



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ



Διπλωματική Εργασία
Εύελυν Σάκκα

ΕΜΚ ΔΕ 2018 16

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές

Αθήνα, Ιούλιος 2018



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ



Διπλωματική Εργασία
Εύελυν Σάκκα

ΕΜΚ ΔΕ 2018 16

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές

Αθήνα, Ιούλιος 2018

Copyright © Εύελυν Σάκκα, 2018
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια της συγγραφέως. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, 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 στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς την συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων της συγγραφέως (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Evelyn Sakka, 2018
All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organisation (L. 5343/1932, art. 202).

Εύελυν Σάκκα (2018)

Οικονομοτεχνική διερεύνηση βέλτιστης θέσης χωροθέτησης αιολικού πάρκου
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2018 16
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Evelyn Sakka (2018)

Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2018 16
Technical and Financial Investigation of Optimum Wind Park Siting
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του τομέα Δομοστατικής κ. Χ. Γαντέ για την επιστημονική καθοδήγηση και τη βοήθεια που μου προσέφερε κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δ. Βαμβάτσικο, επίκουρο καθηγητή του τομέα Δομοστατικής και τον κ. Ν. Λαγαρό, αναπληρωτή καθηγητή του τομέα Δομοστατικής.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2018 16

Οικονομοτεχνική διερεύνηση βέλτιστης χωροθέτησης αιολικού πάρκου

Εύελυν Σάκκα

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές

Ιούλιος 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την οικονομοτεχνική διερεύνηση της βέλτιστης χωροθέτησης για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου. Το αιολικό δυναμικό μια περιοχής αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την απόδοση της επένδυσης. Η κατασκευή ενός αιολικού πάρκου έχει υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και για αυτό το λόγο θα πρέπει να κατασκευαστεί σε μια περιοχή με υψηλή ταχύτητα ανέμου ώστε η επένδυση να επιφέρει το μέγιστο κέρδος.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στις μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που διαθέτουν. Επίσης, περιγράφεται η αιολική ενέργεια που είναι και η μορφή με την οποία θα ασχοληθούμε καθώς και η διαδικασία κατασκευής ενός αιολικού πάρκου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εξέλιξη των επενδύσεων της αιολικής ενέργειας τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Επιπλέον, αναλύεται ο ρόλος της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, η διαδικασία δανειοδότησης αιολικών πάρκων και η τιμολόγηση ενέργειας στην Ελλάδα.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τύποι των ανεμογεννητριών και τα μέρη από τα οποία αποτελείται μια ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα. Επίσης, περιγράφονται τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας General Electric GE 3.2-130 που είναι η ανεμογεννήτρια που θα χρησιμοποιήσουμε στη μελέτη μας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση του αιολικού δυναμικού και της απόδοσης των ανεμογεννητριών. Παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της ταχύτητας ανέμου καθώς παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας και είναι ένας παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη για την επιλογή της περιοχής στην οποία θα γίνει εγκατάσταση αιολικού πάρκου. Παρουσιάζεται η κατανομή Weibull, που περιγράφει την μεταβολή του ανέμου για τυπικές περιοχές καθώς και ο τρόπος υπολογισμού της μέσης ετήσιας ισχύος μιας ανεμογεννήτριας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία της οικονομοτεχνικής μελέτης για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου. Γίνεται ανάλυση του συνολικού αρχικού κόστους της επένδυσης, του λειτουργικού κόστους, του εισοδήματος και του κόστους αποσβέσεως των πάγιων περιουσιακών στοιχείων. Παρουσιάζονται οι δυο μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση μιας επένδυσης: η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA). Επίσης, παρουσιάζονται οι πηγές χρηματοδότησης μια επένδυσης που είναι τα ίδια κεφάλαια, η επιχορήγηση και το δάνειο και αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους.

Στο έκτο κεφάλαιο μελετάται η αξιολόγηση της επένδυσης ενός χερσαίου αιολικού πάρκου σε τρεις διαφορετικές περιοχές στην Ελλάδα: στη Σκύρο, στο Λαύριο και στα Χανιά που παρουσιάζουν υψηλό, μεσαίο και χαμηλό αιολικό δυναμικό αντίστοιχα. Στο αιολικό πάρκο εγκαθίστανται 10 ανεμογεννήτριες τύπου General Electric GE 3.2 MW, δηλαδή η συνολική ισχύς του αιολικού πάρκου είναι 32 MW. Για κάθε περιοχή θεωρούμε ότι το συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης, το λειτουργικό κόστος, τα πάγια και η απόσβεση είναι κοινά. Οι διαφορές έγκειται στο εισόδημα καθώς η παραγωγή ενέργειας δεν είναι ίδια για όλες τις εξεταζόμενες περιοχές λόγω διαφορετικών ανεμολογικών συνθηκών. Επίσης, το χρηματοδοτικό σχήμα διαφέρει, γιατί το ποσοστό επιδότησης δεν είναι ίδιο για τις τρεις περιοχές. Για κάθε περιοχή παρουσιάζεται η συνάρτηση Weibull και η χρηματοοικονομική απόδοση της επένδυσης. Επίσης υπολογίζεται η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA) για κάθε περιοχή και γίνεται αξιολόγηση των επενδύσεων.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται η σύγκριση των επενδυτικών σχεδίων και παρουσιάζεται η πιο αποδοτική επένδυση. Η επένδυση στη Σκύρο είναι η πιο αποδοτική καθώς έχει την υψηλότερη Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) και τον υψηλότερο Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (EBA). Στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται μια περίληψη των συμπερασμάτων και παρουσιάζονται κάποιες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES

DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2018 16

Technical and Financial Investigation of Optimum Wind Park Siting
Evelyn Sakka

Supervisor: Professor Charis Gantes

July 2018

ABSTRACT

The present diploma thesis deals with the economical and technical exploration of optimal siting for the construction of a wind farm. The wind potential of an area is an important factor on the investment return. The construction of a wind farm has a high initial investment cost and it should be constructed in an area with high wind potential and thus have a profitable investment.

The first chapter is an introduction to the forms of renewable energy sources and their advantages and disadvantages. The wind energy, which is the form of renewable energy sources examined in this study as well as the process of the construction of a wind farm are described.

The second chapter presents the evolution of wind energy investments both at global and European level. In addition, the role of wind energy in Greece, the wind farm lending process and the energy pricing in Greece are analyzed.

In the third chapter the categories of wind turbines and the elements consisting of a horizontal axis wind turbine are presented. Moreover, the features of the General Electric GE 3.2-130 wind turbine, which is the wind turbine used in this study are described.

The fourth chapter analyzes the wind potential and wind turbine performance. The wind speed characteristics are presented as it plays an important role in the energy production and it is a factor taken

into consideration in choosing an area for the installation of a wind farm. The Weibull distribution function, which describes the wind variation for typical areas, as well as the method of calculating the average annual power of a wind turbine are presented.

In the fifth chapter the methodology of the financial study for the construction of a wind farm is presented. The total initial investment cost, operating costs, income and depreciation costs on fixed assets are described. Moreover, the two methods applied for the evaluation of the profitability of an investment are presented: The Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return (IRR). In addition, the characteristics of the funding sources of an investment are presented: the public subsidy, the private equity and the private bank lending.

In the sixth chapter the evaluation of the investment of an onshore wind farm is examined in three different regions in Greece: in Skyros, Lavrio and Chania, which exhibit high, medium and low wind potential respectively. In the wind farm, 10 wind turbines of General Electrics GE 3.2 MW are installed. Thus, the total power of the wind farm is 32 MW. We consider that the total initial investment cost, operating costs, and depreciation cost on fixed assets are common for the three areas. The differences exist in income, because the energy production is not the same across the areas examined and in the funding scheme, because the rate of subsidy is not the same for the three regions. Moreover, the Weibull distribution function and the financial return of the investment of each region are presented. In addition, the Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return (IRR) are calculated for each area in order to evaluate the investment decisions.

The seventh chapter compares investment decisions and presents the most profitable investment among the three areas. The investment decision in Skyros turns out to be the most profitable as it has the higher Net Present Value (NPV) and the higher Internal Rate of Return (IRR). The eighth chapter summarizes the conclusions and presents some suggestions for future research.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
	1.1 Μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	1
	1.2 Αιολική ενέργεια	3
	1.3 Γενικές πληροφορίες για την κατασκευή αιολικών πάρκων.....	4
2.	ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	5
	2.1 Εξέλιξη επενδύσεων αιολικής ενέργειας σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο.....	5
	2.2 Αιολική ενέργεια στην Ελλάδα.....	9
	2.3 Διαδικασία αδειοδότησης αιολικών πάρκων στην Ελλάδα.....	9
	2.4 Τιμολόγηση ενέργειας στην Ελλάδα.....	12
3.	ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ.....	15
	3.1 Τύποι ανεμογεννητριών.....	15
	3.2 Μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα.....	17
	3.3 Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας General Electric GE 3.2-130.....	20
4.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	23
	4.1 Χαρακτηριστικά ταχύτητας ανέμου.....	23
	4.2 Κατανομή Weibull.....	25
	4.3 Υπολογισμός μέσης ετήσιας ισχύος και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ανεμογεννήτριας.....	26
	4.4 Αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα.....	27
5.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	29

5.1	Συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης.....	29
5.2	Λειτουργικό κόστος.....	30
5.3	Εισόδημα.....	30
5.4	Πάγια στοιχεία και απόσβεση.....	31
5.5	Χρηματοοικονομική απόδοση της επένδυσης.....	31
5.5.1	Μέθοδος Καθαρής Παρούσας Αξίας.....	31
5.5.2	Μέθοδος Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης.....	32
5.5.3	Διαφορές μεταξύ Καθαρής Παρούσας Αξίας και Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης.....	32
5.6	Πηγές χρηματοδότησης.....	33
5.6.1	Ίδια Κεφάλαια.....	33
5.6.2	Επιχορήγηση.....	33
5.6.3	Δάνειο.....	36

6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΧΕΡΣΑΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΕ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΘΕΣΕΙΣ.....37

6.1	Παρουσίαση εξεταζόμενων θέσεων σε Σκύρο, Λαύριο και Χανιά.....	37
6.2	Συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης.....	38
6.3	Λειτουργικό κόστος.....	39
6.4	Πάγια στοιχεία και απόσβεση.....	40
6.5	Σκύρος.....	42
6.5.1	Ανεμολογικά δεδομένα.....	42
6.5.2	Υπολογισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	42
6.5.3	Συνάρτηση Weibull.....	44
6.5.4	Εισόδημα.....	44
6.5.5	Χρηματοδοτικό σχήμα.....	45
6.5.6	Χαρακτηριστικά δανείου.....	45
6.5.7	Ετήσια καθαρή χρηματοροή.....	46
6.5.8	Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας.....	49
6.5.9	Υπολογισμός Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης.....	49
6.5.10	Συμπεράσματα για την αξιολόγηση της επένδυσης.....	49
6.6	Λαύριο.....	51

6.6.1	Ανεμολογικά δεδομένα.....	51
6.6.2	Υπολογισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	51
6.6.3	Συνάρτηση Weibull.....	53
6.6.4	Εισόδημα.....	53
6.6.5	Χρηματοδοτικό σχήμα.....	54
6.6.6	Χαρακτηριστικά δανείου.....	54
6.6.7	Ετήσια καθαρή χρηματοροή.....	55
6.6.8	Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας.....	58
6.6.9	Υπολογισμός Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης.....	58
6.6.10	Συμπεράσματα για την αξιολόγηση της επένδυσης	59
6.7	Χανιά.....	60
6.7.1	Ανεμολογικά δεδομένα.....	60
6.7.2	Υπολογισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	60
6.7.3	Συνάρτηση Weibull.....	62
6.7.4	Εισόδημα.....	62
6.7.5	Χρηματοδοτικό σχήμα.....	63
6.7.6	Χαρακτηριστικά δανείου.....	63
6.7.7	Ετήσια καθαρή χρηματοροή.....	64
6.7.8	Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας.....	67
6.7.9	Υπολογισμός Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης	67
6.7.10	Συμπεράσματα για την αξιολόγηση της επένδυσης	68
7.	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ.....	69
7.1	Σύγκριση των εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων.....	69
7.2	Παρουσίαση της πιο αποδοτικής επένδυσης.....	69
8.	ΠΕΡΙΛΗΨΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	
8.1	Περίληψη.....	73
8.2	Συμπεράσματα.....	74
8.3	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	75

9	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77
----------	--------------------------	-----------

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ή ήπιες μορφές ενέργειας ή νέες πηγές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως είναι ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/ΕΚ του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρούνται: η αιολική, η ηλιακή, η αεροθερμική, η γεωθερμική, η υδροθερμική και η ενέργεια των ωκεανών, η υδροηλεκτρική, η προερχόμενη από βιομάζα, η αποδιδόμενη από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια. Χαρακτηρίζονται ως “ήπιες” καθώς για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια παρέμβαση, όπως είναι η εξόρυξη, η άντληση ή η καύση, όπως γίνεται με άλλες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Επίσης, θεωρούνται “καθαρές” μορφές ενέργειας, πολύ “φιλικές” στο περιβάλλον, καθώς δεν αποδεδμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα ([1], [2], [3]).

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ είναι τα εξής:

- Χαρακτηρίζονται ως ανεξάντλητες πηγές ενέργειας που συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους όπως είναι τα ορυκτά καύσιμα.

- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στην ενίσχυση της ενεργειακής αυτόρκειας μικρών και αναπτυσσομένων χωρών. Μπορούν να αποτελέσουν μια εναλλακτική λύση αντί του πετρελαίου.
- Μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του πληθυσμού μιας περιοχής, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας, αλλά και για τη μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζονται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας.
- Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των ΑΠΕ σχεδιάζονται για να καλύπτουν τις ανάγκες των χρηστών, τόσο σε μικρή όσο και σε μεγάλη κλίμακα εφαρμογών. Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ υψηλή διάρκεια ζωής. Επίσης οι εγκαταστάσεις κατασκευάζονται σε σύντομο χρονικό διάστημα επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, κυρίως σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να συμβάλουν στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη υποβαθμισμένων περιοχών. Σε τοπικό επίπεδο μπορούν να γίνουν διάφορες επενδύσεις όπως χρήση γεωθερμικής ενέργειας για τη δημιουργία θερμοκηπιακών καλλιέργειών.
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό.
- Συμβάλλουν στον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγούν σε μείωση των εκπομπών και από άλλους ρυπαντές, όπως είναι π.χ. τα οξείδια του θείου που προκαλούν την όξινη βροχή, τα οξείδια του αζώτου που προκαλούν το φωτοχημικό νέφος, τα αιωρούμενα σωματίδια, κ.α.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Ορισμένα μειονεκτήματα των ΑΠΕ είναι τα εξής:

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Κατά συνέπεια απαιτείται αρκετά υψηλό αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Για αυτό το λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για

την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων και χρησιμοποιούνται μόνο ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.

- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές επικρατεί η αντίληψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Τα υδροηλεκτρικά έργα προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

1.2 Αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του ανέμου. Ο άνθρωπος εκμεταλλευόταν την ενέργεια του ανέμου από την αρχαιότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι. Στη σύγχρονη εποχή, η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας γίνεται με τις ανεμογεννήτριες (Α/Γ) [4].

Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια μέσω της περιστροφής του άξονα της περωτής. Στο δεύτερο στάδιο η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω της γεννήτριας. Οι ανεμογεννήτριες εκτός από τα οφέλη που έχουν εκμεταλλεύονται τον άνεμο, διαθέτουν και ορισμένα μειονέκτημα. Πρώτον, η λειτουργία της ανεμογεννήτριας έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή θορύβου και για τον λόγο αυτό αποφεύγεται η τοποθέτηση ανεμογεννητριών κοντά σε οικιστικές περιοχές. Επίσης, οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανατώσεις πουλιών. Τέλος, το κόστος κατασκευής και συντήρησης των ανεμογεννητριών είναι αρκετά υψηλό [4].

1.3 Γενικές πληροφορίες για την κατασκευή αιολικών πάρκων

Ο σημαντικότερος παράγοντας για την κατασκευή των αιολικών πάρκων είναι οι ανεμολογικές συνθήκες. Άλλοι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για δημιουργία ενός αιολικού πάρκου είναι η δυνατότητα σύνδεσης με το εθνικό δίκτυο ηλεκτροδότησης, η προσβασιμότητα της τοποθεσίας, η εγγύτητα σε κατοικημένες περιοχές και περιβαλλοντικοί παράγοντες. Για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου απαιτείται άδεια παραγωγής και εγκατάστασης [5].

Η κατασκευή των αιολικών πάρκων περιλαμβάνει έργα υποδομής, όπως πλατείες, θεμελιώσεις, οδοποιία, υποσταθμούς, έργα σύνδεσης με το δίκτυο διανομής και το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Τα τελικά στάδια της εγκατάστασης του πάρκου αφορούν στην ανέγερση των πύργων στήριξης των ανεμογεννητριών και στην εγκατάσταση των κυρίων μερών των ανεμογεννητριών. Η επιλογή των ανεμογεννητριών γίνεται με βάση την τοποθεσία του αιολικού πάρκου, την μορφολογία του εδάφους και το αιολικό δυναμικό της περιοχής. Το αιολικό πάρκο μπορεί να τεθεί σε λειτουργία μόλις ο αρμόδιος διαχειριστής του δικτύου διανομής ή του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας πιστοποιήσει την καλή εκτέλεση και ασφαλή λειτουργία των έργων σύνδεσης του αιολικού πάρκου. Η λειτουργία και η συντήρηση των αιολικών πάρκων ανατίθεται μέσω μακροχρόνιων συμβάσεων προς τους ίδιους τους κατασκευαστές των ανεμογεννητριών, οι οποίοι είναι υποχρεωμένοι, μεταξύ άλλων, να διατηρούν το απαραίτητο τεχνικό προσωπικό και εφεδρικό εξοπλισμό για τη διεξαγωγή της απρόσκοπτης λειτουργίας και συντήρησή τους. Η ωφέλιμη ζωή των αιολικών πάρκων εκτείνεται σε μεγάλο βάθος χρόνου που ποικίλει και είναι σε συνάρτηση με το είδος των εγκαταστάσεων. Έργα υποδομής όπως δρόμοι, ηλεκτρικές γραμμές και υποσταθμοί έχουν ωφέλιμη ζωή πολλών δεκαετιών. Οι ανεμογεννήτριες, εφόσον συντηρούνται σύμφωνα με τους κατασκευαστές τους, έχουν διάρκεια ωφέλιμης ζωής τουλάχιστον ίση με 20-25 έτη, μετά το πέρας των οποίων διατηρούν τα μέρη εκείνα που κρίνεται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθούν (π.χ. πύργος) και ανακαινίζονται τα υπόλοιπα [5].

2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 Εξέλιξη επενδύσεων αιολικής ενέργειας σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο

Στην Εικόνα 2.1 απεικονίζεται η παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στο τέλος του 2017. Οι τρεις πρώτες αγορές αιολικής ενέργειας είναι η Κίνα (19.500 MW), ακολουθούμενη από τις ΗΠΑ (7.017 MW) και τη Γερμανία (6.440 MW). Η Ινδία βρίσκεται στην τέταρτη θέση με εγκατεστημένη ισχύ αιολικής ενέργειας 4.148 MW το 2017. Στη συνέχεια ακολουθεί το Ηνωμένο Βασίλειο (2.783 MW), και η Βραζιλία (2.022 MW). Στην Εικόνα 2.2 παρουσιάζεται η εξέλιξη της συνολικής παγκόσμιας διασυνδεδεμένης αιολικής ισχύος από το 2000 μέχρι το 2017. Η παγκόσμια αιολική συνδεδεμένη ενέργεια αυξήθηκε κατά 10.5% από το 2016 έως το 2017 και έφτασε τα 539.256 MW [6].

