



Τ.Ε.Ι. Κρήτης
Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος



Ενεργειακή Απόδοση Αιολικής Εγκατάστασης

ΙΩΑΝΝΑ ΞΥΝΟΥ

Επιβλέπων Καθηγήτης
Εμμανουήλ Καραπιδάκης

Χανιά
Οκτώβριος 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ελλάδα & Αιολική Ενέργεια	3
1.1 Εισαγωγή	3
1.2 Συμβολή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	4
1.3 ΑΠΕ & η Νομοθετικό Πλαίσιο	5
1.4 Ενίσχυση των ΑΠΕ με πόρους των Κοινοτικών Πλαισίων Στήριξης & Εθνικών Πόρων	11
1.5 Δημιουργία Αιολικών Πάρκων στην Ελλάδα Ανάλογα με το Αιολικό Δυναμικό	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ενεργειακή Συμπεριφορά Αιολικών Εγκαταστάσεων	17
2.1 Εισαγωγή	17
2.2 Υπολογισμός της Μέσης Ετησίως Παραγόμενης Ενέργειας	22
2.3 Υπολογισμός του Μέσου Συντελεστή Ισχύος	26
2.4 Επίδραση του Τύπου της Χαρακτηριστικής Λειτουργίας μιας Ανεμογεννήτριας στο Μέσο Συντελεστή Ισχύος	32
2.5 Επίδραση της Μέσης Ταχύτητας του ανέμου στο ω'	34
2.6 Επίδραση της Διασποράς της Ταχύτητας του Ανέμου στο ω'	37
2.7 Αιολικό Δυναμικό & Ενεργειακή Παραγωγή	40

2.8	Επίδραση του Ύψους στην Τιμή του Μέσου Συντελεστή Ισχύος	43
2.9	Διαχρονική Μεταβολή του Μέσου Συντελεστή Ισχύος	45
2.10	Η Αναγκαιότητα Σωστής Αλληλεπίδρασης Διαθέσιμου Αιολικού Δυναμικού- Χαρακτηριστικών Λειτουργίας Ανεμογεννήτριας	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Τεχνική Περιγραφή μιας Αιολικής Εγκατάστασης (Ξηρολίμνης Σητείας Κρήτης) **51**

3.1	Χώρος Εγκατάστασης & Προδιαγραφές	51
3.1.1	Παράμετροι που Επηρεάζουν την Επιλογή Τοποθεσίας Ανεμοκινητήρα	58
3.2	Ανεμογεννήτριες με Ισχύς 2,7MW & Τεχνικά Χαρακτηριστικά	62
3.3	Λοιπά Εγκατάστασης & Κόστος	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Τεχνοοικονομικά Στοιχεία της Εγκατάστασης **66**

4.1	Κόστος Συντήρησης & Λειτουργίας Αιολικής Εγκατάστασης	66
-----	---	----

4.2	Οικόπεδο	67
4.3	Κτηριακές Εγκαταστάσεις	68
4.4	Μηχανήματα	69
4.5	Μεταφορά & Εγκατάσταση Βασικού Εξοπλισμού	70
4.6	Ειδικές Εγκαταστάσεις	71
4.7	Λοιπός Εξοπλισμός	72
4.8	Διαμόρφωση Χώρου - Χωματουργικά	73
4.9	Μεταφορικά Μέσα	74
4.10	Λογισμικό Ελέγχου & Τηλεχειρισμού	74
4.11	Λοιπές Δαπάνες	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ	
	ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	76
5.1	Εισαγωγή	76
5.2	Οικονομική Αξιολόγηση & Δείκτες Επενδύσεως	78
5.2.1	Περίοδος Κατασκευής	78
5.2.2	Περίοδος Λειτουργίας	79
5.3	Γενικά Στοιχεία Επενδύσεως & Παράμετροι Υπολογισμού	80
5.3.1	Παράμετροι - Δεδομένα	80
5.3.2	Στοιχεία Παραγωγής	81
5.4	Αποτελέσματα Εκμεταλλεύσεως	82
5.5	Ετήσια Προβλεπόμενη Ταμειακή Ροή	84
5.5.1	Δείκτες Αξιολογήσεως της Επένδυσης	86
5.5.2	Χρόνος Αποπληρωμής Επενδύσεως	86

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες ολόκληρη η ανθρωπότητα δοκιμάζεται από τις συνέπειες των σαρωτικών αλλαγών που παρατηρούνται στο κλιματολογικό τοπίο του πλανήτη. Ταυτόχρονα, οι κυβερνήσεις του κόσμου εκδηλώνουν όλο και πιο έντονα το ενδιαφέρον τους για τη μείωση της εξάρτησής τους από τις συμβατικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι το πετρέλαιο. Τα γεγονότα αυτά καθιστούν πολύ πιο επιτακτική την εξεύρεση εναλλακτικών πηγών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες θα είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Μία αξιόπιστη απάντηση στην αναζήτηση αυτή φαίνεται να είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες το τελευταίο διάστημα κερδίζουν συνεχώς έδαφος. Σχετικά με τη χρησιμοποίηση των ΑΠΕ ανακύπτει το ερώτημα του πόσο καλά θα μπορέσουν να αντικαταστήσουν τις συμβατικές πηγές ενέργειας, καθώς και του πόσο αποδοτική οικονομικά είναι η χρησιμοποίηση των ΑΠΕ.

Η παρούσα εργασία διαπραγματεύεται τη χρησιμοποίηση μίας μορφής ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα των αιολικών μηχανών. Οι αιολικές μηχανές αξιοποιούν την κινητική ενέργεια του ανέμου, παράγουν ωφέλιμη ισχύ στην έξοδο της μηχανής και διαμέσου κατάλληλων διατάξεων τη μετατρέπουν απευθείας σε ηλεκτρική. Στην εργασία αυτή περιγράφεται η πρόοδος που σημειώθηκε τα τελευταία χρόνια στη χρησιμοποίηση των ανεμογεννητριών, καθώς και το ερευνητικό ενδιαφέρον που υπάρχει σήμερα ως προς την ανάπτυξη και τη δημιουργία περισσότερων αιολικών πάρκων. Ακόμα, στην εργασία γίνεται αναφορά για το νομοθετικό πλαίσιο της αιολικής ενέργειας στο χώρο της Ελλάδας.

Επίσης, στην εργασία περιγράφεται η ενεργειακή απόδοση αιολικών εγκαταστάσεων εισάγοντας την έννοια του μέσου συντελεστή ισχύος και δίνοντας παράλληλα μια ολοκληρωμένη διαδικασία υπολογισμού του. Ακόμα γίνεται η τεχνική περιγραφή μιας αιολικής εγκατάστασης και συγκεκριμένα της Ξηρολίμνης Σητείας Κρήτης. Γίνεται αναφορά για το χώρο εγκατάστασης και προδιαγραφές της αιολικής εγκατάστασης. Επίσης οι παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή τοποθεσίας ανεμογεννητριών, η εγκατάσταση ανεμογεννητριών με ισχύ 2,7 MW και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Τέλος γίνεται αναφορά των τεχνοοικονομικών στοιχείων της εγκατάστασης και η οικονομική ανάλυση σκοπιμότητας της επένδυσης.

ABSTRACT

Over the last three decades all mankind is experiencing the consequences of the sweeping changes noted in the planetary environment. At the same time, governments all over the world show an increasing interest in the decrease of their dependence on the conventional sources of electric power production such as petrol. These facts render much more imperative the need for establishing alternative sources of electric power production, which should be more environmental friendly. A reliable answer to this search seems to be the renewable energy sources (RES), which seem to be gaining ground recently. Regarding the use of RES, the question arises as to what extent they are able to replace the conventional power sources as well as how profitable their use would be.

This thesis deals with the use of a particular form of RES and more concretely the aeolian machines. The aeolian machines turn the kinetic wind energy to advantage, produce beneficial power in the exit of the machine and through suitable regulations they transform it directly to electric (power). This thesis provides a description of the progress noted through the last years in the use of wind generators as well as the searching interest still existent nowadays concerning the development and creation of more aeolian parks. What is more, the legislative margin of the aeolian power in Greece is another topic dealt with in this thesis.

Moreover, the power efficiency of aeolian installations introducing the concept of the average power co-efficient and offering at the same time a complete process of its calculation is described. A technical description of an aeolian installation, specifically that of Xirolimni in Sitia, Crete, takes also place.

