



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

## **Διπλωματική Εργασία**

**Έρευνα αγοράς μικρών Α/Γ και μελέτη προσαρμογής τους σε υφιστάμενα υβριδικά συστήματα**



**Φοιτητής: ΚΑΒΒΟΥΡΑΣ Ν. ΘΕΟΔΩΡΟΣ**

**ΑΜ: 503262017047**

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**ΒΟΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**(Καθηγητής)**

**ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ, 2024**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**  
**FACULTY OF ENGINEERING**  
**DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING**

## **Diploma Thesis**

### **Market research of small wind turbines and study of their adaptation to existing hybrid systems**



**Student: KAVVOURAS N. THEODOROS**  
**Registration Number: 503262017047**

**Supervisor**

**VOKAS GEORGIOS**  
**(Supervisor)**

**ATHENS-EGALEO, FEBRUARY, 2024**

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Βόκας Γεώργιος (Καθηγητής)	Καμινάρης Στάυρος (Καθηγητής)	Ιωαννίδης Γεώργιος (Καθηγητής)

**Copyright ©** Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και (ΚΑΒΒΟΥΡΑ ΘΕΟΔΩΡΟΥ),  
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ, 2024**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

#### **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Κάββουρας Θεόδωρος του Νικολάου , με αριθμό μητρώου 503262017047 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

**δηλώνω υπεύθυνα ότι:**

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος καθηγητή.»

Ο Δηλών  
ΚΑΒΒΟΥΡΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Βόκα Γεώργιο για την καθοδήγηση και την βοήθεια στο σύνολο της προετοιμασίας και διεκπεραίωσης της διπλωματική μου εργασίας.

Επίσης ευχαριστώ θερμά όλους τους διδάσκοντες καθηγητές μου του Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, για τις γνώσεις που μου παρείχαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Τέλος, οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την αγάπη και την αμέριστη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια.

## Περίληψη

Στις μέρες μας οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν μπει δυναμικά στην ζωή μας, η ενασχόληση μας με αυτές και συγκεκριμένα με την αιολική ενέργεια, είναι η ανάγκη για καθαρότερους τρόπους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, λιγότερο επιβαρυντικούς για το περιβάλλον και την υγεία των ανθρώπων.

Η παρούσα διπλωματική διατριβή με θέμα «Έρευνα αγοράς μικρών Α/Γ και μελέτη προσαρμογής τους σε υφιστάμενα υβριδικά συστήματα» η οποία διαπραγματεύεται την μελέτη υβριδικών συστημάτων, τα οποία μπορούν να περιλαμβάνουν συνδυασμό τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), προτείνοντας μεθοδολογίες που σχετίζονται με την οικονομική αξιολόγηση και τη βέλτιστη σχεδίαση της δομής τους. Επιπλέον, το υβριδικό σύστημα θα εμπεριέχει μονάδες αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Παρουσιάζονται επίσης τα χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών και αναλύεται η απόδοσή τους. Επίσης, γίνεται αναφορά στην οικονομοτεχνική ανάλυση ενός τέτοιου έργου ώστε να γίνει έλεγχος για την οικονομική βιωσιμότητα του. Επίσης, παρουσιάζεται η μεθοδολογία ανάλυσης και αξιολόγησης των υβριδικών συστημάτων σε σύγκριση του κόστους παραγωγής ενέργειας από μία συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με συμβατικό καύσιμο με στόχο την επιλογή μιας συμφέρουσας λύσης καθώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται ως η βέλτιστη λύση με στόχο την μείωση των συμβατικών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας. Πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση των παραπάνω επιλογών.

Έγινε χρήση του προγράμματος HOMER όπου αναλύθηκε το υφιστάμενο υβριδικό σύστημα καθώς και μελετήθηκαν επιπλέον σενάρια για την βελτιστοποίηση του συστήματος με την προσθήκη ανεμογεννήτριας

Η άντληση των μετεωρολογικών συνθηκών για την προσομοίωση του υβριδικού συστήματος γίνεται με χρήση του λογισμικού RETScreen

## Λέξεις – κλειδιά

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, υβριδικό σύστημα, ανεμογεννήτρια καθέτου άξονα, φωτοβολταϊκό σύστημα, αποθήκευση ενέργειας.

## **Abstract**

Nowadays, renewable energy sources have entered our lives dynamically, our concern with them and specifically with wind energy, is the need for cleaner ways of producing electricity, less burdensome for the environment and people's health.

The present diploma thesis on "Small A/C market research and study of their adaptation to existing hybrid systems" which deals with the study of hybrid systems, which can include a combination of renewable energy sources (RES) technologies, proposing methodologies related to economic evaluation and the optimal design of their structure. In addition, the hybrid system will include electrical energy storage units. The characteristics of the wind turbines are also presented and their performance is analyzed. In addition, the hybrid system will include electrical energy storage units. The characteristics of the wind turbines are also presented and their performance is analyzed. Also, reference is made to the economic and technical analysis of such a project in order to check its economic viability. Also, the analysis and evaluation methodology of hybrid systems is presented in comparison of the cost of energy production from a conventional electricity production unit with conventional fuel with the aim of choosing the most advantageous solution as renewable energy sources are considered as the optimal solution with the aim of reducing conventional fuels for energy production. Then, a comparative evaluation of the above options is carried out.

The HOMER program was used where the existing hybrid system was analyzed as well as additional scenarios were studied to optimize the system with the addition of a wind turbine. The extraction of meteorological conditions for the simulation of the hybrid system is done using RETScreen software.

## **Keywords**

Renewable energy sources, hybrid system, vertical axis wind turbine, photovoltaic system, energy storage.

## Περιεχόμενα

<b>Κατάλογος Πινάκων.....</b>	<b>10</b>
<b>Κατάλογος Εικόνων .....</b>	<b>10</b>
<b>Αλφαβητικό Ευρετήριο.....</b>	<b>12</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>13</b>
<b>Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.....</b>	<b>13</b>
<b>Σκοπός και στόχοι .....</b>	<b>13</b>
<b>Μεθοδολογία.....</b>	<b>13</b>
<b>Καινοτομία .....</b>	<b>13</b>
<b>Δομή .....</b>	<b>13</b>
<b>1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : Γενικά για την Αιολική Ενέργεια.....</b>	<b>15</b>
1.1 Αιολική ενέργεια.....	15
1.2 Ιστορική αναδρομή .....	15
1.3 Γενικά για τις Ανεμογεννήτριες .....	17
1.4 Λειτουργία ανεμογεννήτριας .....	17
1.5 Τύποι Ανεμογεννητριών .....	18
1.5.1 Ανεμογεννήτριες Οριζώντιου Άξονα .....	18
1.5.2 Ανεμογεννήτριες Κατακόρυφου Άξονα.....	19
1.6 Χαρακτηριστικά Ανεμογεννητριών .....	20
1.7 Τύποι Γεννητριών.....	21
1.8 Παραγωγή Ενέργειας .....	22
1.9 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ .....	22
1.9.1 Ταχύτητα και Ενέργεια του Ανέμου .....	23
<b>2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΘΕΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Α/Γ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ .....</b>	<b>24</b>
2.1 Προϋποθέσεις εγκατάστασης Α/Γ μικρής ισχύος .....	24
2.2 Βασικά βήματα επιλογής τοποθεσίας.....	24
2.3 Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή τοποθεσίας.....	25
2.3.1 Οικονομική αξία.....	25
2.3.2 Περιβαλλοντικές επιδράσεις .....	25
2.3.3 Μετεωρολογικά προβλήματα .....	25
2.3.4 Αιωρούμενα υλικά.....	26
2.3.5 Τοπογραφικό ανάγλυφο περιοχής .....	26
2.3.6 Διάταξη τοποθέτησης ανεμογεννητριών .....	26
2.3.7 Αποδοχή αιολικών μηχανών από το κοινό.....	27
2.3.8 Ροδόγραμμα .....	27
<b>3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : Εγκατάσταση Α/Γ μικρής ισχύος στον Ελλαδικό χώρο.....</b>	<b>29</b>
3.1 Τρόποι σύνδεσης ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος.....	29
3.2 Συστήματα Ανεμογεννητριών .....	30
3.3 Βασικές προϋποθέσεις για την εγκατάσταση αιολικού συστήματος με Α/Γ .....	30
3.3.1 Επιλογή της θέσης εγκατάστασης της Α/Γ .....	30
3.3.2 Το αιολικό δυναμικό.....	31
3.3.3 Global Wind Atlas .....	32
<b>4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : Άλλα μοντέλα ανεμογεννητριών.....</b>	<b>34</b>
4.1 Air-Sun.....	34
4.2 Aeromine.....	36
4.3 ENLIL.....	38



4.4	Flower Turbines .....	39
4.4.1	Wind Tree .....	40
4.5	Power Flowers .....	42
4.6	Υβριδικά Συστήματα Οδικού Φωτισμού .....	43
5	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : Μελέτη εγκατάστασης ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος.....</b>	<b>44</b>
5.1	Διάταξη ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος .....	45
5.2	Σύνδεση ανεμογεννήτριας και αποθήκευση ενέργειας στους συσσωρευτές.....	46
5.3	Μετατροπέας DC - AC (Inverter) .....	48
5.4	Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος.....	48
5.5	Αντικεραυνική προστασία.....	49
6	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : Εισαγωγή μελέτης .....</b>	<b>51</b>
6.1	Αιολικό δυναμικό Αγίου Όρους .....	51
6.2	Υφιστάμενο υβριδικό σύστημα .....	52
6.3	Επιλογή ανεμογεννήτριας μικρή ισχύος .....	53
6.3.1	Aeolos - V 10 kW .....	54
6.3.2	Aeolos - V 5 kW .....	55
6.3.3	Quietrevolution qr6 .....	57
6.3.4	WindCarrier 10kW .....	59
6.4	Έργα υποδομής.....	60
6.5	Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος.....	60
6.6	Σύνδεση ανεμογεννήτριας στο υπάρχον υβριδικό σύστημα.....	61
6.7	<b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ .....</b>	<b>62</b>
6.8	Ρυθμιστής Φόρτισης .....	62
7	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup> : ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ Α/Γ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ .....</b>	<b>64</b>
7.1	Στάδια οικονομοτεχνικής μελέτης .....	64
7.2	Κόστος Α/Γ μικρής ισχύος.....	65
7.2.1	Κόστος αγοράς ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος .....	66
7.2.2	Κόστος γης και υποδομής για εγκατάσταση ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος.....	67
7.2.3	Συμβατικοί ενεργειακοί σταθμοί και κόστος παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας .....	67
7.2.4	Κόστος συντήρησης .....	68
7.2.5	Διάρκεια ζωής ανεμογεννήτριας.....	69
7.3	Απόσβεση εγκατάστασης ανεμογεννήτριας.....	69
8	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup> : HOMER.....</b>	<b>70</b>
8.1	Παράμετροι συστήματος στο Homer .....	70
8.2	1 <sup>ο</sup> Σενάριο προσομοίωσης.....	75
8.3	2 <sup>ο</sup> Σενάριο προσομοίωσης.....	80
8.4	3 <sup>ο</sup> Σενάριο προσομοίωσης.....	85
8.5	4 <sup>ο</sup> Σενάριο προσομοίωσης.....	90
9	<b>ΣΥΝΟΨΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ.....</b>	<b>96</b>
10	<b>Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές .....</b>	<b>99</b>

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1 Χαρακτηρισμός αιολικού δυναμικού με βάση την ταχύτητα του ανέμου ....	[29]
Πίνακας 6.1 Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε μια Α/Γ.....	[60]
Πίνακας 6.2 Διατομή καλωδίων.....	[62]
Πίνακας 6.3 Χρωματική διάταξη καλωδίων.....	[62]
Πίνακας 7.1 Κόστος αγοράς μικρής Α/Γ.....	[66]
Πίνακας 7.2 Λοιπά έξοδα.....	[67]
Πίνακας 7.3 Κόστος παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργεια.....	[68]
Πίνακας 7.4 Πίνακας χρόνου απόσβεσης τις εγκατάστασης.....	[69]
Πίνακας 8.1 Στοιχεία που εισάχθηκαν στο πρόγραμμα HOMER.....	[71]
Πίνακας 8.2 Δεδομένα μονάδων από πρόγραμμα.....	[75]
Πίνακας 8.3 Δεδομένα 1 <sup>ο</sup> σεναρίου .....	[75]
Πίνακας 8.4 Δεδομένα 2 <sup>ο</sup> σεναρίου.....	[80]
Πίνακας 8.4 Δεδομένα 3 <sup>ο</sup> σεναρίου.....	[85]
Πίνακας 8.5 Δεδομένα 4 <sup>ο</sup> σεναρίου.....	[90]

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 : Ανεμόμυλος Μεσαίωνα .....	[15]
Εικόνα 1.2 : Ανεμογεννήτρια Brush.....	[16]
Εικόνα 1.3 : Ανεμογεννήτρια Gedser.....	[16]
Εικόνα 1.4 : Οριζοντίου άξονά.....	[17]
Εικόνα 1.5 : Κάθετου άξονά.....	[17]
Εικόνα 1.6 : μέρη μιας Α/Γ.....	[18]
Εικόνα 1.7 : Α/Γ οριζόντιου άξονα.....	[18]
Εικόνα 1.8 : Α/Γ κάθετου άξονα Darrieus.....	[19]
Εικόνα 1.9 : Α/Γ κάθετου άξονα Savonius.....	[19]
Εικόνα 1.10 : Καμπύλη Ισχύος Ανεμογεννήτριας.....	[20]
Εικόνα 1.11 : Ροδόγραμμα .....	[27]
Εικόνα 4.1 : Μοντέλο air turbine που τοποθετήθηκε στην πλατεία των Ιωαννίνων.....	[37]
Εικόνα 4.2 : Μοντέλο Aeromine.....	[37]
Εικόνα 4.3 : Σχεδιασμός μονάδας Aeromine.....	[37]
Εικόνα 4.4 : Σημείο εφαρμογής μονάδας Enlil.....	[38]
Εικόνα 4.5 : Σημείο εφαρμογής 2 <sup>ο</sup> μοντέλου μονάδας Enlil.....	[39]
Εικόνα 4.6 : Μοντέλο Flower Turbine.....	[39]
Εικόνα 4.7 : Μοντέλο Wind Tree.....	[40]
Εικόνα 4.8 : Μοντέλο Wind Tree με φωτοβολταϊκά πέταλα.....	[41]
Εικόνα 4.9 : Μοντέλο Power Flowers.....	[42]
Εικόνα 4.10 : Υβριδικό σύστημα οδικού φωτισμού.....	[43]
Εικόνα 5.1 : Σχέδιο υβριδικού συστήματος.....	[44]
Εικόνα 5.2 : Διάταξη εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας και διαδικασία μετατροπής Ενέργειας σε άλλες μορφές.....	[45]
Εικόνα 5.3 : Σύνδεση ανεμογεννήτριας σε DC ζυγό απευθείας σε συσσωρευτές.....	[47]
Εικόνα 5.4 : Υπολογισμός ύψους εγκατάστασης ανεμογεννήτριας.....	[49]
Εικόνα 6.1 : Αιολικό δυναμικό Αγίου Όρους.....	[51]
Εικόνα 6.2 : Ταχύτητα του ανέμου της περιοχής.....	[52]

Εικόνα 6.3 : Φωτογραφία από Φ/Β πάρκο.....	[53]
Εικόνα 6.4 : Μοντέλο Aeolos V 10kW.....	[54]
Εικόνα 6.5 : Γραφική παράσταση Aeolos 10kW.....	[54]
Εικόνα 6.6 : Μέση τιμή της ετήσιας παραγωγής ενέργειας.....	[55]
Εικόνα 6.7 : Μοντέλο Aeolos V 5kW .....	[56]
Εικόνα 6.8 : Γραφική παράσταση Aeolos 5kW.....	[56]
Εικόνα 6.9: Μέση τιμή της ετήσιας παραγωγής ενέργειας.....	[57]
Εικόνα 6.10 : Μοντέλο quietrevolution qr6 .....	[57]
Εικόνα 6.11: Γραφική παράσταση της ανεμογεννήτριας Qr 6.....	[58]
Εικόνα 6.12 : Ετήσια παραγωγή ενέργειας της ανεμογεννήτριας Qr 6.....	[58]
Εικόνα 6.13: Μοντέλο WindCarrier 10 kWatt.....	[59]
Εικόνα 6.14 :Ετήσια παραγωγή ενέργειας της ανεμογεννήτριας WindCarrire.....	[59]
Εικόνα 6.15 : Τρόποι στήριξης ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος.....	[61]
Εικόνα 6.16 : Σχέδιο υβριδικού συστήματος.....	[61]
Εικόνα 6.17 : PLC Controller With Touch Screen.....	[63]
Εικόνα 8.1 : Υβριδικό σύστημα.....	[70]
Εικόνα 8.2 : Ενεργειακό προφίλ οικισμού.....	[71]
Εικόνα 8.3 : Δεδομένα Φ/Β συστήματος.....	[72]
Εικόνα 8.4 : Πληροφορίες για την ανεμογεννήτρια.....	[72]
Εικόνα 8.5 : Πληροφορίες για την ντιζελογεννήτρια.....	[73]
Εικόνα 8.6 : Πληροφορίες για τον μετατροπέα.....	[73]
Εικόνα 8.7 : Πληροφορίες για τις μπαταρίες.....	[74]
Εικόνα 8.8 : Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	[74]
Εικόνα 8.9 : Αποτελέσματα 1 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[76]
Εικόνα 8.10 : Αποτελέσματα 1 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[76]
Εικόνα 8.11 : Αποτελέσματα 1 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[77]
Εικόνα 8.12 : Αποτελέσματα 1 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[78]
Εικόνα 8.13 : Αποτελέσματα 1 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[78]
Εικόνα 8.14 : Αποτελέσματα 1 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[79]
Εικόνα 8.15 : Αποτελέσματα 1 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[79]
Εικόνα 8.16 : Αποτελέσματα 1 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[80]
Εικόνα 8.17 : Αποτελέσματα 1 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[80]
Εικόνα 8.18 : Αποτελέσματα 2 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[81]
Εικόνα 8.19 : Αποτελέσματα 2 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[81]
Εικόνα 8.20 : Αποτελέσματα 2 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[82]
Εικόνα 8.21 : Αποτελέσματα 2 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[82]
Εικόνα 8.22 : Αποτελέσματα 2 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[83]
Εικόνα 8.23 : Αποτελέσματα 2 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[83]
Εικόνα 8.24 : Αποτελέσματα 2 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[84]
Εικόνα 8.25 : Αποτελέσματα 2 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[84]
Εικόνα 8.26 : Αποτελέσματα 3 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[85]
Εικόνα 8.27 : Αποτελέσματα 3 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[86]
Εικόνα 8.28 : Αποτελέσματα 3 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[86]
Εικόνα 8.29 : Αποτελέσματα 3 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[87]
Εικόνα 8.30 : Αποτελέσματα 3 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[87]
Εικόνα 8.31 : Αποτελέσματα 3 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[88]
Εικόνα 8.32 : Αποτελέσματα 3 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[88]
Εικόνα 8.33 : Αποτελέσματα 3 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[89]
Εικόνα 8.34 : Αποτελέσματα 3 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[89]

Εικόνα 8.35 : Αποτελέσματα 3 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[90]
Εικόνα 8.36 : Αποτελέσματα 4 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[91]
Εικόνα 8.37 : Αποτελέσματα 4 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[91]
Εικόνα 8.38 : Αποτελέσματα 4 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[92]
Εικόνα 8.39 : Αποτελέσματα 4 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[93]
Εικόνα 8.40 : Αποτελέσματα 4 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[93]
Εικόνα 8.41 : Αποτελέσματα 4 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[94]
Εικόνα 8.42 : Αποτελέσματα 4 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[94]
Εικόνα 8.43 : Αποτελέσματα 4 <sup>ης</sup> προσομοίωσης.....	[95]

## Αλφαβητικό Ευρετήριο

APA: American Psychological Association

IEEE: The Institute for Electrical and Electronics Engineers

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα υλοποιηθεί μελέτη για την εγκατάσταση ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών μιας Ιερής Μονής η οποία βρίσκεται στο Άγιος Όρος μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και την μείωση των μονάδων ηλεκτροπαραγωγικών ζευγών . Η μελέτη υλοποιείται δεδομένου ότι δεν υπάρχει σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο καθώς και ότι υπάρχει υπάρχον υβριδικό σύστημα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της Μονής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς και την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας.

### **Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας**

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι η μελέτη και η ανάπτυξη ενός Project για την προσθήκη μιας ή και περισσότερων ανεμογεννητριών καθέτου άξονα σε ένα υφιστάμενο υβριδικό σύστημα

### **Σκοπός και στόχοι**

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η απομάκρυνση των στοιχείων συμβατικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε υφιστάμενο υβριδικό σύστημα με την μελέτη προσθήκης ανεμογεννητριών ώστε να αντικατασταθεί η παραγόμενη ενέργεια των συμβατικών μονάδων.

### **Μεθοδολογία**

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η εξής: Αρχικά έγινε μια μελέτη έτσι ώστε να δούμε το αιολικό δυναμικό της περιοχής ώστε να αποφανθεί ποιο μοντέλο ανεμογεννήτριας θα χρησιμοποιηθεί. Έπειτα έγινε μια ερευνά αγοράς έτσι ώστε να παρατηρηθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών ώστε να παρατηρηθεί η παραγωγική τους λειτουργία. Στη συνέχεια με την βοήθεια του προγράμματος HOMER έγινε προσομοίωση με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υφιστάμενου υβριδικού συστήματος και εν συνέχεια έγινε η ανάλυση του. Έπειτα αναλυθήκαν και αλλά τρία σενάρια με την προσθήκη μιας ανεμογεννήτριας όπου αναλυθήκαν και αυτά με σκοπό να γίνει η σύγκριση όλων των σεναρίων μαζί για να αποφανθεί η βιωσιμότητα της εγκατάστασης.

### **Καινοτομία**

Ο πιο διαδεδομένος τύπου επιλογή ανεμογεννήτριας είναι του οριζοντίου άξονα, όμως μέσα από την από την παρούσα διπλωματική αναλύθηκε η επιλογή καθέτου άξονα σε ένα καινούριο project με σκοπό την επέκταση ενός υφιστάμενου υβριδικού συστήματος.

### **Δομή**

Δομή της διπλωματικής εργασίας είναι η ακόλουθη:

Κεφάλαιο 1. Έγινε μια αναφορά γενικά για την αιολική ενέργεια καθώς έγινε ιστορική ανάδρομη στην ιστορία των αιολικών μηχανών και στην εξέλιξη τους.

Κεφάλαιο 2. Έγινε ανάλυση της επιλογής για την εγκατάσταση μια αιολικής μηχανής καθώς και των παραμέτρων όπου την επηρεάζουν.

Κεφάλαιο 3. Αναλυθήκαν οι τρόποι σύνδεσης μιας ανεμογεννήτριας και οι βασικές προϋπότητες για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας.

Κεφάλαιο 4. Παρουσιάστηκαν μερικές καινοτόμες εφαρμογές ανεμογεννητριών καθέτου άξονα .

Κεφάλαιο 5. Έγινε αναφορά στην μελέτη εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας καθώς και με τον τρόπο σύνδεση της σε ένα σύστημα.

Κεφάλαιο 6. Γίνεται η μελέτη της εγκατάστασης, παρουσιάζεται το αιολικό δυναμικό της περιοχής καθώς και του υφιστάμενου υβριδικού συστήματος, έπειτα γίνεται σύγκριση μερικών μοντέλων ανεμογεννητριών ώστε να αποφανθεί η καταλληλότερη καθώς επίσης και οι λοιπές εργασίες όπου θα χρειαστούν.

Κεφάλαιο 7. Γίνεται η οικονομοτεχνική μελέτη έτσι ώστε να αναλυθεί η βιωσιμότητα της επέκτασης του υφιστάμενου συστήματος.

Κεφάλαιο 8. Γίνεται χρήση του προγράμματος προσομοίωσης HOMER καθώς γίνεται και η ανάλυση ορισμένων σεναρίων με σκοπό την σύγκρισή τους.

## 1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : Γενικά για την Αιολική Ενέργεια

### 1.1 Αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία παράγεται μέσω της ροπή του ανέμου. Η ενέργεια αυτή είναι ήπιας ενέργειας η οποία τοποθετείται στις πράσινες πηγές καθώς εντάσσεται στις πηγές καθώς δεν προκαλούνται ρύποι κατά την παραγωγή ενέργειας. Είναι λοιπόν η ενέργεια που δημιουργείτε από αέριες μάζες της ατμόσφαιρας.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια αποτελεσματική λύση στο ζήτημα της ηλεκτροπαραγωγής καθώς η ενέργεια είναι δωρεάν και αφθονεί. Οι άνεμοι οι οποίοι προέρχονται από την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην γη καθώς και από τις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης που υπάρχουν σε κάθε περιοχή. Ο θερμός αέρας έχει την ικανότητα να παρουσιάζει ανοδική κίνηση καθώς διαστέλλεται και κατά συνέπεια να μειώνεται το βάρος και η πυκνότητάς του.

Σήμερα χρησιμοποιούμε τις ανεμογεννήτριες για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας,. Με αυτές τις συσκευές, μετατρέπεται ηλεκτρική ενέργεια από την κινητική ενέργεια του ανέμου. Η αιολική ενέργεια αυτή αξιοποιείται όλο και περισσότερο στις μέρες μας, ιδίως σε περιοχές με συχνούς και ισχυρούς ανέμους.

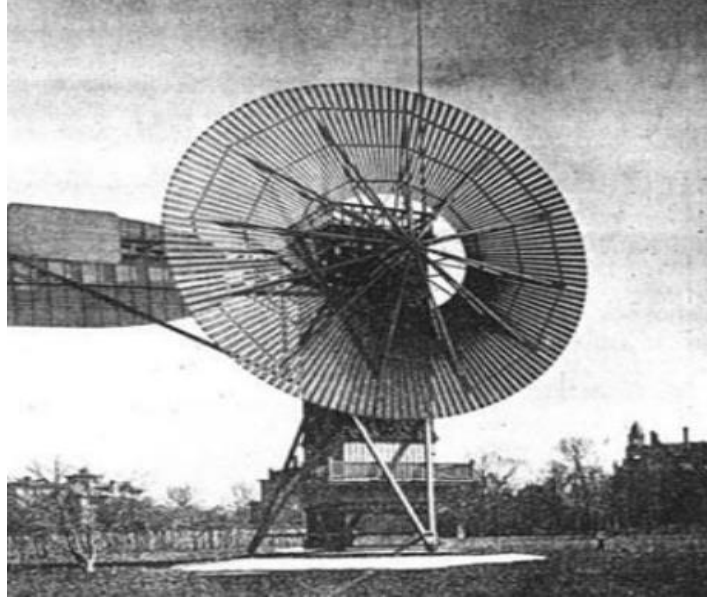
### 1.2 Ιστορική αναδρομή

Ο άνθρωπος από το παρελθόν θέλησε να αξιοποιήσει τα στοιχεία της φύσης προς όφελός του προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες του. Ένα από αυτά ήταν ο άνεμος οπότε ο άνθρωπος τον χρησιμοποίησε μέσα από κατασκευές για να βελτιώσει τον τρόπο ζωής του, με την ιστιοφορία αλλά και με τους ανεμόμυλους για την άντληση υδάτων και την άλεση δημητριακών και την άντληση υδάτων και κατάφερε να κάνει την καθημερινότητα του αρκετά γρήγορη και ξεκούραστη. Ο άνθρωπος αξιοποίησε την δύναμη του ανέμου προτού ανακαλύψει τις αιτίες που τον δημιουργούν και προτού ακόμα κατανοήσει την έννοια της ενέργειας όπως την ξέρουμε σήμερα.



Εικόνα 1.1: Ανεμόμυλος Μεσαίωνα

Η πρόοδος και η εξέλιξη των ανεμόμυλων αποτέλεσαν τις σημερινές εξελιγμένες ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται ευρέως για την προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρώτη ανεμογεννήτρια δημιουργήθηκε και υλοποιήθηκε τον Ιούλιο του 1887 από τον ακαδημαϊκό James Blyth. Η ανεμογεννήτρια που κατασκευάστηκε είχε ισχύ 12kW.



Εικόνα 1.2: Ανεμογεννήτρια Brush

Με την πετρελαϊκή κρίση που δημιουργήθηκε το 1973 στις Αραβικές χώρες αποτέλεσε αφορμή για την περαιτέρω ανάπτυξη των ανεμογεννητριών. Οι επιστήμονες στράφηκαν στην έρευνα και την εξέλιξη των ανεμογεννητριών. Το 1957 στην Δανία, ο Gedser ανέπτυξε μια ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος 200kW και διάμετρο ρότορα 24 m.



Εικόνα 1.3: Ανεμογεννήτρια Gedser

Στη συνέχεια, η εφαρμογή ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας άρχισε να επεκτείνεται, ιδίως σε αγροκτήματα στην Αμερική που δεν είχαν πρόσβαση στο ηλεκτρικό



δίκτυο. Από τότε, η πρόοδος ήταν εντυπωσιακή, με την κατασκευή ανεμογεννητριών που παράγουν ενέργεια σε επίπεδο MW. Σήμερα, υπάρχουν διάφοροι τύποι ανεμογεννητριών που σχεδιάζονται και χρησιμοποιούνται για διάφορες εφαρμογές, παρόμοια με την προσέγγιση που ακολουθείται και για άλλες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας.



Εικόνα 1.4: Οριζοντίου άξονα



Εικόνα 1.5: Κάθετου άξονα

### 1.3 Γενικά για τις Ανεμογεννήτριες

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες ανεμογεννητριών και κατατάσσονται σε :

- Οριζοντίου άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα όπου περιστρέφεται. Καθώς είναι παράλληλος με το έδαφος και την κατεύθυνση του ανέμου.
- Κατακόρυφου άξονα, όπου μένει σταθερός καθώς επίσης είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους στον οποίο τοποθετούνται περιστρεφόμενα πτερύγια.

Η αποδοτικότητα μιας ανεμογεννήτριας επηρεάζεται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου. Αύξηση του ύψους του πύργου, σε συνδυασμό με την υπόθεση ότι ο αέρας κινείται με μεγαλύτερες ταχύτητες σε υψηλότερα επίπεδα, βελτιώνει την απόδοση. Οι ανεμογεννήτριες με πτερύγια που είναι πολύ συμπαγή (μεγάλο ή φαρδύ προφίλ) εκκινούν τη λειτουργία τους σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου, αλλά απενεργοποιούνται όταν οι ταχύτητες είναι υψηλές. Ο μέσος χρόνος ζωής τους φτάνει τα 20-25 έτη, καλύπτοντας περισσότερες από 120.000 ώρες λειτουργίας.

### 1.4 Λειτουργία ανεμογεννήτριας

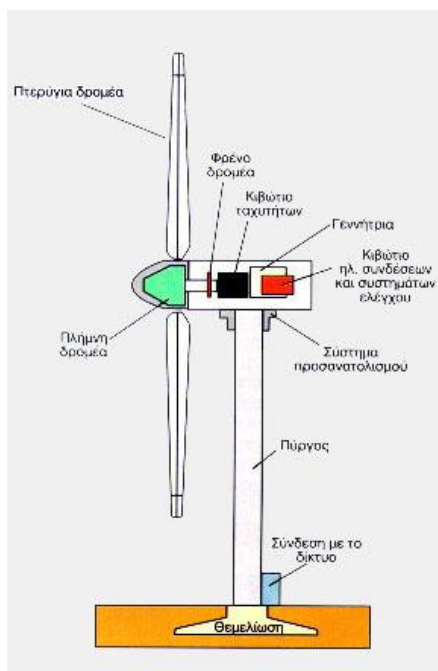
Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας είναι όταν ο αέρας «χτυπήσει» τα πτερύγια της όπου είναι συνδεδεμένα σε έναν περιστρεφόμενο άξονα τον ρότορα, ο οποίος αρχίζει να περιστρέφεται. Ο ρότορας ο οποίος συνδέεται με ένα κιβώτιο ταχυτήτων όπου μετατρέπει την περιστροφή του δρομέα από χαμηλή ταχύτητα σε υψηλή ταχύτητα. Ο άξονας υψηλής ταχύτητας από το κιβώτιο ταχυτήτων είναι συνδεδεμένος με τον ρότορα της γεννήτριας και επομένως η ηλεκτρική γεννήτρια λειτουργεί με μεγαλύτερη ταχύτητα. Ένας διεγέρτης είναι απαραίτητος για να δώσει

την απαιτούμενη διέγερση στο μαγνητικό πηνίο του συστήματος πεδίου γεννήτριας έτσι ώστε να μπορεί να παράγει την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγόμενη τάση στους ακροδέκτες εξόδου του εναλλάκτη είναι ανάλογη προς την ταχύτητα και την ροή πεδίου του εναλλάκτη. Η ταχύτητα ρυθμίζεται από την αιολική ενέργεια που είναι εκτός ελέγχου. Συνεπώς, για να διατηρηθεί η ομοιομορφία της ισχύος εξόδου από τον εναλλάκτη, η διέγερση πρέπει να ελέγχεται σύμφωνα με τη διαθεσιμότητα φυσικής αιολικής ενέργειας. Το ρεύμα του διεγέρτη ελέγχεται με έναν ελεγκτή στροβίλου ο οποίος ανιχνεύει την ταχύτητα του ανέμου. Στη συνέχεια, η τάση εξόδου της ηλεκτρικής γεννήτριας (εναλλάκτης) δίνεται σε έναν ανορθωτή όπου η έξοδος του εναλλάκτη διορθώνεται στο DC. Στη συνέχεια, αυτή η διορθωμένη έξοδος DC δίνεται στη μονάδα μετατροπεία γραμμής για να την μετατρέψει σε σταθεροποιημένη έξοδο εναλλασσόμενου ρεύματος, η οποία τελικά τροφοδοτείται είτε σε ηλεκτρικό δίκτυο μεταφοράς είτε σε δίκτυο μετάδοσης με τη βοήθεια μετασχηματιστή βαθμίδων.

## 1.5 Τύποι Ανεμογεννητριών

### 1.5.1 Ανεμογεννήτριες Οριζόντιου Άξονα

Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε δύο τύπους τους βάση τον προσανατολισμό του άξονά περιστροφής τους σε κάθετο ή οριζόντιου άξονα. Ο πιο διαδεδομένος τύπος ανεμογεννήτριας είναι αυτός του οριζόντιου άξονά, οι ανεμογεννήτριες αυτές έχουν 3 πτερύγια, όπου τα πτερύγια αυτά έχουν μεγάλο αεροδυναμικό βαθμό απόδοσης. Οι μηχανές αυτές έχουν σωληνοειδής πύργους από χάλυβα με ύψος που μπορούν να φτάσουν μέχρι και 160 μετρά. Τα κύρια μέρη των μηχανών αυτού του τύπου είναι ο δρομέας, τα έδρανα του άξονα, το σύστημα αύξησης στροφών-κιβώτιο ταχυτήτων, οι ελαστικοί σύνδεσμοι, το σύστημα φρένων, η ηλεκτρική μηχανή, ο πύργος, το σύστημα προσανατολισμού και τα θεμέλια.



Εικόνα 1.6: Μέρη μιας Α/Γ



Εικόνα 1.7: Α/Γ οριζόντιου άξονα

### Πλεονεκτήματα

- εκμετάλλευση άνεμου μεγαλύτερης ταχύτητας.
- Υψηλότερη αποδοτικότητα
- Καλύτερη απόδοση.
- Υψηλό αεροδυναμικό συντελεστή.
- Απλή συναρμολόγηση.

### Μειονεκτήματα

- Απαιτείται ένας μηχανισμός περιστροφής προκειμένου να ευθυγραμμίζονται τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας με την κατεύθυνση του ανέμου, επιτρέποντας έτσι στη γεννήτρια να αξιοποιεί συνεχώς την ενέργεια του ανέμου.
- Κοστίζει πολύ η κατασκευή και η μεταφορά της λόγω μεγέθους.
- Παραγωγή θορύβου.

### 1.5.2 Ανεμογεννήτριες Κατακόρυφου Άξονα

Οι ανεμογεννήτριες αυτές περιστρέφονται γύρω από κατακόρυφο άξονα, ο οποίος είναι προσανατολισμένος προς την κατεύθυνση του ανέμου. Επειδή προσανατολίζονται κατά μήκος του ανέμου, οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα μπορούν να εκμεταλλεύονται τον άνεμο χωρίς την ανάγκη προσαρμογής του δρομέα με αλλαγή της κατεύθυνσης του ανέμου. Η μηχανική ενέργεια που δημιουργείται μεταφέρεται μέσω του κατακόρυφου άξονα στο έδαφος, όπου τοποθετείται η γεννήτρια που παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα κυρίως χρησιμοποιούν τους τύπους Savonius και Darrieus. Ενώ η Savonius είναι πιο ευκολότερη στην εκκίνηση, παρουσιάζει χαμηλότερη απόδοση, ενώ η Darrieus, παρά την δυσκολία στην εκκίνηση, προσφέρει υψηλή απόδοση. Συνεπώς, έχουν αναπτυχθεί ανεμογεννήτριες που συνδυάζουν τους δύο τύπους, επιτρέποντας εύκολη εκκίνηση από τη Savonius και υψηλή απόδοση από τη Darrieus. Επιπλέον, υπάρχουν πολλές άλλες ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα που βασίζονται στη λογική των Savonius και Darrieus, με μικρό αλλαγές στον σχεδιασμό τους.



