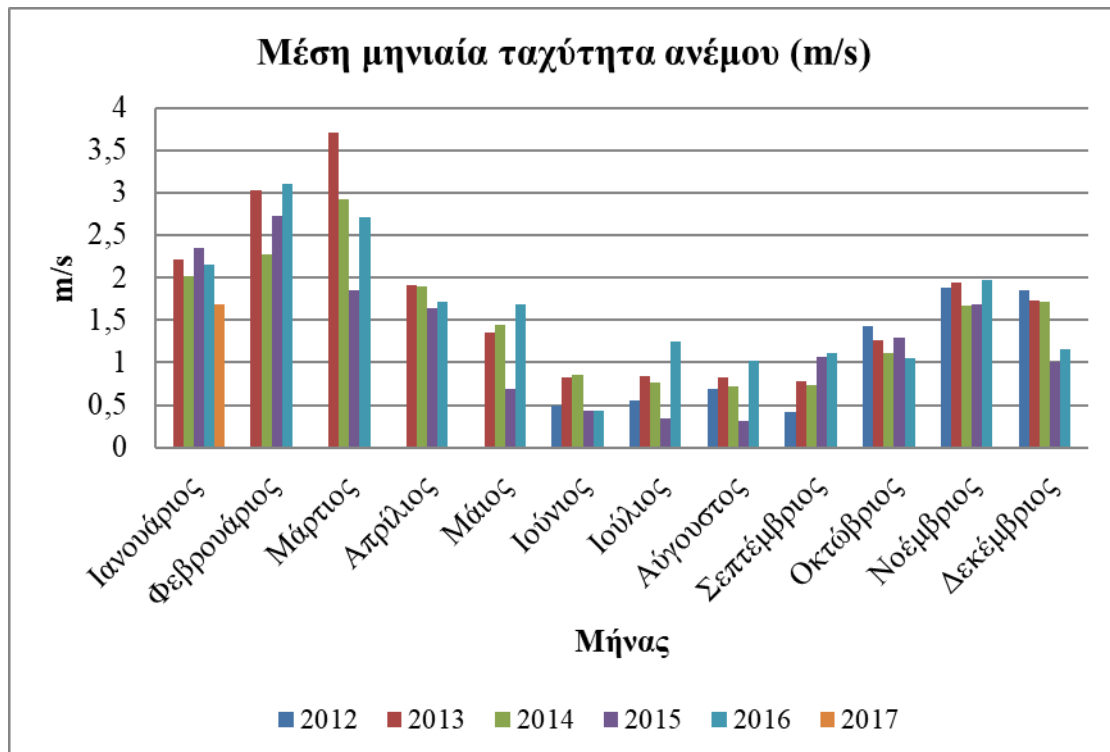
Με βάση τα στοιχεία του ροδογράμματος για την περιοχή της Κω, παρατηρείται ότι οι άνεμοι είναι κυρίως νοτιοδυτικοί ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό βορειοδυτικών ανέμων αλλά και νοτιοανατολικοί.

➤ Ικαρία



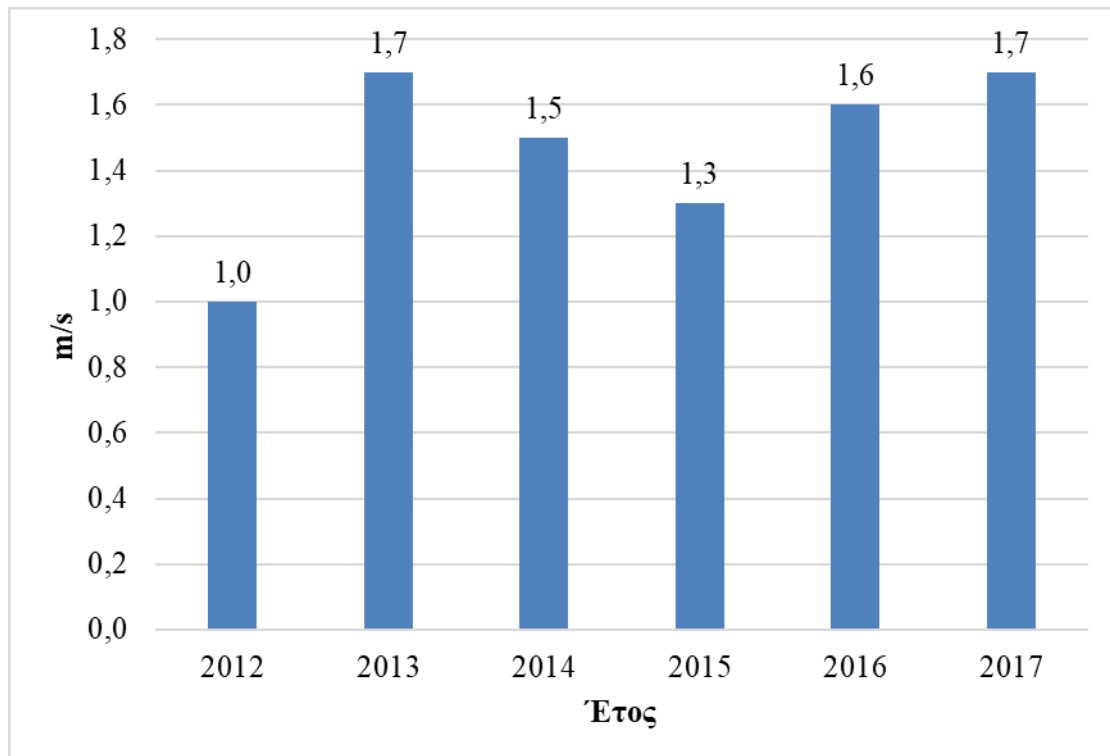
Διάγραμμα 22: Μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου Ικαρίας, 2012-2017

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για την Ικαρία παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 8 (m/s). Επίσης, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (%) της μετρούμενης ταχύτητας κυμαίνεται από 1,3 – 2,6 (m/s).



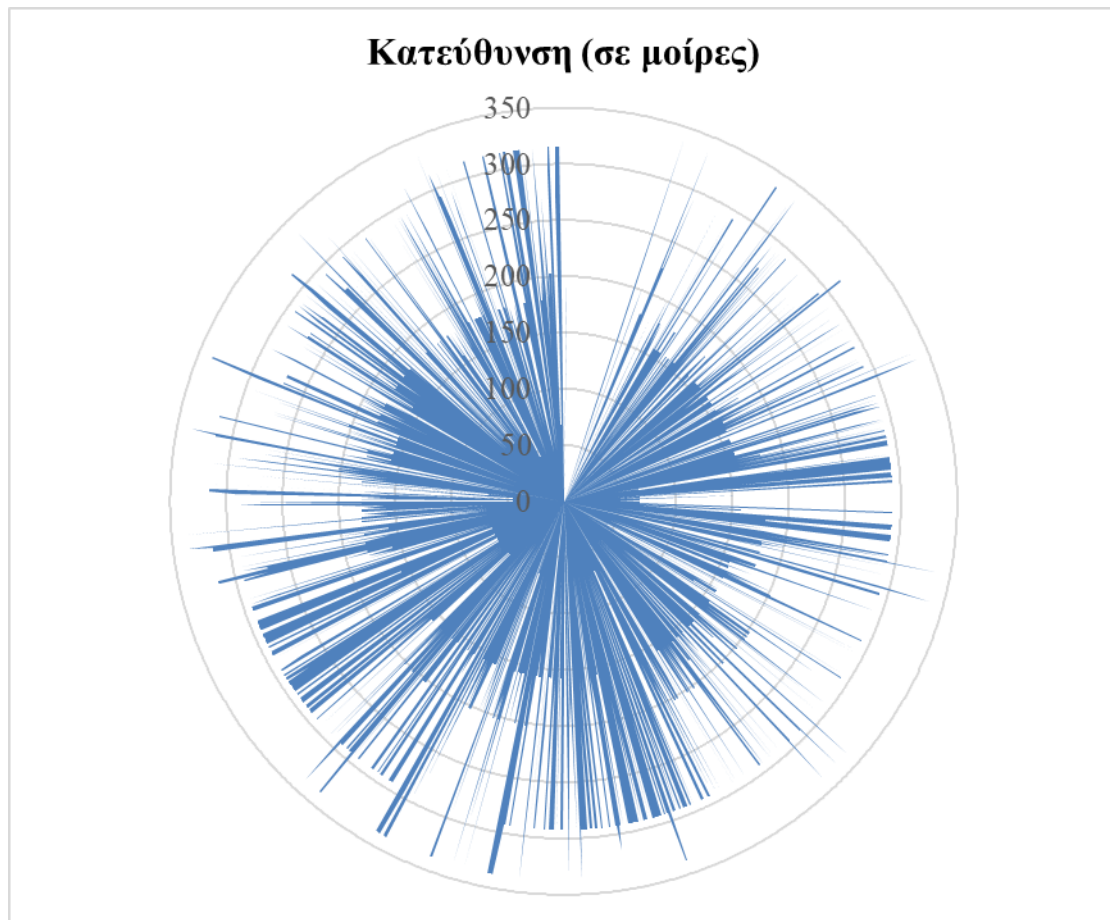
Διάγραμμα 23: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου Ικαρίας, 2012-2017

Ως προς τη μέση μηνιαία ταχύτητα για την περιοχή της Ικαρίας, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου, ότι η ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 0,4 – 3,6 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο ενώ κατά το μήνα Ιούνιο παρατηρούνται τα μικρότερα επίπεδα.



Διάγραμμα 24: Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου Ικαρίας, 2012-2017

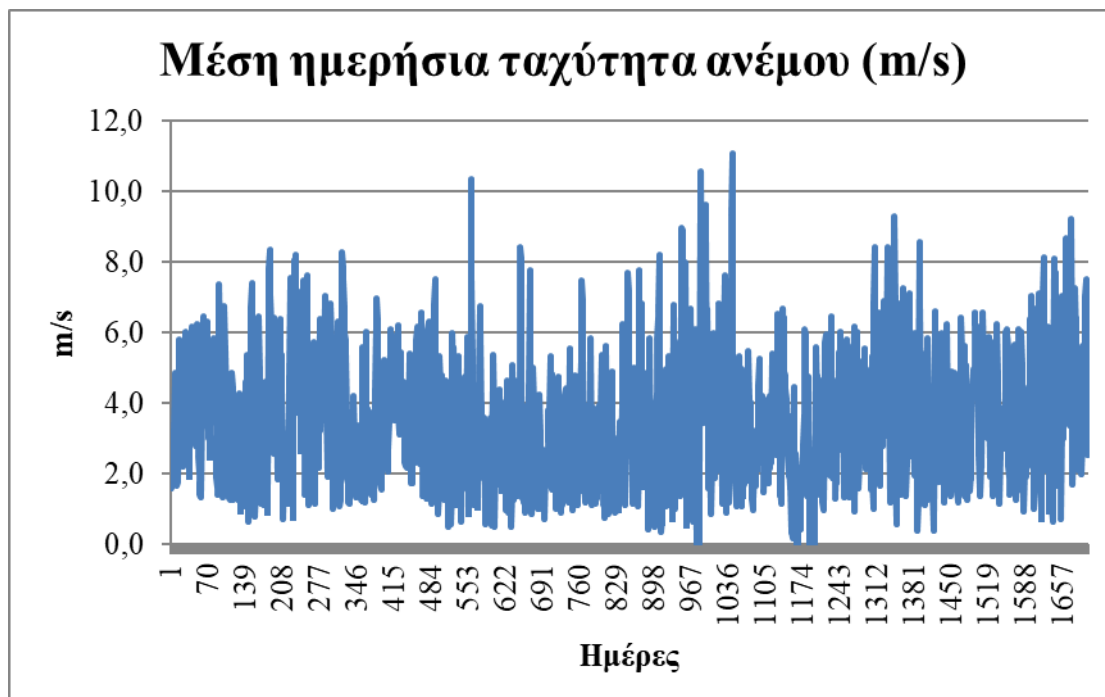
Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Ικαρίας, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου ότι κυμαίνεται μεταξύ 1 - 1,7 (m/s). Από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου προς τα συνολικά έτη παρατηρείται μια γενικά αυξητική τάση (αυξήσεις της τάξης των 0,3 - 0,7 m/s).



Ροδόγραμμα 8: Κατεύθυνση ανέμων Ικαρίας, 2012-2017

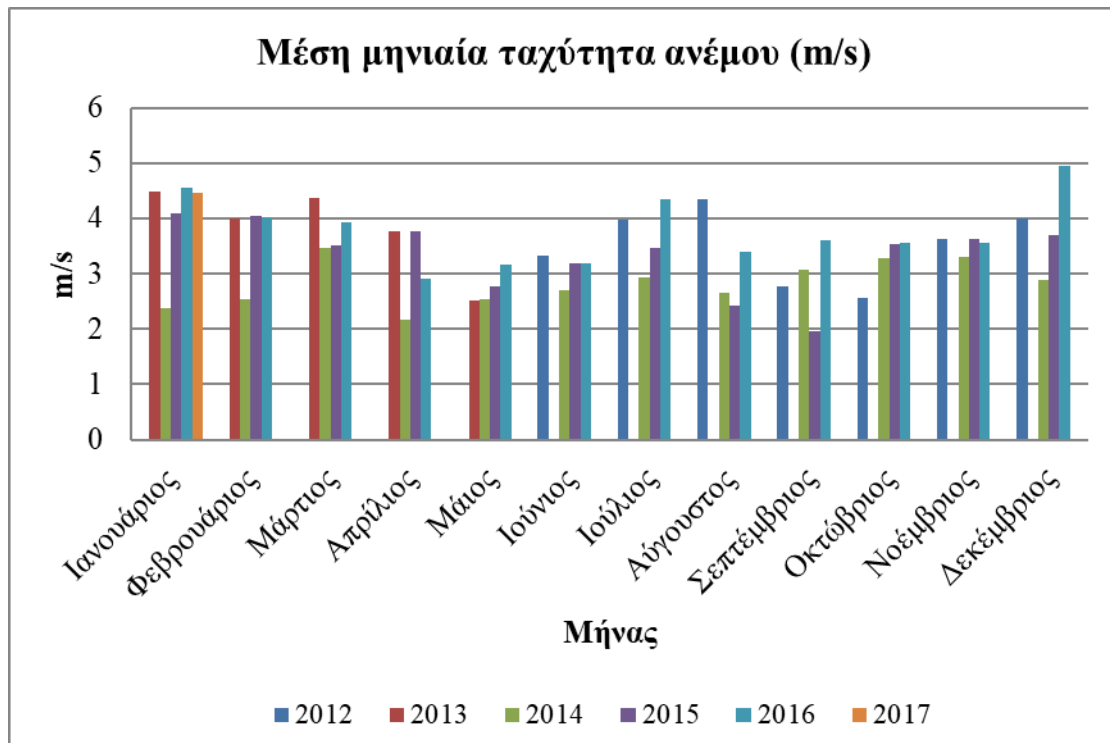
Με βάση τα στοιχεία του ροδογράμματος για την περιοχή της Ικαρίας, παρατηρείται ότι για τη περιοχή της Ρόδου οι άνεμοι είναι κυρίως νοτιοδυτικοί ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό βορειοδυτικών ανέμων αλλά και νοτιοανατολικοί.

➤ Πάτιμος



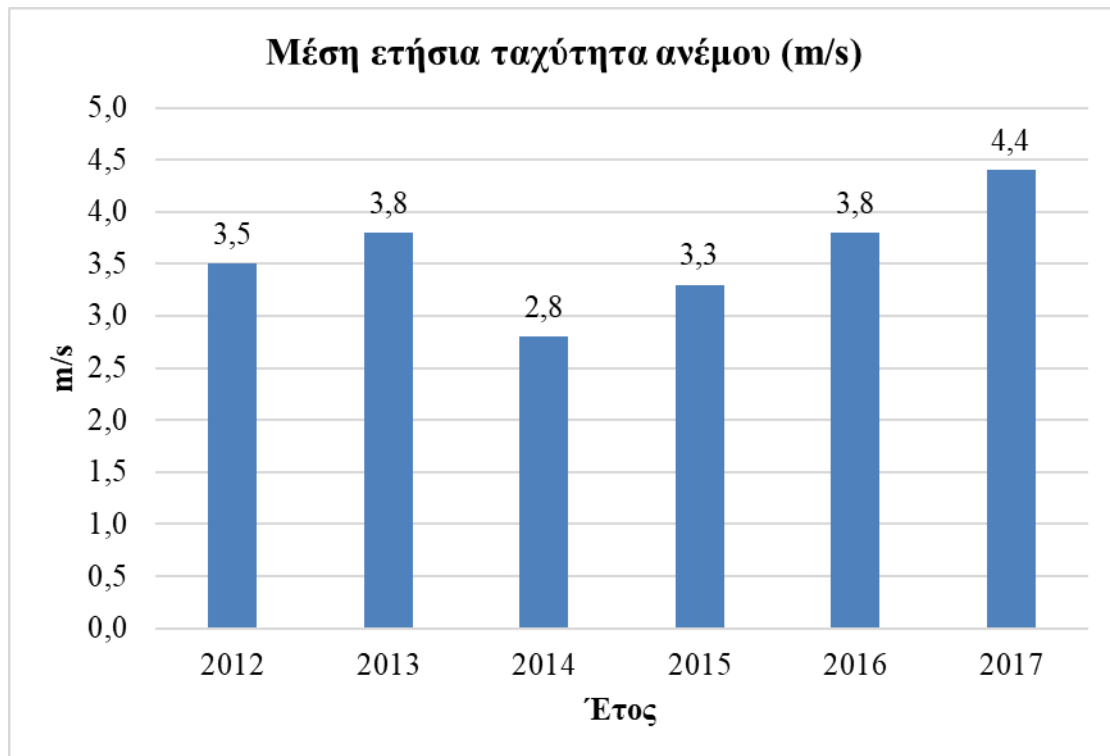
Διάγραμμα 25: Μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου Πάτιμου, 2012-2017

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για την Πάτιμο παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0,0 – 11 (m/s). Επίσης, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (%) της μετρούμενης ταχύτητας κυμαίνεται από 2- 4 (m/s).



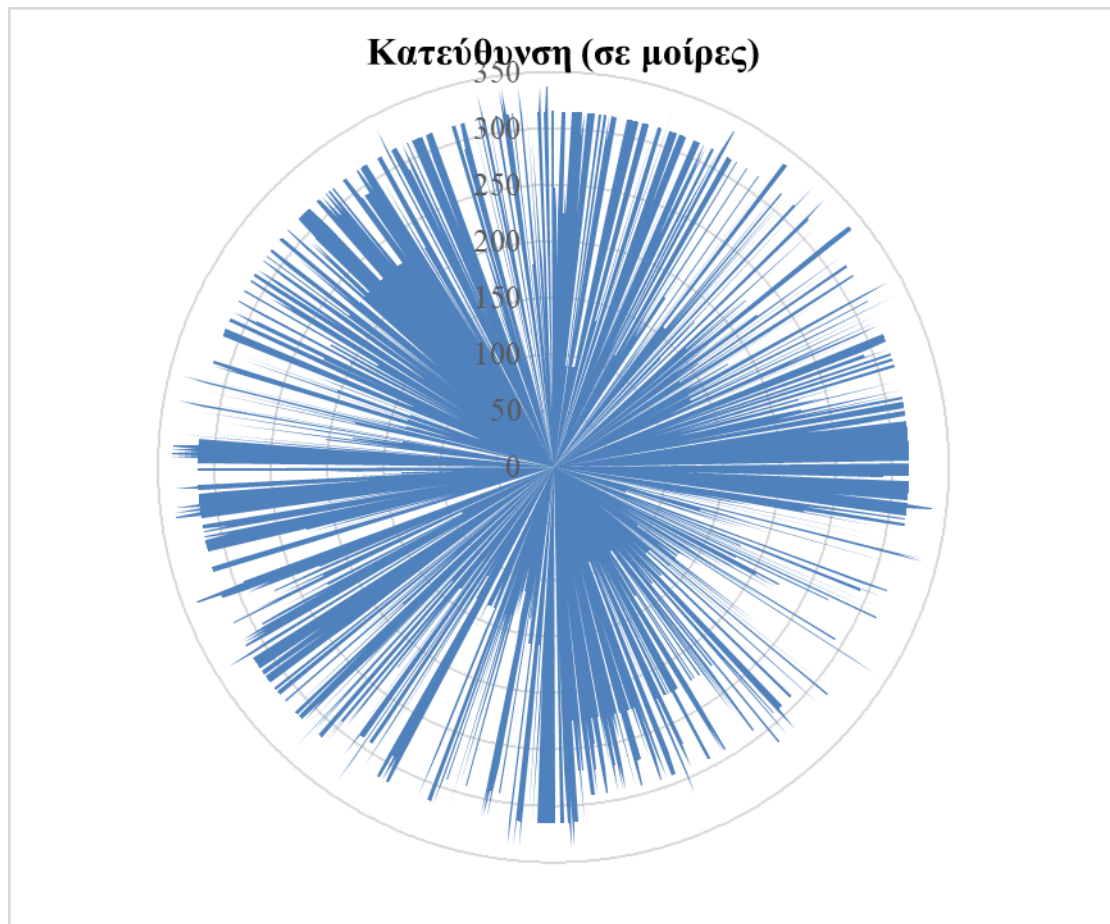
Διάγραμμα 26: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου Πάτμου, 2012-2017

Ως προς τη μέση μηνιαία ταχύτητα για την περιοχή της Πάτμου παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου, ότι η ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 2 - 5 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο και Ιούλιο ενώ κατά το μήνα Οκτώβριο παρατηρούνται τα μικρότερα επίπεδα.



Διάγραμμα 27: Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου Πάτμου, 2012-2017

Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Πάτμου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου ότι κυμαίνεται μεταξύ 2,8 - 4,4 (m/s). Από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου προς τα συνολικά έτη παρατηρείται μια γενική σταθερότητα με μια μικρή πτώση το διάστημα 2014 – 2015 (αποκλίσεις της τάξης των 0,1 - 0,3 m/s).



Ροδόγραμμα 9: Κατεύθυνση ανέμων Πάτμου, 2012-2017

Με βάση τα στοιχεία του ροδογράμματος για την περιοχή της Πάτμου παρατηρείται ότι οι άνεμοι είναι κυρίως νοτιοδυτικοί ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό βορειοδυτικών ανέμων αλλά και νοτιοανατολικοί.

4.4. Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών

Στο επόμενο βήμα επιλέχθηκαν δύο ανεμογεννήτριες της εταιρείας Enercon, η E - 44 (900 kw) και η E - 82 (2.000 kw) αντίστοιχα. Έχοντας τα χαρακτηριστικά στοιχεία λειτουργίας και των δύο ανεμογεννητριών επιλέχθηκαν οι τιμές ταχύτητας για βέλτιστη απόδοση (cut – in & cut - off).

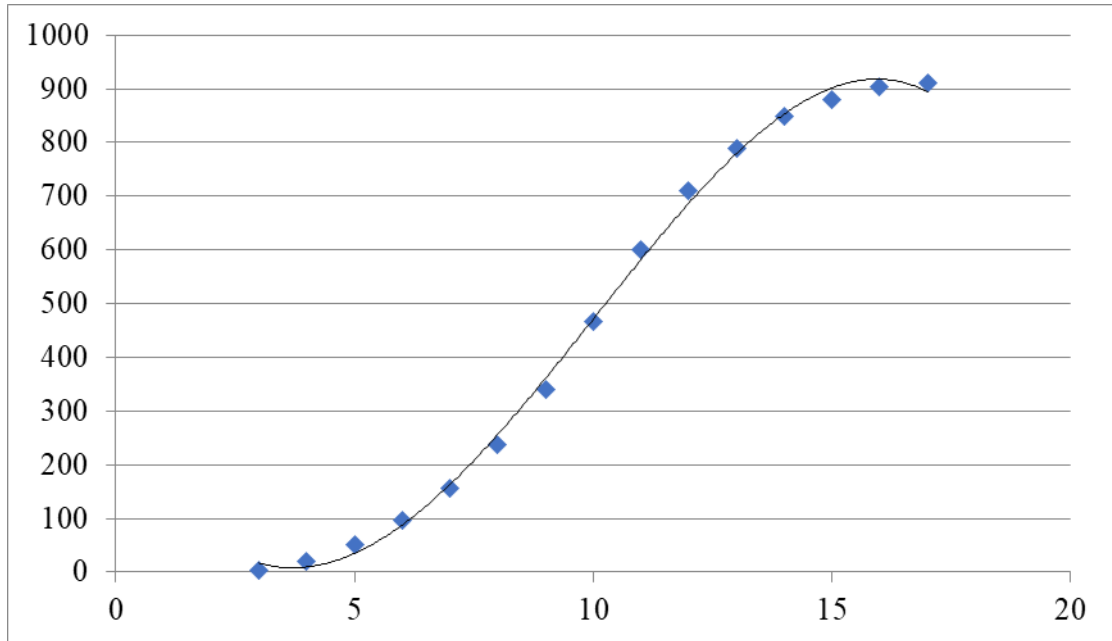
Άνεμος ws(m/s)	Ισχύς (kW)
1	0
2	0
3	4
4	20
5	50
6	96
7	156
8	238
9	340
10	466
11	600
12	710
13	790
14	850
15	880
16	905
17	910
18	910
19	910
20	910
21	910
22	910
23	910
24	910
25	910

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας E-44 (kW)

Όπως παρατηρείται για την ανεμογεννήτρια E - 44 η καμπύλη λειτουργίας (οι αριθμητικές τιμές) δείχνει ότι σε τιμές ταχύτητας ανέμου από 0 - 3 (m/s) η ανεμογεννήτρια δεν παράγει καμία ισχύ. Στα 3 m/s ξεκινάει η ανεμογεννήτρια να παράγει ισχύ ίση με 4 Kw (cut - in), με μέγιστη παραγόμενη ισχύ τα 910 kw, η οποία εντοπίζεται στα 17 m/s (cut - off). Από αυτό το σημείο και πάνω η ανεμογεννήτρια δεν παράγει περισσότερη ισχύ ανεξάρτητα από τη ταχύτητα του ανέμου. Για να μπορέσει αυτό να παραστεί όσο το δυνατόν καλύτερα γραφικά χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω εξίσωση,

$$Y = -0,579x^4 + 13,736x^3 - 85,231x^2 + 231,86x - 220,47$$

Όπου R^2 ο συντελεστής προσδιορισμού (Coefficient of determination) που δείχνει το ποσοστό επί τοις εκατό της διακύμανσης των τιμών που ερμηνεύει η συγκεκριμένη εξίσωση.

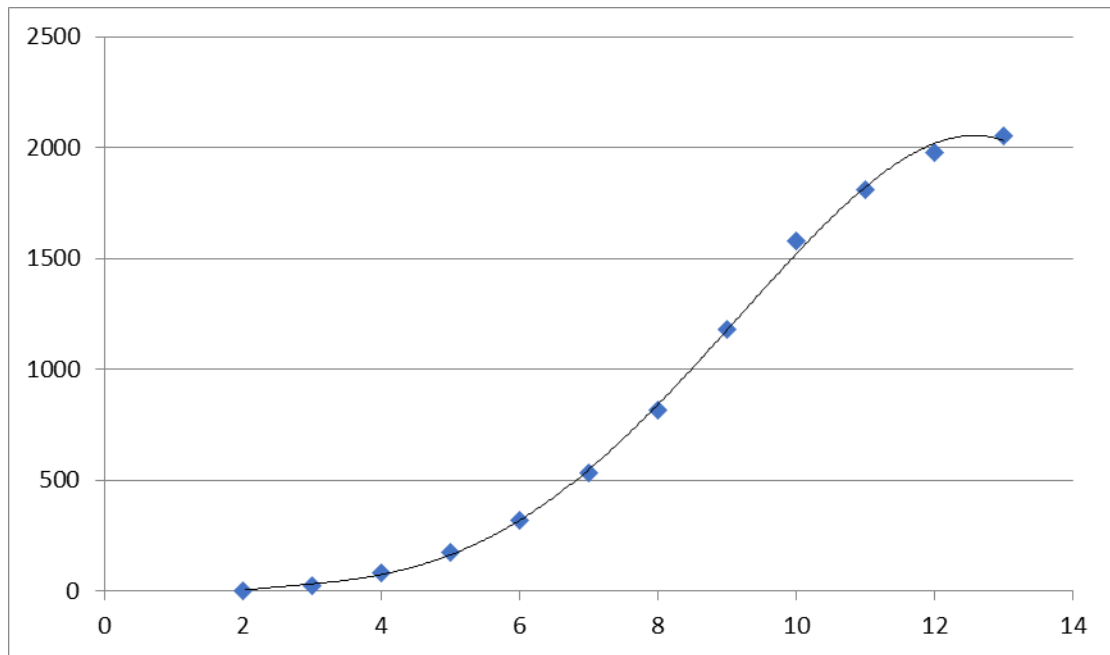


Διάγραμμα 28: Καμπύλη ανεμογεννήτριας E - 44

Άνεμος ws(m/s)	Ισχύς (kW)
1	0
2	3
3	25
4	82
5	174
6	321
7	532
8	815
9	1180
10	1580
11	1810
12	1980
13	2050
14	2050
15	2050
16	2050
17	2050
18	2050
19	2050
20	2050
21	2050
22	2050
23	2050
24	2050
25	2050

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας E – 82 (kW)

Όπως παρατηρείται για την ανεμογεννήτρια E - 82 η καμπύλη λειτουργίας (οι αριθμητικές τιμές) δείχνει ότι σε τιμές ταχύτητας ανέμου από 0 - 1 (m/s) η ανεμογεννήτρια δεν παράγει καμία ισχύ. Στα 2 m/s ξεκινάει η ανεμογεννήτρια να παράγει ισχύ ίση με 3 Kw (cut - in), με μέγιστη παραγόμενη ισχύ τα 2.050 kw, η οποία εντοπίζεται στα 13 m/s (cut - off). Από αυτό το σημείο και πάνω η ανεμογεννήτρια δεν παράγει περισσότερη ισχύ ανεξάρτητα από τη ταχύτητα του ανέμου.