The place of installation and the specifications of the aeolian installation are mentioned as well as the parameters influencing the choice of the wind generators place, the installation of wind generators in power of 2,7 MW and their technical characteristics. Finally, the techno-economical elements of this installation together with the economical analysis of the investment expenditure are among the subjects raised.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΛΛΑΔΑ & ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τα τελευταία χρόνια, η ανησυχία σχετικά με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και τις βλαβερές συνέπειες των εκπομπών καυσαερίων, που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την όξινη βροχή κλπ., δημιούργησε την ανάγκη για καθαρούς και ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους, όπως ο άνεμος.

Σήμερα όλοι καταλαβαίνουμε ότι υπάρχει σοβαρή επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τις συμβατικές μορφές παραγωγής ενέργειας. Έχουν προκληθεί ανεπανόρθωτες ζημιές στη φυσική ισορροπία και ο άνεμος, με την κινητήρια δύναμή του, καλείται να μειώσει το ρόλο όλων αυτών των ρυπογόνων πηγών.(άνθρακας, πετρέλαιο, πυρηνική ενέργεια κλπ).

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες ενεργειακές πηγές στον κόσμο, αυξανόμενη με ραγδαίους ρυθμούς τα τελευταία χρόνια. Καθαρή και άφθονη, καθίσταται βέλτιστη επιλογή, όχι μόνο λόγω των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων, αλλά επίσης επειδή γίνεται ολοένα και πιο

ανταγωνιστική οικονομικά στις παγκόσμιες ενεργειακές αγορές, αποτελώντας βασικό στόχο της ενεργειακής πολιτικής των τεχνολογικά αναπτυσσόμενων χωρών.

1.2 ΣΥΜΒΟΛΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στην Ελλάδα οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μπορούν να έχουν σημαντική συμβολή τόσο στην κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης της χώρας όσο και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Από την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας υπάρχουν βάσιμες προσδοκίες για τη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για συνεργασία με άλλες χώρες και προϋποθέσεις για την ανταλλαγή τεχνογνωσίας.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αγκαλιάσει γενικότερα τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) θέτοντας φιλόδοξους εθνικούς ενδεικτικούς στόχους των κρατών μελών, όσον αφορά τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα για την Ελλάδα ο στόχος για το ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ προσεγγίζει το 20,1%, για το έτος 2010 και το 29% για το έτος 2020.

1.3 ΑΠΕ & ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Απαρχή της εισόδου των ΑΠΕ στη χώρα αποτέλεσε ο Ν. 1559/1985 “Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις” στα πλαίσια του οποίου η ΔΕΗ εγκατέστησε 24MW, ενώ οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης περιορίστηκαν στο ελάχιστο επίπεδο των 3 MW μέχρι το 1995, με τον ιδιωτικό τομέα να παραμένει εκτός σκηνής. Για πρώτη φορά δόθηκε η δυνατότητα σε ιδιώτες να παράγουν και να διαθέσουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού με τον νόμο 1559/85, ο οποίος εξέφρασε την πολιτική βούληση της πολιτείας να επιτρέψει σε ιδιώτες την εγκατάσταση ανεμογεννητριών, ισχύος μέχρι τρεις φορές την εγκαταστημένη ισχύ του αυτοπαραγωγού, με στόχο αρχικά την κάλυψη των αναγκών του και επικουρικά την πώληση της ενεργειακής περίσσειας στο τοπικό δίκτυο της ΔΕΗ. Παρόλες τις καλές προθέσεις του νομοθέτη, το προτεινόμενο νομικό πλαίσιο δεν λειτούργησε στο βαθμό που αναμενόταν, για διάφορους λόγους.

Το εκφρασμένο ενδιαφέρον της πολιτικής ηγεσίας συνεχίστηκε σε μια προσπάθεια για την επιτάχυνση ίδρυσης αιολικών σταθμών στη χώρα μας.

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος-Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών

Σύμφωνα δε με τα πλάνα των αρχών της δεκαετίας του '90 αναμένετο η εγκατάσταση 400MW αιολικής ισχύος μέχρι το τέλος του εικοστού αιώνα.

Εξ'αυτών τα 150MW θα εντάσσονται στο αναπτυξιακό πρόγραμμα της ΔΕΗ, ενώ τα υπόλοιπα 250 MW αναμένεται να υλοποιηθούν από ιδιωτικούς και άλλους φορείς!

Εν συνεχή ο νόμος Ν.2244/1994 «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α 168) αποτέλεσε την απαρχή για την ουσιαστική ανάπτυξη των ΑΠΕ. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία η ΔΕΗ είναι υποχρεωμένη να αγοράζει την παραγόμενη ενέργεια από ανεξάρτητο παραγωγό, ενώ η τιμή πώλησης της kWh συνδέεται με τα τιμολόγια των καταναλωτών.

Από τα βασικά σημεία διαφοροποίησης του Ν2244/94 σε σχέση με το Ν1559/85 (για τον τομέα των ΑΠΕ) είναι η δυνατότητα ανεξάρτητης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τρίτους μέχρι την ονομαστική ισχύ των 50MW, με κατ' αρχήν υποχρέωση της ΔΕΗ για αγορά της παραγόμενης από ΑΠΕ ενέργειας. Παράλληλα στην περίπτωση αυτοπαραγωγής επιτρέπεται ο μέχρι και κατά 90% συμψηφισμός της αγοράς- πώλησης ενέργειας από και προς το δίκτυο της ΔΕΗ.

Επιπλέον στο άρθρο 2 του Ν2244/94 προβλέπεται ότι η σύμβαση διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στη ΔΕΗ είναι δεκαετούς διάρκειας με

δυνατότητα ανανέωσής της για άλλα 10 χρόνια. Παράλληλα σε μια προσπάθεια για κατάργηση της γραφειοκρατίας, καταργείται το άρθρο 10 του Ν1559/85 που προέβλεπε την έκδοση άδειας ίδρυσης για τη δημιουργία ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής και έτσι οι απαραίτητες άδειες περιορίζονται σε δύο (άδεια εγκατάστασης, άδεια λειτουργίας). Τέλος με βάση το άρθρο 2 του Ν2244/94 καθορίζονται οι βασικές αρχές οι οποίες και διέπουν την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος, κατά την σύνδεση των ανεξάρτητων ή αυτόνομων παραγωγών με τα δίκτυα της ΔΕΗ.

Επιπλέον, μέσω του τότε αναπτυξιακού νόμου 2601/98 τα Αιολικά Πάρκα χρηματοδοτήθηκαν με ποσοστό της τάξης του 40% που οδηγεί στην πλήρη απόσβεση της επένδυσης από 3-6 χρόνια, ανάλογα με το αιολικό δυναμικό της περιοχής και την ονομαστική ισχύ του σταθμού. Μια εναλλακτική πηγή χρηματοδότησης ήταν τα Κοινοτικά Προγράμματα (Ενεργειακά Επιχειρησιακά Προγράμματα). Ο νόμος καθόρισε για το διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας σταθερές τιμές πώλησης ανανεώσιμης ενέργειας σε επίπεδα ίσο με 90% του γενικού τιμολογίου στη μέση τάση και υποχρέωση της ΔΕΗ για αγορά του.

Το 1991 η ψήφιση του Ν.2773/99 βελτιώνει ακόμη περισσότερο το θεσμικό πλαίσιο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απο της ΑΠΕ.

Όσον αφορά στη λήψη της άδειας παραγωγής, βάσει του νόμου 2773/99, ιδρύθηκε μια ανεξάρτητη αρχή ενέργειας (ΡΑΕ), όπου οι ενδιαφερόμενοι επενδυτές/ εταιρείες/κοινοπραξίες μπορούν να καταθέτουν μια αίτηση και ένα φάκελο μελέτης. Η ΡΑΕ, με την σειρά της, εξετάζει κάθε αίτηση ξεχωριστά και διαμορφώνει μια γνώμη για αυτή.

Αυτή η γνώμη κοινοποιείται στον Υπουργό Ανάπτυξης, ο οποίος λαμβάνει και την τελική απόφαση για την έκδοση άδειας παραγωγής.

Ο Ν.2773/1999 για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας διατήρησε το ευνοϊκό τιμολογιακό καθεστώς των ΑΠΕ δίνοντας έμφαση και στο θέμα της προτεραιότητας πρόσβασης στο δίκτυο. Επίσης επέβαλε τέλος 2% επί των πωλήσεων ανανεώσιμης ενέργειας υπέρ των οικείων οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης.

Το αυξανόμενο επενδυτικό ενδιαφέρον για εγκαταστάσεις ανανεώσιμης ηλεκτροπαραγωγής σε ορισμένες περιοχές της χώρας όπως η Νότια Εύβοια και η Λακωνία που εμφανίζουν ιδιαίτερα ευνοϊκό αιολικό δυναμικό προκάλεσε έντονες αντιδράσεις των τοπικών κοινωνιών.