Στην Εικόνα 2.3 βλέπουμε την συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύ σε κάθε χώρα της ευρωπαϊκής ένωσης για τα έτη 2016 και 2017. Η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς στην Ευρωπαϊκής Ένωσης ανέρχεται στα 14.750 MW το 2017. Η Γερμανία είναι στη πρώτη θέση με 55.602 MW και ακολουθούν η Ισπανία με 23.170 MW και το Ηνωμένο Βασίλειο με 19.000 MW. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 15η θέση με 2.541 MW. Στην Εικόνα 2.4 φαίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική ενέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση για τα έτη 2016 και 2017 (TWh). Στις τρεις πρώτες θέσεις βρίσκονται η Γερμανία, η Ισπανία και το Ηνωμένο Βασίλειο με παραγωγή

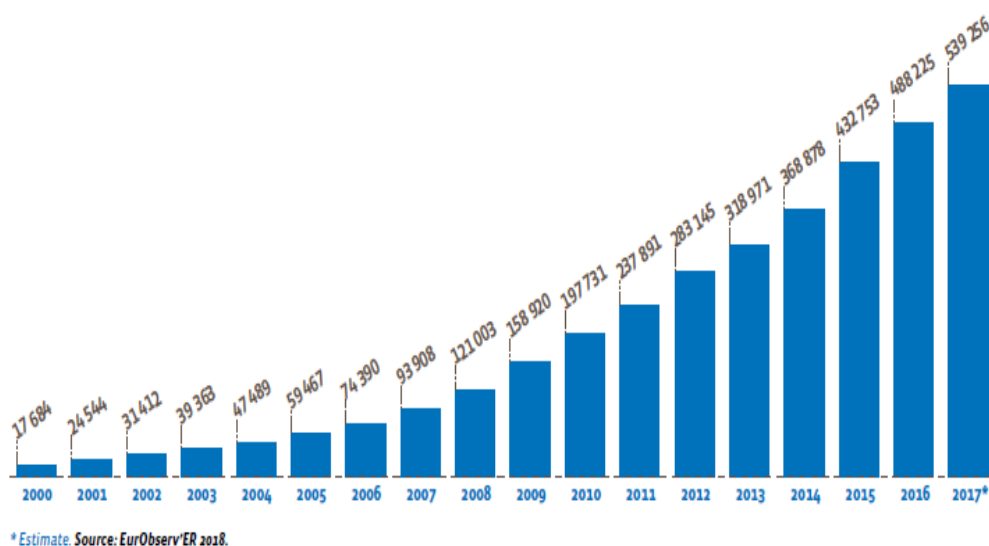
ηλεκτρικής ενέργειας 104.900 TWh, 48.906 TWh και 37.367 TWh αντίστοιχα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική ενέργεια στην Ελλάδα είναι 5.146 TWh.

	2016	2017	Capacity Installed In 2017	Decommissioned In 2017
European Union	154 847	168 993	14 750	605
Turkey	6 091	6 857	766	0
Norway	838	1 162	324	0
Russia	15	15	0	0
Rest of Europe	668	744	76	0
Total Europe	162 459	177 771	15 916	605
United States	82 060	89 077	7 017	0
Canada	11 898	12 239	341	0
Mexico	3 527	4 005	478	0
Total North America	97 485	105 321	7 836	0
China	168 732	188 232	19 500	0
India	28 700	32 848	4 148	0
Japan	3 230	3 400	177	7
Other Asian countries	3 442	4 062	622	2
Total Asia	204 104	228 542	24 447	9
Brazil	10 741	12 763	2 022	0
Other Latin America	4 571	5 128	557	0
Latin America	15 312	17 891	2 579	0
Africa & Middle East	3 917	4 538	621	0
Pacific region	4 948	5 193	245	0
Total world	488 225	539 256	51 644	614

*Estimate. Sources: EurObserv'ER 2018 (European Union figures), AWEA 2017 for United States, WindEurope 2017, GWEC 2017 (others)

Εικόνα 2.1: Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας το 2016 και το 2017

[6]



Εικόνα 2.2: Συνολική παγκόσμια διασυνδεδεμένη αιολική ισχύς από το 2000 μέχρι το 2017 [6]

	Cumulative capacity at the end of 2016	Cumulative capacity at the end of 2017*	Capacity installed in 2017*	Decommissioned in 2017*
Germany	49 592	55 602	6 440	430
Spain	23 075	23 170	95	0
United Kingdom	16 217	19 000	2 783	0
France**	11 761	13 559	1 798	0
Italy	9 384	9 743	359	0
Sweden	6 495	6 721	226	0
Poland	5 747	6 397	650	0
Denmark	5 246	5 521	373	98
Portugal	5 313	5 313	0	0
Netherlands	4 257	4 270	81	68
Ireland	2 827	3 365	538	0
Romania	3 025	3 029	4	0
Belgium	2 383	2 848	465	0
Austria	2 649	2 844	195	0
Greece	2 370	2 541	171	0
Finland	1 532	2 044	515	3
Bulgaria	699	699	0	0
Croatia	483	527	44	0
Lithuania	509	521	12	0
Hungary	329	329	0	0
Estonia	310	310	0	0
Czech Republic	282	282	0	0
Cyprus	168	168	0	0
Luxembourg	117	116	0	1
Latvia	70	66	0	4
Slovenia	5	5	0	0
Slovakia	3	3	0	0
Malta	0	0	0	0
Total EU 28	154 847	168 993	14 750	605

* Estimate. ** Overseas departments not included for France. Source: EurObserv'ER 2018.

Εικόνα 2.3: Συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύ σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2016 και 2017 [6]

	2016	2017
Germany	78,598	104,900
Spain	48,906	49,100
United Kingdom	37,367	45,510
France**	21,400	24,000
Italy	17,689	17,492
Sweden	15,479	17,100
Denmark	12,782	14,772
Poland	12,588	14,412
Portugal	12,474	13,040
Netherlands	8,170	10,223
Romania	6,590	7,100
Ireland	6,149	6,600
Belgium	5,436	6,174
Austria	5,235	6,100
Greece	5,146	5,676
Finland	3,068	4,802
Bulgaria	1,425	1,450
Lithuania	1,136	1,357
Croatia	1,014	1,107
Hungary	0,684	0,700
Estonia	0,594	0,700
Czech Republic	0,497	0,573
Cyprus	0,226	0,211
Luxembourg	0,101	0,211
Latvia	0,128	0,150
Slovakia	0,006	0,006
Slovenia	0,006	0,006
Malta	0,000	0,000
Total EU 28	302,893	353,472

*Estimate. **Overseas department not included. Source: EurObserv'ER 2018.

Εικόνα 2.4: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική ενέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2016 και 2017 (TWh) [6]

2.2 Αιολική ενέργεια στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ) το 2017 ήταν το δεύτερο καλύτερο έτος για επενδύσεις σε αιολικά πάρκα στην Ελλάδα μετά το 2011. Το 2016 προστέθηκαν 282 MW στο αιολικό δυναμικό της χώρας (συμπεριλαμβανομένων των μη διασυνδεδεμένων νησιών), το οποίο έφθασε στα 2.651,6 MW, 12 % υψηλότερο σε σχέση με το 2016. Από αυτά τα 2.329,9 MW είναι εγκατεστημένα στο διασυνδεδεμένο σύστημα και τα υπόλοιπα 321,7 MW στα μη διασυνδεδεμένα νησιά. Επίσης, το 2017 συνδέθηκαν οι πρώτες ανεμογεννήτριες στην Περιφέρεια της Ηπείρου (2,4 MW), με αποτέλεσμα η αιολική ενέργεια να έχει πλέον παρουσία σε όλες τις Περιφέρειες της χώρας. Συγκριτικά η Στερεά Ελλάδα παραμένει στην κορυφή των αιολικών εγκαταστάσεων με 877,85 MW (33,1%) και ακολουθούν η Πελοπόννησος με 502,8 MW (18,9%) και η Ανατολική Μακεδονία - Θράκη με 335,45 MW (12,6%) [7].

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ακτογραμμή και τεράστιο πλήθος νησιών. Οι ισχυροί άνεμοι που πνέουν κυρίως στα νησιά και στα παράλια συμβάλλουν στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα. Γενικά, έχουν γίνει ενέργειες για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας σε ολόκληρη τη χώρα καθώς η Ευρωπαϊκή Ένωση επιδοτεί επενδύσεις σε ΑΠΕ. Επίσης, ο νέος αναπτυξιακός νόμος 3299/04, σε συνδυασμό με το νόμο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 3468/06, παρέχει ισχυρότατα κίνητρα ακόμα και για επενδύσεις μικρής κλίμακας .

2.3 Διαδικασία αδειοδότησης αιολικών πάρκων στην Ελλάδα

Για την κατασκευή και την λειτουργία ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, απαιτείται η έκδοση ή υπογραφή σχετικών αδειών και συμβάσεων. Αυτές χορηγούνται από τους αρμόδιους κατά περίπτωση φορείς κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από τα απαραίτητα δικαιολογητικά και μελέτες [8]. Γενικά, τα βήματα που χρειάζεται να γίνουν είναι τα εξής:

1. Έκδοση Άδειας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΡΑΕ).
2. Παράλληλα πρέπει να γίνουν αιτήσεις για:

- Διατύπωση προσφοράς σύνδεσης του σταθμού παραγωγής στο σύστημα ή σε δίκτυο (αρμόδιος διαχειριστής – ΔΕΗ ή ΔΕΣΜΗΕ).
- Έγκριση περιβαλλοντικών όρων (Ε.Π.Ο.) ή απαλλαγή από Ε.Π.Ο. (Περιφέρεια).
- Άδεια επέμβασης σε δάσος ή δασική έκταση, εφόσον απαιτείται, ή γενικά των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου (Περιφέρεια).

3. Παράλληλα πρέπει να γίνουν αιτήσεις για:

- Έκδοση άδειας εγκατάστασης (με ενσωματωμένη ενιαία άδεια χρήσης νερού και εκτέλεσης έργων όταν πρόκειται για μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό) (Περιφέρεια).
- Έκδοση οικοδομικών αδειών (όπου απαιτείται εκτέλεση δομικών έργων) ή άλλων αδειών και εγκρίσεων που τυχόν απαιτούνται και μπορούν να εκδοθούν χωρίς να υπάρχει ακόμα η άδεια εγκατάστασης (Πολεοδομία ή αρμόδια κατά περίπτωση αρχή).
- Υπογραφή σύμβασης σύνδεσης στο σύστημα ή σε δίκτυο (αρμόδιος διαχειριστής – ΔΕΗ ή ΔΕΣΜΗΕ).
- Υπογραφή σύμβασης αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ)

4. Δοκιμαστική περίοδος και έκδοση άδειας λειτουργίας (Περιφέρεια).

Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει την αδειοδοτική διαδικασία για την κατασκευή αιολικών πάρκων στην ξηρά ανά κατηγορία εγκατεστημένης ισχύος P. Όπως φαίνεται από τον σχετικό «Πίνακα Αδειών και Εγκρίσεων Έργων ΑΠΕ», η διαδικασία αυτή διαφοροποιείται ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ του σταθμού παραγωγής, την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και τον τόπο εγκατάστασης.

Πίνακας 2.1: Αδειοδοτική διαδικασία για την κατασκευή αιολικών πάρκων στην ξηρά
ανά κατηγορία εγκατεστημένης ισχύος P [8]

$P \leq 20 \text{ kW}$	$20 \text{ kW} < P \leq 100 \text{ kW}$	$P > 100 \text{ kW}$
Δεν απαιτείται άδεια παραγωγής ή άλλη σχετική με αυτήν διαπιστωτική απόφαση.	Απαιτείται άδεια παραγωγής. Η αίτηση πρέπει να συνοδεύεται από τεκμηρίωση αιολικού δυναμικού που να βασίζεται σε μετρήσεις πιστοποιημένου φορέα.	
Πρέπει να υποβληθεί αίτηση για την διατύπωση προσφοράς σύνδεσης προς τον αρμόδιο διαχειριστή, ο οποίος και θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. Ο διαχειριστής χορηγεί προσφορά σύνδεσης, αρχικά μη-δεσμευτική, η οποία οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική με το πέρας της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, όπου απαιτείται.		
Απαιτείται η χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής από την υποχρέωση ΕΠΟ. Αυτή εκδίδεται από την ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας εντός αποκλειστικής προθεσμίας 20 ημερών, μετά την άπρακτη παρέλευση της οποίας θεωρείται αυτή χορηγηθείσα (Ν.3851, αρθ.3). Για την απόδειξη της άπρακτης παρέλευσης, ο ενδιαφερόμενος πρέπει στα επόμενα στάδια να προσκομίζει σχετική βεβαίωση της Περιφέρειας, ή εναλλακτικά, αντίγραφο του αιτήματός του με τον αριθμό πρωτοκόλλου και την ημερομηνία κατάθεσής του, μαζί με υπεύθυνη δήλωση για την παρέλευση του 20ημέρου χωρίς έκδοση ούτε απαλλαγής, ούτε αρνητικής απόφασης. Κατ' εξαίρεση απαιτείται ΕΠΟ εάν: α) το έργο εγκαθίσταται εντός περιοχής Natura 2000 ή σε απόσταση < 100m από αιγιαλό, ή β) γειτνιάζει σε απόσταση <150 m με άλλο σταθμό ίδιας τεχνολογίας, η δε αθροιστική ισχύς υπερβαίνει το όριο των 20 kW.	Απαιτείται απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Με την έκδοση της απόφασης αυτής, οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική η προσφορά σύνδεσης.	

<p>Εφόσον απαιτείται, πρέπει να ζητηθεί η έκδοση άδειας επέμβασης σε δάσος ή δασική έκταση ή γενικά των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης. Δεν απαιτείται ΕΠΟ αλλά ούτε και απαλλαγή για ανεμογεννήτριες που εγκαθίστανται εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων (ΒΙ.ΠΕ., ΒΙ.ΠΑ. κτλ), ή πάνω σε κτίρια και άλλες δομικές κατασκευές (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2). Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να προσκομίζεται τοπογραφικό διάγραμμα ή έγγραφο προσφοράς σύνδεσης απ' όπου να προκύπτει σαφώς η εγκατάσταση σε υποδοχέα ή πάνω σε κτίριο αντίστοιχα.</p>	
Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης.	Απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης.
<p>Για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών δεν απαιτείται οικοδομική άδεια, αλλά έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την αρμόδια Διεύθυνση Πολεοδομίας (Ν.3851/2010, αρθ.9, §8), κατ' εφαρμογή των ισχυουσών Γενικών και Ειδικών Πολεοδομικών Διατάξεων. Απαιτείται σύμβαση σύνδεσης. Απαιτείται σύμβαση αγοραπωλησίας.</p>	
<p>Δεν απαιτείται δοκιμαστική λειτουργία. Δεν απαιτείται άδεια λειτουργίας (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2).</p>	<p>Απαιτείται προσωρινή σύνδεση για δοκιμαστική λειτουργία που γίνεται κατόπιν αιτήσεως προς τον αρμόδιο διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστη λειτουργία 15 ημέρων ο διαχειριστής εκδίδει βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης των δοκιμών(ΥΑ.13310/2007,ΦΕΚ.Β'1153,άρθ.14). Απαιτείται άδεια λειτουργίας.</p>

2.4 Τιμολόγηση ενέργειας στην Ελλάδα

Με την αναπροσαρμογή των τιμολογίων του άρθρου 5 του Ν.3851/2010 (ΦΕΚ.Α'85), η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού χρήσης ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένων των μικρών Φωτοβολταϊκών σε κτίρια μόνο, ή μέσω ΣΗΘΥΑ ή από υβριδικό σταθμό και απορροφάται από το Σύστημα ή το Δίκτυο, τιμολογείται σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (€/MWh) σύμφωνα με τον Πίνακα 2.2 [8].

Πίνακας 2.2: Τιμολόγηση ενέργειας από ΑΠΕ [10]

Παραγωγή Ενέργειας από:	Ηλεκτρικής	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)	
		Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος > 50 kW		87,85	99,45

3 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

3.1 Τύποι ανεμογεννητριών

Υπάρχουν δυο κύριες κατηγορίες ανεμογεννητριών με βάση τη θέση του άξονα περιστροφής [9]:

- οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα (HAWT-horizontal axis wind turbine): έχουν τον άξονά τους παράλληλο προς την επιφάνεια της Γης και συνήθως παράλληλα και με την διεύθυνση του ανέμου. Αυτού του τύπου οι ανεμογεννήτριες έχουν συνήθως 2 ή 3 πτερύγια (Εικόνα 3.1).
- οι ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα (VAWT-vertical axis wind turbine). Οι ανεμογεννήτριες αυτές περιστρέφονται γύρω από έναν κάθετο άξονα προς την κατεύθυνση του ανέμου. Υπάρχουν δυο τύποι ανεμογεννητριών καθέτου άξονα: Darrieus και Savonius (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.1: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα (HAWT-horizontal axis wind turbine)

[10]



(α)



(β)

Εικόνα 3.2: Ανεμογεννήτρια καθέτου άξονα (VAWT-vertical axis wind turbine)

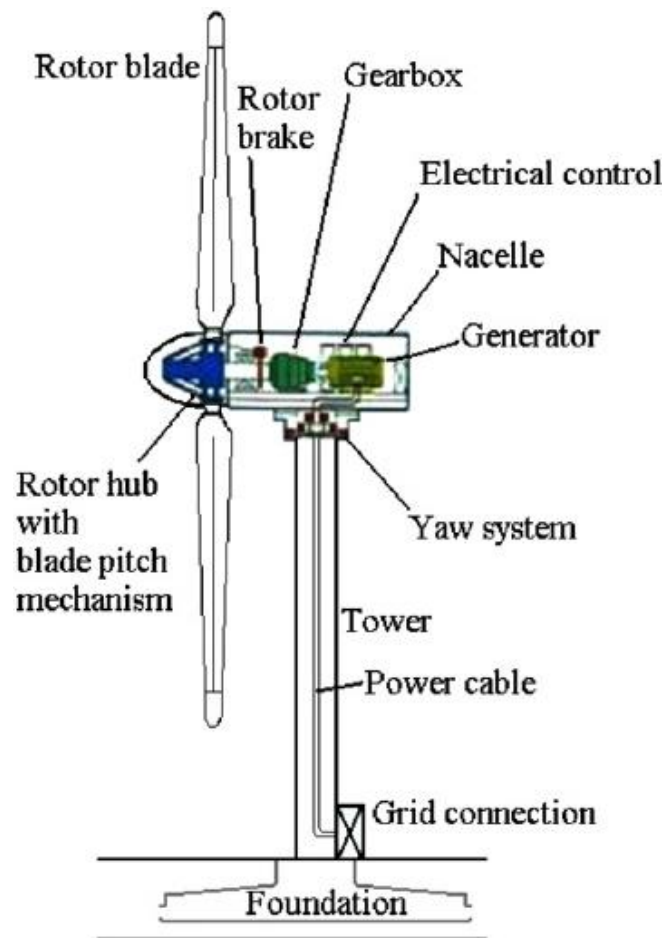
(α) τυπου Darrieus [10] (β) τυπου Savonius [11]

3.2 Μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

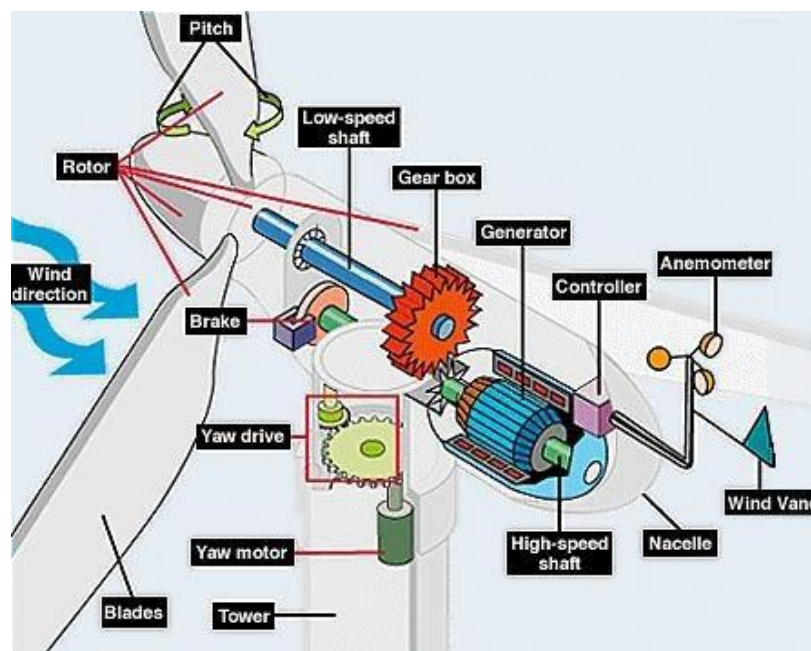
Μια ανεμογεννήτρια αποτελείται συνήθως από τα εξής μέρη (Εικόνα 3.3 και 3.4) [12], [13]:

- **Ανεμόμετρο (Anemometer):** μετράει την ταχύτητα του ανέμου και μεταβιβάζει τα ανεμολογικά δεδομένα σε έναν ελεγκτή.
- **Πτερύγια (Blades):** οι περισσότερες ανεμογεννήτριες έχουν δύο ή τρία πτερύγια. Ο άνεμος δημιουργεί άνοση (lift) πάνω στα πτερύγια και στη συνέχεια δημιουργείται μια ροπή γύρω από τον άξονα περιστροφής που αναγκάζει τα πτερύγια να περιστρέφονται.
- **Φρένο (Brake):** ένα δισκόφρενο το οποίο μπορεί να λειτουργεί μηχανικά, ηλεκτρικά ή υδραυλικά για να σταματάει τον κινητήρα σε περίπτωση ανάγκης.
- **Ελεγκτής (Controller):** ο ελεγκτής ξεκινά τη μηχανή σε ταχύτητες ανέμου περίπου 8-16 μίλια την ώρα και κλείνει τη μηχανή περίπου στα 65 μίλια την ώρα. Οι ανεμογεννήτριες δε μπορούν να δουλεύουν σε ταχύτητες ανέμου πάνω από τα 65 μίλια την ώρα γιατί οι γεννήτριες τους μπορούν να υπερθερμανθούν και τα πτερύγιά τους να σπάσουν.
- **Κιβώτιο ταχυτήτων (Gear box):** οι ταχύτητες συνδέουν τον άξονα χαμηλής ταχύτητας με τον άξονα υψηλής ταχύτητας και αυξάνει την ταχύτητα περιστροφής από τις 30 με 60 στροφές ανά λεπτό στις 1200 με 1500 στροφές ανά λεπτό. Η ταχύτητα περιστροφής απαιτείται από τις περισσότερες γεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα ακριβό και βαρύ μέρος μιας ανεμογεννήτριας και οι μηχανικοί μελετούν γεννήτριες οι οποίες θα λειτουργούν σε χαμηλότερες ταχύτητες περιστροφής και δε θα απαιτούνται κιβώτια ταχυτήτων.
- **Γεννήτρια (Generator):** συνήθως παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα 60 κύκλων.
- **Άξονας υψηλής ταχύτητας (High-speed Shaft):** οδηγεί τη γεννήτρια.