Διάγραμμα 29: Καμπύλη ανεμογεννήτριας E - 82

Στο παραπάνω γράφημα παρατηρείται η καμπύλη λειτουργίας της ανεμογεννήτριας E - 82. Παρατηρείται και γραφικά το cut - in και cut - off της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας, ότι δηλαδή στις τιμές μεταξύ 0-1 (m/s) η ανεμογεννήτρια δεν παράγει ισχύ ενώ από 2 - 13 (m/s) η ανεμογεννήτρια παράγει ισχύ με σταθεροποίηση σε επίπεδα 2.050 kW πάνω από τα 14 m/s. Για να μπορέσει αυτό να παραστεί όσο το δυνατόν καλύτερα γραφικά χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω εξίσωση,

$$Y = -0,008x^4 - 0,6801x^3 + 25,254x^2 - 157,59x + 281,29$$

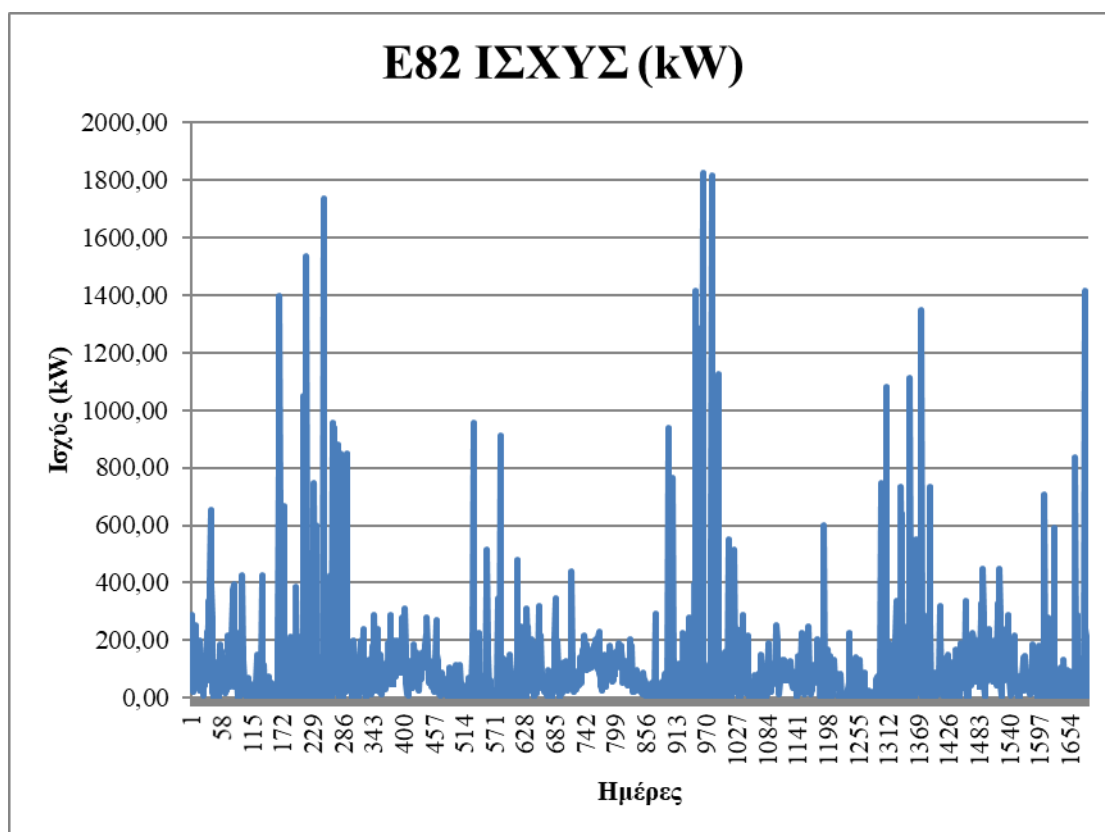
$$R^2 = 0,9982$$

Όπου R^2 ο συντελεστής προσδιορισμού (Coefficient of determination) που δείχνει το ποσοστό επί τοις εκατό της διακύμανσης των τιμών που ερμηνεύει η συγκεκριμένη εξίσωση.

4.4.1. Μέση ισχύς ανεμογεννητριών ανά περιοχή

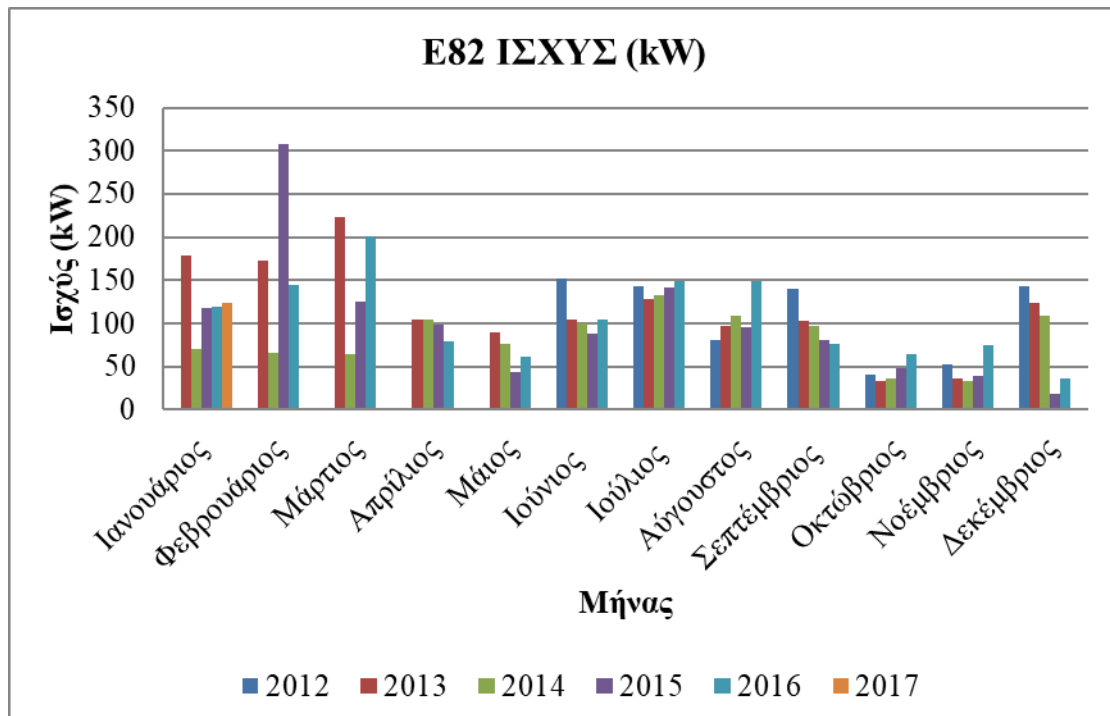
➤ Ρόδος

Ανεμογεννήτρια E - 82



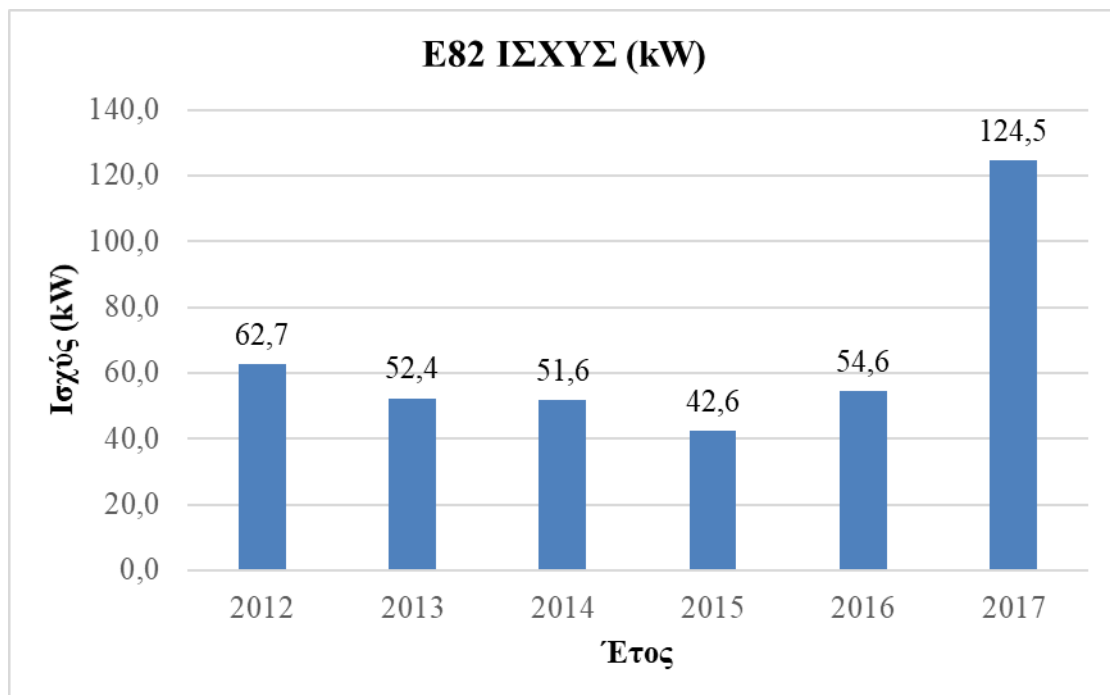
Διάγραμμα 30: Μέση ισχύ Ρόδου ανά ημέρα (E82), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για τη Ρόδο είναι τα 200kW.



Διάγραμμα 31: Μέση ισχύ Ρόδου ανά μήνα (E82), 2012 - 2017

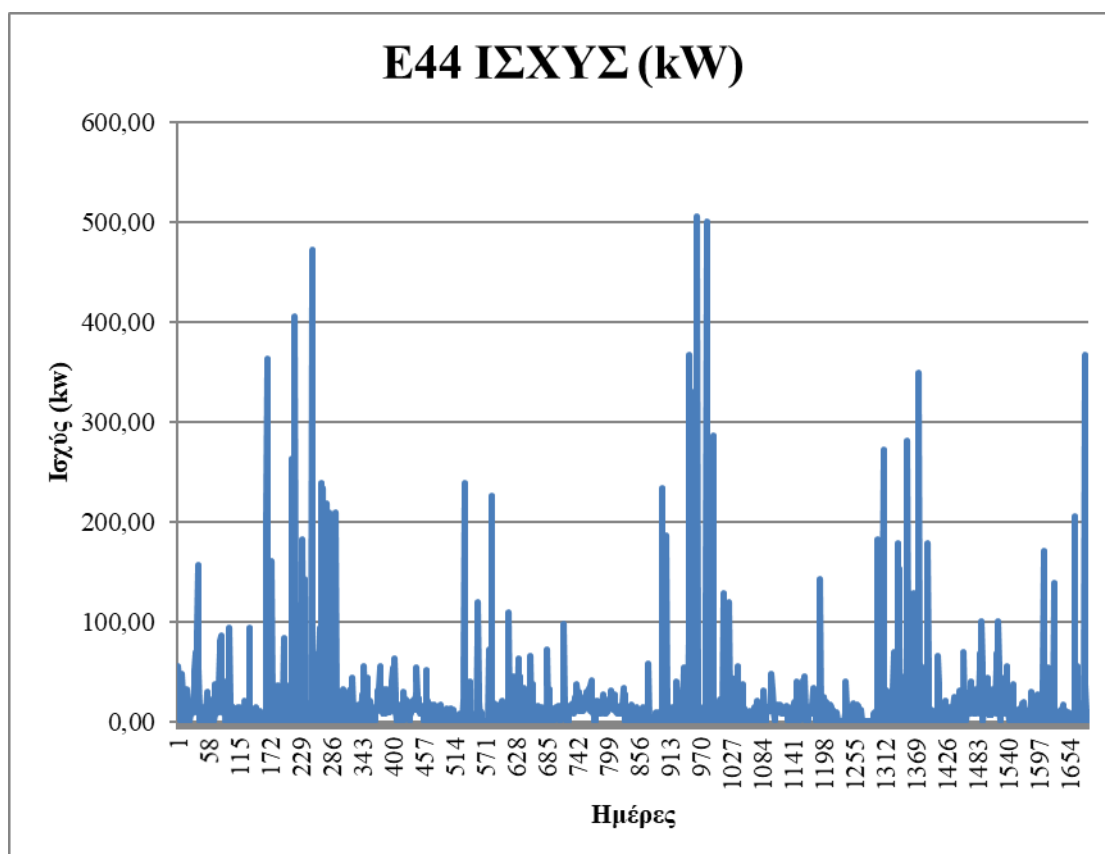
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για τη Ρόδο είναι τα 50kW.



Διάγραμμα 32: Μέση ισχύ Ρόδου κατ' έτος (E82), 2012 - 2017

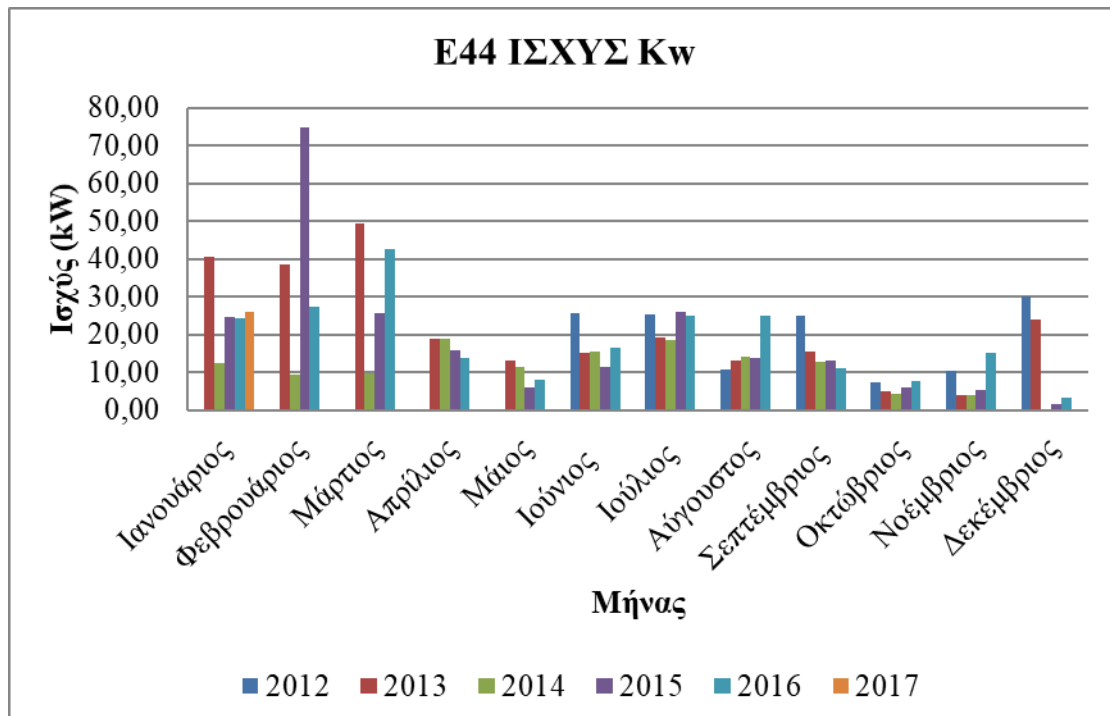
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για τη Ρόδο είναι τα 40kW.

Ανεμογεννήτρια E - 44



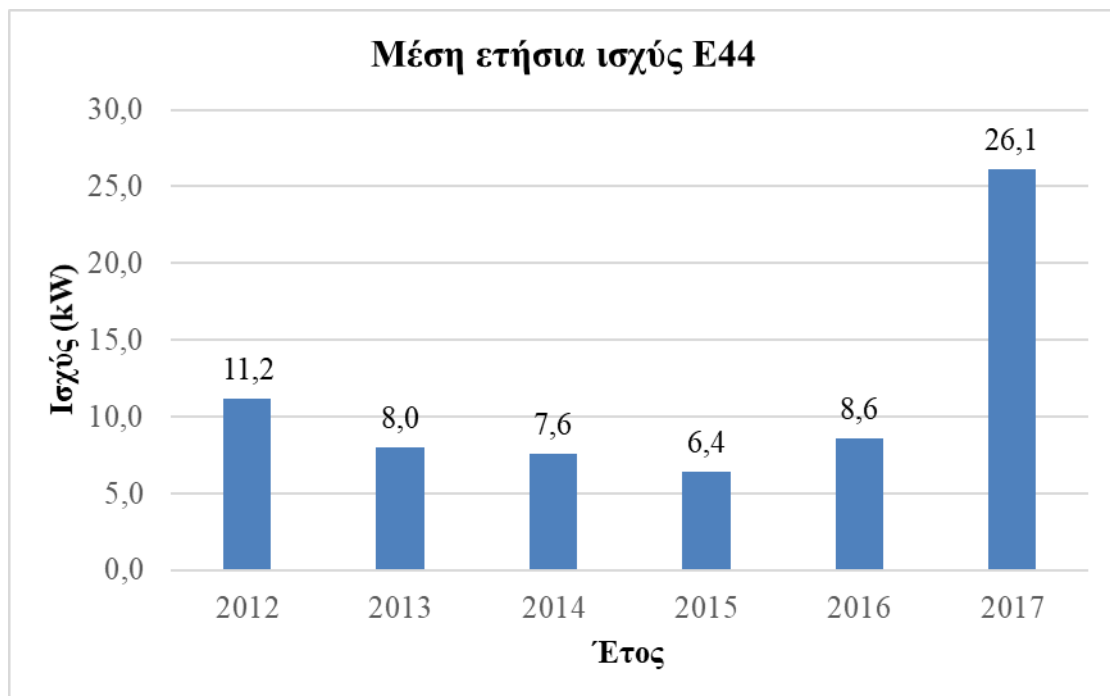
Διάγραμμα 33: Μέση ισχύ Ρόδου ανά ημέρα (E44) , 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για τη Ρόδο είναι τα 25kW.



Διάγραμμα 34: Μέση ισχύ Ρόδου ανά μήνα (E44)

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E – 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για τη Ρόδο είναι τα 5kW.

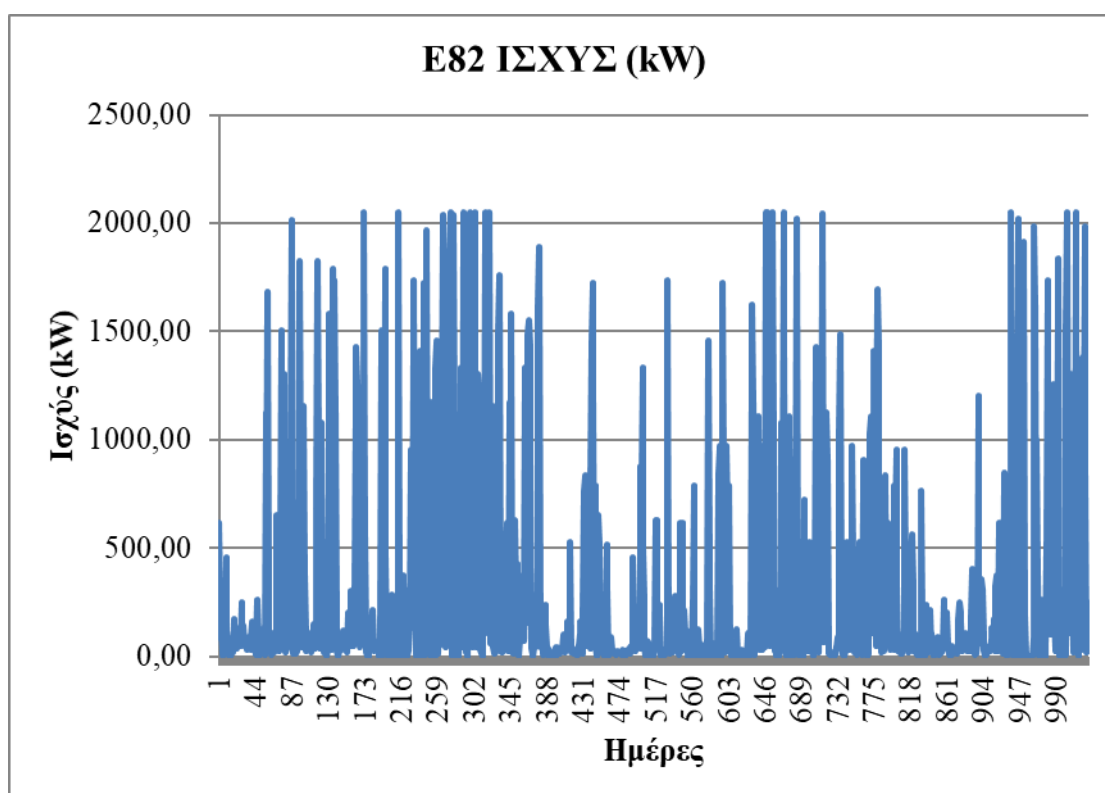


Διάγραμμα 35: Μέση ισχύ Ρόδου ανά έτος (E44) , 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για τη Ρόδο είναι τα 6kW.

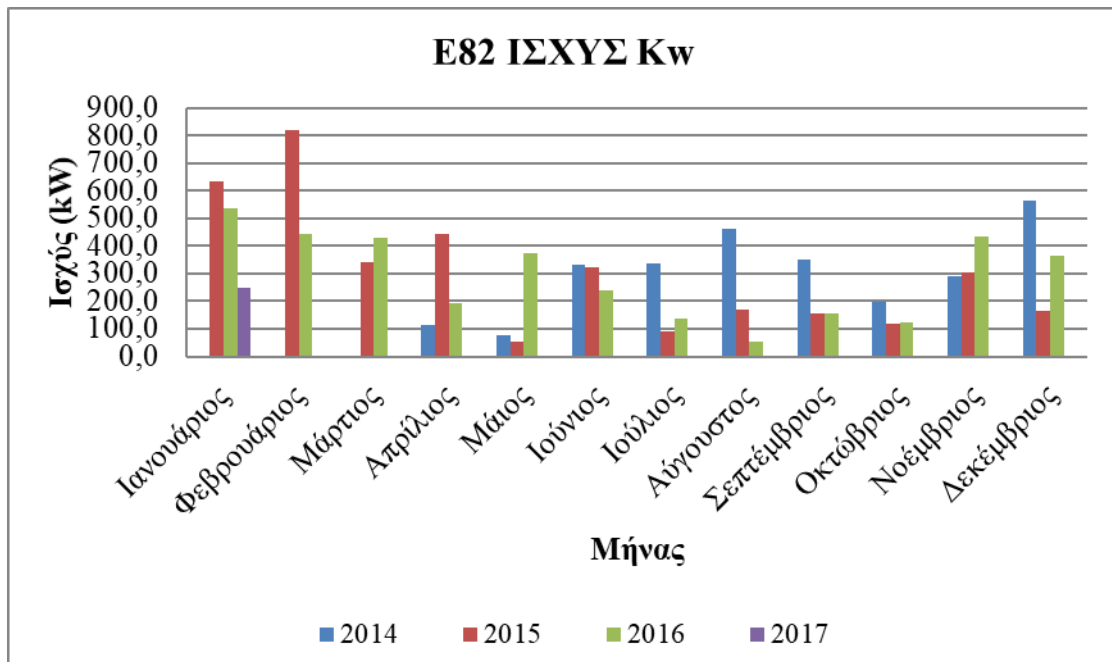
➤ Λίνδος Ρόδου

Ανεμογεννήτρια E - 82



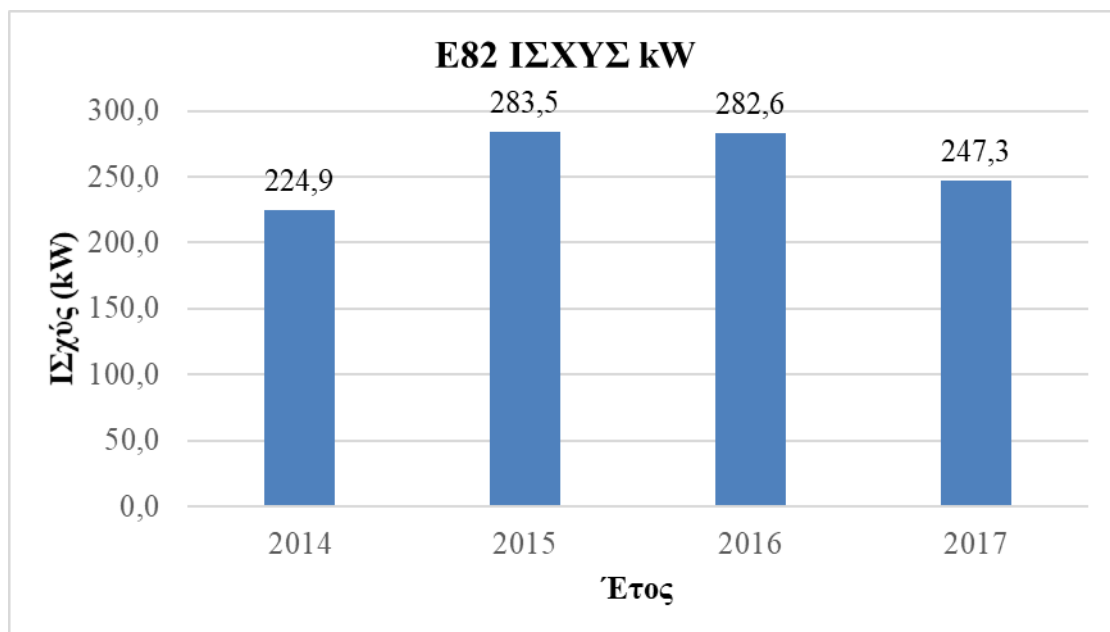
Διάγραμμα 36: Μέση ισχύ Λίνδου ανά ημέρα (E82) , 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για τη Λίνδο είναι τα 250kW



Διάγραμμα 37: Μέση ισχύ Λίνδου ανά μήνα (E82) , 2014 - 2017

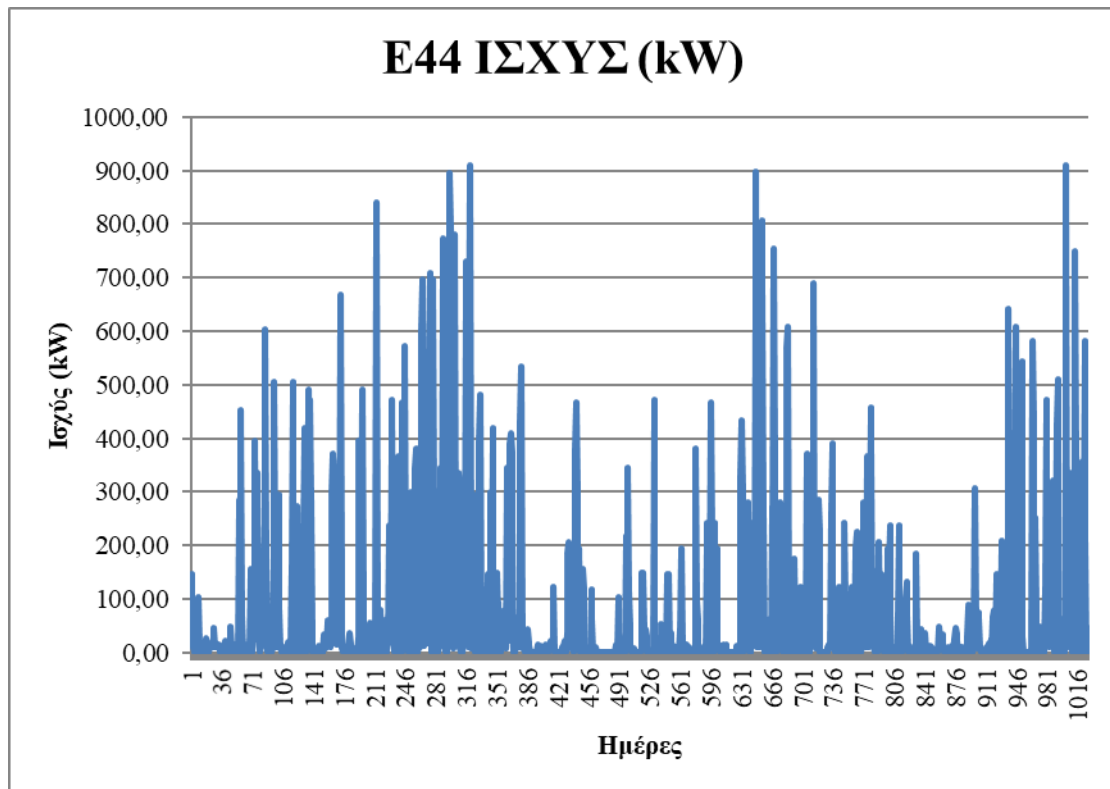
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για τη Λίνδο είναι τα 100kW.