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος-Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών

Αφετέρου η τότε έλλειψη ρητών νομοθετικών διατάξεων που να προνοούν για την εγκατάσταση ΑΠΕ σε δάση και δασικές εκτάσεις έθεσε σε δοκιμασία το καθεστώς αδειοδότησης σύμφωνα με σχετικές αποφάσεις του Συμβουλίου της Επικρατείας που ουσιαστικά ζήτησε την θέσπιση αυστηρότερων κανόνων για το ζήτημα αυτό.

Ο Ν.2941/2001 «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. 'ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ' και άλλες διατάξεις»(ΦΕΚ Α' 201) αντιμετώπισε αποτελεσματικά το θέμα εγκατάστασης ΑΠΕ σε δάση και δασικές εκτάσεις με διατάξεις που έγιναν αποδεκτές και κρίθηκαν συνταγματικές από το Συμβούλιο Επικρατείας.

Με το Ν.3017/2002 «Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότου στη Σύμβαση -πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος»(ΦΕΚ Α 117) η Ελληνική Βουλή επισημοποίησε τη δέσμευση της χώρας για δράσεις αντιστρατευόμενες την τάση επιδείνωσης του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Η ίδρυση του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) προβλέφθηκε με τις διατάξεις του άρθρου 25 του Ν. 1514/1985 'Ανάπτυξη της επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας' (ΦΕΚ Α' 13) και υλοποιήθηκε με το Π.Δ. 375/1987 'Ίδρυση Νομικού Προσώπου Ιδιωτικού Δικαίου με την επωνυμία Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας' (ΦΕΚ Α' 167). Σκοπός του Κέντρου είναι η προώθηση των ΑΠΕ, της εξοικονόμησης και της ορθολογικής χρήσης της

ενέργειας, καθώς και η κάθε είδους υποστήριξη δραστηριοτήτων στους εν λόγω τομείς. Περαιτέρω με το άρθρο 11 του Ν. 2702/1999 "Διάφορες ρυθμίσεις θεμάτων αρμοδιότητας Υπουργείου Ανάπτυξης και άλλες διατάξεις" (ΦΕΚ Α' 70) το ΚΑΠΕ λειτουργεί ως εθνικό συντονιστικό κέντρο των εν λόγω δραστηριοτήτων.

Το ΚΑΠΕ διαθέτει εργαστήρια πιστοποίησης τεχνολογιών ΑΠΕ, εκπονεί μελέτες προσδιορισμού του φυσικού και οικονομικού δυναμικού των ΑΠΕ και συμμετέχει ενεργά στην αξιολόγηση και παρακολούθηση των επενδύσεων του χώρου περιλαμβανομένου του τομέα εξοικονόμησης ενέργειας.

1.4 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ ΜΕ ΠΟΡΟΥΣ ΤΩΝ ΚΟΙΝΟΤΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Με πόρους του Β' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης που ολοκληρώθηκε στις 31.12.2002 το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας (ΕΠΕ) που διαχειρίστηκε το Υπουργείο Ανάπτυξης χρηματοδότησε έργα συνολικού προϋπολογισμού 1,061 δις Ευρώ. ποσοστό 33,8 % του προϋπολογισμού προέρχονταν από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ), 45,2% από εθνικούς πόρους περιλαμβανομένων πόρων της ΔΕΗ Α.Ε. και η συμμετοχή του ιδιωτικού κεφαλαίου ανήλθε σε 21%. Τμήμα του υπογράμματος 3 αφορούσε στην ανανεώσιμη ηλεκτροπαραγωγή. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά στοιχεία για τα αιολικά πάρκα.

Πίνακας 1. Συνοπτικά στοιχεία κόστους και παραγωγής από εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ και χρηματοδότηση από πόρους του Β' ΚΠΣ

	Αιολικά Πάρκα
Αριθμός επενδύσεων	16
Συνολικός προϋπολογισμός δαπανών	141,6
Συνολική δημόσια δαπάνη σε εκατ. Ευρώ	53,2
Ετήσια παραγωγή ενέργειας σε δις kWh	354,0
Συνολική εγκατεστ. Ηλεκτρική ισχύς σε MW	121,0

Εξάλλου το Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας (σήμερα οικονομίας και οικονομικών) παρέσχε οικονομική υποστήριξη από εθνικούς πόρους στο πλαίσιο του Ν.1892/1990 " Για τον εκσυγχρονισμό και την ανάπτυξη και άλλες διατάξεις" (ΦΕΚ Α' 101) και στη συνέχεια του Ν. 2601/1998 «Ενισχύσεις ιδιωτικών επενδύσεων για την οικονομική και περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 81). Από τα διαθέσιμα στοιχεία εκτιμάται ότι περίπου το ένα τρίτο των εν λειτουργία έργων χρηματοδοτήθηκε από εθνικούς πόρους.

Εν συνεχεία το επιχειρησιακό Πρόγραμμα "Ανταγωνιστικότητα" (ΕΠΑΝ) που αντλεί πόρους από το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης παρέχει δημόσια ενίσχυσης για τις ΑΠΕ και την εξοικονόμηση, υποκατάσταση και άλλες σχετικές με την ενέργεια δράσεις ενέργειας ύψους 1,02 δις Ευρώ.

1.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Υπάρχουν αυτή τη στιγμή (2007) άδειες εγκατάστασης για σταθμούς ΑΠΕ εν των οποίων 505 MW αφορούν αιολικά πάρκα.

Πρόκειται για ώριμα έργα σε όλη την Ελλάδα, χωρίς προβλήματα σύνδεσης με τα δίκτυα και λυμένα τα ζητήματα περιβαλλοντικής αδειοδότησης με συνέπεια να εκτιμάται ότι θα έχουν υλοποιηθεί μέχρι τέλος του 2007. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να υπογραμμισθεί ότι τα έργα αυτά μπορούν να συνδεθούν άμεσα χωρίς να απαιτούνται εκτεταμένα έργα ενίσχυσης του τοπικού δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Αντίθετα σε περιοχές όπως η Νότια Εύβοια, η Νοτιοανατολική Πελοπόννησο και η Ανατολική Μακεδονία - Θράκη τα υπό ανάπτυξη έργα ΑΠΕ πρέπει να αναμείνουν την εγκατάστασή τους την ολοκλήρωση των δρομολογημένων έργων μεταφοράς.

Όσον αφορά την πορεία ανάπτυξης λιγότερο ώριμων έργων ΑΠΕ στην υπόλοιπη Ελλάδα, δηλαδή πλην των περιοχών όπου έχουν δρομολογηθεί εκτεταμένα έργα δικτύων, πρέπει να σημειωθεί ότι ειδικά το αιολικό δυναμικό είναι εντοπισμένο σε περιοχές όπου οι τοπικές συνθήκες επιτάχυνσης της ροής του ανέμου δημιουργούν προϋποθέσεις ενεργειακής αξιοποίησης του. Είναι γεγονός ότι το εν

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος-Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών

λόγω αιολικό δυναμικό των περιοχών αυτών είναι γενικά ανεξερεύνητο, όμως τα τελευταία χρόνια υπήρξε σημαντική και εκτεταμένη έρευνα από ιδιωτικούς φορείς για τον εντοπισμό κατάλληλων θέσεων σε περιοχές όπου δεν υφίστανται προβλήματα επάρκειας δικτύων ή και δεν έχουν ανακύψει προβλήματα τοπικής αποδοχής.

Οι περιοχές υψηλού δυναμικού(Νησιά Αιγαίου, Νότια Εύβοια, Ανατολική Πελοπόννησος, Θράκη) έχουν ήδη προσελκύσει μεγάλο αριθμό επενδυτών. Το κύριο χαρακτηριστικό των ιδιαίτερα ανεμωδών και συνήθως αραιοκατοικημένων περιοχών είναι η ανεπάρκεια της υποδομής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας που κατασκευάστηκε πολύ πριν αναδυθεί η ανανεώσιμη ενέργεια ως βιώσιμη εναλλακτική λύση.

Έτσι στις ηπειρωτικές περιοχές υψηλού δυναμικού, οι δυνατότητες επενδύσεων αιολικής ενέργειας έχουν περιοριστεί από τις δυνατότητες διείσδυσης στο ηλεκτρικό δίκτυο και παρόμοιοι περιορισμοί υφίστανται και στα νησιά εμποδίζοντας περαιτέρω διείσδυση ανανεώσιμης ενέργειας.