- Άξονας χαμηλής ταχύτητας (Low-speed Shaft): ο ρότορας κινεί τον άξονα χαμηλής ταχύτητας περίπου στις 30 με 60 στροφές ανά λεπτό.
- Κέλυφος (Nacelle): ο ρότορας συνδέεται με το κέλυφος, το οποίο βρίσκεται πάνω απ' τον πύργο και περιλαμβάνει το κιβώτιο ταχυτήτων, τους άξονες υψηλής και χαμηλής ταχύτητας, τη γεννήτρια, τον ελεγκτή και το φρένο. Ένα κάλυμμα προστατεύει τα μέρη εντός του κελύφους. Μερικά κελύφη είναι αρκετά μεγάλα ώστε να μπορεί ένας τεχνικός να κάθεται όρθιος μέσα σε αυτό ενώ δουλεύει.
- Κλίση (Pitch): τα πτερύγια έχουν τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από τον διαμήκη άξονά τους, ώστε να μειώνουν τα αεροδυναμικά φορτία (lift) πάνω στην πτερώγωση σε μεγάλες ταχύτητες του ανέμου και να τα αυξάνουν σε μικρές ταχύτητες.
- Ρότορας (Rotor): τα πτερύγια και το κεντρικό σημείο ονομάζονται ρότορας.
- Πύργος (Tower): οι πύργοι είναι κατασκευασμένοι από χαλύβδινο κέλυφος ή χωροδικτύωμα. Επειδή η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος, οι υψηλοί πύργοι περιέχουν γεννήτριες που συλλέγουν περισσότερη ενέργεια και παράγουν περισσότερο ηλεκτρισμό.
- Ανεμοδείκτης (Wind vane): υπολογίζει την διεύθυνση και επικοινωνεί με τον οδηγό εκτροπής ώστε να προσανατολίζεται στον άνεμο.
- Οδηγός εκτροπής (Yaw drive): φέρνει τις ανεμογεννήτριες προς τον άνεμο. Χρησιμοποιείται για να αφήνει το ρότορα να βρίσκεται προς τον άνεμο καθώς αυτός μεταβάλλεται. Οι ανεμογεννήτριες που λειτουργούν υπήνεμα δεν απαιτούν οδηγό εκτροπής. Ο άνεμος μόνος φέρνει υπήνεμα το ρότορα.
- Κινητήρας εκτροπής (Yaw motor): δίνει ενέργεια στον οδηγό εκτροπής



Εικόνα 3.3: Μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα [12]



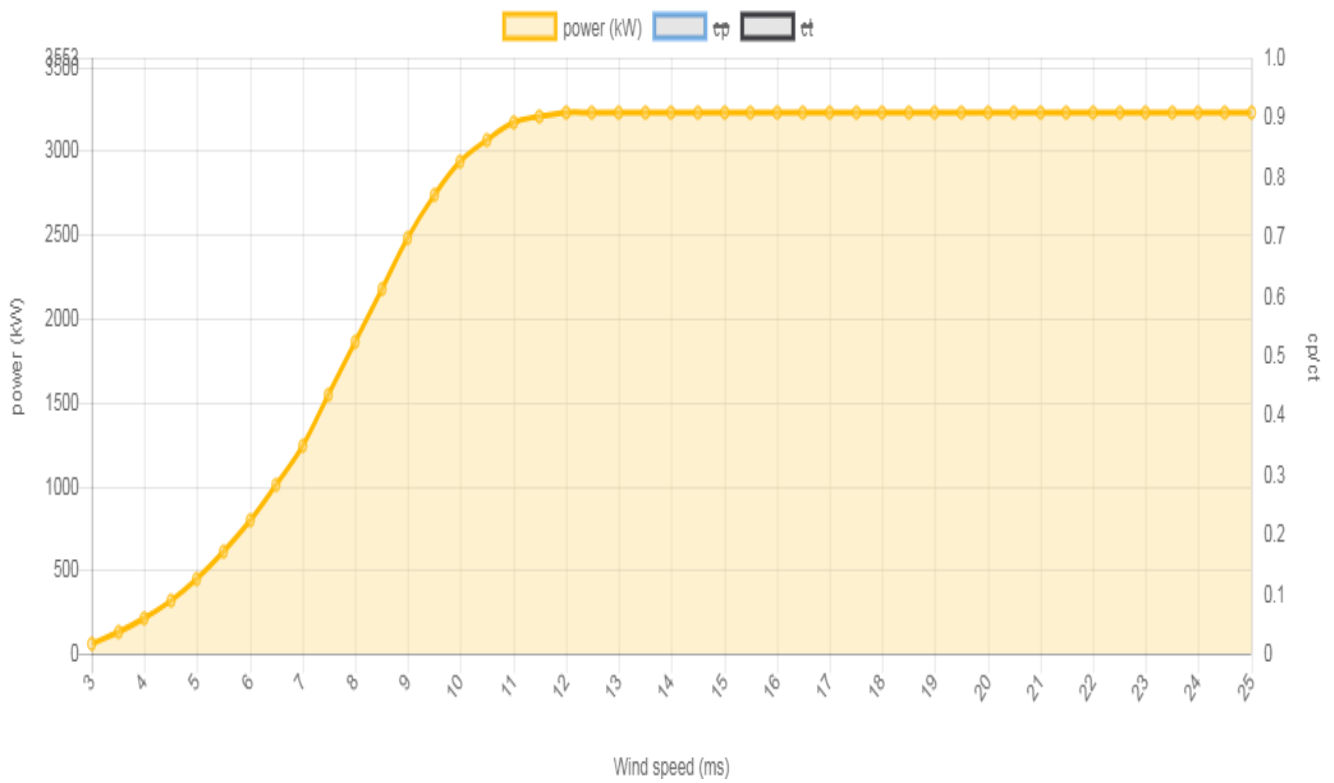
Εικόνα 3.4 :Μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα [13]

3.3 Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας General Electric GE 3.2-130

Σε αυτή τη μελέτη επιλέξαμε μια ανεμογεννήτρια GE 3.2-130, της αμερικάνικης εταιρείας General Electric. (Εικόνα 3.5). Η ονομαστική ισχύς της General Electric GE 3.2-130 είναι 3.20 MW. Η ανεμογεννήτρια ξεκινά να περιστρέφεται με ταχύτητα ανέμου 3 m / s και σταματάει με ταχύτητα ανέμου 25 m / s. Η διάμετρος του ρότορα είναι 130 μέτρα και το ύψος του πύργου είναι 85 μέτρα. Η καμπύλη ισχύος παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.6. Η επιφάνεια του δρομέα ανέρχεται σε 13.273 m² [12].



Εικόνα 3.5: Ανεμογεννήτρια GE 3.2-130 [10]



Εικόνα 3.6 : Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας GE 3.2-130 [10]

4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

4.1 Χαρακτηριστικά ταχύτητας ανέμου

Η ταχύτητα του ανέμου παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας και είναι ένας παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη για την επιλογή της περιοχής στην οποία θα γίνει εγκατάσταση αιολικού πάρκου. Η ταχύτητα μιας συγκεκριμένης περιοχής μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τον χρόνο και το ύψος (από την επιφάνεια της γης ή της θάλασσας) στο οποίο γίνεται η μέτρηση.

Στη χαμηλότερη περιοχή της ατμόσφαιρας, το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα, στην οποία βρίσκονται οι ανεμογεννήτριες, η κίνηση του ανέμου επιβραδύνεται από δυνάμεις τριβής, μεγάλα εμπόδια στην επιφάνεια της γης καθώς και από φαινόμενα που οφείλονται στο στροβιλισμό. Ο στροβιλισμός, ο οποίος μπορεί να είναι μηχανικής ή θερμικής προέλευσης, προκαλεί απότομες μεταβολές στην ταχύτητα του ανέμου σε ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων και πλατών, οι οποίες ονομάζονται ριπές. Προκειμένου να διαχωριστούν οι μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου που οφείλονται στο στροβιλισμό από τις πιο αργές, που οφείλονται σε μακρομετεωρολογικά φαινόμενα, χρησιμοποιείται το μέγεθος της μέσης τιμής της ταχύτητας του ανέμου \bar{v} , η οποία περιγράφεται από την Εξ. (4-1) :

$$\bar{v} = \frac{1}{T} \int_{t_0 - T/2}^{t_0 + T/2} v(t) dt \quad (4 - 1)$$

Όπου, $v(t)$ είναι η στιγμιαία ταχύτητα του ανέμου και T το χρονικό διάστημα στο οποίο γίνεται η ολοκλήρωση ώστε να υπολογιστεί η μέση τιμή.

Η ενεργειακή φασματική κατανομή της ταχύτητας του ανέμου έχει δύο περιοχές: την περιοχή χαμηλών και την περιοχή υψηλών συχνοτήτων του φάσματος. Η περιοχή χαμηλών συχνοτήτων του φάσματος αντιστοιχεί στα μακρομετεωρολογικά φαινόμενα. Σε αυτήν περιλαμβάνονται οι μεταβολές του ανέμου που οφείλονται σε αλλαγές του καιρού από μέρα σε μέρα (συνοπτικές μεταβολές) και οι μεταβολές του ανέμου κατά τη διάρκεια μιας ημέρας που οφείλονται σε θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα στη στεριά και τη θάλασσα (ημερήσιες μεταβολές). Η περιοχή των υψηλών συχνοτήτων αντιστοιχεί στα μικρομετεωρολογικά φαινόμενα και οι μεταβολές οφείλονται στο στροβιλισμό. Ο στροβιλισμός παίζει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό και στην απόδοση των ανεμογεννητριών, καθώς και στην ποιότητα της ηλεκτρικής ισχύος στο τροφοδοτούμενο δίκτυο.

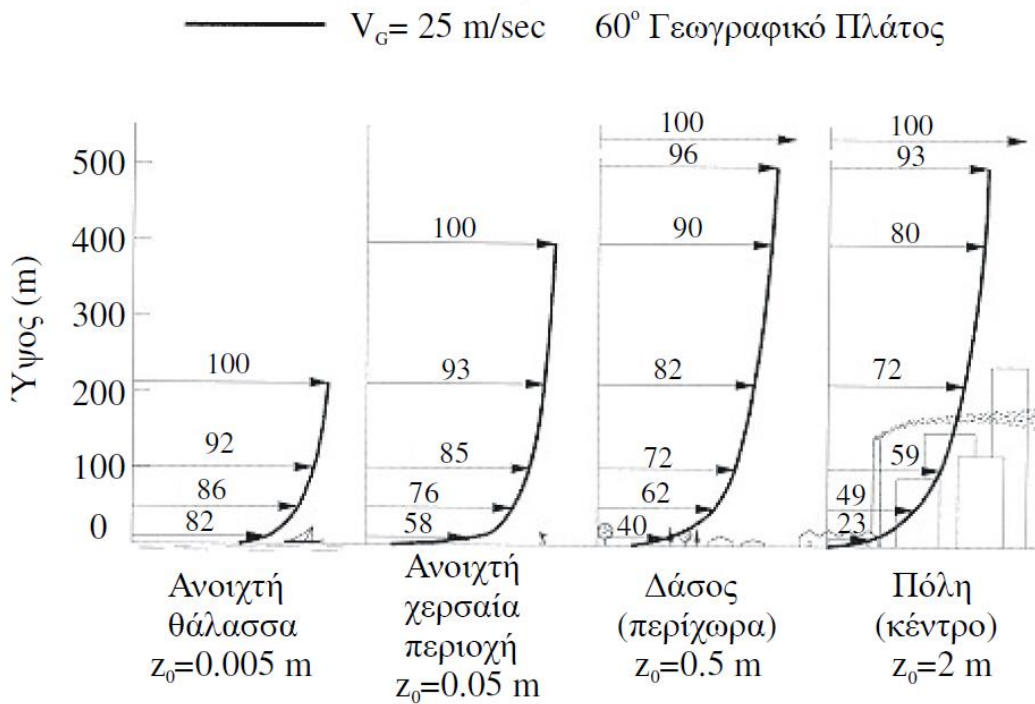
Η ταχύτητα του ανέμου μεταβάλλεται με το ύψος. Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζεται η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος για διαφορετικές επιφάνειες [14]. Υπάρχουν πολλά μοντέλα για τον υπολογισμό της ταχύτητας ανάλογα με το ύψος της μέτρησης. Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιούμε το μοντέλο που περιγράφεται από την Εξ. (4-2).

$$\frac{v(z)}{v_{ref}} = \left(\frac{z}{z_{ref}}\right)^a \quad (4 - 2)$$

Όπου v_{ref} και z_{ref} είναι η ταχύτητα και το ύψος αναφοράς αντίστοιχα, $v(z)$ είναι η άγνωστη ταχύτητα και z το ύψος. Η παράμετρος a υπολογίζεται από την Εξ. (4-3).

$$\alpha = \frac{1}{\ln \frac{z}{z_0}} \quad (4 - 3)$$

Όπου το z_0 αναφέρεται στην τραχύτητα της επιφάνειας πάνω στην οποία ρέει ο άνεμος. Τυπικές τιμές για το α είναι 0.15 για την θάλασσα και 0.4 για την στεριά.



Εικόνα 4.1: Η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος για διαφορετικές επιφάνειες [14]

4.2 Κατανομή Weibull

Η πιθανοκρατική κατανομή της ταχύτητας του ανέμου στον χρόνο είναι χρήσιμη για τον εντοπισμό κατάλληλων περιοχών για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Η μεταβολή του ανέμου για τυπικές περιοχές περιγράφεται από την κατανομή Weibull (Εξ. (4-4)) [15], [16], [17], [18].

$$f(v) = \frac{dF}{dv} = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (4-4)$$

Όπου $f(v)$ είναι η συχνότητα εμφάνισης της ταχύτητας v , k είναι η παράμετρος μορφοποίησης και c είναι η παράμετρος της κλίμακας.

Οι μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου σε μια περιοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα (π.χ. 1 μήνας, 1 έτος) δείχνουν ότι η ταχύτητα v δεν είναι σταθερή ή κατανέμεται εξίσου σε ένα διάστημα $[0, u]$. Η πιθανότητα εμφάνισης μιας τιμής v που ανήκει στο διάστημα $[0, v]$ είναι η σωρευτική κατανομή της πιθανότητας, $F(v)$, που σχετίζεται με τη κατανομή Weibull και δίνεται από τη Εξ. (4-5).

$$F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (4-5)$$

Η συνάρτηση κατανομής πιθανοτήτων $f(v)$ και η αθροιστική κατανομή $F(v)$ σχετίζονται με την Εξ. (4-6).

$$F(v) = \int_0^v f(v') dv' \quad (4-6)$$

4.3 Υπολογισμός μέσης ετήσιας ισχύος και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ανεμογεννήτριας

Για τον υπολογισμό της ισχύος του ανέμου για κάποιο χρονικό διάστημα δεν χρησιμοποιούμε την μέση ταχύτητα, αλλά πολλαπλασιάζουμε την πιθανότητα για κάθε ταχύτητα από τη συνάρτηση Weibull με τη συγκεκριμένη ισχύ στην ίδια ταχύτητα. Άρα, όπως φαίνεται από την Εξ. (4-7) για τον προσδιορισμό της μέσης ετήσιας ισχύος πρέπει να πολλαπλασιαστούν οι αντίστοιχες τιμές της κατανομής Weibull και της καμπύλης ισχύος που ισχύουν για κάθε ταχύτητα ανέμου και να αθροιστούν τα γινόμενα. Δηλαδή με το πολλαπλασιασμό της πιθανότητας εμφάνισης μιας ταχύτητας ανέμου (κατανομή Weibull) με την ισχύ που αποδίδει η ανεμογεννήτρια σε αυτή την ταχύτητα (καμπύλη ισχύος, Εικόνα 3.6) προσδιορίζεται η συνεισφορά της κάθε ταχύτητας του ανέμου στην μέση ετήσια ισχύ της ανεμογεννήτριας. Στην συνέχεια το άθροισμα αυτών των γινομένων (μέση ετήσια ισχύς) πολλαπλασιάζεται με την διαθεσιμότητα της ανεμογεννήτριας και με τις 8760 ώρες ενός έτους, όπως φαίνεται από την Εξ. (4-8) [19],[20].