Εικόνα 1.8: Α/Γ κάθετου άξονα Darrieus



Εικόνα 1.9: Α/Γ κάθετου άξονα Savonius

## Πλεονεκτήματα

- Εκμετάλλευσή του άνεμου από όλες τις κατευθύνσεις.
- Το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια είναι εγκαταστημένα στη βάση, πράγμα που διευκολύνει την εγκατάσταση και τη συντήρηση των μηχανικών εξαρτημάτων.
- Σχεδόν αθόρυβες .
- Τοποθετείται σε οποιοδήποτε μέρος λόγω του μεγέθους.
- Απλής κατασκευής με χαμηλότερο κόστος.

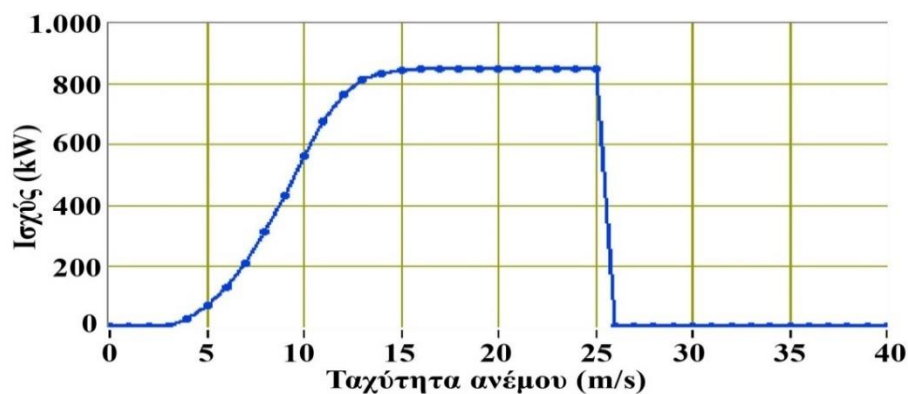
## Μειονεκτήματα

- Χαμηλότερη απόδοση.
- Υψηλή ροπή εκκίνησης που σημαίνει χαμηλότερη ταχύτητα περιστροφής.
- Λόγω μικρού μεγέθους περιορίζεται η εκμετάλλευση υψηλών ταχυτήτων ανέμου.
- Δυσκολία συντήρησης ορισμένων μηχανικών μερών, για παράδειγμα η αλλαγή των εδράνων κύλισης.

## 1.6 Χαρακτηριστικά Ανεμογεννητριών

Τα βασικά στοιχεία-χαρακτηριστικά για μια ανεμογεννήτρια είναι :

- Ταχύτητα Εκκίνησης: Ορίζεται ως η ταχύτητα του ανέμου όπου η ανεμογεννήτρια ξεκινάει να παράγει καθαρή ισχύ και η οποία είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα για να ξεκινήσουν να περιστρέφονται τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας .
- Ταχύτητα Αποκοπής : Για να αποφύγουμε την υπερφόρτιση της ανεμογεννήτριας πράγμα ανεπιθύμητο γιατί μπορεί να οδηγήσει στην καταστροφή της διακόπτεται η λειτουργία της μόλις η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί την ταχύτητα αποκοπής.
- Ονομαστική Ισχύς : Ορίζεται ως η μέγιστη ισχύς που μπορεί να παραχθεί συνεχώς κατά την κανονική της λειτουργία.
- Ονομαστική Ταχύτητα: Είναι η ταχύτητα του ανέμου κάτω από την οποία παράγεται η Ονομαστική Ισχύς .



Εικόνα 1.10: Καμπύλη Ισχύος Ανεμογεννήτριας

Στην παραπάνω εικόνα μπορούμε να παρατηρήσουμε όλες της παραμέτρους που αναφερθήκαμε όπου βλέπουμε την καθαρή παραγόμενη ισχύ ως συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου στο ύψος του άξονα.

## 1.7 Τύποι Γεννητριών

Στις ανεμογεννήτριες συναντάται διάφορους τύπους γεννητριών, σύγχρονες ή ασύγχρονες .

Ο πιο κοινός τύπος γεννητριών που ευρίσκεται ευρέως είναι ο ασύγχρονος. Αυτές οι γεννήτριες θεωρούνται πλεονέκτημα λόγω της αξιοπιστίας τους, της απλότητας κατασκευής και του χαμηλού κόστους. Η βασική αδυναμία τους εντοπίζεται στο ότι ο στάτης τους χρειάζεται ένα άεργο ρεύμα μαγνήτισης. Αυτές οι μηχανές δεν περιλαμβάνουν μόνιμους μαγνήτες και ένα κύκλωμα διέγερσης. Το απαιτούμενο ρεύμα διέγερσης προέρχεται από μια άλλη πηγή, την άεργη ισχύ. Αυτή η άεργη ισχύς μπορεί να προσφέρεται από το δίκτυο. Το μαγνητικό πεδίο της γεννήτριας δημιουργείται μόνο όταν συνδέεται με ένα δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι ασύγχρονες γεννήτριες μπορούν να είναι:

- Βραχυκυκλωμένου Κλωβού
- Δακτυλιοφόρου Δρομέα

Οι γεννήτριες βραχυκυκλωμένου κλωβού προτιμώνται συχνά στις αιολικές εφαρμογές λόγω της απλότητας στη μηχανική τους κατασκευής, της υψηλής απόδοσής τους και των μικρών απαιτήσεων σε συντήρηση. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε συστήματα που απαιτούν σταθερές ή μεταβαλλόμενες στροφές.

Σε συστήματα με σταθερές στροφές, οι γεννήτριες συνδέονται απευθείας στο δίκτυο. Σε αυτήν την περίπτωση, η ταχύτητά τους παραμένει σταθερή κατά τις αλλαγές του ανέμου. Παρ' όλα αυτά, οι διακυμάνσεις στην ταχύτητα του ανέμου αντανακλώνται αμέσως στο δίκτυο. Αυτές οι διακυμάνσεις θεωρούνται κρίσιμες κατά τη σύνδεση της ανεμογεννήτριας στο δίκτυο, όπου το ρεύμα εκκίνησης είναι 7-8 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό. Σε ένα ασθενές δίκτυο, αυτό το υψηλό ρεύμα εκκίνησης μπορεί να προκαλέσει σημαντικές διαταραχές στην τάση. Συνεπώς, η σύνδεση τέτοιας γεννήτριας στο δίκτυο εκτελείται σταδιακά, ώστε να περιοριστεί το ρεύμα εκκίνησης.

Σε εγκαταστάσεις με μεταβαλλόμενες στροφές, οι μεταβολές συχνότητας όπου παράγεται από την γεννήτρια μετατρέπεται στα επιθυμητά επίπεδα μέσω της χρήσης μετατροπέων ισχύος.

Συνεχίζοντας με τις Ασύγχρονες Γεννήτριες Δακτυλιοφόρου Δρομέα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το κυριότερο μειονέκτημα του είναι το κόστος τους.

Οι σύγχρονες τώρα γεννήτριες χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα και συγκριτικά με τις ασύγχρονες είναι πολύ πιο ακριβές. Το συγκριτικό πλεονέκτημα που παρουσιάζουν έναντι των ασύγχρονων είναι ότι δεν απαιτούν άεργο ρεύμα μαγνήτισης. Η δημιουργία του μαγνητικού πεδίου σε μια σύγχρονη μηχανή γίνεται μέσω της χρήσης μόνιμων μαγνητών.

Τις σύγχρονες γεννήτριες μπορούμε να τις κατατάξουμε σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Σύγχρονες Γεννήτριες Δακτυλιοφόρου Δρομέα
- Σύγχρονες γεννήτριες Μόνιμων Μαγνητών

Στις σύγχρονες γεννήτριες με δακτυλιοφόρο δρομέα, οι συνδέσεις των τυλιγμάτων του στάτη γίνονται απευθείας στο δίκτυο, με αποτέλεσμα η ταχύτητα περιστροφής της να εξαρτάται από τη συχνότητα του δικτύου. Ο ρότορας διεγείρεται με συνεχές ρεύμα μέσω των τυλιγμάτων του.

Σε αντίθεση με τις ασύγχρονες γεννήτριες, οι σύγχρονες δεν απαιτούν άεργη ισχύ. Το τύλιγμα του ρότορα, μέσω του οποίου διαρρέει συνεχές ρεύμα, δημιουργεί το πεδίο διέγερσης.

Οι σύγχρονες γεννήτριες με μόνιμους μαγνήτες έχουν τη δυνατότητα να αυτοδιεγείρονται, επιτρέποντάς τους να λειτουργούν με υψηλό συντελεστή ισχύος και υψηλή απόδοση. Παρόλα αυτά, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αυτών των γεννητριών έχουν ιδιαίτερα αυξημένο κόστος και παρουσιάζουν δυσκολίες στην επεξεργασία τους κατά της κατασκευής.

Στα πρόσφατα χρόνια, επιλέγεται και ένας διαφορετικός τύπος γεννήτριας για τις ανεμογεννήτριες, γνωστός ως γεννήτριες Υψηλής Τάσης.

Η ονομαστική τάση των γεννητριών υψηλής τάσης αυτού του τύπου είναι 690 V, και για αυτόν τον λόγο απαιτείται η χρήση ενός μετασχηματιστή στη βάση του πύργου. Οι γεννήτριες υψηλής τάσης είναι είτε σύγχρονες είτε ασύγχρονες και αποτελούν μια ενδιαφέρουσα επιλογή για ανεμογεννήτριες που υπερβαίνουν τα 3 MW. Τα κύρια μειονεκτήματά τους περιλαμβάνουν το υψηλό κόστος συστήματος, την αβεβαιότητα σχετικά με τη μακροχρόνια απόδοσή τους, καθώς και τις πιο περίπλοκες απαιτήσεις ασφαλείας σε σύγκριση με αυτές χαμηλότερης τάσης.

## 1.8 Παραγωγή Ενέργειας

Η παραγωγή ενέργειας μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την καμπύλη ισχύος της γεννήτριας και τον "χάρτη ταχυτήτων ανέμου" (έναν χάρτη που δείχνει τις ταχύτητες του ανέμου) στην περιοχή. Για ταχύτητες ανέμου που είναι μέσα στα μέσα στα ορία λειτουργίας της τουρμπίνας, η παραγόμενη ενέργεια υπολογίζεται από τις ώρες που η συγκεκριμένη ταχύτητα εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του έτους με την αντίστοιχη ισχύ της γεννήτριας. Η συνολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια υπολογίζεται μέσω του αθροίσματός της ενέργειας για όλες τις ταχύτητες ανέμου που λειτουργούν. Παράλληλα, πολλοί άλλοι παράγοντες επηρεάζουν σημαντικά την παραγόμενη ενέργεια, όπως ο βαθμός απόδοσης του αιολικού πάρκου, οι απώλειες μεταφοράς, η διαθεσιμότητα της μηχανής.

Χρησιμοποιώντας την προηγούμενη πληροφορία σχετικά με τη διαθεσιμότητα, αυτή εκφράζεται με τον Συντελεστή Διαθεσιμότητας (Σ.Δ), ο οποίος καθορίζει το ποσοστό του χρόνου που η ανεμογεννήτρια είναι λειτουργική και έτοιμη να παράγει ενέργεια. Σημειώνεται πως ο Συντελεστής Διαθεσιμότητας δεν σχετίζεται με το αιολικό δυναμικό, αλλά περιγράφει το ποσοστό του χρόνου που αναλογεί σε συντηρητικές εργασίες ή απουσία λειτουργίας λόγω εργασιών συντήρησης ή πιθανών βλαβών. Οι τιμές του Συντελεστή Διαθεσιμότητας κυμαίνονται μεταξύ 0.90 και 0.98.

## 1.9 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Οι αιολικοί ανεμογεννήτριες καταγράφουν την κινητική ενέργεια του ανέμου με τη χρήση ενός δρομέα, ο οποίος περιλαμβάνει άτρακτο και πτερύγια. Αυτός ο δρομέας συνδέεται με μία ηλεκτρική γεννήτρια. Οι αιολικοί ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε ψηλούς πύργους, διότι η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Συνήθως, οργανώνονται σε συστοιχίες σε πλαίσια αιολικών πάρκων. Είναι αυτονόητο ότι όσο πιο ισχυροί είναι οι άνεμοι στην τοποθεσία ενός αιολικού πάρκου, τόσο περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια παράγεται κατά τη διάρκεια ενός έτους.

### 1.9.1 Ταχύτητα και Ενέργεια του Ανέμου

Η κινητική ενέργεια μίας μάζας αέρα  $m$  που κινείται με ταχύτητα  $V$ , δίνεται από τη σχέση:

$$E = \frac{1}{2}mV^2$$

Η ισχύς του ανέμου δίνεται ως εξής:

$$P = \frac{1}{2}mV^2$$

Όπου :

$m = \rho * V * A$  (kg/s) η μαζική παροχή του αέρα από την επιφάνεια των πτερυγίων του δρομέα

$\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) η πυκνότητα του αέρα

$V$  (m/s) η ταχύτητα του ανέμου

$A$  (m<sup>2</sup>) το εμβαδόν της επιφάνειας που σαρώνεται από τα πτερύγια του δρομέα

Οπότε, η εξίσωση που δίνει την ισχύ του ανέμου, που διέρχεται από μία επιφάνεια  $A$ , κάθετη στη διεύθυνση του, με ταχύτητα  $V$ , παίρνει τη μορφή:

$$P = \frac{1}{2}(\rho AV)V^2 = \frac{1}{2}\rho AV^3$$

Όπου

$P$  ισχύς του ανέμου σε kW

$\rho$  πυκνότητα του αέρα σε Kg/m<sup>3</sup>

$A$  εμβαδόν του κύκλου που δημιουργείται από την σάρωση των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας σε m<sup>2</sup>

[  $A = \pi D^2 / 4$  με  $D$  να είναι η διάμετρος πτέρωσης ανεμογεννήτριας σε m,  $D = 2r$  ]

$V$  ταχύτητα του ανέμου σε m/sec

- Η μηχανική ισχύς που μπορεί να παραχθεί από την αιολική ενέργεια υπολογίζεται ως εξής

$$P_{μηχ} = \frac{1}{2}\rho * A * V^3 * C_p$$

Με  $C_p$  ο συντελεστής ισχύος

- Η ηλεκτρική ισχύς που θα παραχθεί από την γεννήτρια υπολογίζεται ως εξής

$$P_{ηλ} = \frac{1}{2}\rho * A * V^3 * C_p * \eta$$

Με  $\eta_{H/m} = \eta_H * H_m$

## 2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΘΕΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Α/Γ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Η εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας (Α/Γ) απαιτεί λεπτομερείς αναλύσεις των παραμέτρων, συμμορφωμένη παράλληλα προς το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο. Η επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης εξαρτάται από το βέλτιστο σημείο, την αισθητική επίδραση, γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής, τα εδαφολογικά και άλλες σημαντικές πτυχές. Κατανοούμε, επομένως, ότι η διαδικασία τοποθέτησης μιας ανεμογεννήτριας είναι περίπλοκη, καθώς πρέπει να πληροί συγκεκριμένες προδιαγραφές.

### 2.1 Προϋποθέσεις εγκατάστασης Α/Γ μικρής ισχύος

Για να τοποθετηθεί μια ανεμογεννήτρια μικρής ισχύος, υπάρχουν ορισμένες απαιτήσεις, όπως το σημείο εγκατάστασης να είναι προσβάσιμο και να υπάρχουν κάποιοι κόμβοι μεταφοράς κοντά. Μια άλλη απαίτηση είναι η συναίνεση της τοπικής κοινωνίας, καθώς ο στρόβιλος μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον εάν εγκατασταθεί σε ακατάλληλο μέρος. Ωστόσο, ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι πάντα η μελέτη των συνθηκών ανέμου στην περιοχή πριν από την εγκατάσταση της τουρμπίνας άρα απαιτείται να μελετηθούν τα ανεμολογικά κριτήρια

- Υψηλή μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου
- Υψηλής ποιότητας αιολικό δυναμικό, μεγάλης διάρκειας ισχυρών ανέμων και περιορισμένης ύπαρξης περιόδων νηνεμίας
- Απουσία υψηλών εμποδίων και αποφράξεων του ανέμου

Έχει βρεθεί ότι οι ανεμογεννήτριες λειτουργούν καλύτερα σε ορεινές περιοχές και περιοχές που είναι απομακρυσμένες από αστικά κέντρα.

### 2.2 Βασικά βήματα επιλογής τοποθεσίας

Η διαδικασία επιλογής τοποθεσίας εγκατάστασης θεωρείται πολύπλοκη και απαιτεί προσεκτική εξέταση διάφορων παραγόντων με στόχο την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος. Τα κριτήρια για την σωστή επιλογή της τοποθεσίας ανεμογεννήτριας είναι:

1. Στρατηγικός Σχεδιασμός: Ένα από τα πρώτα βήματα είναι ο στρατηγικός σχεδιασμός, όπου αξιολογούνται οι γενικοί στόχοι και οι προτεραιότητες του έργου, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η βιωσιμότητα και η απόδοση.
2. Ανάλυση του Ανέμου: Η ανάλυση του "ρόδου του ανέμου" είναι κρίσιμη, καθώς παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις ταχύτητες του ανέμου στην περιοχή. Αυτή η πληροφορία είναι ουσιώδης για την επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας.
3. Γεωγραφικά και Εδαφολογικά Χαρακτηριστικά: Η γεωγραφία και η εδαφολογία της περιοχής πρέπει να εξεταστούν για να αξιολογηθεί η καταλληλότητα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εγκατάστασης
4. Νομοθετικό Πλαίσιο: Η συμμόρφωση με το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο είναι ουσιώδης. Πρέπει να ληφθούν υπόψη περιορισμοί και προδιαγραφές που ισχύουν για την ανεμογεννήτρια.
5. Αισθητική Ρύπανση: Η πιθανή αισθητική ρύπανση που μπορεί να προκαλέσει η ανεμογεννήτρια πρέπει να εκτιμηθεί, λαμβάνοντας υπόψη το περιβάλλον και τη γύρω κοινότητα.
6. Επιπτώσεις στο Δίκτυο: Οι επιπτώσεις της ανεμογεννήτριας στο ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να αξιολογηθούν, λαμβάνοντας υπόψη την ικανότητα σύνδεσης και τις δυνατότητες ενσωμάτωσης.



Η συνολική διαδικασία απαιτεί λεπτομερή ανάλυση και επαγρύπνηση για να εξασφαλιστεί ότι η τοποθέτηση θα είναι επιτυχής και συμφέρουσα από πολλές απόψεις.

Η εντοπισμός και η εκτίμηση του τελικού χώρου μιας εγκατάστασης είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί από 18 έως 24 μήνες, επειδή πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορα πράγματα (όπως η θέση της, πόσο δυνατός είναι ο άνεμος, πόση ισχύς μπορεί να παράγει κ.λπ.). Αλλά χρησιμοποιώντας μια μέθοδο που ονομάζεται «αξιολόγηση πολλαπλών κριτηρίων», μπορούμε να καταλάβουμε τι είναι πιο σημαντικό και να λάβουμε αποφάσεις ανάλογα. Έτσι, εάν κάτι δεν φαίνεται σωστά σχετικά με μια πιθανή τοποθεσία, θα το γνωρίζουμε και δεν θα προσπαθήσουμε να εγκαταστήσουμε τον στρόβιλο εκεί.

### **2.3 Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή τοποθεσίας**

Ένα πεδίο με έντονη αιολική δραστηριότητα σε όλη τη διάρκεια του έτους δεν αποτελεί αυτομάτως κατάλληλη τοποθεσία για την εγκατάσταση ανεμογεννήτριας. Κατά την διαδικασία μιας έρευνας για την αποτελεσματική χρήση του αιολικού δυναμικού μέσω ανεμογεννήτριας, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη παράγοντες που επηρεάζουν την κατάλληλη θέση τοποθέτησης. Για την καλύτερη επιλογή της τοποθεσίας πρέπει να εξεταστούν τα παρακάτω:

#### **2.3.1 Οικονομική αξία**

Η χρήση συστημάτων εκμετάλλευσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας έχει ως στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό τη μείωση του κόστους. Προτού τοποθετηθεί μια ανεμογεννήτρια, ο πρωταρχικός στόχος είναι να ελεγχθεί η οικονομική βιωσιμότητα. Η πρόταση για εγκατάσταση συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας γίνεται αποδεκτή ή απορρίπτεται με βάση το αποτέλεσμα, εφόσον μια ανεμογεννήτρια μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια μόνο όταν υπάρχει άνεμος.

Η παραγωγή ενέργειας στοχεύει στην μείωση καυσίμου καθώς και του κόστους σε σύγκριση με το συμβατικό καύσιμο. Παρόλα αυτά, το κόστος της ενέργειας υφίσταται διακυμάνσεις που εξαρτώνται από τον χρόνο. Για την κατάλληλη αξιολόγηση της βιωσιμότητας της τοποθεσίας μιας ανεμογεννήτριας, απαιτούνται πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος και τις διακυμάνσεις του ανέμου κατά τη διάρκεια ενός έτους.

#### **2.3.2 Περιβαλλοντικές επιδράσεις**

Έχουν γίνει μελέτες που δείχνουν ότι οι ανεμογεννήτριες δεν έχουν μεγάλο περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Μερικές φορές μπορούν να δημιουργήσουν αρνητικό οπτικό αποτέλεσμα εάν είναι εγκατεστημένα σε περιοχή με πολύ ελεύθερο χώρο, αλλά κατά τα άλλα συνήθως περνούν απαρατήρητα.

#### **2.3.3 Μετεωρολογικά προβλήματα**

Οι καιρικές συνθήκες σε μια περιοχή αποτελούν κρίσιμο παράγοντα για να αποφανθεί η σωστή επιλογή της τοποθεσίας μιας ανεμογεννήτριας. Συγκεκριμένα, ο παγετός αποτελεί ακραία μετεωρολογική συνθήκη που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στη λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Η πρόσκρουση πάγου στην ανεμογεννήτρια μπορεί να αυξήσει τα στατικά και δυναμικά φορτία, με αποτέλεσμα να επηρεαστεί η παραγωγή ενέργειας, ιδίως σε περιοχές με συχνά παγετό.

Για αυτόν τον λόγο, είναι προτιμητέο η ανεμογεννήτρια να μην λειτουργεί κατά τη διάρκεια περιόδων παγετού, καθώς αυτό μπορεί να έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγή ενέργειας, ειδικά σε περιοχές με συχνές καιρικές συνθήκες παγετού. Έτσι, η διαδικασία τοποθέτησης και εγκατάστασης ανεμογεννήτριας πρέπει να υπόκειται σε προσεκτικό έλεγχο και έγκριση από έναν ειδικό μετεωρολόγο.

Επιπλέον, σε περιοχές με έντονους ανέμους, είναι απαραίτητος ειδικός σχεδιασμός για να διασφαλίζεται η αντοχή της ανεμογεννήτριας σε μεγάλα φορτία. Τέλος, η τύρβη που προκαλείται σε τυρβώδεις ροές επηρεάζει το κόστος συντήρησης της μηχανής και τη διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας, επισημαίνοντας τη σημασία της κατάλληλης επιλογής της θέσης εγκατάστασης και του τύπου της ανεμογεννήτριας για την αντιμετώπιση των προβλημάτων

#### **2.3.4 Αιωρούμενα υλικά**

Τονίζεται η έννοια των "αιωρούμενων υλικών" ως υλικών που μπορούν να μεταφέρονται από τον αέρα. Στην περίπτωση τοποθέτησης της ανεμογεννήτριας σε παραθαλάσσια περιοχή, ο άνεμος μπορεί να περιέχει άλατα, και επομένως, είναι απαραίτητη η προστασία των τμημάτων της ανεμογεννήτριας για την αποφυγή διάβρωσης και σκουριάς.

Σε περιοχές όπου η ανεμογεννήτρια προορίζεται για άγονες περιοχές, υπάρχει πιθανότητα μεταφοράς σκόνης, άμμου, ψιλού χαλικιού κ.ά. από τον αέρα, με δυνητικές ζημιές στα μέρη της ανεμογεννήτριας. Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα προβλήματα, απαιτείται συχνή συντήρηση και η λήψη μέτρων προκειμένου να προστατεύονται από τη διάβρωση. Όλα αυτά συνεπάγονται αύξηση του συνολικού κόστους λειτουργίας και συντήρησης της ανεμογεννήτριας.

#### **2.3.5 Τοπογραφικό ανάγλυφο περιοχής**

Τα εμπόδια στην περιοχή, η τραχύτητα του εδάφους καθώς οι εδαφολογικές ιδιομορφίες του τοπίου είναι μερικοί παράγοντες όπου επηρεάζουν το πεδίο ταχύτητας που αντιλαμβάνεται μια ανεμογεννήτρια. Η κατάλληλη επιλογή της θέσης εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας προϋποθέτει τη διενέργεια μιας λεπτομερούς μελέτης του τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής. Αυτή η μελέτη μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με χρήση αεροδυναμικής σήραγγας υπό κλίμακα, είτε με την εφαρμογή αριθμητικών μεθόδων ανάλυσης του πεδίου ροής..

#### **2.3.6 Διάταξη τοποθέτησης ανεμογεννητριών**

Κατά την επιλογή της σωστής τοποθεσίας, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η τοποθέτηση περισσότερων από μίας ανεμογεννητριών στην ίδια περιοχή. Οπότε η διάταξη των ανεμογεννητριών να σχεδιαστεί προσοχή, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη ενεργειακή απόδοση, χωρίς να δημιουργεί πρόβλημα στην κατεύθυνση του ανέμου από την τοποθέτησή τους. Η ταχύτητα του ανέμου μεταξύ συνεχόμενων σειρών ανεμογεννητριών μειώνεται καθώς προχωρά προς τα εμπρός. Όταν ο αέρας χτυπά την πρώτη ανεμογεννήτρια, υποστεί επιβράδυνση. Στη συνέχεια, εάν συναντήσει μια δεύτερη ανεμογεννήτρια πριν επανέλθει στα αρχικά επίπεδα ταχύτητας, η επίδοση στην δεύτερη μειώνεται σημαντικά. Να σημειωθεί πως η απόδοση της δεύτερης ανεμογεννήτριας επηρεάζεται από την τοποθεσία της πρώτης ανεμογεννήτριας.

### 2.3.7 Αποδοχή αιολικών μηχανών από το κοινό

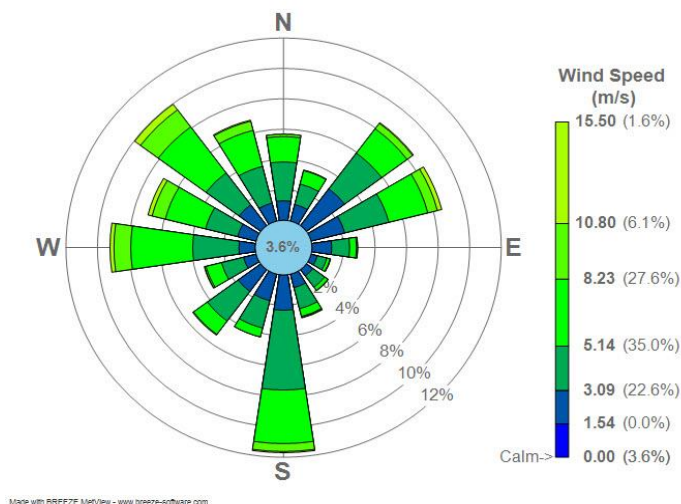
Η κοινή γνώμη παίζει μεγάλο ρόλο στην τοποθέτηση των ανεμογεννητριών. Εάν οι άνθρωποι στην περιοχή είναι εντάξει με την εγκατάσταση, μπορεί να τοποθετηθεί εκεί. Ωστόσο, εάν οι τουρμπίνες είναι πολύ μεγάλες ή αν βρίσκονται σε κακή θέση, το κοινό μπορεί να μην είναι ευχαριστημένο. Οι τουρμπίνες έχουν επίσης αντίκτυπο στο περιβάλλον και η τοποθέτησή τους βασίζεται στο πόσο θα εξοικονομήσουν καύσιμα και στο πόσο μπορούν να προστατεύσουν το περιβάλλον. Ωστόσο, ακόμη και με προσεκτικό σχεδιασμό και λαμβάνοντας υπόψη όλα τα δεδομένα, μερικές φορές οι τουρμπίνες θα τοποθετούνται σε μέρος που δεν είναι ιδανικό για το περιβάλλον.

Επιπλέον, η επιλογή της τοποθεσίας μιας ανεμογεννήτρια θα πρέπει να συμβαδίζει με το τοπίο και να ενσωματώνεται ομαλά στο περιβάλλον. Η αποδοχή της αιολικής ενέργειας σε μια περιοχή συχνά εξαρτάται από την ευαισθησία του κοινού ως προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ιδίως από οικονομική άποψη. Να σημειωθεί ότι η με την χρήση τους θεωρούνται φιλικές προς το περιβάλλον, αφού δεν προκαλούν ρύπανση και εκμεταλλεύονται τον άνεμο σαν ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Η χρήση ανεμογεννητριών συνεπάγεται άμεση εξοικονόμηση καυσίμου και παράλληλη προστασία του περιβάλλοντος. Όπως φαίνεται από την ανάλυση των οκτώ παραμέτρων, η εύρεση της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης απαιτεί λεπτομερή εξέταση. Ωστόσο, υπάρχει πάντοτε το ρίσκο της μη επιτυχούς επιλογής λόγω των διαρκών μεταβολών στα μετεωρολογικά φαινόμενα.

### 2.3.8 Ροδόγραμμα

Το ροδόγραμμα ανέμου είναι ένα γράφημα που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τη διανομή της ταχύτητας και της κατεύθυνσης του ανέμου σε ένα συγκεκριμένο τόπο ή περιοχή. Συνήθως, τα ροδόγραμμα ανέμου χρησιμοποιούνται στις ανανεώσιμες ενέργειες για να αναλύσουν τις συνθήκες του ανέμου.

Στο ροδόγραμμα, οι κατευθύνσεις του ανέμου παριστάνονται στον ορίζοντα, ενώ οι ακτίνες που εκπέμπονται από το κέντρο δείχνουν τη συχνότητα ή το ποσοστό του χρόνου που πνέει ο αέρας από κάθε κατεύθυνση. Το μήκος της ακτίνας αντιπροσωπεύει την ταχύτητα του ανέμου από αυτήν την κατεύθυνση.



Το ροδόγραμμα ανέμου καταγράφει τη συχνότητα και την ταχύτητα του ανέμου για διάφορες κατευθύνσεις. Ας δούμε πώς λειτουργεί:

1. Κατεύθυνση Ανέμου:

- Στο κέντρο του ροδόγραμμα βρίσκεται ένας κύκλος που αντιπροσωπεύει τον ουρανό ή την επιφάνεια της γης.
- Οι κατευθύνσεις του ανέμου (βόρειος, νότιος, ανατολικός, δυτικός κ.λπ.) αναπαρίστανται στον ορίζοντα του ροδόγραμμα.

2. Ταχύτητα Ανέμου:

- Οι ακτίνες που εκτείνονται από τον κύκλο προς τις κατευθύνσεις του ορίζοντα δείχνουν τη συχνότητα ή το ποσοστό του χρόνου που ο αέρας πνέει από αυτήν την κατεύθυνση.
- Το μήκος της ακτίνας αντιπροσωπεύει την ταχύτητα του ανέμου από αυτήν την κατεύθυνση.

Έτσι, αν έχουμε μια μακρά ακτίνα προς τα πάνω (στο ροδόγραμμα), αυτό υποδηλώνει ότι ο αέρας πνέει συχνά από αυτήν την κατεύθυνση, και αν η ακτίνα είναι μακρύτερη, υποδηλώνει υψηλότερες ταχύτητες. Τα ροδόγραμμα ανέμου είναι χρήσιμα εργαλεία για να κατανοήσουμε τα μοτίβα του ανέμου σε μια περιοχή, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό ανεμογεννητριών και άλλων έργων που βασίζονται στην ανεμική ενέργεια.

### 3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : Εγκατάσταση Α/Γ μικρής ισχύος στον Ελλαδικό χώρο

Στην χώρα μας, με τα πολλά της γεωγραφικά χαρακτηριστικά, προσφέρει ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την εκμετάλλευση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), ειδικά του ηλιακού και αιολικού δυναμικού της. Η χρήση ανεμογεννητριών σε περιοχές με βουνά αναδεικνύεται ως μια αποτελεσματική επιλογή, δεδομένου ότι η τοπογραφία επιτρέπει την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού.

Ωστόσο, όπως επισημαίνετε, η διαμόρφωση των αιολικών συστημάτων στην Ελλάδα είναι σχετικά μικρή, και αυτό οφείλεται σε περιορισμένη απορρόφηση της παραγόμενης ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο, ειδικά σε απομακρυσμένες περιοχές. Αυτό θέτει πρόκληση στην οικονομία του χώρου και αναδεικνύει τη σημασία της υποδομής για τη συνολική αποδοτικότητα των ανεμογεννητριών.

Η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού μέσω του υπολογισμού της παραγόμενης ενέργειας και των εισροών από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών είναι κρίσιμης σημασίας για την επιλογή βέλτιστης θέσης εγκατάστασης. Οι μετρήσεις πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές που εξυπηρετούν την εφαρμογή ανεμογεννητριών προκειμένου να διασφαλιστεί η σύγκριση και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από διάφορες πηγές και επενδυτές.

Χαρακτηρισμός Αιολικού Δυναμικού	Ταχύτητα ανέμου (m/sec)
Ανεπαρκές	< 4
Χαμηλό	4-5.5
Μέσο	5.5-7
Υψηλό	7-9
Πολύ υψηλό	>9

Πίνακας 1 : Χαρακτηρισμός αιολικού δυναμικού με βάση την ταχύτητα του ανέμου

#### 3.1 Τρόποι σύνδεσης ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος

Οι μικρές ανεμογεννήτριες μπορούν να ανταποκριθούν στις ενεργειακές ανάγκες ενός σπιτιού ή μικρού οικισμού. Για τη σύνδεσή τους, μπορούν να συνδεθούν στον AC ζυγό ενός μικροδικτύου ή του χαμηλής τάσης δικτύου. Μια εναλλακτική λύση είναι η σύνδεση στο DC ζυγό ενός αυτόνομου συστήματος με συσσωρευτές ως μονάδα αποθήκευσης. Η επιλογή της σύνδεσης σε ζυγό AC ενός μικροδικτύου παρέχει ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τη σύνδεση σε ζυγό DC. Το AC σύστημα επιτρέπει τη σύνδεση πολλών πηγών και αποθηκευτικών μονάδων σε έναν κοινό ζυγό AC, ενώ οι πηγές μπορούν να τοποθετούνται σε διάφορες περιοχές. Επιπλέον, οι απώλειες του συστήματος είναι μικρότερες στο AC σύστημα λόγω της υψηλότερης τάσης λειτουργίας.

Η χρήση μικρών ανεμογεννητριών για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών σε σπίτια ή μικρούς οικισμούς αποτελεί αποδοτική και περιβαλλοντικά φιλική λύση. Η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως αναφέρατε.

1. AC Ζυγός Μικροδικτύου : Η σύνδεση σε έναν AC ζυγό μικροδικτύου είναι προτιμότερη για πολλούς λόγους. Τα μικροδίκτυα συχνά επιτρέπουν τη σύνδεση πολλαπλών πηγών ενέργειας

και αποθήκευσης σε ένα κοινό σύστημα, προσφέροντας ευελιξία και αξιοπιστία. Επιπλέον, το AC σύστημα είναι πιο κατάλληλο για μεταφορά ενέργειας με υψηλή τάση, μειώνοντας τις απώλειες κατά τη μεταφορά.

2. DC Ζυγός Μικροδικτύου : Η εναλλακτική επιλογή είναι η σύνδεση σε έναν DC ζυγό μικροδικτύου. Το χρησιμοποιούμε σε εφαρμογές όπου απαιτούν χαμηλότερες τάσεις, όπως συστήματα αυτόνομης παραγωγής ενέργειας.