Διάγραμμα 38: Μέση ισχύ Λίνδου ανά έτος (E82), 2014 - 2017

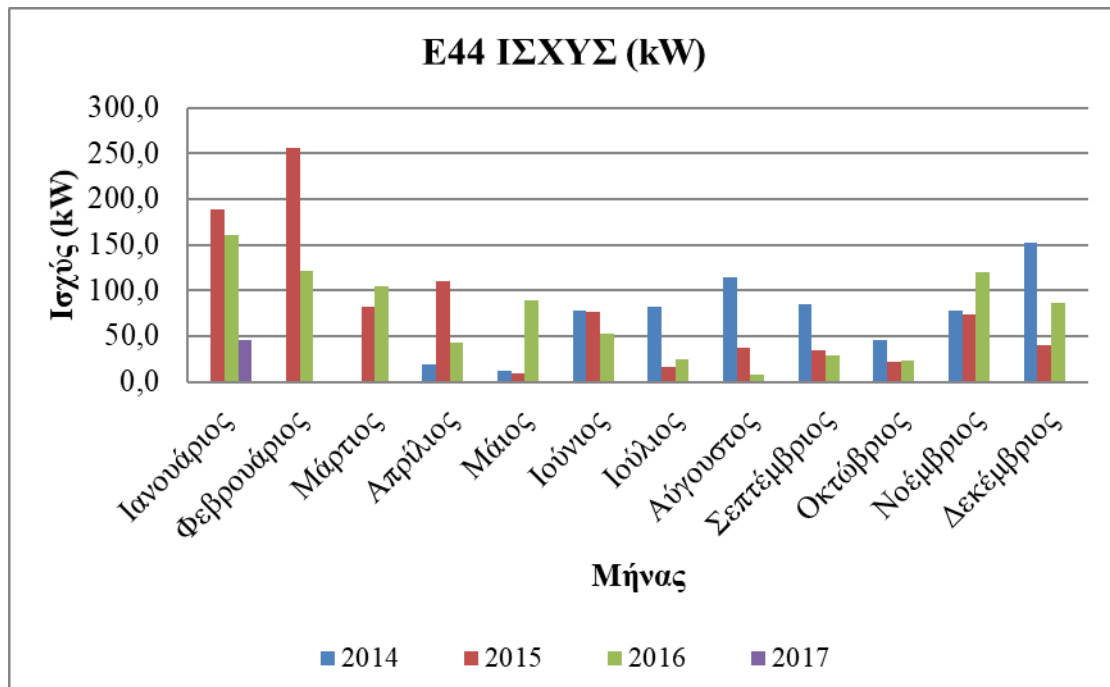
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για τη Λίνδο είναι τα 220kW.

Ανεμογεννήτρια E - 44



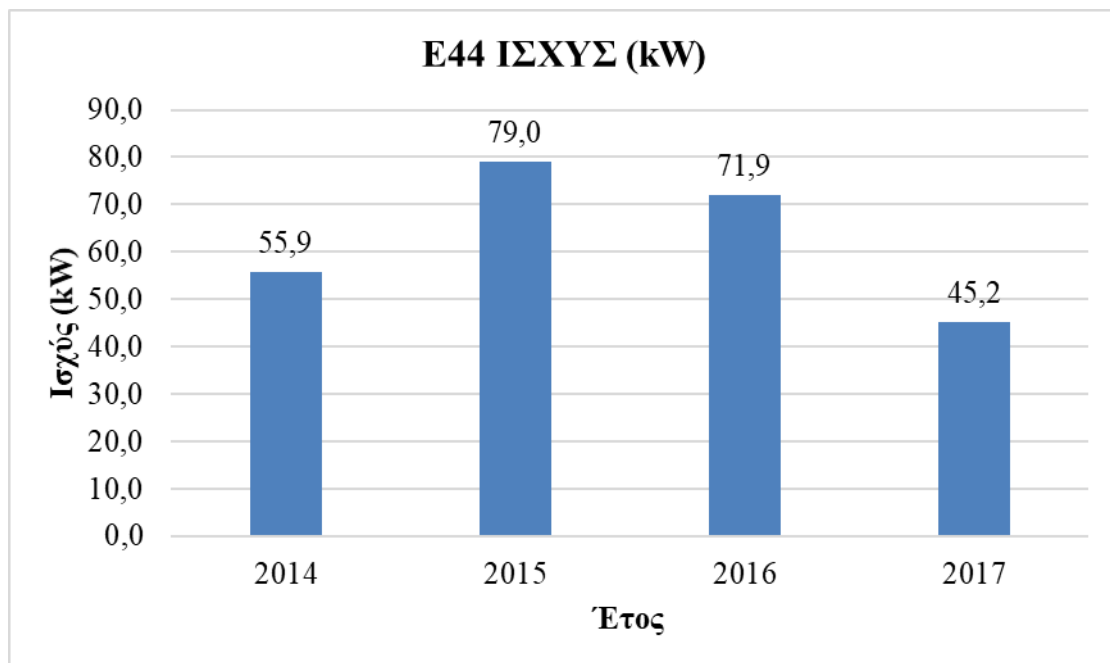
Διάγραμμα 39: Μέση ισχύς Λίνδου ανά ημέρα (E44), 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για τη Λίνδο είναι τα 50kW.



Διάγραμμα 40: Μέση ισχύ Λίνδου ανά μήνα (E44), 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E – 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για τη Λίνδο είναι τα 50kW.

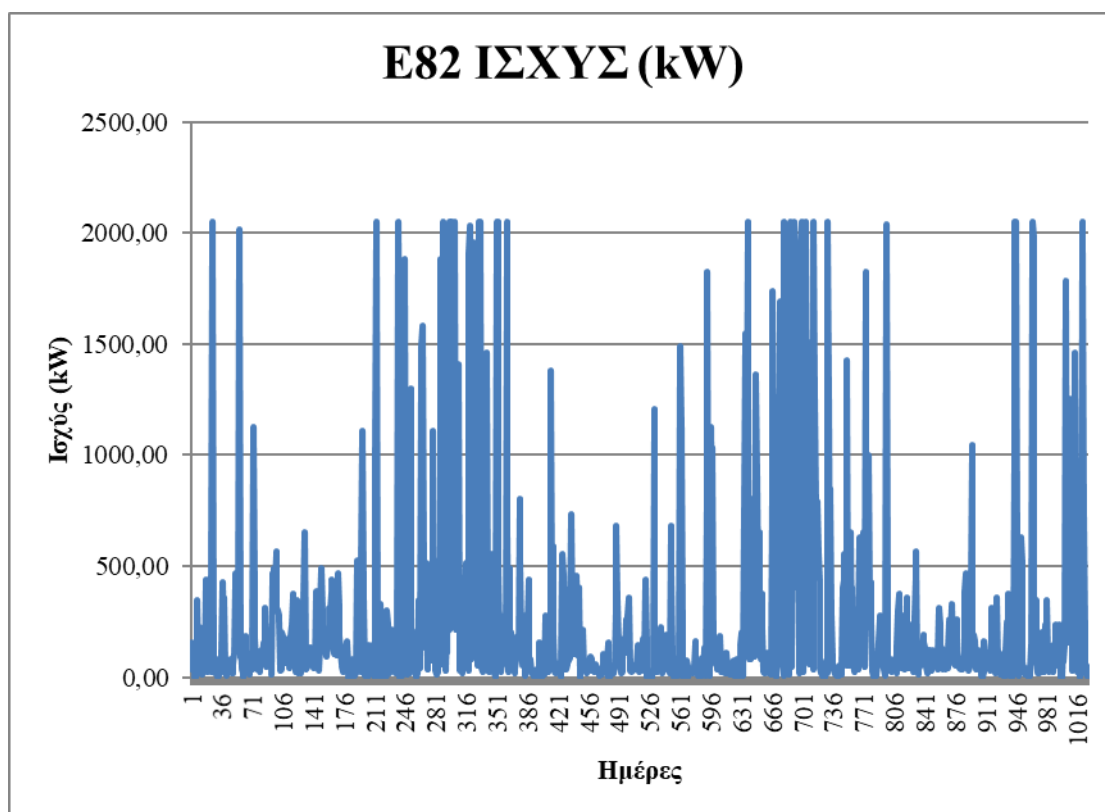


Διάγραμμα 41: Μέση ισχύ Λίνδου ανά έτος (E44), 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για τη Λίνδο είναι τα 45kW.

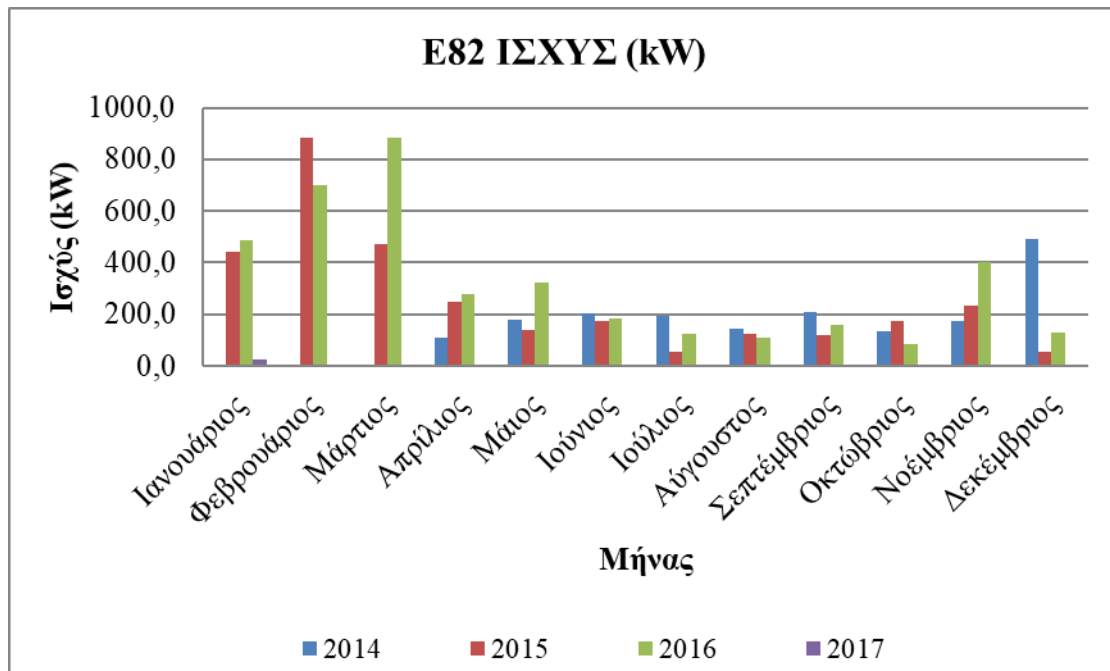
➤ **Έμπονας Ρόδου**

Ανεμογεννήτρια E - 82



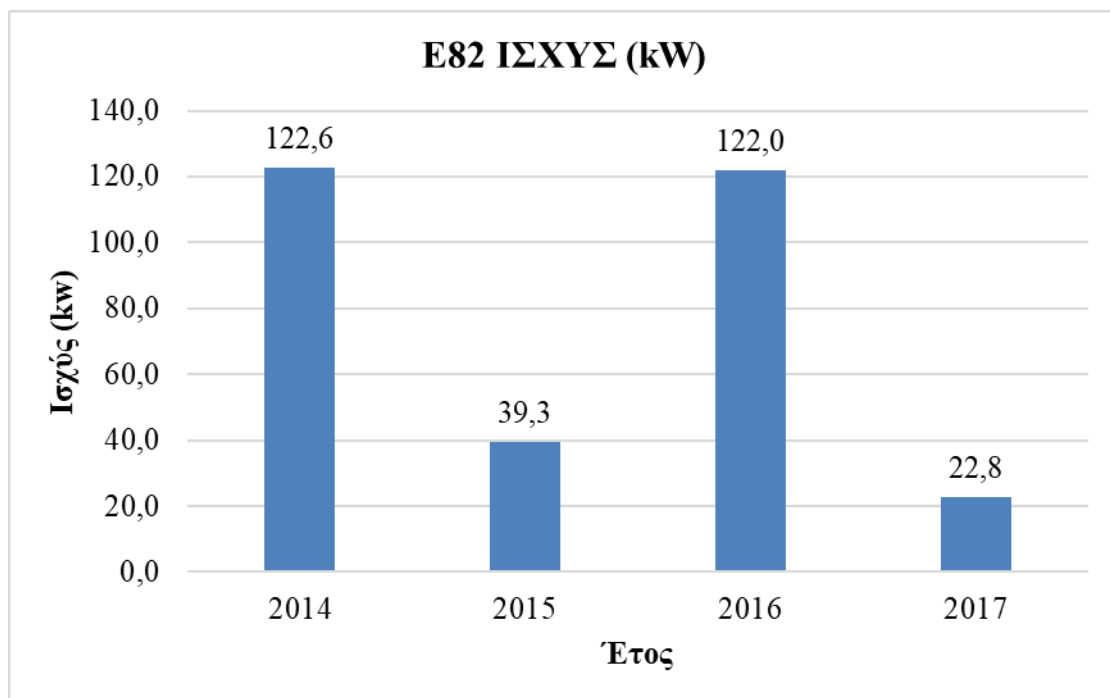
Διάγραμμα 42: Μέση ισχύ Έμπονα ανά ημέρα (E82), 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για τον Έμπονα είναι τα 170kW.



Διάγραμμα 43: Μέση ισχύ Έμπονα ανά μήνα (E82), 2014 - 2017

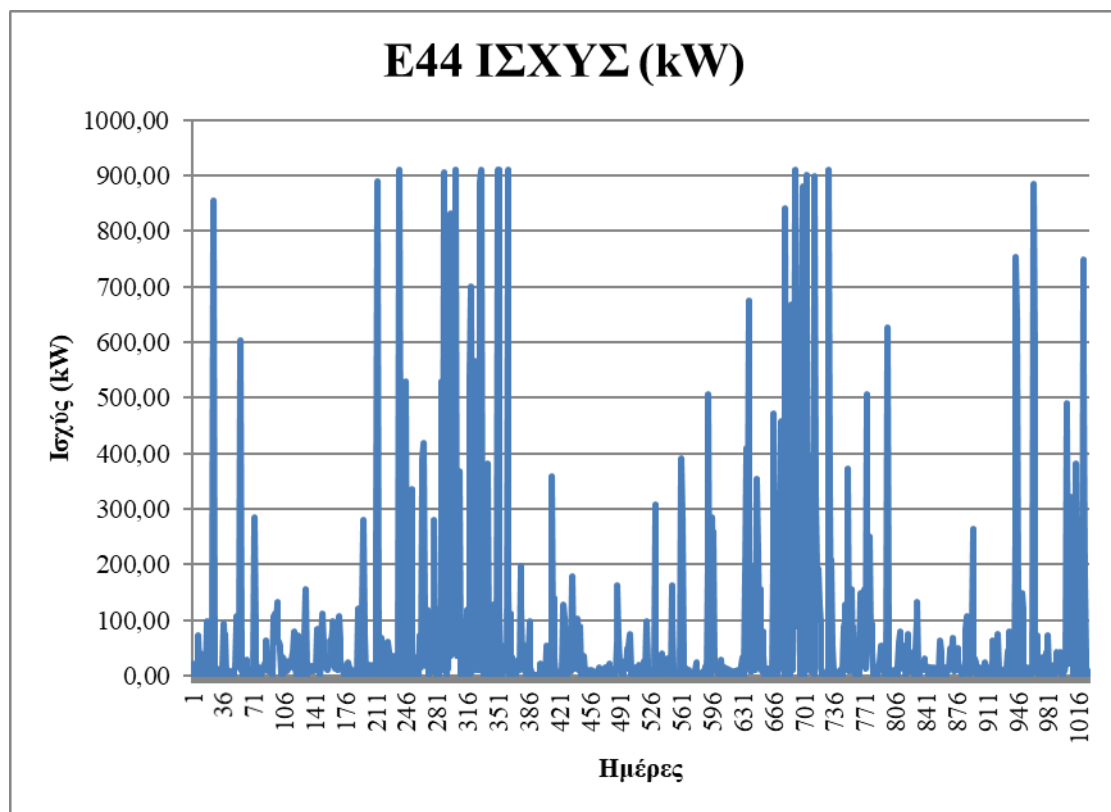
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για τον Έμπονα είναι τα 160kW.



Διάγραμμα 44: Μέση ισχύ Έμπονα ανά έτος (E82), 2014 - 2017

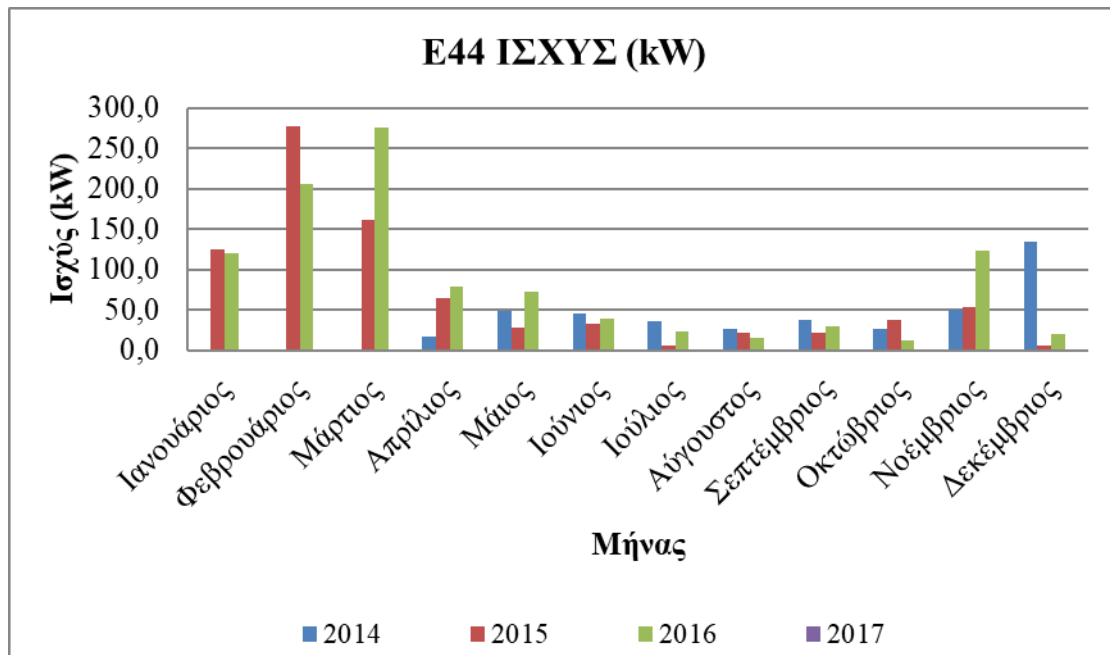
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για τον Έμπονα είναι τα 20kW.

Ανεμογεννήτρια E - 44



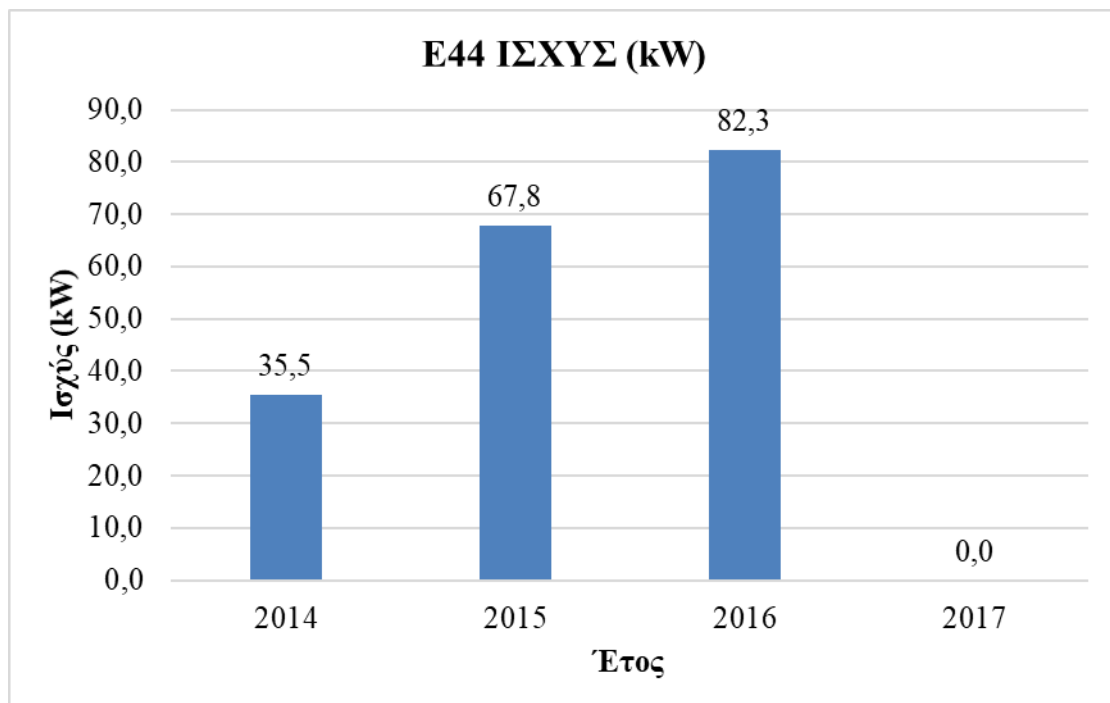
Διάγραμμα 45: Μέση ισχύ Έμπονα ανά ημέρα (E44), 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για τον Έμπονα είναι τα 70kW.



Διάγραμμα 46: Μέση ισχύ Έμπονα ανά μήνα (E44), 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E – 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για τον Έμπονα είναι τα 40kW.

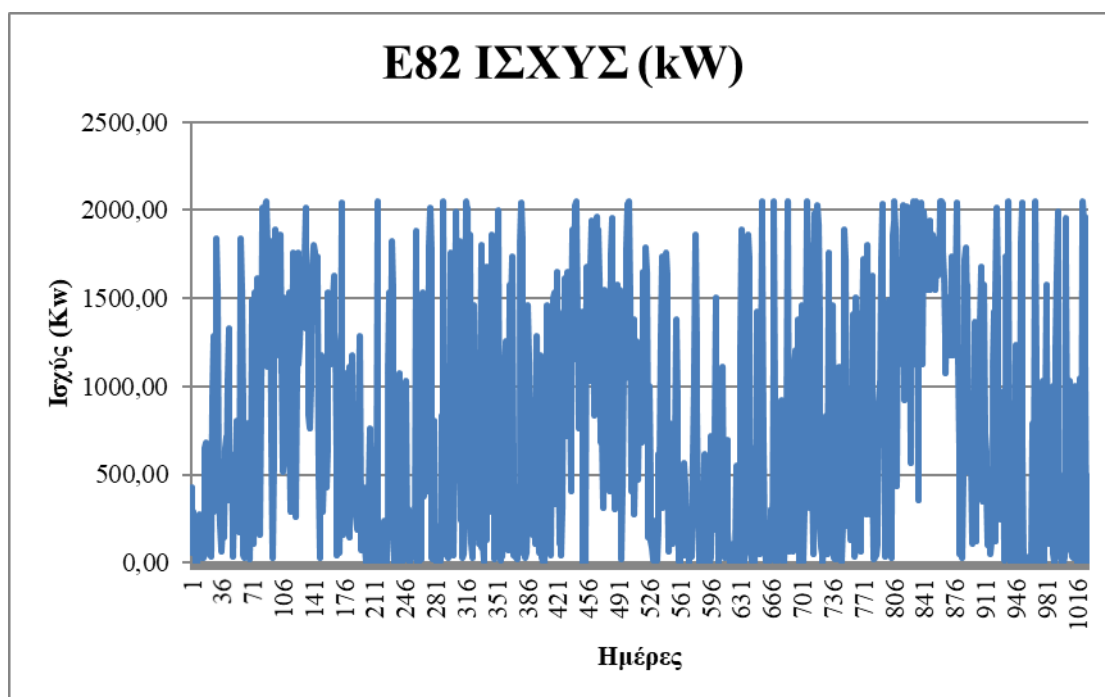


Διάγραμμα 47: Μέση ισχύ Έμπονα ανά έτος (E44), 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για τη Ρόδο είναι τα 35kW.

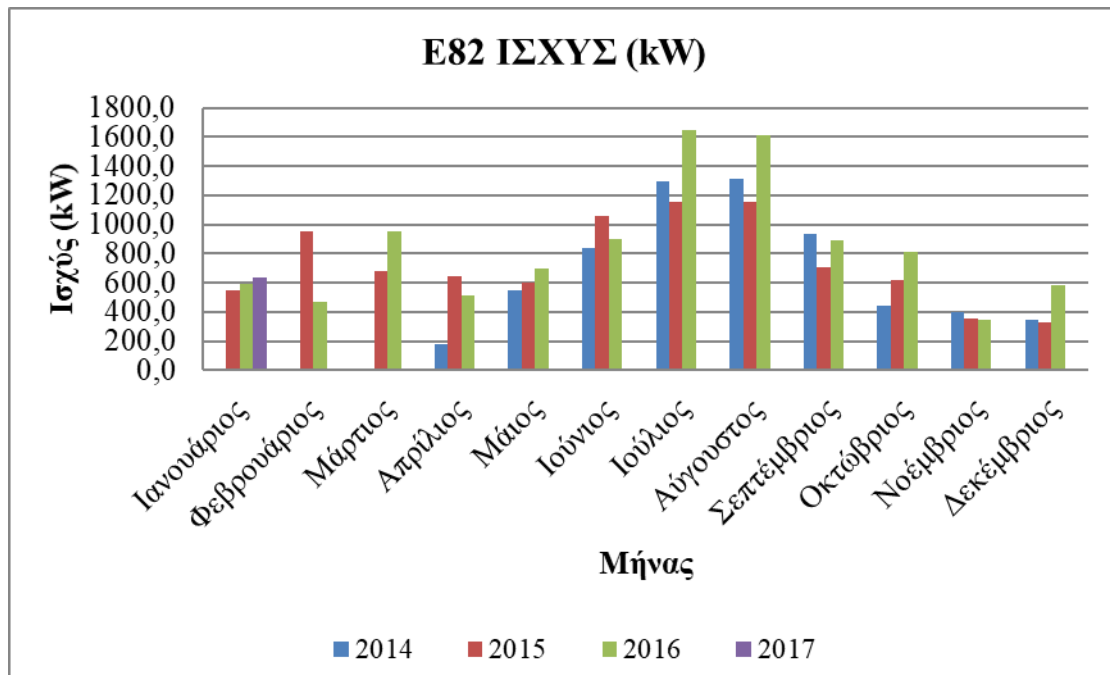
➤ **Καταβιά Ρόδου**

Ανεμογεννήτρια E - 82



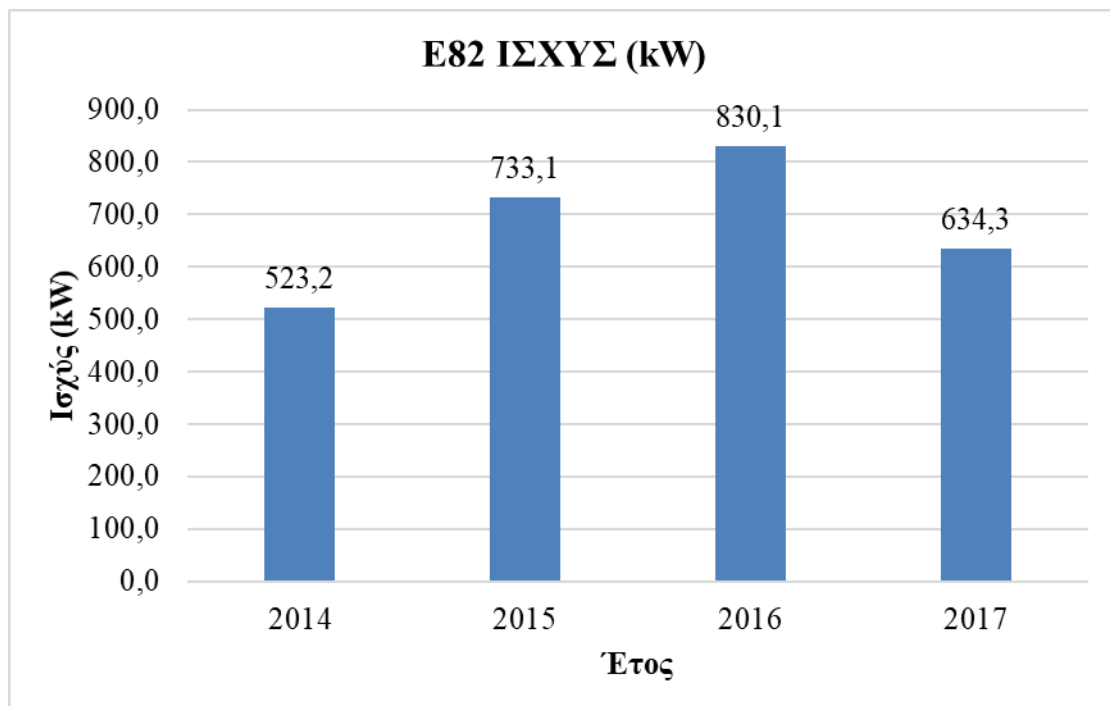
Διάγραμμα 48: Μέση ισχύ Καταβιάς ανά ημέρα (E82), 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για την Καταβιά είναι τα 750kW.



Διάγραμμα 49: Μέση ισχύ Καταβιάς ανά μήνα (E82), 2014 - 2017

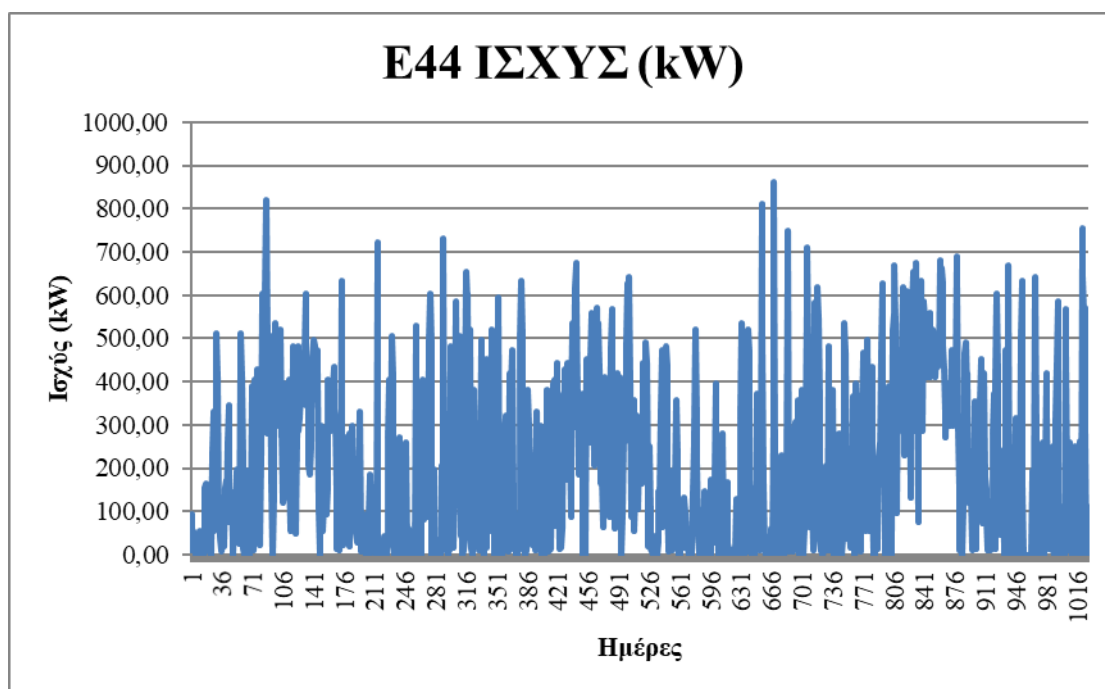
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για την Καταβιά είναι τα 400kW.