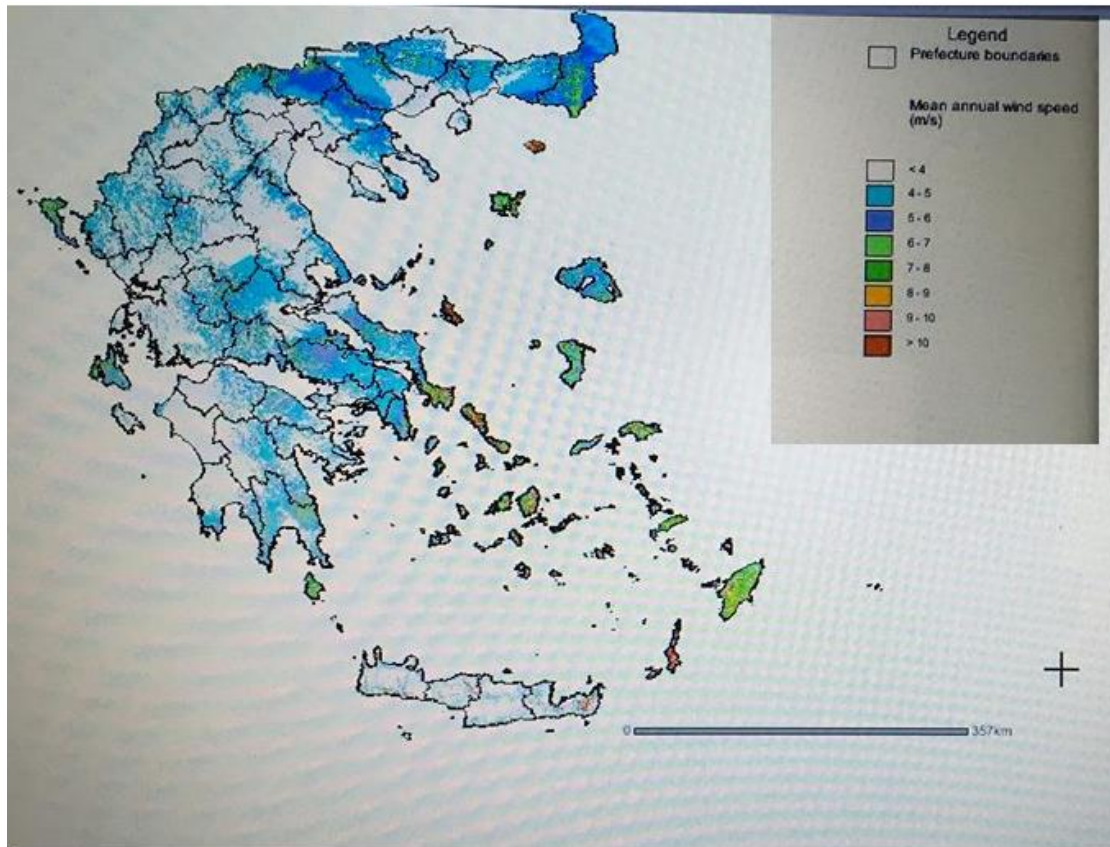
$$P_e = \sum_{vi=1}^{25} P_e(v) f(v) = \sum_{vi=1}^{25} P_e(v) \frac{T(v)}{8760h} \quad (4-7)$$

$$E_e = P_e 8760h = \sum_i P_e(v_i) T(v_i) \quad (4-8)$$

Εάν μια ανεμογεννήτρια βρίσκεται εκτός λειτουργίας για λόγους συντήρησης ή λόγω σφάλματος δικτύου δεν παράγει ισχύ ανεξάρτητα από το πόσο δυνατός είναι ο άνεμος εκείνη την στιγμή. Οι κατασκευαστές των ανεμογεννητριών συνήθως έχουν δεδομένα που βοηθάνε στον υπολογισμό της διαθεσιμότητας, η οποία κυμαίνεται από 95-98%. Επιπλέον, υπάρχουν απώλειες δικτύου και απώλειες σκίασης που επηρεάζουν τη μέση ετήσια ισχύ που ανέρχονται στο 3% της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

4.4 Αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής διεξάγει διαδραστικούς χάρτες που περιγράφουν το αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα με βάση τη μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (Εικόνα 4.2) [4]. Στη συγκεκριμένη μελέτη επιλέξαμε τρεις διαφορετικές περιοχές στην Ελλάδα σύμφωνα με το χάρτη: τη Σκύρο, το Λαύριο και τα Χανιά, οι οποίες έχουν υψηλή, μεσαία και χαμηλή μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου αντίστοιχα. Η Σκύρος έχει μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου πάνω από 10m/s, το Λαύριο 7-8 m/s και τα Χανιά στην Κρήτη 4-5 m/s.



Εικόνα 4.2: Χάρτης αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα [4]

5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1 Συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης

Το συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης περιλαμβάνει το κόστος:

- Έργων Πολιτικού Μηχανικού
- Ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού
- Μελέτης σκοπιμότητας
- Λοιπών δαπανών

Το κόστος έργων Πολιτικού Μηχανικού περιλαμβάνει το κόστος για:

- Έργα θεμελίωσης των Α/Γ
- Περιβαλλοντικής αποκατάστασης
- Κατασκευή οδών προσπέλασης
- Κατασκευή κτιρίου ελέγχου

Το κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού περιλαμβάνει το κόστος:

- Ανεμογεννήτριας
- Μετασχηματιστή
- Γειώσεις καλωδιώσεων και αντικεραυνικής προστασίας
- Συστήματος παρακολούθησης

Το κόστος μελέτης σκοπιμότητας περιλαμβάνει την:

- Μηχανολογική μελέτη
- Εδαφολογική μελέτη
- Ηλεκτρολογική-Στατική μελέτη
- Επενδυτική μελέτη

Οι Λοιπές Δαπάνες περιλαμβάνουν τη:

- Σύνδεση με δίκτυο της ΔΕΗ
- Μεταφορά και εγκατάσταση εξοπλισμού

5.2 Λειτουργικό κόστος

Οι λειτουργικές δαπάνες περιλαμβάνουν:

- Ασφάλεια και εξυπηρέτηση
- Κόστος συντήρησης
- Διοικητικά έξοδα
- Ενοικίαση γης
- Άλλα έξοδα

5.3 Εισόδημα

Στην Ελλάδα, όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, η τιμή ανά MWh είναι σταθερή και καθορίζεται από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). Στη μελέτη μας η τιμή είναι 87,85 ευρώ / MWh όπως αναφέρεται στον Πίνακα 2.

5.4 Πάγια στοιχεία και απόσβεση

Απόσβεση είναι η μείωση της αξίας ενός πάγιου περιουσιακού στοιχείου από τη φθορά που υπέστη αυτό λόγω της παρόδου του χρόνου (χρονική φθορά), της χρήσεως (λειτουργική φθορά) και της οικονομικής του απαξίωσης. Η απόσβεση θεωρείται μη ταμειακό έξοδο γιατί το ποσό των εισπράξεων που αντιστοιχεί στην απόσβεση παραμένει στην επιχείρηση και δεν εκταμιεύεται υπέρ κάποιου τρίτου, όπως συμβαίνει με τους μισθούς, τα εργατικά, τα ενοίκια. Πάγια περιουσιακά στοιχεία είναι τα κτίρια, τα έπιπλα, ο εξοπλισμός γραφείου, τα μηχανήματα κλπ.[21] Το ποσοστό απόσβεσης διαφέρει στα πάγια περιουσιακά στοιχεία. Το ποσοστό απόσβεσης για το κόστος των έργων πολιτικού μηχανικού και για τη συναρμολόγηση και εγκατάσταση είναι 12%, ενώ για το κόστος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και για το κόστος της μελέτης σκοπιμότητας είναι 10% [22].

5.5 Χρηματοοικονομική απόδοση της επένδυσης

5.5.1 Μέθοδος Καθαρής Παρούσας Αξίας

Η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που χρησιμοποιείται στα χρηματοοικονομικά για την αξιολόγηση μιας επένδυσης. Η Καθαρή Παρούσα Αξία υπολογίζεται σύμφωνα με την Εξ. (5-1) και ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της παρούσας αξίας των ταμειακών ροών και της παρούσας αξίας των ταμειακών εκροών κατά τη διάρκεια μια χρονικής περιόδου [23].

$$ΚΠΑ = \sum_{i=1}^n \frac{ΚΤΡ_i}{(1+r)^i} - ΚΕ \quad (5-1)$$

Όπου, ΚΤΡ είναι η καθαρή ταμειακή ροή στην χρονική περίοδο i , ΚΕ είναι το αρχικό κόστος επένδυσης, r είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο και n είναι η ωφέλιμη διάρκεια της επένδυσης.

Το προεξοφλητικό επιτόκιο αντιπροσωπεύει το κόστος του κεφαλαίου ή γενικότερα το επιτόκιο που θα μπορούσε να είχε κερδίσει κάποιος αν τα χρήματα είχαν επενδυθεί στην καλύτερη εναλλακτική επένδυση [24]. Σε αυτή την εξίσωση όλες οι ταμειακές ροές προεξοφλούνται εκτός από την αρχική επένδυση καθώς προβλέπεται ότι θα πραγματοποιηθεί στο παρόν. Μια θετική Καθαρή Παρούσα Αξία δείχνει ότι η παρούσα αξία των ταμειακών εισροών υπερβαίνει την παρούσα αξία των ταμειακών

εκροών και συνεπώς πρέπει να πραγματοποιηθεί η επένδυση. Ωστόσο, μια αρνητική ΚΠΑ υποδηλώνει ότι η παρούσα αξία των ταμειακών εκροών υπερβαίνει την παρούσα αξία των ταμειακών εισροών και η επένδυση πρέπει να απορριφθεί. Γενικά, μηδενική Καθαρή Παρούσα Αξία σημαίνει ότι τα έσοδα από το έργο αποπληρώνουν την αρχική επένδυση, χωρίς όφελος ή ζημία για το επενδυτή. Άρα, θετική ΚΠΑ σημαίνει ότι η επένδυση είναι κερδοφόρα, ενώ αρνητική ΚΠΑ σημαίνει ότι η επένδυση καταλήγει σε ζημία [25]. Στην δική μας μελέτη η ωφέλιμη διάρκεια ζωής του αιολικού πάρκου είναι 20 χρόνια. Το προεξοφλητικό επιτόκιο εξαρτάται από τη δημόσια επιδότηση, τα ιδιωτικά κεφάλαια και τον ιδιωτικό τραπεζικό δανεισμό.

Για τον υπολογισμό της ταμειακής ροής χρησιμοποιούμε την εξής διαδικασία:

- Μεικτό Κέρδος = Έσοδα Πωλήσεων (Πριν από τους Τόκους, Αποσβέσεις και Φόρους) - Λειτουργικό Κόστος
- Φορολογητέο εισόδημα = Μεικτό κέρδος-Αποσβέσεις-Τόκοι
- Καθαρά κέρδη μετά φόρων = Φορολογητέο εισόδημα - Φόροι
- Φόροι = Φορολογητέο εισόδημα * Φορολογικός συντελεστής
- Ταμειακή ροή = Καθαρά κέρδη μετά από φόρους + αποσβέσεις

5.5.2 Μέθοδος Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο που μηδενίζει την καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) μιας επένδυσης. Εάν ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι χαμηλότερος από το προεξοφλητικό επιτόκιο, τότε η επένδυση απορρίπτεται, ενώ εάν ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι υψηλότερος από το προεξοφλητικό επιτόκιο τότε η επένδυση γίνεται δεκτή. Σε γενικές γραμμές, αν πρέπει να επιλέξουμε μεταξύ διαφορετικών επενδύσεων επιλέγουμε αυτή με τον υψηλότερο εσωτερικό βαθμό απόδοσης [26].

5.5.3 Διαφορές μεταξύ Καθαρής Παρούσας Αξίας και Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης

Η βασική διαφορά της μεθόδου της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (ΕΒΑ) είναι ότι στην περίπτωση της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) θεωρείται γνωστό το κόστος κεφαλαίου (r) και με αυτό γίνεται αναγωγή των ταμειακών ροών σε παρούσα αξία, ενώ στην περίπτωση του

Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA) αναζητείται το κόστος κεφαλαίου (IRR) που μηδενίζει την Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) της επένδυσης. Όταν συγκρίνουμε επενδύσεις που διαφέρουν ως προς το μέγεθος, τη διάρκεια ζωής και τη χρονική διάρθρωση των ταμειακών ροών τότε οι δύο αυτές μέθοδοι αξιολόγησης επενδύσεων μπορεί να οδηγήσουν σε αντίθετα αποτελέσματα όσον αφορά την αποδοχή ή την απόρριψη της επένδυσης. Ο λόγος που τα αποτελέσματα είναι διαφορετικά είναι ότι το επιτόκιο επανεπένδυσης των ταμειακών ροών διαφέρει. Στην περίπτωση της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) η επανεπένδυση των χρήματων γίνεται με απόδοση ίση με το κόστος κεφαλαίου (r), ενώ στην περίπτωση του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA) η επανεπένδυση γίνεται με απόδοση ίση με το κόστος κεφαλαίου (IRR). Όταν έχουμε να διαλέξουμε ανάμεσα σε επενδύσεις που διαφέρουν ως προς το μέγεθος, τη διάρκεια ζωής και τη χρονική διάρθρωση των ταμειακών ροών είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ).

5.6 Πηγές χρηματοδότησης

Οι κύριες πηγές χρηματοδότησης μιας επένδυσης είναι:

- Ίδια Κεφάλαια
- Επιχορήγηση
- Δάνειο

5.6.1 Ίδια Κεφάλαια

Το ποσοστό της ίδιας συμμετοχής του επενδυτή στις επενδύσεις που λαμβάνουν ενίσχυση με τη μορφή της επιχορήγησης κεφαλαίου δεν μπορεί να είναι κατώτερο του είκοσι πέντε τοις εκατό (25%) των ενισχυόμενων δαπανών [27].

5.6.2 Επιχορήγηση

Για τον καθορισμό του ποσοστού επιχορήγησης η επικράτεια χωρίζεται σε τρεις ζώνες κινήτρων (Α', Β', Γ') με βάση το επίπεδο ανάπτυξης σε σύγκριση με το μέσο όρο της χώρας (Εικόνα 5.1). Στην Α' Ζώνη κινήτρων ανήκουν οι Νομοί της Αττικής και της Βοιωτίας. Στη Β' Ζώνη κινήτρων ανήκουν οι νομοί με κατά κεφαλήν ΑΕΠ μεγαλύτερο από το 75% του μέσου όρου της χώρας. Στη Γ' Ζώνη κινήτρων ανήκουν οι νομοί με κατά κεφαλήν ΑΕΠ μικρότερο από το 75% του μέσου όρου της χώρας και είναι η Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, τα νησιά των Περιφερειών

Νοτίου και Βορείου Αιγαίου και Ιονίων Νήσων, τα νησιά που ανήκουν διοικητικά σε νομούς της ηπειρωτικής Ελλάδας, καθώς και οι παραμεθόριοι νομοί της χώρας.

Οι επιχειρήσεις διακρίνονται σε μεγάλες, μεσαίες, μικρές και πολύ μικρές, σύμφωνα με τη σχετική κατάταξη της Ε.Ε. [(Κανονισμός (ΕΚ) αριθμό. 800/2008 της Επιτροπής της 6ης Αυγούστου 2008, Παράρτημα Ι (ΕΕ L 214 της 9.8.2008, σ. 38)]. Το ποσοστό ενίσχυσης κάθε επενδυτικού σχεδίου εξαρτάται από το μέγεθος του φορέα της επένδυσης και από το νομό στον οποίο υλοποιείται και σε κάθε περίπτωση δεν μπορεί να υπερβαίνει το 50% του ενισχυόμενου κόστους του επενδυτικού σχεδίου. Ο καθορισμός των ποσοστών ενίσχυσης γίνεται, για την πρώτη εφαρμογή του παρόντος, με βάση το κατά το έτος 2007 κατά κεφαλήν ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) κάθε νομού, σε σχέση με τον κατά το ίδιο έτος μέσο όρο του κατά κεφαλήν ΑΕΠ της χώρας.

Ειδικότερα τα ποσοστά ενίσχυσης για κάθε ζώνη είναι:

- Στην Α' ζώνη: 15% για μεγάλες επιχειρήσεις, 20% για μεσαίες επιχειρήσεις και 25% για μικρές και πολύ μικρές επιχειρήσεις.
- Στη Β' ζώνη: 30% για μεγάλες επιχειρήσεις, 35% για μεσαίες επιχειρήσεις και 40% για μικρές και πολύ μικρές επιχειρήσεις.
- Στη Γ' ζώνη :40% για μεγάλες επιχειρήσεις, 45% για μεσαίες επιχειρήσεις και 50% για μικρές και πολύ μικρές επιχειρήσεις.

Οι επιχειρήσεις μπορούν να λάβουν επιδότηση για την επένδυσή τους εάν το αρχικό κόστος επένδυσης είναι στο ποσό του ενός εκατομμυρίου(1.000.000,00) ευρώ για μεγάλες επιχειρήσεις, στο ποσό των πεντακοσίων χιλιάδων (500.000,00) ευρώ για μεσαίες επιχειρήσεις, στο ποσό των τριακοσίων χιλιάδων (300.000,00) ευρώ για μικρές επιχειρήσεις και στο ποσό των διακοσίων χιλιάδων (200.000,00) ευρώ για πολύ μικρές επιχειρήσεις [27].

Περιφέρειες	Νομοί	ΑΕΠ 2007 (Μέσος Όρος Χώρας = 100)	Ζώνες	Όρια Εγκεκριμένου ΧΠΕ	Ποσοστά ενίσχυσης		
					Μεγάλες επιχει- ρήσεις	Μεσαίες επιχει- ρήσεις	Μικρές και Πολύ επιχει- ρήσεις
Νότιο Αιγαίο	Κυκλάδων	114,66	Γ	15%	15%	25%	35%
	Δωδεκανήσου	102,69	Γ	15%	15%	25%	35%
Στερεά Ελλάδα	Φθιώτιδος	84,05	Β	15%	15%	25%	35%
	Φωκίδος	75,54	Β	20%	20%	30%	40%
Κεντρική Μακεδονία	Ευβοίας	81,79	Β	15%	15%	25%	35%
	Βοιωτίας	148,17	Α	15%	15%	20%	25%
	Ευρυτανίας	53,45	Γ	20%	20%	30%	40%
	Θεσσαλονίκης	85,56	Β	30%	30%	35%	40%
	Χαλκιδικής	78,66	Β	30%	30%	35%	40%
	Κιλκίς	79,31	Γ	30%	30%	40%	50%
	Πέλλας	64,66	Γ	30%	30%	40%	50%
	Ημαθίας	71,55	Γ	30%	30%	40%	50%
	Πιερίας	64,44	Γ	30%	30%	40%	50%
	Σερρών	56,47	Γ	30%	30%	40%	50%
Δυτική Μακεδονία	Γρεβενών	64,44	Γ	30%	30%	40%	50%
	Κοζάνης	92,78	Β	30%	30%	35%	40%
Αττική Θεσσαλία	Φλώρινας	73,60	Γ	30%	30%	40%	50%
	Καστοριάς	68,00	Γ	30%	30%	40%	50%
	Αττικής	134,48	Α	20%	15%	20%	25%
	Λάρισας	76,51	Β	30%	30%	35%	40%
	Μαγνησίας	87,72	Β	30%	30%	35%	40%
Ιόνια	Καρδίτσας	54,42	Γ	30%	30%	40%	50%
	Τρικάλων	61,75	Γ	30%	30%	40%	50%
	Κέρκυρας	74,78	Γ	30%	30%	40%	50%
Κρήτη	Λευκάδας	74,68	Γ	30%	30%	40%	50%
	Κεφαλληνίας	91,16	Γ	30%	30%	40%	50%
	Ζακύνθου	101,62	Γ	30%	30%	40%	50%
	Ηρακλείου	92,67	Β	30%	30%	35%	40%
	Χανίων	91,70	Β	30%	30%	35%	40%
Πελοπόννησος	Λασιθίου	94,61	Β	30%	30%	35%	40%
	Ρεθύμνης	82,22	Β	30%	30%	35%	40%
	Λακωνίας	65,63	Γ	30%	30%	40%	50%
	Μεσσηνίας	67,67	Γ	30%	30%	40%	50%
	Κορινθίας	106,36	Β	30%	30%	35%	40%
Β. Αιγαίο	Αρκαδίας	98,06	Β	30%	30%	35%	40%
	Αργολίδας	78,99	Β	30%	30%	35%	40%
	Λέσβου	71,88	Γ	30%	30%	40%	50%
Ανατολική Μακεδονία - Θράκη	Χίου	85,45	Γ	30%	30%	40%	50%
	Σάμου	72,95	Γ	30%	30%	40%	50%
	Καβάλας	76,19	Γ	40%	40%	45%	50%
	Ξάνθης	64,98	Γ	40%	40%	45%	50%
	Ροδόπης	57,54	Γ	40%	40%	45%	50%
Ήπειρος	Δράμας	63,15	Γ	40%	40%	45%	50%
	Έβρου	69,18	Γ	40%	40%	45%	50%
	Ιωαννίνων	78,66	Γ	40%	40%	45%	50%
	Άρτας	61,64	Γ	40%	40%	45%	50%
	Πρέβεζας	71,23	Γ	40%	40%	45%	50%
Δυτική Ελλάδα	Θεσπρωτίας	75,22	Γ	40%	40%	45%	50%
	Αχαΐας	77,48	Γ	40%	40%	45%	50%
	Αιτ/νίας	60,24	Γ	40%	40%	45%	50%
	Ηλείας	52,26	Γ	40%	40%	45%	50%

Εικόνα 5.1: Τα ποσοστά ενισχύσεων ανά νομό και μέγεθος επιχείρησης [27]

5.6.3 Δάνειο

Αν στο επενδυτικό σχέδιο χρησιμοποιηθεί δάνειο, τότε το δάνειο αυτό θα πρέπει:

- να είναι τετραετούς τουλάχιστον διάρκειας,
- να έχει τη μορφή τραπεζικού δανείου ή δανείου από άλλους χρηματοδοτικούς οργανισμούς ή ομολογιακού δανείου εκδιδόμενου με δημόσια ή μη εγγραφή, αποκλειόμενης της μορφής του αλληλόχρεου λογαριασμού,
- να λαμβάνεται για την πραγματοποίηση του επενδυτικού σχεδίου, σύμφωνα με ρητή πρόβλεψη της σχετικής δανειακής σύμβασης και
- να έχει εγκριθεί από τη χρηματοδοτούσα τράπεζα ή το χρηματοδοτικό οργανισμό, κατά το χρόνο υποβολής της αίτησης υπαγωγής στις ενισχύσεις του παρόντος. Το σχετικό έγγραφο της έγκρισής του πρέπει να αναφέρει τους όρους χορήγησης του δανείου και συγκεκριμένα το ύψος του, τη διάρκειά του, το σκοπό, το επιτόκιο, την περίοδο χάριτος και τις εξασφαλίσεις για την παροχή του και να περιλαμβάνεται στον υποβαλλόμενο με την αίτηση υπαγωγής φάκελο [27]

6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΧΕΡΣΑΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΕ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΘΕΣΕΙΣ

6.1 Παρουσίαση εξεταζόμενων θέσεων σε Σκύρο, Λαύριο και Χανιά

Στην εργασία αυτή μελετάμε την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου σε τρεις διαφορετικές περιοχές της Ελλάδος: τη Σκύρο, το Λαύριο και τα Χανιά που παρουσιάζουν υψηλή, μεσαία και χαμηλή ταχύτητα ανέμου αντίστοιχα. Στο αιολικό πάρκο εγκαθίστανται 10 ανεμογεννήτριες τύπου General Electrics GE 3.2 MW, δηλαδή η συνολική ισχύς του αιολικού πάρκου είναι 32 MW.