Συνοψίζοντας, οι επιλογές σύνδεσης σε AC ζυγό παρέχουν περισσότερες δυνατότητες και ευελιξία, ενώ μειώνουν τις απώλειες στη μεταφορά ενέργειας. Ωστόσο, ο κατάλληλος τρόπος σύνδεσης εξαρτάται από τις συγκεκριμένες ανάγκες και τις συνθήκες της εφαρμογής.

### **3.2 Συστήματα Ανεμογεννητριών**

Η εγκατάσταση ενός αιολικού συστήματος μικρής ισχύος απαιτεί προσεκτική προετοιμασία και εκτίμηση των διάφορων παραγόντων. Ορισμένες βασικές προϋποθέσεις για την εγκατάσταση περιλαμβάνουν:

1. Κλιματολογικές Συνθήκες: Εκτίμηση των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής, συμπεριλαμβανομένων της ροής του ανέμου, την κατεύθυνσίν του ανέμου, την έντασίν του ανέμου, των κλιματολογικών μοτίβων.

2. Επιλογή Ανεμογεννήτριας: Επιλογή κατάλληλου τύπου και μεγέθους ανεμογεννήτριας βάσει των ανεμολογικών στοιχείων. Η σύγκριση προδιαγραφών της ανεμογεννήτριας με τις κλιματολογικές συνθήκες είναι απαραίτητη.

3. Θέση Τοποθέτησης: Επιλογή κατάλληλης θέσης τοποθέτησης με βάση των περιβαλλοντικών συνθηκών και την μορφολογία του εδάφους.

4. Υποδομές Πύργου (Πυλώνα): Υπολογισμός και κατασκευή του πύργου εγκατάστασης. Χρήση χαλυβδωμένων πυλώνων σύμφωνα με διεθνή πρότυπα.

5. Θεμελίωση Πύργου: Υπολογισμός και κατασκευή κατάλληλης θεμελίωσης για τον πύργο.

6. Σύστημα Ελέγχου και Ασφάλειας: Εγκατάσταση αξιόπιστου συστήματος ελέγχου και ασφάλειας για την αυτόματη προστασία της ανεμογεννήτριας σε ακραίες συνθήκες.

Η σωστή προετοιμασία και εκτίμηση αυτών των παραγόντων είναι υψίστης σημασίας για την αποτελεσματική καθώς και την ασφαλή λειτουργία του αιολικού συστήματος.

### **3.3 Βασικές προϋποθέσεις για την εγκατάσταση αιολικού συστήματος με Α/Γ**

#### **3.3.1 Επιλογή της θέσης εγκατάστασης της Α/Γ**

Ο προσδιορισμός της ακριβούς θέσης εγκατάστασης των ανεμογεννητριών (Α/Γ) σε ένα αιολικό σύστημα είναι κρίσιμος για τον προσδιορισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και των σχετικών κοστών. Η επιλογή της θέσης εγκατάστασης επηρεάζεται από:

1. Ταχύτητα Ανέμου: Πρέπει να γίνει λεπτομερής μελέτη της ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή εγκατάστασης. Η επιλογή της σωστής θέσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ανεμολογικές συνθήκες.
2. Κατεύθυνση Ανέμου: Η κατεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος είναι σημαντική. Πρέπει να ληφθεί υπόψη για να επιλεγεί η βέλτιστη θέση που εκμεταλλεύεται τη ροή του ανέμου.
3. Υψόμετρο: Η υψομετρική τοπογραφία επηρεάζει την ταχύτητα του ανέμου. Περιοχές με υψηλό υψόμετρο μπορεί να έχουν ευνοϊκότερες συνθήκες.
4. Κοντινά Εμπόδια: Παράμετροι όπως δέντρα, κτίρια ή άλλα εμπόδια πρέπει να ληφθούν υπόψη για την αποφυγή σκίασης του ανέμου και των επιπτώσεών της στην απόδοση.
5. Χαρακτηριστικά Εδάφους: Η τραχύτητα και τα χαρακτηριστικά του εδάφους επηρεάζουν την εγκατάσταση των βάσεων της ανεμογεννήτριας.
6. Σχεδιασμός Δικτύου: Η απόσταση από το ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να ληφθεί υπόψη για τη μείωση των απωλειών στη μεταφορά της ενέργειας.
7. Τοπικές Οδηγίες και Κανονισμοί: Πρέπει να εξεταστούν τυχόν τοπικοί κανονισμοί και άλλες οδηγίες που.

### 3.3.2 Το αιολικό δυναμικό

Για το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής απαιτεί συλλογή και ανάλυση διαφόρων στοιχείων. Αναφέρεστε σε τρία βασικά στοιχεία για την εκτίμηση αυτή:

1. Δείκτες Αιολικού Δυναμικού: Περιλαμβάνουν παραμέτρους που επηρεάζουν το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής, όπως η τοπογραφία, η υψομετρία, οι κατευθύνσεις του ανέμου, και άλλα. Η αξιολόγηση τους βασίζεται σε γεωγραφικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά.
2. Αιολικοί Χάρτες: Οι χάρτες αυτοί παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής. Μπορούν να περιλαμβάνουν ταχύτητες και κατευθύνσεις ανέμου, βοηθώντας στον προσδιορισμό των βέλτιστων τοποθεσιών για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών.
3. Υφιστάμενοι Ανεμογράφοι: Πρόκειται για μετρήσεις του ανέμου που έχουν πραγματοποιηθεί στη συγκεκριμένη περιοχή. Οι υφιστάμενοι ανεμογράφοι παρέχουν πιο αξιόπιστα δεδομένα και χρησιμοποιούνται για την ανακατασκευή και βελτίωση των μοντέλων.

Για να αξιολογήσουμε ακριβώς το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής, είναι αναγκαίο να διαθέτουμε λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την κατανομή της πιθανότητας της ταχύτητας του ανέμου κατά τη διάρκεια του έτους. Είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι χρονικές περίοδοι με χαμηλές ή πολύ υψηλές ταχύτητες που η ανεμογεννήτρια δεν λειτουργεί, είτε λόγω ανεπαρκούς ταχύτητας είτε για λόγους ασφαλείας. Για αυτές τις περιόδους, πρέπει να υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις, όπως μπαταρίες αποθήκευσης ή άλλα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Η διαχείριση των δεδομένων ταχύτητας ανέμου προϋποθέτει στατική επεξεργασία για τη δημιουργία διαγραμμάτων πυκνότητας και διάρκειας πιθανότητας. Σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν μακροπρόθεσμες μετρήσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ημι-εμπειρικά αναλυτικά

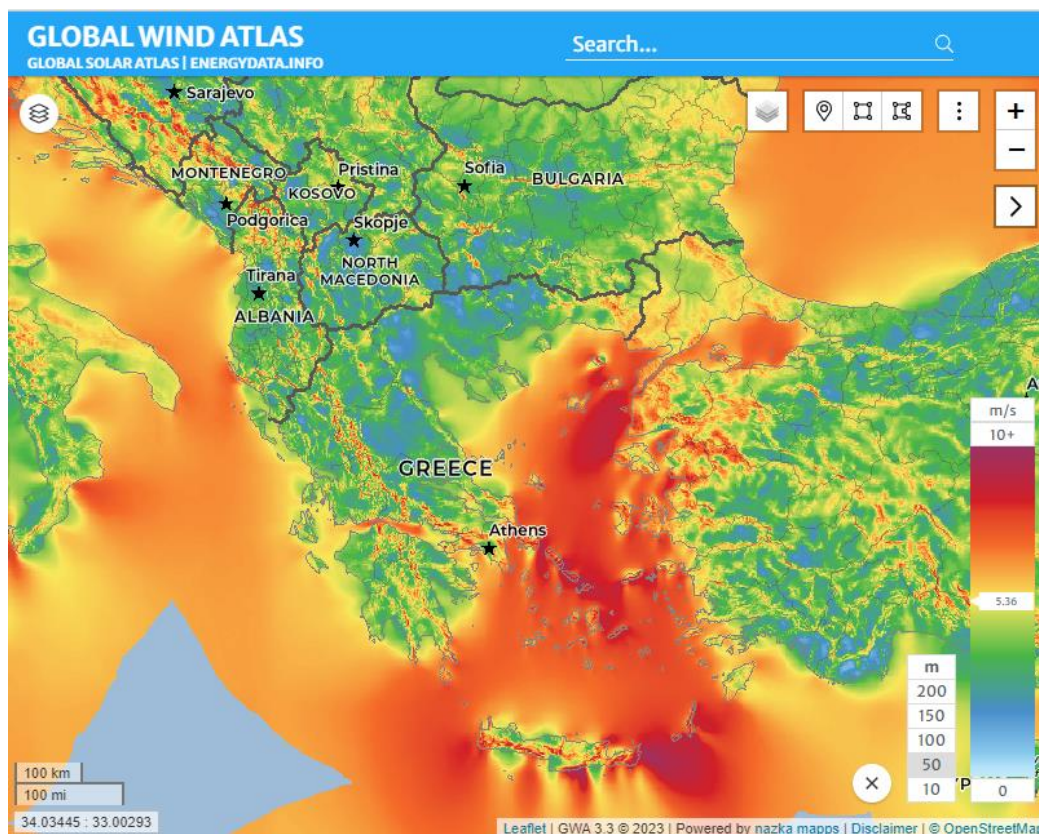
μοντέλα, λαμβάνοντας υπόψη μικρό αριθμό παραμέτρων. Πρέπει, ωστόσο, να επισημανθεί ότι αυτή η πρακτική παρουσιάζει προκλήσεις σε ό,τι αφορά την ακρίβεια και την αξιοπιστία, ιδίως σε τοπικό επίπεδο.

### 3.3.3 Global Wind Atlas

Ένα πρόγραμμα με το οποίο μπορούμε να βρούμε το αιολικό μιας περιοχής είναι το Global Wind Atlas. Το Global Wind Atlas (GWA) είναι ένα διεθνές εργαλείο που παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ανεμική ενέργεια σε παγκόσμια κλίμακα. Το GWA αναπτύχθηκε από την Technical University of Denmark (DTU Wind Energy) σε συνεργασία με την Ενέργεια για Όλους (Energy for All) και την Παγκόσμια Ένωση Ανεμοενέργειας (Global Wind Energy Council).

Ο βασικός στόχος του Global Wind Atlas είναι να παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τη δυνατότητα χρήσης του ανέμου για παραγωγή ανεμικής ενέργειας σε διάφορες περιοχές του κόσμου. Το εργαλείο χρησιμοποιεί δεδομένα από δορυφορικές μετρήσεις, μετεωρολογικά μοντέλα και έρευνες για να δημιουργήσει διακρατικά χάρτες που δείχνουν την προσδοκώμενη διανομή του ανέμου σε μια Περιοχή.

Το GWA είναι χρήσιμο για επενδυτές, αναπτυσσόμενες χώρες και όλους όσους ενδιαφέρονται να αξιολογήσουν το δυναμικό για παραγωγή ανεμικής ενέργειας σε διάφορες περιοχές του πλανήτη.



Το Global Wind Atlas λειτουργεί χρησιμοποιώντας πολλαπλές πηγές δεδομένων και μοντέλα για τη δημιουργία λεπτομερών χαρτών της ανεμικής ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα.



Η διαδικασία λειτουργίας περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

1. Συλλογή Δεδομένων:

- Χρησιμοποιεί δεδομένα από δορυφορικές μετρήσεις του ανέμου.
- Συμπεριλαμβάνει επίσης μετεωρολογικά δεδομένα και άλλες πληροφορίες που επηρεάζουν την ανεμική ενέργεια.

2. Ανάλυση και Πρόβλεψη Ανέμου:

- Χρησιμοποιεί μοντέλα για την ανάλυση και πρόβλεψη των ανέμων σε διάφορες περιοχές.
- Λαμβάνει υπόψη την τοπογραφία, τη γεωγραφική θέση και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα του ανέμου.

3. Δημιουργία Δια δραστικών Χαρτών:

- Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε δια δραστικούς χάρτες, οι οποίοι επιτρέπουν στους χρήστες να εξερευνούν το δυναμικό για παραγωγή ανεμικής ενέργειας σε συγκεκριμένες περιοχές.

4. Αξιολόγηση Ενεργειακού Δυναμικού:

- Παρέχει πληροφορίες για την ποσότητα και την ποιότητα του ανέμου σε κάθε περιοχή.
- Αυτές οι πληροφορίες βοηθούν στην αξιολόγηση του δυναμικού για εγκατάσταση ανεμογεννητριών και στον σχεδιασμό έργων ανανεώσιμης ενέργειας.

## 4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : Άλλα μοντέλα ανεμογεννητριών

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι υψίστης σημασίας για την μείωση της κλιματικής αλλαγής και τη δημιουργία μιας πορείας προς την ενεργειακή ανεξαρτησία. Ωστόσο, οι τρέχουσες επιλογές ταράτσας, όπως τα ηλιακά πάνελ και οι παλιές μικρές ανεμογεννήτριες, είναι περιορισμένες στο πόση ενέργεια μπορούν να παράγουν, απαιτούν μεγάλα αποτυπώματα και έχουν σχετικά σύντομους κύκλους ζωής. Πέρα από τα εμπορεύσιμα μοντέλα ανεμογεννητριών υπάρχουν μηχανές οποίες βρίσκουν εφαρμογή σε μικρότερες κατασκευές και δεν μοιάζουν με τις κοινές μηχανές. Τέτοιου τύπου μικρών ανεμογεννητριών μπορεί να διαφέρουν στο σχήμα και στο μέγεθος όπως και στον τύπο της μηχανής. Σκοπό αυτών είναι να προσαρμόζονται στο πεδίο εφαρμογής τους και να είναι φιλικές προς τον άνθρωπο. Σημεία εφαρμογής του τις συναντάμε είναι : πάρκα, πεζοδρόμια, παραλίες, δημοτικός και οδικός φωτισμός καθώς και τοποθέτηση σε ταράτσες κτηρίων.

### 4.1 Air-Sun

Μια τέτοια επιλογή μπορεί να είναι η ΕΛΛΗΝΙΚΗ πατέντα της εταιρείας Air-Sun Α.Ε.Β.Ε

Εικόνα 4.1: Μοντέλο air turbine που τοποθετήθηκε στην πλατεία των Ιωαννίνων



Η Ανεμογεννήτρια AirTurbo είναι μια Ανεμογεννήτρια «κάθετου άξονα». Η Ανεμογεννήτρια AirTurbo προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα λόγω του κατακόρυφου σχεδιασμού της. Αναλυτικά, τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν:

1. Έχει την δυνατότητα να εκμεταλλεύεται ανέμους οποιασδήποτε κατεύθυνσης όπου επιτρέπει στην AirTurbo να αποθηκεύει περισσότερη κινητική ενέργεια στον σφόνδυλο της.

2. Επιδεικνύει μικρότερη καταπόνηση σε ριπές ανέμου, καθιστώντας την αποτελεσματική και σε αντίξοες καιρικές συνθήκες.
3. Παρέχει χαμηλότερο κόστος ανά παραγόμενο Watt ενέργειας σε σύγκριση με άλλες ανεμογεννήτριες.
4. Τα υλικά υψηλής ποιότητας συνδυασμένα με τη στιβαρή κατασκευή παρέχουν μεγάλο χρόνο ζωής.
5. Η σχεδίαση της λαμβάνει υπόψη την αεροδυναμική, βελτιώνοντας την απόδοση και μειώνοντας τις οπισθέλκουσες δυνάμεις.
6. Παρουσιάζει χαμηλή σχέση λειτουργίας και συντήρησης, εξοικονομώντας σε επιχειρησιακά έξοδα.
7. Η λειτουργία της δεν προκαλεί θόρυβο, προσφέροντας αθόρυβη λειτουργία σε όλες τις συνθήκες.
8. Χρησιμοποιεί τριφασική γεννήτρια μόνιμου μαγνήτη τελευταίας τεχνολογίας.
9. Διατίθεται σε ονομαστικές τάσεις εξόδου 12, 24 και 48 volts, επιτρέποντας ευελιξία στη χρήση.
10. Παρέχει εγγύηση 20 ετών, ενισχύοντας την αξιοπιστία της.

Με αυτά τα χαρακτηριστικά, η AirTurbo είναι μια προηγμένη λύση για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας.

Τοποθετήθηκε στην πλατεία των Ιωαννίνων , είναι ενδιαφέρον που το συγκεκριμένο μοντέλο της ανεμογεννήτριας AirTurbo εκμεταλλεύεται την ροή του αέρα που προκαλείται από την κίνηση των αυτοκινήτων για την παραγωγή ενέργειας. Η χρήση του οπτικού κύματος που παράγεται λόγω της κίνησης των οχημάτων είναι μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας σε αστικά περιβάλλοντα.

Η ικανότητα της ανεμογεννήτριας να λειτουργεί με αέρα από διάφορες κατευθύνσεις και ταχύτητες είναι σημαντική για τη μέγιστη απόδοση, ιδίως σε περιβάλλοντα όπου οι άνεμοι μπορεί να είναι μεταβλητοί και να προέρχονται από διάφορες κατευθύνσεις. Η έξυπνη σχεδίαση του συστήματος εκμεταλλεύεται την κίνηση του αέρα από την κίνηση των οχημάτων, προσφέροντας έτσι πρόσθετη πηγή ενέργειας. Αυτή η εφαρμογή επιδεικνύει τη δυνατότητα προσαρμογής των ανεμογεννητριών σε συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος και την εκμετάλλευση των διαφορετικών πηγών αιολικής ενέργειας.

Έχει την μορφή δέντρου, οπότε δίνει την δυνατότητα να αρμονίζετέ εύκολα στο περιβάλλον, ώστε να είναι φιλικό στο μάτι .

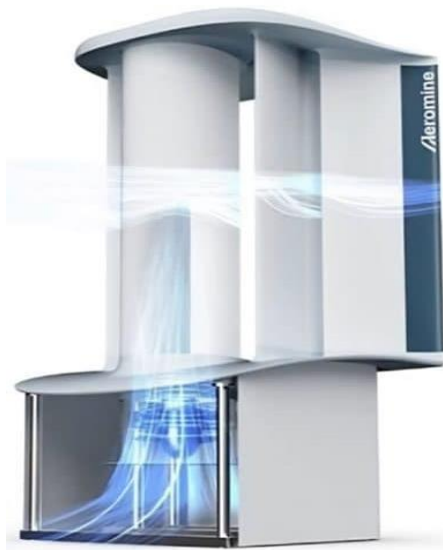
Οι Ανεμογεννήτριες AirTurbo μπορούν να τοποθετηθούν σε:

- σε εθνικές οδούς

- Ιδιωτικά και δημόσια κτήρια
- Βιομηχανικές εγκαταστάσεις
- Σχολεία.
- Στρατός.
- Μονάδες αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών.
- Μονάδες παροχής ανθρωπιστικής βοήθειας σε μη διασυνδεδεμένα σημεία.
- Ναυσιπλοΐες γραμμές αυτόνομα σκάφη (μη μόλυνση των θαλασσών).
- Μονάδες διάσωσης κινητές και ακίνητες .
- Εξοχικές κατοικίες
- Τροχόσπιτα
- Ψύξη γάλακτος
- Ορεινά καταφύγια
- Γεωτρήσεις
- Αυτόματο σύστημα ποτίσματος
- Αφαλατώσεις
- Κτηνοτροφικές μονάδες και αγροτικές αποθήκες
- Διαφημιστικές κατοικίες

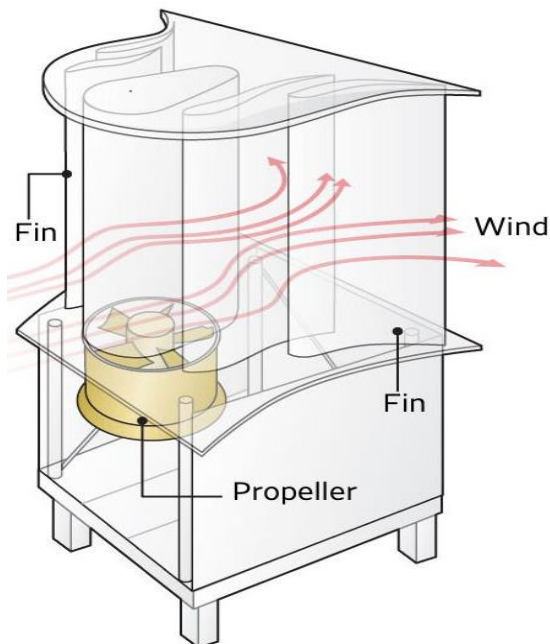
## 4.2 Aeromine

Μια διαφορετική πατέντα η οποία δεν μοιάζει με καμία άλλη ανεμογεννήτρια είναι της εταιρίας AEROMINE. Οι ιδρυτές της Aeromine έχουν δημιουργήσει έναν πολύ πιο αποτελεσματικό τρόπο για να αξιοποιήσουν ακόμη και μέτριο άνεμο για τη δημιουργία ενέργειας. Η πακεταρισμένη αεροδυναμική σχεδίαση της Aeromine καταγράφει και ενισχύει τη ροή αέρα του κτιρίου σε ταχύτητες ανέμου έως και 5 m.p.h., παρόμοια με τις αεροτομές σε ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο. Σε αντίθεση με τους στροβίλους που απαιτούν περιστρεφόμενα πτερύγια ρότορα και πολλά κινούμενα μέρη, γεγονός που τους καθιστά επιρρεπείς σε προβλήματα συντήρησης, η ακίνητη και ανθεκτική λύση Aeromine παράγει περισσότερη ενέργεια σε λιγότερο χώρο



Εικόνα 4.2: Μοντέλο Aeromine

Το Aeromine είναι ένα εντυπωσιακό σύστημα αιολικής ενέργειας για μεγάλα κτίρια. Μια σειρά μονάδων εγκαθίσταται κατά μήκος του χείλους του κτιρίου που βλέπει προς την κατεύθυνση του ανέμου που επικρατεί.



Η μονάδα δεν κινείται, είναι ασφαλείς και αθόρυβη. Όταν ο αέρας ρέει πέρα από τα φτερά, σχηματίζεται μια περιοχή χαμηλής πίεσης μεταξύ τους και ένας αεροδυναμικά διαμορφωμένος πύργος τοποθετημένος μεταξύ των αεροτομών τροφοδοτεί την αναρρόφηση που δημιουργείται από αυτή τη χαμηλή πίεση μέσω των σωληνώσεων, έτσι ώστε να τραβάει αέρα πέρα από μια μικρή τουρμπίνα στη βάση της μονάδας. Καθώς αυτή η τουρμπίνα περιστρέφεται, παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Εικόνα 4.3: Σχεδιασμός μονάδας Aeromine

Το Aeromine έχει σχεδιαστεί για εγκατάσταση σε κτίρια όπως :

- Σε μεγάλες επίπεδες στέγες
- Αποθήκες
- Κέντρα Διανομής
- Κατασκευαστικές Εγκαταστάσεις
- Κτίρια γραφείων
- Big Box Retail

### 4.3 ENLIL

Μια τουρκική εταιρεία σχεδιασμού δημιούργησε έναν κάθετο στρόβιλο που παράγει ενέργεια από διερχόμενα οχήματα. Το ENLIL είναι ένα έξυπνο έργο ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα από την Devenci Tech που μετατρέπει αυτοκινητόδρομους σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρησιμοποιώντας τη δυναμική της πόλης.



Εικόνα 4.4: Σημείο εφαρμογής μονάδας Enlil

Το σχέδιο του εφευρέτη Kerem Devenci είναι να ευθυγραμμίσει τις μεσαιές γραμμές του αυτοκινητόδρομου μαζί τους, συλλαμβάνοντας την αιολική ενέργεια των διερχόμενων οχημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Επίσης υπάρχει μοντέλο το οποίο διαθέτει και ηλιακά πάνελ τοποθετημένα στις τουρμπίνες που χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια και μπορούν επίσης να μετρήσουν τη θερμοκρασία, αισθητήρες υγρασίας, ανέμου και διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και μια έξυπνη πλατφόρμα Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) για σύνδεση με άλλες υποδομές. Λειτουργεί και ως σταθμός παρακολούθησης σεισμών, βελτιώνοντας την α.ε

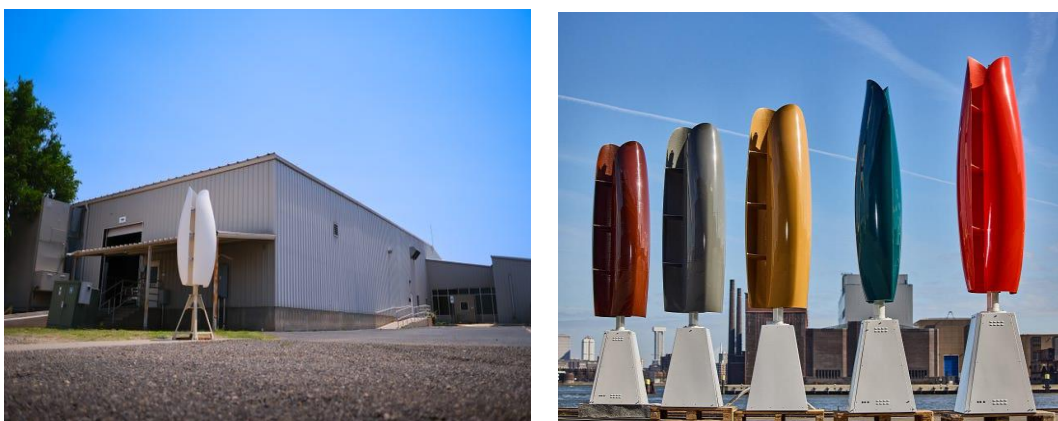


Εικόνα 4.5: Σημείο εφαρμογής 2<sup>ου</sup> μοντέλου μονάδας Enlil

#### 4.4 Flower Turbines

Οι τουλίπες ήρθαν για να μείνουν και να δώσουν μια πράσινη ανάσα στην καθημερινότητα μας. Οι τουλίπες και τα λουλούδια θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην αξιοποίηση της δύναμης του ανέμου, αφού μια εταιρεία πράσινης ενέργειας βρήκε τη δική της περιστροφή για την αιολική ενέργεια σε ένα σχέδιο «οικολογικής τέχνης».

Οι τουρμπίνες δεν αποτελούν κίνδυνο για τα πουλιά, ιδιαίτερα σε αστικά περιβάλλοντα καθώς δημιουργούν θόρυβο σε χαμηλή συχνότητα μη ανιχνεύσιμη για τον άνθρωπο. Είναι φιλικές προς τον άνθρωπο καθώς δίνουν μια διαφορετική εκδοχή των ανεμογεννητριών. Οι μεγάλοι στρόβιλοι είναι πολύ αποδοτικοί, αλλά για μερικούς ανθρώπους είναι ενοχλητικοί «στο μάτι».



Εικόνα 4.6 : Μοντέλο Flower Turbine

Οι τουρμπίνες διατίθενται σε τρία μεγέθη: μικρό, μεσαίο και μεγάλο, τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν όλα στο έδαφος. Το μικρό μπορεί να πάει σχεδόν οπουδήποτε και είναι καλό για μικρότερες λειτουργίες εκτός δικτύου. Τα μέντιουμ μπορούν να κάθονται σε μια επίπεδη οροφή και η Flower Turbines εργάζεται πάνω σε ένα μοντέλο για χρήση σε κεκλιμένες στέγες.

Ο μεγάλος, ο οποίος δεν είναι ακόμη διαθέσιμος, είναι ένας στρόβιλος 5 κιλοβάτ και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για εμπορικά κέντρα, νοσοκομεία, σχολεία ή άλλες επιχειρήσεις. Όλοι οι στρόβιλοι αναμένεται να διαρκέσουν περίπου 20-40 χρόνια, με ελάχιστη συντήρηση που απαιτείται λόγω του συμμετρικού σχεδιασμού.

#### 4.4.1 Wind Tree

Η πραγματικότητα της κλιματικής αλλαγής πλησιάζει όλο και περισσότερο κάθε χρόνο και έχει οδηγήσει σε μια ενθαρρυντική ώθηση για τον καθαρισμό του περιβάλλοντος και τη στροφή προς τις πράσινες, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Χώρες από όλο τον κόσμο εγκαθιστούν ανεμογεννήτριες και ηλιακούς συλλέκτες σε απομακρυσμένες περιοχές, αλλά πώς μπορεί μια πόλη, μια πόλη ή ένα άτομο να συμβάλει στην αιτία; Η New World Wind έχει την απάντηση: The Wind Tree – ένα τεχνητό δέντρο που έχει σχεδιαστεί για να συλλαμβάνει και να μετατρέπει την αιολική ενέργεια.

Η εγκατάσταση παραδοσιακών ανεμογεννητριών απαιτεί μεγάλο χρηματικό ποσό, ενέργεια και χώρο. Η τεχνολογία λειτουργεί εξαιρετικά και παρέχει καθαρή ενέργεια, αλλά δεν είναι πρακτικό να εγκαταστήσετε τις ογκώδεις κατασκευές στο κέντρο μιας πόλης – πόσο μάλλον στον κήπο κάποιου. Εκεί μπαίνει το δέντρο του ανέμου.



Αυτά τα τεχνητά δέντρα είναι σχεδιασμένα με τρεις κορμούς από χάλυβα και άλλα μικρότερα κλαδιά που φιλοξενούν μικροσκοπικές ανεμογεννήτριες σε σχήμα φύλλων. Μια μικρή ριπή ανέμου ωθεί τα φύλλα σε κίνηση και το Wind Tree αρχίζει να παρέχει μια φιλική προς το περιβάλλον μορφή ενέργειας.

Εικόνα 4.7: Μοντέλο Wind Tree



Το Wind Tree απαιτεί μόνο ακτίνα γης 11 μέτρων για να εγκατασταθεί. Πάρκα, επιχειρηματικές πλατείες, ακόμη και σπίτια έχουν γίνει ξαφνικά οι ιδανικές τοποθεσίες για να φιλοξενήσουν μια πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.

Για να είναι λειτουργική σε αστικό περιβάλλον, η New World Wind δημιούργησε την πρώτη μικρο-τουρμπίνα γνωστή ως Aeroleaf. Το σχήμα κώνου του Aeroleaf του επιτρέπει να πιάνει αιολική ενέργεια στις 360° και χρειάζεται μόνο ταχύτητα ανέμου 2,5 μέτρων ανά δευτερόλεπτο για να ξεκινήσει η παραγωγή ενέργειας.

Η New World Wind σχεδίασε το Aeroleaf για να περιστρέφεται χωρίς τη χρήση ζώνης ή γραναζιού, καθιστώντας το μια αθόρυβη γεννήτρια κατάλληλη για οποιαδήποτε τοποθεσία.

Άλλα μοντέλα

Η New World Wind προσφέρει επίσης δύο άλλα παρόμοια προϊόντα που συλλαμβάνουν την αιολική ενέργεια: το Modular Tree και το Bush. Και τα δύο προϊόντα χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία Aeroleaf, αλλά διατίθενται σε μικρότερο σχέδιο που είναι πιο κατάλληλο για τον κήπο κάποιου.

Σε αντίθεση με το Wind Tree, αυτές οι εναλλακτικές επιλογές μπορούν να εξοπλιστούν με φωτοβολταϊκά πέταλα που συλλαμβάνουν ενέργεια από τον ήλιο και προσθέτουν μια δεύτερη πηγή πράσινης ενέργειας. Η προσθήκη των

φωτοβολταϊκών πετάλων στη βάση κάθε Aeroleaf αυξάνει την παραγωγή ενέργειας κατά 5%.



Σε αντίθεση με το Wind Tree, αυτές οι εναλλακτικές επιλογές μπορούν να εξοπλιστούν με φωτοβολταϊκά πέταλα που συλλαμβάνουν ενέργεια από τον ήλιο και προσθέτουν μια δεύτερη πηγή πράσινης ενέργειας. Η προσθήκη των φωτοβολταϊκών πετάλων στη βάση κάθε Aeroleaf αυξάνει την παραγωγή ενέργειας κατά 5%.

Εικόνα 4.8: Μοντέλο Wind Tree με φωτοβολταϊκά πέταλα

## 4.5 Power Flowers

Η ομάδα σχεδιασμού NL Architects έχει βασίσει τη δημιουργία της σε μια υπάρχουσα τουρμπίνα που δημιουργήθηκε από την Urban Green Energy που ονομάζεται Eddy. Οι κατασκευαστές λένε ότι το Eddy μπορεί να συναρμολογηθεί σε λιγότερο από μία ώρα, είναι ασφαλές για χρήση σε ανέμους έως και 120 mph (193 kph) και θα διαρκέσει για τουλάχιστον 20 χρόνια. Η δομή Power Flowers θα διαθέτει μια κοίλη χαλύβδινη στήλη με κλαδιά στην κορυφή.



Εικόνα 4.9: Μοντέλο Power Flowers

Αυτά τα κλαδιά θα φιλοξενούσαν είτε τρεις είτε 12 τουρμπίνες που μοιάζουν με δενδροειδή και θα μπορούσαν να αναπτυχθούν πιο κοντά, ή ακόμα και μέσα σε αστικά περιβάλλοντα, όπως πάρκα, δρόμοι.

Αν και οι στρόβιλοι κάθετου άξονα θεωρούνται λιγότερο αποδοτικοί από τους μεγαλύτερους αδερφούς τους με τρία πτερύγια, ο σχεδιασμός των Power Flowers θα επέτρεπε τη συσκευασία περισσότερων από αυτούς σε τοποθεσίες που διαφορετικά δεν θα ήταν διαθέσιμες.

Χρησιμοποιώντας στοιχεία που παρέχονται από τον κατασκευαστή του Eddy, η ομάδα υπολογίζει ότι μια δομή Power Flowers με τρεις στρόβιλους θα παρήγαγε πάνω από 13.000 kWh ισχύος κάθε χρόνο με μέση ταχύτητα ανέμου 5 μέτρα ανά δευτερόλεπτο και θα παρήγαγε μόλις 42,8 db θορύβου στα 12 μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Δεύτερος. Η ετήσια παραγωγή ισχύος κάθε δομής 12 στρόβιλων για την ίδια μέση ταχύτητα ανέμου υπολογίζεται σε 55.000 kWh.

#### 4.6 Υβριδικά Συστήματα Οδικού Φωτισμού

Το στάνταρ υβριδικό μας σύστημα οδικού φωτισμού είναι ενσωματωμένο με ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα DS-300W και ηλιακό πάνελ 85W μαζί με μοντέρνο σχεδιασμό στύλου λαμπτήρα. Η ιδέα του σχεδιασμού είναι να παρέχει μια ανεξάρτητη (εκτός δικτύου), αυτόνομη εφαρμογή φωτισμού ή άλλες χρήσεις εάν υπάρχουν.

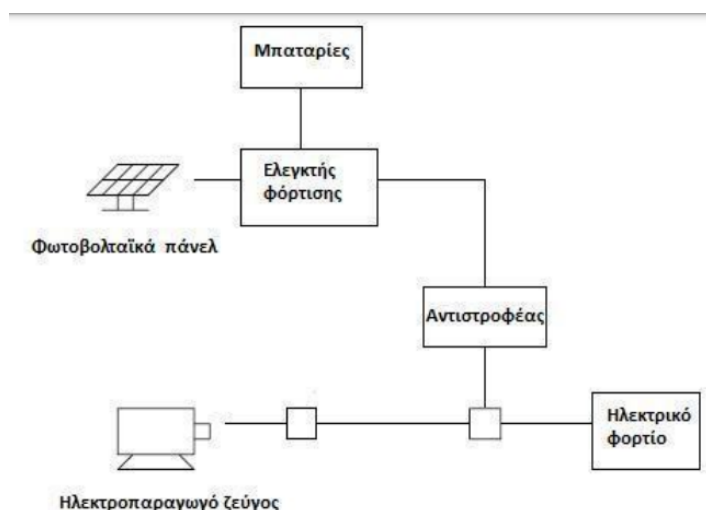


Εικόνα 4.10 : Υβριδικό σύστημα οδικού φωτισμού

Ο ελεγκτής του υβριδικού συστήματος φωτισμού δρόμου είναι ενσωματωμένος με ελεγκτή αιολικής ενέργειας (WG0400) και φορτιστή ηλιακής ενέργειας (RC10-II), και οι δύο είναι παράλληλοι για φόρτιση τράπεζας μπαταριών (12V/24V). Η συστοιχία μπαταριών παρέχει φορτίο μιας λάμπας LED εξοικονόμησης ενέργειας 24 W.