Διάγραμμα 50: Μέση ισχύ Καταβιάς ανά έτος (E82), 2014 - 2017

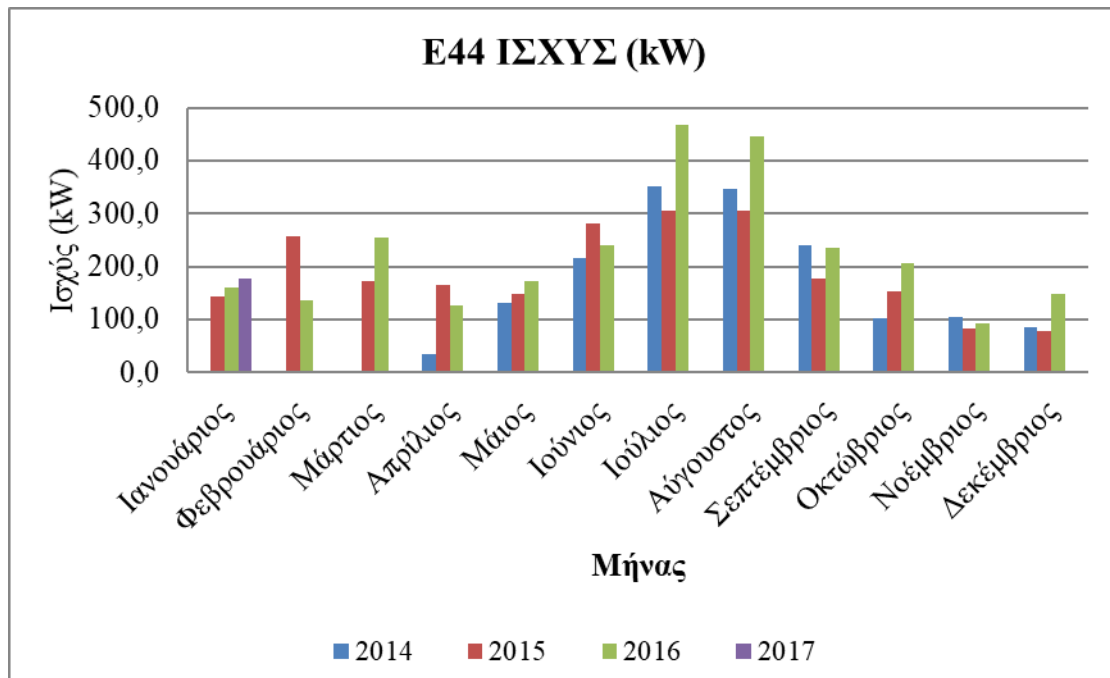
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για την Καταβιά είναι τα 520kW.

Ανεμογεννήτρια E - 44



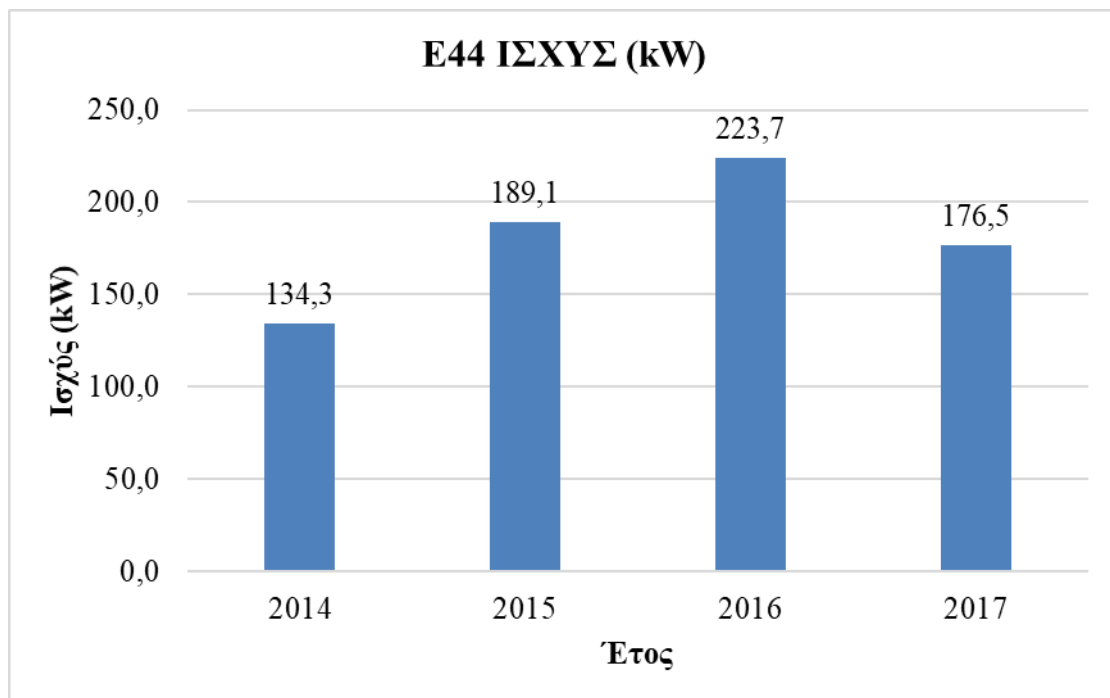
Διάγραμμα 51: Μέση ισχύ Καταβιάς ανά ημέρα (E44), 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για τη Καταβιά είναι τα 220kW.



Διάγραμμα 52: Μέση ισχύ Καταβιάς ανά μήνα (E44), 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E – 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για την Καταβιά είναι τα 100kW.

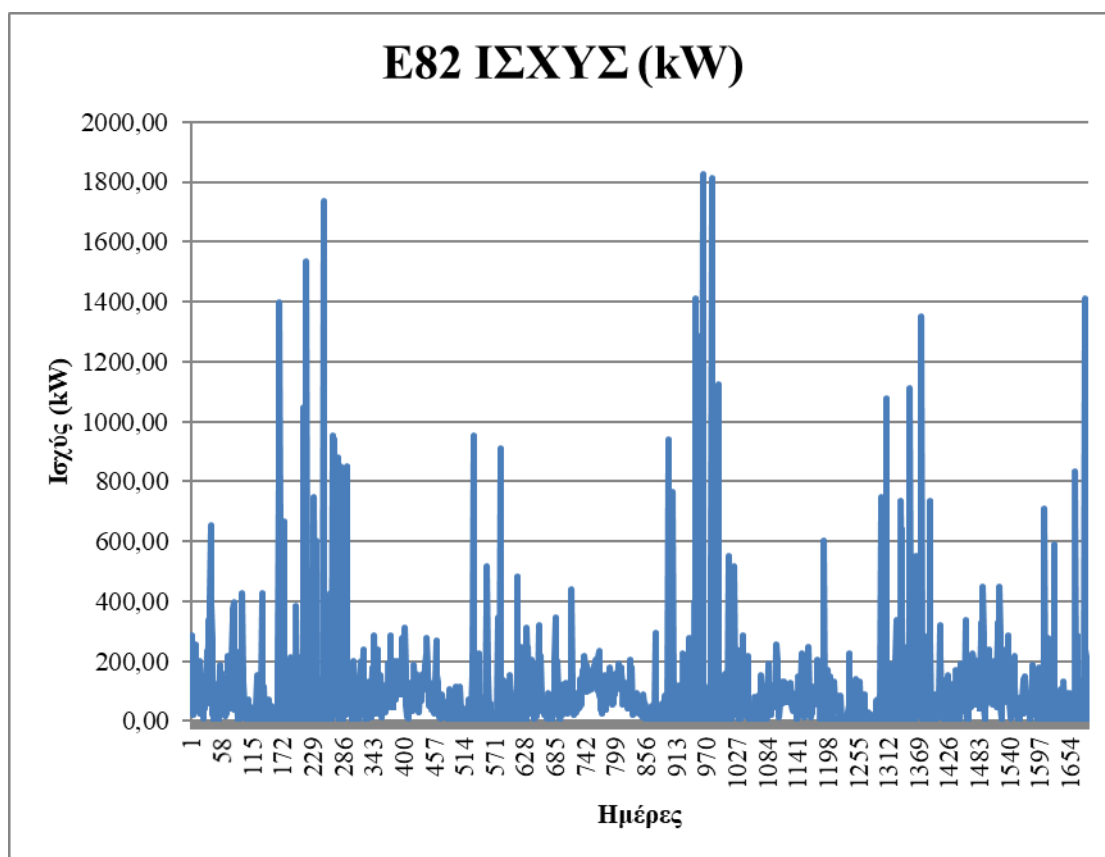


Διάγραμμα 53: Μέση ισχύ Καταβιάς ανά έτος (E44), 2014 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για την Καταβιά είναι τα 130kW.

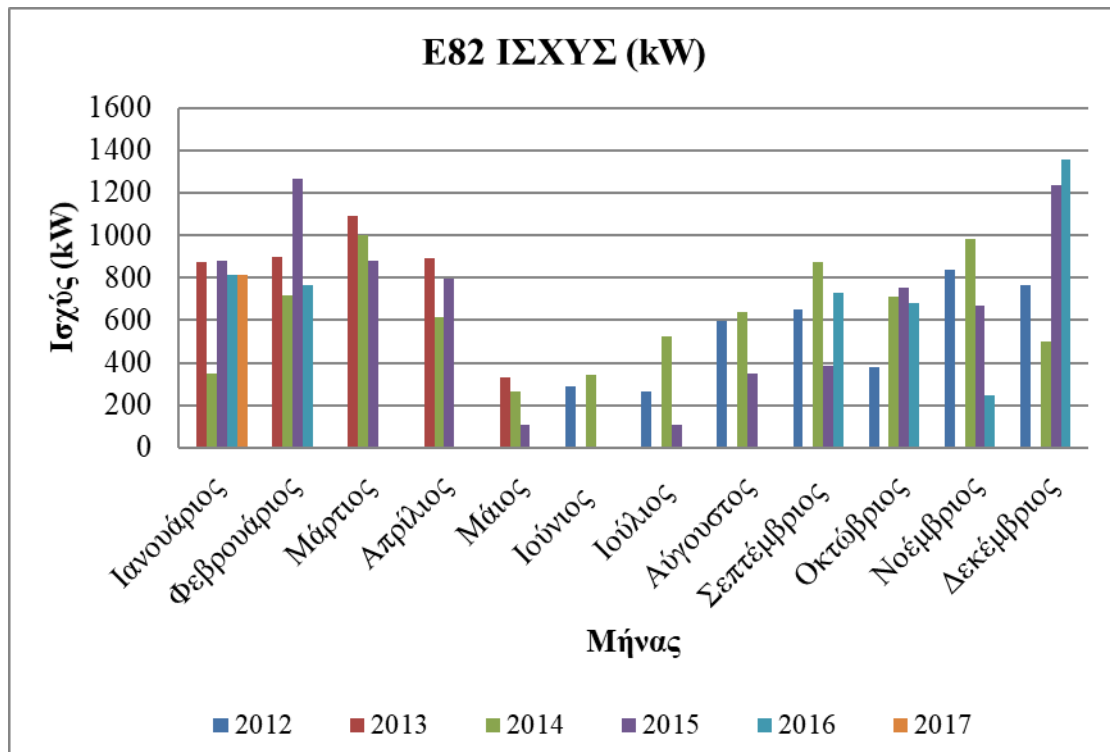
➤ **Κάσος**

Ανεμογεννήτρια E - 82



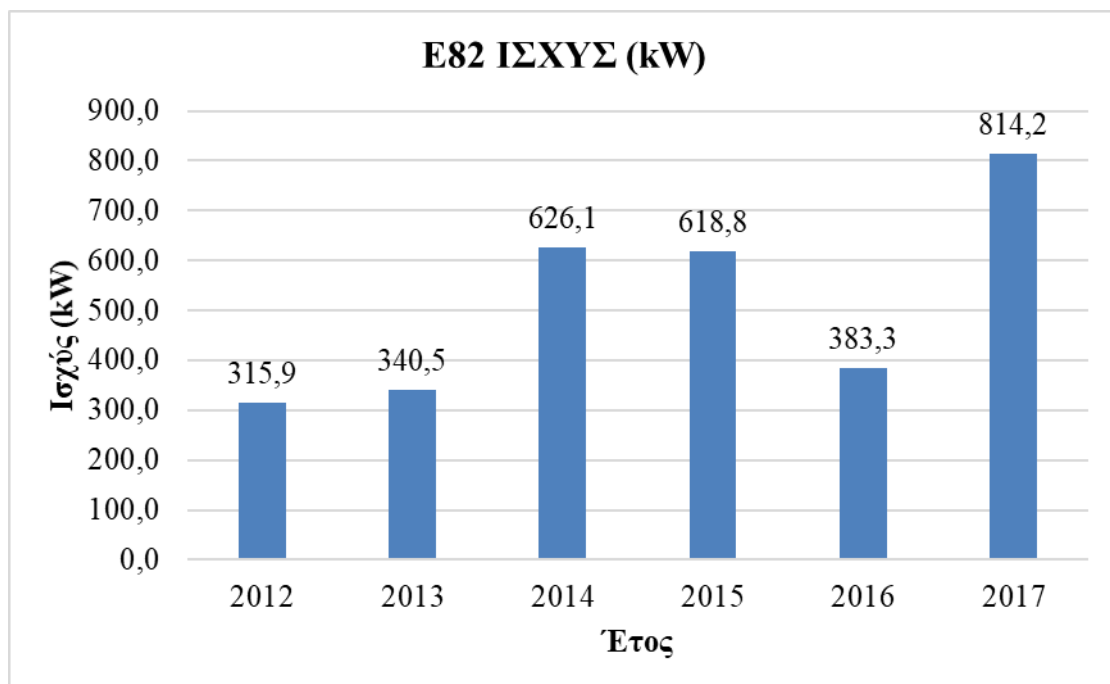
Διάγραμμα 54: Μέση ισχύ ανά ημέρα στην Κάσο (E – 82), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα ότι η μέση ισχύς ανά ημέρα για την Κάσο είναι περίπου τα 200 kW.



Διάγραμμα 55: Μέση ισχύ ανά μήνα στην Κάσο (E – 82), 2012 - 2017

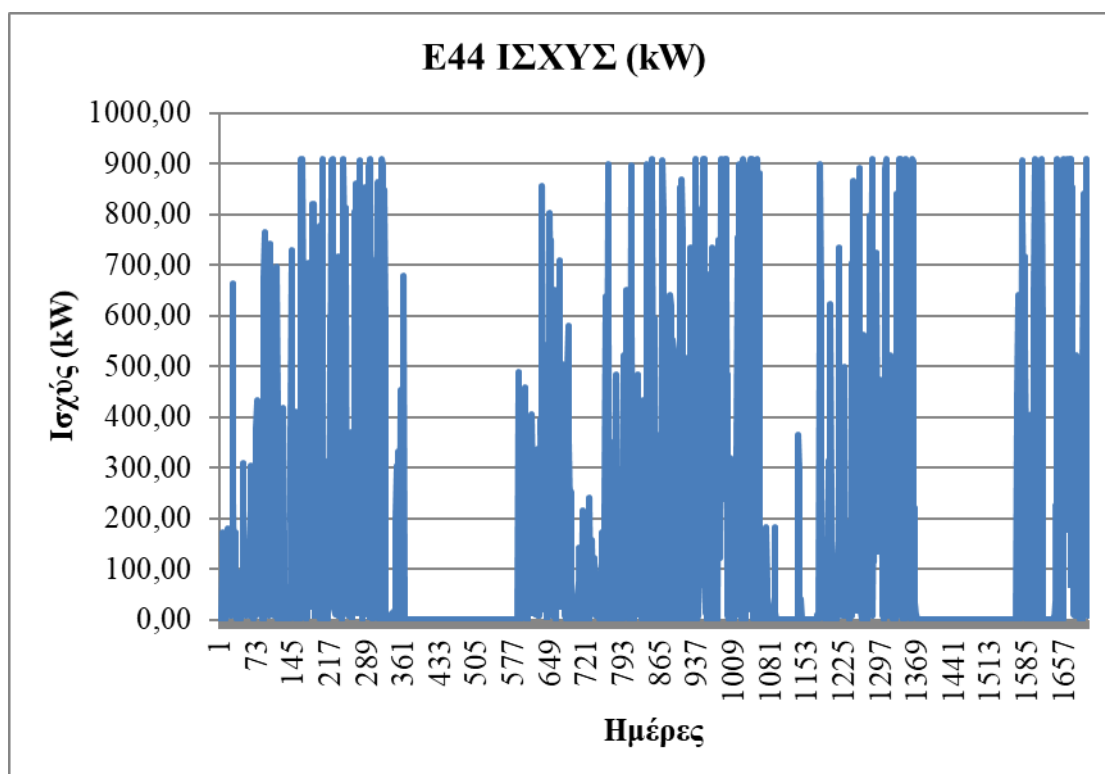
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα ότι η μέση ισχύς ανά μήνα για την Κάσο είναι περίπου τα 200 kW.



Διάγραμμα 56: Μέση ισχύ κατ' έτος στην Κάσο (E – 82), 2012 - 2017

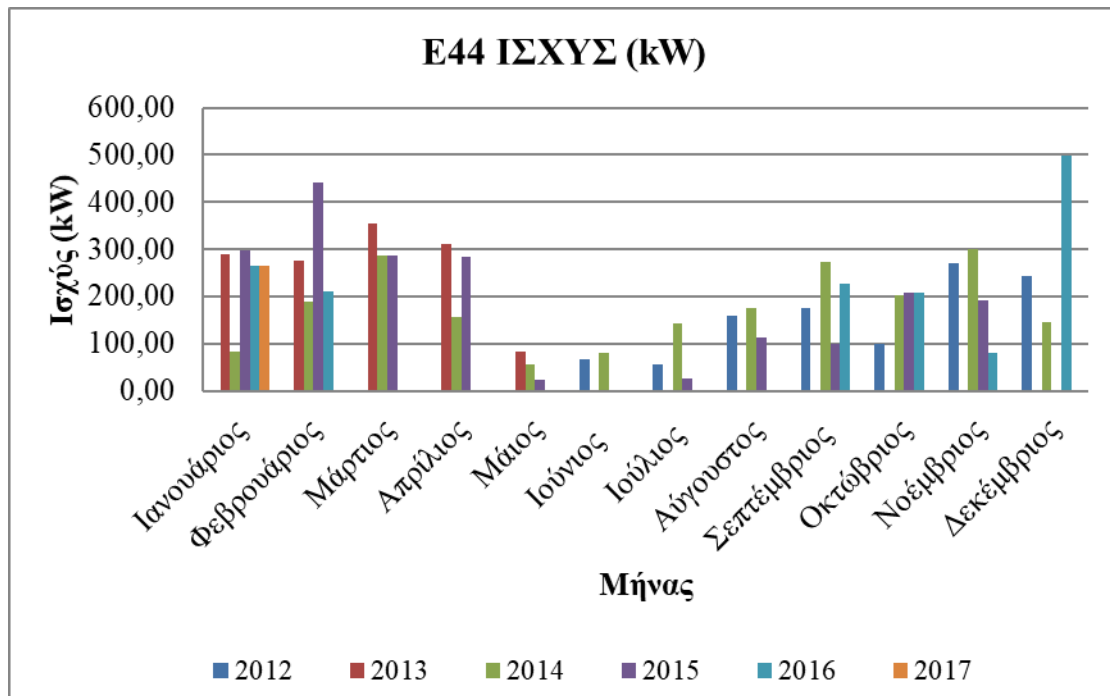
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα ότι η μέση ισχύς κατ' έτος για την Κάσο είναι περίπου 315 kW.

Ανεμογεννήτρια E - 44



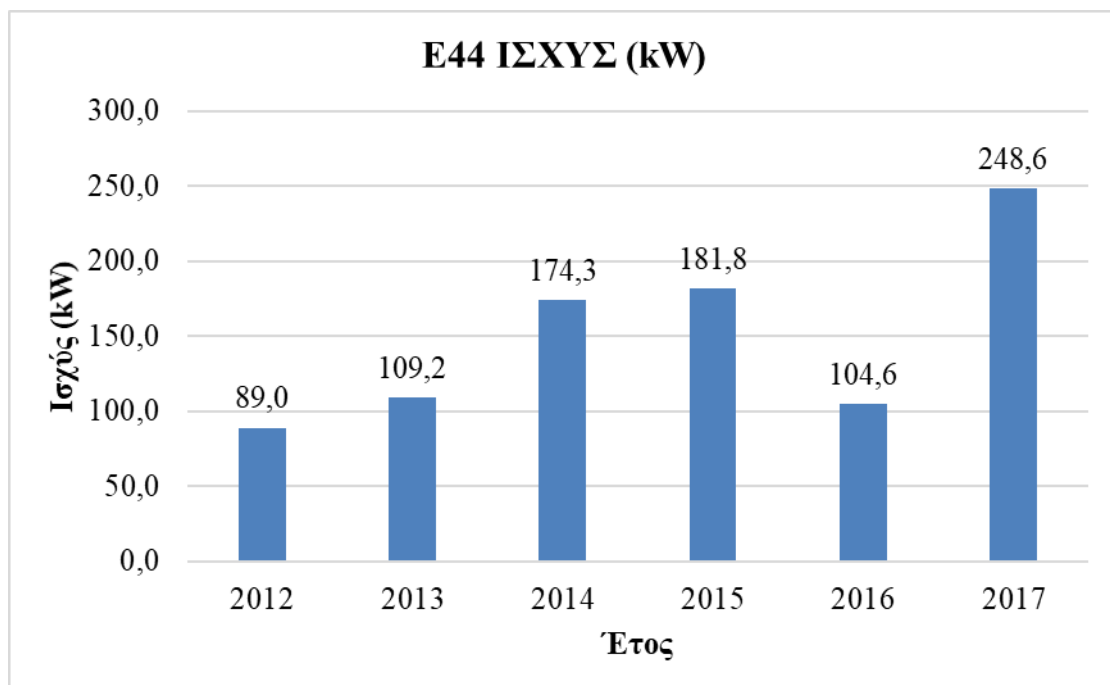
Διάγραμμα 57: Μέση ισχύ ανά ημέρα στην Κάσο (E – 44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για την Κάσο είναι τα 500kW.



Διάγραμμα 58: Μέση ισχύ ανά μήνα στην Κάσο (E – 44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E – 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για την Κάσο είναι τα 120kW.

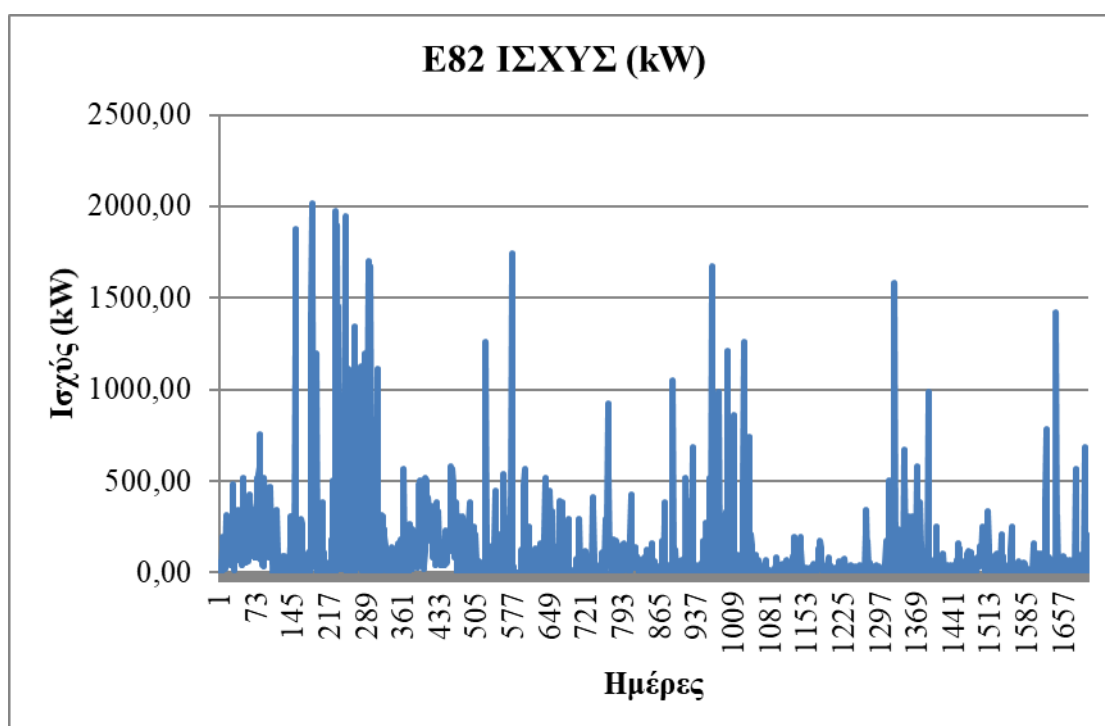


Διάγραμμα 59: Μέση ισχύ ανά έτος στην Κάσο (E – 44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για την Κάσο είναι τα 89kW.

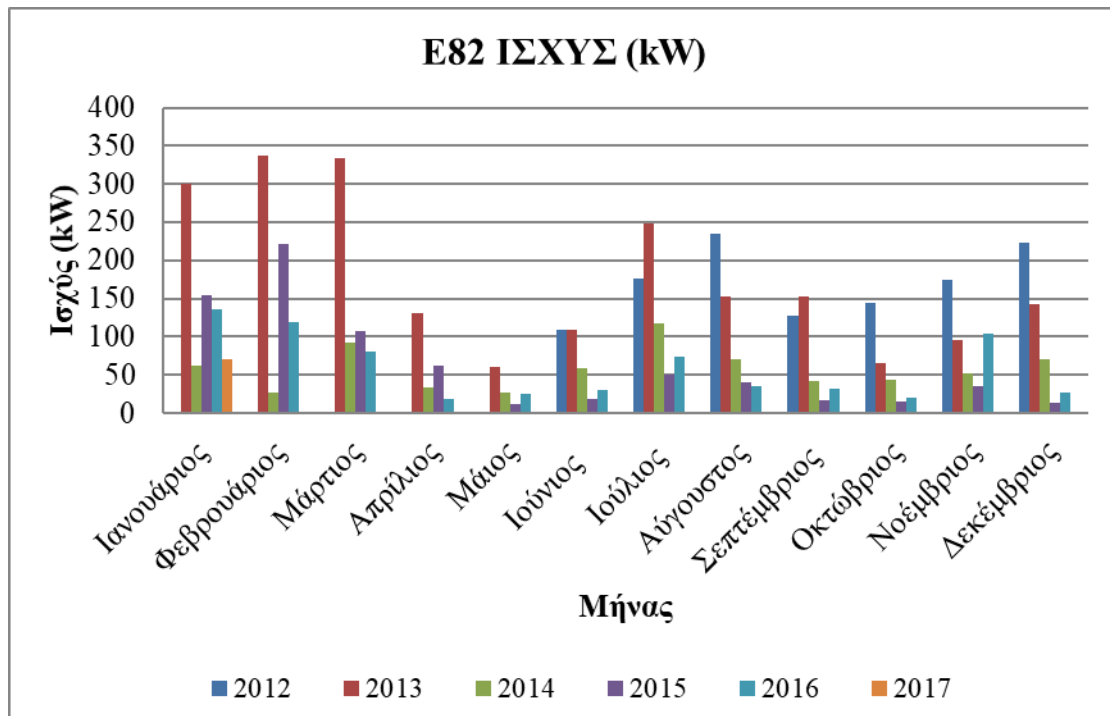
➤ Κάλυμος

Ανεμογεννήτρια E - 82



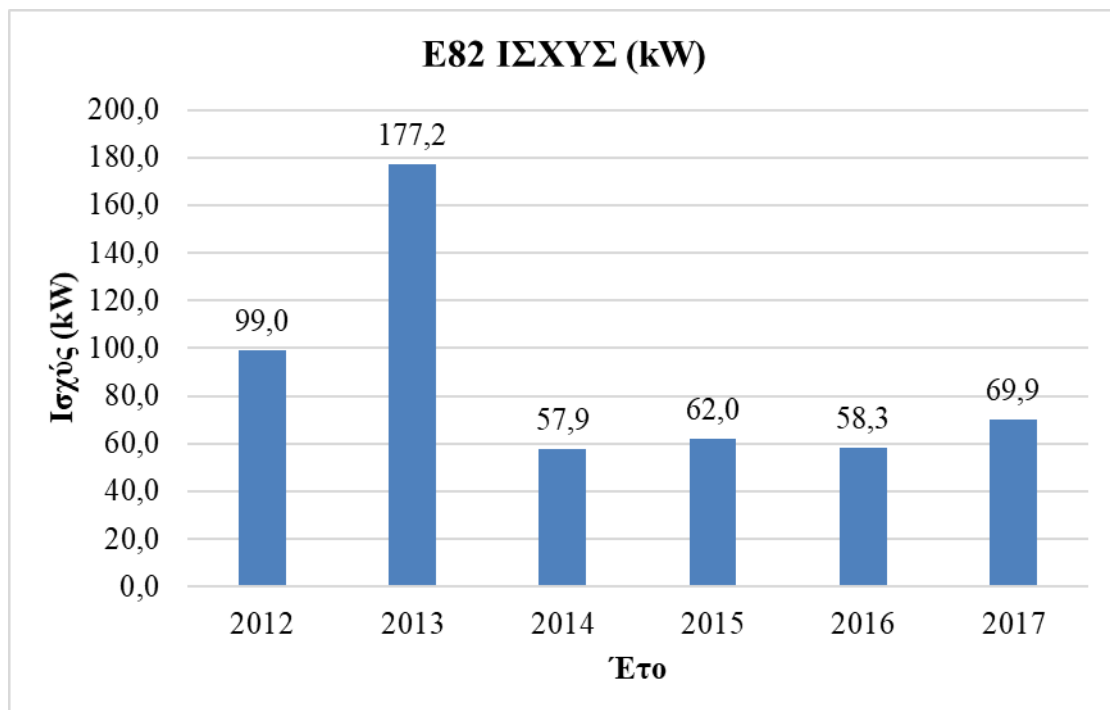
Διάγραμμα 60: Μέση ισχύ ανά ημέρα στην Κάλυμο (E – 82), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για την Κάλυμο είναι τα 190kW.