Για κάθε περιοχή θεωρούμε ότι το συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης, το λειτουργικό κόστος, τα πάγια και η απόσβεση είναι κοινά. Οι διαφορές έγκειται στο εισόδημα καθώς η παραγωγή ενέργειας δεν είναι ίδια για όλες τις εξεταζόμενες περιοχές λόγω διαφορετικών ανεμολογικών συνθηκών. Επίσης, το χρηματοδοτικό σχήμα διαφέρει, γιατί το ποσοστό επιδότησης δεν είναι ίδιο για τις τρεις περιοχές. Η διάρκεια ζωής του αιολικού πάρκου είναι 20 χρόνια.

6.2 Συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης

Το συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου που αποτελείται από 10 ανεμογεννήτριες είναι 59.150.000 ευρώ (Πίνακας 6.5). Από αυτό το ποσό τα 3.140.000 ευρώ αφορούν το κόστος έργων Πολιτικού Μηχανικού (Πίνακας 6.1), τα 26.070.000 ευρώ το κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (Πίνακας 6.2), τα 115.000 ευρώ το κόστος μελέτης σκοπιμότητας (Πίνακας 6.3) και τα 500.000 ευρώ τις λοιπές δαπάνες (Πίνακας 6.4).

Πίνακας 6.1: Κόστος έργων Πολιτικού Μηχανικού

Κόστος έργων Πολιτικού Μηχανικού	Ποσό (ευρώ)
Κόστος για τα έργα θεμελίωσης των Α/Γ	3.000.000
Κόστος περιβαλλοντικής αποκατάστασης	50.000
Κόστος κατασκευής οδών προσπέλασης	10.000
Κόστος κατασκευής κτιρίου ελέγχου	80.000
Σύνολο	3.140.000

Πίνακας 6.2: Κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού

Κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού	Ποσό (ευρώ)
Ανεμογεννήτρια	25.600.000
Μετασχηματιστής και γειώσεις καλωδιώσεων και αντικεραυνικής προστασίας	450.000
Σύστημα παρακολούθησης	20.000
Σύνολο	26.070.000

Πίνακας 6.3: Κόστος μελέτης σκοπιμότητας

Κόστος μελέτης σκοπιμότητας	Ποσό (ευρώ)
Μηχανολογική μελέτη	10.000
Εδαφολογική μελέτη	25.000
Ηλεκτρολογική μελέτη	15.000
Στατική μελέτη	15.000
Επενδυτική μελέτη	50.000
Σύνολο	115.000

Πίνακας 6.4: Λοιπές Δαπάνες

Λοιπές Δαπάνες	Ποσό (ευρώ)
Σύνδεση με δίκτυο της ΔΕΗ	450.000
Μεταφορά και εγκατάσταση εξοπλισμού	50.000
Σύνολο	500.000

Πίνακας 6.5: Συγκεντρωτικός πίνακας δαπανών επένδυσης

Συγκεντρωτικός πίνακας δαπανών επένδυσης	Ποσό (ευρώ)
Κόστος έργων Πολιτικού Μηχανικού	3.140.000
Κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού	26.070.000
Κόστος μελέτης σκοπιμότητας	115.000
Λοιπές δαπάνες	500.000
Σύνολο	59.150.000

6.3 Λειτουργικό κόστος

Το ετήσιο λειτουργικό κόστος για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου που αποτελείται από 10 ανεμογεννήτριες είναι 695.00 ευρώ (Πίνακας 6.6). Θεωρούμε ότι το ετήσιο λειτουργικό κόστος παραμένει σταθερό για τα 20 χρόνια λειτουργίας του αιολικού πάρκου.

Πίνακας 6.6: Λειτουργικό κόστος

Κόστη Λειτουργίας	Ποσό (ευρώ)
Ασφάλιση και επισκευές/ανταλλακτικά	150.000
Έξοδα συντήρησης	500.000
Έξοδα διοίκησης	15.000
Ενοίκιο γης	15.000
Διάφορα έξοδα	15.000
Σύνολο	695.000

6.4 Πάγια στοιχεία και απόσβεση

Ο Πίνακας 6.7 παρουσιάζει αναλυτικά το κόστος απόσβεσης για κάθε έτος. Για το κόστος έργων του πολιτικού μηχανικού και για το κόστος μελέτης σκοπιμότητας ο συντελεστής απόσβεσης είναι 12%, ενώ για το κόστος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και για το κόστος μεταφοράς και εγκατάστασης του εξοπλισμού ο συντελεστής απόσβεσης είναι 10 %

Πίνακας 6.7: Κόστος απόσβεσης

	Συντελεστής Απόσβεσης	Έτη										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Κόστος έργων Πολιτικού Μηχανικού	12%	376.800	376.800	376.800	376.800	376.800	376.800	376.800	376.800	376.800	125.600	0
Κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού	10%	303.000	303.000	303.000	303.000	303.000	303.000	303.000	303.000	303.000	303.000	303.000
Κόστος μελέτης σκοπιμότητας	10%	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500
Μεταφορά και εγκατάσταση εξοπλισμού	12%	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	20.000	0
Σύνολο		751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	460.100	314.500

6.5 Σκύρος

6.5.1 Ανεμολογικά δεδομένα

Τα ανεμολογικά δεδομένα για την ταχύτητα του ανέμου προέρχονται από την διαδραστική βάση δεδομένων Meteo Search [28] και αφορούν την χρονική περίοδο Ιανουάριο 2010 έως Δεκέμβριο 2017. Τα δεδομένα αυτά είναι σε ημερήσια βάση και αναφέρονται σε ύψος 10 μέτρων. Έτσι, εφαρμόζουμε την Εξ. (4-2) για να υπολογίσουμε την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του πύργου της ανεμογεννήτριας. Στη μελέτη μας το ύψος του πύργου της ανεμογεννήτριας είναι 85 μέτρα ($z=85$ m), το ύψος αναφοράς είναι 10 μέτρα ($z_{ref}=10$ m), V_{ref} είναι η ταχύτητα αναφοράς, δηλαδή τα ανεμολογικά δεδομένα και V είναι η ταχύτητα που θέλουμε να υπολογίσουμε. Το α ισούται με 0.4 καθώς πρόκειται για χερσαίο αιολικό πάρκο.

Η Σκύρος χαρακτηρίζεται από υψηλές ταχύτητες ανέμου όπως φαίνεται από τον ανεμολογικό χάρτη (Εικόνα 4.2). Η Σκύρος είναι το νοτιότερο και μεγαλύτερο σε έκταση (210km^2) νησί των Βορείων Σποράδων, με πληθυσμό 2.994 κατοίκων. Βρίσκεται ανατολικά της Εύβοιας, από την οποία απέχει γύρω στα 35km. Το νησί είναι κυρίως ορεινό κυρίως στα νοτιοανατολικά, όπου υπάρχουν τα όρη Κόχυλας (792m), Κουμάρι, Πριώνες και Φανόφτης. Το κλίμα του νησιού χαρακτηρίζεται από δροσερά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες με μέση ετήσια θερμοκρασία 17 βαθμούς Κελσίου. Στα δυτικά σχηματίζονται οι όρμοι Καλογριάς, Πεύκου, Αγίου Νικολάου και Τριστόμου. Στη δυτική ακτή βρίσκεται το λιμάνι του νησιού, η Λιναριά. Πρωτεύουσα του νησιού είναι η Σκύρος (ή Χώρα), που βρίσκεται στην ανατολική ακτή.

6.5.2 Υπολογισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

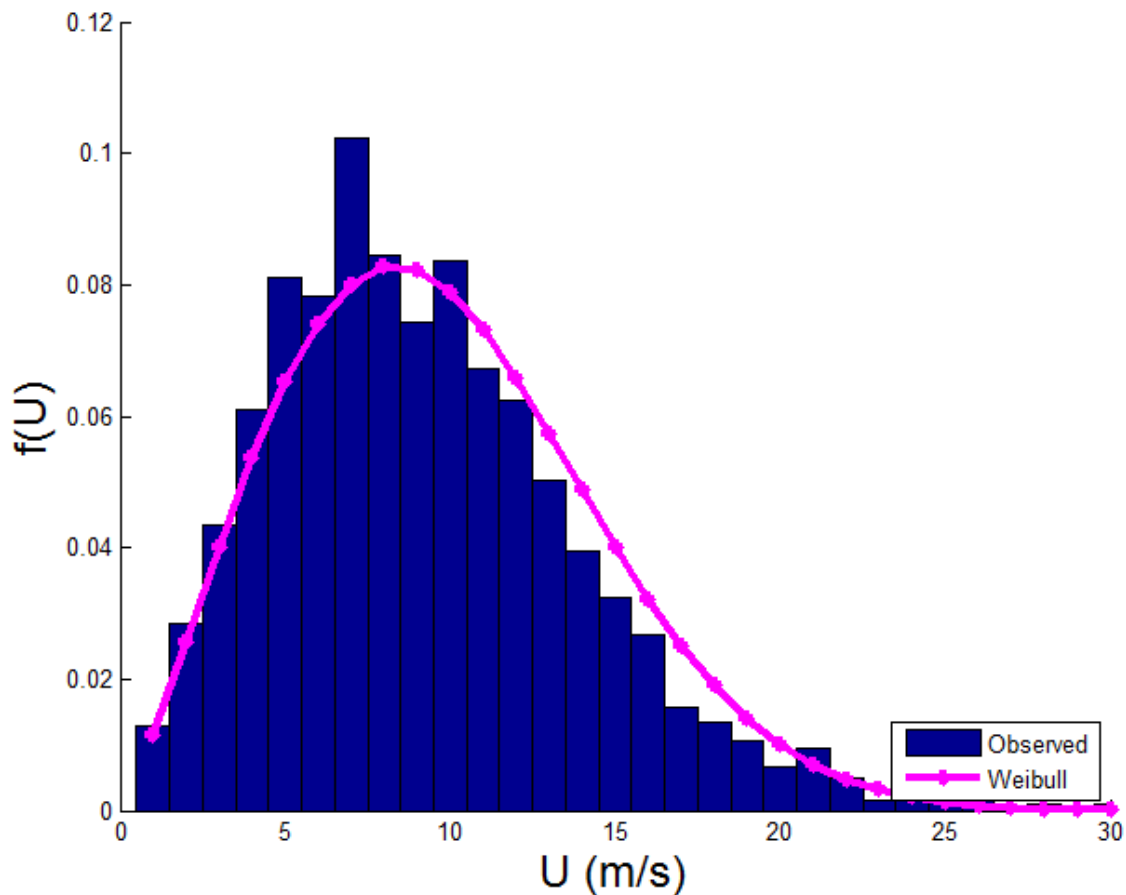
Για μια ανεμογεννήτρια η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε ένα έτος είναι 18.085,7042 MWh (Πίνακας 6.8). Λαμβάνοντας όμως υπόψη συντελεστή διαθεσιμότητας 98%, 3% για απώλειες δικτύου και 3% για απώλειες σκίασης η τελική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για μια ανεμογεννήτρια είναι 17.000,5619 MWh. Στη μελέτη μας, που κατασκευάζουμε ένα αιολικό πάρκο με 10 ανεμογεννήτριες η τελική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 170.005,619 MWh.

Πίνακας 6.8: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για μια ανεμογεννήτρια στη Σκύρο

Ταχύτητα ανέμου (m/s)	Κατανομή πιθανότητας Weibull (%)	Αριθμός ωρών ετησίως	Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας(kW)	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,01	105,12	0,00	0,00
2,00	0,03	227,76	0,00	0,00
3,00	0,05	438,00	56,10	24.571,80
4,00	0,05	473,04	216,00	102.176,64
5,00	0,07	569,40	449,00	255.660,60
6,00	0,07	639,48	790,80	505.700,78
7,00	0,08	692,04	1.235,00	854.669,40
8,00	0,08	727,08	1.858,00	1.350.914,64
9,00	0,08	718,32	2.472,00	1.775.687,04
10,00	0,08	692,04	2.932,70	2.029.545,71
11,00	0,07	630,72	3.165,00	1.996.228,80
12,00	0,07	578,16	3.220,90	1.862.195,54
13,00	0,06	490,56	3.230,00	1.584.508,80
14,00	0,05	420,48	3.230,00	1.358.150,40
15,00	0,04	350,40	3.230,00	1.131.792,00
16,00	0,03	271,56	3.230,00	877.138,80
17,00	0,02	210,24	3.230,00	679.075,20
18,00	0,02	157,68	3.230,00	509.306,40
19,00	0,01	122,64	3.230,00	396.127,20
20,00	0,01	87,60	3.230,00	282.948,00
21,00	0,01	61,32	3.230,00	198.063,60
22,00	0,01	43,80	3.230,00	141.474,00
23,00	0,00	35,04	3.230,00	113.179,20
24,00	0,00	17,52	3.230,00	56.589,60
25,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	1,00	8.760,00		18.085.704,16

6.5.3 Συνάρτηση Weibull

Στην Εικόνα 6.1 απεικονίζεται η συνάρτηση Weibull για την Σκύρο για τη χρονική περίοδο 2010-2017. Η συνάρτηση Weibull εκφράζεται από την Εξ. (4-4), όπου $c=11,019$ και $\kappa=2,1866$.



Εικόνα 6.1: Συνάρτηση Weibull για την Σκύρο για την χρονική περίοδο 2010-2017

6.5.4 Εισόδημα

Τα έσοδα ενός αιολικού πάρκου προέρχονται από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας. Η τιμή ανά παραγομένη MWh είναι 87,85 ευρώ/MWh. Άρα τα συνολικά ετήσια έσοδα είναι $170.005,619 \text{ MWh} \cdot 87,85 \text{ ευρώ/MWh} = 14.636.293,8 \text{ ευρώ}$.

6.5.5 Χρηματοδοτικό σχήμα

Ο Πίνακας 6.9 παρουσιάζει το χρηματοδοτικό σχήμα για την Σκύρο. Το 25% του αρχικού κόστους επένδυσης προέρχεται από ίδια κεφάλαια. Το ποσοστό επιχορήγησης είναι 25% σύμφωνα με την Εικόνα 5.1 και το 50% είναι δάνειο.

Πίνακας 6.9: Χρηματοδοτικό σχήμα για τη Σκύρο

Χρηματοδοτικό σχήμα	Ποσό (ευρώ)	Ποσοστό
Ίδια Κεφάλαια	14.787.500	25%
Δανειοδότηση	29.575.000	50%
Επιχορήγηση	14.787.500	25%
Σύνολο	59.150.000	

6.5.6 Χαρακτηριστικά δανείου

Ο Πίνακας 6.10 παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά του δανείου. Το δάνειο έχει σταθερό επιτόκιο 6% και η διάρκεια του είναι 10 χρόνια. Το κεφάλαιο του δανείου ανέρχεται σε 29.575.000 ευρώ και η ετήσια δόση είναι 3.940.118 ευρώ. Ο Πίνακας 6.11 παρουσιάζει τις τοκοχρεολυτικές υποχρεώσεις ανά έτος.

Πίνακας 6.10: Χαρακτηριστικά δανείου για τη Σκύρο

Δάνειο	
Κεφάλαιο	29.575.000
Επιτόκιο	6%
Μηνιαία δόση	328.343
Ετήσια δόση	3.940.118
Έτη	10

Πίνακας 6.11: Τοκοχρεολυτικές υποχρεώσεις για το δάνειο της Σκύρου

Έτος	Υπόλοιπο δανείου	Τοκοχρεολύσιο	Τόκος	Χρεολύσιο	Δάνειο προς εξόφληση
	A	B	$\Gamma=0,06 \cdot A$	$\Delta=B-\Gamma$	$E=A-\Delta$
1	29.575.000	3.940.118	1.774.500	2.165.618	27.409.382
2	27.409.382	3.940.118	1.644.563	2.295.555	25.764.819
3	25.764.819	3.940.118	1.545.889	2.394.228	24.218.930
4	24.218.930	3.940.118	1.453.136	2.486.982	22.765.794
5	22.765.794	3.940.118	1.365.948	2.574.170	21.399.847
6	21.399.847	3.940.118	1.283.991	2.656.127	20.115.856
7	20.115.856	3.940.118	1.206.951	2.733.166	18.908.905
8	18.908.905	3.940.118	1.134.534	2.805.583	17.774.370
9	17.774.370	3.940.118	1.066.462	2.873.655	16.707.908
10	16.707.908	3.940.118	1.002.474	2.937.643	0

6.5.7 Ετήσια καθαρή χρηματοροή

Η ετήσια καθαρή χρηματοροή υπολογίζεται με το τρόπο που περιγράφηκε στην παράγραφο 5.5.1. Ο Πίνακας 6.12 παρουσιάζει αναλυτικά την καθαρή χρηματοροή για κάθε έτος.