## 5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : Μελέτη εγκατάστασης ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος

Η λειτουργία του υβριδικού συστήματος, είναι σχεδιασμένη για τη βέλτιστη χρήση της διαθέσιμης ενέργειας από τις διάφορες πηγές. Τα βασικά στάδια της λειτουργίας: Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή η ενέργεια χρησιμοποιείται για να καλύψει την άμεση ηλεκτρική κατανάλωση του φορτίου. Η πλεονάζουσα ενέργεια που παράγεται αποθηκεύεται σε μπαταρίες. Αυτό γίνεται μέσω ενός ρυθμιστή φόρτισης. Όταν η ηλιακή παραγωγή είναι ανεπαρκής για να καλύψει τη ζήτηση του φορτίου, ή όταν οι μπαταρίες είναι εκτός λειτουργίας, η ανάγκη για ενέργεια καλύπτεται από το επιπλέον σύστημα. Η νηξελογεννήτρια ενεργοποιείται μόνο όταν υπάρχει έλλειψη ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά και τις μπαταρίες. Παρέχει ενέργεια για το φορτίο και, ταυτόχρονα, μπορεί να χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των μπαταριών όταν αυτή είναι αναγκαία. Ο σχεδιασμός αυτός εξασφαλίζει σταθερή και αξιόπιστη παροχή ενέργειας, ενώ ελαχιστοποιεί την εξάρτηση από τη συμβατική πηγή ενέργειας (ντίζελ). Η αποθήκευση ενέργειας στις μπαταρίες και η χρήση τους κατά τις περιόδους χαμηλής ή απουσίας ηλιακής παραγωγής συμβάλλει στη μείωση του κόστους και την αυτονομία του συστήματος.



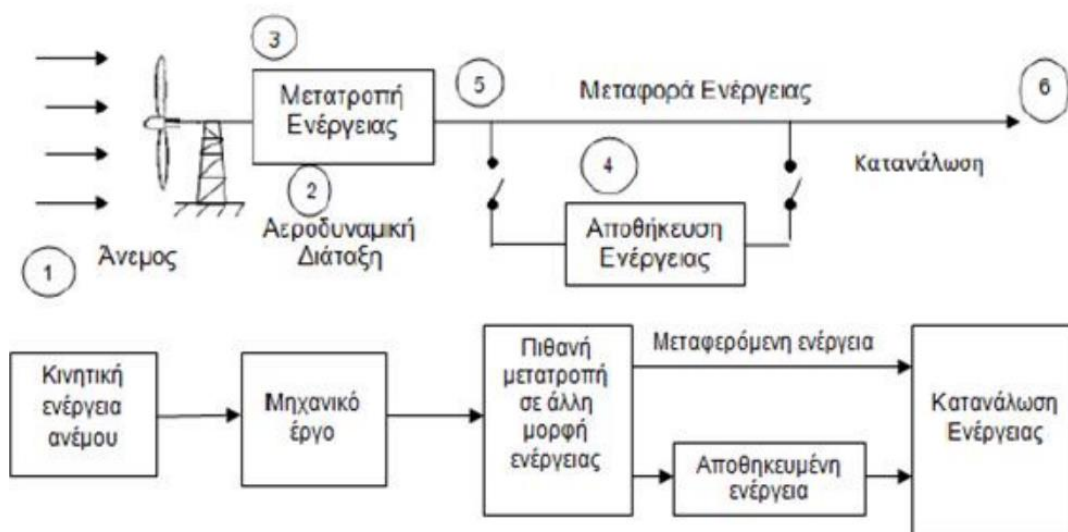
Εικόνα 5.1: Σχέδιο υβριδικού συστήματος

Οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται για οικιακή χρήση έχουν χαμηλή ισχύ και μέγιστη χωρητικότητα 20 kW. Μπορούν να τοποθετηθούν σε ύψος 15 έως 35 m και έχουν διάμετρο ρότορα από 4 έως 8 m. Η εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα. Οι ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος επιτρέπουν τη μέγιστη εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού σε συγκεκριμένες περιοχές. Ο ελάχιστος απαιτούμενος χώρος τις καθιστά κατάλληλες για τοποθετήσεις όπου ο χώρος είναι περιορισμένος καθώς μια ανεμογεννήτρια μικρής ισχύος μπορεί να καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες μιας οικίας, παρέχοντας καθαρή ενέργεια από τον άνεμο. Η περίσσεια ενέργεια που παράγεται μπορεί να μεταφέρεται στο ηλεκτρικό δίκτυο, συμβάλλοντας στη μείωση των ενεργειακών λογαριασμών του ιδιοκτήτη. Επίσης, μπορεί να αποθηκευτεί σε μπαταρίες για μελλοντική χρήση. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν τις ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος μια ελκυστική επιλογή αυτονομίας.

## 5.1 Διάταξη ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος

Η σύνθεση μιας ανεμογεννήτριας περιλαμβάνει διάφορα βασικά συστατικά, τα οποία περιλαμβάνουν το αιολικό δυναμικό, τον μετατροπέα ενέργειας, την αεροδυναμική διάταξη, το σύστημα μεταφοράς ενέργειας το μέσο αποθήκευσης πλεονάζουσας ενέργειας, και, τέλος, τους καταναλωτές.

Η δομή μιας ανεμογεννήτριας πράγματι αποτελείται από πολλά βασικά μέρη, και η ενέργεια περνά από διάφορα στάδια μετατροπής. Ας αναλύσουμε τα βασικά μέρη και τα στάδια αυτά: Αρχικά, ο άνεμος παρέχει την κινητική ενέργεια στο σύστημα. Η αεροδυναμική διάταξη, που συνήθως περιλαμβάνει ανεμοφράκτες και ανεμοτροχούς, μετατρέπει το κινητικό έργο του αέρα σε μηχανικό έργο στον άξονα της ανεμογεννήτριας. Το μηχανικό έργο που δημιουργείται μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Το πλεονάζον ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να αποθηκευτεί σε συσσωρευτές (μπαταρίες) για μελλοντική χρήση, είτε για τους καταναλωτές είτε για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών όταν ο άνεμος δεν παράγει επαρκώς. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από την γεννήτρια στους καταναλωτές μέσω κατάλληλου συστήματος μεταφοράς, όπως καλώδια. Τέλος, η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται από τους καταναλωτές, δηλαδή από τις ηλεκτρικές συσκευές ή άλλες εφαρμογές. Αυτή η αλυσίδα μετατροπών εξηγεί πώς η ενέργεια από τον άνεμο καταλήγει να τροφοδοτεί τις ηλεκτρικές συσκευές και να αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση.



Εικόνα 5.2: Διάταξη εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας και διαδικασία μετατροπής ενέργειας σε άλλες μορφές

Από την παραγωγή έως την αξιοποίηση της ενέργειας από ένα σύστημα αιολικής ενέργειας περιγράφεται ως εξής: Ο άνεμος παρέχει κινητική ενέργεια στον δρομέα της ανεμογεννήτριας. Ο δρομέας, υποδεικνύοντας την κατεύθυνση του ανέμου, περιστρέφεται, δημιουργώντας ροπή. Η ροπή αυτή περιστρέφει τη γεννήτρια μέσω του συστήματος μετάδοσης. Η γεννήτρια παράγει ηλεκτρικό ρεύμα μεταβλητής συχνότητας. Ένας μετατροπέας (rectifier) μετατρέπει το μεταβλητό ρεύμα σε συνεχές. Το συνεχές ρεύμα φορτίζει τους συσσωρευτές. Ένας μετατροπέας (inverter) μετατρέπει το συνεχές ρεύμα από τους συσσωρευτές σε

εναλλασσόμενο, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το τοπικό ηλεκτρικό σύστημα. Η ολοκληρωμένη διαδικασία περιλαμβάνει τον αποτελεσματικό μετασχηματισμό της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε χρήσιμη ηλεκτρική ενέργεια για την χρήση των καταναλωτών.

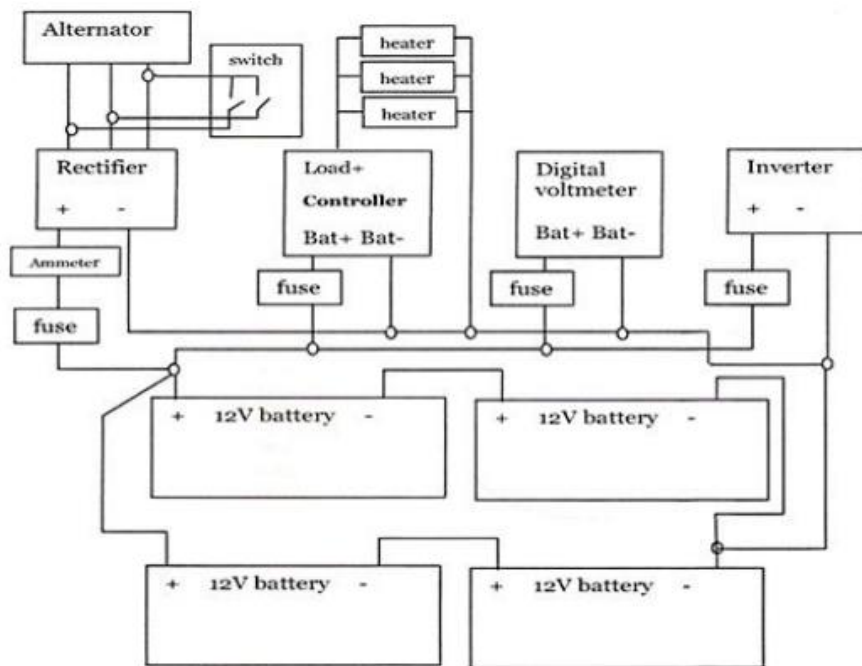
Τα αυτόνομα συστήματα χρησιμοποιούνται για να παρέχουν ενέργεια και να καλύπτουν τις ανάγκες οικιών, βιομηχανιών και γεωργικών εφαρμογών. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις όπου ο άνεμος δεν είναι επαρκής ή το μηχάνημα υποστηρίζει βλάβες, απαιτώντας λύσεις αποθήκευσης ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Η αποθήκευση θεωρείται κρίσιμη, καθώς εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα ενέργειας όταν αυτή χρειάζεται. Παρ' όλα αυτά, στα συστήματα αυτά παρατηρούνται απώλειες λόγω της πολυπλοκότητας και της ανάγκης για μετατροπές ενέργειας. Αυτό οδηγεί σε μειωμένη απόδοση, ενώ η υπερβολική παραγωγή ενέργειας είναι πρόκληση, καθώς δυσκολεύει την αποτελεσματική χρήση της όλης. Αυτές είναι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή αυτόνομων συστημάτων ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές αντιμετωπίζουν πράγματι προκλήσεις που προκύπτουν από τη φύση των αυτών των πηγών ενέργειας. Ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία είναι μεταβλητοί σε χρόνο και χώρο. Η ανεπάρκεια αυτών των πηγών ενέργειας οδηγεί στην ανάγκη αποθήκευσης. Οι συσσωρευτές, παρά την εξέλιξή τους, εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν προκλήσεις σε θέματα απόδοσης και διάρκειας ζωής. Η υπερβολική παραγωγή ενέργειας, που προέρχεται από πηγές όπως ηλιακά και αιολικά πάρκα, απαιτεί αποτελεσματικά συστήματα αποθήκευσης ή αλλαγές στο δίκτυο για να διαχειριστεί αυτή την υπερβολική ενέργεια. όμως η μετατροπή και αποθήκευση ενέργειας απαιτεί πολύπλοκες διεργασίες που συχνά συνοδεύονται από απώλειες.

Η συντήρηση των συστημάτων είναι σημαντική για τη διασφάλιση της συνεχούς λειτουργίας, και η απομακρυσμένη τοποθέτηση ή οι δυσκολίες πρόσβασης μπορεί να αυξήσουν το κόστος της συντήρησης. Οι τεχνολογικές καινοτομίες, η ανάπτυξη αποτελεσματικότερων συστημάτων αποθήκευσης, και η βελτίωση των τεχνικών διαχείρισης ενέργειας είναι ζωτικές για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και την εξασφάλιση της αποτελεσματικής χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

## **5.2 Σύνδεση ανεμογεννήτριας και αποθήκευση ενέργειας στους συσσωρευτές**

Η σύνδεση μικρών ανεμογεννητριών σε ξεχωριστά ηλεκτρικά δίκτυα, γνωστά ως μικροδίκτυα, προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα. Το γεγονός ότι βρίσκονται πλησίον των καταναλωτών επιτρέπει τις λιγότερες απώλειες κατά την μεταφορά της ενέργειας όπως αυτή παράγεται και καταναλώνεται στο ίδιο δίκτυο. Στην περίπτωση της σύνδεσης σε DC ζυγό, η ανεμογεννήτρια παράγει συνεχές ρεύμα, το οποίο μεταφέρεται στον ρυθμιστή φόρτισης. Από εκεί, το ρεύμα φορτίζει το αποθηκευτικό μέσο, όπως συσσωρευτές. Στη συνέχεια, αυτό το αποθηκευτικό μέσο συνδέεται σε έναν αντιστροφέα, ο οποίος μετατρέπει το αποθηκευμένο DC ρεύμα σε AC, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για τις ανάγκες των καταναλωτών, είτε να συνδεθεί σε ένα δίκτυο χαμηλής τάσης. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την αποθήκευση ενέργειας όταν η παραγωγή υπερβαίνει τις ανάγκες των καταναλωτών και τη χρήση αυτής της αποθηκευμένης ενέργειας όταν η παραγωγή είναι ανεπαρκής, εξασφαλίζοντας έτσι σταθερή παροχή ενέργειας.



Εικόνα 5.3: Σύνδεση ανεμογεννήτριας σε DC ζυγό απευθείας σε συσσωρευτές

Το σχήμα παρουσιάζει τη σύνδεση μιας ανεμογεννήτριας με συσσωρευτές και τους σχετικούς ελεγκτές. Ας αναλύσουμε τα βασικά στοιχεία του σχεδίου: Η ανεμογεννήτρια δημιουργεί κινητικό έργο από τον αέρα, και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Ο διπολικός διακόπτης είναι σχεδιασμένος για να βραχυκυκλώνει τη γεννήτρια, διακόπτοντας έτσι τη λειτουργία της. Αυτό είναι χρήσιμο για συντήρηση ή επισκευές.

Ο ανορθωτής μετατρέπει τον τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα που παράγεται από τη γεννήτρια σε συνεχές ρεύμα. Ο ρυθμιστής φόρτισης ρυθμίζει τη φόρτιση των συσσωρευτών. Ελέγχει την τάση και το ρεύμα που φορτίζει τους συσσωρευτές, εξασφαλίζοντας ότι δεν υπερφορτίζονται ή υποφορτίζονται.

Επίσης, ρυθμίζει τη φόρτιση των απορριπτικών φορτίων. Οι συσσωρευτές αποθηκεύουν την ενέργεια που παράγεται από τη γεννήτρια. Η τάση των συσσωρευτών πρέπει να είναι σχετικά κοντά στην τάση που απαιτείται για τη φόρτιση των συσκευών του συστήματος. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει να αξιοποιείται η ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια και να αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση.

Ο έλεγχος των συσσωρευτών είναι κρίσιμος για την απόδοση του συστήματος και για προστασία των εξαρτημάτων από υπερφόρτωση ή υποφόρτωση. Η ποικιλομορφία των ελεγκτών φόρτισης επιτρέπει την προσαρμογή στις συγκεκριμένες απαιτήσεις του συστήματος.

### 5.3 Μετατροπείς DC - AC (Inverter)

Οι μετατροπείς είναι ουσιαστικοί, μετατρέπουν την συνεχή τάση (DC) που δίνεται από τους συσσωρευτές σε εναλλασσόμενη τάση (AC) που χρησιμοποιείται από τις κοινές ηλεκτρικές συσκευές. Βασικές κατηγορίες μετατροπέων είναι:

#### 1. Αυτόνομοι Μετατροπείς:

Μετατροπείς με Καθαρή Ημιτονική Κυματομορφή (Pure Sine Wave): Αυτοί οι μετατροπείς παράγουν μια καθαρή ημιτονική κυματομορφή, η οποία είναι παρόμοια με την κυματομορφή του ηλεκτρικού δικτύου. Αυτό τους καθιστά κατάλληλους για όλες τις συσκευές, συμπεριλαμβανομένων ευαίσθητων ηλεκτρονικών.

Μετατροπείς με Τροποποιημένη Ημιτονική Κυματομορφή (Modified Sine Wave): Αυτοί οι μετατροπείς παράγουν μια τροποποιημένη ημιτονική κυματομορφή, η οποία είναι πιο προσεγγιστική της τετραγωνικής κυματομορφής. Είναι πιο οικονομικοί, αλλά μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα σε ορισμένες συσκευές.

#### 2. Μετατροπείς Γραμμής Συγχρονισμού (Grid-Tie Inverters):

- Οι μετατροπείς γραμμής συγχρονισμού συνδέονται άμεσα στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο.

- Εξαρτώνται από το ηλεκτρικό δίκτυο για να λειτουργήσουν. Αν το δίκτυο απενεργοποιηθεί, οι μετατροπείς αυτοί συνήθως διακόπτουν τη λειτουργία τους για λόγους ασφαλείας.

Ο μετατροπέας πρέπει να είναι αρκετά ισχυρός για να χειρίζεται όλες τις συσκευές και να έχει σταθερή τάση, ακόμα κι αν υπάρχουν αλλαγές στην παροχή ενέργειας. Εξετάζουμε διαφορετικούς παράγοντες όταν επιλέγουμε έναν μετατροπέα, όπως πόση ισχύ μπορεί να αντέξει και πόσο αποδοτικός είναι.

### 5.4 Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος

Θα πρέπει να πραγματοποιηθούν κάποια έργα υποδομής για την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος. Η προετοιμασία του εδάφους και η κατάλληλη εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας είναι κρίσιμες για τη σταθερότητα και την απόδοση του συστήματος.

1. Εδαφικά Χαρακτηριστικά: Πριν από την εγκατάσταση, πρέπει να γίνει μια αξιολόγηση των εδαφικών χαρακτηριστικών της περιοχής. Το έδαφος πρέπει να είναι ικανό να υποστηρίξει το βάρος του πύργου και να παρέχει σταθερή βάση.

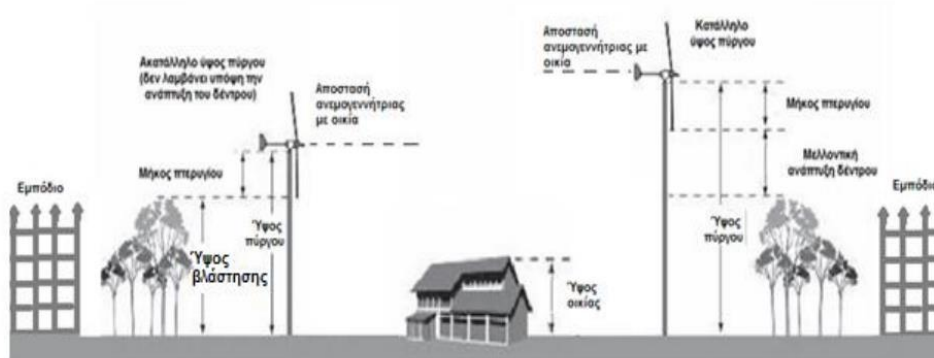
2. Βάση Πύργου: Η βάση του πύργου πρέπει να είναι σταθερή και ανθεκτική. Συνήθως, χρησιμοποιείται σκυρόδεμα για την κατασκευή της βάσης, προσαρμοσμένη στα εδαφικά χαρακτηριστικά.



3. Αντοχή Στοιχείων: Η κατασκευή του πύργου και των άλλων στοιχείων πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις αντίξοες καιρικές συνθήκες της περιοχής. Ο κατασκευαστής θα πρέπει να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την αντοχή σε άνεμο και άλλες περιβαλλοντικές παραμέτρους.

4. Συμβουλές Κατασκευαστή: Είναι σημαντικό να ακολουθηθούν οι οδηγίες του κατασκευαστή για την εγκατάσταση. Κάθε ανεμογεννήτρια μπορεί να έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις και οδηγίες εγκατάστασης.

Κατά την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας, ο υπολογισμός του ύψους του πύργου παίζει σημαντικό ρόλο, ιδίως όταν υπάρχουν περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως άλλες οικίες ή εμπόδια στη γύρω περιοχή. Ο υπολογισμός αυτός συνδέεται με το ύψος της οικίας και τα ύψη των πιθανών εμποδίων. Όταν τα εμπόδια είναι σταθερά, ο υπολογισμός είναι πιο απλός, καθώς τα περύγια της ανεμογεννήτριας πρέπει απλώς να βρίσκονται στο ανώτερο σημείο του ψηλότερου εμποδίου. Συνεπώς, το ύψος του πύργου είναι το άθροισμα του ύψους του ψηλότερου εμποδίου και του μήκους του περυγίου. Όταν τα εμπόδια μπορούν να μεταβληθούν, όπως στην περίπτωση της βλάστησης, ιδιαίτερα των δέντρων, ο υπολογισμός περιπλέκεται. Είναι αναγκαία η συμβουλή ειδικού για να καθοριστεί το μέγιστο ύψος που μπορεί να αναπτυχθεί κάθε δέντρο στην περιοχή. Το ύψος του ψηλότερου εμποδίου συνυπολογίζεται με το μήκος του περυγίου της ανεμογεννήτριας για τον υπολογισμό του τελικού ύψους του πύργου στήριξης.



Εικόνα 5.4: Υπολογισμός ύψους εγκατάστασης ανεμογεννήτριας.

## 5.5 Αντικεραυνική προστασία

Η αντικεραυνική προστασία για ανεμογεννήτριες είναι σημαντική ώστε να προστατευτεί ο εξοπλισμός από ζημιές που μπορεί να προκαλέσει κάποιος κεραυνός. Οι δύο τρόποι αντικεραυνικής προστασίας είναι οι εξής:

1. Πρώτος Τρόπος (Ενσωματωμένη Προστασία): Σε περίπτωση κεραυνού, το ρεύμα ακολουθεί μια συγκεκριμένη διαδρομή και κατευθύνεται προς το έδαφος μέσω ενός ηλεκτροδίου γείωσης. Αυτό το σύστημα παρέχει ενσωματωμένη προστασία χωρίς ανάγκη για εξωτερικά στοιχεία.

2. Δεύτερος Τρόπος (Ακίδα Αντικεραυνικής Προστασίας): Στον δεύτερο τρόπο χρησιμοποιείται ακίδα ως συλλέκτης συστήματος αντικεραυνικής προστασίας. Η ακίδα τοποθετείται έξω από το σύστημα, και σε περίπτωση κεραυνού, προσελκύει την εκκένωση

προς το έδαφος μέσω του συστήματος γείωσης. Αυτό το σύστημα απαιτεί προσεκτικό έλεγχο της θέσης της ανεμογεννήτριας για να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα της προστασίας.

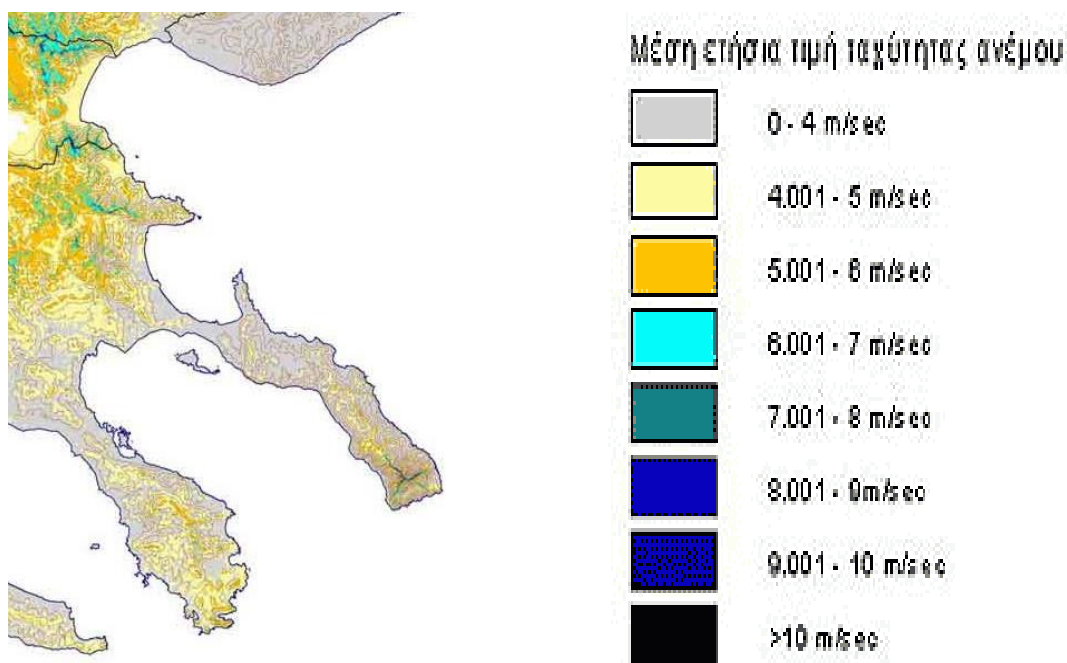
Και οι δύο τρόποι έχουν τα θετικά τους, αλλά είναι σημαντικό να τηρούνται οι οδηγίες του κατασκευαστή και να ακολουθούν τους τοπικούς κανονισμούς για την ασφάλεια και την αντικεραυνική προστασία.

## 6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : Εισαγωγή μελέτης

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα υλοποιηθεί μελέτη για την εγκατάσταση ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος για την καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες μιας Ιερής Μονής η οποία βρίσκεται στο Άγιος Όρος μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και την ελάττωση των μονάδων ηλεκτροπαραγωγικών ζευγών . Η μελέτη υλοποιείται δεδομένου ότι δεν θα υπάρχει σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο καθώς και ότι υπάρχει υπάρχον υβριδικό σύστημα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της Μονής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς και αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας.

### 6.1 Αιολικό δυναμικό Αγίου Όρους

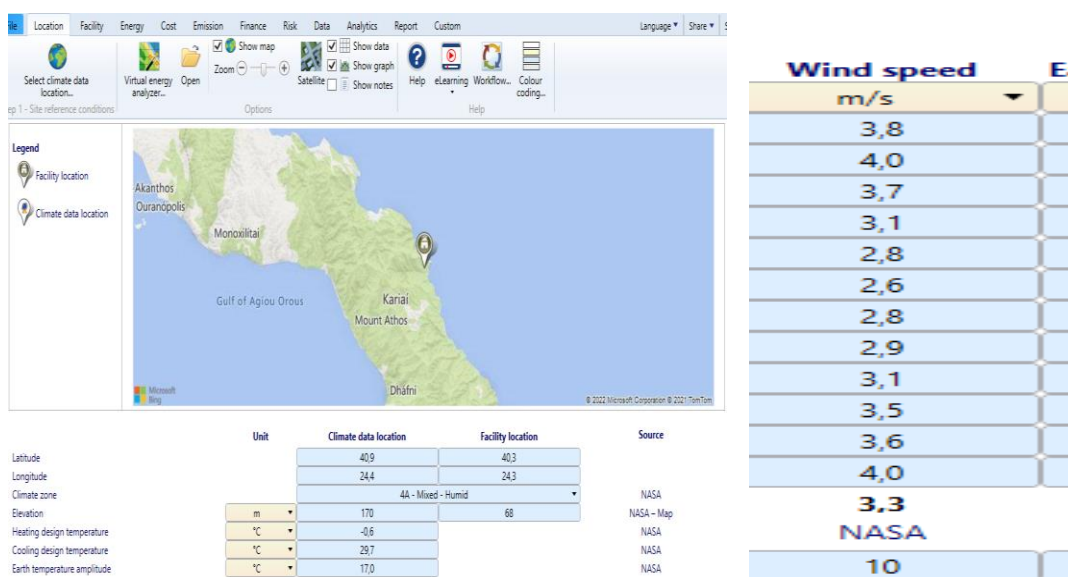
Η εγκατάσταση αιολικών μηχανών στην Ελλάδα αποτελεί σημαντικό βήμα προς τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αν και ο Άγιος Όρος, σύμφωνα με την ανασκόπηση, κατατάσσεται στην κατηγορία του χαμηλού αιολικού δυναμικού, οι αιολικές εγκαταστάσεις δεν εξαρτώνται μόνο από την ορμή του ανέμου. Η επιλογή της τοποθεσίας πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη γεωγραφία, την τοπογραφία, τα εμπόδια και την ταχύτητα του ανέμου. Σημαντικό είναι επίσης να σημειωθεί ότι η τεχνολογία των ανεμογεννητριών συνεχίζει να εξελίσσεται, και η αποδοτικότητα τους αυξάνεται. Έτσι, ακόμη και σε περιοχές με χαμηλό αιολικό δυναμικό, η εγκατάσταση αιολικών εγκαταστάσεων μπορεί να είναι εφικτή και αποτελεσματική, συμβάλλοντας στη μείωση της χρήσης των συμβατικών πηγών ενέργειας.



<http://www.cres.gr/kape/datainfo/maps.htm>

Εικόνα 6.1: Αιολικό δυναμικό Αγίου Όρους

Η μεταβαλλόμενη φύση του αιολικού δυναμικού αντικατοπτρίζει τη σημασία του συστηματικού χαρτογραφήματος και της συνεχούς παρακολούθησης για την αξιολόγηση της εφαρμογής αιολικών έργων ενέργειας. Η ακριβής γνώση της τοπικής ταχύτητας του ανέμου είναι κρίσιμη για τη σωστή εγκατάσταση και λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Ως προς την περιοχή του Αγίου Όρους, με την ταχύτητα του ανέμου να είναι από 3 έως 4 m/sec, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι οι ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος συχνά σχεδιάζονται για χαμηλές ταχύτητες ανέμου. Οι εν λόγω συσκευές μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά και σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου, όπως αυτές που περιγράφετε. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι παρά την χαμηλή ταχύτητα του ανέμου, μπορεί να είναι δυνατή η εγκατάσταση ανεμογεννητριών για να καλυφτούν οι ενεργειακές ανάγκες της περιοχής. Η αποτελεσματικότητα, ωστόσο, θα πρέπει να εκτιμηθεί προσεκτικά με βάση τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών που επιλέγονται και τον σχεδιασμό του έργου.



Εικόνα 6.2: Ταχύτητα του ανέμου της περιοχής

## 6.2 Υφιστάμενο υβριδικό σύστημα

Για να μπορέσουμε να επιλέξουμε την κατάλληλη ανεμογεννήτρια για να μπορέσουμε να την εντάξουμε στο υφιστάμενο υβριδικό σύστημα θα πρέπει να αναλύσουμε τα χαρακτηριστικά του καθώς και ποιες οι δυνατότητες που έχει. Αρχικά ο υφιστάμενος σταθμός αποτελείται από μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια των 100KW, από τέσσερα ηλεκτροπαραγωγικά ζεύγη κλιμακωτής ισχύος από 100 KW έως 300 KW τα οποία λειτουργούν χωρίς δυνατότητα παραλληλισμού και από συσσωρευτές συνολικής χωρητικότητας 760kW.



Εικόνα 6.3: Φωτογραφία από Φ/Β πάρκο

### 6.3 Επιλογή ανεμογεννήτριας μικρή ισχύος

Ως γνώμονας για την επιλογή της κατάλληλης ανεμογεννήτριας, πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες για να εξασφαλιστεί η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της Μονής. Εκτός από τις μηνιαίες ή ημερήσιες ανάγκες, πρέπει να ληφθούν υπόψη πιθανές διακοπές στη λειτουργία της ανεμογεννήτριας λόγω βλάβης, έλλειψης ανέμου ή ισχυρών ανέμων. Σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες στο ηλεκτρικό δίκτυο, όπου η ενέργεια παράγεται μόνο από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, είναι απαραίτητο να αποθηκεύεται ενέργεια για εξασφαλισμένη παροχή ενέργειας και κατά τη διάρκεια περιόδων βλάβης ή απουσίας ανέμου.

Οι συσσωρευτές ή οι συμπιεστές χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας. Επιπλέον, πρέπει να γίνει εκτίμηση του ποσοστού πλεονάζουσας ενέργειας που παράγεται με στόχο την αποθήκευσή της. Η ανεμογεννήτρια πρέπει να είναι ικανή να παράγει αρκετή ενέργεια για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών και τη διατήρηση ενός αποθεματικού. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι τα αιολικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Η ανεμογεννήτρια πρέπει να είναι σχεδιασμένη για να εκμεταλλεύεται πλήρως το αιολικό δυναμικό της περιοχής, χωρίς να προκαλεί προβλήματα στη λειτουργία της. Σε γενικές γραμμές, η επιλογή της ανεμογεννήτριας θα πρέπει να προσαρμοστεί στις συγκεκριμένες ανάγκες και συνθήκες της Μονής, λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω παράγοντες.

Ο τύπος της ανεμογεννήτριας που προτάθηκε είναι κάθετου άξονα, καθώς είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται διαδομένα σε περιοχές όπου δεν έχουμε απαίτηση προς τον προσανατολισμό της γεννήτριας καθώς επίσης λόγω του χαμηλού αιολικού δυναμικού θα είναι ευκολότερη η αξιοποίηση της πλήρους εκμετάλλευσης του αιολικού δυναμικού .

Εν συνεχεία θα παρουσιαστεί η κάθε μια Α/Γ που κατ' αρχήν καλύπτει το θέμα της αξιόπιστης λύσης.

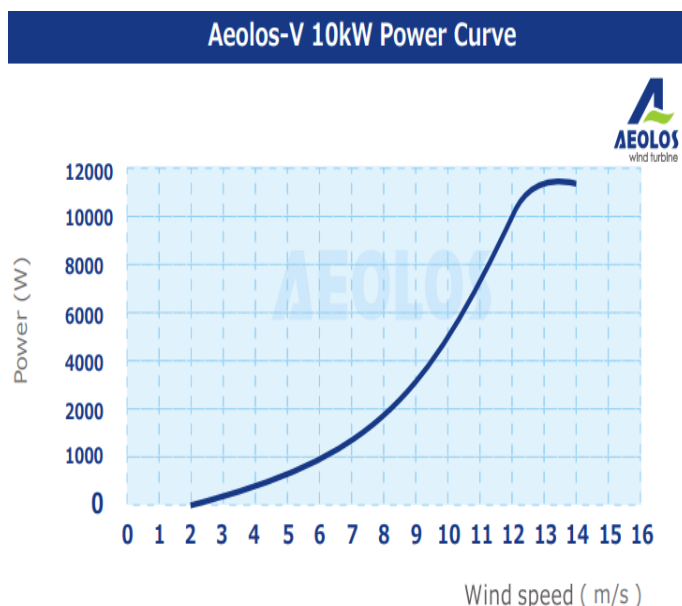
### 6.3.1 Aeolos - V 10 kW

Ο πρώτος τύπος της ανεμογεννήτριας είναι το μοντέλο Aeolos-V I 10 kWatt Wind Turbine είναι της εταιρίας Aeolos η οποία είναι μια ανεμογεννήτρια μικρής ισχύος 10 kWatt η οποία θα κάλυπτε τις ενεργειακές ανάγκες της Μονής, στην εικόνα απεικονίζεται ο πρώτος τύπος όπου προτάσσεται με τα χαρακτηριστικά της να φαίνονται στον πίνακα.

Όνομαστική ισχύς	10KW
Μέγιστη ισχύς εξόδου	12KW
Εκκίνηση ταχύτητας ανέμου	2.5m/s
Ταχύτητα εργασίας ανέμου	12m/s
Μέγιστη ταχύτητα επιβίωσης	55m/s
Απόδοση της γεννήτριας	96%
Βαθμός θορύβου	<45dB(A)
Έξτρα χαρακτηριστικά	
Ύψος ρότορα	5.3m
Πλάτος ρότορα	4.2m
Βάρος	385Kg
Θερμοκρασία εργασίας	-30 με 60°C
Χρόνος ζωής	20 χρόνια
Τύπος γεννήτριας	3-phase PM
Τάση λειτουργίας	Off Grid : 48V or 120V, Grid Tie : 360V



Εικόνα 6.4: Μοντέλο Aeolos V 10kW



Όπως φαίνεται στο γράφημα, η ισχύς εξόδου της ανεμογεννήτριας επιτυγχάνει το μέγιστο για ταχύτητα ανέμου 13 m/s. Καθώς η ταχύτητα αυξάνεται πέραν των 14 m/s, η ισχύς αρχίζει να μειώνεται. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του συστήματος προστασίας AutoFurl, το οποίο απομακρύνει τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας από την κατεύθυνση του ανέμου για λόγους ασφαλείας. Αυτό το σύστημα εξασφαλίζει ότι η ανεμογεννήτρια δεν θα υπερβεί τα όρια λειτουργίας της σε υψηλές ταχύτητες ανέμου, προστατεύοντας την από ζημιές και διατηρώντας τη λειτουργική της κατάσταση.

Εικόνα 6.5 : Γραφική παράσταση Aeolos 10kW

Η ετήσια παραγωγή ενέργειας της ανεμογεννήτριας Aeolos 10kW διαφοροποιείται ανάλογα με τις ταχύτητες του ανέμου. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή ενέργειας για ταχύτητες ανέμου 5 m/s είναι 6657 kWh. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται όσο αυξάνονται οι ταχύτητες του ανέμου. Τα δεδομένα που παρέχονται για τις διάφορες ταχύτητες ανέμου σας επιτρέπουν να παρακολουθήσετε αυτήν τη σχέση και να εκτιμήσετε την απόδοση της ανεμογεννήτριας σε διάφορες συνθήκες ανέμου.