Διάγραμμα 61: Μέση ισχύ ανά μήνα Κάλυμνο (E – 82), 2012 - 2017

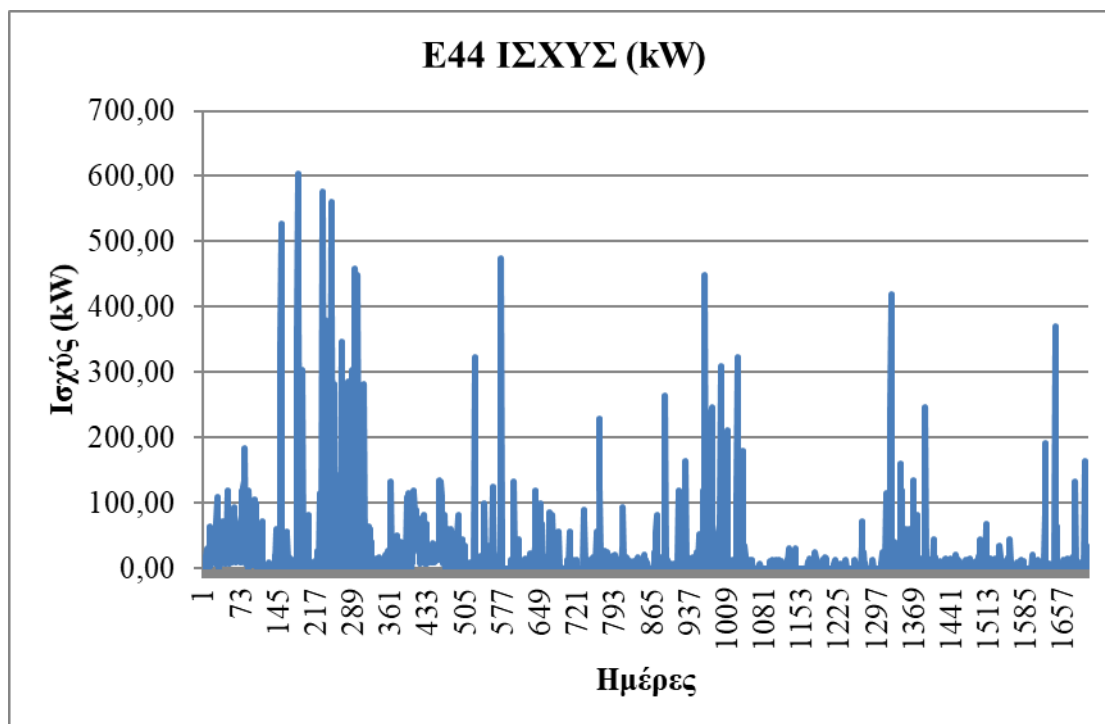
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για την Κάλυμνο είναι τα 70kW.



Διάγραμμα 62: Μέση ισχύ ανά έτος στην Κάλυμνο (E – 82), 2012 - 2017

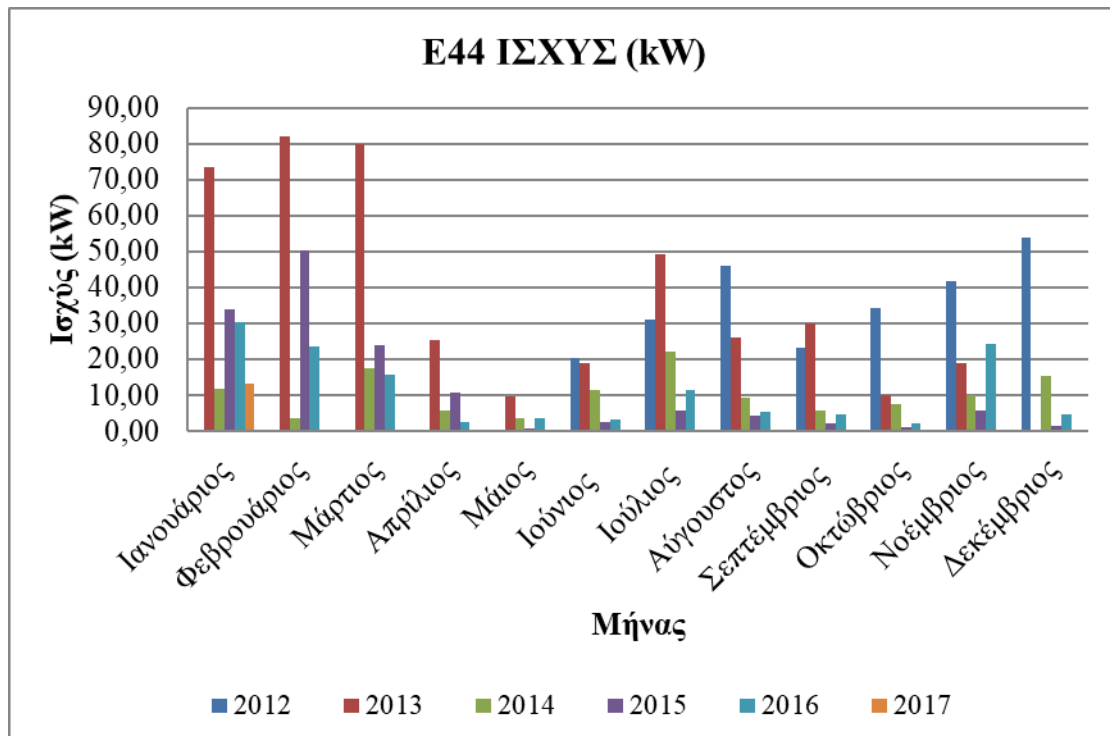
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για την Κάλυμνο είναι τα 57kW.

Ανεμογεννήτρια E – 44



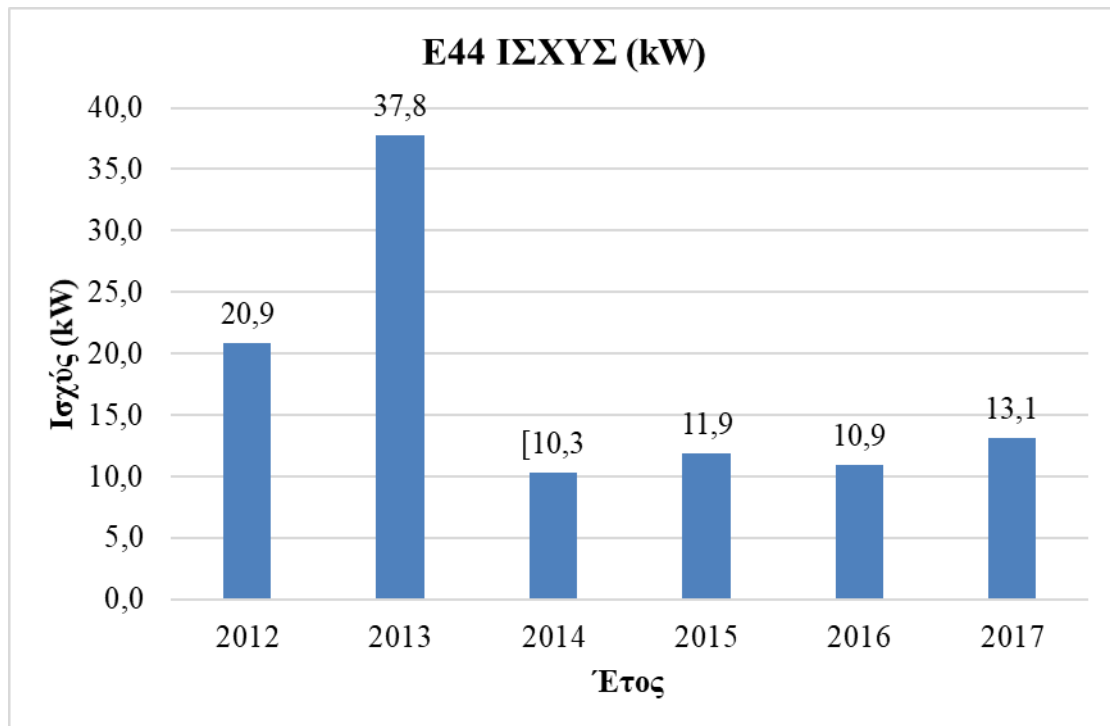
Διάγραμμα 63: Μέση ισχύ ανά ημέρα Κάλυμνο (E – 44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για την Κάλυμνο είναι τα 60kW.



Διάγραμμα 64: Μέση ισχύ ανά μήνα στην Κάλυμνο (E – 44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E – 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για την Κάλυμνο είναι τα 20kW.

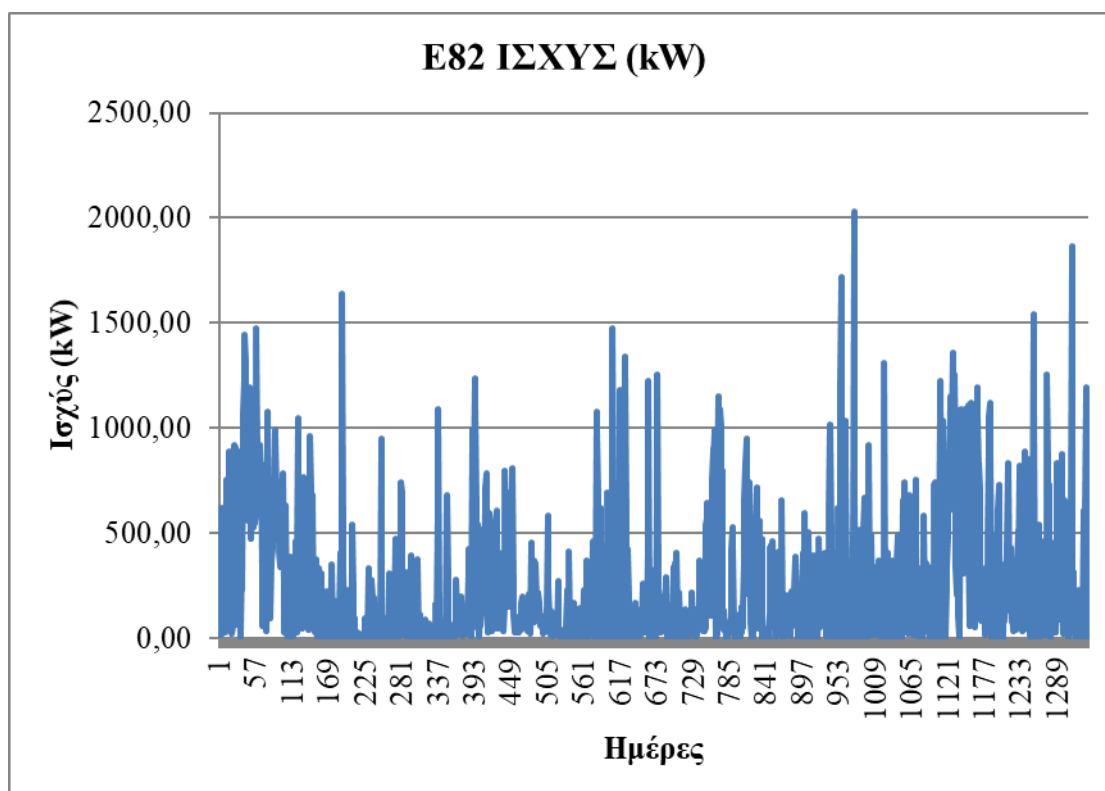


Διάγραμμα 65: Μέση ισχύ ανά έτος στην Κάλυμνο (E – 44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για την Κάλυμνο είναι τα 10kW.

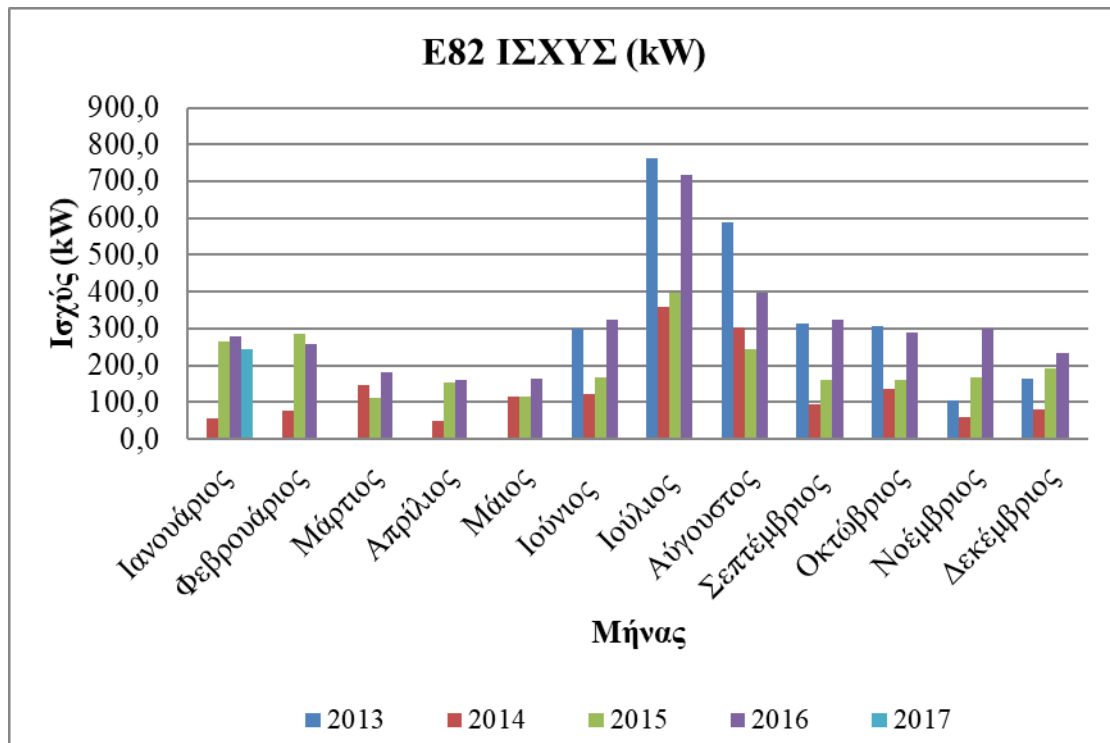
➤ **Κως**

Ανεμογεννήτρια E - 82



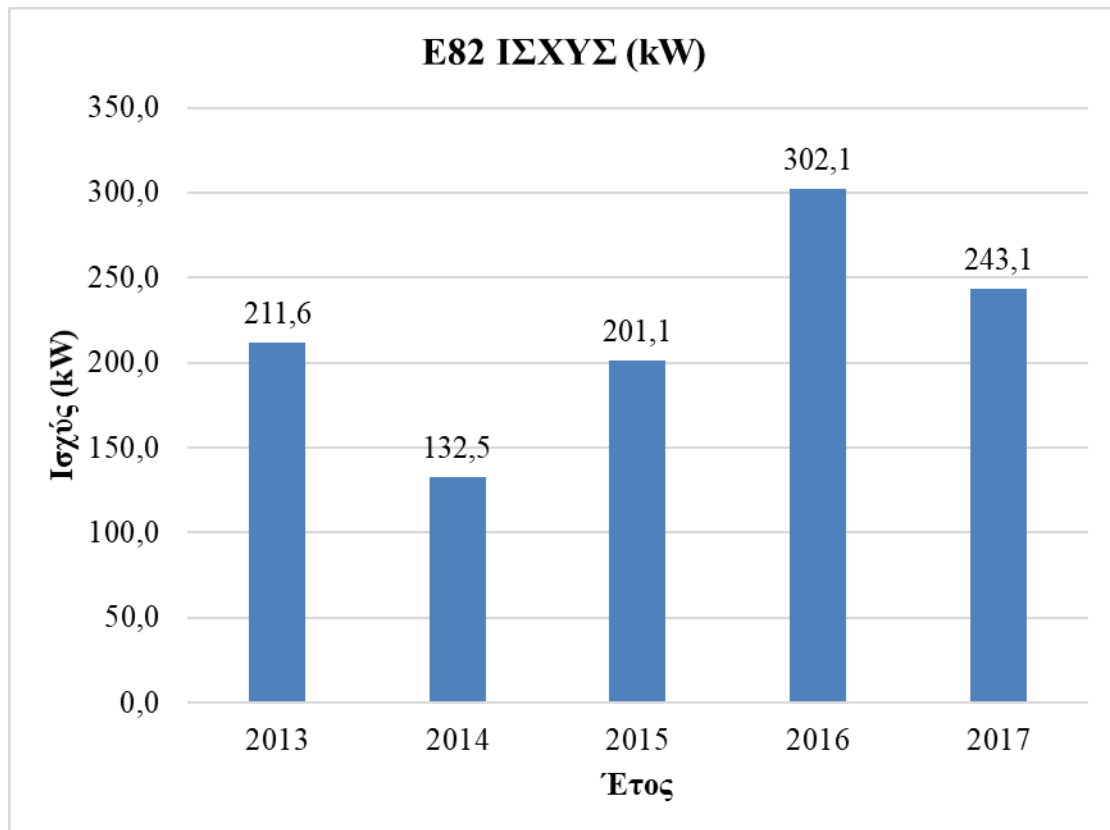
Διάγραμμα 66: Μέση ισχύ ανά ημέρα στην Κω (E – 82), 2013 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για την Κω είναι τα 500kW.



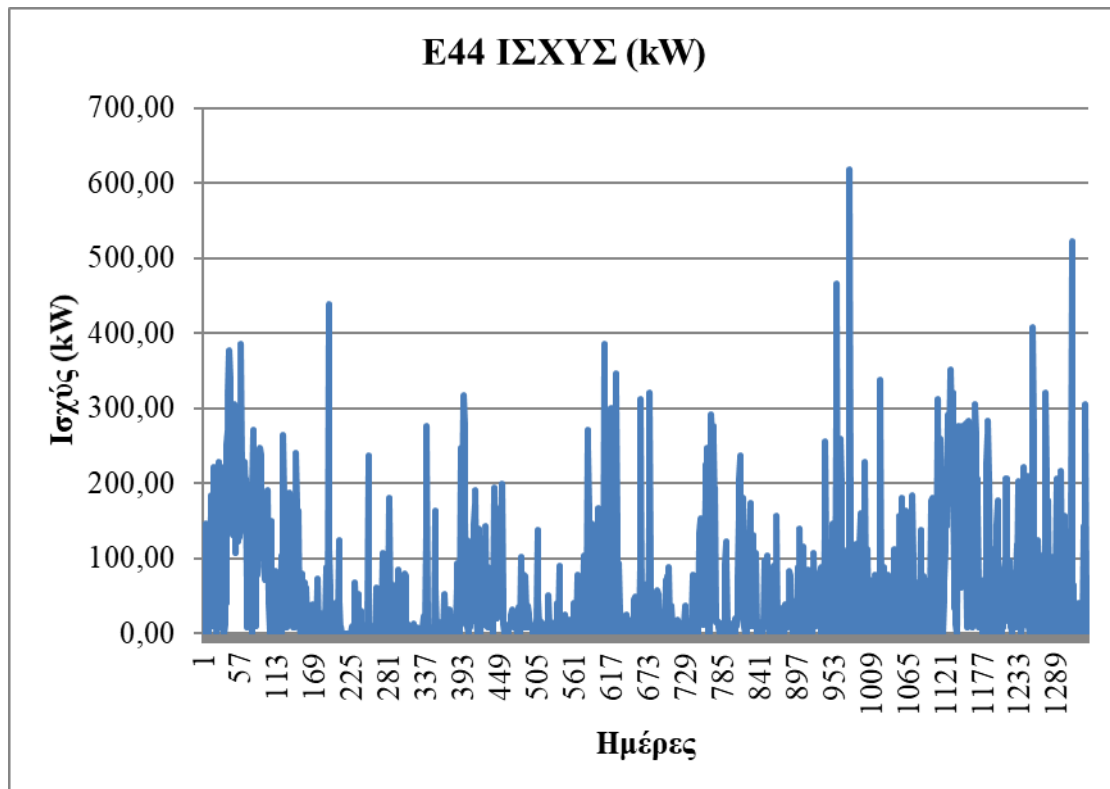
Διάγραμμα 67: Μέση ισχύ ανά μήνα στην Κω (E – 82), 2013 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για την Κω είναι τα 200kW.



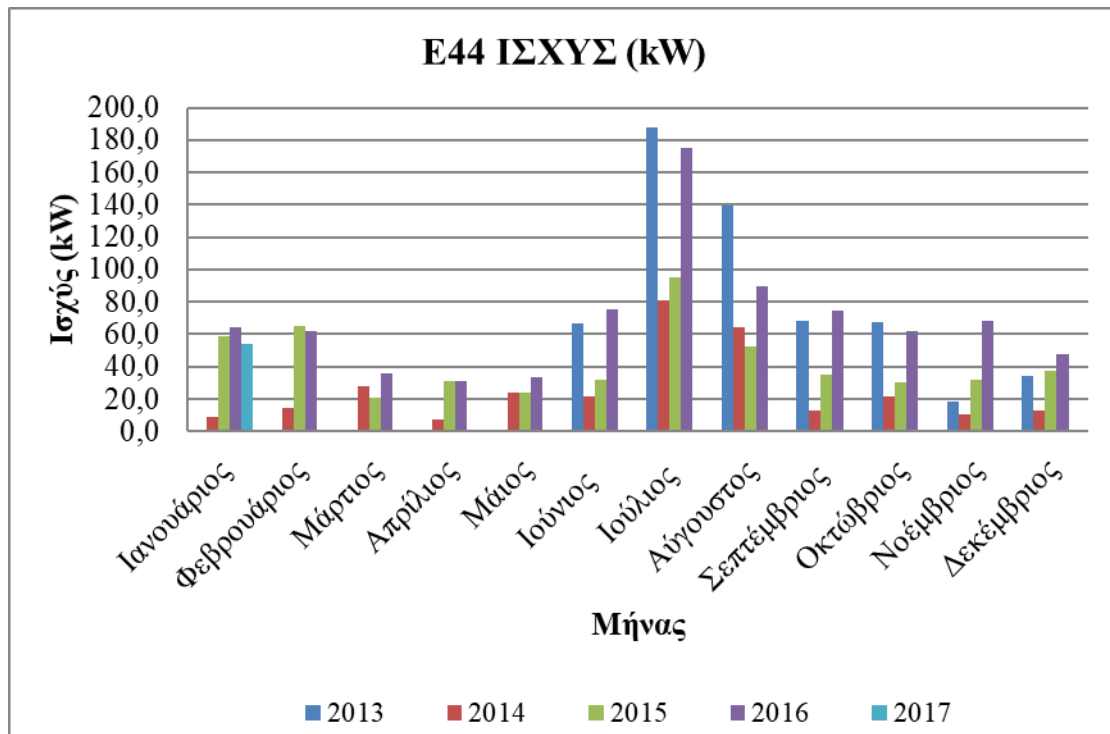
Διάγραμμα 68: Μέση ισχύ ανά έτος στην Κω (E – 82), 2013 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για τη Ρόδο είναι τα 130kW.



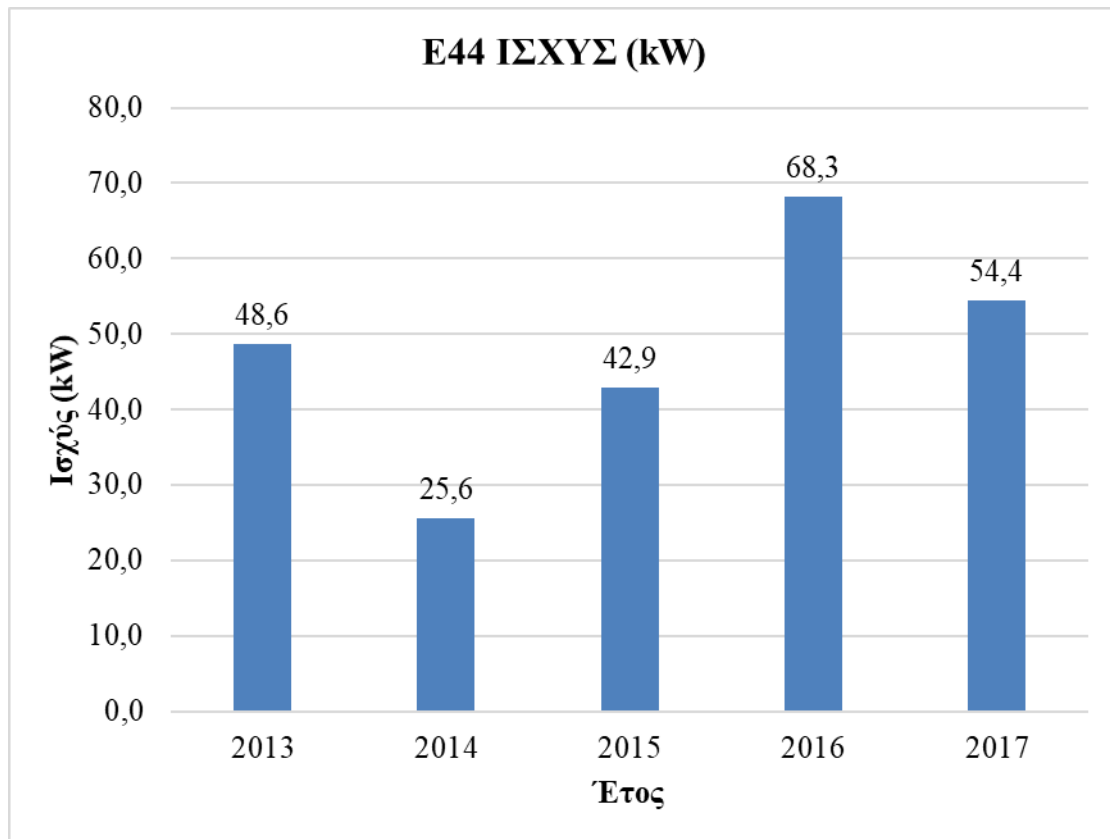
Διάγραμμα 69: Μέση ισχύ ανά ημέρα στην Κω (E – 44), 2013 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για την Κω είναι τα 110kW.



Διάγραμμα 70: Μέση ισχύ ανά μήνα στην Κω (E – 44), 2013 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E – 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για την Κω είναι τα 40kW.

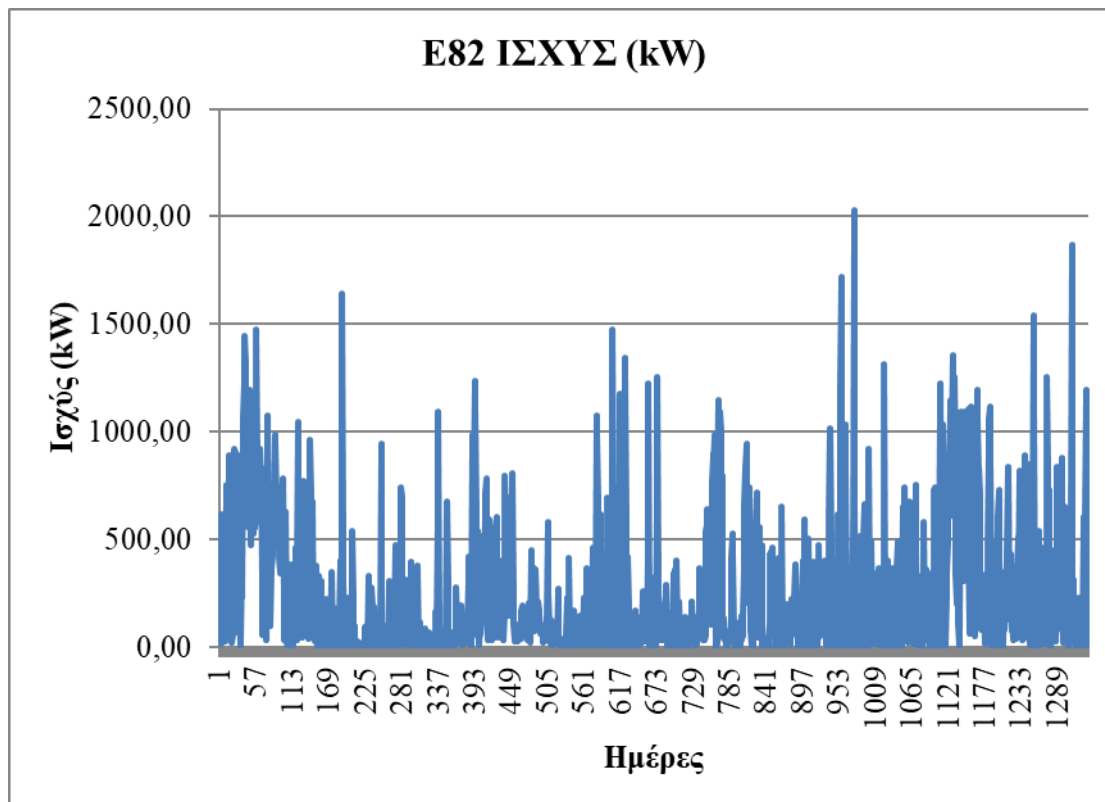


Διάγραμμα 71: Μέση ισχύ ανά έτος στην Κω (E – 44), 2013 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για την Κω είναι τα 25kW.