Πίνακας 6.12: Χρηματοοικονομική απόδοση της επένδυσης για τη Σκύρο

ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ΕΙΣΡΟΕΣ											
ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΦΟΡΩΝ)	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294
ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΡΟΩΝ	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294
ΕΚΡΟΕΣ											
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΟΣΤΗ	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000
ΜΕΙΚΤΑ ΚΕΡΔΗ	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	460.100	314.500	
ΤΟΚΟΙ	1.774.500	1.644.563	1.545.889	1.453.136	1.365.948	1.283.991	1.206.951	1.134.534	1.066.462	1.002.474	
ΦΟΡΟΛΟΓΗΤΕΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ	11.415.494	11.545.431	11.644.105	11.736.858	11.824.046	11.906.003	11.983.042	12.055.459	12.414.732	12.624.319	
ΦΟΡΟΙ(25%)	2.853.873	2.886.358	2.911.026	2.934.214	2.956.012	2.976.501	2.995.761	3.013.865	3.103.683	3.156.080	
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΦΟΡΟΥΣ	8.561.620	8.659.073	8.733.078	8.802.643	8.868.035	8.929.502	8.987.282	9.041.595	9.311.049	9.468.239	
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	460.100	314.500	
ΚΑΘΑΡΗ ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΡΟΗ	9.312.920	9.410.373	9.484.378	9.553.943	9.619.335	9.680.802	9.738.582	9.792.895	9.771.149	9.782.739	

Πίνακας 6.13: Χρηματοοικονομική απόδοση της επένδυσης για τη Σκύρο

ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΕΙΣΡΟΕΣ										
ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΦΟΡΩΝ)	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294
ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΡΟΩΝ	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294	14.636.294
ΕΚΡΟΕΣ										
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΟΣΤΗ	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000
ΜΕΙΚΤΑ ΚΕΡΑΗ	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΤΟΚΟΙ										
ΦΟΡΟΛΟΓΗΤΕΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294	13.941.294
ΦΟΡΟΙ(25%)	3.485.323	3.485.323	3.485.323	3.485.323	3.485.323	3.485.323	3.485.323	3.485.323	3.485.323	3.485.323
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΦΟΡΟΥΣ	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΚΑΘΑΡΗ ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΡΟΗ	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970	10.455.970

6.5.8 Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας

Για να υπολογίσουμε την παρούσα αξία της καθαρής χρηματοροής για κάθε έτος, προεξοφλούμε την καθαρή χρηματοροή με ένα επιτόκιο. Το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι το μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου και εξαρτάται από :

- Το δάνειο που αποτελεί το 50% του αρχικού κόστους επένδυσης και έχει μέσο κόστος δανειακού κεφαλαίου ίσο με το επιτόκιο του δανείου που είναι 6%.
- Τα ίδια κεφάλαια που αποτελούν το 25% του αρχικού κόστους κεφαλαίου. Το κόστος κεφαλαίου είναι μεγαλύτερο από το επιτόκιο του δανείου καθώς παρουσιάζει μεγαλύτερο χρηματοοικονομικό κίνδυνο και ισούται με 10%.
- Την επιχορήγηση που αποτελεί το 25% του αρχικού κόστους επένδυσης και δεν παρουσιάζει χρηματοοικονομικό κίνδυνο οπότε έχει μηδενικό συντελεστή,

Άρα το μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου ισούται με :

$$K = 50 \% \times 6 \% + 25 \% \times 10 \% + 25 \% \times 0 \% = 5.5 \% \quad (6 - 1)$$

Εφαρμόζοντας την Εξ. (5-1) η ΚΠΑ προκύπτει ίση με 74.067.273 ευρώ (Πίνακας 6.14)

6.5.9 Υπολογισμός Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για τη Σκύρο είναι 21%. Άρα, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (21%) είναι υψηλότερος από το προεξοφλητικό επιτόκιο (5.5%) και η επένδυση συμφέρει να υλοποιηθεί.

6.5.10 Συμπεράσματα για την αξιολόγηση της επένδυσης

Η ΚΠΑ για την κατασκευή αιολικού πάρκου με 10 ανεμογεννήτριες στη Σκύρο προκύπτει θετική, δηλαδή η παρούσα αξία των εισροών ταμειακών ροών υπερβαίνει την παρούσα αξία των ταμειακών εκροών. Άρα είναι μια κερδοφόρα επένδυση που συμφέρει να πραγματοποιηθεί. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε εφαρμόζοντας την μεθοδολογία του εσωτερικού βαθμού απόδοσης.

Πίνακας 6.14: Καθαρή Παρούσα Αξία για τη Σκύρο

Έτος	Χρηματοροή	Παρούσα αξία χρηματοροής	Σωρευτική αξία χρηματοροής
0	-44.362.500	-44.362.500	-44.362.500
1	6.525.104	8.827.413	-35.535.087
2	6.594.285	8.454.772	-27.080.315
3	6.646.821	8.077.026	-19.003.289
4	6.696.204	7.712.103	-11.291.186
5	6.742.625	7.360.083	-3.931.102
6	6.786.260	7.020.961	3.089.859
7	6.827.277	6.694.660	9.784.519
8	6.865.833	6.381.039	16.165.558
9	6.847.276	6.034.947	22.200.505
10	6.853.944	5.727.115	27.927.620
11	7.309.054	5.802.128	33.729.748
12	7.309.054	5.499.647	39.229.395
13	7.309.054	5.212.936	44.442.331
14	7.309.054	4.941.171	49.383.502
15	7.309.054	4.683.575	54.067.077
16	7.309.054	4.439.407	58.506.484
17	7.309.054	4.207.969	62.714.453
18	7.309.054	3.988.596	66.703.049
19	7.309.054	3.780.660	70.483.709
20	7.309.054	3.583.564	74.067.273

6.6 Λαύριο

6.6.1 Ανεμολογικά δεδομένα

Τα ανεμολογικά δεδομένα για την ταχύτητα του ανέμου προέρχονται από τη διαδραστική βάση δεδομένων Meteo Search [28] και αφορούν τη χρονική περίοδο Ιανουάριο 2010 έως Δεκέμβριο 2017. Τα δεδομένα αυτά είναι σε ημερήσια βάση και αναφέρονται σε ύψος 10 μέτρων. Έτσι, εφαρμόζουμε την Εξ. (4-2) για να υπολογίσουμε την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του πύργου της ανεμογεννήτριας. Στη μελέτη μας το ύψος του πύργου της ανεμογεννήτριας είναι 85 μέτρα ($z=85$ m), το ύψος αναφοράς είναι 10 μέτρα ($z_{ref}=10$ m), V_{ref} είναι η ταχύτητα αναφοράς, δηλαδή τα ανεμολογικά δεδομένα και V είναι η ταχύτητα που θέλουμε να υπολογίσουμε. Το α ισούται με 0.4 καθώς πρόκειται για χερσαίο αιολικό πάρκο.

Το Λαύριο χαρακτηρίζεται από μεσαίες ταχύτητες ανέμου όπως φαίνεται από τον ανεμολογικό χάρτη (Εικόνα 4.2). Το Λαύριο είναι μια μικρή πόλη στο νοτιοανατολικό μέρος της Αττικής και έδρα του Δήμου Λαυρεωτικής.

6.6.2 Υπολογισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας .

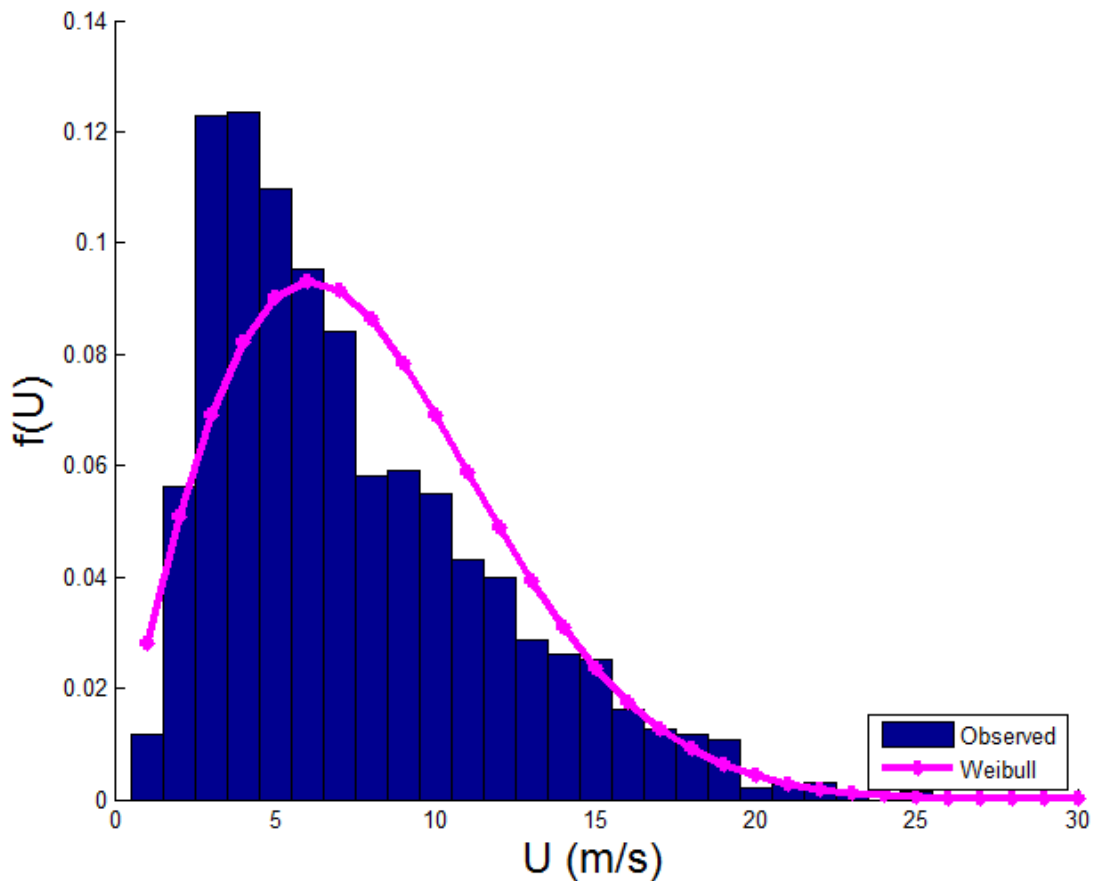
Για μια ανεμογεννήτρια η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε ένα έτος είναι 14.429,70429 MWh (Πίνακας 6.15). Λαμβάνοντας όμως υπόψη συντελεστή διαθεσιμότητας 98% , 3% για απώλειες δικτύου και 3% για απώλειες σκίασης η τελική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για μια ανεμογεννήτρια είναι 13.563,92203 MWh. Στην μελέτη μας, που κατασκευάζουμε ένα αιολικό πάρκο με 10 ανεμογεννήτριες η τελική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργεια είναι 135.639,2203 MWh.

Πίνακας 6.15: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για μια ανεμογεννήτρια στο Λαύριο

Ταχύτητα ανέμου (m/s)	Κατανομή πιθανότητας Weibull (%)	Αριθμός ωρών ετησίως	Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας(kW)	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,03	246,07	0,00	0,00
2,00	0,05	452,76	0,00	0,00
3,00	0,07	610,25	56,10	34.234,87
4,00	0,08	718,52	216,00	155.199,64
5,00	0,09	777,57	449,00	349.130,29
6,00	0,09	816,94	790,80	646.039,17
7,00	0,09	797,26	1.235,00	984.614,16
8,00	0,09	748,04	1.858,00	1.389.867,51
9,00	0,08	679,15	2.472,00	1.678.849,08
10,00	0,07	610,25	2.932,70	1.789.671,94
11,00	0,06	511,82	3.165,00	1.619.911,01
12,00	0,05	433,08	3.220,90	1.394.903,03
13,00	0,04	354,34	3.230,00	1.144.508,76
14,00	0,03	275,60	3.230,00	890.173,48
15,00	0,02	216,54	3.230,00	699.422,02
16,00	0,02	167,33	3.230,00	540.462,47
17,00	0,01	118,11	3.230,00	381.502,92
18,00	0,01	78,74	3.230,00	254.335,28
19,00	0,01	49,21	3.230,00	158.959,55
20,00	0,00	39,37	3.230,00	127.167,64
21,00	0,00	29,53	3.230,00	95.375,73
22,00	0,00	19,69	3.230,00	63.583,82
23,00	0,00	9,84	3.230,00	31.791,91
24,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
25,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	1,00	8.760,00		14.429.704,29

6.6.3 Συνάρτηση Weibull

Στην Εικόνα 6.2 απεικονίζεται η συνάρτηση Weibull για το Λαύριο για τη χρονική περίοδο 2010-2017. Η συνάρτηση Weibull εκφράζεται από την Εξ. (4-4), όπου $c=8,9766$ και $\kappa=1,9175$.



Εικόνα 6.2: Συνάρτηση Weibull για το Λαύριο για την χρονική περίοδο 2010-2017

6.6.4 Εισόδημα

Τα έσοδα ενός αιολικού πάρκου προέρχονται από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας. Η τιμή ανά παραγομένη MWh είναι 87,85 ευρώ/MWh. Άρα τα συνολικά ετήσια έσοδα είναι $135.639,2203 \text{ MWh} * 87,85 \text{ ευρώ/MWh} = 11.677.587 \text{ ευρώ}$.

6.6.5 Χρηματοδοτικό σχήμα

Ο Πίνακας 6.16 παρουσιάζει το χρηματοδοτικό σχήμα για το Λάυριο. Το 25% του αρχικού κόστους επένδυσης προέρχεται από ίδια κεφάλαια. Το ποσοστό επιχορήγησης είναι 20% σύμφωνα με την Εικόνα 5.1 και το 55% είναι δάνειο.

Πίνακας 6.16: Χρηματοδοτικό σχήμα για το Λάυριο

Χρηματοδοτικό σχήμα	Ποσό (ευρώ)	Ποσοστό
Ίδια κεφάλαια	14.787.500	25%
Δανειοδότηση	32.532.500	55%
Επιχορήγηση	11.830.000	20%
Σύνολο	59.150.000	

6.6.6 Χαρακτηριστικά δανείου

Ο Πίνακας 6.17 παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά του δανείου. Το δάνειο έχει σταθερό επιτόκιο 6% και η διάρκεια του είναι 10 χρόνια. Το κεφάλαιο του δανείου ανέρχεται σε 32.532.500 ευρώ και η ετήσια δόση είναι 4.334.129 ευρώ Ο Πίνακας 6.18 παρουσιάζει τις τοκοχρεωλυτικές υποχρεώσεις ανά έτος.

Πίνακας 6.17: Χαρακτηριστικά δανείου για το Λάυριο

Δάνειο	Ποσό(ευρώ)
Κεφάλαιο	32.532.500
Επιτόκιο	0,06
Μηνιαία δόση	361.177 €
Ετήσια δόση	4.334.129
Ετη	10

Πίνακας 6.18: Τοκοχρεωλυτικές υποχρεώσεις για το δάνειο του Λαυρίου

Ετος	Υπόλοιπο δανείου	Τοκοχρεολύσιο	Τόκος	Χρεολύσιο	Δάνειο προς εξόφληση
	A	B	$\Gamma=0,06 \cdot A$	$\Delta=B-\Gamma$	$E=A-\Delta$
1	32.532.500	4.334.129	1.951.950	2.382.179	30.150.321
2	30.150.321	4.334.129	1.809.019	2.525.110	28.341.301
3	28.341.301	4.334.129	1.700.478	2.633.651	26.640.823
4	26.640.823	4.334.129	1.598.449	2.735.680	25.042.374
5	25.042.374	4.334.129	1.502.542	2.831.587	23.539.831
6	23.539.831	4.334.129	1.412.390	2.921.739	22.127.442
7	22.127.442	4.334.129	1.327.646	3.006.483	20.799.795
8	20.799.795	4.334.129	1.247.988	3.086.142	19.551.807
9	19.551.807	4.334.129	1.173.108	3.161.021	18.378.699
10	18.378.699	4.334.129	1.102.722	3.231.407	0

6.6.7 Ετήσια καθαρή χρηματοροή

Η ετήσια καθαρή χρηματοροή υπολογίζεται με το τρόπο που επιγράφτηκε στην παράγραφο 5.5.1. Ο Πίνακας 6.19 παρουσιάζει αναλυτικά την καθαρή χρηματοροή για κάθε έτος.

Πίνακας 6.19: Χρηματοοικονομική απόδοση της επένδυσης για το Λαύριο

ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΕΙΣΡΟΕΣ										
ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΦΟΡΩΝ)	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587
ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΡΟΩΝ	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587
ΕΚΡΟΕΣ										
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΟΣΤΗ	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000
ΜΕΙΚΤΑ ΚΕΡΔΗ	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	460.100	314.500
ΤΟΚΟΙ	1.951.950	1.809.019	1.700.478	1.598.449	1.502.542	1.412.390	1.327.646	1.247.988	1.173.108	1.102.722
ΦΟΡΟΛΟΓΗΤΕΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ	8.279.337	8.422.268	8.530.809	8.632.838	8.728.745	8.818.898	8.903.641	8.983.300	9.349.379	9.565.365
ΦΟΡΟΙ(25%)	2.069.834	2.105.567	2.132.702	2.158.209	2.182.186	2.204.724	2.225.910	2.245.825	2.337.345	2.391.341
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΦΟΡΟΥΣ	6.209.503	6.316.701	6.398.107	6.474.628	6.546.559	6.614.173	6.677.731	6.737.475	7.012.034	7.174.024
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	460.100	314.500
ΚΑΘΑΡΗ ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΡΟΗ	6.960.803	7.068.001	7.149.407	7.225.928	7.297.859	7.365.473	7.429.031	7.488.775	7.472.134	7.488.524

Πίνακας 6.20: Χρηματοοικονομική απόδοση της επένδυσης για το Λαύριο

ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΕΙΣΡΟΕΣ										
ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΦΟΡΩΝ)	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587
ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΡΟΩΝ	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587	11.677.587
ΕΚΡΟΕΣ										
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΟΣΤΗ	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000
ΜΕΙΚΤΑ ΚΕΡΔΗ	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΤΟΚΟΙ										
ΦΟΡΟΛΟΓΗΤΕΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587	10.982.587
ΦΟΡΟΙ(25%)	2.745.647	2.745.647	2.745.647	2.745.647	2.745.647	2.745.647	2.745.647	2.745.647	2.745.647	2.745.647
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΦΟΡΟΥΣ	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΚΑΘΑΡΗ ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΡΟΗ	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941	8.236.941

6.6.8 Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας

Για να βρούμε την παρούσα αξία της καθαρής χρηματοροής για κάθε έτος την προεξοφλούμε με ένα επιτόκιο. Το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι το μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου και εξαρτάται από :

- Το δάνειο που αποτελεί το 55% του αρχικού κόστους επένδυσης και έχει μέσο κόστος δανειακού κεφαλαίου ίσο με το επιτόκιο του δανείου που είναι 6%.
- Τα ίδια κεφάλαια που αποτελούν το 25% του αρχικού κόστους κεφαλαίου. Το κόστος κεφαλαίου είναι μεγαλύτερο από το επιτόκιο του δανείου καθώς παρουσιάζει μεγαλύτερο χρηματοοικονομικό κίνδυνο και ισούται με 10%.
- Την επιχορήγηση που αποτελεί το 20% του αρχικού κόστους επένδυσης και δεν παρουσιάζει χρηματοοικονομικό κίνδυνο οπότε έχει μηδενικό συντελεστή,

Άρα το μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου ισούται με:

$$K = 55\% \times 6\% + 25\% \times 10\% + 20\% \times 0\% = 5.8\% \quad (6 - 2)$$

Εφαρμόζοντας την Εξ. (5-1) η ΚΠΑ προκύπτει ίση με 41.497.585 ευρώ (Πίνακας 6.21). Άρα η ΚΠΑ είναι θετική ΚΠΑ, δηλαδή η παρούσα αξία των εισροών ταμειακών ροών υπερβαίνει την παρούσα αξία των ταμειακών εκροών και συνεπώς πρέπει να πραγματοποιηθεί η επένδυση.

6.6.9 Υπολογισμός Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για το Λαύριο είναι 15%. Άρα, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (15%) είναι υψηλότερος από το προεξοφλητικό επιτόκιο (5.8%) και η επένδυση συμφέρει να υλοποιηθεί.