Aeolos-V 10kW Wind Turbine Annual EnergyOutput			
Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (kWh)	Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (kWh)
3 m/s	2278 kWh	8 m/s	26280 kWh
4 m/s	4380 kWh	9 m/s	35741 kWh
5 m/s	6657 kWh	10 m/s	42924 kWh
6 m/s	11386 kWh	11 m/s	68328 kWh
7 m/s	17958 kWh	12 m/s	89352 kWh

Εικόνα 6.6 : Μέση τιμή της ετήσιας παραγωγής ενέργειας

Η προσέγγισή σας για τις συνθήκες λειτουργίας της ανεμογεννήτριας φαίνεται λογική. Είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας, όπως η ένταση και η κατεύθυνση του ανέμου, οι στροβιλισμοί άνεμου, καθώς και οι αλλαγές στον προσανατολισμό της. Η πληροφορία ότι η ανεμογεννήτρια σταματά να λειτουργεί σε ταχύτητες ανέμου 55 m/sec λόγω προβλημάτων επιβίωσης είναι επίσης σημαντική, καθώς παρέχει μια ανώτατη τιμή έως την οποία η συσκευή είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί ασφαλώς.

Σε περιοχές με σχετική σταθερότητα καιρικών συνθηκών, όπως αυτή που σκοπεύετε να τοποθετήσετε την ανεμογεννήτρια, η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού είναι πιο προβλέψιμη, και η απόδοση της ανεμογεννήτριας μπορεί να είναι πιο σταθερή. Ωστόσο, είναι πάντα σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες και να πραγματοποιούνται αναλύσεις για την αξιολόγηση της καταλληλότητας της τοποθεσίας για την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας.

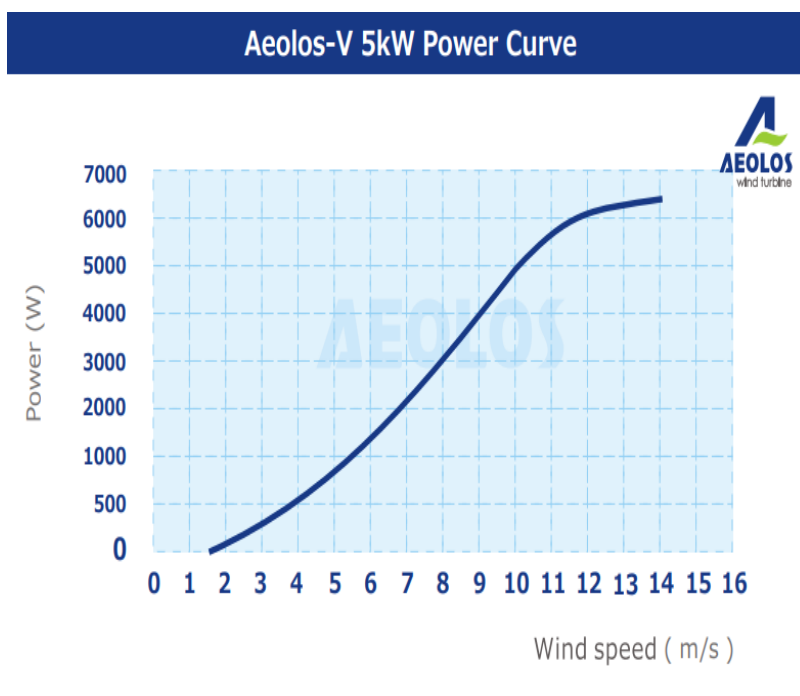
### 6.3.2 Aeolos - V 5 kW

Ο δεύτερος τύπος της ανεμογεννήτριας είναι το μοντέλο Aeolos-V I 5 kWatt Wind Turbine είναι της εταιρίας Aeolos η οποία είναι μια ανεμογεννήτρια μικρής ισχύος 5kWatt στην εικόνα απεικονίζεται ο δεύτερος τύπος όπου προτάσσετε με τα χαρακτηριστικά της να φαίνονται στον πίνακα.



Όνομαστική ισχύς	5KW
Μέγιστη ισχύς εξόδου	7KW
Εκκίνηση ταχύτητας ανέμου	2.5m/s
Ταχύτητα εργασίας ανέμου	10m/s
Μέγιστη ταχύτητα επιβίωσης	55m/s
Απόδοση της γεννήτριας	96%
Βαθμός θορύβου	<45dB(A)
Ύψος ρότορα	5,3m
Πλάτος ρότορα	4.2m
Βάρος	385Kg
Θερμοκρασία εργασίας	-30 με 60°C
Χρόνος ζωής	20 χρόνια
Τύπος γεννήτριας	3-phase PM
Τάση λειτουργίας	Off Grid : 48V or 120V, Grid Tie : 360V

Εικόνα 6.7: Μοντέλο Aeolos V 5kW



Όπως φαίνεται στο γράφημα, η ισχύς εξόδου της ανεμογεννήτριας επιτυγχάνει το μέγιστο για ταχύτητα ανέμου 13 m/s. Καθώς η ταχύτητα αυξάνεται πέραν των 14 m/s, η ισχύς αρχίζει να μειώνεται. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του συστήματος προστασίας AutoFurl, το οποίο απομακρύνει τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας από την κατεύθυνση του ανέμου για λόγους ασφαλείας.

Εικόνα 6.8 : Γραφική παράσταση Aeolos 5kW

Αυτό το σύστημα εξασφαλίζει ότι η ανεμογεννήτρια δεν θα υπερβεί τα όρια λειτουργίας της σε υψηλές ταχύτητες ανέμου, προστατεύοντας την από ζημιές και διατηρώντας τη λειτουργική της κατάσταση.



Η ετήσια παραγωγή ενέργειας της Α/Γ Aeolos 10kW διαφοροποιείται ανάλογα με τις ταχύτητες του ανέμου. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή ενέργειας για ταχύτητες ανέμου 5 m/s είναι 6657 kWh. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται όσο αυξάνονται οι ταχύτητες του ανέμου. Τα δεδομένα που παρέχονται για τις διάφορες ταχύτητες ανέμου σας επιτρέπουν να παρακολουθήσετε αυτήν τη σχέση και να εκτιμήσετε την απόδοση της Α/Γ σε διάφορες συνθήκες ανέμου.

Aeolos-V 5kW Wind Turbine Annual Energy Output			
Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (kWh)	Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (kWh)
3 m/s	2278 kWh	8 m/s	26280 kWh
4 m/s	4380 kWh	9 m/s	35741 kWh
5 m/s	6657 kWh	10 m/s	42924 kWh
6 m/s	11386 kWh	11 m/s	49932 kWh
7 m/s	17958 kWh	12 m/s	53436 kWh

Εικόνα 6.9: Μέση τιμή της ετήσιας παραγωγής ενέργειας

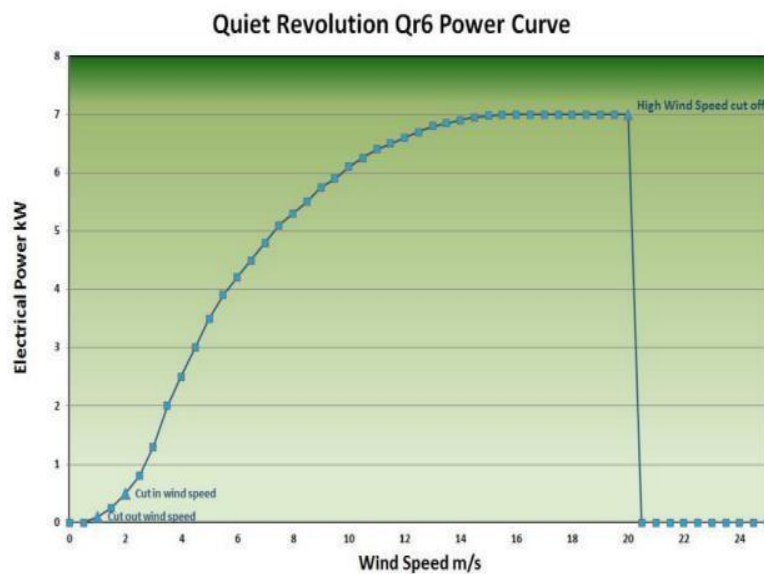
### 6.3.3 Quietrevolution qr6

Ο τρίτος τύπος της ανεμογεννήτριας είναι το μοντέλο quietrevolution qr6 5 kWatt Wind Turbine είναι της εταιρίας η οποία είναι μια ανεμογεννήτρια μικρής ισχύος 6 kWatt. Η Α/Γ Quietrevolution είναι σχεδιασμένη να παράγει τη μέγιστη ισχύ της μεταξύ 10m/s - 16m/s, ενώ είναι εξαιρετικά σημαντικό το γεγονός ότι η ταχύτητα που αρχίζει να λειτουργεί είναι μόλις 1,5m/s. στην εικόνα απεικονίζεται ο τρίτος τύπος όπου προτάσσεται με τα χαρακτηριστικά της να φαίνονται στον πίνακα.



Ονομαστική ισχύς	6KW
Μέγιστη ισχύς εξόδου	7KW
Εκκίνηση ταχύτητας ανέμου	1.5m/s
Ταχύτητα εργασίας ανέμου	13m/s
Μέγιστη ταχύτητα επιβίωσης	20m/s
Απόδοση της γεννήτριας	96%
Βαθμός θορύβου	<45dB(A)
Ύψος ρότορα	5,3m
Πλάτος ρότορα	4.2m
Βάρος	385Kg
Θερμοκρασία εργασίας	-30 με 60°C
Χρόνος ζωής	30 χρόνια
Τύπος γεννήτριας	3-phase PM

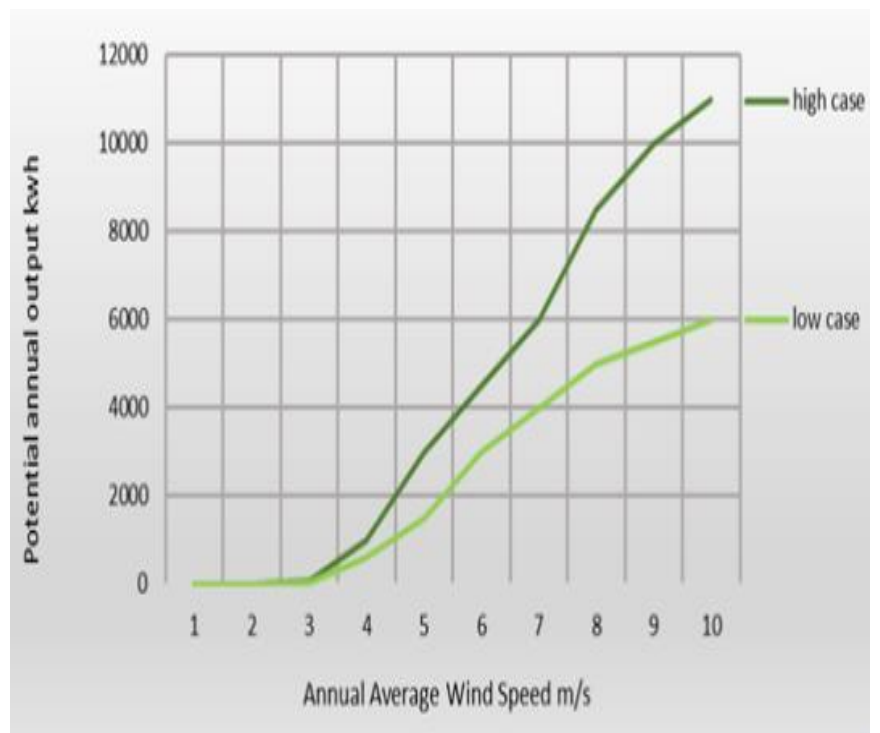
Εικόνα 6.10 : μοντέλο quietrevolution qr6



Εικόνα 6.11:Γραφική παράσταση της ανεμογεννήτριαςQr6

Όπως φαίνεται στο γράφημα, η ισχύς εξόδου της ανεμογεννήτριας επιτυγχάνει το μέγιστο για ταχύτητα ανέμου 20 m/s. Καθώς η ταχύτητα αυξάνεται πέραν των 20 m/s, η ισχύς αρχίζει να μειώνεται. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του συστήματος προστασίας AutoFurl, το οποίο απομακρύνει τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας από την κατεύθυνση του ανέμου για λόγους ασφαλείας. Αυτό το σύστημα εξασφαλίζει ότι η ανεμογεννήτρια δεν θα υπερβεί τα όρια λειτουργίας της σε υψηλές ταχύτητες ανέμου, προστατεύοντας την από ζημιές και διατηρώντας τη λειτουργική της κατάσταση.

Η ετήσια παραγωγή ενέργειας της Α/Γ Qr6 διαφοροποιείται ανάλογα με τις ταχύτητες του ανέμου. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή ενέργειας για ταχύτητες ανέμου 5 m/s είναι 2755 kWh. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται όσο αυξάνονται οι ταχύτητες του ανέμου. Τα δεδομένα που παρέχονται για τις διάφορες ταχύτητες ανέμου σας επιτρέπουν να παρακολουθήσετε αυτήν τη σχέση και να εκτιμήσετε την απόδοση της Α/Γ σε διάφορες συνθήκες ανέμου.



Εικόνα 6.12 : Ετήσια παραγωγή ενέργειας της ανεμογεννήτριας Qr 6

### 6.3.4 WindCarrier 10kW

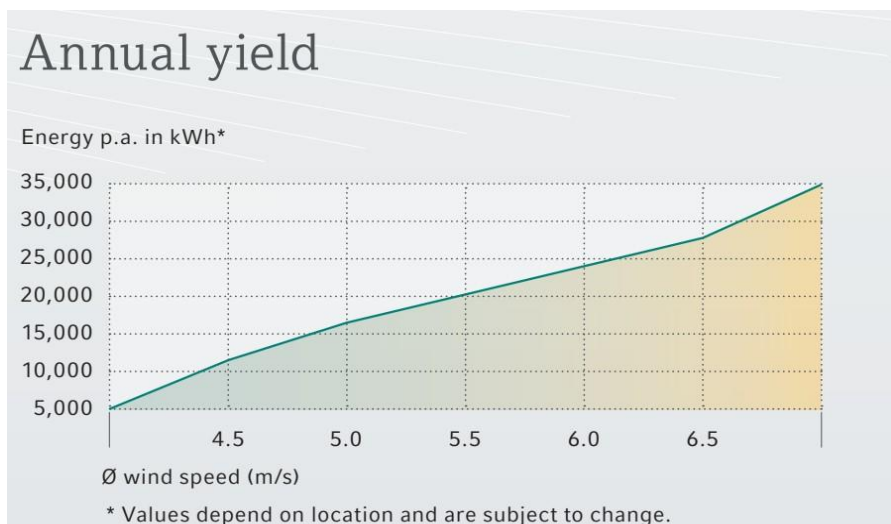
Ο τέταρτος τύπος της ανεμογεννήτριας είναι το μοντέλο WindCarrier 10 kWatt Wind Turbine είναι της εταιρίας η οποία είναι μια ανεμογεννήτρια μικρής ισχύος 10 kWatt. Η Α/Γ WindCarrier είναι σχεδιασμένη να παράγει τη μέγιστη ισχύ της στα 16m/s, ενώ είναι εξαιρετικά σημαντικό το γεγονός ότι η ταχύτητα που αρχίζει να λειτουργεί 3,5m/s. στην εικόνα απεικονίζεται ο τέταρτος τύπος όπου προτάσσεται με τα χαρακτηριστικά της να φαίνονται στον πίνακα.



Όνομαστική ισχύς	10KW
Μέγιστη ισχύς εξόδου	12KW
Εκκίνηση ταχύτητας ανέμου	3.5m/s
Ταχύτητα εργασίας ανέμου	12m/s
Μέγιστη ταχύτητα επιβίωσης	16m/s
Απόδοση της γεννήτριας	96%
Βαθμός θορύβου	<45dB(A)
Ύψος ρότορα	5,3m
Πλάτος ρότορα	4.2m
Βάρος	385Kg
Θερμοκρασία εργασίας	-30 με 60°C
Χρόνος ζωής	20 χρόνια
Τύπος γεννήτριας	3-phase PM

Εικόνα 6.13: Μοντέλο WindCarrier 10 kWatt

Η ετήσια παραγωγή ενέργειας της Α/Γ WindCarrire για ταχύτητες ανέμου των 5 m/s είναι η 16.800 kWh. Πιο συγκεκριμένα παραδίπλα παρατίθεται η μέση τιμή της ετήσιας παραγωγής ενέργειας για διαφορετικές ταχύτητες του ανέμου.



Εικόνα 6.14 : Ετήσια παραγωγή ενέργειας της ανεμογεννήτριας WindCarrire

Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε μια Α/Γ καταγράφεται στον ακόλουθο πίνακα για 5m/s ταχύτητα ανέμου :

Πίνακας 6.1 : Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε μια Α/Γ

	Model	Power kW	Av. Speed m/s	An. En. Out kWh/year
1.	Aeolos	10	5	6.657
2.	Aeolos	5	5	6.657
3.	quietrevolution qr5	5	5	2.927
4.	WindCarrier	10	5	16.800

#### 6.4 Έργα υποδομής

Τα έργα υποδομής που είναι απαραίτητα για την εγκατάσταση και λειτουργία των Α/Γ είναι:

1. Οδοποιία
2. Πλατείες ανέγερσης Α/Γ
3. Θεμελίωση Α/Γ
4. Κτίριο ελέγχου

Το νέο σύμπλεγμα ανεμογεννητριών θα στηθεί δίπλα στην υπάρχον φωτοβολταϊκή μας γεννήτρια οπότε δεν θα χρειαστεί να κάνουμε κάποια εργασία στο κομμάτι της οδοποιίας καθώς υπάρχει ελεύθερος χώρος γύρω από αυτό για να μπορέσουν να μπουν τα μηχανήματα έργου για να εκτελέσουν τις ανάλογες εργασίες. Επίσης θα χρησιμοποιήσουμε το υπάρχον κτίριο ελέγχου όπου θα κάνουμε τις απαραίτητες βελτιώσεις και αλλαγές για να εντάξουμε την καινούρια μονάδα με την υφιστάμενη.

#### 6.5 Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος

Η εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας προϋποθέτει σωστή υποδομή και τοποθέτηση για να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα της λειτουργίας της. Ο πύργος στήριξης πρέπει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένος και κατασκευασμένος για να αντέξει τις δυνάμεις που ασκούνται από τον άνεμο και άλλες κλιματικές συνθήκες. Η χρήση τσιμέντου για τη βάση του πύργου είναι σύνηθες, καθώς παρέχει σταθερότητα και αντοχή. Είναι σημαντικό να εξεταστεί η μορφολογία του εδάφους κατά την κατασκευή, καθώς αυτό επηρεάζει τη σταθερότητα της βάσης. Επίσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι τοπικές καιρικές συνθήκες κατά τον σχεδιασμό του πύργου για να διασφαλιστεί η αντοχή του σε έντονους ανέμους, καταιγίδες και άλλα κλιματικά φαινόμενα. Επιπλέον, η επιλογή της κατάλληλης θέσης για την ανεμογεννήτρια πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ελεύθερη ροή του ανέμου χωρίς εμπόδια, όπως κτίρια ή δέντρα, που θα μπορούσαν να

προκαλέσουν σκίσιμο της ροής αέρα και να επηρεάσουν την απόδοση της ανεμογεννήτριας. Τέλος, οι κατασκευαστικές προδιαγραφές του κατασκευαστή πρέπει να τηρηθούν πιστά για να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία και αντοχή της ανεμογεννήτριας και του πύργου.

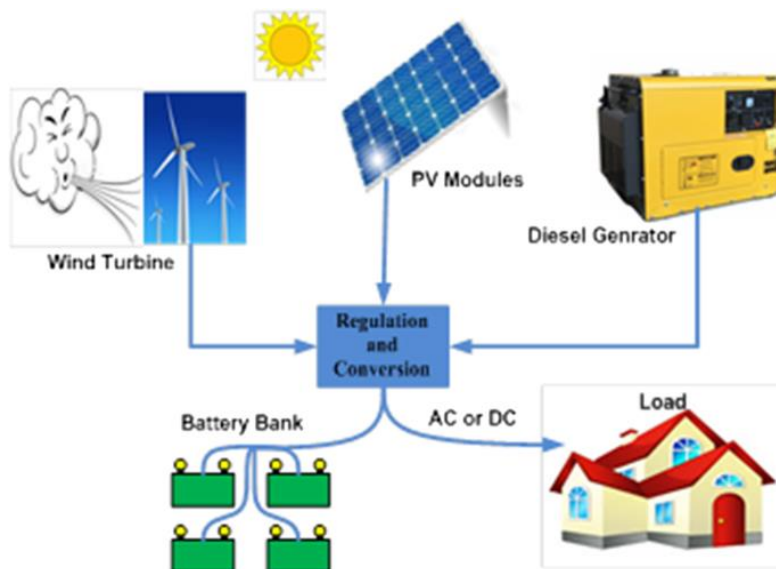


Εικόνα 6.15: Τρόποι στήριξης ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος

Στην παρούσα μελέτη ο πύργος στήριξης που προτείνεται και από τους κατασκευαστές των μοντέλων που προτείνεται είναι «στήριξη μονού σωλήνα». Επίσης ο πύργος στήριξης δεν θα ξεπερνά τα 10 m καθώς δεν υπάρχουν εμπόδια όπως επίσης η βλάστηση όπου υπάρχει δεν ξεπερνάει τα 5 m.

### 6.6 Σύνδεση ανεμογεννήτριας στο υπάρχον υβριδικό σύστημα

Η ανεμογεννήτρια θα συνδεθεί παράλληλα με την υπάρχον φωτοβολταϊκή γεννήτρια οπότε θα επιλέξουμε τον κατάλληλο εξοπλισμό όπου θα συμβαδίζει με τον υπάρχον εξοπλισμό.



Εικόνα 6.16: Σχέδιο υβριδικού συστήματος

## 6.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Οι πίνακες για τη διάταξη των καλωδίων συνήθως παρέχονται από τους κατασκευαστές ηλεκτρικού εξοπλισμού και βασίζονται σε προδιαγραφές για το μήκος, το είδος του καλωδίου, την αντίσταση, και άλλες παράμετρος. Εάν και από τον παρακάτω πίνακα επιλέγεται διατομή 10 mm<sup>2</sup> για το καλώδιο που θα συνδέσει την ανεμογεννήτρια με το ρυθμιστή φόρτισης και το μήκος του καλωδίου είναι 40m, αυτή η επιλογή είναι αρκετά ενδεδειγμένη.

Πίνακας 6.2 : Διατομή καλωδίων

Απόσταση ανεμογεννήτριας μπαταρίας	Έως 10.6 m	10.7-17.6 m	17.7-28.2 m	28.3-42.4 m	42.5-70,6 m	70.7-112.9 m
Ελάχιστη συνιστάμενη διατομή καλωδίου	2,5 mm	4 mm	6 mm	10 mm	16 mm	25 mm

Στα συστήματα συνεχούς ρεύματος, συνήθως χρησιμοποιούνται θετικοί (κόκκινοι) και αρνητικοί (μαύροι) κωδικοί χρώματος για την ευκρίνεια και την ασφάλεια της εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, στα συστήματα συνεχούς ρεύματος, οι κανόνες για το χρώμα των καλωδίων είναι τυποποιημένοι για να εξασφαλίζεται η ορθή σύνδεση και αντιστοιχία των καλωδίων. Οι συνηθισμένοι κανόνες είναι:

1. **\*\*Θετικός (+) Συνεχής Ρεύματος: Κόκκινος (Red)\*\***
2. **\*\*Αρνητικός (-) Συνεχής Ρεύματος: Μαύρος (Black)\*\***

Επιπλέον, σε ορισμένες εφαρμογές, μπορεί να χρησιμοποιούνται και άλλα χρώματα για ειδικές συνδέσεις ή λειτουργίες. Είναι πολύ σημαντικό να τηρούνται αυτοί οι κανόνες για να αποφεύγονται παρεξηγήσεις και να διατηρείται η ασφαλής λειτουργία του συστήματος.

Πίνακας 6.3 : Χρωματική διάταξη καλωδίων

ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑ	ΧΡΩΜΑ
Θετική (+)	Κόκκινο
Αρνητική (-)	Μαύρο

## 6.8 Ρυθμιστής Φόρτισης

Η επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης είναι σημαντική για να διασφαλιστεί η ασφαλής φόρτιση των μπαταριών από την ανεμογεννήτρια. Η ονομαστική ισχύς (P) της ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί το μέγιστο ρεύμα (I) που μπορεί να παράγει, χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ohm:  $P = VI$

Ο ρυθμιστής φόρτισης πρέπει υποστηρίζει το μέγιστο ρεύμα. Είναι σημαντικό να επιλεγεί ένας ρυθμιστής φόρτισης που να μπορεί να διαχειριστεί το μέγιστο ρεύμα που παράγεται από την ανεμογεννήτρια, προκειμένου να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική φόρτιση και προστασία των μπαταριών.

Με βάση τις πληροφορίες που παρέχετε, καταλαβαίνουμε πως η ονομαστική ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι 10 kW και η τάση του συστήματος είναι 48 V. Έτσι, με βάση τη σχέση

$P = VI$ , μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγιστο ρεύμα :

$$I_{max} = \frac{P}{V} = \frac{10000}{48} = 208.33A$$

Σύμφωνα με την εξίσωση  $I_c = 1.5 \times I_{max}$ , μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγιστο ρεύμα που πρέπει να διαχειρίζεται ο ρυθμιστής φόρτισης ( $I_c$ ):

$$I_c = 1.5 \times 208.33 = 312.5 A$$

Άρα, για να διαχειρίζεται αποτελεσματικά το μέγιστο ρεύμα της ανεμογεννήτριας, ο ρυθμιστής φόρτισης πρέπει να έχει τη δυνατότητα να υποστηρίζει ένα ρεύμα περίπου 313 Α. Με βάση τις πληροφορίες που παρέχετε, καταλαβαίνουμε ότι η ονομαστική ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι 10 kW και η τάση του συστήματος είναι 48 V.

Θα επιλέξουμε λοιπόν έναν ελεγκτή φόρτισης της όπου συστήνεται από την κατασκευαστή της ανεμογεννήτριας.



Εικόνα 6.17: PLC Controller With Touch Screen

## **7 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup> : ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ Α/Γ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ**

Η οικονομική βιωσιμότητα ενός συστήματος αιολικής ενέργειας είναι κρίσιμη για την επιτυχία και τη μακροπρόθεσμη λειτουργία του. Η ανάλυση του κόστους, η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού, και η σύγκριση με συστήματα που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα είναι όλοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Στη συνέχεια, προχωράμε στη συγκεκριμένη ανάλυση του κόστους, λαμβάνοντας υπόψη τα αρχικά και λειτουργικά έξοδα. Το κόστος εγκατάστασης, συντήρησης και διάρκεια ζωής του συστήματος είναι σημαντικοί παράγοντες. Επίσης, εξετάζονται οι επιδοτήσεις ή άλλα κίνητρα που ενδέχεται να υπάρχουν για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην περιοχή, καθώς αυτά μπορεί να επηρεάσουν την οικονομική βιωσιμότητα. Στη συνέχεια, η σύγκριση με συστήματα που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα θα προσφέρει έναν σαφή τρόπο αξιολόγησης των οφελών της αιολικής ενέργειας σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής ενέργειας.

### **7.1 Στάδια οικονομοτεχνικής μελέτης**

Για την σωστή μελέτη μια εγκατάσταση αιολικού συστήματος είναι απαραίτητα κάποια στάδια τα οποία είναι:

#### **1. Μελέτη Σκοπιμότητας και Εκκίνηση του Έργου:**

- Έρευνα και Ανάλυση Αναζήτηση και αξιολόγηση της καταλληλότητας της τοποθεσίας για την εγκατάσταση του αιολικού συστήματος.

- Οικονομική Αξιολόγηση: Υπολογισμός του κόστους εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και του αναμενόμενου οικονομικού οφέλους.

- Περιβαλλοντική Αξιολόγηση: Εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και προτάσεις για μείωσή τους.

- Νομικές και Κανονιστικές Εξελίξεις: Έρευνα των τρεχουσών νομικών και κανονιστικών πτυχών που επηρεάζουν την εγκατάσταση και λειτουργία του αιολικού συστήματος.

#### **2. Προκατασκευαστική Περίοδος:**

- Σχεδιασμός Έργου: Λεπτομερής σχεδιασμός της εγκατάστασης, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών, εκτιμήσεων κόστους και χρονοδιαγράμματος.

- Λήψη Άδειων: Υποβολή αιτήσεων για τις αναγκαίες άδειες και εγκρίσεις από τις αρμόδιες αρχές.



### 3. Κατασκευαστική Περίοδος:

- Κατασκευή Υποδομής: Έναρξη της φυσικής κατασκευής των αιολικών γεννητριών και των υποδομών.

- Εγκατάσταση Εξοπλισμού: Τοποθέτηση και σύνδεση των αιολικών γεννητριών, του εξοπλισμού και του δικτύου μεταφοράς ενέργειας.

### 4. Λειτουργία και Συντήρηση:

- Έναρξη Λειτουργίας: Εκκίνηση της λειτουργίας του αιολικού συστήματος και επίβλεψη της παραγωγής ενέργειας.

- Συντήρηση: Συνεχής παρακολούθηση, συντήρηση και ενδεχόμενες επισκευές για τη διατήρηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος.

## 7.2 Κόστος Α/Γ μικρής ισχύος

Ο υπολογισμός του κόστους μιας μικρής ισχύος ανεμογεννήτριας περιλαμβάνει πολλούς παράγοντες, και η οργάνωση των στοιχείων αυτών είναι κρίσιμη για την οικονομοτεχνική μελέτη. Ας αναλύσουμε τα βήματα υπολογισμού των εξόδων της εγκατάστασης:

#### 1. Κόστος Αγοράς Ανεμογεννήτριας:

- Περιλαμβάνει το κόστος αγοράς της ανεμογεννήτριας και όλων των απαραίτητων εξαρτημάτων.

- Εξαρτάται από την επιλεγμένη τεχνολογία, την ισχύ, την ποιότητα, και τον κατασκευαστή.

#### 2. Κόστος Υποδομής - Γης:

- Σχετίζεται με το κόστος απόκτησης και προετοιμασίας του εδάφους όπου θα εγκατασταθεί η ανεμογεννήτρια.

- Περιλαμβάνει την κατασκευή βάσεων, του συστήματος σύνδεσης στο έδαφος και άλλων υποδομών.

#### 3. Αιολικό Δυναμικό Περιοχής:

- Αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού της περιοχής εγκατάστασης για τον προσδιορισμό της δυνατότητας παραγωγής ενέργειας.

#### 4. Συμβατικοί Ενεργειακοί Σταθμοί και Κόστος Παραγόμενης Ενέργειας:

- Σύγκριση με το κόστος παραγόμενης ενέργειας από συμβατικούς ενεργειακούς σταθμούς.

- Υπολογισμός του κόστους ενέργειας από την ανεμογεννήτρια.

#### 5. Συντήρηση Ανεμογεννήτριας:

- Εκτίμηση του ετήσιου κόστους συντήρησης, περιλαμβανομένων των αναγκαίων εργασιών και ανταλλακτικών.

#### 6. Διάρκεια Ζωής Ανεμογεννήτριας:

- Υπολογισμός της προβλεπόμενης διάρκειας ζωής της ανεμογεννήτριας.

#### 7. Χρηματικό Κόστος Μελέτης – Διαδικασίας:

- Κόστος για την πραγματοποίηση της μελέτης, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών αξιολόγησης, επίβλεψης, και άλλων γραφειοκρατικών διαδικασιών.

Κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία προσφέρει μια ολοκληρωμένη εικόνα του συνολικού κόστους και των παραγόντων που επηρεάζουν την οικονομική βιωσιμότητα της εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος.

### 7.2.1 Κόστος αγοράς ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος

Το κόστος αγοράς μιας ανεμογεννήτριας επηρεάζεται, όπως αναφέρατε, από διάφορους παράγοντες, και το μέγεθος της ανεμογεννήτριας αποτελεί σημαντικό παράγοντα στον καθορισμό του κόστους. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος περιλαμβάνουν την τεχνολογία της ανεμογεννήτριας, την εταιρεία κατασκευής, τυχόν προηγούμενη εμπειρία του κατασκευαστή, και τυχόν προαιρετικά συστήματα που μπορεί να συνοδεύουν την ανεμογεννήτρια.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας με τα οικονομικά στοιχεία των προτεινόμενων ανεμογεννητριών μικρής ισχύος της υπο μελέτης του συστήματος. Οι τιμές που αναγράφονται είναι πραγματικές και σύμφωνα με προσφορές όπου ζητήθηκαν από την εκάστοτε εταιρία.

Πίνακας 7.1 : Κόστος αγοράς μικρής Α/Γ

	Τεμ	Τιμή (€)/Τεμ.	Συν. Τιμή (€)
Aeolos 10KW	2	21.880	43.780
Ρυθμιστής φόρτισης	2	1.560	3.120
Σύνολο			45.320
Aeolos 5KW	4	16.530	66.120
Ρυθμιστής φόρτισης	2	1.560	3.120
Σύνολο			69.240
quietrevolution qr6 6Kw	3	43.000	129.000
Ρυθμιστής φόρτισης	2	1.560	3.120
Σύνολο			132.120
WindCarrier 10kW	2	32.530	65.060
Ρυθμιστής φόρτισης	2	1.400	2.800
Σύνολο			67.860

### 7.2.2 Κόστος γης και υποδομής για εγκατάσταση ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος

Στο κόστος γης και υποδομής αποτελούνται από τα ακόλουθα έξοδα:

- Ενοικίαση ή αγορά της γης: απαιτούνται συγκεκριμένα τετραγωνικά για την τοποθέτηση μιας ανεμογεννήτριας. Στην παρούσα μελέτη η γη της Ιεράς μονής είναι ιδιόκτητη οπότε δεν υπάρχει πρόβλημα της έκτασης της γης.
- Μεταφορά συστήματος: Η μεταφορά γίνεται μέσω οχημάτων βαρέος τύπου και πλοίων, ειδικά όταν το σύστημα πρόκειται να εγκατασταθεί σε νησιωτικές περιοχές. Το κόστος μεταφοράς εξαρτάται από τη χιλιομετρική απόσταση, τη δυσβατότητα της περιοχής και τα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιούνται. Στη συγκεκριμένη μελέτη, το οικόπεδο βρίσκεται στο Άγιο Όρος, όπου το οδικό δίκτυο είναι προσβάσιμο και ευνοείται από μηχανήματα έργου. Επιπλέον, υπάρχει κοντινή αποβάθρα για την προσέγγιση μικρού πλοίου, διευκολύνοντας τη μεταφορά του φορτηγού με τα υλικά.
- Έργα υποδομής: Προτού γίνει η τοποθέτηση της ανεμογεννήτριας, απαιτούνται ορισμένα έργα υποδομής για την επίτευξη σταθερού και ευθυγραμμισμένου εδάφους. Στο σύνολο των έργων συμπεριλαμβάνονται επίσης τα έξοδα για τις γραμμές μεταφοράς στο ηλεκτρικό δίκτυο και τα μέτρα αντικεραυνικής προστασίας. Στη συνέχεια παρατίθεται ο πίνακας που καταγράφονται τα προαναφερόμενα έξοδα με την τοποθέτηση της ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος σύμφωνα με την παρούσα μελέτη.

Αφού λάβω αυτές τις πληροφορίες, θα συνεχίσω με τον υπολογισμό του συνολικού κόστους γης και υποδομής.

Πίνακας 7.2: Λοιπά έξοδα

Δεδομένα	Τιμή (€)
Αγορά ή ενοικίαση γης	-
Μελέτη εγκατάστασης	3.000
Έργα υποδομής	2.500
Μεταφορά ανεμογεννήτριας	2.000
Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας	2.000
Γραμμές μεταφοράς	-
Αντικεραυνική προστασία	900
Σύνολο	10.400

### 7.2.3 Συμβατικοί ενεργειακοί σταθμοί και κόστος παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Η Ελλάδα διαθέτει έντονο ηλιακό και αιολικό δυναμικό, προσφέροντας τη δυνατότητα σύγκρισης του κόστους παραγόμενης ενέργειας μεταξύ συστημάτων χρήσης ανανεώσιμων πηγών με συμβατικούς πετρελαϊκούς σταθμούς. Επίσης, η υψηλή τιμή παραγόμενης ενέργειας

από μηχανές μικρής ισχύος (ντίζελ) για ηλεκτροπαραγωγή παρέχει επιπλέον κίνητρο για την παρακολούθηση του κόστους. Το κόστος παραγόμενης ενέργειας (kWh) από έναν αυτόνομο σταθμό πετρελαίου μικρής ισχύος εξαρτάται από δύο βασικούς παράγοντες: την ονομαστική ισχύ του σταθμού και τη διακύμανση του φορτίου. Για τον υπολογισμό ενός τέτοιου συστήματος, ακολουθούνται βασικά βήματα. Απαραίτητα στοιχεία για το χρησιμοποιούμενο καύσιμο, συμπεριλαμβανομένων της κατώτερης και καθαρής θερμογόνου δύναμης, της πυκνότητάς του και του κόστους ανά λίτρο. Σχετικά με τη μηχανή, το μόνο που απαιτείται είναι ο βαθμός απόδοσης που καθορίζεται από τον κατασκευαστή.