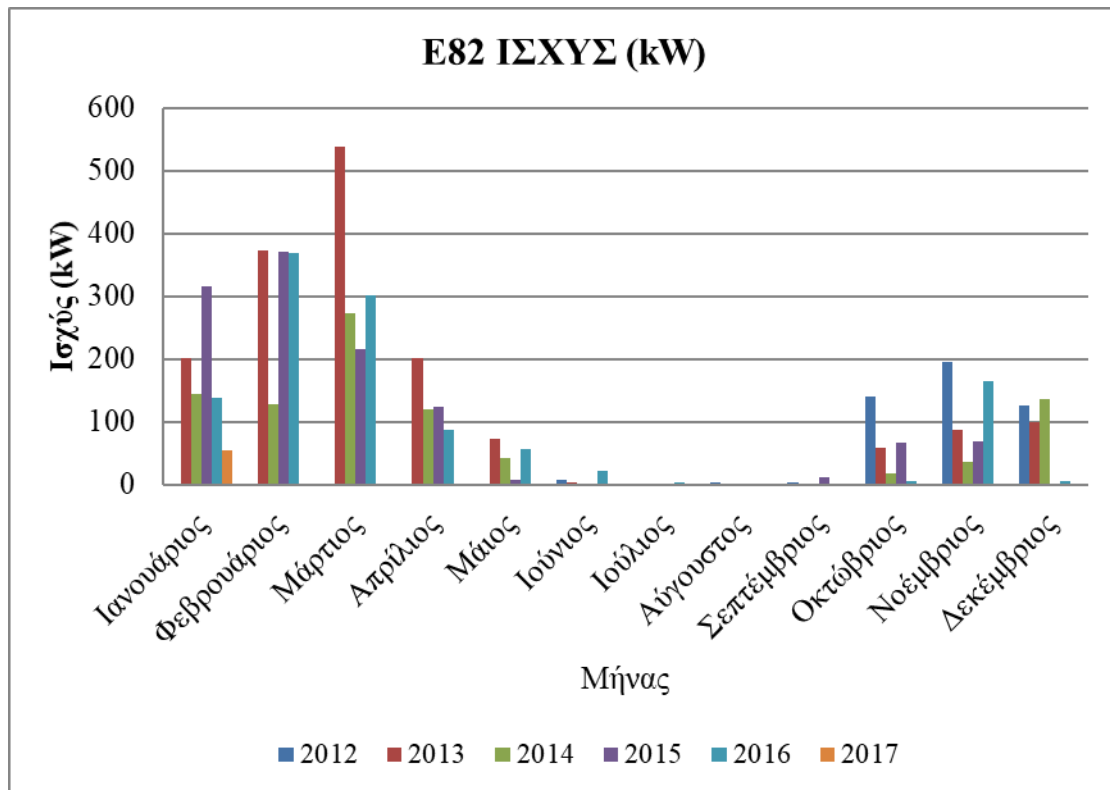
➤ Ικαρία

Ανεμογεννήτρια E - 82



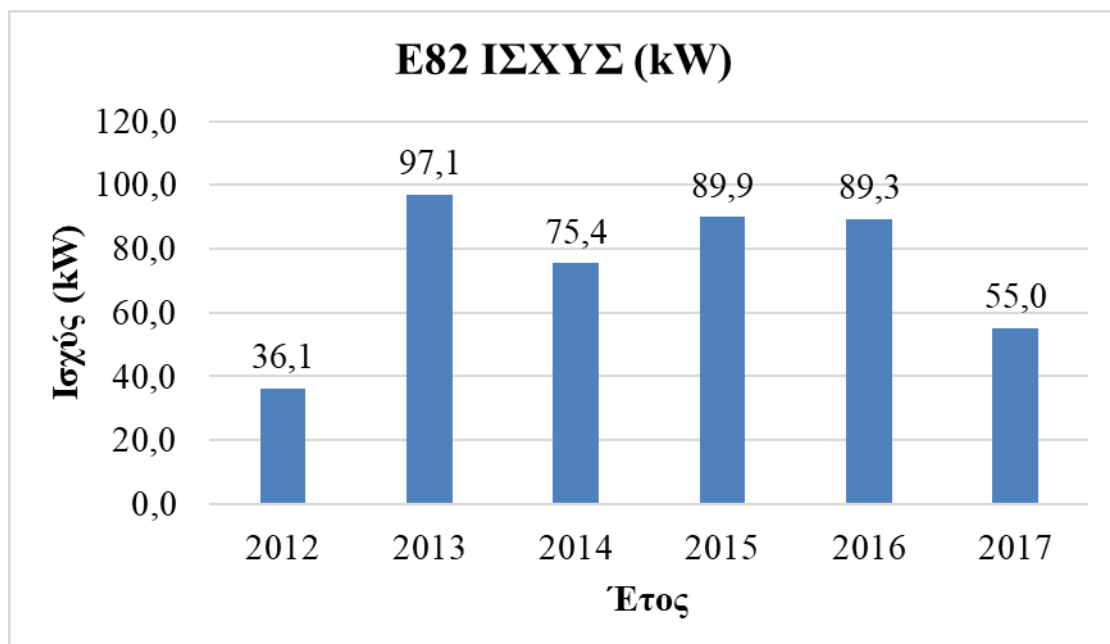
Διάγραμμα 72: Μέση ισχύ ανά ημέρα στην Ικαρία (E – 82), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για την Ικαρία είναι τα 350kW.



Διάγραμμα 73: Μέση ισχύ ανά μήνα στην Ικαρία (E – 82), 2012 - 2017

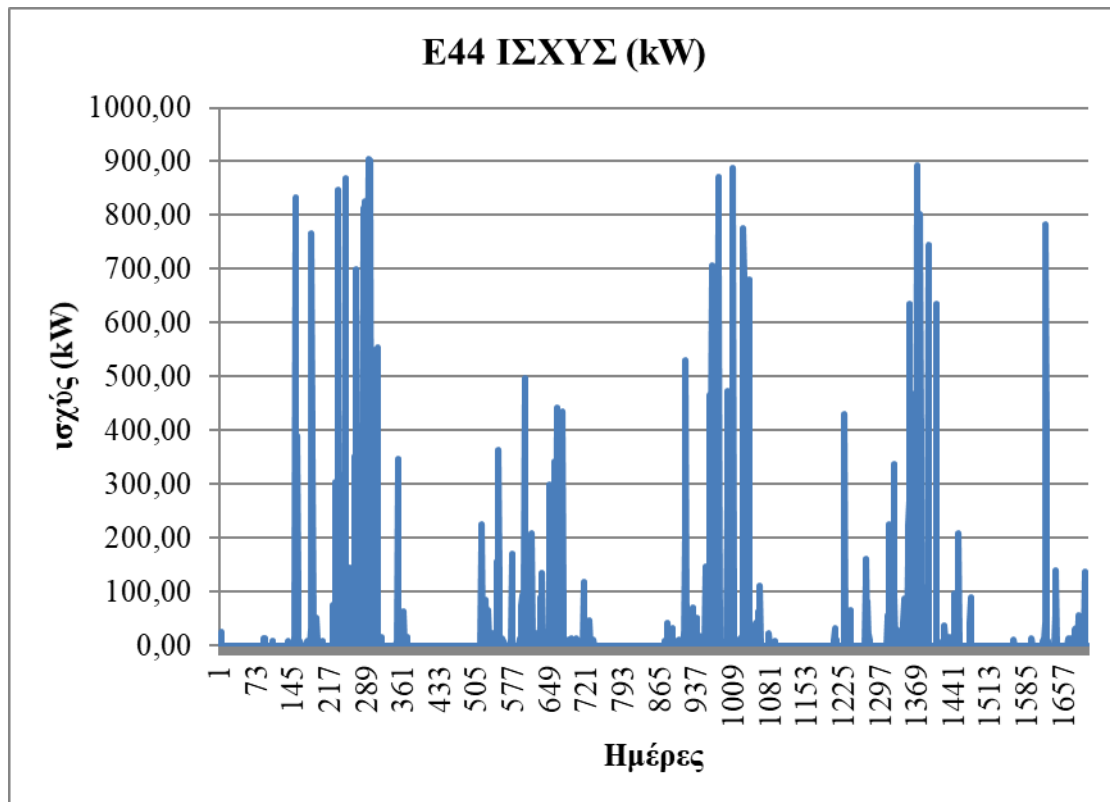
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για την Ικαρία είναι τα 100kW.



Διάγραμμα 74: Μέση ισχύ ανά έτος στην Ικαρία (E – 82), 2012 - 2017

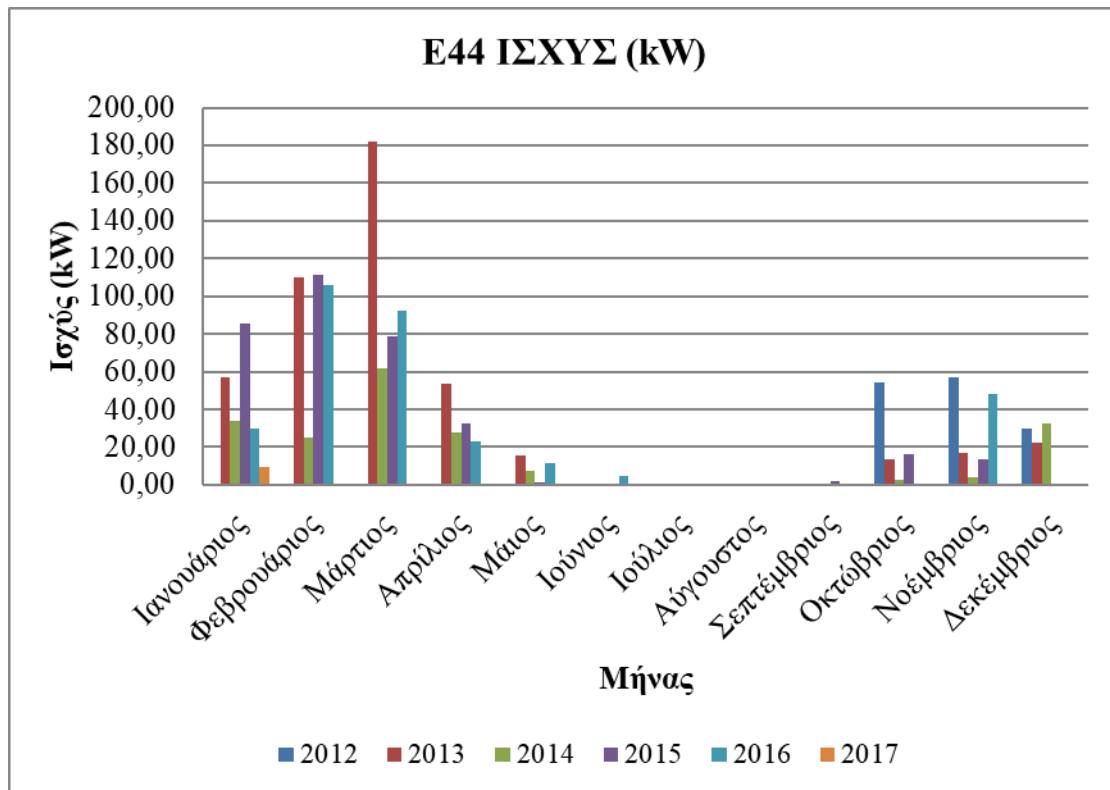
Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για την Ικαρία είναι τα 36kW.

Ανεμογεννήτρια E - 44



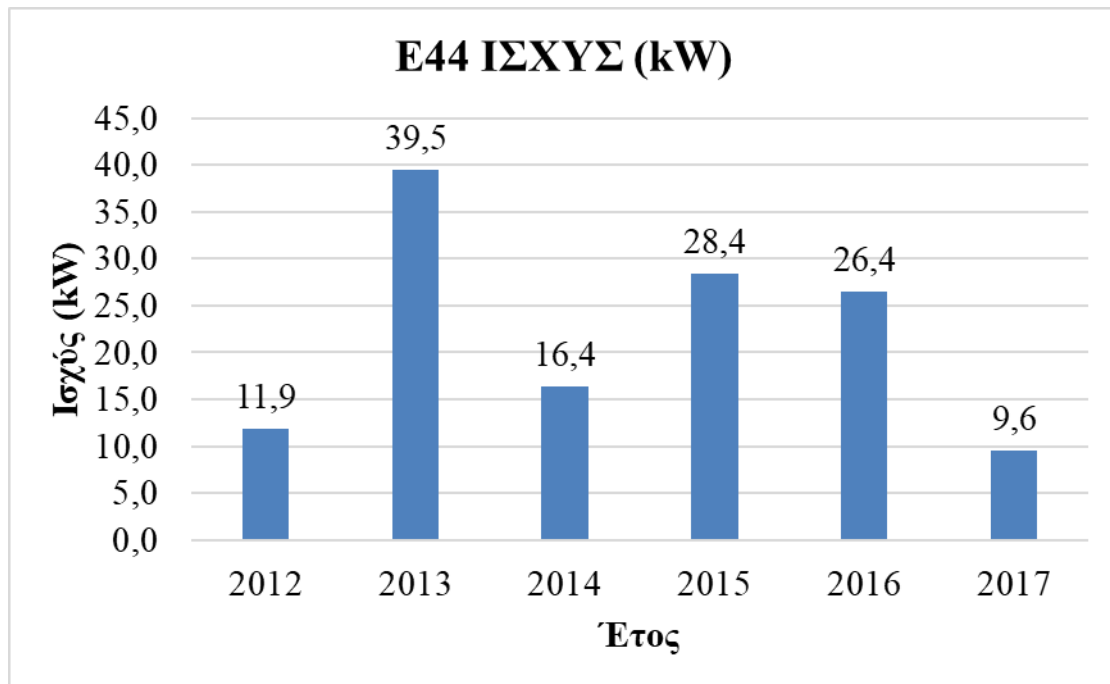
Διάγραμμα 75: Μέση ισχύ ανά ημέρα στην Ικαρία (E – 44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kw), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για την Ικαρία είναι τα 110kW.



Διάγραμμα 76: Μέση ισχύ ανά μήνα στην Ικαρία (E – 44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E – 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για την Ικαρία είναι τα 25kW.

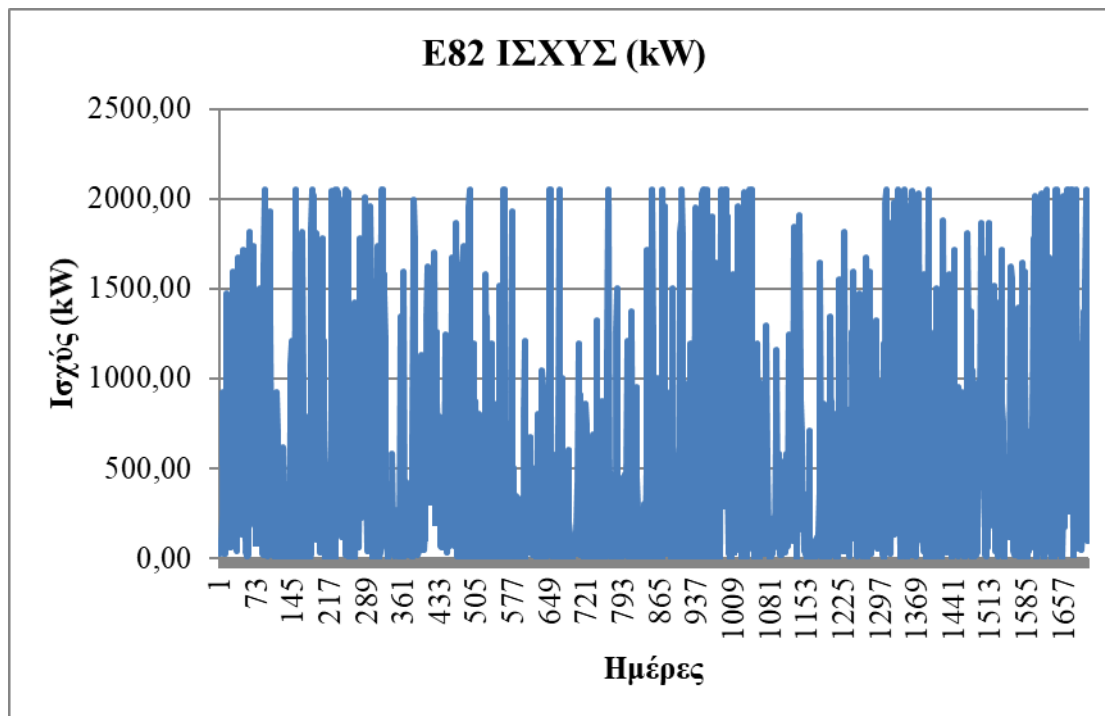


Διάγραμμα 77: Μέση ισχύ ανά έτος στην Ικαρία (E – 44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για την Ικαρία είναι τα 9kW.

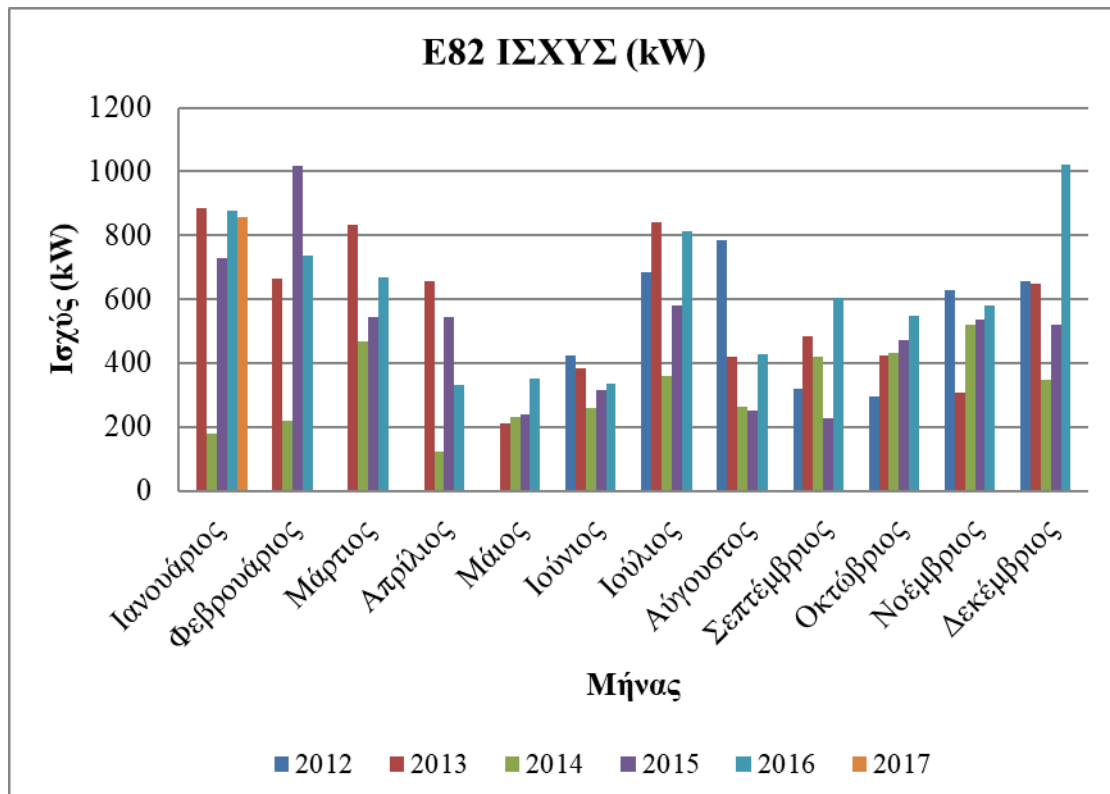
➤ Πάτμος

Ανεμογεννήτρια E - 82



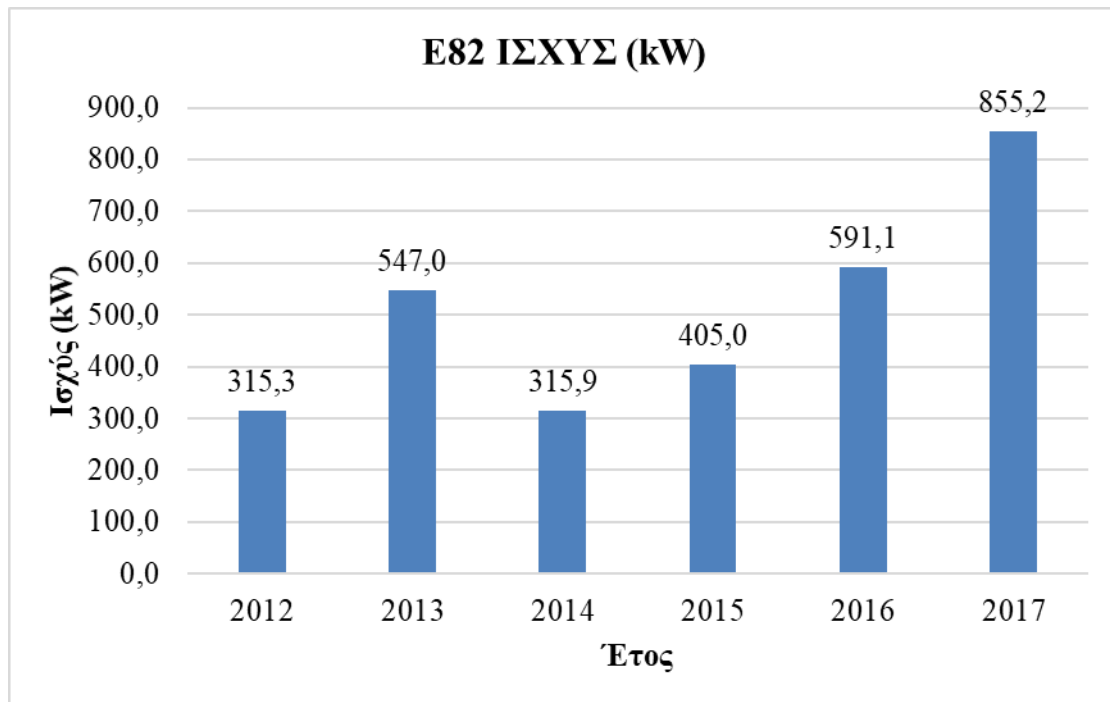
Διάγραμμα 78: Μέση ισχύ ανά ημέρα στην Πάτμο (E – 82), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για την Πάτμο είναι τα 800kW.



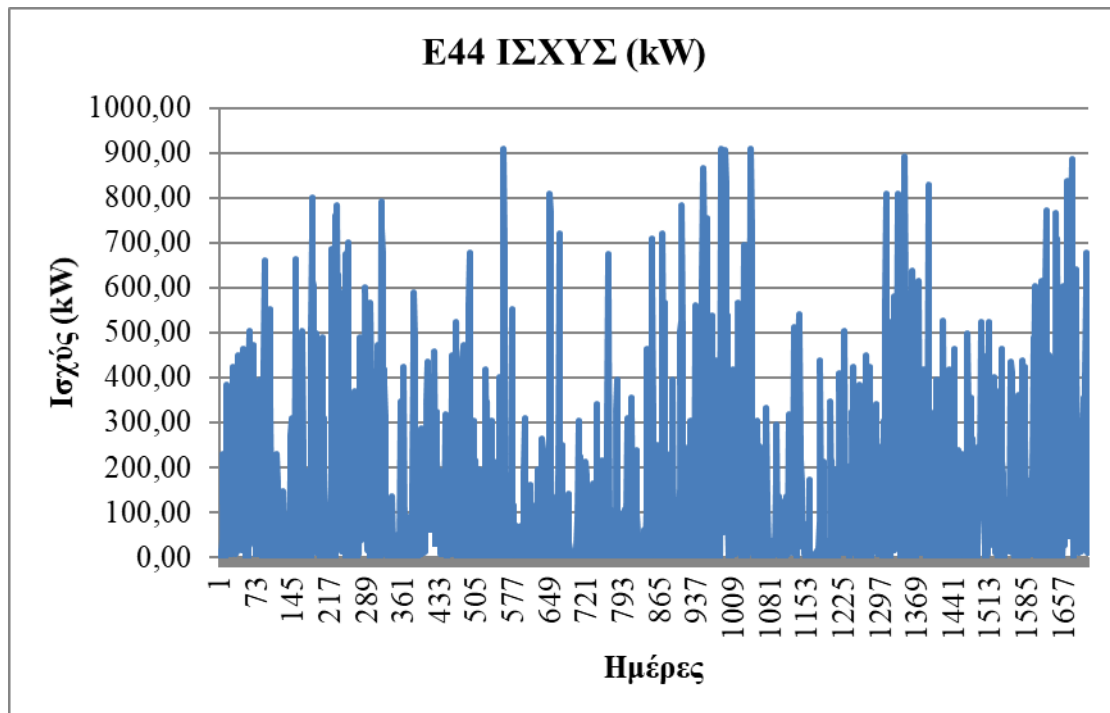
Διάγραμμα 79: Μέση ισχύ ανά μήνα στην Πάτμο (E – 82), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για την Πάτμο είναι τα 400kW.



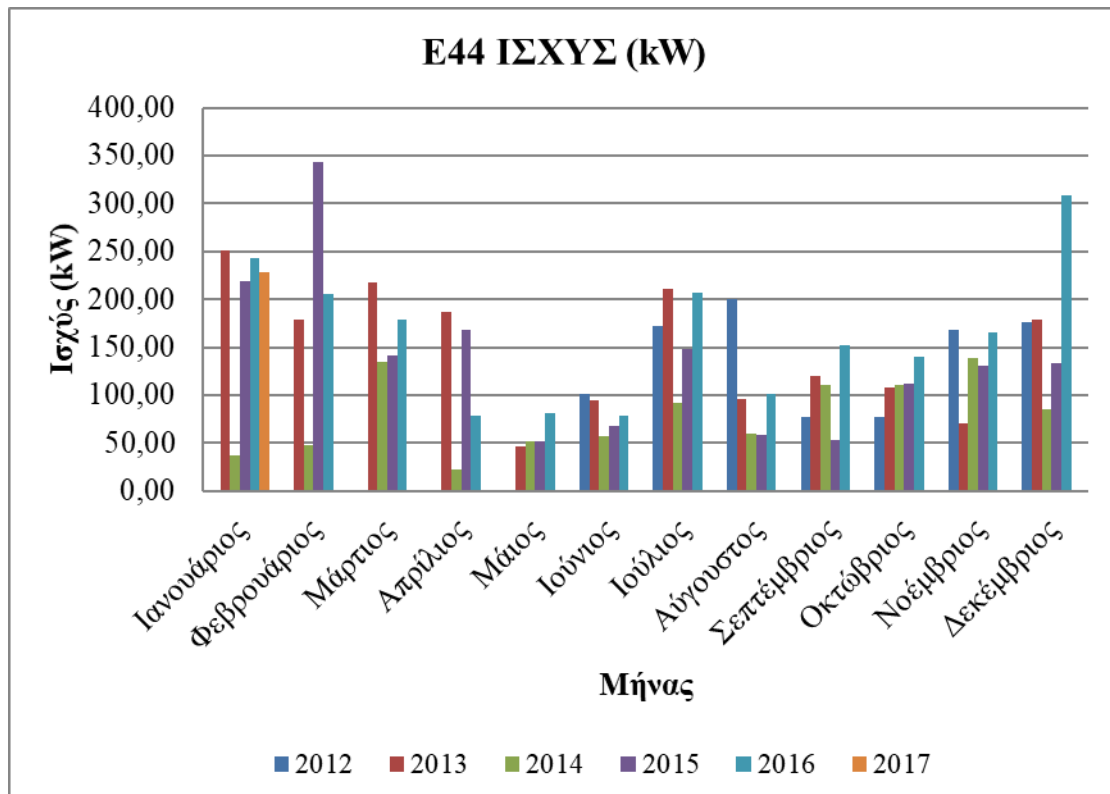
Διάγραμμα 80: Μέση ισχύ ανά έτος στην Πάτμο (E – 82), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 82 (2.000kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για την Πάτμο είναι τα 315kW.



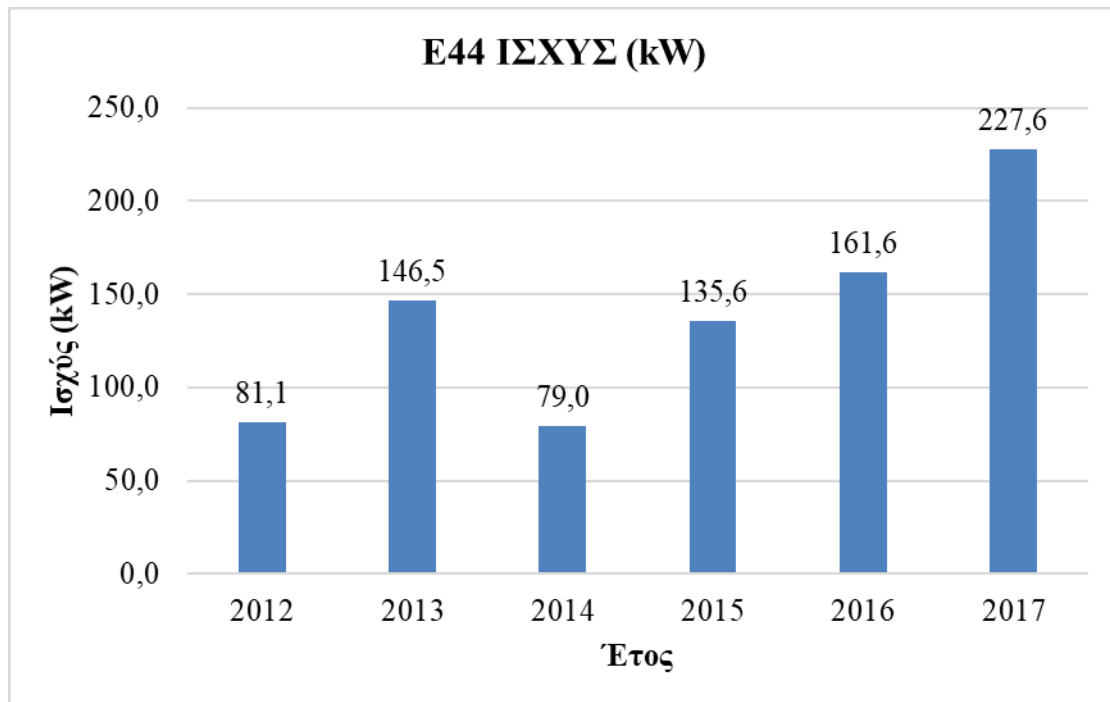
Διάγραμμα 81: Μέση ισχύ ανά ημέρα στην Πάτμο (E44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά ημέρα για την Πάτμο είναι τα 400kW.