Για τη Νότια Εύβοια προβλέπεται η σύνδεση του δικτύου της με τον υποσταθμό Νέας Μάκρης μέσω νέου υποσταθμού στην περιοχή του Πολυποτάμου για την απορρόφηση της αιολικής ενέργειας της ευρύτερης περιοχής. Επίσης μελετάται η ενίσχυση-αναβάθμιση της γραμμής Αλιβέρι-Ψαχνά-Σχηματάρι και η κατασκευή δύο νέων ακτινικών γραμμών από το νέο υποσταθμό στην περιοχή του Πολυποτάμου προς την Νότια Εύβοια με παράλληλη ανάπτυξη συνολικά 9

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος-Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών υποσταθμών 20/150Kv. Μέχρι σήμερα έχουν ολοκληρωθεί οι μελέτεςόδευσης και οι περισσότερες μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το τμήμα των έργων επί της Νότιας Εύβοιας. Το σύνολο των ανωτέρω έργων θα επιτρέψει τη σύνδεση 530MW αιολικών πάρκων που θα εγκατασταθούν στην Εύβοια καθώς και τα νησιά των Κυκλάδων που είναι συνδεδεμένα με το διασυνδεδεμένο Σύστημα της ηπειρωτικής χώρας(Ανδρος-Τήνος). Στο υφιστάμενο δίκτυο λειτουργούν ήδη αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 203MW.

Στην περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης έχουν ήδη συνδεθεί και λειτουργούν αιολικά πάρκα ισχύος 162,5 MW και βρίσκεται σε στάδιο κατασκευής ένα ακόμη ισχύος 34 MW. Η απορρόφηση περαιτέρω ισχύος εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο αύξησης της μεταφορικής ικανότητας του εθνικού συστήματος στην εν λόγω περιοχή.

Στην Κρήτη, Ρόδο, Λέσβο και τα άλλα μη διασυνδεδεμένα νησιά του Αιγαίου, οι περιορισμοί που τίθενται σήμερα από τα τοπικά δίκτυα αντιστοιχούν σε δυνατότητα απορρόφησης αιολικής ενέργειας σε ποσοστό 30% της ζήτησης αιχμής ισχύος, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη δυνατότητες αποθήκευσης μέσω υβριδικών συστημάτων, δηλαδή χονδρικά σε 300 MW. Από αυτά τα 210 MW διαθέτουν ήδη άδεια εγκατάστασης ή άδεια λειτουργίας.

Ειδικότερα στην Κρήτη λειτουργούν ήδη αιολικά πάρκα ισχύος 120 MW ενώ η συνολική δυνατότητα απορρόφησης υπερβαίνει τα 210 MW.

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος-Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών

Με βάση τα παραπάνω, η ισχύς των επί πλέον αιολικών πάρκων που θα μπορεί να εγκατασταθούν στα νησιά ή στις περιοχές όπου έχει δρομολογηθεί η ανάπτυξη των δικτύων, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 2. Η ισχύς των επί πλέον αιολικών πάρκων που θα μπορεί να εγκατασταθούν στα νησιά ή στις περιοχές όπου έχει δρομολογηθεί η ανάπτυξη των δικτύων

Περιοχές δρομολογημένων παρεμβάσεων	Ισχύς(MW)
1. Εύβοια-Άνδρος-Τήνος	530
2. Νοτιοανατολική Πελοπόννησος	280
3. Ανατολική Μακεδονία- Θράκη	350
4. Κρήτη, Ρόδος και άλλα μη διασυνδεδεμένα νησιά	80
Σύνολο	1240

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΑΙΟΛΙΚΩΝ

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υψηλή ενεργειακή απόδοση αποτελεί ίσως το βασικότερο παράγοντα βιωσιμότητας και αποτελεσματικότητας μιας αιολικής εγκατάστασης. Στα πλαίσια αυτά επιχειρήται η προεκτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς μιας τέτοιας εγκατάστασης, εισάγοντας την έννοια του μέσου συντελεστή ισχύος (capacity factor), δίνοντας παράλληλα και μια ολοκληρωμένη διαδικασία υπολογισμού του

Σημαντικό ρόλο επίσης παίζει και η εξετάση της επίδρασης της μορφής ή του τύπου της χαρακτηριστικής λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας στην αριθμητική τιμή του μέσου συντελεστή ισχύος, χρησιμοποιώντας τυπικά στοιχεία αιολικού δυναμικού για τον Ελλαδικό χώρο.

Ακολουθώς μελετάτε η επίδραση της μέσης ταχύτητας και της διασποράς των ταχυτήτων του ανέμου γύρω από τη μέση τιμή τους στην ενεργειακή συμπεριφορά μιας αιολικής εγκατάστασης, γεγονός που αποδεικνύει την καθοριστική επιρροή της μέσης ετήσιας ταχύτητας μιας περιοχής στη βιωσιμότητα και την ελκυστικότητα μιας αντίστοιχης επένδυσης.

Επίσης η επίδραση του μεταβατικού τμήματος λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας στην τιμή του μέσου συντελεστή ισχύος, υποδεικνύεται με τέτοιο τρόπο για τις πρακτικές κατευθύνσεις στις οποίες θα πρέπει να επικεντρωθεί η έρευνα για τη δημιουργία περισσότερο αποδοτικών εγκαταστάσεων.

Στα πλαίσια αυτά καταγράφεται η μεταβολή της ενεργειακής απόδοσης των αιολικών μηχανών με την αύξηση του ύψους τοποθέτησής τους, σε συνάρτηση των χαρακτηριστικών του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος.

Σκοπός των αιολικών μηχανών είναι η αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας του ανέμου και η παραγωγή ωφέλιμης ισχύος στην έξοδο της μηχανής. Για τον υπολογισμό της παραγόμενης ωφέλιμης ενέργειας κάποια χρονική στιγμή "t" είναι απαραίτητη η γνώση της έντασης του ανέμου (ταχύτητα $V(t)$), της διαθεσιμότητας της μηχανής, καθώς και της καμπύλης ισχύος της ανεμογεννήτριας, την οποία εγγυάται ο κατασκευαστής. Συγκεκριμένα ισχύει ότι:

$$N(t) = N [V(t)] * \delta(t) \quad (2.1\alpha)$$

όπου η συνάρτηση διαθεσιμότητας $\delta(t)$ της μηχανής παίρνει την τιμή $\delta(t)=1.0$, όταν η μηχανή βρίσκεται εντός λειτουργίας.

Η παραγόμενη ενέργεια κατά τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας για χρονικό διάστημα "Δt" δίνεται σαν :

$$E=(\Delta t)= \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} N(t) * dt \quad (2.1\beta)$$

όπου για τον υπολογισμό του ολοκληρώματος του Β' μέλους της παραπάνω εξίσωσης χρησιμοποιούνται αριθμητικές μέθοδοι.

Στο παρακάτω σχήμα μας δίνεται γραφικά η στιγμιαία παραγόμενη ισχύς εκ μέρους μιας ανεμογεννήτριας μεγάλης ισχύος (1000Kw) σε χρονικό διάστημα 10min.

Σχήμα. 2.1



Για οικονομικότεχνικούς υπολογισμούς είναι χρήσιμο να αντιστοιχίζεται η υπό μελέτη ανεμογεννήτρια με μια ισοδύναμη μηχανή συνεχούς ισχύος, η οποία παράγει την ίδια ενέργεια με την ανεμογεννήτρια σε χρονικό διάστημα "Δt". Για το σκοπό αυτό ορίζετε ένας καθαρός αριθμός ω αντιπροσωπευτικό της λειτουργίας της εγκατάστασης. Η παράμετρος αυτή ονομάζεται μέσος συντελεστής ισχύος $\omega(\Delta t)$ της εγκατάστασης για το χρονικό διάστημα Δt , και υπολογίζεται βάσει της παρακάτω εξίσωσης:

$$\Omega = \omega \cdot N_0 \quad (2.1\gamma)$$

Με τη χρήση του μέσου συντελεστή ισχύος υποτίθεται ότι μια ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος " N_0 ", συμπεριφέρεται συνολικά για ένα χρονικό διάστημα "Δt" σαν μηχανή συνεχούς ισχύος ίσης με (ω, N_0) . Βέβαια η στιγμιαία παραγωγή ενέργειας της ανεμογεννήτριας είναι συνήθως ισχυρά μεταβαλλόμενη, γεγονός που πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη κατά την αξιολόγηση της ποιότητας της παραγόμενης αιολικής ενέργειας.