Πίνακας 6.21: Καθαρή Παρούσα Αξία για το Λαύριο

Έτος	Χρηματοροή	Παρούσα αξία χρηματοροής	Σωρευτική παρούσα αξία
0	-47.320.000	-47.320.000	-47.320.000
1	6.960.803	6.579.209	-40.740.791
2	7.068.001	6.314.301	-34.426.490
3	7.149.407	6.036.887	-28.389.604
4	7.225.928	5.767.014	-22.622.590
5	7.297.859	5.505.124	-17.117.466
6	7.365.473	5.251.540	-11.865.926
7	7.429.031	5.006.480	-6.859.446
8	7.488.775	4.770.077	-2.089.369
9	7.472.134	4.498.561	2.409.193
10	7.488.524	4.261.275	6.670.468
11	8.236.941	4.430.203	11.100.670
12	8.236.941	4.187.337	15.288.007
13	8.236.941	3.957.785	19.245.793
14	8.236.941	3.740.818	22.986.611
15	8.236.941	3.535.745	26.522.356
16	8.236.941	3.341.914	29.864.269
17	8.236.941	3.158.709	33.022.978
18	8.236.941	2.985.547	36.008.525
19	8.236.941	2.821.878	38.830.403
20	8.236.941	2.667.182	41.497.585

6.6.10 Συμπεράσματα για την αξιολόγηση της επένδυσης

Η ΚΠΑ για την κατασκευή αιολικού πάρκου με 10 ανεμογεννήτριες στο Λαύριο προκύπτει θετική, δηλαδή η παρούσα αξία των εισροών ταμειακών ροών υπερβαίνει την παρούσα αξία των ταμειακών εκροών. Άρα είναι μια κερδοφόρα επένδυση που συμφέρει να πραγματοποιηθεί. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε εφαρμόζοντας τη μέθοδο του εσωτερικού βαθμού απόδοσης.

6.7 Χανιά

6.7.1 Ανεμολογικά δεδομένα

Τα ανεμολογικά δεδομένα για την ταχύτητα του ανέμου προέρχονται από διαδραστική βάση δεδομένων Meteo Search [28] και αφορούν την χρονική περίοδο Ιανουάριο 2010 έως Δεκέμβριο 2017. Τα δεδομένα αυτά είναι σε ημερήσια βάση και αναφέρονται σε ύψος 10 μέτρων. Έτσι, εφαρμόζουμε την Εξ. (4-2) για να υπολογίσουμε την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του πύργου της ανεμογεννήτριας. Στη μελέτη μας το ύψος του πύργου της ανεμογεννήτριας είναι 85 μέτρα ($z=85$ m), το ύψος αναφοράς είναι 10 μέτρα ($z_{ref}=10$ m), V_{ref} είναι η ταχύτητα αναφοράς, δηλαδή τα ανεμολογικά δεδομένα και V είναι η ταχύτητα που θέλουμε να υπολογίσουμε. Το α ισούται με 0.4 καθώς πρόκειται για χερσαίο αιολικό πάρκο.

Τα Χανιά χαρακτηρίζονται από μικρές ταχύτητες ανέμου όπως φαίνεται από τον ανεμολογικό χάρτη (Εικόνα 4.2). Τα Χανιά είναι παραλιακή πόλη της βορειοδυτικής Κρήτης, ένας από τους σημαντικότερους λιμένες της και πρωτεύουσα του νομού Χανίων. Καταλαμβάνει έκταση περίπου 13km² και αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη του νησιού μετά το Ηράκλειο. Ο δήμος Χανίων έχει 108.642 κατοίκους (2011).

6.7.2 Υπολογισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

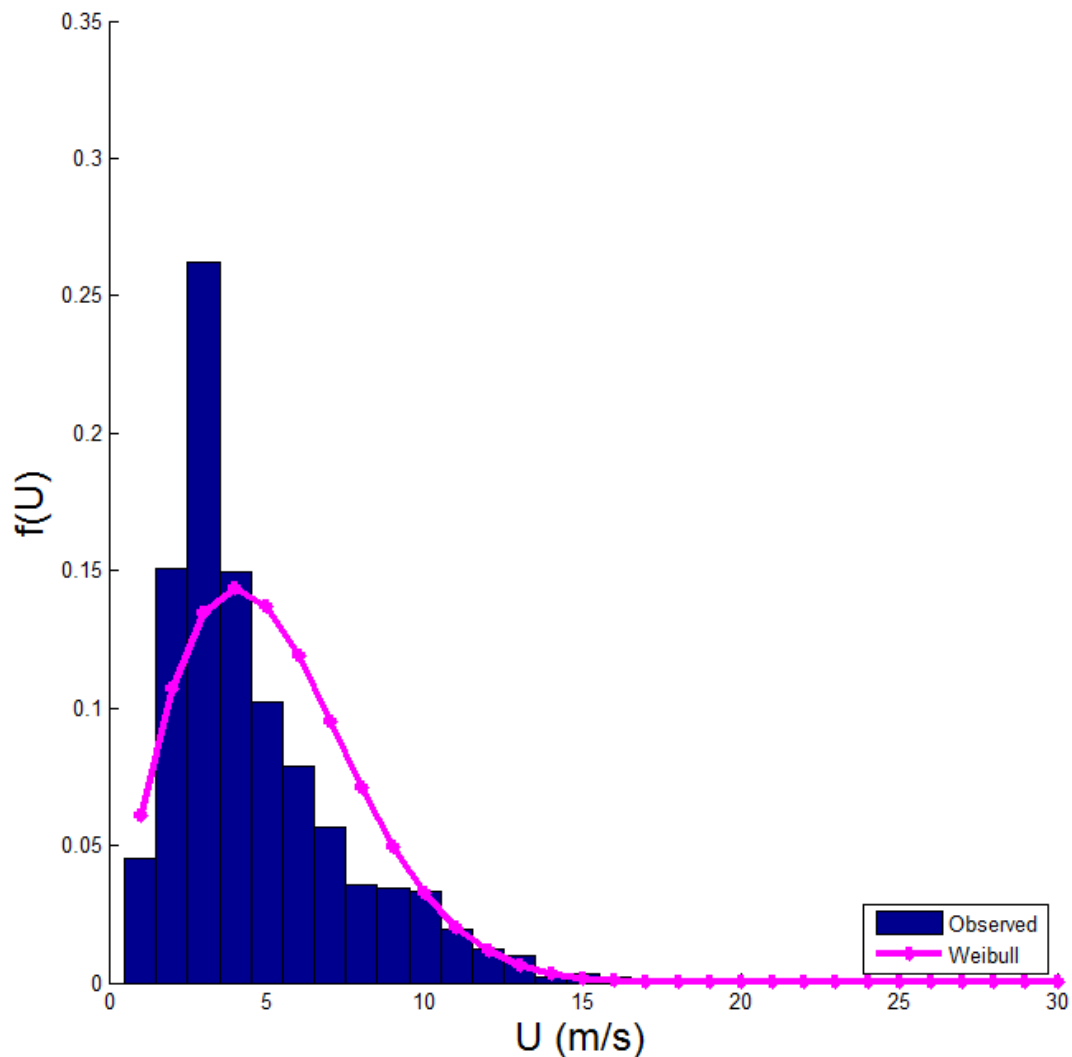
Για μια ανεμογεννήτρια η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε ένα έτος είναι 7.787,23678 MWh (Πίνακας 6.22). Λαμβάνοντας όμως υπόψη συντελεστή διαθεσιμότητας 98% , 3% για απώλειες δικτύου και 3% για απώλειες σκίασης η τελική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για μια ανεμογεννήτρια είναι 7.320 MWh. Στη μελέτη μας, που κατασκευάζουμε ένα αιολικό πάρκο με 10 ανεμογεννήτριες η τελική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργεια είναι 73.200 MWh.

Πίνακας 6.22: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για μια ανεμογεννήτρια στα Χανιά

Ταχύτητα ανέμου (m/s)	Κατανομή πιθανότητας Weibull (%)	Αριθμός ωρών ετησίως	Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας(kW)	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,06	523,85	0,00	0,00
2,00	0,10	906,66	0,00	0,00
3,00	0,13	1.128,29	56,10	63.296,96
4,00	0,14	1.229,03	216,00	265.470,05
5,00	0,13	1.168,58	449,00	524.694,22
6,00	0,12	1.007,40	790,80	796.651,92
7,00	0,09	826,07	1.235,00	1.020.193,98
8,00	0,07	604,44	1.858,00	1.123.049,52
9,00	0,05	423,11	2.472,00	1.045.922,98
10,00	0,03	282,07	2.932,70	827.232,55
11,00	0,02	181,33	3.165,00	573.915,78
12,00	0,01	100,74	3.220,90	324.473,47
13,00	0,01	60,44	3.230,00	195.234,12
14,00	0,04	317,99	3.230,00	1.027.101,24
15,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
16,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
17,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
18,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
19,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
20,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
21,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
22,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
23,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
24,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
25,00	0,00	0,00	3.230,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	1,00	8.760,00		7.787.236,78

6.7.3 Συνάρτηση Weibull

Στην Εικόνα 6.3 απεικονίζεται η συνάρτηση Weibull για τα Χανιά για τη χρονική περίοδο 2010-2017. Η συνάρτηση Weibull εκφράζεται από την Εξ. (4-4), όπου $c=5,8525$ και $\kappa=1,9387$.



Εικόνα 6.3: Συνάρτηση Weibull για τα Χανιά για την χρονική περίοδο 2010-2017

6.7.4 Εισόδημα

Τα έσοδα ενός αιολικού πάρκου προέρχονται από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας. Η τιμή ανά παραγομένη MWh είναι 87,85 ευρώ/MWh. Άρα τα συνολικά ετήσια έσοδα είναι $73.200\text{MWh} * 87,85 \text{ ευρώ/MWh} = 6.302.010 \text{ ευρώ}$.

6.7.5 Χρηματοδοτικό σχήμα

Ο Πίνακας 6.23 παρουσιάζει το χρηματοδοτικό σχήμα για τα Χανιά. Το 25% του αρχικού κόστους επένδυσης προέρχεται από ίδια κεφάλαια. Το ποσοστό επιχορήγησης είναι 35% σύμφωνα με την Εικόνα 5.1 και το 40% είναι δάνειο

Πίνακας 6.23: Χρηματοδοτικό σχήμα για τα Χανιά

Χρηματοδοτικό σχήμα	Ποσό (ευρώ)	Ποσοστό
Ίδια κεφάλαια	14.787.500	25%
Δανειοδότηση	23.660.000	40%
Επιχορήγηση	20.702.500	35%
Σύνολο	59.150.000	

6.7.6 Χαρακτηριστικά δανείου

Ο Πίνακας 6.24 παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά του δανείου. Το δάνειο έχει σταθερό επιτόκιο 6% και η διάρκεια του είναι 10 χρόνια. Το κεφάλαιο του δανείου ανέρχεται σε 23.660.000 ευρώ και η ετήσια δόση είναι 3.152.095 ευρώ. Ο Πίνακας 6.25 παρουσιάζει τις τοκοχρεολυτικές υποχρεώσεις ανά έτος.

Πίνακας 6.24: Χαρακτηριστικά δανείου για τα Χανιά

Δάνειο	
Κεφάλαιο	23.660.000
Επιτόκιο	6%
Μηνιαία δόση	262.674
Ετήσια δόση	3.152.095
Έτη	10,00

Πίνακας 6.25: Τοκοχρεωλυτικές υποχρεώσεις για το δάνειο των Χανίων

Ετος	Υπόλοιπο δανείου	Τοκοχρεολύσιο	Τόκος	Χρεολύσιο	Δάνειο προς εξόφληση
	A	B	$\Gamma=0,06 \cdot A$	$\Delta=B-\Gamma$	$E=A-\Delta$
1,00	23.660.000,00	3.152.094,09	1.419.600,00	1.732.494,09	21.927.505,91
2,00	21.927.505,91	3.152.094,09	1.315.650,35	1.836.443,74	20.611.855,55
3,00	20.611.855,55	3.152.094,09	1.236.711,33	1.915.382,76	19.375.144,22
4,00	19.375.144,22	3.152.094,09	1.162.508,65	1.989.585,44	18.212.635,57
5,00	18.212.635,57	3.152.094,09	1.092.758,13	2.059.335,96	17.119.877,43
6,00	17.119.877,43	3.152.094,09	1.027.192,65	2.124.901,45	16.092.684,79
7,00	16.092.684,79	3.152.094,09	965.561,09	2.186.533,00	15.127.123,70
8,00	15.127.123,70	3.152.094,09	907.627,42	2.244.466,67	14.219.496,28
9,00	14.219.496,28	3.152.094,09	853.169,78	2.298.924,31	13.366.326,50
10,00	13.366.326,50	3.152.094,09	801.979,59	2.350.114,50	0,00

6.7.7 Ετήσια καθαρή χρηματοροή

Η ετήσια καθαρή χρηματοροή υπολογίζεται σύμφωνα με την παράγραφο 5.5.1.

Ο Πίνακας 6.26 παρουσιάζει αναλυτικά την καθαρή χρηματοροή για κάθε έτος.

Πίνακας 6.26: Χρηματοοικονομική απόδοση της επένδυσης για τα Χανιά

ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΕΙΣΡΟΕΣ										
ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΦΟΡΩΝ)	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010
ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΡΟΩΝ	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010
ΕΚΡΟΕΣ										
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΟΣΤΗ	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000
ΜΕΙΚΤΑ ΚΕΡΔΗ	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	460.100	314.500
ΤΟΚΟΙ	1.419.600	1.315.650	1.236.711	1.162.509	1.092.758	1.027.193	965.561	907.627	853.170	801.980
ΦΟΡΟΛΟΓΗΤΕΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ	3.436.110	3.540.059	3.618.998	3.693.201	3.762.952	3.828.517	3.890.149	3.948.082	4.293.740	4.490.530
ΦΟΡΟΙ(25%)	859.027	885.015	904.750	923.300	940.738	957.129	972.537	987.021	1.073.435	1.122.633
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΦΟΡΟΥΣ	2.577.082	2.655.045	2.714.249	2.769.901	2.822.214	2.871.388	2.917.612	2.961.062	3.220.305	3.367.898
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	751.300	460.100	314.500
ΚΑΘΑΡΗ ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΡΟΗ	3.328.382	3.406.345	3.465.549	3.521.201	3.573.514	3.622.688	3.668.912	3.712.362	3.680.405	3.682.398

Πίνακας 6.27: Χρηματοοικονομική απόδοση της επένδυσης για τα Χανιά

ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΕΙΣΡΟΕΣ										
ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΦΟΡΩΝ)	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010
ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΡΟΩΝ	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010	6.302.010
ΕΚΡΟΕΣ										
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΟΣΤΗ	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000	695.000
ΜΕΙΚΤΑ ΚΕΡΔΗ	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΤΟΚΟΙ										
ΦΟΡΟΛΟΓΗΤΕΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010	5.607.010
ΦΟΡΟΙ(25%)	1.401.752	1.401.752	1.401.752	1.401.752	1.401.752	1.401.752	1.401.752	1.401.752	1.401.752	1.401.752
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΦΟΡΟΥΣ	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΚΑΘΑΡΗ ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΡΟΗ	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257	4.205.257

6.7.8 Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας

Για να βρούμε την παρούσα αξία της καθαρής χρηματοροής για κάθε έτος την προεξοφλούμε με ένα επιτόκιο. Το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι το μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου και εξαρτάται από :

- Το δάνειο που αποτελεί το 40% του αρχικού κόστους επένδυσης και έχει μέσο κόστος δανειακού κεφαλαίου ίσο με το επιτόκιο του δανείου που είναι 6%.
- Τα ίδια κεφάλαια που αποτελούν το 25% του αρχικού κόστους κεφαλαίου. Το κόστος κεφαλαίου είναι μεγαλύτερο από το επιτόκιο του δανείου καθώς παρουσιάζει μεγαλύτερο χρηματοοικονομικό κίνδυνο και ισούται με 10%.
- Την επιχορήγηση που αποτελεί το 35% του αρχικού κόστους επένδυσης και δεν παρουσιάζει χρηματοοικονομικό κίνδυνο οπότε έχει μηδενικό συντελεστή,

Άρα το μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου ισούται με

$$K = 40\% \times 6\% + 25\% \times 10\% + 35\% \times 0\% = 4.9\% \quad (6 - 3)$$

Εφαρμόζοντας τον τύπο η ΚΠΑ προκύπτει ίση με 9.319.094 ευρώ (Πίνακας 6.28). Άρα η ΚΠΑ είναι θετική ΚΠΑ, δηλαδή η παρούσα αξία των εισροών ταμειακών ροών υπερβαίνει την παρούσα αξία των ταμειακών εκροών και συνεπώς πρέπει να πραγματοποιηθεί η επένδυση.

6.7.9 Υπολογισμός Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για τα Χανιά είναι 7%. Άρα, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (7%) είναι υψηλότερος από το προεξοφλητικό επιτόκιο (4.9%) και η επένδυση συμφέρει να υλοποιηθεί.

Πίνακας 6.28: Καθαρή Παρούσα Αξία για τα Χανιά

Έτος	Χρηματοροή	Παρούσα αξία Χρηματοροής	Σωρευτική παρούσα αξία
0	-38.447.500	-38.447.500	-38.447.500
1	3.328.382	3.172.910	-35.274.590
2	3.406.345	3.095.548	-32.179.042
3	3.465.549	3.002.241	-29.176.801
4	3.521.201	2.907.963	-26.268.838
5	3.573.514	2.813.313	-23.455.525
6	3.622.688	2.718.805	-20.736.721
7	3.668.912	2.624.876	-18.111.844
8	3.712.362	2.531.899	-15.579.945
9	3.680.405	2.392.854	-13.187.091
10	3.682.398	2.282.316	-10.904.775
11	4.205.257	2.484.633	-8.420.142
12	4.205.257	2.368.573	-6.051.570
13	4.205.257	2.257.934	-3.793.636
14	4.205.257	2.152.463	-1.641.172
15	4.205.257	2.051.919	410.747
16	4.205.257	1.956.072	2.366.819
17	4.205.257	1.864.701	4.231.520
18	4.205.257	1.777.599	6.009.119
19	4.205.257	1.694.565	7.703.684
20	4.205.257	1.615.410	9.319.094

6.7.10 Συμπεράσματα για την αξιολόγηση της επένδυσης

Η ΚΠΑ για την κατασκευή αιολικού πάρκου με 10 ανεμογεννήτριες προκύπτει θετική. Άρα η παρούσα αξία των εισροών ταμειακών ροών υπερβαίνει την παρούσα αξία των ταμειακών εκροών και είναι μια κερδοφόρα επένδυση. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε εφαρμόζοντας τη μέθοδο του εσωτερικού βαθμού απόδοσης.

7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ

7.1 Σύγκριση των εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων

Για την κατασκευή αιολικού πάρκου με 10 ανεμογεννήτριες η Καθαρή Παρούσα Αξία για τη Σκύρο είναι 51.425.371 ευρώ, για το Λαύριο είναι 41.497.585 ευρώ και για τα Χανιά είναι 9.319.094 ευρώ. Μεταξύ των τριών εναλλακτικών πιο αποδοτική είναι η επένδυση της Σκύρου που έχει τη μεγαλύτερη Καθαρή Παρούσα Αξία και σημαίνει ότι το κέρδος θα είναι μεγαλύτερο. Επίσης, για τη Σκύρο ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 21 %, για το Λαύριο 15% και για τα Χανιά 7%. Εφαρμόζοντας τη μεθοδολογία του εσωτερικού βαθμού απόδοσης πιο αποδοτική είναι η επένδυση στη Σκύρο καθώς έχει το μεγαλύτερο εσωτερικό βαθμό απόδοσης. Άρα και με τις δυο μεθοδολογίες αξιολόγησης των επενδύσεων καταλήγουμε στο ίδιο συμπέρασμα: ότι η επένδυση στη Σκύρο είναι η πιο αποδοτική.

7.2 Παρουσίαση της πιο αποδοτικής επένδυσης

Στο Πίνακα 7.1 παρουσιάζεται το αρχικό κόστος επένδυσης και η ΚΠΑ για την κατασκευή αιολικού πάρκου που θα έχει από 1 ανεμογεννήτρια έως και 75 ανεμογεννήτριες. Παρατηρούμε ότι η μεταβολή του αρχικού κόστους επένδυσης είναι 5.720.000 ευρώ για κάθε επιπλέον ανεμογεννήτρια. Για τη Σκύρο η ΚΠΑ μεταβάλλεται κατά 7.547.301 ευρώ για κάθε επιπλέον ανεμογεννήτρια, για το Λαύριο η ΚΠΑ μεταβάλλεται κατά 4.302.312 ευρώ για κάθε επιπλέον ανεμογεννήτρια και για τα

Χανιά η ΚΠΑ μεταβάλλεται κατά 1.048.392 ευρώ για κάθε επιπλέον ανεμογεννήτρια. Παρατηρούμε ότι σε κάθε περίπτωση συμφέρει η επένδυση στη Σκύρο που είναι και η περιοχή με το υψηλότερο αιολικό δυναμικό. Άρα τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου.