Διάγραμμα 82: Μέση ισχύ ανά μήνα στην Πάτμο (E – 44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E – 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά μήνα για την Πάτμο είναι τα 100kW.



Διάγραμμα 83: Μέση ισχύ ανά έτος στην Πάτμο (E – 44), 2012 - 2017

Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχεί στην ανεμογεννήτρια Enercon E - 44 (900kW), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα η μέση ισχύς ανά έτος για την Πάτμο είναι τα 79kW.

4.4.2. Συντελεστής χρησιμοποίησης (Capacity Factor - CF)

Σε επόμενο στάδιο πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των μετρήσεων ώστε να υπολογιστεί ο συντελεστής χρησιμοποίησης (Capacity Factor - CF) της κάθε ανεμογεννήτριας στην εκάστοτε περιοχή. Ως συντελεστής χρησιμοποίησης εννοείται ο μέσος ετήσιος συντελεστής της ανεμογεννήτριας, που ορίζεται ως ο λόγος της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ανεμογεννήτρια προς τη θεωρητική μέγιστη ετήσια παραγωγή. Για την θεωρητική μέγιστη ετήσια παραγωγή ενέργειας θεωρήθηκε ότι η παραγωγή της ανεμογεννήτριας παραμένει σταθερή και ίση με την ονομαστική ισχύ της καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

➤ Ρόδος

Έτος	Μήνας	Μηνιαία ενέργεια E82 (kW)	Μηνιαία ενέργεια E44 (kW)
2012	Ιανουάριος	-	-
	Φεβρουάριος	-	-
	Μάρτιος	-	-
	Απρίλιος	-	-
	Μάιος	-	-
	Ιούνιος	47.487,0	7.947,3
	Ιούλιος	109.620,5	19.292,0
	Αύγουστος	60.221,3	7.999,8
	Σεπτέμβριος	101.013,6	18.028,9
	Οκτώβριος	30.856,2	5.561,8
	Νοέμβριος	37.640,0	7.385,0
	Δεκέμβριος	106.311,3	22.219,1
2013	Ιανουάριος	132.986,0	30.063,4
	Φεβρουάριος	116.309,6	25.959,2
	Μάρτιος	166.261,6	36.603,3
	Απρίλιος	74.996,6	13.664,7
	Μάιος	66.284,5	9.614,0
	Ιούνιος	75.236,6	10.892,9
	Ιούλιος	95.066,9	14.214,8
	Αύγουστος	72.226,8	9.821,9
	Σεπτέμβριος	74.635,8	11.089,7
	Οκτώβριος	25.363,7	3.767,8
	Νοέμβριος	26.655,4	2.740,4
	Δεκέμβριος	92.427,2	17.881,3
	Ιανουάριος	52.369,6	9.254,6
	Φεβρουάριος	44.679,7	6.339,7
	Μάρτιος	46.862,2	6.977,8

2014	Απρίλιος	74.996,6	13.664,7
	Μάιος	56.592,8	8.486,6
	Ιούνιος	72.200,6	11.104,2
	Ιούλιος	98.892,4	13.695,2
	Αύγουστος	81.440,2	10.561,4
	Σεπτέμβριος	69.784,7	9.203,9
	Οκτώβριος	27.333,6	3.253,9
	Νοέμβριος	24.528,2	2.794,5
	Δεκέμβριος	81.128,3	16.543,3
2015	Ιανουάριος	87.581,4	18.261,8
	Φεβρουάριος	206.842,1	50.127,6
	Μάρτιος	93.111,6	19.181,3
	Απρίλιος	71.393,2	11.366,1
	Μάιος	32.483,4	4.343,2
	Ιούνιος	63.357,1	8.293,6
	Ιούλιος	44.081,3	8.107,6
	Αύγουστος	71.278,6	10.192,7
	Σεπτέμβριος	58.135,9	9.371,7
	Οκτώβριος	35.567,3	4.466,6
	Νοέμβριος	27.830,0	3.897,1
	Δεκέμβριος	13.823,7	1.247,3
2016	Ιανουάριος	88.368,4	18.120,5
	Φεβρουάριος	101.029,9	18.972,5
	Μάρτιος	149.839,7	31.704,2
	Απρίλιος	57.174,9	9.988,7
	Μάιος	45.404,0	5.924,4
	Ιούνιος	75.659,1	11.841,6
	Ιούλιος	110.485,0	18.514,8
	Αύγουστος	110.485,0	18.514,8
	Σεπτέμβριος	54.932,0	7.909,8
	Οκτώβριος	48.451,6	5.663,4
	Νοέμβριος	54.218,5	10.828,9
	Δεκέμβριος	27.234,4	2.496,6
2017	Ιανουάριος	92.608,3	19.390,0

Πίνακας 4: Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh ανά Α/Γ στη Ρόδο

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι μηνιαίες kWh για τη περιοχή της Ρόδου για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Ετήσια ενέργεια E82 (kWh)	Ετήσια ενέργεια E44 (kWh)
2012	493.149,90	88.433,80
2013	1.018.450,60	186.313,30
2014	730.809,00	111.879,60
2015	805.485,50	148.856,60
2016	923.282,50	160.480,10

Πίνακας 5: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh ανά Α/Γ στη Ρόδο

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες kWh για τη περιοχή της Ρόδου για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	CF (%)
2012	493.149,90	10.208.333,00	4,83
2013	1.018.450,60	17.500.000,00	5,82
2014	730.809,00	17.500.000,00	4,17
2015	805.485,50	17.500.000,00	4,60
2016	923.282,50	17.500.000,00	5,27
Μέσος			4,93

Πίνακας 6: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος στη Ρόδο E-82

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 82 στην περιοχή της Ρόδου.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	Συντελεστής χρησιμοποίησης CF (%)
2012	88.433,80	4.666.666,66	1,89
2013	186.313,30	8.000.000,00	2,32
2014	111.879,60	8.000.000,00	1,39
2015	148.856,60	8.000.000,00	1,86
2016	160.480,10	8.000.000,00	2,00
Μέσος			1,89

Πίνακας 7: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος στη Ρόδο E-44

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 44 στην περιοχή της Ρόδου.

➤ Λίνδος Ρόδου

Έτος	Μήνας	Μηνιαία ενέργεια E82 (kWh)	Μηνιαία ενέργεια E44 (kWh)
2014	Ιανουάριος	-	-
	Φεβρουάριος	-	-
	Μάρτιος	-	-
	Απρίλιος	57.297,6	9.876,0
	Μάιος	58343,9	8851,7
	Ιούνιος	239533,9	55883,0
	Ιούλιος	249864,2	60660,0
	Αύγουστος	344583,4	85584,3
	Σεπτέμβριος	251301,2	61041,7
	Οκτώβριος	145620,6	33647,3
	Νοέμβριος	208658,0	56519,5
	Δεκέμβριος	419897,4	112954,6
2015	Ιανουάριος	472329,8	140284,7
	Φεβρουάριος	551381,8	171521,7
	Μάρτιος	255020,4	61004,0
	Απρίλιος	319140,7	79210,2
	Μάιος	40822,0	6674,6
	Ιούνιος	232362,6	55237,0
	Ιούλιος	67123,8	12523,9
	Αύγουστος	127600,5	28229,8
	Σεπτέμβριος	112585,6	24454,2
	Οκτώβριος	87826,3	16582,3
	Νοέμβριος	218529,7	53401,4
	Δεκέμβριος	122216,8	29385,0
2016	Ιανουάριος	399890,9	119707,5
	Φεβρουάριος	308625,7	84218,0
	Μάρτιος	318308,5	77617,9
	Απρίλιος	137820,0	30788,5
	Μάιος	277330,3	66328,0
	Ιούνιος	173599,6	37466,5
	Ιούλιος	100233,1	18389,0
	Αύγουστος	38390,9	5395,5
	Σεπτέμβριος	110954,7	20738,4

	Οκτώβριος	91300,1	17509,0
	Νοέμβριος	311274,1	85910,0
	Δεκέμβριος	270702,0	64730,7
2017	Ιανουάριος	5936,30	1084,06

Πίνακας 8: Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ στη Λίνδο

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι μηνιαίες kWh για τη περιοχή της Λίνδου για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Ετήσια ενέργεια E82 (kWh)	Ετήσια ενέργεια E44 (kWh)
2014	1.975.100,10	485.018,20
2015	2.606.940,00	678.508,70
2016	2.538.430,00	628.798,80

Πίνακας 9: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ στη Λίνδο

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες kWh για τη περιοχή της Λίνδου για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	Συντελεστής χρησιμοποίησης CF (%)
2014	1.975.100,10	13.125.000,00	15,04
2015	2.606.940,00	17.500.000,00	14,89
2016	2.538.430,00	17.500.000,00	14,50
Μέσος			14,81

Πίνακας 10: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-82

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 82 στην περιοχή της Λίνδου.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	Συντελεστής χρησιμοποίησης CF (%)
2014	485.018,20	6.000.000,00	8,08
2015	678.508,70	8.000.000,00	8,48
2016	628.798,80	8.000.000,00	7,86
Μέσος			8,14

Πίνακας 11: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-44

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 44 στην περιοχή της Λίνδου.

➤ **Έμπονας Ρόδου**

Έτος	Μήνας	Μηνιαία ενέργεια E82 (kWh)	Μηνιαία ενέργεια E44 (kWh)
2014	Ιανουάριος	-	-
	Φεβρουάριος	-	-
	Μάρτιος	-	-
	Απρίλιος	56.605,6	9.323,7
	Μάιος	128920,5	35071,8
	Ιούνιος	146417,6	32705,9
	Ιούλιος	142565,9	27137,6
	Αύγουστος	106954,1	19806,7
	Σεπτέμβριος	150144,7	27132,9
	Οκτώβριος	100515,5	19772,5
	Νοέμβριος	126495,7	36144,2
	Δεκέμβριος	365715,1	100217,6
2015	Ιανουάριος	326837,8	92630,6
	Φεβρουάριος	592374,1	186023,6
	Μάρτιος	352062,1	120128,3
	Απρίλιος	178795,3	46769,1
	Μάιος	104230,4	20959,5
	Ιούνιος	126387,0	24219,4
	Ιούλιος	39090,2	5098,5
	Αύγουστος	93932,7	16867,5
	Σεπτέμβριος	85615,2	16197,7
	Οκτώβριος	127538,7	28131,9
	Νοέμβριος	169038,3	38891,3
	Δεκέμβριος	40789,5	4834,7

2016	Ιανουάριος	360569,5	89563,8
	Φεβρουάριος	488378,0	143698,2
	Μάρτιος	656781,1	204656,2
	Απρίλιος	201289,3	56700,8
	Μάιος	241074,8	54229,6
	Ιούνιος	133248,9	28637,8
	Ιούλιος	94078,0	17483,4
	Αύγουστος	82701,8	12198,7
	Σεπτέμβριος	115008,3	22000,8
	Οκτώβριος	62857,0	9629,7
	Νοέμβριος	288399,5	88878,6
	Δεκέμβριος	94638,2	14864,1
2017	Ιανουάριος	546,50	0,00

Πίνακας 12: Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ στον Έμπονα

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι μηνιαίες kWh για τη περιοχή του Έμπονα για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Ετήσια ενέργεια E82 (kWh)	Ετήσια ενέργεια E44 (kWh)
2014	1.324.334,70	307.312,90
2015	2.236.691,30	600.751,90
2016	2.819.024,50	742.541,60

Πίνακας 13: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ στον Έμπονα

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες kWh για τη περιοχή του Έμπονα για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	Συντελεστής χρησιμοποίησης CF (%)
2014	1.324.334,70	13.125.000,00	10,09
2015	2.236.691,30	17.500.000,00	12,78
2016	2.819.024,50	17.500.000,00	16,10
Μέσος			12,99

Πίνακας 14: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-82

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 82 στην περιοχή του Έμπονα.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	Συντελεστής χρησιμοποίησης CF (%)
2014	307.312,90	6.000.000,00	5,12
2015	600.751,90	8.000.000,00	7,50
2016	742.541,60	8.000.000,00	9,28
Μέσος			7,30

Πίνακας 15: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-44

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 44 στην περιοχή του Έμπονα Ρόδου.

➤ **Καταβιά Ρόδου**

Έτος	Μήνας	Μηνιαία ενέργεια E82 (kWh)	Μηνιαία ενέργεια E44 (kWh)
2014	Ιανουάριος	-	-
	Φεβρουάριος	-	-
	Μάρτιος	-	-
	Απρίλιος	92.272,4	17.834,9
	Μάιος	396371,2	94856,8
	Ιούνιος	606364,4	155055,8
	Ιούλιος	964861,1	262208,9
	Αύγουστος	978447,5	258035,8
	Σεπτέμβριος	670536,5	172370,5
	Οκτώβριος	327271,8	75180,2
	Νοέμβριος	287138,8	74679,4
	Δεκέμβριος	258451,5	63680,5
2015	Ιανουάριος	405265,9	107246,9
	Φεβρουάριος	641746,5	172551,6
	Μάρτιος	504530,0	128550,3
	Απρίλιος	466166,0	119062,1
	Μάιος	449669,4	110947,2
	Ιούνιος	761164,0	201663,3
	Ιούλιος	858939,0	226763,4

	Αύγουστος	855601,9	226612,6
	Σεπτέμβριος	508309,4	126744,2
	Οκτώβριος	461114,9	114521,8
	Νοέμβριος	253202,2	60096,5
	Δεκέμβριος	245409,0	57092,5
2016	Ιανουάριος	441086,2	119112,1
	Φεβρουάριος	326675,8	94546,2
	Μάρτιος	706858,5	189792,9
	Απρίλιος	367308,5	90947,6
	Μάιος	521319,6	129057,0
	Ιούνιος	647219,6	172291,9
	Ιούλιος	1225080,8	347281,6
	Αύγουστος	1200490,2	331150,2
	Σεπτέμβριος	643641,2	168924,2
	Οκτώβριος	602293,7	152847,0
	Νοέμβριος	247122,7	66841,9
	Δεκέμβριος	436148,1	110773,3
	2017	Ιανουάριος	475036,6

Πίνακας 16: Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ στην Καταβιά

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι μηνιαίες kWh για τη περιοχή της Καταβιάς για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Ετήσια ενέργεια E82 (kWh)	Ετήσια ενέργεια E44 (kWh)
2014	4.581.715,20	1.173.902,80
2015	6.411.118,30	1.651.852,50
2016	7.365.244,90	1.973.566,00

Πίνακας 17: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ στην Καταβιά

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες kWh για τη περιοχή της Καταβιάς για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	Συντελεστής χρησιμοποίησης CF (%)
2014	4.581.715,20	13.125.000,00	34,90
2015	6.411.118,30	17.500.000,00	36,63
2016	7.365.244,90	17.500.000,00	42,08
Μέσος			37,87

Πίνακας 18: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-82

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 82 στην περιοχή της Κατταβιάς.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	Συντελεστής χρησιμοποίησης CF (%)
2014	1.173.902,80	6.000.000,00	19,56
2015	1.651.852,50	8.000.000,00	20,64
2016	1.973.566,00	8.000.000,00	24,67
Μέσος			21,62

Πίνακας 19: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-44

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 44 στην περιοχή της Κατταβιάς.

➤ **Κάσος**

Έτος	Μήνας	Μηνιαία ενέργεια E82 (kWh)	Μηνιαία ενέργεια E44 (kWh)
2012	Ιανουάριος	-	-
	Φεβρουάριος	-	-
	Μάρτιος	-	-
	Απρίλιος	-	-
	Μάιος	-	-
	Ιούνιος	207498,0	48609,5
	Ιούλιος	198919,9	42199,9
	Αύγουστος	445299,9	119239,6
	Σεπτέμβριος	469627,7	127295,4
	Οκτώβριος	282576,5	73359,7
	Νοέμβριος	603641,0	194051,4

	Δεκέμβριος	569914,2	181021,8
2013	Ιανουάριος	651958,3	214388,6
	Φεβρουάριος	604632,1	184755,1
	Μάρτιος	809349,8	264291,7
	Απρίλιος	641295,5	223695,3
	Μάιος	246263,8	62959,5
	Ιούνιος	-	-
	Ιούλιος	-	-
	Αύγουστος	-	-
	Σεπτέμβριος	-	-
	Οκτώβριος	-	-
	Νοέμβριος	-	-
	Δεκέμβριος	-	-
	2014	Ιανουάριος	260922,8
Φεβρουάριος		483421,9	126275,7
Μάρτιος		742466,1	212912,4
Απρίλιος		440725,0	112959,7
Μάιος		199414,0	41680,3
Ιούνιος		248391,8	57277,9
Ιούλιος		389717,4	105510,0
Αύγουστος		15277,6	4240,7
Σεπτέμβριος		628518,8	197472,6
Οκτώβριος		528125,5	151001,1
Νοέμβριος		705049,1	216575,3
Δεκέμβριος		370193,1	108981,1
2015		Ιανουάριος	653128,7
	Φεβρουάριος	852425,8	296933,5
	Μάρτιος	656664,3	213550,7
	Απρίλιος	571233,1	203546,0
	Μάιος	82690,6	17092,6
	Ιούνιος	-	-
	Ιούλιος	80065,8	18652,1
	Αύγουστος	258427,3	85023,8
	Σεπτέμβριος	276254,7	72227,3
	Οκτώβριος	560671,3	155034,8
	Νοέμβριος	480840,1	137305,5
	Δεκέμβριος	916888,6	276509,5
		Ιανουάριος	605788,1
Φεβρουάριος		531319,9	147581,2
Μάρτιος		-	-
Απρίλιος		-	-
Μάιος		-	-

2016	Ιούνιος	-	-
	Ιούλιος	-	-
	Αύγουστος	-	-
	Σεπτέμβριος	526152,1	163100,4
	Οκτώβριος	508692,7	155554,6
	Νοέμβριος	179741,8	57361,0
	Δεκέμβριος	1009852,4	369923,9
2017	Ιανουάριος	605788,1	196307,1

Πίνακας 20: Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι μηνιαίες kWh για τη περιοχή της Κάσου για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Ετήσια ενέργεια E82 (kWh)	Ετήσια ενέργεια E44 (kWh)
2012	2.777.477,20	785.777,20
2013	2.953.499,40	950.090,20
2014	5.012.223,20	1.397.369,20
2015	5.389.290,40	1.697.419,70
2016	3.361.546,90	1.089.828,20

Πίνακας 21: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ στην Κάσο

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες kWh για τη περιοχή της Κάσου για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	Συντελεστής χρησιμοποίησης CF (%)
2012	2.777.477,20	10.208.333,33	27,20
2014	5.012.223,20	17.500.000,00	28,64
2015	5.389.290,40	16.041.666,67	33,59
2016	3.361.546,90	8.750.000,00	38,41
Μέσος			31,96

Πίνακας 22: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-82

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 82 στην περιοχή της Κάσου.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	CF
2012	785.777,20	4.666.666,67	16,83
2014	1.397.369,20	8.000.000,00	17,46
2015	1.697.419,70	7.333.333,33	23,14
2016	1.089.828,20	4.000.000,00	27,24
Μέσος			21,17

Πίνακας 23: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-44

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 44 στην περιοχή της Κάσου.

➤ **Κάλυμνος**

Έτος	Μήνας	Μηνιαία ενέργεια E82 (kWh)	Μηνιαία ενέργεια E44 (kWh)
2012	Ιανουάριος	-	-
	Φεβρουάριος	-	-
	Μάρτιος	-	-
	Απρίλιος	-	-
	Μάιος	-	-
	Ιούνιος	78273,7	14745,2
	Ιούλιος	131158,9	23184,2
	Αύγουστος	174787,3	34175,1
	Σεπτέμβριος	91983,0	16639,5
	Οκτώβριος	107162,1	25337,9
	Νοέμβριος	125609,0	30117,3
	Δεκέμβριος	165343,9	39930,2
2013	Ιανουάριος	223013,6	54566,2
	Φεβρουάριος	226021,1	55097,8
	Μάρτιος	247798,5	59330,6
	Απρίλιος	93976,2	18177,8
	Μάιος	44509,5	7091,4
	Ιούνιος	78120,1	13567,3
	Ιούλιος	185118,2	36684,9
	Αύγουστος	113285,7	19340,1
	Σεπτέμβριος	110163,6	21476,2
	Οκτώβριος	48984,1	7565,9
	Νοέμβριος	69281,7	13534,8
	Δεκέμβριος	106004,9	22892,2

2014	Ιανουάριος	45560,3	8762,6
	Φεβρουάριος	18466,6	2489,1
	Μάρτιος	68985,5	13122,6
	Απρίλιος	23952,9	4080,2
	Μάιος	20138,7	2719,7
	Ιούνιος	41759,0	8185,3
	Ιούλιος	86866,5	16409,9
	Αύγουστος	1670,7	224,2
	Σεπτέμβριος	30170,5	4099,1
	Οκτώβριος	32305,9	5655,3
	Νοέμβριος	37648,8	7300,4
	Δεκέμβριος	52805,5	11290,2
2015	Ιανουάριος	114332,1	25136,7
	Φεβρουάριος	148354,0	33661,5
	Μάρτιος	79986,3	17856,9
	Απρίλιος	44883,1	7759,5
	Μάιος	9057,2	662,9
	Ιούνιος	12882,8	1705,5
	Ιούλιος	37026,3	4291,5
	Αύγουστος	29580,8	3239,5
	Σεπτέμβριος	11737,4	1508,8
	Οκτώβριος	11310,6	829,9
	Νοέμβριος	25029,2	4145,7
	Δεκέμβριος	10031,5	1201,2
2016	Ιανουάριος	101641,0	22672,8
	Φεβρουάριος	82448,3	16469,1
	Μάρτιος	59614,2	11636,3
	Απρίλιος	12998,8	1755,3
	Μάιος	18362,6	2653,6
	Ιούνιος	21498,6	2361,8
	Ιούλιος	55305,6	8389,8
	Αύγουστος	25859,5	4011,0
	Σεπτέμβριος	22753,2	3308,5
	Οκτώβριος	15320,6	1610,5
	Νοέμβριος	74755,8	17367,2
	Δεκέμβριος	19705,7	3549,5
2017	Ιανουάριος	51981,2	9764,5

Πίνακας 24: Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι μηνιαίες kWh για τη περιοχή της Καλύμνου για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Ετήσια ενέργεια E82 (kWh)	Ετήσια ενέργεια E44 (kWh)
2012	874.318,00	184.129,30
2013	1.546.277,40	329.325,10
2014	460.330,90	84.338,60
2015	534.211,30	101.999,70
2016	510.263,90	95.785,40

Πίνακας 25: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά A/Γ στην

Κάλυμνο Ρόδο

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες kWh για τη περιοχή της Καλύμνου για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	CF
2012	874.318,00	10.208.333,33	8,56
2013	1.546.277,40	17.500.000,00	8,83
2014	460.330,90	17.500.000,00	2,63
2015	534.211,30	17.500.000,00	3,05
2016	510.263,90	17.500.000,00	2,91
Μέσος			5,19

Πίνακας 26: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-82

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 82 στην περιοχή της Καλύμνου.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	CF
2012	184.129,30	4.666.666,67	3,94
2013	329.325,10	8.000.000,00	4,11
2014	84.338,60	8.000.000,00	1,05
2015	101.999,70	8.000.000,00	1,27
2016	95.785,40	8.000.000,00	1,19
Μέσος			2,31

Πίνακας 27: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-44

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 44 στην περιοχή της Καλύμνου.

➤ **Κως**

Έτος	Μήνας	Μηνιαία ενέργεια E82 (kWh)	Μηνιαία ενέργεια E44 (kWh)
2013	Ιανουάριος	-	-
	Φεβρουάριος	-	-
	Μάρτιος	-	-
	Απρίλιος	-	-
	Μάιος	-	-
	Ιούνιος	186464,7	41822,8
	Ιούλιος	567284,7	139628,4
	Αύγουστος	437067,8	103750,1
	Σεπτέμβριος	225786,5	49030,2
	Οκτώβριος	227455,1	50256,8
	Νοέμβριος	76367,2	13291,3
	Δεκέμβριος	122623,5	25475,7
2014	Ιανουάριος	40943,3	6375,4
	Φεβρουάριος	51400,3	9949,3
	Μάρτιος	107858,7	20851,6
	Απρίλιος	33903,0	5270,9
	Μάιος	85223,2	17927,4
	Ιούνιος	88591,0	15760,3
	Ιούλιος	267681,7	60018,6
	Αύγουστος	225272,3	47875,6
	Σεπτέμβριος	66422,4	9198,9
	Οκτώβριος	99958,5	15761,8
	Νοέμβριος	43689,9	7487,7
	Δεκέμβριος	58813,7	9295,0
2015	Ιανουάριος	196229,2	43986,0
	Φεβρουάριος	191996,7	43558,8
	Μάρτιος	81806,2	15552,5
	Απρίλιος	111511,4	22234,6
	Μάιος	85223,2	17927,4
	Ιούνιος	119123,7	22682,4
	Ιούλιος	296136,8	70821,0
	Αύγουστος	180350,9	39285,5
	Σεπτέμβριος	115726,7	24979,8
	Οκτώβριος	118134,5	22381,5
	Νοέμβριος	121188,6	23127,7
	Δεκέμβριος	141443,6	28116,5
	Ιανουάριος	207730,6	47868,4
	Φεβρουάριος	180007,3	42985,0

2016	Μάρτιος	135224,0	26743,8
	Απρίλιος	114726,0	22204,1
	Μάιος	120945,5	24842,2
	Ιούνιος	234269,7	54187,2
	Ιούλιος	534782,1	130360,1
	Αύγουστος	295498,2	66672,5
	Σεπτέμβριος	232568,2	53510,6
	Οκτώβριος	213831,2	45961,0
	Νοέμβριος	214703,1	49274,1
	Δεκέμβριος	173652,4	35484,2
2017	Ιανουάριος	180838,6	40472,5

Πίνακας 28: Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι μηνιαίες kWh για τη περιοχή της Κω για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Ετήσια ενέργεια E82 (kWh)	Ετήσια ενέργεια E44 (kWh)
2013	1.843.049,40	423.255,30
2014	1.169.757,90	225.772,50
2015	1.758.871,70	374.653,70
2016	2.657.938,00	600.093,10

Πίνακας 29: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ στην Κω

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες kWh για τη περιοχή της Κω για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	CF
2013	1.843.049,40	10.208.333,33	18,05
2014	1.169.757,90	17.500.000,00	6,66
2015	1.758.871,70	17.500.000,00	10,05
2016	2.657.938,00	17.500.000,00	15,18
Μέσος			12,49

Πίνακας 30: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-82

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 82 στην περιοχή της Κω.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	CF
2013	423.255,30	4.666.666,67	9,07
2014	225.772,50	8.000.000,00	2,82
2015	374.653,70	8.000.000,00	4,68
2016	600.093,10	8.000.000,00	7,50
Μέσος			6,01

Πίνακας 31: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-44

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 44 στην περιοχή της Κω.

➤ **Ικαρία**

Έτος	Μήνας	Μηνιαία ενέργεια E82 (kWh)	Μηνιαία ενέργεια E44 (kWh)
2012	Ιανουάριος	-	-
	Φεβρουάριος	-	-
	Μάρτιος	-	-
	Απρίλιος	-	-
	Μάιος	-	-
	Ιούνιος	5049,0	634,6
	Ιούλιος	1184,3	-
	Αύγουστος	2747,6	669,2
	Σεπτέμβριος	3296,1	221,6
	Οκτώβριος	103810,7	40561,8
	Νοέμβριος	141475,6	40826,9
	Δεκέμβριος	94506,6	22017,6
2013	Ιανουάριος	149701,8	42412,6
	Φεβρουάριος	251033,1	73755,0
	Μάρτιος	399707,6	135638,4
	Απρίλιος	145262,3	38778,2
	Μάιος	55050,4	11818,1
	Ιούνιος	2583,9	388,2
	Ιούλιος	694,4	-
	Αύγουστος	719,9	-
	Σεπτέμβριος	1138,6	-
	Οκτώβριος	44042,2	10165,2
	Νοέμβριος	62271,2	12242,4

	Δεκέμβριος	74217,8	16665,2
2014	Ιανουάριος	107139,4	25337,9
	Φεβρουάριος	86706,7	17054,2
	Μάρτιος	202449,7	46183,2
	Απρίλιος	86989,9	19880,6
	Μάιος	31661,7	5416,3
	Ιούνιος	1863,3	289,4
	Ιούλιος	-	-
	Αύγουστος	-	-
	Σεπτέμβριος	141,4	-
	Οκτώβριος	13713,0	2021,0
	Νοέμβριος	26827,5	3079,0
	Δεκέμβριος	101911,9	24382,4
2015	Ιανουάριος	234371,2	63468,0
	Φεβρουάριος	249406,3	74861,1
	Μάρτιος	160817,5	58540,1
	Απρίλιος	89341,0	23467,9
	Μάιος	5650,9	775,5
	Ιούνιος	841,1	0,0
	Ιούλιος	-	-
	Αύγουστος	-	-
	Σεπτέμβριος	8231,8	1345,0
	Οκτώβριος	49219,9	11906,7
	Νοέμβριος	49317,6	9976,3
	Δεκέμβριος	1763,3	-
2016	Ιανουάριος	102958,2	22117,7
	Φεβρουάριος	256076,7	73624,2
	Μάρτιος	224445,1	68654,5
	Απρίλιος	62400,5	16837,2
	Μάιος	42717,6	8337,8
	Ιούνιος	16666,3	3278,4
	Ιούλιος	2923,0	-
	Αύγουστος	-	-
	Σεπτέμβριος	1666,0	246,8
	Οκτώβριος	4673,1	558,0
	Νοέμβριος	118078,7	34519,4
	Δεκέμβριος	5031,5	650,9
2017	Ιανουάριος	40875,9	7119,8

Πίνακας 32: Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι μηνιαίες kWh για τη περιοχή της Ικαρίας για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Ετήσια ενέργεια E82 (kWh)	Ετήσια ενέργεια E44 (kWh)
2012	352.069,90	104.931,80
2013	1.186.423,30	341.863,40
2014	659.404,70	143.643,90
2015	848.960,50	244.340,60
2016	837.636,70	228.825,00

Πίνακας 33: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ στην Ικαρία

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες kWh για τη περιοχή της Ικαρίας για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	CF
2012	352.069,90	10.208.333,33	3,44
2013	1.186.423,30	17.500.000,00	6,78
2014	659.404,70	14.583.333,33	4,52
2015	848.960,50	14.583.333,33	5,82
2016	837.636,70	16.041.666,67	5,22
Μέσος			5,15

Πίνακας 34: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-82

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 82 στην περιοχή της Ικαρίας.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	CF
2012	104.931,80	4.000.000,00	2,62
2013	341.863,40	6.000.000,00	5,69
2014	143.643,90	8.000.000,00	1,79
2015	244.340,60	6.000.000,00	4,07
2016	228.825,00	6.666.666,67	3,43
Μέσος			3,52

Πίνακας 35: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-44

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 44 στην περιοχή της Ικαρίας.