2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΩΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η μέση ετησίως παραγόμενη ενέργεια από μια αιολική μηχανή ονομαστικής ισχύος N_o μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω εξίσωση:

$$E = 8760 * \Omega * N_o \quad (2.2\alpha)$$

όπου με Ω συμβολίζουμε **το μέσο ετήσιο συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης**, ο οποίος ορίζεται σαν

$$\Omega = 1/T * \int_{00}^{T8760} \frac{N(V)}{N_o} * \delta(t) * dt \quad (2.2\beta)$$

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος-Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών
ενώ η παράμετρος " T " αναφέρεται στη χρονική περίοδο της έτους, δηλαδή 8760h
ή 31,536,000 sec.

Ο πλέον εύχρηστος τρόπος για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή ισχύος, ιδιαίτερα χρήσιμος για ενεργειακές προβλέψεις και προκαταρκτικούς υπολογισμούς, προκύπτει εάν χρησιμοποιήσουμε τη μέση ετήσια διαθεσιμότητα " Δ " της εγκατάστασης καθώς και τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας εμφάνισης ανέμων, " f(V) ", για μια περιοχή. Με τη χρήση των παραπάνω μεγεθών που αναφέραμε μπορούμε να γράψουμε την εξής εξίσωση:

$$E = 8760 * \Delta * \Omega * N_o \quad (2.2\gamma)$$

όπου:

$$\Omega = \int_0^{\infty} \frac{N(V)}{N_o} * f(V) * dV \quad (2.2\delta)$$

Επειδή η παραγόμενη ενέργεια εκ μέρους της ανεμογεννήτριας είναι μηδενική για ταχύτητες ανέμου μικρότερες της ταχύτητας ενάρξεως λειτουργίας και

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος-Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών
μεγαλύτερες της ταχύτητας διακοπής λειτουργίας, η παραπάνω εξίσωση
γράφεται ως εξής:

$$\Omega = \int_{v_C}^{v_F} \frac{N(V)}{N_0} * f(V) * dV \quad (2.2\epsilon)$$

Τέλος υπενθυμίζουμε ότι:

$$\int_0^{\infty} f(V) * dV = 1.0 \quad (2.2\sigma\tau)$$

Βάσει των εξισώσεων ($E = 8760 * \Delta * \omega * N_0$ & $\omega = \int_{v_C}^{v_F} \frac{N(V)}{N_0} * f(V) * dV$)

η ακριβής τιμή του μέσου συντελεστή ισχύος είναι συνάρτηση αφενός του τοπικού αιολικού δυναμικού μιας περιοχής αφετέρου των λειτουργικών χαρακτηριστικών μιας υπό μελέτη ανεμογεννήτριας.

Επιπλέον, κάνοντας χρήση της εξίσωσης ($\omega = \int_{v_c}^{v_f} \frac{N(V)}{N_0} * f(V) * dV$) είναι δυνατή η

εκτίμηση της συνεισφοράς μέρους του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής, π.χ. για $V \leq V_0$, στη μέση ενεργειακή παραγωγή μιας αιολικής μονάδος. Είναι δηλαδή δυνατόν να γραφεί ότι:

$$\omega(V_0) = \int_{v_c}^{v_0} \frac{N(V)}{N_0} * f(V) * dV \quad (2.2 \eta)$$

2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ

Η ακριβής τιμή του μέσου συντελεστή ισχύος προκύπτει, βάσει και της παρακάτω εξίσωσης

$$\Omega = \int_{V_C}^{V_F} \frac{N(V)}{N_0} * f(V) * dV \quad (2.3a)$$

από την ακριβή γνώση των χαρακτηριστικών του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού μιας περιοχής καθώς και των λειτουργικών χαρακτηριστικών της εξεταζόμενης ανεμογεννήτριας. Εάν μάλιστα θελήσουμε να εκτιμήσουμε την ενεργειακή συνεισφορά " ω_1 " του μεταβατικού σταδίου λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας έχουμε ότι:

$$\omega_1 = \int_{V_c}^{V_R} \frac{N(V)}{N_0} * f(V) * dV \quad (2.3\beta)$$

Αντίστοιχα για την περιοχή ονομαστικής λειτουργίας της ανεμογεννήτριας " ω_2 " έχουμε ότι:

$$\omega_2 = \exp[-(V_R / C)^k] - \exp[-(V_F / C)^k] \quad (2.3\gamma)$$

όπου: $\omega = \omega_1 + \omega_2$

Στην περίπτωση της χαρακτηριστικής λειτουργίας (N- V) της ανεμογεννήτριας θα ακολουθήσουμε την τυπική καμπύλη ισχύος " $N=N(V)$ " μιας ανεμογεννήτριας. Επομένως η παραπάνω εξίσωση μπορεί να απλοποιηθεί με τον εξής τρόπο:

$$\omega_2 = \int_{V_R}^{V_F} f(V) * dV \quad (2.3\delta)$$

Για την ειδική περίπτωση όπου χρησιμοποιείται η διανομή "Weibull" για την περιγραφή του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής, η τελευταία εξίσωση που επισημάνθηκε μας δίνει με τη βοήθεια της συνάρτησης ολικής πιθανότητας ότι:

$$\omega_2 = \exp[-(V_R/C)^k] - \exp[-(V_F/C)^k]$$

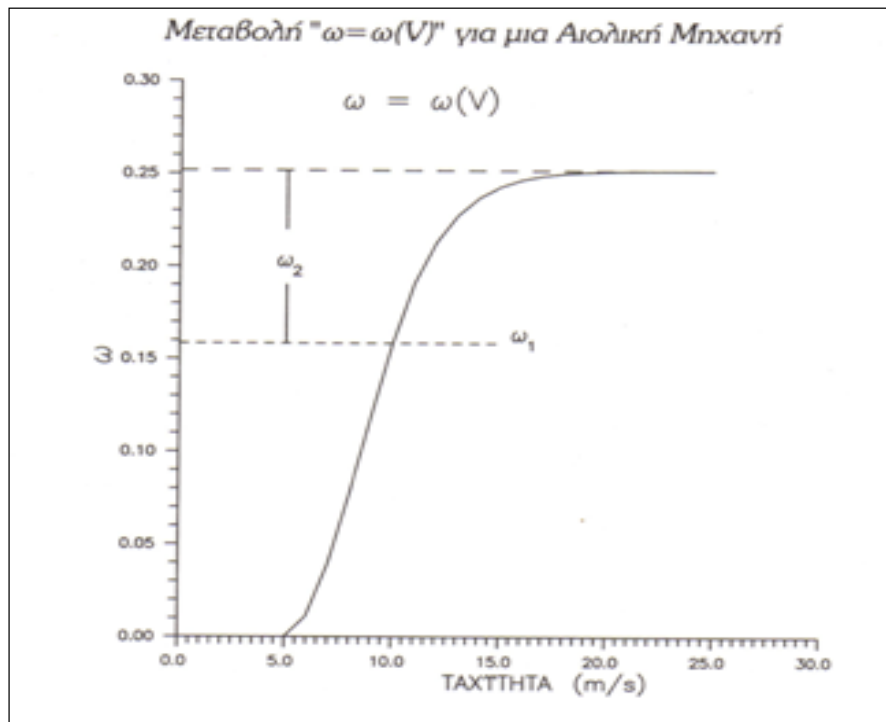
Από την τελευταία εξίσωση είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η αριθμητική τιμή του " ω_2 " βάσει των τιμών V_R , V_F , k και C , γεγονός που αποδεικνύει την εξάρτηση του " ω_2 " από τη σχέση της ονομαστική ταχύτητας της ανεμογεννήτριας και της μέσης ταχύτητας του ανέμου στην υπό μελέτη περιοχή.

Βάσει της εξίσωσης($\omega_2 = \exp[-(V_R/C)^k] - \exp[-(V_F/C)^k$]) σχετικά μικρή έως ελάχιστη είναι η επίδραση της ταχύτητας διακοπής λειτουργίας στη τελική τιμή του " ω_2 ", δεδομένης της πολύς μικρής πιθανότητας εμφάνισης αντίστοιχων τιμών της ταχύτητας του ανέμου.

Ο αξιόπιστος υπολογισμός του μέσου συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης παίζει καθοριστικό ρόλο στην οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης .

Παρόλα αυτά, εμφανίζονται σημαντικές αποκλίσεις στις προτεινόμενες τιμές του μέσου συντελεστή ισχύος, οι οποίες μεταβάλλονται από 0.2 για τους απαισιόδοξους έως 0.6 για τους πλέον αισιόδοξους μελετητές.