Η θερμική τιμή του πετρελαίου υπολογίζεται ως εξής:

$$\Theta T = \frac{\text{τιμή πετρελαίου}}{K\Theta M * \text{Βαθμός Απόδοσης Μηχανής}}$$

Όπου:

Κατώτερη θερμογόνος δύναμη πετρελαίου:  $q_{\text{pet}} = 10250 \text{ kcal/kg} = 11.92 \text{ kWh/kg}$

Καθαρή θερμογόνος δύναμη:  $K\Theta M = 10,3 \text{ kWh/lit}$

Τιμή πετρελαίου κίνησης: 1,63 €/lit

Πυκνότητα πετρελαίου:  $\rho_{\text{pet}} = 0,86 \text{ kg/lit}$

Βαθμός απόδοσης μηχανής:  $n = 35\%$

Επιλύοντας την σχέση προκύπτει ότι η θερμική τιμή του πετρελαίου είναι 0,453 €/ kWh. Έπειτα υπολογίζεται το κόστος της κατανάλωσης του πετρελαίου που ορίζεται από τη ετήσια παραγόμενη ενέργεια του έτους πολλαπλασιαζόμενη με την θερμική τιμή του πετρελαίου και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:  $K.Π = E_{\text{wind}} * \Theta. T$

Πίνακας 7.3 : Κόστος παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Model	Τεμ	An. En. Out kWh/year	Θ.Τ €/kW	Κ.Π€/έτος
Aeolos 10Kw	1	15.026	0,453	6806,78
Aeolos 5KW	2	18.494	0,453	8.377.78
quietrevolution qr5 5kW	2	5.854	0,453	2651,86
WindCarrier 10KW	1	16.800	0,453	7610,40

#### 7.2.4 Κόστος συντήρησης

Μια αιολική εγκατάσταση εμφανίζει χαμηλά λειτουργικά έξοδα και το κόστος συντήρησης είναι χαμηλά. Είναι σημαντικό να λαμβάνετε υπόψη σας τα αναλώσιμα ανταλλακτικά κατά την αξιολόγηση του συνολικού κόστους συντήρησης. Αυτά τα ανταλλακτικά προστίθενται στα λειτουργικά έξοδα και μπορούν να επηρεάσουν την οικονομική απόδοση του έργου, Επιπλέον,

είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη η διάρκεια ζωής και η απόδοση της ανεμογεννήτριας κατά την εκτίμηση των λειτουργικών και συντηρητικών δαπανών.

### 7.2.5 Διάρκεια ζωής ανεμογεννήτριας

Η διάρκεια ζωής των αιολικών μηχανών είναι σημαντική για την εκτίμηση της οικονομικής βιωσιμότητας του έργου. Η αναβάθμιση των υλικών και η εξέλιξη της τεχνολογίας προσφέρουν προηγμένες ανεμογεννήτριες με μεγαλύτερη αντοχή σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες, με μειωμένες φθορές κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Οι γνώσεις που αποκτώνται από μελέτες σχετικά με την αλληλεπίδραση του ανέμου συμβάλλουν στη βελτίωση της διάρκειας ζωής, ενώ η χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων επιτρέπει τον υπολογισμό των φορτίων υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες ανέμου. Αυτές οι εξελίξεις συνεισφέρουν στην αυξημένη αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία των αιολικών μηχανών, μειώνοντας τα λειτουργικά και συντηρητικά έξοδα κατά τη διάρκεια της ζωής τους.

### 7.3 Απόσβεση εγκατάστασης ανεμογεννήτριας

Θα πραγματοποιηθεί σύγκριση μεταξύ υλοποίησης του έργου χωρίς δανεισμό κεφαλαίου, καθώς θα γίνει σύγκριση με την περίπτωση της μηχανής πετρελαίου, η οποία χρησιμοποιείται ως συμβατική λύση για την κάλυψη των αναγκών της Ιεράς Μονής.

Η σύγκριση με την μηχανή πετρελαίου γίνεται με σκοπό να διαπιστωθεί εάν η εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας είναι οικονομικά ευνοϊκή σε σχέση με τη χρήση μηχανής πετρελαίου.

Πίνακας 7.4: Πίνακας χρόνου απόσβεσης τις εγκατάστασης

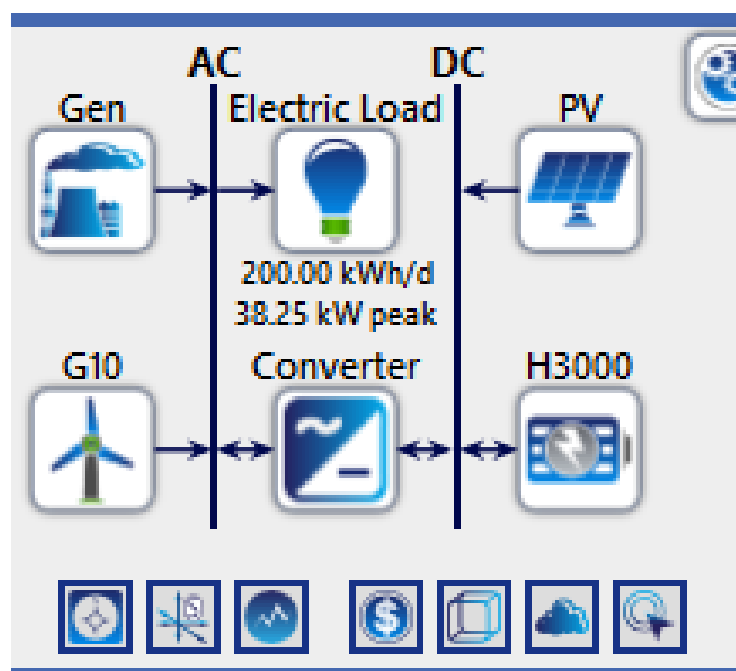
	<b>Aeolos 10kW</b>	<b>Aeolos 5KW</b>	<b>quietrevolution qr5 5kW</b>	<b>WindCarrier 10KW</b>
<b>Παραγόμενη ενέργεια έτους</b>	10.026	18.494	5.854	16.800
<b>Αρχικό Κόστος Α/Γ</b>	23.440	35.860	50.400	28.200
<b>Κόστος Υποδομής</b>	10.400	10.400	10.400	10.400
<b>Ετήσιο κόστος συντήρησης</b>	300	300	300	300
<b>Συνολικό κόστος εγκατάστασης</b>	34.140	46.560	61.200	38.900
<b>Ετήσια έξοδα πετρελαίου</b>	6.806,78	8.377.78	2.651,86	7.610,40
<b>Χρόνια απόσβεσης</b>	5	6	23	5

## 8 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο : HOMER

Το HOMER είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τον σχεδιασμό, την ανάλυση και την βελτιστοποίηση συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιτρέπει την ενσωμάτωση πολλαπλών πηγών ενέργειας και αποθηκευτικών συστημάτων, προσφέροντας ολοκληρωμένη προσέγγιση για τον σχεδιασμό ενεργειακών συστημάτων. Η διαδικασία προσομοίωσης του HOMER σας επιτρέπει να αξιολογήσετε την απόδοση διαφορετικών συνδυασμών τεχνολογιών και παραμέτρων σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Κατά τη διάρκεια της βελτιστοποίησης, το HOMER αναζητά τη βέλτιστη σύνθεση των εξαρτημάτων που ελαχιστοποιεί το κόστος κύκλου ζωής ή άλλες προκαθορισμένες μετρικές. Επιπλέον, η δυνατότητα ανάλυσης ευαισθησίας είναι χρήσιμη για την κατανόηση του πώς οι αλλαγές σε παραμέτρους επηρεάζουν την οικονομική απόδοση του συστήματος. Με τη χρήση του HOMER, μπορείτε να εξετάσετε διάφορα σενάρια και να λάβετε ενδελεχή ανάλυση για να υποστηρίξετε τις αποφάσεις σας σχετικά με τον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας ενεργειακής λύσης.

### 8.1 Παράμετροι συστήματος στο Homer

Το υβριδικό σύστημα της Ιεράς Μονής, το οποίο προσομοιώθηκε με τη χρήση του λογισμικού HOMER και διαμορφώθηκε στο πρόγραμμα, παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 8.1 : Υβριδικό σύστημα

Αυτό το σύστημα αποτελείται από μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, μια ανεμογεννήτρια, μια ντιζελογεννήτρια, ένα σύστημα μπαταριών και έναν μετατροπέα ισχύος που συνδέει τους δύο ζυγούς DC και AC. Επιπλέον, στον ζυγό AC έχει προστεθεί το φορτίο της μονής. Κάθε στοιχείο έχει τα δικά του τεχνικά χαρακτηριστικά, τα οποία περιλαμβάνονται παρακάτω, μαζί με επιπλέον πληροφορίες που εισάχθηκαν στο λογισμικό.

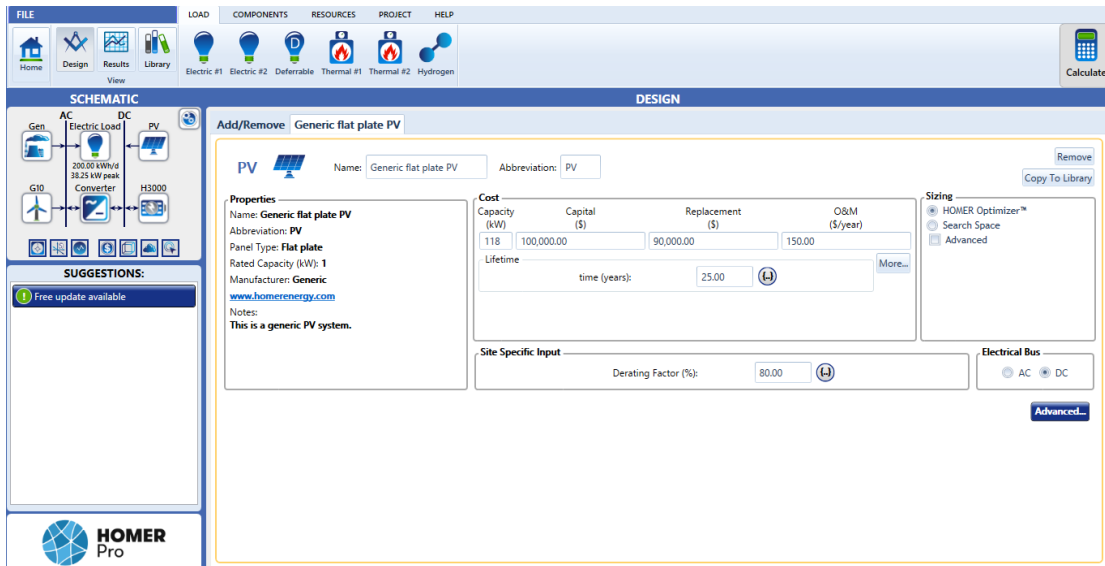
Πίνακας 8.1: Στοιχεία που εισάχθηκαν στο πρόγραμμα HOMER

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη	Τυπος
Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση	100kW	πολυκρυσταλλικά.
Ανεμογεννήτρια	10kW	καθέτου άξονα
Ντιζελογεννήτρια	100kW	-
Σύστημα Μπαταριών	800kWh	μολύβδου σωληνωτού τύπου
Μετατροπέας Ισχύος	-	DC-AC
Φορτίο Μονής	200kW/d	-

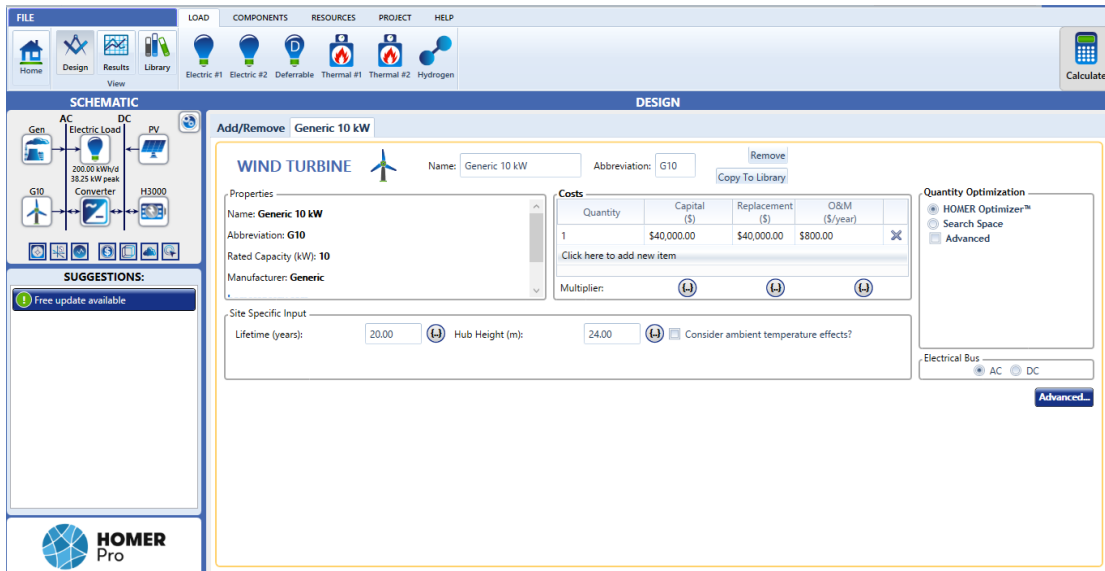
Παρακάτω παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ που εισήγαμε στο πρόγραμμα



Εικόνα 8.2 :Ενεργειακό προφίλ οικισμού

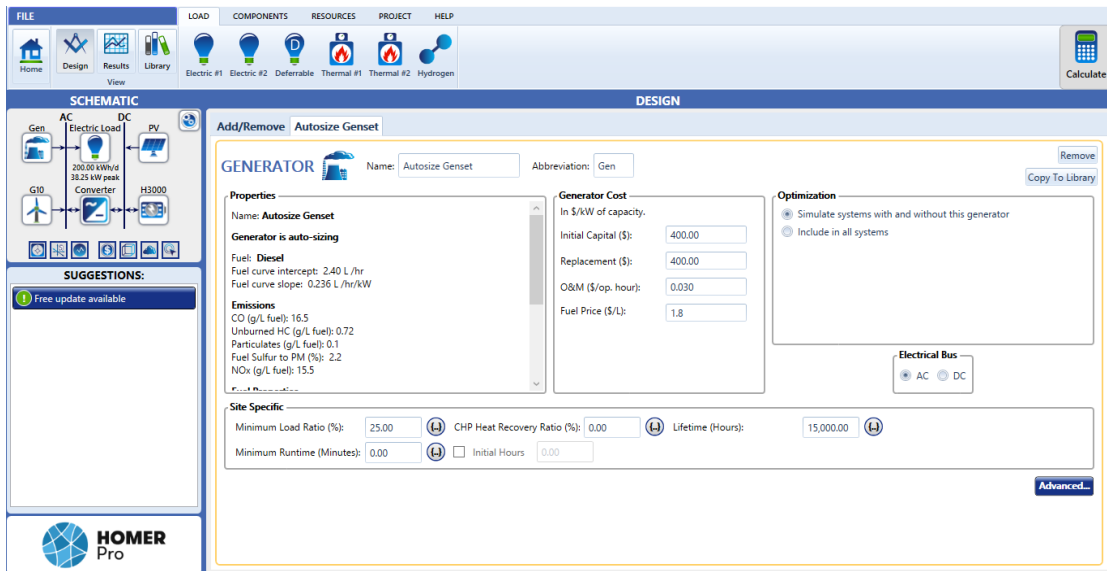


Εικόνα 8.3 : Δεδομένα Φ/Β συστήματος

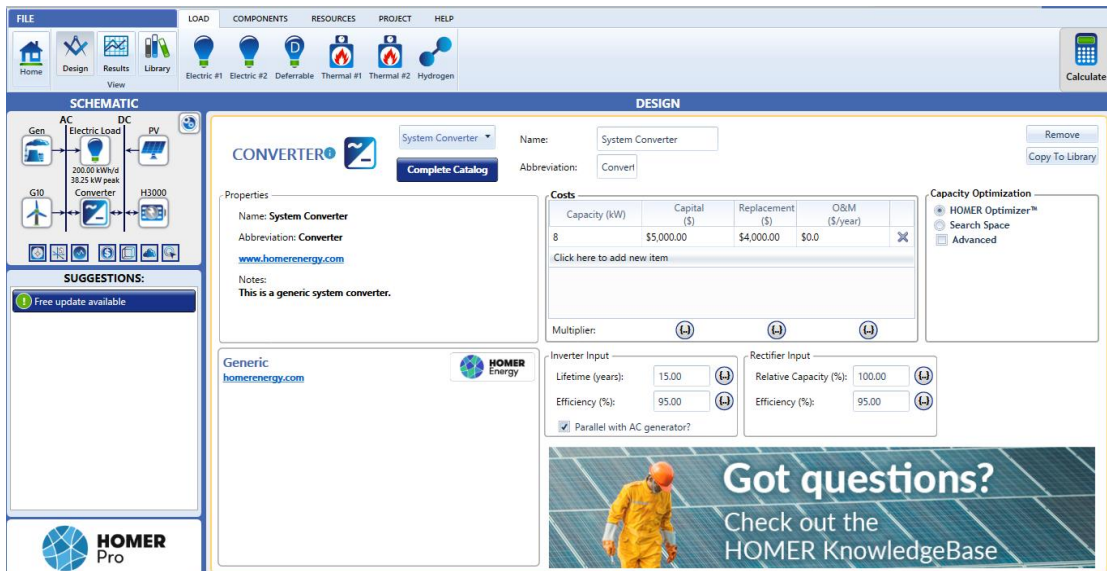


Εικόνα 8.4 : Πληροφορίες για την ανεμογεννήτρια

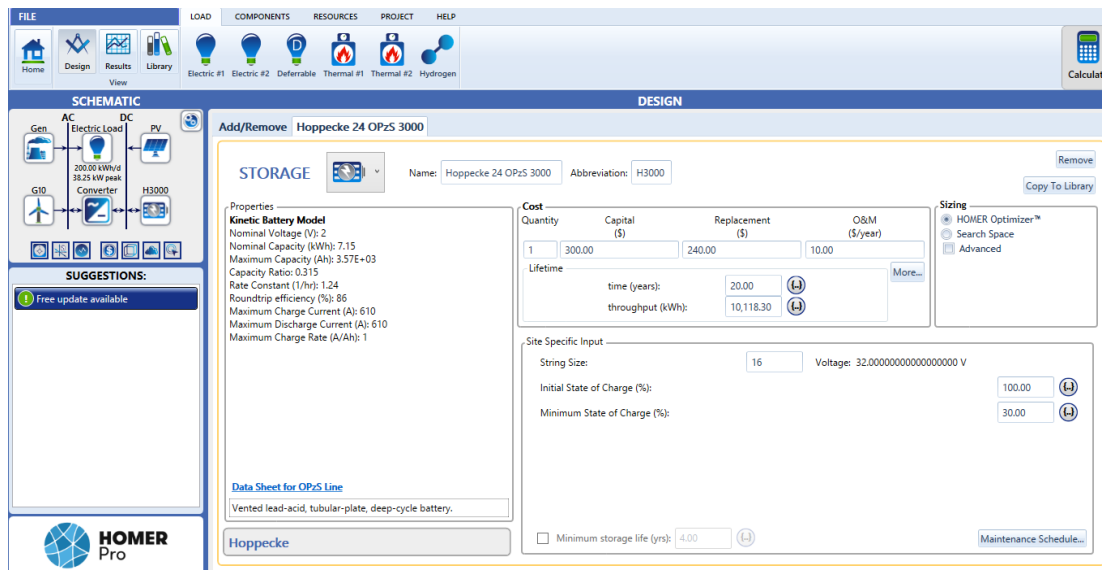




Εικόνα 8.5 :Πληροφορίες για την ντιζελογεννήτρια



Εικόνα 8.6 :Πληροφορίες για τον μετατροπέα



Εικόνα 8.7 : Πληροφορίες για τις μπαταρίες

Μετά την πλήρη καθορισμό όλων των απαραίτητων δεδομένων και στοιχείων, το σύστημα είναι έτοιμο για την προσομοίωσή του.

Αυτή η διαδικασία που παρουσιάζεται στην Εικόνα 8.8 αφορά τη βελτιστοποίηση. Το HOMER όχι μόνο προσομοιώνει το συγκεκριμένο σύστημα, αλλά επίσης πραγματοποιεί προσομοιώσεις για συστήματα με διάφορους συνδυασμούς και τα κατατάσσει βάσει του ποιο θεωρεί πιο οικονομικά επικερδές.

Architecture							Cost		
PV (kW)	Gen (kW)	H3000	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)		
95.5		96	29.8	CC	\$150,690	\$0.168	\$1,745		
58.6	1	96	29.0	CC	\$173,623	\$0.190	\$2,896		
95.5		43.0	112	33.7	LF	\$202,599	\$0.217	\$3,896	
63.7	1	43.0	96	37.4	CC	\$212,962	\$0.228	\$3,876	
	4	43.0	112	40.9	CC	\$542,449	\$0.581	\$23,946	
		43.0	48	21.4	CC	\$721,400	\$0.773	\$52,914	
	15		128	41.9	CC	\$927,932	\$1.04	\$20,599	
167	2	43.0		14.0	CC	\$1.16M	\$1.24	\$71,074	
207		43.0		14.5	CC	\$1.16M	\$1.25	\$75,276	
	3	43.0			CC	\$1.31M	\$1.40	\$91,620	
		43.0			CC	\$1.34M	\$1.44	\$103,621	

Εικόνα 8.8 : Αποτελέσματα προσομοίωσης

Κατά τη διαδικασία βελτιστοποίησης, το HOMER διεξάγει πολλαπλές προσομοιώσεις για διάφορες παραμετροποιήσεις του συστήματος.

Στόχος είναι να εντοπιστεί ο βέλτιστος συνδυασμός πηγών ενέργειας και εξοπλισμού που θα οδηγήσει σε χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής.

Κατόπιν, το HOMER ταξινομεί τις προσομοιώσεις ανάλογα με την οικονομική τους επικράτηση, προτείνοντας τον πιο συμφέροντα συνδυασμό για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Παρακάτω θα αναλύσουμε 3 σενάρια προσομοίωσης μέσω του προγράμματος HOMER

**1<sup>ο</sup> σενάριο : Φωτοβολταϊκή μονάδα, ντιζελογεννήτρια και μονάδα αποθήκευσης.**

**2<sup>ο</sup> σενάριο : Φωτοβολταϊκή μονάδα, ανεμογεννήτρια, μονάδα αποθήκευσης.**

**3<sup>ο</sup> σενάριο: Φωτοβολταϊκή μονάδα, ανεμογεννήτρια, ντιζελογεννήτρια, μονάδα αποθήκευσης.**

**4<sup>ο</sup> σενάριο : Φωτοβολταϊκή μονάδα, ανεμογεννήτρια, μονάδα αποθήκευσης.**

Με τα στοιχεία που προτάσσει η επίλυση από το λογισμικό να δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 8.2 : Δεδομένα που ελήφθησαν από το πρόγραμμα

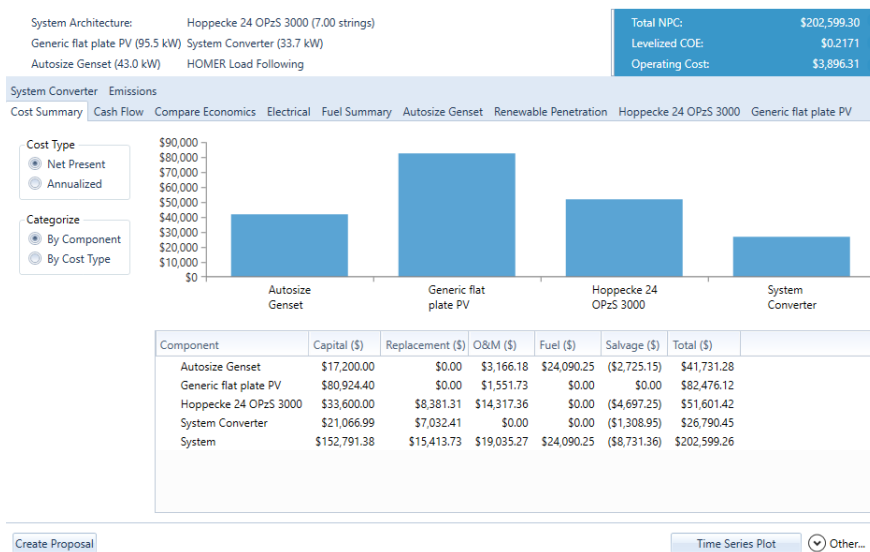
	1 <sup>ο</sup> σενάριο	2 <sup>ο</sup> σενάριο	3 <sup>ο</sup> σενάριο	4 <sup>ο</sup> σενάριο
Φωτοβολταϊκή μονάδα	95,5Kw	58.6kW	63.7kW	58.6kW
Αανεμογεννήτρια	-	10kW	10kW	10kW
Ντιζελογεννήτρια	43Kw	-	43kW	-
Μονάδα αποθήκευσης	800kWh / 112qty	686kWh / 96qty	686kWh / 96qty	772kW / 108qty
Φορτίο Μονής	200kW/d	200kW/d	200kW/d	200kW/d

## 8.2 1<sup>ο</sup> Σενάριο προσομοίωσης

Για αρχή θα αναλύσουμε το σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης του συστήματός μας όπου αποτελείται από τα ακόλουθα:

Πίνακας 8.3 : Δεδομένα 1<sup>ο</sup> σεναρίου

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη	Τυπος
Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση	95,5kW	πολυκρυσταλλικά.
Ντιζελογεννήτρια	43kW	-
Σύστημα Μπαταριών	800kWh	μολύβδου σωληνωτού τύπου
Μετατροπέας Ισχύος	33,7kWh	DC-AC
Φορτίο Μονής	200kW/d	-



Παρατηρούμε λοιπόν ότι το μεγαλύτερο κόστος έχει η φωτοβολταϊκή μονάδα και έπειτα οι μπαταρίες .

Εικόνα 8.9 : Αποτελέσματα 1<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ετήσιες χρηματοροές του συστήματος ανά τύπο κόστους και ανά μέρος του συστήματος αντίστοιχα.

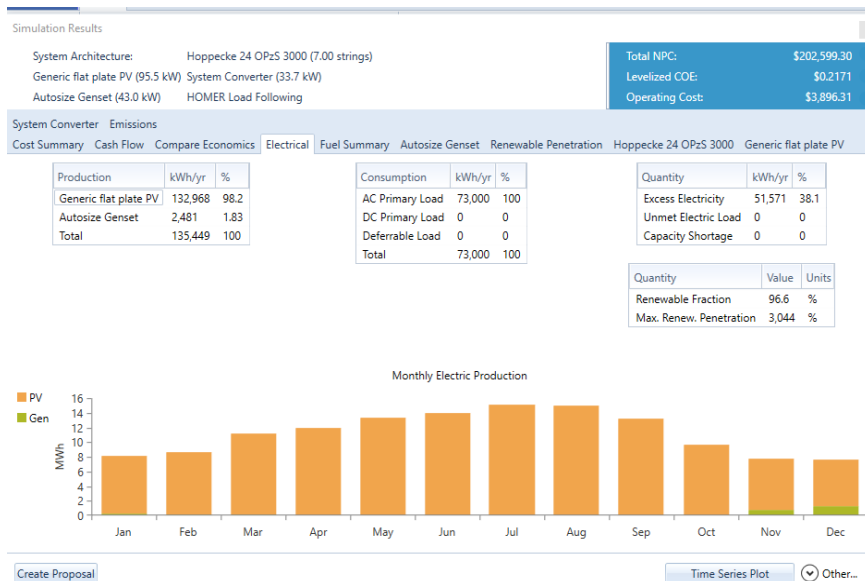


Κόστος Καυσίμου και Λειτουργικό Κόστος παραμένουν σταθερά κάθε έτος, δείχνοντας τη σταθερότητα των σχετικών δαπανών. Κόστος αντικατάστασης εμφανίζεται στα 15ο και 20ο έτος υποδεικνύοντας την ανάγκη

Εικόνα 8.10 : Αποτελέσματα 1<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Αντικατάστασης ορισμένων στοιχείων του συστήματος μετά από αυτά τα χρόνια λειτουργίας. Υπολιπούσα Αξία είναι θετική μετά από 25 χρόνια, υποδηλώνοντας ότι το σύστημα θα έχει αξία ή θα παράγει κέρδος ακόμα και μετά από αυτήν τη χρονική περίοδο ετήσιες χρηματοροές του συστήματος. Αυτά τα στοιχεία αποτελούν σημαντικό μέρος της αξιολόγησης της οικονομικής βιωσιμότητας ενός ενεργειακού συστήματος και παρέχουν πληροφορίες για την απόδοσή του στο μακροπρόθεσμο.

Η καρτέλα "Electrical" προσφέρει μια εικόνα των ενεργειακών αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Εδώ περιλαμβάνονται στοιχεία όπως η παραγωγή ενέργειας από τις διάφορες πηγές, η κατανάλωση ενέργειας και άλλα σχετικά με την ηλεκτρική πλευρά του συστήματος.



Είναι εξαιρετικά θετικό το γεγονός ότι το αυτόνομο ενεργειακό σύστημα που σχεδιάστηκε καλύπτει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες της Μονής. παρατηρείται ότι η ενεργειακή κατανάλωση είναι 73,000 kWh/έτος όπου καλύπτεται πλήρως η ανάγκη μας για ενέργεια.

Εικόνα 8.11 : Αποτελέσματα 1<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Στο γράφημα για την μηνιαία παραγωγή, που αποτυπώνεται στην καρτέλα αυτή, το γεγονός ότι η παραγωγή ισχύος από το σύστημα είναι υψηλότερη κατά τους θερινούς μήνες είναι λογικό, λαμβάνοντας υπόψη την αυξημένη ηλιοφάνεια και την αυξημένη ηλεκτρική ζήτηση λόγω των κλιματικών συνθηκών.

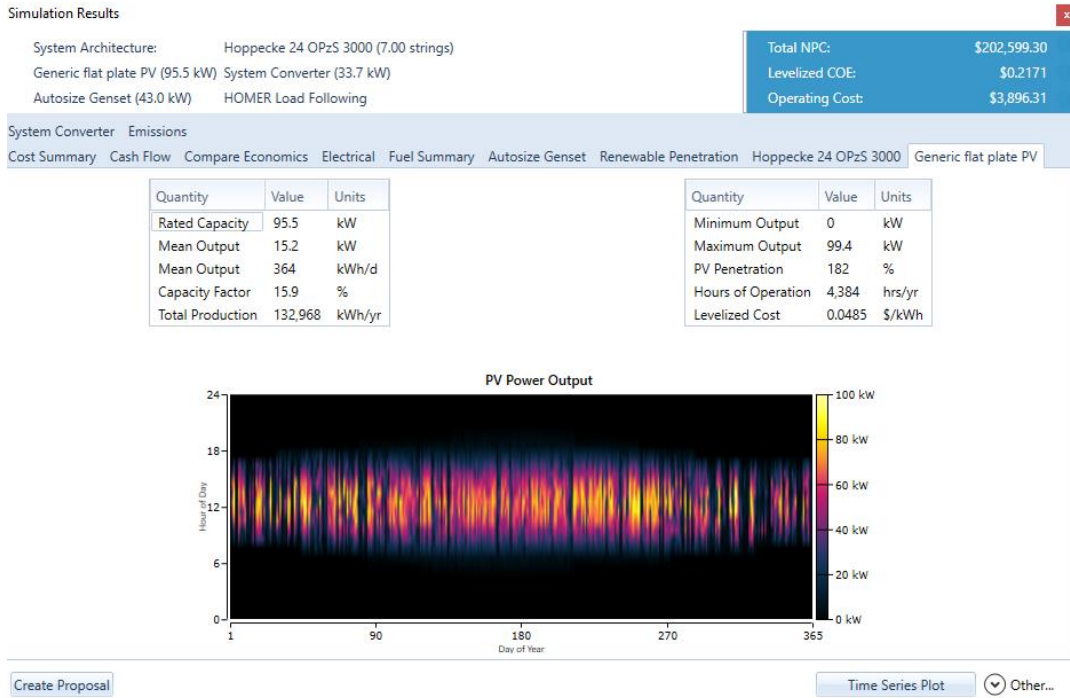
Είναι ενθαρρυντικό το γεγονός ότι το Φ/Β σύστημα καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειακών αναγκών με ποσοστό 98,2%, αφήνοντας μόνο ένα μικρό ποσοστό για τη ντιζελογεννήτρια 1,83% κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Η ύπαρξη περισσείας ενέργειας (Excess Electricity) η οποία είναι 51,571 kWh/έτος σημαίνει ότι το σύστημα παράγει περισσότερη ενέργεια από ό,τι απαιτείται για τις τρέχουσες ανάγκες.

Αυτή η περίσσεια μπορεί να αποθηκευτεί ή να χρησιμοποιηθεί για άλλες εφαρμογές.

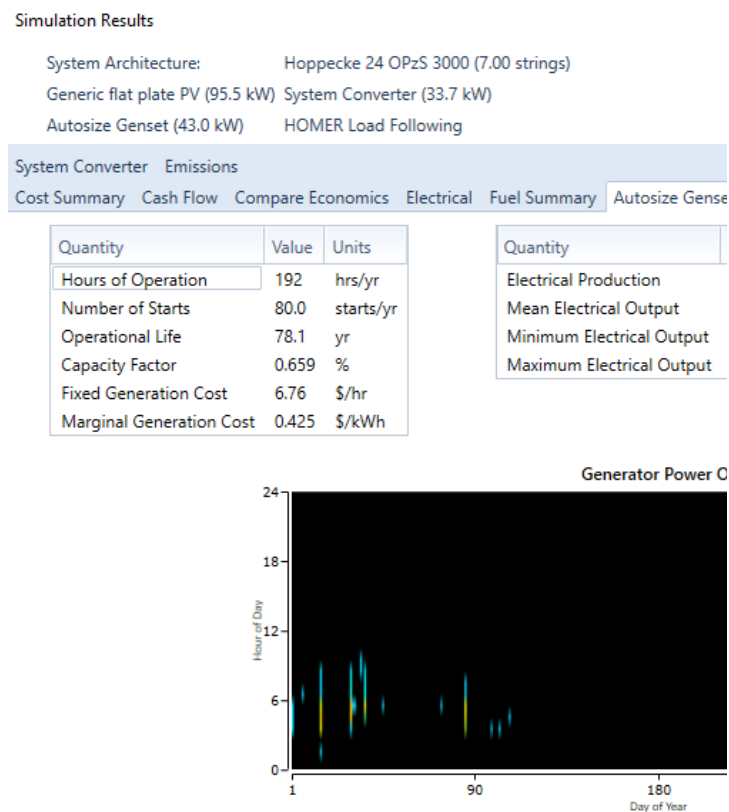
Σε κάθε περίπτωση, είναι θετικό το γεγονός ότι το σύστημα είναι σε θέση να καλύπτει τις ανάγκες με άνεση, μειώνοντας την εξάρτηση από τη συμβατική πηγή ενέργειας.

Η προσομοίωση του Φ/Β συστήματος αποτυπώνεται στην Εικόνα 8.12. Η Φ/Β μονάδα έχει ισχύ 95,5kW παράγει ετησίως 132.968kWh καθώς οι ώρες λειτουργίας της είναι 4,384/year .