➤ Πάτιμος

Έτος	Μήνας	Μηνιαία ενέργεια E82 (kWh)	Μηνιαία ενέργεια E44 (kWh)
2012	Ιανουάριος	-	-
	Φεβρουάριος	-	-
	Μάρτιος	-	-
	Απρίλιος	-	-
	Μάιος	-	-
	Ιούνιος	306451,7	73001,1
	Ιούλιος	509752,4	127788,7
	Αύγουστος	585062,1	149325,3
	Σεπτέμβριος	229625,2	55583,0
	Οκτώβριος	220967,3	57603,4
	Νοέμβριος	453367,9	120643,9
	Δεκέμβριος	487162,9	131420,2
2013	Ιανουάριος	657698,8	186521,2
	Φεβρουάριος	446621,2	119816,6
	Μάρτιος	618458,2	161834,2
	Απρίλιος	473487,2	134191,1
	Μάιος	156108,6	34441,0
	Ιούνιος	276982,3	68250,8
	Ιούλιος	625615,8	156377,9
	Αύγουστος	311956,1	71554,0
	Σεπτέμβριος	347872,5	86692,1
	Οκτώβριος	316470,4	80488,1
	Νοέμβριος	222537,4	50773,4
	Δεκέμβριος	481555,0	132565,0
2014	Ιανουάριος	133071,0	28020,6
	Φεβρουάριος	146240,3	31683,8
	Μάρτιος	348283,1	99865,5
	Απρίλιος	88256,8	16539,1
	Μάιος	172336,6	38748,5
	Ιούνιος	186261,5	41528,8
	Ιούλιος	269166,1	68353,9
	Αύγουστος	6327,2	1445,8
	Σεπτέμβριος	301073,0	79645,8

	Οκτώβριος	321533,6	82130,4
	Νοέμβριος	374493,2	99679,5
	Δεκέμβριος	259274,1	63000,1
2015	Ιανουάριος	542067,8	162613,6
	Φεβρουάριος	512330,6	172692,1
	Μάρτιος	405997,2	105334,7
	Απρίλιος	392524,0	121417,9
	Μάιος	179112,8	38550,9
	Ιούνιος	226082,2	49261,5
	Ιούλιος	433222,0	110402,8
	Αύγουστος	186446,9	43268,7
	Σεπτέμβριος	164796,8	38638,5
	Οκτώβριος	349876,8	83276,0
	Νοέμβριος	387071,0	94051,4
	Δεκέμβριος	385744,8	99606,4
2016	Ιανουάριος	654075,3	180657,6
	Φεβρουάριος	511510,4	142563,1
	Μάρτιος	498771,6	133469,1
	Απρίλιος	238506,8	56995,3
	Μάιος	262357,6	60095,8
	Ιούνιος	240527,0	56257,2
	Ιούλιος	604877,9	153669,7
	Αύγουστος	319632,2	75593,8
	Σεπτέμβριος	434449,9	109740,7
	Οκτώβριος	408937,5	104308,0
	Νοέμβριος	418835,3	119559,8
Δεκέμβριος	759374,3	228978,2	
2017	Ιανουάριος	636236,5	169329,1

Πίνακας 36: Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι μηνιαίες kWh για τη περιοχή της Πάτμου για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Ετήσια ενέργεια E82 (kWh)	Ετήσια ενέργεια E44 (kWh)
2012	2.792.389,50	715.365,70
2013	4.935.363,30	1.283.505,40
2014	2.606.316,60	650.641,90
2015	4.165.272,90	1.119.114,50
2016	5.351.855,90	1.421.888,30

Πίνακας 37: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh h ανά Α/Γ στην Πάτμο

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες kWh για τη περιοχή της Πάτμου για κάθε μία ανεμογεννήτρια.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	CF
2012	2.792.389,50	10.208.333,33	27,35
2013	4.935.363,30	17.500.000,00	28,20
2014	2.606.316,60	17.500.000,00	14,89
2015	4.165.272,90	17.500.000,00	23,80
2016	5.351.855,90	17.500.000,00	30,58
Μέσος			24,96

Πίνακας 38: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-82

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kWh όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 82 στην περιοχή της Πάτμου.

Έτος	Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Θεωρητική ενέργεια (kWh)	CF
2012	715.365,70	4.666.666,67	15,32
2013	1.283.505,40	8.000.000,00	16,04
2014	650.641,90	8.000.000,00	8,13
2015	1.119.114,50	8.000.000,00	13,98
2016	1.421.888,30	8.000.000,00	17,77
Μέσος			14,24

Πίνακας 39: Συντελεστής χρησιμοποίησης ανά έτος σε E-44

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούνται οι ετήσιες παραγόμενες και θεωρητικές kW όπως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) για την ανεμογεννήτρια E - 44 στην περιοχή της Πάτμου.

4.4. Συμπεράσματα έρευνας

Ο βασικός στόχος της εργασίας ήταν μέσω ερευνητικών δεδομένων να διερευνηθεί το αιολικό δυναμικό των Δωδεκανήσων για εφαρμογές αιολικών πάρκων. Για την εκάστοτε περιοχή προέκυψαν ορισμένα σημαντικά στοιχεία ως προς τα ανεμολογικά δεδομένα που μπορούν να οδηγήσουν στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για τη Ρόδο, παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμάνθηκε μεταξύ 0,5 – 6,8 (m/s) με το μεγαλύτερο ποσοστό της μετρούμενης ταχύτητας να κυμαίνεται από 1,2 - 3 (m/s). Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Ρόδου, παρατηρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 2 - 2,7 (m/s) με κατεύθυνση των ανέμων κυρίως νοτιοδυτικών ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό βορειοδυτικών ανέμων.

Αναφορικά με τη Λίνδο παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 11 (m/s). Επίσης, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της μετρούμενης ταχύτητας να κυμαίνεται από 2 – 4 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους θερινούς μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο) ενώ κατά το μήνα Οκτώβριο παρατηρούνται τα μικρότερα επίπεδα. Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Λίνδου Ρόδου, παρατηρείται από το διάγραμμα ταχύτητας του ανέμου ότι κυμαίνεται μεταξύ 2,7 – 3,6 (m/s) ενώ οι άνεμοι δεν προέρχονται από μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Στον Έμπονα Ρόδου παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0,2 – 14 (m/s) με το μεγαλύτερο ποσοστό της μετρούμενης ταχύτητας να κυμαίνεται από 2 – 4 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο ενώ κατά το μήνα Οκτώβριο παρατηρούνται τα μικρότερα επίπεδα. Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή του Έμπονα Ρόδου, παρατηρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 2,6 - 3,4 (m/s) με την κατεύθυνση των ανέμων να είναι κυρίως βορειοανατολικοί ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό βορειοδυτικών ανέμων.

Στην Κατταβιά Ρόδου παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 9,2 (m/s) με το μεγαλύτερο ποσοστό (%) της μετρούμενης ταχύτητας να κυμαίνεται από 1 - 4 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους θερινούς μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο) ενώ κατά το μήνα Νοέμβριο παρατηρούνται τα μικρότερα. Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Κατταβιάς Ρόδου, παρατηρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 3,4 - 4

(m/s) με κατευθύνσεις ανέμων κυρίως βορειοανατολικών ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό νοτιοανατολικών και νοτιοδυτικών ανέμων.

Στην Κάσο παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 16,2 (m/s) με το μεγαλύτερο ποσοστό της μετρούμενης ταχύτητας να κυμαίνεται από 1,2 – 3,8 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο ενώ κατά το μήνα Ιούνιο παρατηρούνται τα μικρότερα. Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Κάσου, παρατηρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 3,6 - 4,5 (m/s) με κατεύθυνση ανέμων κυρίως νοτιοδυτικών ενώ σημαντικό ποσοστό εντοπίζεται στους βορειοανατολικούς.

Για την Κάλυμνο παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 7,1 (m/s) με το μεγαλύτερο ποσοστό της μετρούμενης ταχύτητας να κυμαίνεται από 0,8 - 3 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους θερινούς μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο) ενώ κατά το μήνα Οκτώβριο παρατηρούνται τα μικρότερα. Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Καλύμνου, παρατηρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 2 - 2,7 (m/s) ενώ οι άνεμοι είναι κυρίως βορειοδυτικοί ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό νοτιοανατολικών και νοτιοδυτικών.

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για την Κω, παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 8 (m/s) με το μεγαλύτερο ποσοστό της μετρούμενης ταχύτητας να κυμαίνεται από 1,2 – 2,5 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους μήνες Ιούνιο και Αύγουστο ενώ κατά το μήνα Απρίλιο παρατηρούνται τα μικρότερα. Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Κω, παρατηρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 2,4 – 3,5 (m/s) με κατεύθυνση κυρίως νοτιοδυτική ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό βορειοδυτικών ανέμων αλλά και νοτιοανατολικοί.

Στην Ικαρία παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 – 8 (m/s) με το μεγαλύτερο ποσοστό της μετρούμενης ταχύτητας να κυμαίνεται από 1,3 – 2,6 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο ενώ κατά το μήνα Ιούνιο παρατηρούνται τα μικρότερα. Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Ικαρίας, παρατηρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 1 - 1,7 (m/s) με κατεύθυνση ανέμων κυρίως νοτιοδυτικών ενώ υπάρχει και ένα ικανοποιητικό ποσοστό βορειοδυτικών ανέμων αλλά και νοτιοανατολικών.

Τέλος, στην Πάτμο παρατηρείται ότι η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανά ημέρα κυμαίνεται μεταξύ 0,0 – 11 (m/s). Τα μεγαλύτερα επίπεδα τιμών παρουσιάζονται κυρίως τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο και Ιούλιο ενώ κατά το μήνα Οκτώβριο παρατηρούνται τα μικρότερα. Ως προς τη μέση ετήσια ταχύτητα για την περιοχή της Πάτμου, παρατηρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 2,8 - 4,4 (m/s) με κατευθύνσεις κυρίως νοτιοδυτικών. και ένα ικανοποιητικό ποσοστό βορειοδυτικών.

Πέραν των όποιων χαρακτηριστικών ταχύτητας και κατεύθυνσης των ανέμων στις περιοχές των Δωδεκανήσου, η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού βασίστηκε στον προσδιορισμό παραγόμενης ισχύος με βάση συγκεκριμένες ανεμογεννήτριες και σε ορισμένα επίπεδα. Όλες οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν σύμφωνες με τις καμπύλες λειτουργίας των ανεμογεννητριών E – 82 (2.000 kW) και E - 44 (800 kW) που επιλέχθηκαν και αφορούσαν το επίπεδο του ιστού και ως εκ τούτου έγινε αναγωγή τους στο επίπεδο της ανεμογεννήτριας. Από τις καμπύλες λειτουργίας των ανεμογεννητριών E – 82 (2.000 kW) και E - 44 (800 kW) δημιουργήθηκαν οι αντίστοιχοι πίνακες και διαγράμματα ισχύος για όλες τις περιοχές σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση. Ο υπολογισμός τους αξιοποιήθηκε στον υπολογισμό του συντελεστή χρησιμοποίησης (CF) κάθε περιοχής ανά ανεμογεννήτρια ώστε να διαμορφωθεί η συνολική εικόνα.

Περιοχή	A/Γ E - 82 (2.000 kW)	A/Γ E - 44 (800 kW)
	Συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) %	
Ρόδος	4,93%	1,89%
Λίνδος	14,81%	8,14%
Έμπονας	12,99%	7,30%
Κατταβιά	37,87%	21,62%
Κάσος	31,96%	21,17%
Κάλυμνος	5,19%	2,31%
Κως	12,49%	6,01%
Ικαρία	5,15%	3,52%
Πάτμος	24,96%	14,24%

Πίνακας 40: Συντελεστής χρησιμοποίησης A/Γ E - 82 και E-44 στα Δωδεκάνησα ανά περιοχή

Με βάση τα στοιχεία που υπολογίστηκαν αναφορικά με το συντελεστή χρησιμοποίησης (CF) στα Δωδεκάνησα, είναι δυνατόν να διερευνηθεί το αιολικό

δυναμικό των Δωδεκανήσων για εφαρμογές αιολικών πάρκων. Από τα στοιχεία που προέκυψαν παρατηρείται ότι ανά ανεμογεννήτρια ο συντελεστής χρησιμοποίησης σε μέγιστα και επίπεδα τιμών διαφοροποιείται. Ειδικότερα, για την ανεμογεννήτρια E - 82 (2.000 kW) ο χαμηλότερος συντελεστής χρησιμοποίησης εντοπίζεται στην περιοχή της Ικαρίας (5,15%) ενώ για την E - 44 (800 kW) στην περιοχή της πόλης της Ρόδου (1,89%).

Σε επίπεδο μέγιστων τιμών του συντελεστή χρησιμοποίησης και για τις δύο ανεμογεννήτριες (E - 82 και E - 44) η περιοχή της Κατταβιάς συγκέντρωσε τα υψηλότερα επίπεδα. Ειδικότερα, για την Α/Γ E - 82 (2.000 kW) ο συντελεστής χρησιμοποίησης έφτασε το 37,87% ενώ για την Α/Γ E - 44 (800 kW) το 21,62%. Υψηλά επίπεδα του συντελεστή χρησιμοποίησης εμφανίζει η Κάσος (31,96 και 21,17% αντίστοιχα) και η Πάτμος (24,96 και 14,24%), η Λίνδος (14,81 και 8,14%), ο Έμπονας (12,99 και 7,30%) και η Κως (12,49 και 6,01%) δημιουργώντας μια γενικά θετική εικόνα για την περιοχή των Δωδεκανήσων ως προς την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι ο μέσος ετήσιος συντελεστής χρησιμοποίησης μιας ανεμογεννήτριας κυμαίνεται σε επίπεδα του 20%.

Βιβλιογραφία

- Ackermann, T. (2005). *Wind Power in Power Systems*. New York: John Wiley.
- Putnam, P. (1948). *Power from the wind*. New York: Van Nostrand.
- Anderson, S. (2013). Comparing offshore and onshore wind. *The Economics of Oil and Energy*, 1-6.
- Arapogianni, A., Genachte, A. (2013). Deep water - The next step for offshore wind energy. *European Wind Energy Association*, 1-51.
- Astariz, S., Iglesias, G. (2016). Selecting optimum locations for co-located wave and wind energy farms. Part II: A case study. *Energy Conversion and Management* 122(1), 599-608.
- Bassi, S., Bowen, A., Fankhauser, S. (2012). The case for and against onshore wind energy in the UK. *Grantham Research Institute on Climate Change And The Environment*, 1-36.
- Blanco, M. (2009). The economics of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(1), 1372–1382.
- Blount, P. (2013). Wind energy brings community together in Ireland. Available at: <http://www.evwind.es/2013/03/04/wind-energy-brings-community-together-in-ireland/30228> [day access 15.04.2017].
- Booker, C. (2011). Why the £250bn wind power industry could be the greatest scam of our age - and here are the three 'lies' that prove it. Available at: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-1361316/250bn-wind-power-industry-greatest-scam-age.html> [day access 26.04.2017].
- Brief, C. (2015). Five innovations that could cut the cost of offshore wind. Available at: <https://www.carbonbrief.org/five-innovations-that-could-cut-the-cost-of-offshore-wind> [day access 22.04.2017].
- Bueno, C., Carta, J. (2005). Technical - economic analysis of wind - powered pumped hydrostorage systems. Part II: model application to the island of El Hierro. *Solar Energy* 78(3), 396–405.
- Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., Bossanyi, E., (2001). *Wind energy handbook*. Wiley, 643 pp.
- Castro – Santos, L. (2016). Decision variables for floating offshore wind farms based on life-cycle cost: The case study of Galicia (North - West of Spain). *Ocean Engineering* 127(1), 114-123.
- Chang, T., Wu, Y., Hsua, H., Chub, C., Liao, C. (2003). Assessment of wind characteristics and wind turbine characteristics in Taiwan. *Renewable Energy* 28(6), 851–871.
- Chaouachi, A., Covrig, C., Ardelean, M. (2017). Multi - criteria selection of offshore wind farms: Case study for the Baltic States. *Energy Policy* 103(1), 179-192.
- Cortina, G., Calaf, M. (2017). Turbulence upstream of wind turbines: A large - eddy simulation approach to investigate the use of wind lidars. *Renewable Energy* 105(1), 354-365.

- Dafrose, C., Bajaro, M. (2008). Horizontal and vertical axis wind turbines. Wordpress, 1-11.
- Dai, K., Bergot, A., Liang, C., Xiang, W., Huang, Z. (2015). Environmental issues associated with wind energy – A review. *Renewable Energy* 75(1), 911-921.
- Dobrovolski, V. (2002). General characteristics and meteorology of wind. *Encyclopedia of Life Support System, Renewable energy sources charged with energy from the sun and originated from earth moon interaction* 1(1), 1-5.
- Dodge, D. (2006) *The illustrated history of wind power development*. Colorado: U.S. Federal Wind Energy Program.
- Econews (2015). ΑΠΕ: Η ανήλιαγη Φινλανδία θα ηλεκτροδοτηθεί 100% από φωτοβολταϊκά και αιολικά. Διαθέσιμο στο: <http://www.econews.gr/2015/06/11/finlandia-ape-122920/> [ημερ. πρόσβασης 26.04.2017].
- EIA (2011). History of wind energy. Available at: https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=wind_history [day access 19.04.2017].
- Encyclopedia Britannica (2013). Planet winds. Available at: <http://kids.britannica.com/elementary/art-183928/The-spinning-of-Earth-changes-the-direction-of-the-planetary> [day access 26.04.2017].
- Enevoldsen, P., Valentine, S. (2016). Do onshore and offshore wind farm development patterns differ? *Energy for Sustainable Development* 35(1), 41-51.
- EWEA (2009). *Wind energy - the facts: a guide to the technology, economics and future of wind power*. London: Earthscan.
- Fyrippis, I., Axaopoulos, P., Panayiotou, G. (2010). Wind energy potential assessment in Naxos Island, Greece. *Applied Energy* 87(2), 577–586
- Golding, E. (1976). *The generation of electricity by wind power*. New York: Halsted Press.
- Gonzalez – Rodriguez, A. (2017). Review of offshore wind farm cost components. *Energy for Sustainable Development* 37(1), 10-19.
- Grimwood, T. (2016). Subsidy overspend the result of ‘group think’ at Decc. <http://utilityweek.co.uk/news/subsidy-overspend-the-result-of-%E2%80%98group-think%E2%80%99-at-decc/1289352#.WPhVTUV96M8> [ημερ. πρόσβασης 03.04.2017].
- Herbert, G., Iniyar, S., Sreevalsan, E., Rajapandian, S. (2007). A review of wind energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11(6), 1117–1145.
- Invonio (2014). Είδη ανεμογεννητριών. Available at: <http://medilab.pme.duth.gr/invonio/turbine-types.html> [day access 26.03.2017].
- Irawan, C., Ouelhadj, D., Jones, D., Stålhane, M., Bakken, I. (2017). Optimisation of maintenance routing and scheduling for offshore wind farms. *European Journal of Operational Research* 256(1), 76-89.
- Jacobsen, H., Hevia – Koch, P., Wolter, C., (2016). Nearshore versus offshore: Comparative cost and competitive advantages. *IAEE Energy Forum, Bergen Special*, 17-19.

- Kaldellis, J., Kavadias, K. (2001). *Experimental applications in renewable energy sources*. Athens: Stamoulis.
- Kaldellis, J. (2005). Social attitude towards wind energy applications in Greece. *Energy Policy* 33(5), 595–602.
- Kaldellis, J., Apostolou, D., Kapsali, M., Kondili, E. (2016). Environmental and social footprint of offshore wind energy. Comparison with onshore counterpart. *Renewable Energy* 92(1), 543-556.
- Kaldellis, J., Zafirakis, D. (2011). The wind energy (r)evolution: A short review of a long history. *Renewable Energy* 36(7), 1887-1901.
- Katsoulis, B., Metaxas, D. (1992). The wind energy potential of western Greece. *Solar Energy* 49(6), 463-476.
- Keyhani, A., Ghasemi - Varnamkhasti, M., Khanali, M., Abbaszadeh, R. (2010). An assessment of wind energy potential as a power generation source in the capital of Iran, Tehran. *Energy* 35(1), 188–201.
- Kim, T., Park, J., Maeng, J. (2016). Offshore wind farm site selection study around Jeju Island, South Korea. *Renewable Energy* 94(1), 619-628.
- Kotroni, V., Lagouvardos, K., Lykoudis, S. (2014). High - resolution model-based wind atlas for Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30(1), 479–489.
- Lalas, D., Tselepidaki, T., Theoharatos, G. (1983). An analysis of wind power potential in Greece. *Solar Energy* 30(6), 497-505.
- Lee, A., Chen, H., Kang, H. (2009). Multi - criteria decision making on strategic selection of wind farms. *Renewable Energy* 34(1), 120–126.
- Li, H., Chen, Z. (2008). Overview of different wind generator systems and their comparisons. *IET Renewable Power Generation* 2(2), 123-138.
- Li, M., Li, X. (2005). Investigation of wind characteristics and assessment of wind energy potential for Waterloo region, Canada. *J. Energy Convers. Manag.* 46(18-19), 3014–3033.
- Li, X., Ouelhadj, D., Song, X., Jones, D., Wall, G., Howell, K., Igwe, P., Martin, S., Song, D., Pertin, D. (2016). A decision support system for strategic maintenance planning in offshore wind farms. *Renewable Energy* 99(1),784-799.
- Lindvig, K. (2010). The installation and servicing of offshore wind farms of offshore wind farms. *European Forum for Renewable Energy Sources*, 1-51.
- Lun, I., Lam, J. (2000). A study of Weibull parameters using long-term wind observations. *Renew Energ.* 20(2), 145–153.
- Mahbub, A., Rehman, S., Meyer, J., Al – Hadhrami, L. Wind speed and power characteristics at different heights for a wind data collection tower in Saudi Arabia. *World Renewable Energy Congress*, 4082-4089.
- Mostafaeipour, A, Jadidi, M., Mohammadi, K., Sedaghat, A. (2014). An analysis of wind energy potential and economic evaluation in Zahedan, Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30(1), 641–650.
- Nelson V. (2009). *Wind energy: Renewable energy and the environment*. New York: John Wiley.
- Óskarsdóttir, M. (2014). *A general description and comparison of horizontal axis wind turbines and vertical axis wind turbines*. Iceland: Faculty of Industrial

- Engineering, Mechanical Engineering and Computer Science University of Iceland, 1-117.
- Pneumatikos, J. (1991). Wind energy potential in NW Peloponnese – Greece. *Renewable Energy* 1(1), 137-139.
- Ritter, M., Shen, Z., Cabrera, B., Odening, M., Decker, L. (2015). A new approach to assess wind energy potential. *Energy Procedia* 75(1), 671 – 676.
- Sathyajith, M. (2006). *Wind energy: Fundamentals, resource analysis and economics*. Berlin: Springer.
- Shahan, Z. (2014). History of wind turbines. Available at: <http://www.renewableenergyworld.com/ugc/articles/2014/11/history-of-wind-turbines.html> [day access 25.04.2017].
- Shata, A., Hanitsch, R. (2008). Electricity generation and wind potential assessment at Hurghada, Egypt. *Renewable Energy* 33(1), 141–148.
- Sorensen, B. (1995). History of, and recent progress in, wind-energy utilization. *Annual Review of Energy and the Environment* 20(1), 387-424.
- Tchinda, R., Kaptoum, E. (2003). Wind energy in Adamaoua and North Cameroon provinces. *Energy Convers. Manag.* 44(6), 845–857.
- Toja - Silva, F., Peralta, C., Lopez - Garcia, O., Navarro, J., Cruz, I. (2015). Roof region dependent wind potential assessment with different RANS turbulence models. *Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 142(1), 258–271.
- Ulgen, K., Hepbasli, A. (2002). Determination of Weibull parameters for wind energy analysis of Izmir, Turkey. *Int. J. Energy Res.* 26(6), 494–506.
- Vogiatzis, N., Kotti, K., Spanomitsios, S., Stoukides, M. (2004). Analysis of wind potential and characteristics in North Aegean, Greece. *Renew Energy* 29(7), 1193–1208.
- Vogiatzis, N., Kotti, K., Spanomitsios, S., Stoukides, M. (2004). Analysis of wind potential and characteristics in North Aegean, Greece. *Renewable Energy* 29(7), 1193–1208.
- Vorvlo, A. (2002). Estimating wind speed distribution. *Energy Conversion and Management* 43(17), 2311–2318.
- Waewsak, J., Chaichana, T., Chancham, C., Landry, M., Gagnon, Y. (2014). Micro - siting wind resource assessment and near shore wind farm analysis in Pakpanang District, Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. *Energy Procedia* 52(1), 204-215.
- Weisser, D. (2003). A wind energy analysis of Grenada: an estimation using the Weibull density function. *Renew Energ.* 28(11):1803–1812.
- Wilson, J., Elliott, M., Cutts, N., Mander, L., Mendão, V., Perez – Dominguez, R., Phelps, A. (2010). Coastal and offshore wind energy generation: is it environmentally benign? *Energies* 3(7), 1383-1422.

- Αγορής, Δ., Μπούκης, Ι., Καρκάνας, Γ. (2002). Εισήγηση στο Προσυνέδριο Κοζάνης του Παγκοσμίου συνεδρίου «Ενέργεια 2002». Κοζάνη, 21-23.04.2002.
- Αληφραγκής, Ι. (2016). Οι ανεμογεννήτριες. Διαθέσιμο στο: http://ilektroaytomatismoi.blogspot.gr/2016/05/blog-post_31.html [ημερ. πρόσβασης 02.04.2017].
- Γιαννόπουλος, Γ. (2006). Δωδεκάνησος, η γένεση ενός ονόματος και η αντιμετώπισή του από τους Ιταλούς». Έϋα και Έσπέρια 6(1), 275–296.
- ΕΛΕΤΑΕΝ (2016). Στατιστική της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα για το έτος 2016. Διαθέσιμο στο: <http://eletaen.gr/greek-wind-energy-stats-2016/> [ημερ. πρόσβασης 16.04.2017].
- Καλδέλλης, Γ. (1999). Διαχείριση της αιολικής ενέργειας. Αθήνα: Σταμούλης.
- Καλδέλλης, Ι. (2005). Διαχείριση της αιολικής ενέργεια. Αθήνα: Σταμούλης.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) (2001). Οδηγός τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής. Αθήνα: Πρόγραμμα Leonardo Da Vinci.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε) (2005). Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Αθήνα: Κ.Α.Π.Ε..
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε) (2006). Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας: Για δυνητικούς χρήστες. Αθήνα: Κ.Α.Π.Ε..
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) (2009). Ανεμογεννήτριες. Available at: http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm [day access 29.03.2017].
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) (2010). Αιολική ενέργεια. Διαθέσιμο στο: http://enermed.cres.gr/EL/Res_Technologies_EL [ημερ. πρόσβασης 22.04.2017].
- Μαϊόπουλος, Ρ. (2002). Ο ηλεκτρικός τομέας της Ελλάδος μετά την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Εισήγηση στο Προσυνέδριο Κοζάνης του Παγκοσμίου συνεδρίου «Ενέργεια 2002». Κοζάνη, 21-23.04.2002
- Μπέτζιος, Γ. (2002). Ανάπτυξη και εφαρμογή Συστημάτων ΑΠΕ στα αυτόνομα δίκτυα. Εισήγηση στο Προσυνέδριο Ευβοίας του Παγκοσμίου συνεδρίου «Ενέργεια 2002. Χαλκίδα 18-20.04.2002
- Παπαδόπουλος, Μ. (2002). Οι πολιτικοί όροι αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας. Παρέμβαση στο Προσυνέδριο Ευβοίας του Παγκοσμίου συνεδρίου «Ενέργεια 2002». Χαλκίδα, 21-23.04.2002
- Τάσιος, Θ. (2003). Αιολική ενέργεια και εωλική αντενέργεια. Διαθέσιμο στο: <http://www.tovima.gr/opinions/article/?aid=150185>, Εφημερίδα ΤΟ ΒΗΜΑ, [ημερ. πρόσβασης 08.04.2017].
- Τσαουσάνιδης, Ν. (2012). Επεξεργασία & αξιολόγηση αιολικού δυναμικού. ΤΕΙ Δ. Μακεδονίας, Εργαστήριο ήπιων μορφών ενέργειας, 1-15.
- Τσιπουριδής, Ι. (2003). Μια πρωτιά που αξίζει εγκαινίων. Ανεμολόγια, 20(1), 12-13.
- Χαραλαμπίδης, Δ. (2004). Αιολική ενέργεια. Σημειώσεις Πανεπιστήμιου Αιγαίου.