Στη συνέχεια αποδεικνύετε ότι η μεγιστοποίηση της τιμής του ω δεν αποτελεί θέμα ψυχολογικής διάθεσης και κοσμοθεωρίας του μελετητή, αλλά καθαρά θέμα προσπάθειας και ικανότητας, δεδομένου ότι μεγάλες τιμές του ω επιτυγχάνονται μετά από τη βέλτιστη συνεργασία μιας επιλεγμένης ανεμογεννήτριας με το αιολικό δυναμικό μιας συγκεκριμένης περιοχής.



Σχήμα 2.3-1

Έτσι η μεταβλητότητα των τιμών του " ω " αποδεικνύει ότι υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες βελτίωσης των τιμών του με τη χρήση της σωστής διαδικασίας αλληλεπίδρασης των χαρακτηριστικών του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής και των λειτουργικών χαρακτηριστικών μιας ανεμογεννήτριας.

Στο παραπάνω σχήμα δίνεται βάσει της εξίσωσης

$$\omega(V_0) = \int_{V_c}^{V_0} \frac{N(V)}{N_0} * f(V) * dV \quad (2.3\delta)$$

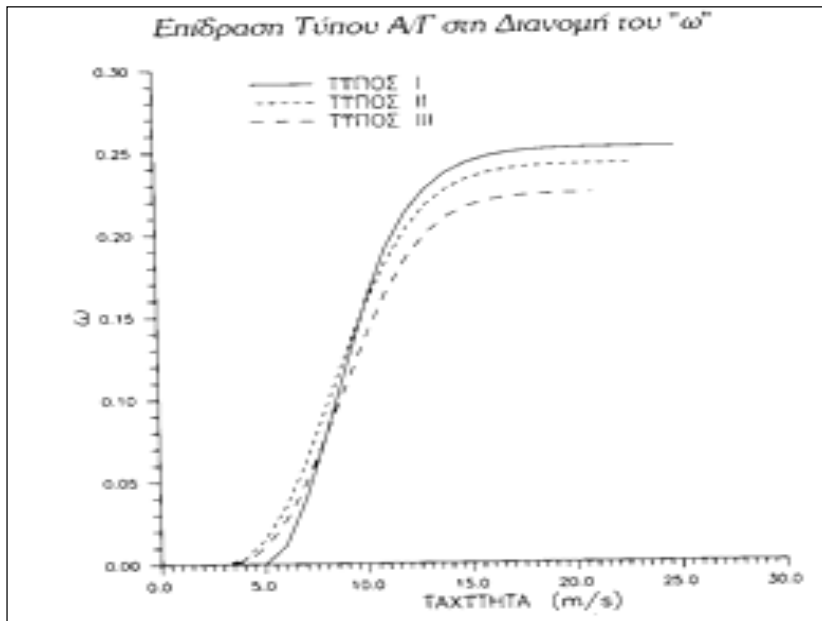
η διανομή του $\omega = \omega(V)$ για μια ανεμογεννήτρια με χαρακτηριστική λειτουργίας της τυπικής καμπύλης ισχύος " $N=N(V)$ " ανεμογεννήτριας, ενώ το χρησιμοποιούμενο αιολικό δυναμικό χαρακτηρίζεται από τις τιμές ($C=6.0$ και $k=1.7$) της διανομής "Weibull". Αξίζει να σημειωθεί ότι για τον υπό διερεύνηση συνδυασμό οι τιμές των " ω_1 " και " ω_2 " είναι μικρές, δηλαδή $\omega_1 = 0.1594$ και $\omega_2 = 0.0922$, ενώ το $\omega = 0.2516$.

2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ

Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο να εξεταστεί η επίδραση του τύπου της χαρακτηριστικής μιας ανεμογεννήτριας στην αξιοποίηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού μιας περιοχής, δηλαδή στη μεγιστοποίηση της τιμής του ω .

Για το λόγο αυτό επιλέγεται αρχικά μια τυπική Αιγαιοπελαγήτικη περιοχή με μέση ταχύτητα ανέμου $V = 5.5\text{m/sec}$ και μεσαία διασπορά ανέμων. Η περιοχή αυτή θεωρείται ότι περιγράφεται ανεμολογικά από μια διανομή "Weibull" με $C=6.0$ και $k=1.7$.

Αντίστοιχα, για χάρη συγκρίσεως χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικές λειτουργίας των παρακάτω σχημάτων (μηχανή "pitch control" και μηχανή "stall control"), οι οποίες αντιπροσωπεύουν δύο ανεμογεννήτριες που κατασκευάζονται από γνωστές δυτικοευρωπαϊκές εταιρείες.



Σχήμα 2.4-1

Για τις εν λόγω ανεμογεννήτριες και για την τυπική καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας, στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται η εξέλιξη του μέσου συντελεστή ισχύος σαν συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, για το εύρος των τιμών της οποίας εξετάζεται η λειτουργία της ανεμογεννήτριας.

Διαπιστώνεται ότι για τις τρεις διαφορετικές μηχανές κυρίαρχος είναι ο όρος ω_1 , γεγονός που επιβεβαιώνει τη σημασία του μεταβατικού τμήματος λειτουργίας της ανεμογεννήτριας. Αντίθετα και για τις τρεις ανεμογεννήτριες σχετικά μικρότερη είναι η συμβολή του όρου ω_2 .

2.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η παράμετρος " C " της εξίσωσης "Weibull" περιγράφει τη μέση ετήσια τιμή της έντασης του ανέμου σε μια περιοχή. Ακριβέστερα μεγάλες τιμές της παραμέτρου " C " χαρακτηρίζουν περιοχές με ανέμους υψηλής έντασης, ενώ μικρότερες τιμές της παραμέτρου " C " αντιπροσωπεύουν περιοχές με σχετικά χαμηλό αιολικό δυναμικό.

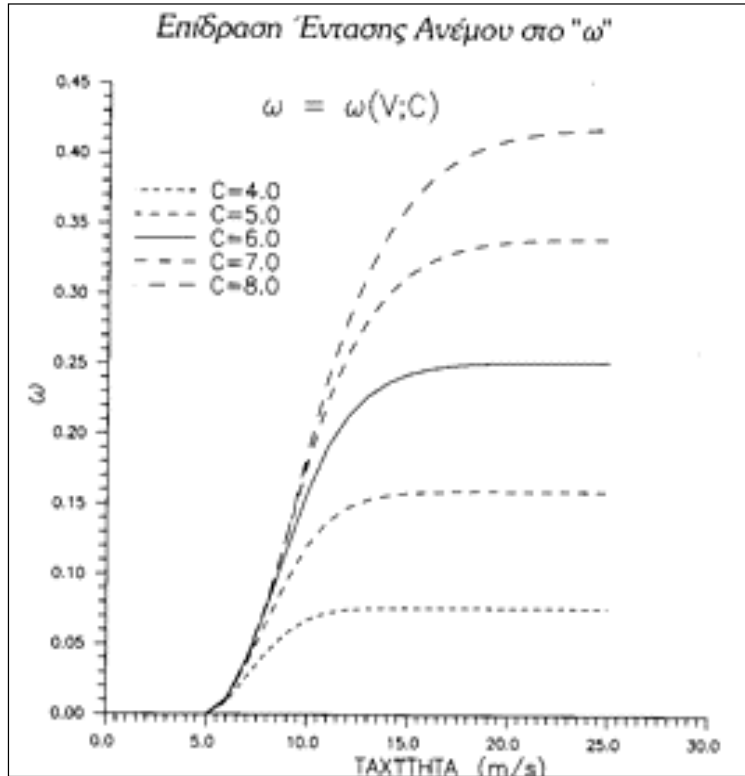
Είναι εν γένει παραδεκτό ότι το Αιγαίο Πέλαγος είναι μια περιοχή με ιδιαίτερα υψηλό αιολικό δυναμικό, ως εκ τούτου τιμές της παραμέτρου " C " μεταξύ των 5.0m/sec και 7.0m/sec θεωρούνται αντιπροσωπευτικές για τη συγκεκριμένη γεωγραφική περιφέρεια.

Επίσης αρκετά νησιά του Αρχιπελάγους, ειδικά στο κεντρικό Αιγαίο, οι τιμές του " C " υπερβαίνουν κατά πολύ τα 8.0m/sec, με μικρή μάλιστα διασπορά.

Χρησιμοποιώντας συνεπώς τρεις τυπικές συντηρητικές τιμές της παραμέτρου " C " (δηλαδή 5.0, 6.0, 7.0), καθώς και δύο ακραίες τιμές της εν λόγω παραμέτρου (δηλαδή $C=4.0$ και $C=8.0$), σε συνδυασμό με την τιμή $k=1.7$ για την παράμετρο διασποράς της διανομής "Weibull", και τη χαρακτηριστική

λειτουργίας της ανεμογεννήτριας διερευνάτε, η διανομή του μέσου συντελεστή ισχύος $\omega = \omega(V; C)$ σαν συνάρτηση της έντασης του ανέμου.