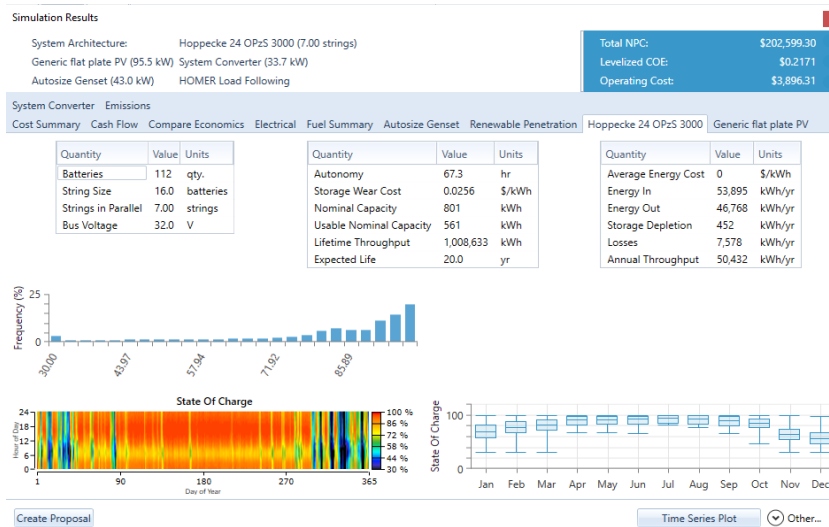
Εικόνα 8.12 : αποτελέσματα 1<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της ντιζελογεννήτριας αποτυπώνονται στην Εικόνα 8.13. Η ονομαστική ισχύ της γεννήτριας όπου απαιτείτε είναι 35kW γεννήτρια παράγει 2,481kWh/years, με ώρες λειτουργίας 192 h/year. Με κατανάλωση ντίζελ 1,047 L/year.



Εικόνα 8.13 : Αποτελέσματα 1<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα των μπαταριών.



Η παραγόμενη ενέργεια που λαμβάνουν οι συσσωρευτές κάθε χρόνο από το σύστημα είναι 53,895kWh ενώ η ενέργεια που προσφέρουν στο σύστημα είναι 46,768kWh. Οι συσσωρευτές έχουν την δυνατότητα αυτονομίας 67,3 ωρών.

Εικόνα 8.14 : Αποτελέσματα 1<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Η ποσότητα ενέργειας που επαναλαμβάνεται “κυκλικά” κάθε χρόνο μέσα στο αποθηκευτικό σύστημα των συσσωρευτών είναι 50,432kWh το χρόνο.

Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα της λειτουργίας του μετατροπέα



Ο μετατροπέας λειτουργεί είτε ως αντιστροφές (Inverter) είτε ως ανορθωτής (Rectifier). Ως αντιστροφάς δέχεται ενέργεια 74,647 kWh το χρόνο και δίνει 70,914 λειτουργώντας 8,622 ώρες το χρόνο ενώ ως ανορθωτής δέχεται ενέργεια 395 κιλοβατώραν το χρόνο και δίνει 376 λειτουργώντας 107 ώρες το χρόνο.

Εικόνα 8.15 : Αποτελέσματα 1<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Στην καρτέλα Emissions παρουσιάζεται η εκπομπή ρύπων ανά έτος

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	2,740	kg/yr
Carbon Monoxide	17.3	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0.754	kg/yr
Particulate Matter	0.105	kg/yr
Sulfur Dioxide	6.71	kg/yr
Nitrogen Oxides	16.2	kg/yr

Εικόνα 8.16 : Αποτελέσματα 1<sup>ης</sup> προσομοίωσης

### 8.3 2<sup>ο</sup> Σενάριο προσομοίωσης

Το δεύτερο σενάριο το οποίο είναι σημαντικό να εξετάσουμε είναι η κάλυψη των αναγκών καθαρά από ανανεώσιμες πηγές.

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη	Τυπος
Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση	58.6kW	πολυκρυσταλλικά.
Ανεμογεννήτρια	10kW	καθέτου άξονα
Σύστημα Μπαταριών	686kWh	μολύβδου σωληνωτού τύπου
Μετατροπέας Ισχύος	29kW	DC-AC
Φορτίο Μονής	200kW/d	-

Πίνακας 8.4 : Δεδομένα 2<sup>ου</sup> σεναρίου

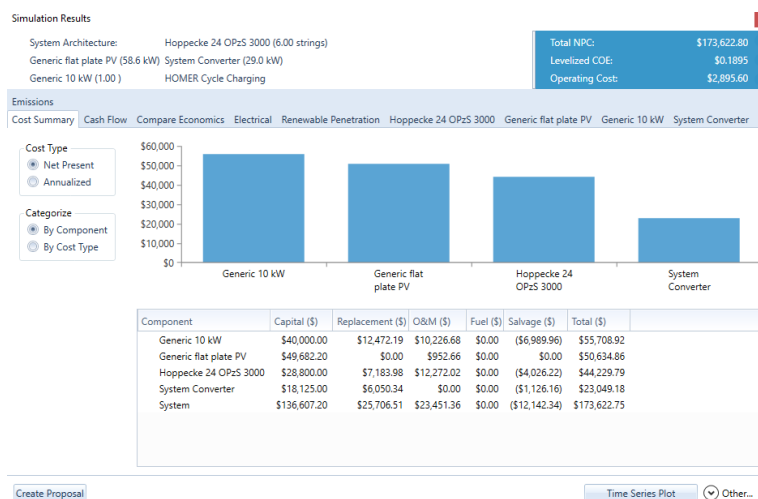
PV (kW)	G10	Gen (kW)	H3000	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)
95.5		96	29.8	CC	\$150,690	
58.6	1	96	29.0	CC	\$173,623	
95.5		43.0	112	33.7	LF	\$202,599
63.7	1	43.0	96	37.4	CC	\$212,962
	4	43.0	112	40.9	CC	\$542,449
		43.0	48	21.4	CC	\$721,400
	15		128	41.9	CC	\$927,932

Με την πρώτη ματιά παρατηρούμε ότι για την κάλυψη των αναγκών μας η φωτοβολταϊκή μας μονάδα είναι σχεδόν η μισή από την υπάρχουσα εγκαταστημένη ισχύ και με την παράλληλη εγκατάστασης μόνο μιας ανεμογεννήτριας.

Εικόνα 8.17 : Αποτελέσματα 2<sup>ης</sup> προσομοίωσης



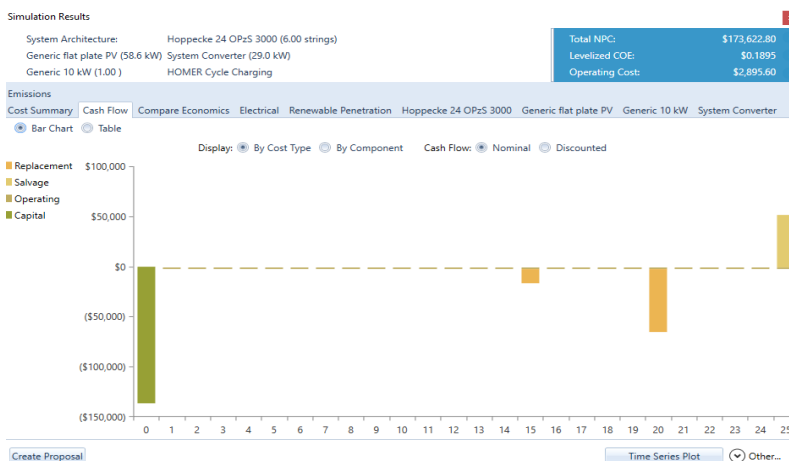
Ακολουθεί το κόστος συστήματος καθώς και το κόστος του κάθε μέρους για το δεύτερο σενάριο



Παρατηρούμε λοιπόν ότι το μεγαλύτερο κόστος έχει η ανεμογεννήτρια και έπειτα η φωτοβολταϊκή μονάδα .

Εικόνα 8.18 : Αποτελέσματα 2<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Ακολουθούν οι ετήσιες χρηματοροές του συστήματος

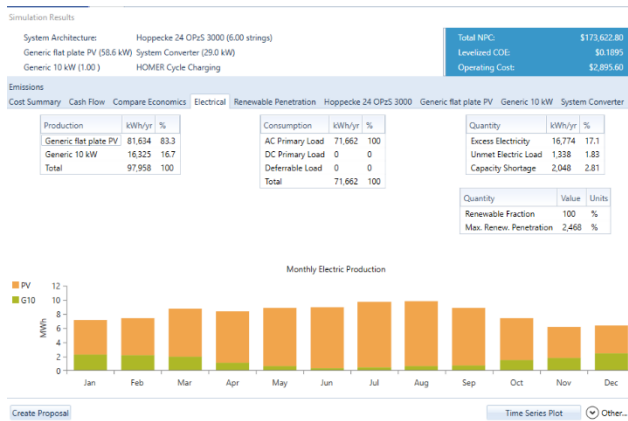


Κόστος Καυσίμου και Λειτουργικό κόστος παραμένουν σταθερά κάθε έτος, δείχνοντας τη σταθερότητα των σχετικών δαπανών. Κόστος αντικατάστασης εμφανίζεται στα 15ο και 20ο έτος υποδεικνύοντας την ανάγκη

Εικόνα 8.19 : Αποτελέσματα 2<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Αντικατάστασης ορισμένων στοιχείων του συστήματος μετά από αυτά τα χρόνια λειτουργίας. Υπολιπούσα Αξία είναι θετική μετά από 25 χρόνια, υποδηλώνοντας ότι το σύστημα θα έχει αξία ή θα παράγει κέρδος ακόμα και μετά από αυτήν τη χρονική περίοδο ετήσιες χρηματοροές του συστήματος. Αυτά τα στοιχεία αποτελούν σημαντικό μέρος της αξιολόγησης της οικονομικής βιωσιμότητας ενός ενεργειακού συστήματος και παρέχουν πληροφορίες για την απόδοσή του στο μακροπρόθεσμο.

Η καρτέλα "Electrical" προσφέρει μια εικόνα των ενεργειακών αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Εδώ περιλαμβάνονται στοιχεία όπως η παραγωγή ενέργειας από τις διάφορες πηγές, η κατανάλωση ενέργειας και άλλα σχετικά με την ηλεκτρική πλευρά του συστήματος.

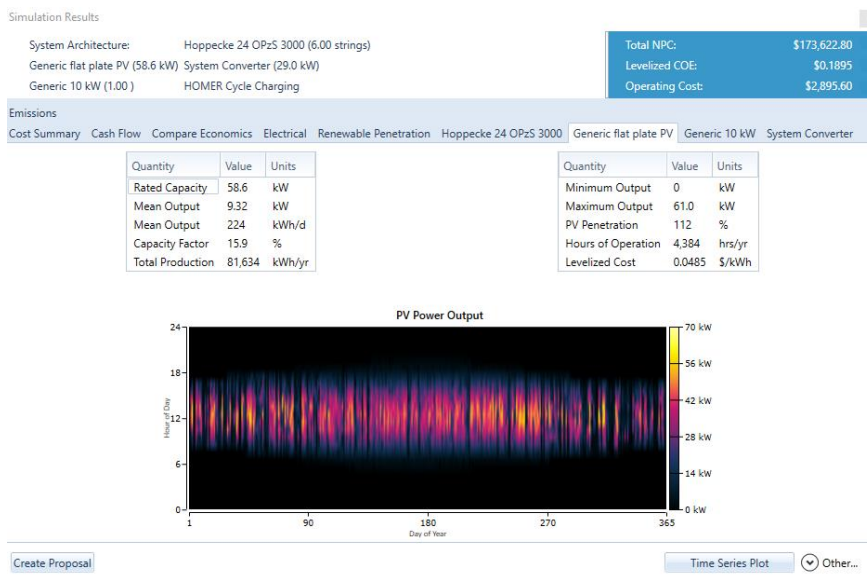


Εικόνα 8.20 : Αποτελέσματα 2<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Είναι εξαιρετικά θετικό το γεγονός ότι το αυτόνομο ενεργειακό σύστημα που σχεδιάσατε καλύπτει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες της Μονής. παρατηρείται ότι η ενεργειακή κατανάλωση είναι 71,000 kWh/έτος όπου καλύπτεται πλήρως η ανάγκη μας για ενέργεια.

Στην καρτέλα αυτή αποτυπώνεται το γράφημα για την μηνιαία παραγωγή, το γεγονός ότι η παραγωγή ισχύος από το σύστημα είναι υψηλότερη κατά τους θερινούς μήνες είναι λογικό, λαμβάνοντας υπόψη την αυξημένη ηλιοφάνεια και την αυξημένη ηλεκτρική ζήτηση λόγω των κλιματικών συνθηκών. Είναι ενθαρρυντικό το γεγονός ότι το Φ/Β σύστημα καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειακών αναγκών με 83,3%, ακολουθεί η ανεμογεννήτρια με 16,7%. Η ύπαρξη περίσσειας ενέργειας (Excess Electricity) η οποία είναι 16,774 kWh/έτος σημαίνει ότι το σύστημα παράγει περισσότερη ενέργεια από ό,τι απαιτείται για τις τρέχουσες ανάγκες. Αυτή η περίσσεια μπορεί να αποθηκευτεί ή να χρησιμοποιηθεί για άλλες εφαρμογές. Σε κάθε περίπτωση, είναι θετικό το γεγονός ότι το σύστημα είναι σε θέση να καλύπτει τις ανάγκες με άνεση, καθαρά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

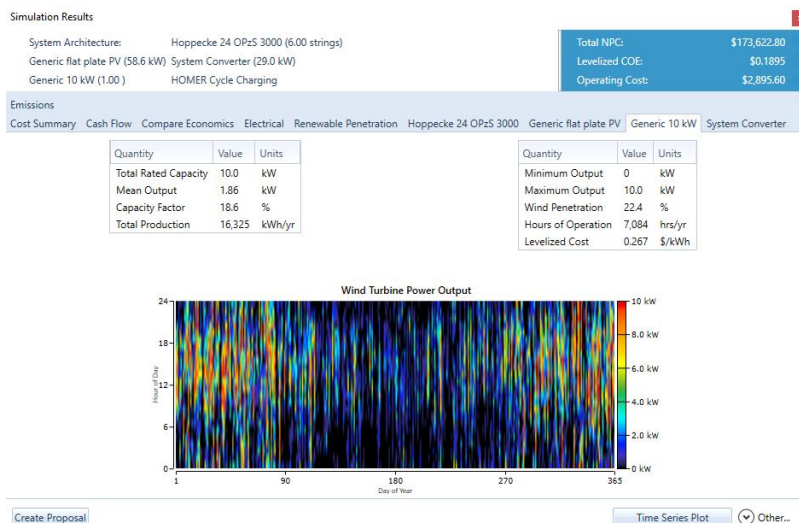
Τα αποτελέσματα του Φ/Β συστήματος παρουσιάζονται παρακάτω



Εικόνα 8.21 : Αποτελέσματα 2<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Η Φ/Β μονάδα έχει ισχύ 58,6 kW και παράγει ετησίως 81,634 kWh και λειτουργεί για 4,384 h/year.

Παρακάτω αποτυπώνεται η λειτουργία της ανεμογεννήτριας



Η εγκαταστημένη ισχύ που προτείνεται είναι 10 kW και παράγει ετησίως 16,325 kWh και λειτουργεί για 7,084 h/year.

Εικόνα 8.22 : Αποτελέσματα 2<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα των συσσωρευτών.



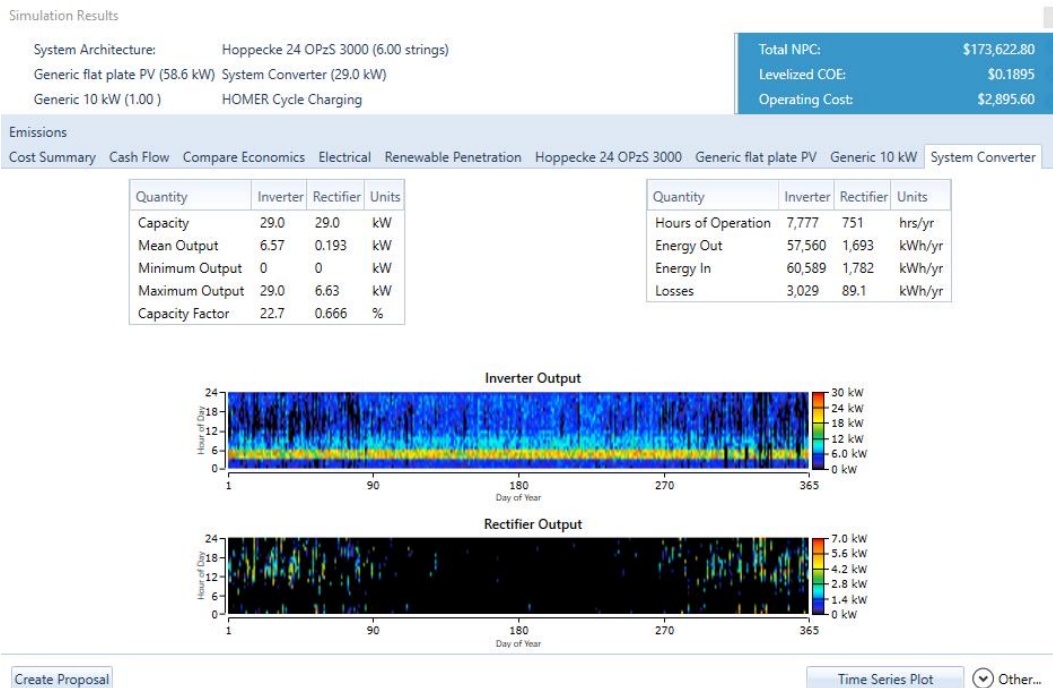
Η ενέργεια που λαμβάνουν οι συσσωρευτές κάθε χρόνο είναι 47,649 kWh ενώ η ενέργεια που δίνουν στο σύστημα είναι 41,244 kWh. Οι συσσωρευτές δίνουν την δυνατότητα για αυτονομία 57,7 ωρών.

Εικόνα 8.23 : Αποτελέσματα 2<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Η ποσότητα ενέργειας που επαναλαμβάνεται “κυκλικά” κάθε χρόνο μέσα στο αποθηκευτικό σύστημα των συσσωρευτών είναι 44,474 kWh το χρόνο.

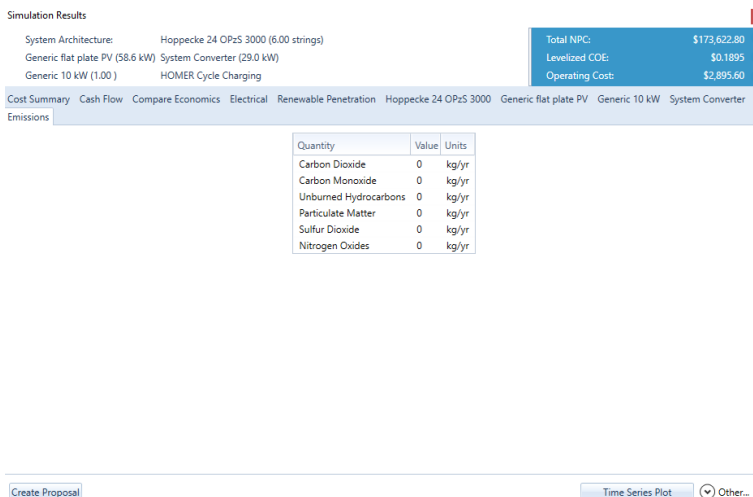
Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα της λειτουργίας του μετατροπέα.

Ο μετατροπέας λειτουργεί είτε ως αντιστροφέας (Inverter) είτε ως ανορθωτής (Rectifier). Ως αντιστροφέας δέχεται ενέργεια 60,589 kWh το χρόνο και δίνει 57,560 kWh λειτουργώντας 7,777 ώρες το χρόνο ενώ ως ανορθωτής δέχεται ενέργεια 1,782 kWh το χρόνο και δίνει 1,693 kWh λειτουργώντας 751 ώρες το χρόνο.



Εικόνα 8.24 : Αποτελέσματα 2<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Στην καρτέλα Emissions παρουσιάζεται η εκπομπή ρύπων ανά έτος



Εικόνα 8.25 : Αποτελέσματα 2<sup>ης</sup> προσομοίωσης

### 8.4 3ο Σενάριο προσομοίωσης

Το τρίτο σενάριο το οποίο θα εξετάσουμε είναι η κάλυψη των αναγκών με το υφιστάμενο υβριδικό σύστημα με την προσθήκη της ανεμογεννήτριας .

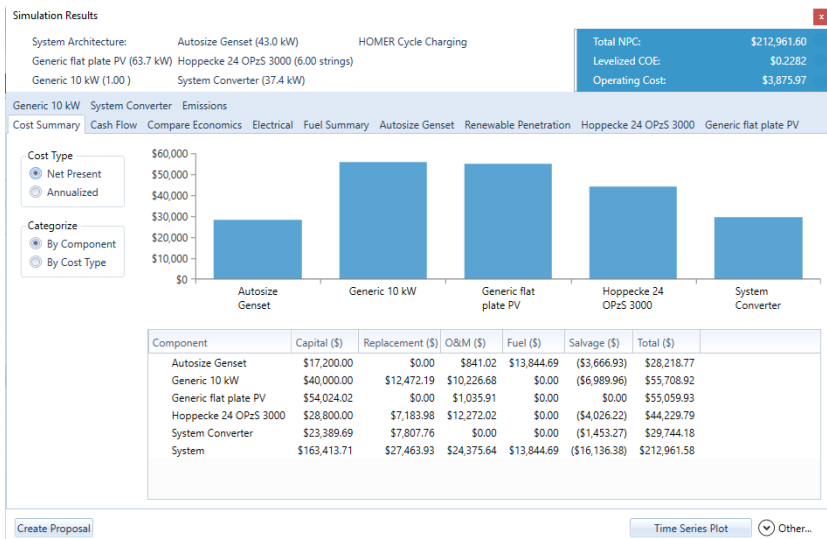
Πίνακας 8.5 : Δεδομένα 3<sup>ο</sup> σεναρίου

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη	Τυπος
Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση	63.7kW	πολυκρυσταλλικά.
Ανεμογεννήτρια	10kW	καθέτου άξονα
Ντιζελογεννήτρια	43kW	-
Σύστημα Μπαταριών	686kWh	μολύβδου σωληνωτου τύπου
Μετατροπέας Ισχύος	37.4kWh	DC-AC
Φορτίο Μονής	200kW/d	-

Architecture		Cost			System			Gen								
PV (kW)	Gen (kW)	H3000	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren. Frac. (%)	Total Fuel (L/yr)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	O&M Cost (\$/yr)	Fuel Cost (\$/yr)	
95.5		96	29.8	CC	\$150,690	\$0.168	\$1,745	\$128,389	100	0						
95.5	43.0	112	33.7	LF	\$202,599	\$0.217	\$3,896	\$152,791	96.6	1,047	192	2,481	1,047	248	1,885	
	43.0	48	21.4	CC	\$721,400	\$0.773	\$52,914	\$44,986	0	25,756	2,415	84,548	25,756	3,115	46,360	
207			14.5	CC	\$1.16M	\$1.25	\$75,276	\$201,570	0	33,446	6,245	78,130	33,446	8,056	60,203	
	43.0			CC	\$1.34M	\$1.44	\$103,621	\$17,200	0	45,997	8,760	105,700	45,997	11,300	82,794	
58.6	1	96	29.0	CC	\$173,623	\$0.190	\$2,896	\$136,607	100	0						
63.7	1	43.0	96	37.4	CC	\$212,962	\$0.228	\$3,876	\$163,414	97.2	602	51.0	2,030	602	65.8	1,083
	4	43.0	112	40.9	CC	\$542,449	\$0.581	\$23,946	\$236,340	58.7	8,872	733	30,131	8,872	946	15,970
	15		128	41.9	CC	\$927,932	\$1.04	\$20,599	\$664,606	100	0					
167	2	43.0		14.0	CC	\$1.16M	\$1.24	\$71,074	\$247,782	2.86	30,492	5,724	70,915	30,492	7,384	54,885
	3	43.0			CC	\$1.31M	\$1.40	\$91,620	\$137,200	0	39,060	7,464	89,502	39,060	9,629	70,307

Εικόνα 8.26 : Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης

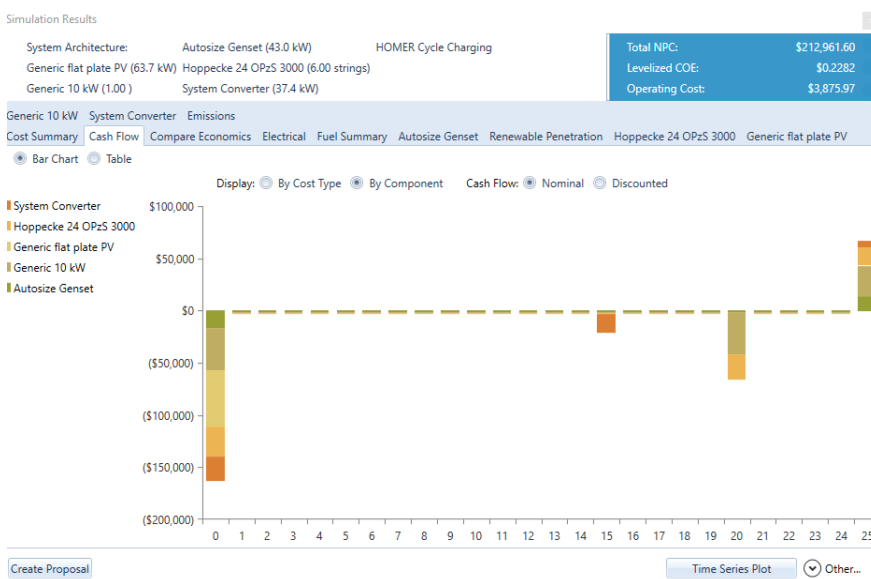
Με την πρώτη ματιά παρατηρούμε ότι για την κάλυψη των αναγκών μας η φωτοβολταϊκή μας μονάδα παραμένει σταθερή κοντά στην υπάρχουσα εγκαταστημένη ισχύ και με την παράλληλη εγκατάστασης μόνο μιας ανεμογεννήτριας .



Παρατηρούμε λοιπόν ότι το μεγαλύτερο κόστος έχει η ανεμογεννήτρια και έπειτα η φωτοβολταϊκή μονάδα.

Εικόνα 8.27 : Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Ακολουθως παρουσιάζονται οι ετήσιες χρηματοροές του συστήματος ανά τύπο κόστος και ανά μέρος συστήματος αντίστοιχα.



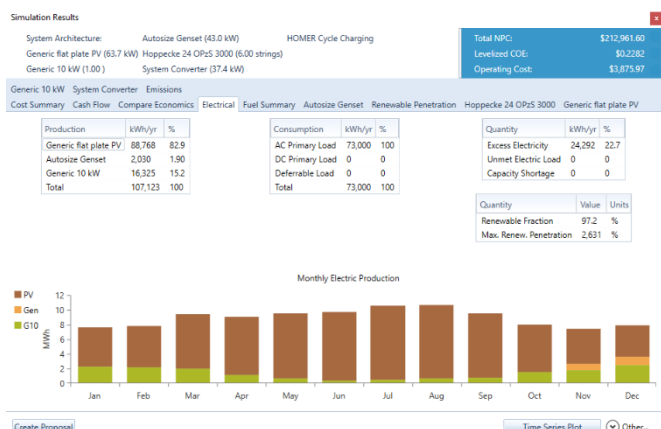
Το κόστος Καυσίμου και Λειτουργικό Κόστος παραμένουν σταθερά κάθε έτος, δείχνοντας τη σταθερότητα των σχετικών δαπανών. Κόστος αντικατάστασης εμφανίζεται στα 15ο και 20ο έτος υποδεικνύοντας την ανάγκη

Εικόνα 8.28 : Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης

αντικατάστασης ορισμένων στοιχείων του συστήματος μετά από αυτά τα χρόνια λειτουργίας. Υπολιπούσα Αξία είναι θετική μετά από 25 χρόνια, υποδηλώνοντας ότι το σύστημα θα έχει αξία ή θα παράγει κέρδος ακόμα και μετά από αυτήν τη χρονική περίοδο ετήσιες χρηματοροές του συστήματος. Αυτά τα στοιχεία αποτελούν σημαντικό μέρος της αξιολόγησης της οικονομικής βιωσιμότητας ενός ενεργειακού συστήματος και παρέχουν πληροφορίες για την απόδοσή του στο μακροπρόθεσμο

Η καρτέλα "Electrical" προσφέρει μια εικόνα των ενεργειακών αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Εδώ περιλαμβάνονται στοιχεία όπως η παραγωγή ενέργειας από τις διάφορες

πηγές, η κατανάλωση ενέργειας και άλλα σχετικά με την ηλεκτρική πλευρά του συστήματος.



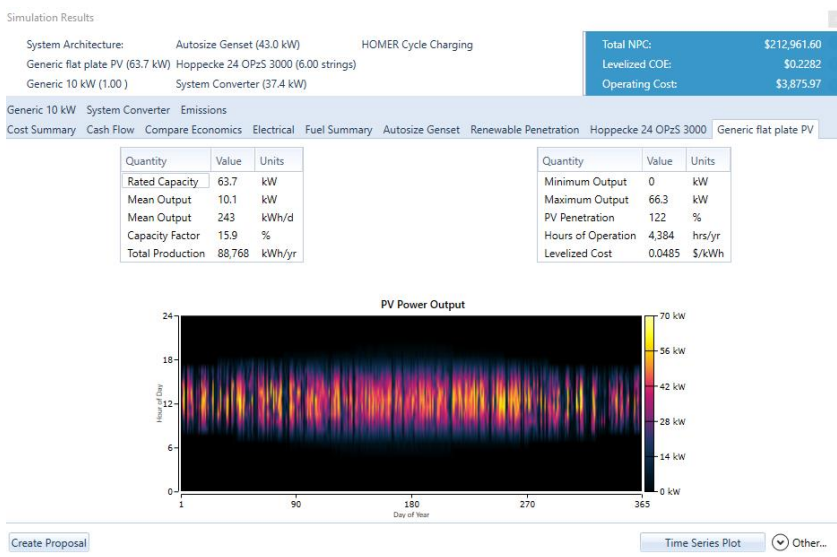
Είναι εξαιρετικά θετικό το γεγονός ότι το αυτόνομο ενεργειακό σύστημα που σχεδιάσατε καλύπτει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες της Μονής. παρατηρείται ότι η ενεργειακή κατανάλωση είναι 73,000 kWh/έτος όπου καλύπτεται πλήρως η ανάγκη μας για ενέργεια.

Εικόνα 8.29 : Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Το γράφημα για την μηνιαία παραγωγή, που αποτυπώνεται στην καρτέλα αυτή, δείχνει ότι τους θερινούς μήνες η παραγόμενη ισχύς του συστήματος είναι μεγαλύτερη από ότι τους υπόλοιπους μήνες κάτι λογικό εφόσον η ζήτηση της Μονής και η ενεργειακή του κατανάλωση αυξάνονται. Το μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης ανήκει στο Φ/Β σύστημα με 82,9%, ακολουθεί η ανεμογεννήτρια με 15,2% και η ντιζελογεννήτρια 1,9%.

Αυτό όπως φαίνεται και από το γράφημα ισχύει για όλους τους μήνες του έτους. Ένα αξιοσημείωτο στοιχείο είναι η ετήσια περίσσεια ενέργεια δηλαδή η ενέργεια που δεν μπορεί να απορροφήσει από το σύστημα και δεν αξιοποιείται (Excess Electricity) και η οποία είναι 24,292 kWh/έτος

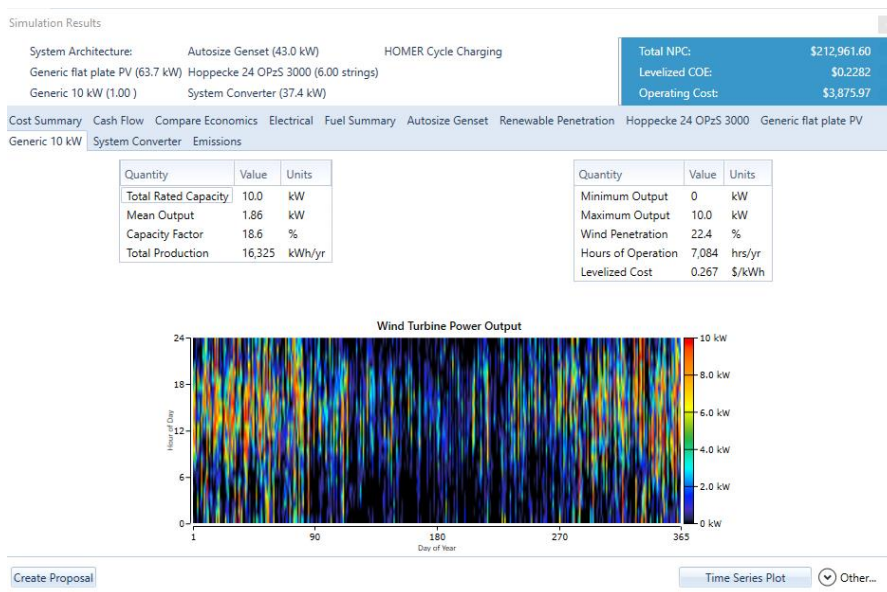
Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του Φ/Β συστήματος αποτυπώνονται



Η εγκαταστημένη ισχύ που προτείνεται είναι 63,7kW και η Φ/Β μονάδα παράγει ετησίως 88,768 kWh και οι ώρες λειτουργίας της είναι 4,384/year

Εικόνα 8.30 : Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης

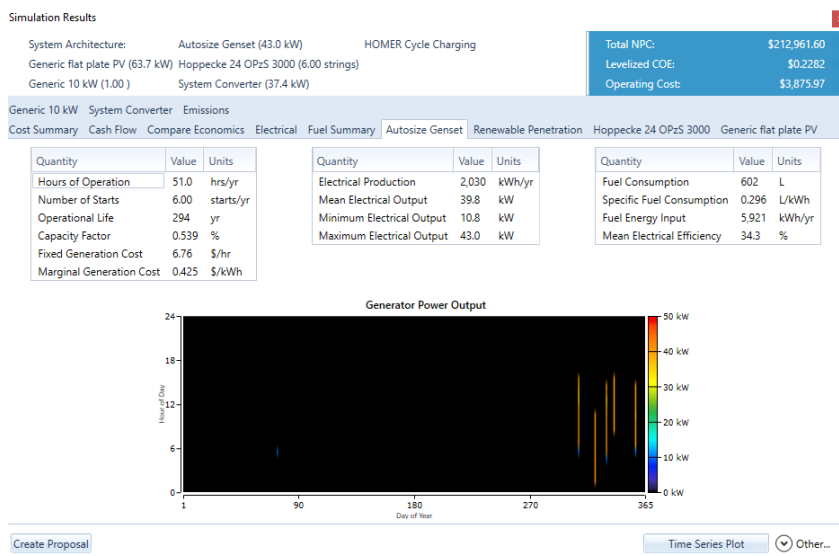
Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της ανεμογεννήτριας του συστήματος αποτυπώνονται παρακάτω τα αποτελέσματα της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας



Η εγκαταστημένη ισχύ που προτείνεται είναι 10 kW και παράγει ετησίως 16,325 kWh και οι ώρες λειτουργίας 7,084 /year.

Εικόνα 8.31: Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα της λειτουργίας της ντιζελογεννήτριας

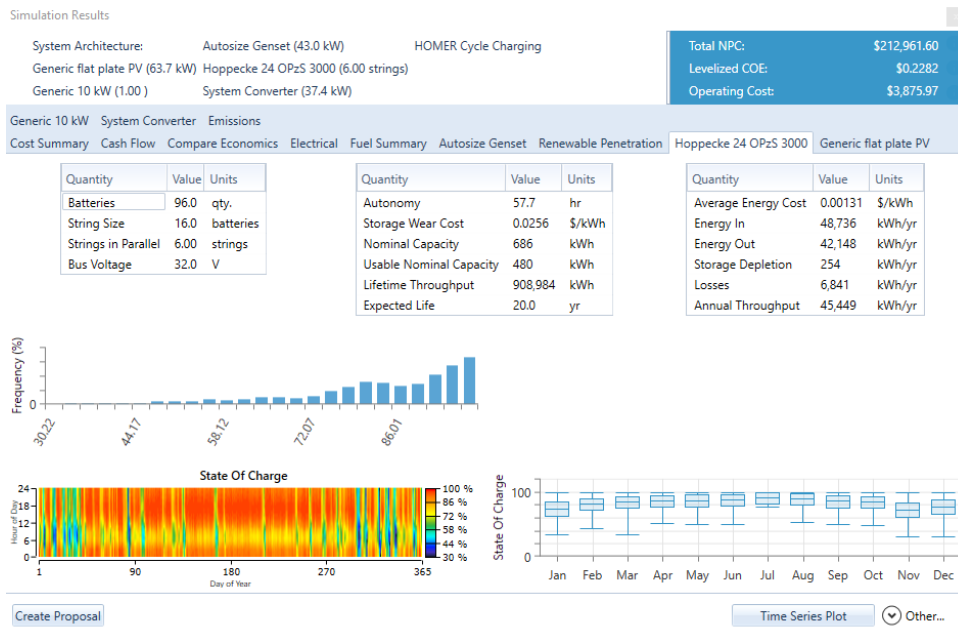


Η γεννήτρια παράγει 2,030kWh/year με ώρες λειτουργίας 294h/year . Καταναλώνει ντίζελ 0,296L/kWh.