Στη Σκύρο για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου με 10 ανεμογεννήτριες η ΚΠΑ είναι 74.067.273 ευρώ και αρχικό κόστος επένδυσης 59.150.000 ευρώ. Για το Λαύριο για να έχουμε ΚΠΑ γύρω στα 75.000.000 ευρώ , απαιτείται αρχικό κόστος επένδυσης 104.910.000 ευρώ, που αντιστοιχεί σε αιολικό πάρκο με 18 ανεμογεννήτριες, δηλαδή απαιτείται ένα επιπλέον αρχικό κόστος επένδυσης 31.000.000 ευρώ περίπου. Για τα Χανιά για να έχουμε ΚΠΑ γύρω στα 75.000.000 ευρώ , απαιτείται αρχικό κόστος επένδυσης 430.950.000 ευρώ, που αντιστοιχεί σε αιολικό πάρκο με 75 ανεμογεννήτριες, δηλαδή απαιτείται ένα επιπλέον αρχικό κόστος επένδυσης 350.000.000 ευρώ περίπου. Τέλος, παρατηρούμε ότι για τα Χανιά για την κατασκευή αιολικού πάρκου με μια ανεμογεννήτρια η ΚΠΑ είναι αρνητική που σημαίνει ότι η επένδυση απορρίπτεται καθώς θα υπάρξει ζημία.

Πίνακας 7.1: Το αρχικό κόστος επένδυσης και η ΚΠΑ για την κατασκευή αιολικού πάρκου που θα έχει από 1 ανεμογεννήτρια έως και 75 ανεμογεννήτριες

Αριθμός Α/Γ	Αρχικό κόστος επένδυσης		Σκόρος		Λαύριο		Χανιά		
	Μεταβολή	ΚΠΑ	Μεταβολή	ΚΠΑ	Μεταβολή	ΚΠΑ	Μεταβολή	ΚΠΑ	
1		7.670.000		6.141.568		2.776.780		-116.431	
2		13.390.000	5.720.000	13.688.868	7.547.301	7.079.092	4.302.312	931.961	1.048.392
3		19.110.000	5.720.000	21.236.169	7.547.301	11.381.403	4.302.312	1.980.353	1.048.392
4		24.830.000	5.720.000	28.783.469	7.547.301	15.683.715	4.302.312	3.028.744	1.048.392
5		30.550.000	5.720.000	36.330.770	7.547.301	19.986.026	4.302.312	4.077.136	1.048.392
6		36.270.000	5.720.000	43.878.071	7.547.301	24.288.338	4.302.312	5.125.528	1.048.392
7		41.990.000	5.720.000	51.425.371	7.547.301	28.590.650	4.302.312	6.173.919	1.048.392
8		47.710.000	5.720.000	58.972.672	7.547.301	32.892.961	4.302.312	7.222.311	1.048.392
9		53.430.000	5.720.000	66.519.972	7.547.301	37.195.273	4.302.312	8.270.703	1.048.392
10		59.150.000	5.720.000	74.067.273	7.547.301	41.497.585	4.302.312	9.319.094	1.048.392
11		64.870.000	5.720.000	81.614.573	7.547.301	45.799.896	4.302.312	10.367.486	1.048.392
12		70.590.000	5.720.000	89.161.874	7.547.301	50.102.208	4.302.312	11.415.878	1.048.392
13		76.310.000	5.720.000	96.709.174	7.547.301	54.404.520	4.302.312	12.464.269	1.048.392
14		82.030.000	5.720.000	104.256.475	7.547.301	58.706.831	4.302.312	13.512.661	1.048.392
15		87.750.000	5.720.000	111.803.776	7.547.301	63.009.143	4.302.312	14.561.053	1.048.392
16		93.470.000	5.720.000	119.351.076	7.547.301	67.311.455	4.302.312	15.609.444	1.048.392
17		99.190.000	5.720.000	126.898.377	7.547.301	71.613.766	4.302.312	16.657.836	1.048.392
18		104.910.000	5.720.000	134.445.677	7.547.301	75.916.078	4.302.312	17.706.228	1.048.392
19		110.630.000	5.720.000	141.992.978	7.547.301	80.218.390	4.302.312	18.754.619	1.048.392
20		116.350.000	5.720.000	149.540.278	7.547.301	84.520.701	4.302.312	19.803.011	1.048.392
21		122.070.000	5.720.000	157.087.579	7.547.301	88.823.013	4.302.312	20.851.403	1.048.392
22		127.790.000	5.720.000	164.634.879	7.547.301	93.125.324	4.302.312	21.899.794	1.048.392
23		133.510.000	5.720.000	172.182.180	7.547.301	97.427.636	4.302.312	22.948.186	1.048.392
24		139.230.000	5.720.000	179.729.480	7.547.301	101.729.948	4.302.312	23.996.578	1.048.392
25		144.950.000	5.720.000	187.276.781	7.547.301	106.032.259	4.302.312	25.044.969	1.048.392
26		150.670.000	5.720.000	194.824.082	7.547.301	110.334.571	4.302.312	26.093.361	1.048.392
27		156.390.000	5.720.000	202.371.382	7.547.301	114.636.883	4.302.312	27.141.753	1.048.392
28		162.110.000	5.720.000	209.918.683	7.547.301	118.939.194	4.302.312	28.190.144	1.048.392
29		167.830.000	5.720.000	217.465.983	7.547.301	123.241.506	4.302.312	29.238.536	1.048.392
30		173.550.000	5.720.000	225.013.284	7.547.301	127.543.818	4.302.312	30.286.928	1.048.392
31		179.270.000	5.720.000	232.560.584	7.547.301	131.846.129	4.302.312	31.335.320	1.048.392
32		184.990.000	5.720.000	240.107.885	7.547.301	136.148.441	4.302.312	32.383.711	1.048.392
33		190.710.000	5.720.000	247.655.185	7.547.301	140.450.753	4.302.312	33.432.103	1.048.392
34		196.430.000	5.720.000	255.202.486	7.547.301	144.753.064	4.302.312	34.480.495	1.048.392
35		202.150.000	5.720.000	262.749.787	7.547.301	149.055.376	4.302.312	35.528.886	1.048.392
36		207.870.000	5.720.000	270.297.087	7.547.301	153.357.688	4.302.312	36.577.278	1.048.392
37		213.590.000	5.720.000	277.844.388	7.547.301	157.659.999	4.302.312	37.625.670	1.048.392
38		219.310.000	5.720.000	285.391.688	7.547.301	161.962.311	4.302.312	38.674.061	1.048.392
39		225.030.000	5.720.000	292.938.989	7.547.301	166.264.623	4.302.312	39.722.453	1.048.392
40		230.750.000	5.720.000	300.486.289	7.547.301	170.566.934	4.302.312	40.770.845	1.048.392
41		236.470.000	5.720.000	308.033.590	7.547.301	174.869.246	4.302.312	41.819.236	1.048.392
42		242.190.000	5.720.000	315.580.890	7.547.301	179.171.557	4.302.312	42.867.628	1.048.392
43		247.910.000	5.720.000	323.128.191	7.547.301	183.473.869	4.302.312	43.916.020	1.048.392
44		253.630.000	5.720.000	330.675.492	7.547.301	187.776.181	4.302.312	44.964.411	1.048.392
45		259.350.000	5.720.000	338.222.792	7.547.301	192.078.492	4.302.312	46.012.803	1.048.392
46		265.070.000	5.720.000	345.770.093	7.547.301	196.380.804	4.302.312	47.061.195	1.048.392
47		270.790.000	5.720.000	353.317.393	7.547.301	200.683.116	4.302.312	48.109.586	1.048.392
48		276.510.000	5.720.000	360.864.694	7.547.301	204.985.427	4.302.312	49.157.978	1.048.392

Πίνακας 7.1: Το αρχικό κόστος επένδυσης και η ΚΠΑ για την κατασκευή αιολικού πάρκου που θα έχει από 1 ανεμογεννήτρια έως και 75 ανεμογεννήτριες

Αριθμός Α/Γ	Αρχικό κόστος επένδυσης	Μεταβολή	Σκύρος		Λαύριο		Χανιά	
			ΚΠΑ	Μεταβολή	ΚΠΑ	Μεταβολή	ΚΠΑ	Μεταβολή
49	282.230.000	5.720.000	368.411.994	7.547.301	209.287.739	4.302.312	50.206.370	1.048.392
50	287.950.000	5.720.000	375.959.295	7.547.301	213.590.051	4.302.312	51.254.761	1.048.392
51	293.670.000	5.720.000	383.506.595	7.547.301	217.892.362	4.302.312	52.303.153	1.048.392
52	299.390.000	5.720.000	391.053.896	7.547.301	222.194.674	4.302.312	53.351.545	1.048.392
53	305.110.000	5.720.000	398.601.197	7.547.301	226.496.986	4.302.312	54.399.936	1.048.392
54	310.830.000	5.720.000	406.148.497	7.547.301	230.799.297	4.302.312	55.448.328	1.048.392
55	316.550.000	5.720.000	413.695.798	7.547.301	235.101.609	4.302.312	56.496.720	1.048.392
56	322.270.000	5.720.000	421.243.098	7.547.301	239.403.921	4.302.312	57.545.111	1.048.392
57	327.990.000	5.720.000	428.790.399	7.547.301	243.706.232	4.302.312	58.593.503	1.048.392
58	333.710.000	5.720.000	436.337.699	7.547.301	248.008.544	4.302.312	59.641.895	1.048.392
59	339.430.000	5.720.000	443.885.000	7.547.301	252.310.855	4.302.312	60.690.287	1.048.392
60	345.150.000	5.720.000	451.432.300	7.547.301	256.613.167	4.302.312	61.738.678	1.048.392
61	350.870.000	5.720.000	458.979.601	7.547.301	260.915.479	4.302.312	62.787.070	1.048.392
62	356.590.000	5.720.000	466.526.902	7.547.301	265.217.790	4.302.312	63.835.462	1.048.392
63	362.310.000	5.720.000	474.074.202	7.547.301	269.520.102	4.302.312	64.883.853	1.048.392
64	368.030.000	5.720.000	481.621.503	7.547.301	273.822.414	4.302.312	65.932.245	1.048.392
65	373.750.000	5.720.000	489.168.803	7.547.301	278.124.725	4.302.312	66.980.637	1.048.392
66	379.470.000	5.720.000	496.716.104	7.547.301	282.427.037	4.302.312	68.029.028	1.048.392
67	385.190.000	5.720.000	504.263.404	7.547.301	286.729.349	4.302.312	69.077.420	1.048.392
68	390.910.000	5.720.000	511.810.705	7.547.301	291.031.660	4.302.312	70.125.812	1.048.392
69	396.630.000	5.720.000	519.358.005	7.547.301	295.333.972	4.302.312	71.174.203	1.048.392
70	402.350.000	5.720.000	526.905.306	7.547.301	299.636.284	4.302.312	72.222.595	1.048.392
71	408.070.000	5.720.000	534.452.606	7.547.301	303.938.595	4.302.312	73.270.987	1.048.392
72	413.790.000	5.720.000	541.999.907	7.547.301	308.240.907	4.302.312	74.319.378	1.048.392
73	419.510.000	5.720.000	549.547.208	7.547.301	312.543.219	4.302.312	75.367.770	1.048.392
74	425.230.000	5.720.000	557.094.508	7.547.301	316.845.530	4.302.312	76.416.162	1.048.392
75	430.950.000	5.720.000	564.641.809	7.547.301	321.147.842	4.302.312	77.464.553	1.048.392

8 ΠΕΡΙΛΗΨΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

8.1 Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τη βέλτιστη χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου με βάση τα αποτελέσματα της οικονομοτεχνικής μελέτης. Εφαρμόζονται δυο μέθοδοι αξιολόγησης των επενδύσεων: η Καθαρή Παρούσα Αξία και ο Βαθμός Εσωτερικής Αποδόσεως. Με βάση αυτές τις δυο μεθόδους συμπεραίνουμε πιο επενδυτικό σχέδιο είναι πιο κερδοφόρο και κατά συνέπεια την περιοχή που θα πρέπει να εγκατασταθεί το αιολικό πάρκο.

Στην αρχή έγινε μια εισαγωγή για τις μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κυρίως για την αιολική ενέργεια που είναι το αντικείμενο της μελέτης μας. Στη συνέχεια, έγινε αναφορά για την εξέλιξη των επενδύσεων στην αιολική ενέργεια τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Επίσης, περιγράφεται η εξέλιξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, η διαδικασία αδειοδότησης αιολικών πάρκων και η τιμολόγηση ενέργειας στη Ελλάδα. Σε επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τύποι των ανεμογεννητριών και τα μέρη από τα οποία αποτελείται

μια ανεμογεννήτρια. Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιείται μια ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα GE 3.2-130 της αμερικάνικης εταιρείας General Electric.

Στη συγκεκριμένη μελέτη εξετάζουμε την εγκατάσταση ενός χερσαίου αιολικού πάρκου που αποτελείται από 10 ανεμογεννήτριες, δηλαδή συνολικής ισχύος 32 MW σε τρεις διαφορετικές περιοχές στην Ελλάδα: στη Σκύρο, στο Λαύριο και στα Χανιά, οι οποίες έχουν υψηλό, μεσαίο και χαμηλό αιολικό δυναμικό αντίστοιχα. Αρχικά υπολογίζουμε το αρχικό κόστος επένδυσης, το λειτουργικό κόστος, τα εισοδήματα που προέρχονται από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας και το κόστος απόσβεσης των πάγιων περιουσιακών στοιχείων. Επιπλέον, θεωρούμε ότι η επένδυση μας έχει τρεις βασικές πηγές χρηματοδότησης: τα ίδια κεφάλαια, την επιχορήγηση και το δάνειο. Για τη μελέτη μας θεωρούμε ότι και στις τρεις περιοχές το συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης, το λειτουργικό κόστος και το κόστος απόσβεσης των πάγιων περιουσιακών στοιχείων είναι κοινά. Οι διαφορές έγκειται στο εισόδημα καθώς η παραγωγή ενέργειας δεν είναι ίδια για όλες τις εξεταζόμενες περιοχές λόγω διαφορετικών ανεμολογικών συνθηκών. Επίσης, το χρηματοδοτικό σχήμα διαφέρει, γιατί το ποσοστό επιδότησης δεν είναι ίδιο για τις τρεις περιοχές. Επίσης, για κάθε περιοχή κατασκευάζουμε την συνάρτηση Weibull με βάση τα ανεμολογικά δεδομένα για κάθε περιοχή για τη χρονική περίοδο Ιανουάριο 2010- Δεκέμβριο 2017 και με τη βοήθεια της καμπύλης ισχύος της ανεμογεννήτριας GE 3.2-130 υπολογίζουμε την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε τις δυο μεθόδους αξιολόγησης των επενδύσεων: την Καθαρή Παρούσα Αξία και το Βαθμό Εσωτερικής Αποδόσεως. Και με τις δυο μεθόδους καταλήγουμε στο ίδιο συμπέρασμα: ότι πιο κερδοφόρα είναι η επένδυση στη Σκύρο, που είναι και η περιοχή με το υψηλότερο αιολικό δυναμικό. Επίσης, για να πέτυχουμε την ΚΠΑ της Σκύρου στις δυο άλλες περιοχές το αρχικό κόστος επένδυσης αυξάνει σε σημαντικό βαθμό καθώς και ο αριθμός των ανεμογεννητριών που θα πρέπει να τοποθετηθούν.

8.2 Συμπεράσματα

Ο βασικότερος στόχος μιας επένδυσης είναι η μεγιστοποίηση της απόδοσης. Για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου το αρχικό κόστος κεφαλαίου είναι υψηλό. Οπότε η επιλογή της περιοχής στην οποία θα κατασκευαστεί είναι πολύ σημαντική για

να έχουμε τη μέγιστη απόδοση της επένδυσης. Στη μελέτη μας τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η Σκύρος, που είναι και η περιοχή με την υψηλότερη ταχύτητα ανέμου είναι η περιοχή στην οποία θα πρέπει να γίνει η εγκατάσταση του αιολικού πάρκου. Η Καθαρή Παρούσα Αξία της επένδυσεως στη Σκύρο ήταν υψηλότερη απ' ότι στο Λαύριο και στα Χανιά. Το ίδιο ισχύει και για τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης. Οπότε, το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για την χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου.

8.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής στην οποία γίνεται η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου παίζει σπουδαίο ρόλο στην απόδοση της επένδυσης. Με βάση τον αιολικό χάρτη της Ελλάδας (Εικόνα 4.2) και χρησιμοποιώντας τα ανεμολογικά δεδομένα από τη διαδραστική βάση δεδομένων Meteo μπορεί να γίνει οικονομοτεχνική μελέτη για οποιαδήποτε περιοχή στην Ελλάδα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα είχε να γίνει οικονομοτεχνική μελέτη κυρίως στις περιοχές που παρουσιάζουν υψηλό αιολικό δυναμικό. Επίσης, για τις αυτές τις περιοχές θα μπορούμε να γίνει έρευνα για το πως μεταβάλλεται η απόδοση μιας επένδυσης σε σχέση με την ισχύ μιας ανεμογεννήτριας και το ύψος του πύργου. Επίσης, σημαντικό είναι να μελετηθεί τι είδους ανεμογεννήτριες θα μπορούσαμε να τοποθετήσουμε σε μια περιοχή χαμηλού ή μεσαίου αιολικού δυναμικού ώστε να έχουμε ίδια απόδοση με μια περιοχή υψηλού αιολικού δυναμικού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] http://eco-lab.blogspot.com/2010/09/blog-post_26.html
- [2] <http://www.hellasres.gr/Greek/giati-ape/giati-ape.html>
- [3] <http://laconialive.gr>
- [4] <http://www.ypeka.gr>
- [5] <http://www.eltechanemos.gr/wind-parks-information/>
- [6] Euroobserver, Wind Energy Barometer 2018
- [7] <http://eletaen.gr>
- [8] <http://www.desmie.gr>
- [9] <http://medilab.pme.duth.gr/invonio/turbine-types.html>
- [10] <https://en.wind-turbine-models.com>
- [11] <http://netzeroguide.com/savonius-wind-turbine.html>
- [12] http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm
- [13] <https://el.wikipedia.org/wiki>
- [14] <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis/chapter7.pdf>
- [15] P.A. Costa Rocha, Coelho de Sousa R., Freitas de Andrade C., Viera da Silva M.E., “Comparison of seven numerical methods for determining Weibull

- parameters for wind energy generation in the northeast region of Brazil”, *Applied Energy*, Vol. 89, pp.395–400, 2012.
- [16] A. N Celik, “A statistical analysis of wind power density based on Weibull and Rayleigh models at southern region of Turkey”, *Renewable Energy*, Vol. 29, pp. 593-604, 2003.
- [17] Chang T. P., “Performance comparison of six numerical methods in estimating Weibull parameters for wind energy application”, *Applied Energy*, Vol. 88, pp. 272-282, 2011.
- [18] V. Katinas, Gecevicius G., Marciukaitis M., “An investigation of wind power density distribution at location with low and high wind speeds using statistical model”, *Applied Energy*, Vol. 218, pp. 442–451, 2018.
- [19] <https://eclass.gunet.gr/modules/document/file.php>
- [20] Y. A. Hamouda “Wind energy in Egypt: Economic feasibility for Cairo”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, pp. 3312– 3319, 2012.
- [21] <http://www.profitbooks.net>
- [22] <https://www.taxheaven.gr/laws/circular/view/id/27493>
- [23] <https://www.euretirio.com/kathari-parousa-axia-kpa-npv>
- [24] <https://www.euretirio.com/proexoflitiko-epitokio-discount-rate>
- [25] Welch J.B., Venkateswaran A. “The dual sustainability of wind energy”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, pp. 1121–1126, 2009.
- [26] <https://www.euretirio.com/esoterikos-vathmos-apodosis-irr>
- [27] Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατία, Τεύχος Πρώτο, Αρ. Φύλλου 81, 2011.
- [28] <http://meteosearch.meteo.gr>