Αρχικά είναι ενδιαφέρον να επισημανθεί ότι, τουλάχιστον για τη συγκεκριμένη μηχανή, οι διαφορές στην υπολογισμένη τιμή του ω είναι αρκετά σημαντικές. Για παράδειγμα ο μέσος συντελεστής ισχύος για $C=7.0$ είναι σχεδόν διπλάσιος ($\omega=0.3398$) της αντίστοιχης τιμής για $C=5.0$ ($\omega=0.1597$). Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια θα παράγει διπλάσια ενέργεια εάν εγκατασταθεί σε μια περιοχή με $C=7.0$ σε σύγκριση με μια περιοχή με $C=5.0$. Στην περίπτωση μάλιστα χρήσης και κάποιων οικονομικών στοιχείων, ο χρόνος απόσβεσης της πρώτης εγκατάστασης είναι μόλις 8,0 έτη, τη στιγμή που η εγκατάσταση με $C=5.0$ δεν είναι βιώσιμη.



Σχήμα 2.5-1

Αντίστοιχα για τις ακραίες περιπτώσεις τιμών της παραμέτρου " C " έχουμε $\omega_{\min}=0.0763$ (για $C=4.0$) και $\omega_{\max}=0.4183$ (για $C=8.0$), δηλαδή μια σχέση ετήσιας παραγόμενης ενέργειας, για την ίδια μηχανή, περίπου 1:6.

Συνοψίζοντας σημαντική είναι η διαφοροποίηση της παραγόμενης ενέργειας με τη μεταβολή της μέσης ταχύτητας του ανέμου, υπογραμμίζει την καθοριστική σημασία της σωστής επιλογής της θέσεως εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας στη βιωσιμότητα των αιολικών μονάδων.

2.6 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΟ ω

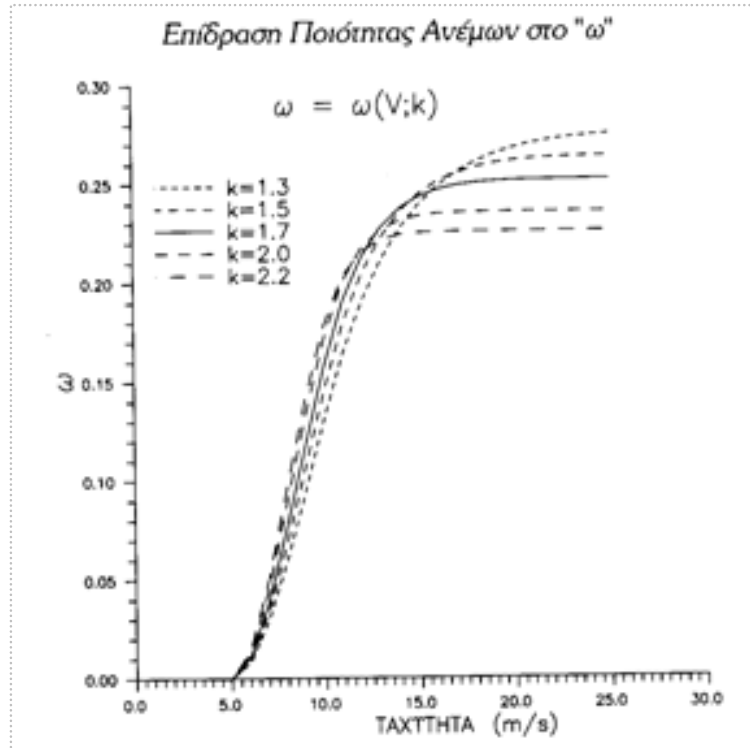
Όπως έχει ήδη αναφερθεί η παράμετρος k της διανομής "Weibull" εξαρτάται άμεσα από τη διασπορά της ταχύτητας του ανέμου γύρω από τη μέση τιμή για την υπό μελέτη περιοχή. Χαμηλές τιμές του k οδηγούν σε πλέον επίπεδες και "διασπαρμένες" διανομές πιθανότητας, ενώ υψηλές τιμές του k

αντιπροσωπεύουν οξείες διανομές εκ των οποίων η διανομή πιθανότητας είναι συγκεντρωμένη γύρω από τη μέση τιμή. Τέλος η τιμή του k επηρεάζει ελαφρά και τη μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου.

Σύμφωνα με τις αναλύσεις των ανεμολογικών δεδομένων για την περιοχή του Αιγαίου, οι τιμές του k κυμαίνονται μεταξύ του 1.3 και του 2.2. Χρησιμοποιώντας στη συνέχεια τρεις τοπικές τιμές της παραμέτρου k για την περιοχή το Αιγαίου (δηλαδή 1.5, 1.7 και 2.0), καθώς και δύο ακραίες τιμές της (δηλαδή $k=1.3$ και $k=2.2$), σε συνδυασμό με την τιμή της παραμέτρου $C=6.0$ και

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος-Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών

τη χαρακτηριστική της ανεμογεννήτριας υπολογίζουμε τη διανομή $\omega = \omega(V;k)$. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών δίνονται στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 2.6-1

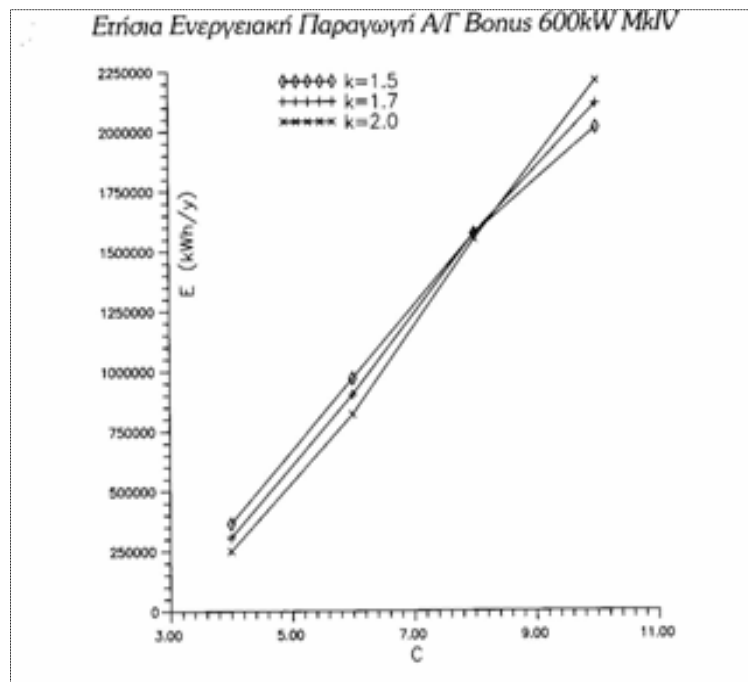
Όπως προκύπτει και από το παραπάνω σχήμα η τιμή του μέσου συντελεστή ισχύος είναι σχετικά ανεξάρτητη των μεταβολών της τιμής του k (δηλαδή 0.2744, 0.2633, 0.2516, 0.2353 και 0.2254 όταν το k παίρνει τιμές 1.3,

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος-Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών

1.5, 1.7, 2.0, και 2.2 αντιστοίχως), τουλάχιστον για τον υπό μελέτη ανεμοκινητήρα και στο εξεταζόμενο εύρος μεταβολής της παραμέτρου διασποράς, ιδιαίτερα εάν γίνονται κατανοητές οι μεταβολές που προκαλεί η μεταβολή της παραμέτρου C'' . Η μέγιστη μεταβολή για το σύνολο του φάσματος της παραμέτρου k'' είναι 19.5%, και αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στην επίδραση της υπό μελέτη παραμέτρου στη μέση ταχύτητα του ανέμου. Επιπλέον παρατηρείται η μείωση της τιμής του ω με την αύξηση της τιμής του k'' , που της πιθανόν να οφείλεται και στη χαρακτηριστική λειτουργίας της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας. Σαν αποτέλεσμα της παρατήρησης της, ο χρόνος απόσβεσης των υπό διερεύνηση εγκαταστάσεων δεν μεταβάλλεται περισσότερο από 20%.