Εικόνα 8.32 : Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα της λειτουργίας των συσσωρευτών. Οι συσσωρευτές δέχονται ενέργεια είναι 48,736 kWh /year ενώ δίνουν στο σύστημα ενέργεια 42,148 kWh. Οι συσσωρευτές διαθέτουν επίσης την δυνατότητα αυτονομίας 57,7 ωρών.

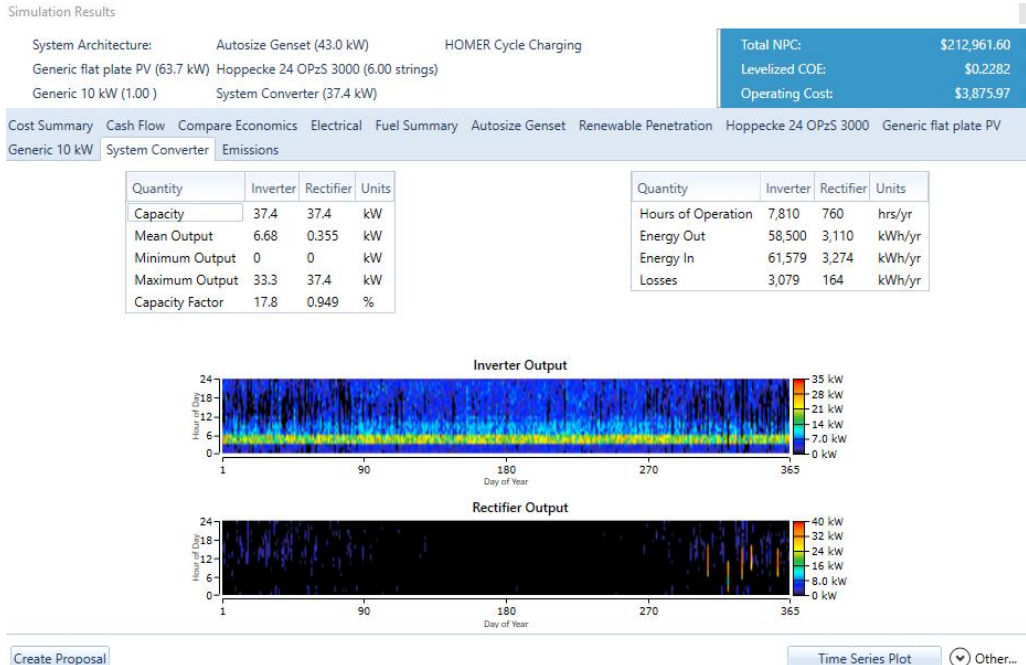




Εικόνα 8.33 : Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Η ποσότητα ενέργειας που επαναλαμβάνεται “κυκλικά” κάθε χρόνο μέσα στο αποθηκευτικό σύστημα των συσσωρευτών είναι 45,449 kWh το χρόνο.

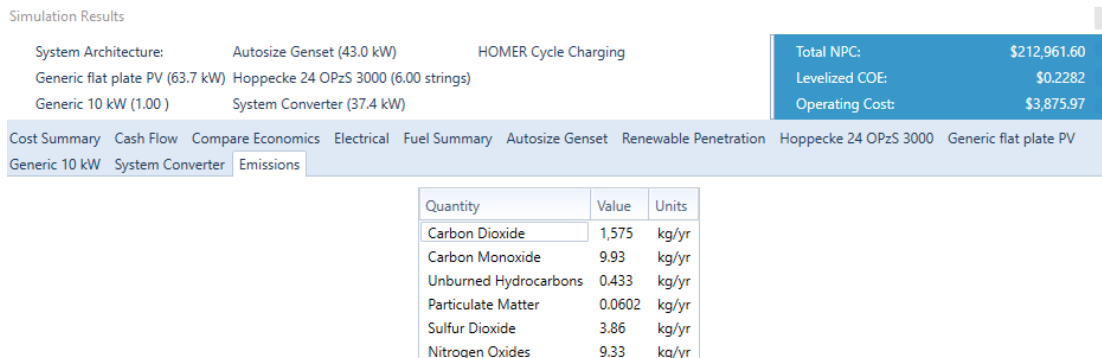
Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα της λειτουργίας του μετατροπέα.



Εικόνα 8.34 : Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Ο μετατροπέας λειτουργεί είτε ως αντιστροφέας (Inverter) είτε ως ανορθωτής (Rectifier). Ως αντιστροφέας δέχεται ενέργεια 61,579 kWh το χρόνο και δίνει 58,500 kWh λειτουργώντας

7,810 ώρες το χρόνο ενώ ως ανορθωτής δέχεται ενέργεια 3,274 kWh το χρόνο και δίνει 3,110 kWh λειτουργώντας 760 ώρες το χρόνο. Τα αποτελέσματα της λειτουργίας του μετατροπέα παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 8.35 : Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης

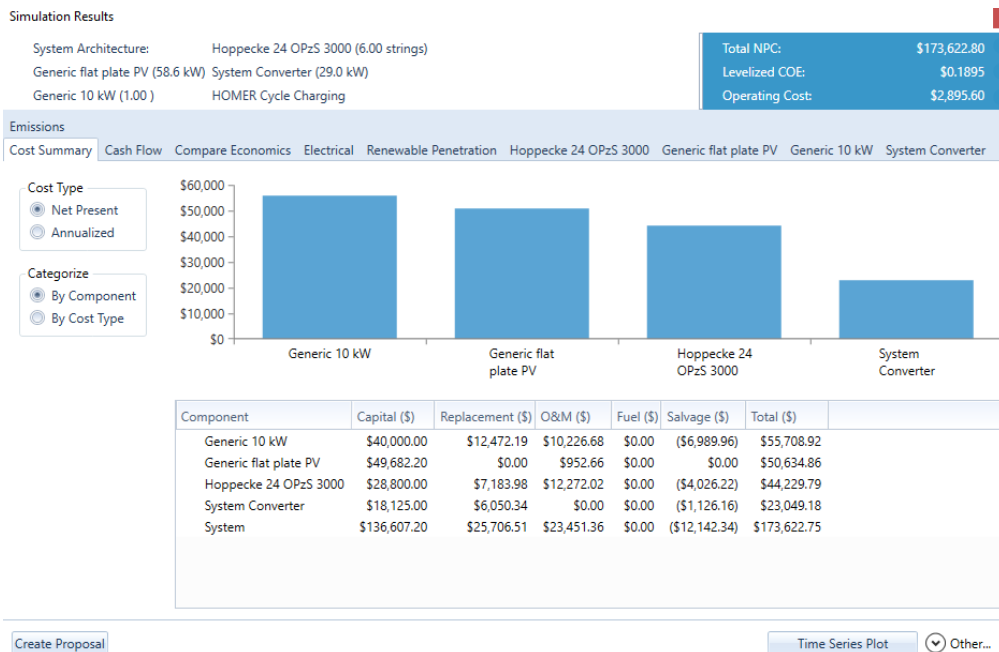
## 8.5 4<sup>ο</sup> Σενάριο προσομοίωσης

Στο τέταρτο σενάριο το οποίο είναι σημαντικό να εξεταστεί είναι η κάλυψη των αναγκών καθαρά από ανανεώσιμες με την αύξηση των πλήθων των συσσωρευτών.

Πίνακας 8.5 : Δεδομένα 4<sup>ου</sup> σεναρίου

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη	Τυπος
Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση	58.6kW	πολυκρυσταλλικά.
Ανεμογεννήτρια	10kW	καθέτου άξονα
Σύστημα Μπαταριών	772kWh	μολύβδου σωληνωτου τύπου
Μετατροπέας Ισχύος	29kWh	DC-AC
Φορτίο Μονής	200kW/d	-

Ακολουθεί το κόστος συστήματος καθώς και το κόστος του κάθε μέρους για το 4ο σενάριο. Σε αυτό, παρατηρούμε λοιπόν ότι το μεγαλύτερο κόστος έχει η ανεμογεννήτρια και έπειτα η φωτοβολταϊκή μονάδα .



Εικόνα 8.36 : Αποτελέσματα 4<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Ακολουθούν οι ετήσιες χρηματοροές του συστήματος



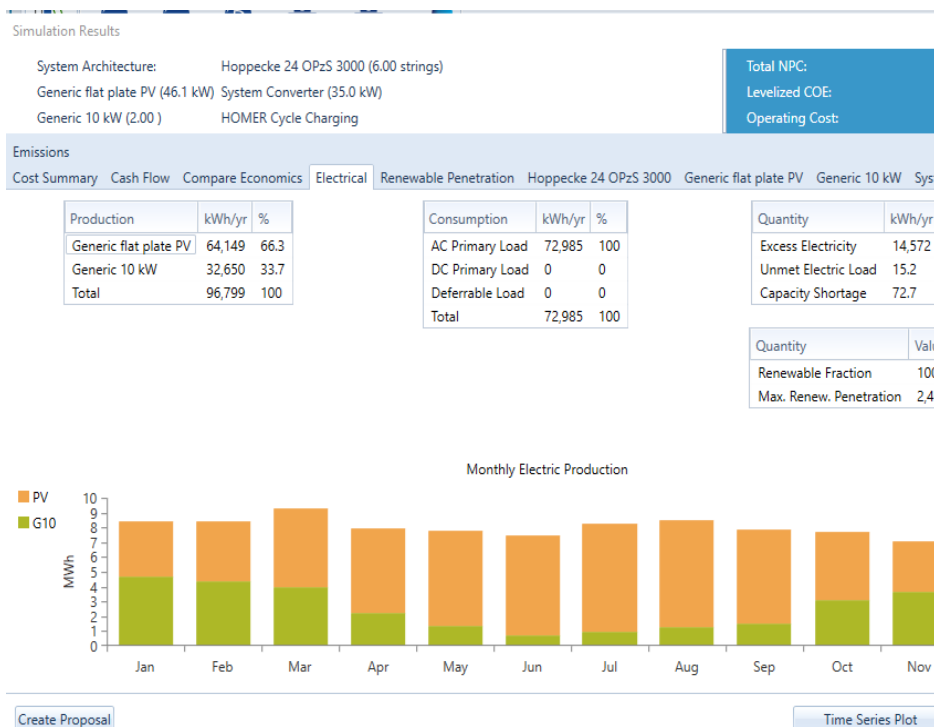
Εικόνα 8.37 : Αποτελέσματα 4<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Κόστος Καυσίμου και Λειτουργικό Κόστος παραμένουν σταθερά κάθε έτος, δείχνοντας τη σταθερότητα των σχετικών δαπανών. Κόστος αντικατάστασης εμφανίζεται στα 15ο και 20ο έτος υποδεικνύοντας την ανάγκη αντικατάστασης ορισμένων στοιχείων του συστήματος μετά από αυτά τα χρόνια λειτουργίας.

Υπολιπούσα Αξία είναι θετική μετά από 25 χρόνια, υποδηλώνοντας ότι το σύστημα θα έχει αξία ή θα παράγει κέρδος ακόμα και μετά από αυτήν τη χρονική περίοδο ετήσιες χρηματοροές του συστήματος. Αυτά τα στοιχεία αποτελούν σημαντικό μέρος της αξιολόγησης της οικονομικής βιωσιμότητας ενός ενεργειακού συστήματος και παρέχουν πληροφορίες για την απόδοσή του στο μακροπρόθεσμο.

Η καρτέλα "Electrical" προσφέρει μια εικόνα των ενεργειακών αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Εδώ περιλαμβάνονται στοιχεία όπως η παραγωγή ενέργειας από τις διάφορες πηγές, η κατανάλωση ενέργειας και άλλα σχετικά με την ηλεκτρική πλευρά του συστήματος.

Είναι εξαιρετικά θετικό το γεγονός ότι το αυτόνομο ενεργειακό σύστημα που σχεδιάστηκε καλύπτει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες της Μονής. Παρατηρείται ότι ενεργειακή κατανάλωση είναι 72,985 kWh/έτος όπου καλύπτεται πλήρως η ανάγκη μας για ενέργεια.

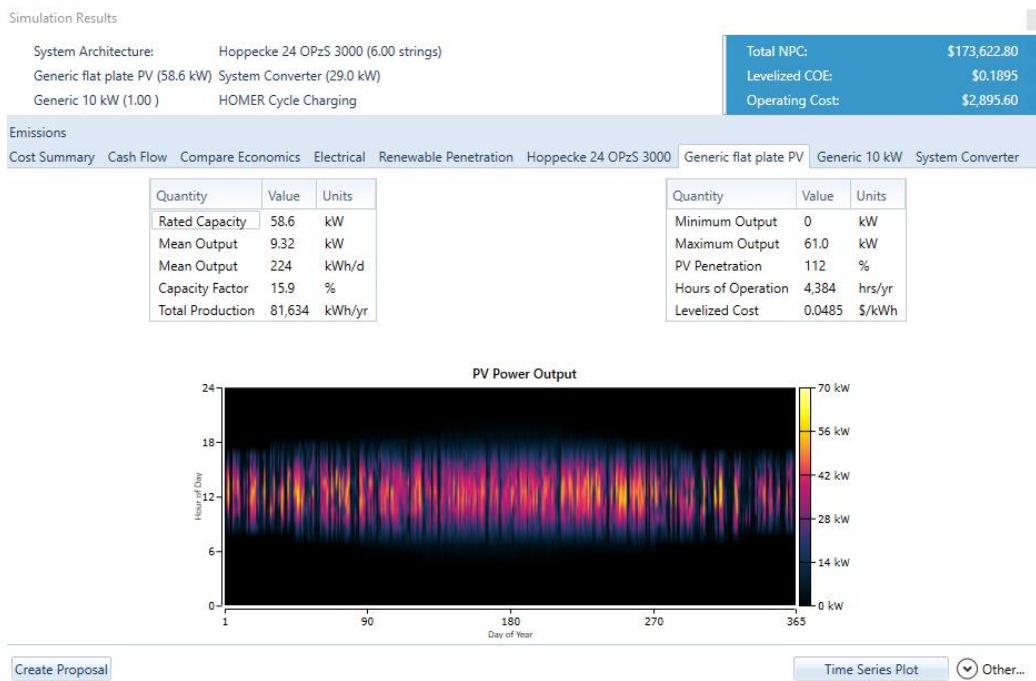


Εικόνα 8.38 : Αποτελέσματα 4<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Στην καρτέλα αυτή αποτυπώνεται το γράφημα για την μηνιαία παραγωγή, το γεγονός ότι η παραγωγή ισχύος από το σύστημα είναι υψηλότερη κατά τους θερινούς μήνες είναι λογικό, λαμβάνοντας υπόψη την αυξημένη ηλιοφάνεια και την αυξημένη ηλεκτρική ζήτηση λόγω των κλιματικών συνθηκών. Είναι ενθαρρυντικό το γεγονός ότι το Φ/Β σύστημα καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειακών αναγκών με 83,3%, ακολουθεί η ανεμογεννήτρια με 16,7%.

Η ύπαρξη περίσσειας ενέργειας (Excess Electricity) η οποία είναι 16,774 kWh/έτος σημαίνει ότι το σύστημα παράγει περισσότερη ενέργεια από ό,τι απαιτείται για τις τρέχουσες ανάγκες. Αυτή η περίσσεια μπορεί να αποθηκευτεί ή να χρησιμοποιηθεί για άλλες εφαρμογές. Σε κάθε περίπτωση, είναι θετικό το γεγονός ότι το σύστημα είναι σε θέση να καλύπτει τις ανάγκες με άνεση, καθαρά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Τα αποτελέσματα του Φ/Β συστήματος παρουσιάζονται παρακάτω. Η Φ/Β μονάδα έχει ισχύ 58,6 kW και παράγει ετησίως 81,634 kWh και λειτουργεί για 4,384 h/year.



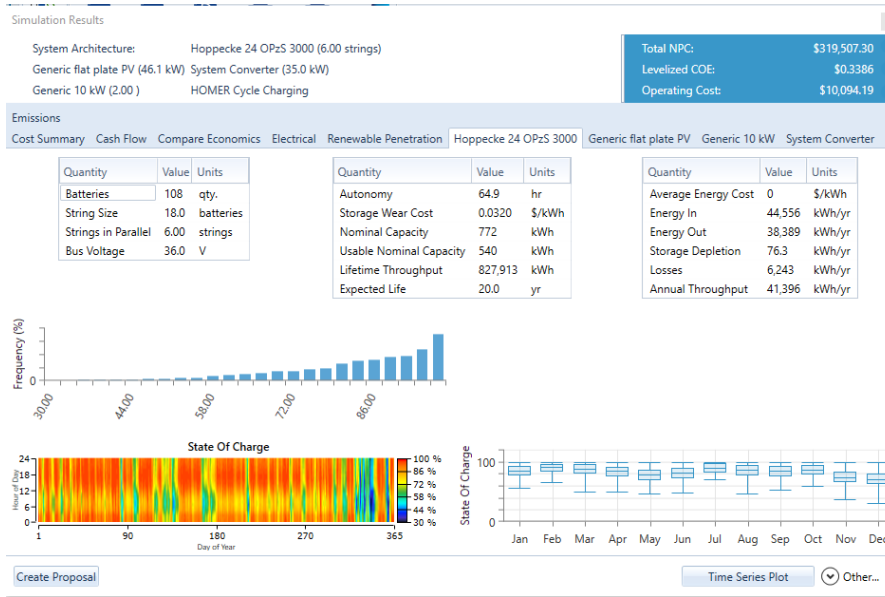
Εικόνα 8.39 : Αποτελέσματα 4<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Παρακάτω αποτυπώνεται η λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Η εγκαταστημένη ισχύ που προτείνεται είναι 10 kW και παράγει ετησίως 16,325 kWh και λειτουργεί για 7,084 h/year.



Εικόνα 8.40 : Αποτελέσματα 4<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα των συσσωρευτών. Η ενέργεια που λαμβάνουν οι συσσωρευτές κάθε χρόνο είναι 47,649 kWh ενώ η ενέργεια που δίνουν στο σύστημα 41,244 kWh. Οι συσσωρευτές δίνουν την δυνατότητα για αυτονομία 57,7 ωρών.



Εικόνα 8.41 : Αποτελέσματα 4<sup>ης</sup> προσομοίωσης

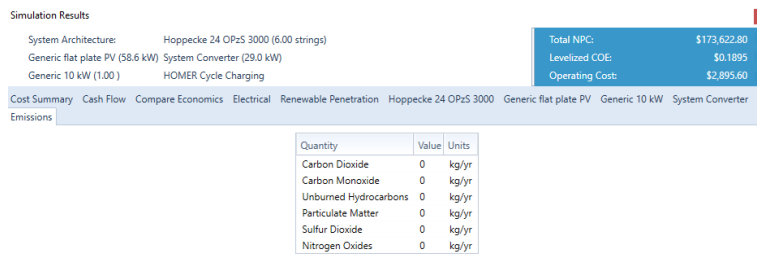
Η ποσότητα ενέργειας που επαναλαμβάνεται “κυκλικά” κάθε χρόνο μέσα στο αποθηκευτικό σύστημα των συσσωρευτών είναι 44,474 kWh το χρόνο.

Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα της λειτουργίας του μετατροπέα. Ο μετατροπέας λειτουργεί είτε ως αντιστροφέας (Inverter) είτε ως ανορθωτής (Rectifier). Ως αντιστροφέας δέχεται ενέργεια 60,589 kWh το χρόνο και δίνει 57,560 kWh λειτουργώντας 7,777 ώρες το χρόνο ενώ ως ανορθωτής δέχεται ενέργεια 1,782 kWh το χρόνο και δίνει 1,693 kWh λειτουργώντας 751 ώρες το χρόνο.



Εικόνα 8.42 : Αποτελέσματα 4<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Στην καρτέλα Emissions παρουσιάζεται η εκπομπή ρύπων ανά έτος



Εικόνα 8.43 : Αποτελέσματα 4<sup>ης</sup> προσομοίωσης

## 9 ΣΥΝΟΨΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η ένταξη μιας ή και περισσότερων ΜΙΚΡΩΝ Ανεμογεννητριών σε υφιστάμενο υβριδικό σταθμό καθώς επίσης και η εύρεση της οικονομικά βέλτιστης επιλογής μέσω της σύγκρισης απαιτήσεων του πελάτη και αποδόσεων των επιλογών της κάθε ανεμογεννήτριας με στόχο να καλυφθεί η απαιτούμενη ζήτηση ενέργειας μιας Ιεράς Μονής στη περιοχή του Αγίου Όρους. Η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού εμπεριέχει σημαντικές δυσκολίες, λόγω των χαμηλών μετεωρολογικών συνθήκων καθώς δεν υπάρχει μεγάλος αριθμός επιλογών σε ανεμογεννήτριες που θα ανταπεξέλθουν στις ανάλογες συνθήκες.

Στις μικρού τύπου ανεμογεννήτριες όπου εξετάστηκαν, τέθηκε ως στόχος η λειτουργία τους καθόλη την διάρκεια του έτους, η διείσδυση των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και ο περιορισμός του αρχικού τους κόστους καθώς και η σύγκριση παράγωγης ενεργείας μεσώ μονάδας εσωτερικής καύσης συμβατικού καυσίμου. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε την σημαντική συνεισφορά των μικρών ανεμογεννητριών σε έναν συγκεκριμένο υβριδικό σταθμό καθώς ο χρόνος απόσβεσής τους είναι πολύ γρήγορος και οικονομικά βιώσιμο.

Στόχος ήταν να μελετηθεί η εγκατάσταση μικρών οικιακών ανεμογεννητριών καθέτου άξονα με την ταυτόχρονη λειτουργία συστημάτων παραγωγής ΑΠΕ ώστε να γίνει μείωση της χρήσης συμβατικών μονάδων παραγωγής με την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Έγινε υπολογισμός συμβατικού ενεργειακού σταθμού με δεδομένα την ηλεκτρική ισχύ όπου παράγει η κάθε ανεμογεννήτρια ώστε να βρεθεί το κόστος παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την σύγκριση συμβατικής μονάδα με την ανεμογεννήτρια ώστε να βρεθεί ο χρόνος απόσβεσης της εγκατάστασης.

Χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα HOMER για να εξεταστεί η αποδοτικότητα του υφιστάμενου υβριδικού συστήματος στην Ιερά Μονή. Αρχικά, η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε με βάση πραγματικά δεδομένα του συστήματος. Το σύστημα, το οποίο είναι σε θέση να προσομοιώνει υβριδικά συστήματα μικρής ισχύος, κρίθηκε ότι λειτουργεί με υψηλή αξιοπιστία και αποδοτικότητα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του HOMER. Παρατηρούμε λοιπόν ότι στην πρώτη περίπτωση όπου αναπαραστήθηκε η υφιστάμενη κατάσταση, με μια φωτοβολταϊκή μονάδα των 100kW και με μια ντιζελογεννήτρια της τάξεως των 43kW βλέπουμε ότι το Φ/Β σύστημα καλύπτει της ανάγκες μας με ποσοστό 98,2% και η ντιζελογεννήτρια με 1,83% καθώς οι συσσωρευτές διαθέτουν την δυνατότητα αυτονομίας 67 ωρών βλέπουμε ότι σχεδόν έχουμε ανεξαρτητοποιηθεί από το ντίζελ. Το υψηλό ποσοστό ανανεώσιμης ενέργειας, καθώς αγγίζει το 98,2%, το οποίο αποτελεί σημαντική παράμετρο για τα συστήματα στον Άγιο Όρος. Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε με έμφαση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ήταν συνεπής με τη σύγχρονη προσέγγιση για τη βιωσιμότητα και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η χρήση λογισμικού και η διαδικασία βελτιστοποίησης επιτρέπουν την αξιολόγηση διαφόρων σεναρίων, προσφέροντας επιλογές και δυνατότητες προσαρμογής του συστήματος. Η προσθήκη μιας μικρής ανεμογεννήτριας αποτελεί συνήθως καλή στρατηγική, ειδικά όταν συνδυάζεται με άλλες πηγές ενέργειας. Ο συνδυασμός φωτοβολταϊκών, ανεμογεννητριών και άλλων πηγών μπορεί να βοηθήσει στην εξισορρόπηση των ενεργειακών αναγκών και στη διασφάλιση σταθερής παροχής. Η σύγκριση μεταξύ σεναρίων που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές και σεναρίων που χρησιμοποιούν



ντιζελογεννήτριες είναι σημαντική για τη λήψη ολοκληρωμένων αποφάσεων βάσει του κόστους, της βιωσιμότητας και των ειδικών αναγκών της Μονής. Επίσης, είναι σημαντικό να συνυπολογιστεί η αξιοπιστία και η σταθερότητα του ενεργειακού συστήματος σε διάφορες συνθήκες. Συνολικά, η προσέγγισή σας φαίνεται να είναι ολοκληρωμένη και εξελίσσεται με σκοπό την επίτευξη βιώσιμης και αποτελεσματικής λύσης για τις ενεργειακές ανάγκες της Μονής.

Στην δεύτερη περίπτωση παρατηρήθηκε ότι οι ενεργειακές ανάγκες μπορούν να καλυφτούν πλήρως από ΑΠΕ με μια φωτοβολταϊκή μονάδα των 60kW και με μια ανεμογεννήτρια των 10kW βλέπουμε ότι το Φ/Β σύστημα καλύπτει της ανάγκες μας με ποσοστό 83,3 % και η ανεμογεννήτρια με 16,7% καθώς οι συσσωρευτές διαθέτουν την δυνατότητα αυτονομίας 58 ωρών. Σε αυτό το σενάριο θεωρήθηκε εκτός η ντιζελογεννήτρια και παρατηρήθηκε ότι με μικρότερο Φ/Β σύστημα και με την προσθήκη μιας μικρής ανεμογεννήτριας είμαστε σε θέση να υποστηρίξουμε της ανάγκες μας μόνο από ΑΠΕ. Το φωτοβολταϊκό σύστημα υπερισχύει ακόμα και με μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ κάτι το οπο είναι λογικό αφού έχουμε χαμηλό αιολικό δυναμικό με αποτέλεσμα να μην δίνει η ανεμογεννήτρια την βέλτιστη δυνατή ενέργεια. Συμπεραίνουμε πως το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει επαρκώς με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στην δε τρίτη περίπτωση έχουμε τον σενάριο ενός πλήρους συνδυασμένου συστήματος όπου αποτελείται από ΑΠΕ αλλά και ντίζελ. Έτσι με μια φωτοβολταϊκή μονάδα των 64kW και με μια ανεμογεννήτρια των 10kW και με μια ντιζελογεννήτρια της τάξεως των 43kW, το Φ/Β καλύπτει τις ανάγκες με ποσοστό 82,9% η ανεμογεννήτρια με 15,2% και η ντιζελογεννήτρια 1,9% καθώς οι συσσωρευτές διαθέτουν την δυνατότητα αυτονομίας 58 ωρών. Παρατηρούμε λοιπόν ότι δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορά τα ποσοστά με το δεύτερο σενάριο, όμως σε αυτή την περίπτωση το πρόγραμμα έχει υπολογίσει και την λειτουργία της ντιζελογεννητριας με την θεωρία πως θα υπάρχουν ημέρες όπου τα ΑΠΕ συστήματα δεν θα αποδώσουν όπως πρέπει.

Εάν κάνουμε την σύγκριση μεταξύ του δευτέρου και τρίτου σεναρίου βλέπουμε ότι μπορούμε να ανεξαρτητοποιηθούμε από το ντίζελ καθώς και με μια βελτίωση στον υπάρχον σύστημα όπως για παράδειγμα η αύξηση της χωρητικότητας των συσσωρευτών θα οδηγούσε στην βέλτιστη αυτονομία καθαρά από ΑΠΕ.

Επιλέγουμε να αξιολογήσουμε το δεύτερο σενάριο και να ανεξαρτητοποιήσουμε το σύστημά από τις συμβατικές μορφές ενέργειας οπότε θα προσπαθήσουμε να αυξήσουμε την χωρητικότητα του συστήματος μέσω του προγράμματος Homer να αξιοποιήσουμε την χαμένη ενέργεια. Στην τέταρτη περίπτωση όπου εξετάσαμε παρατηρούμε ότι με την αύξηση των συσσωρευτών από 96 σε 108 παρατηρούμε την μείωση το Excess Electricity από 16,774 kWh/έτος σε 14,572 kWh/έτος. (Με την προσθήκη επιπλέον συσσωρευτών το πρόγραμμα κάνει update των υπολοίπων στοιχείων και αυξάνει την ισχύ της φωτοβολταϊκής μονάδας . Όμως η υπόθεση όπου έγινε για αύξηση των συσσωρευτών ότι θα μειωθεί το Excess Electricity ήταν σωστή). Οπότε με μελέτη θα γίνει και η ανάλογη αύξηση των συσσωρευτών έτσι ώστε να αξιοποιηθεί όσο των δυνατών παραγόμενης ενέργειας. Επίσης και από οικονομικής άποψης μπορούμε να κάνουμε την παρατήρηση ότι για να αποθηκεύσουμε την περίσσια ενέργεια θα χρειαστούμε περίπου 86 επιπλέον συσσωρευτές αξίας  $86 \times 300\text{€} = 25.800\text{€}$

Κάνοντας αναφορά στην παράγραφο 7.2.3 για να βρούμε την οικονομική βιωσιμότητα της αύξηση των συσσωρευτών σε σχέση με την χαμένη ενέργεια συγκρίνοντάς την με το κόστος πετρελαίου όπου θα χρειαζόμασταν για την παράγουμε από μια συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η θερμική τιμή του πετρελαίου υπολογίζεται ως εξής:

$$\theta T = \frac{\text{τιμή πετρελαίου}}{K\Theta M * \text{Βαθμός Απόδοσης Μηχανής}}$$

Όπου:

Κατώτερη θερμογόνο δύναμη πετρελαίου:  $q_{\text{pet}} = 10250 \text{ kcal/kg} = 11.92 \text{ kWh/kg}$

Καθαρή θερμογόνο δύναμη:  $K\Theta M = 10,3 \text{ kWh/lit}$

Τιμή πετρελαίου κίνησης:  $1,63 \text{ €/lit}$

Πυκνότητα πετρελαίου:  $\rho_{\text{pet}} = 0,86 \text{ kg/lit}$

Βαθμός απόδοσης μηχανής:  $n = 35\%$

Επιλύοντας την σχέση προκύπτει ότι η θερμική τιμή του πετρελαίου είναι  $0,453 \text{ €/ kWh}$ . Έπειτα υπολογίζεται το κόστος της κατανάλωσης του πετρελαίου που ορίζεται από τη ετήσια παραγόμενη ενέργεια του έτους πολλαπλασιαζόμενη με την θερμική τιμή του πετρελαίου και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:  $K.Π = E_{\text{excess electricity}} * \theta.T = 14,572 * 0.453 = 6,601.116 \text{ €}$ .

Αφού υπολογίστηκε η θερμική τιμή του πετρελαίου και εφόσον ξέρουμε το κόστος των επιπλέον συσσωρευτών μπορούμε να βρούμε τον χρόνο απόσβεσης αυτών από την εξοικονόμηση πετρελαίου  $25,800\text{€} / 6,601,116\text{€} = 3,9$  οπότε βλέπουμε ότι θα γίνει απόσβεση αυτών σε περίπου 4 έτη.

Παρατηρείται λοιπόν ότι είναι συμφέρουσα η επιλογή της αύξησης των συσσωρευτών από οικονομικής απόψεως. Επίσης με την εισαγωγή ανεμογενήτριας καλύπτεται επαρκώς τις ανάγκες της Ίερας Μονής, αποφεύγοντας η περιβαλλοντική ρύπανση. Η νέα σύνθεση αξιολογήθηκε και για εναλλακτικές τιμές της μέσης ταχύτητας του ανέμου, καθώς διαπιστώθηκε ότι με την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου, υπάρχει δυνατότητα για μεγαλύτερη αξιοποίηση του αεροδυναμικού μέσω της εισαγωγής επιπλέον ανεμογεννητριών.

## 10 Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

1. <http://www.verdeplus.gr/product.php?id=66>
2. <http://www.verdeplus.gr/product.php?id=51>
3. <https://www.carlamco.gr/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%B F%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC/%CE%B1%CE%BD %CE%B5%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%BD%CE%AE% CF%84%CF%81%CE%B9%CE%B5%CF%82/%CE%BA%CE%AC%CE%B8%CE %B5%CF%84%CE%BF%CF%82- %CE%AC%CE%BE%CE%BF%CE%BD%CE%B1%CF%82>
4. <https://www.eshops.gr/typoi-anemogennitrias/>
5. [https://www.youtube.com/watch?v=GazU723Ro-0&ab\\_channel=deskatienergy](https://www.youtube.com/watch?v=GazU723Ro-0&ab_channel=deskatienergy)
6. <https://www.anemogennitria.gr/hawt-vs-vawt.htm>
7. <https://www.anemogennitria.gr/articles.htm>
8. <https://www.oknow.gr/online-store/fotovoltaika/mpataries-fotovoltaikon.html>
9. [https://www.tesup.gr/product-page/atlasx-wind-turbine-generator-house?gclid=Cj0KCQiA-JacBhC0ARIsAIxybyMGyTJ23-nOMIXQnWzbfj5UUqXPQPW3vTBr6MKednIOmyBne-toS9UaAk7QEALw\\_wcB](https://www.tesup.gr/product-page/atlasx-wind-turbine-generator-house?gclid=Cj0KCQiA-JacBhC0ARIsAIxybyMGyTJ23-nOMIXQnWzbfj5UUqXPQPW3vTBr6MKednIOmyBne-toS9UaAk7QEALw_wcB)
10. [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE %BA%CE%AE\\_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE% B9%CE%B1](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE %BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE% B9%CE%B1)
11. <https://www.oleng.eu/anemogenitria-times-leitourgia/>
12. <https://www.iasos.eu/IASOSIG.htm>
13. <https://hi-techsolution.eu/%ce%b1%ce%bd%ce%b5%ce%bc%ce%bf%ce%b3%ce%b5%ce%b d%ce%bd%ce%ae%cf%84%cf%81%ce%b9%ce%b5%cf%82- %ce%ba%ce%ac%ce%b8%ce%b5%cf%84%ce%bf%cf%85- %ce%ac%ce%be%ce%bf%ce%bd%ce%b1%ce%b1%ce%bd%ce%b5%ce%bc%ce %bf%ce%b3%ce%bd%ce%bd%ce%ae%cf%84%cf%81%ce%b9%ce%b1- %ce%ba%ce%b1%ce%b8%ce%ad%cf%84%ce%bf%cf%85- %ce%ac%ce%be%ce%bf%ce%bd%ce%b1-aeolos-wv-09/>
14. [https://www.tesup.gr/product-page/atlasx-wind-turbine-generator-house?gclid=CjwKCAiAhKycBhAQEiwAgf19enrz37WZGoGln3b7SlFre6uIlgBPs58orWOxxM5gkX2ef38gzkC3sVhoC9HYQAvD\\_BwE](https://www.tesup.gr/product-page/atlasx-wind-turbine-generator-house?gclid=CjwKCAiAhKycBhAQEiwAgf19enrz37WZGoGln3b7SlFre6uIlgBPs58orWOxxM5gkX2ef38gzkC3sVhoC9HYQAvD_BwE)
15. <http://www.visionairwind.com/visionair-5/>
16. <https://www.quietrevolution.com/>
17. <https://el.lambdageeks.com/wind-turbine-efficiency/>
18. [https://www.google.com/search?q=flower+vertical+wind+turbine&tbm=isch&ved=2ahUKEwjKqP3Xya-BAxWGzaQKHT\\_LCSkQ2-cCegQIABAD&oq&gs\\_lcp=ChJtb2JpbGUtZ3dzLXdpei1pbWcQARgAMgcIIxDqAhA nMgcIIxDqAhAnMgcIIxDqAhAnMgcIIxDqAhAnMgcIIxDqAhAnOgQIIxAnUABYAG DSFmgCcAB4AIABbYgBbZIBAzAuMZgBAKABAbABBcABAQ&sclient=mobile-gws-wiz-img&ei=ItsFZcqPL4abkWW\\_lqfIAG&bih=732&biw=393&client=ms-android-xiaomi-rvo3&hl=el#imgsrc=mZlVl1bzay6K2M](https://www.google.com/search?q=flower+vertical+wind+turbine&tbm=isch&ved=2ahUKEwjKqP3Xya-BAxWGzaQKHT_LCSkQ2-cCegQIABAD&oq&gs_lcp=ChJtb2JpbGUtZ3dzLXdpei1pbWcQARgAMgcIIxDqAhA nMgcIIxDqAhAnMgcIIxDqAhAnMgcIIxDqAhAnMgcIIxDqAhAnOgQIIxAnUABYAG DSFmgCcAB4AIABbYgBbZIBAzAuMZgBAKABAbABBcABAQ&sclient=mobile-gws-wiz-img&ei=ItsFZcqPL4abkWW_lqfIAG&bih=732&biw=393&client=ms-android-xiaomi-rvo3&hl=el#imgsrc=mZlVl1bzay6K2M)
19. <http://www.aceenergy.com/aloha/products/small-wind-turbines/>