2.7 ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Από τις παραπάνω αναλύσεις προκύπτει ότι σημαντική είναι η επίδραση της παραμέτρου "C" στην τιμή του μέσου συντελεστή ισχύος "ω", ενώ μικρότερη είναι η επίδραση της παραμέτρου "k". Ανάλογη επίδραση προκύπτει και για την ετησίως παραγόμενη ενέργεια "E". Πράγματι υποθέτοντας ετήσια τεχνική διαθεσιμότητα $\Delta=0.95$ που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα η μεταβολή της "E" (σε kWh/year) σαν συνάρτηση της μεταβολής "C" με παράμετρο το "k", δηλαδή έχουμε $E=E(C;k)$ για μια μηχανή (π.χ. Bonus 600Kw, MkIV).



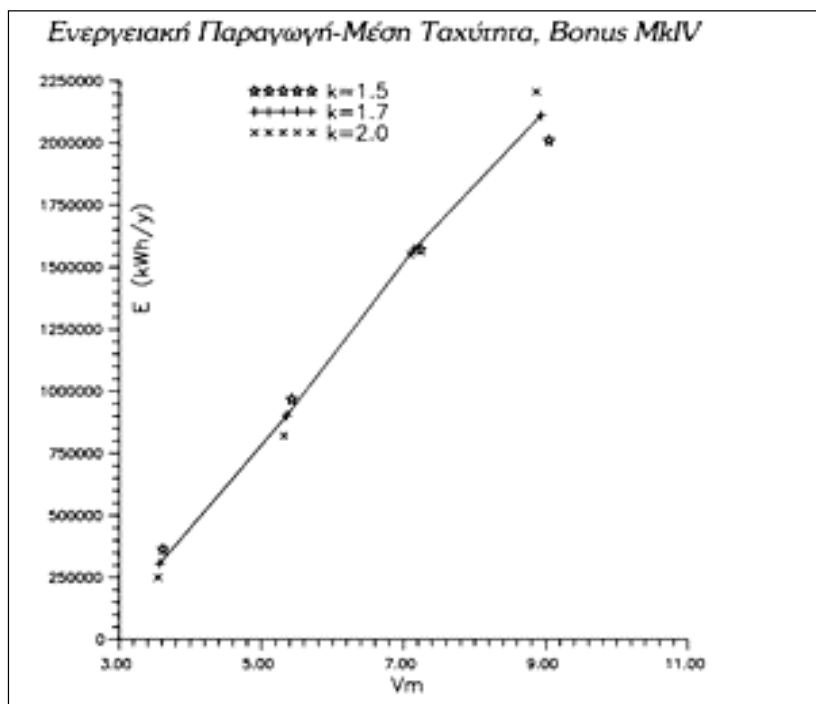
Σχήμα 2.7-1

Από τα αποτελέσματα του σχήματος προκύπτει η σημαντική αύξηση του "E" με το "C", ενώ αξιοσημείωτη είναι η αλλαγή της επίδρασης του "k" για τιμές του "C" για μικρότερες του οκτώ τιμές πλεονεκτούν ενεργειακά μικρότερες τιμές του "k", πράγμα που συμφωνεί και το προηγούμενο σχήμα, αντίθετα για τιμή του "C" μεγαλύτερη του οκτώ πλεονεκτούν μεγαλύτερες τιμές του "k". Η συμπεριφορά αυτή εξηγείται εάν αναλογισθούμε τη σημασία των παραμέτρων "C" και "k" στη μορφή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας "f(V)". Πράγματι για μικρότερες τιμές του "C" χαμηλές τιμές του "k" εξασφαλίζουν μεγαλύτερη διασπορά της ταχύτητας γύρω από τη μέση τιμή, πράγμα που κάνει αρκετά πιθανή και την εμφάνιση μεγαλύτερων (της και μικρότερων) ταχυτήτων από αυτή της μέσης ταχύτητας, άρα και μεγαλύτερη ενεργειακή παραγωγή.

Αντίθετα για μεγαλύτερες τιμές του "C" επιδιώκονται μεγάλες τιμές του "k" ώστε να εξασφαλισθεί η συγκέντρωση της ταχύτητας του ανέμου κοντά στην υψηλή μέση τιμή, οπότε εξασφαλίζεται και η υψηλή ετήσια ενεργειακή παραγωγή της εγκατάστασης.

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται η εξέλιξη του "E" με βάση τη μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου "V". Από τα διαθέσιμα στοιχεία προκύπτει αύξηση της ενεργειακής παραγωγής με την ταυτόχρονη αύξηση της μέσης ταχύτητας.

Ωστόσο αξιόλογη είναι η μεταβολή του "E" για περίπου της της τιμές του "V" αλλά για διαφορετικές τιμές του "k", γεγονός που της επισημαίνει ότι η ετήσια ενεργειακή παραγωγή δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη μέση ταχύτητα του ανέμου, αλλά και από τη διασπορά της ταχύτητας γύρω από τη μέση τιμή, ιδιαίτερα για περιπτώσεις με μικρές ($V \leq 5 \text{m/sec}$) και μεγάλες ταχύτητες ($V \geq 8 \text{m/sec}$).



Σχήμα 2.7-2

2.8 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΨΟΥΣ ΣΤΗΝ ΤΙΜΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ

Στο σημείο αυτό επιχειρείται η μελέτη της επίδραση του ύψους τοποθέτησης μιας ανεμογεννήτριας στην τιμή του μέσου συντελεστή ισχύος μιας αιολικής εγκατάστασης.

Υπάρχουν οι παρακάτω εξισώσεις οι οποίες περιγράφουν την αύξηση της τιμής της ταχύτητας του ανέμου με την αύξηση του ύψους μελέτης, εφόσον αυτό είναι μικρότερο από το πάχος "δ" του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος της περιοχής. Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό εάν αναλογισθούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ανεμοκινητήρων λειτουργεί μέσα στο ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα. Για την ακρίβεια δε η διανομή ταχύτητας με το ύψος "z" σε μια περιοχή δίνεται σαν:

$$V = V(z) \quad z \leq \delta \quad (2.8\alpha)$$

$$V = V(\delta) \quad z \geq \delta \quad (2.8\beta)$$

όπου για το πρώτο σκέλος της εξίσωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παραπάνω εξισώσεις που προαναφέρθηκαν.

Το ακριβές μέγεθος του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος μιας περιοχής εξαρτάται από πλήθος παραμέτρων, ενώ και η αξιοπιστία των αναλυτικών διανομών ελέγχεται συχνά για την επιτυχία της. Ο ακριβής υπολογισμός της διανομής της ταχύτητας του ανέμου σε μια περιοχή μπορεί να εκτιμηθεί είτε με ακριβείς και μακροχρόνιες πειραματικές μετρήσεις, είτε με τη χρήση αριθμητικών μεθόδων, οι οποίες πρέπει να είναι δοκιμασμένες με επιτυχία και να μπορούν να συμπεριλάβουν σαν οριακές συνθήκες τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής.

2.9 ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ

Η εκτίμηση της ετήσιας παραγωγής ενέργειας μιας ανεμογεννήτριας για μια μεγάλη περίοδο λειτουργίας (π.χ. είκοσι έτη) είναι απαραίτητο στοιχείο για τον ακριβή προσδιορισμό του χρόνου απόσβεσης μιας αιολικής εγκατάστασης. Για το λόγο αυτό η διαχρονική μεταβολή του μέσου συντελεστή ισχύος αποτελεί ένα θέμα εξόχως πρακτικό και κάποτε κρίσιμο για την υλοποίηση ή μη μιας επένδυσης.

Ο ακριβής υπολογισμός του "ω" για μια περίοδο λειτουργίας μπορεί να επιτευχθεί με ακρίβεια απολογιστικά βάσει της παρακάτω εξίσωσης μετά την πάροδο του υπό διερεύνηση χρονικού διαστήματος.

$$\Omega = 1/\Gamma * \int_0^T \frac{N(V)}{N_0} * \delta(t) * dt \quad (2.9\alpha)$$

Όμως το γεγονός αυτό δεν είναι αρκετό για τη μελέτη της οικονομικής βιωσιμότητας μελλοντικών αιολικών επενδύσεων. Αξίζει να επισημανθεί στο

σημείο αυτό ότι ελλείπει δεδομένων όλες οι οικονομοτεχνικές αναλύσεις αγνοούν τη διαχρονική μεταβολή της ετήσιας παραγωγής ενέργειας, αποδεχόμενες ότι αυτή είναι μικρή και κάνοντας χρήση μιας τιμής του ω , την οποία θεωρούν αντιπροσωπευτική για ολόκληρη την περίοδο λειτουργίας της μηχανής.

Όμως ο κίνδυνος εσφαλμένης εκτίμησης της ενεργειακής παραγωγής και συνεπώς εξαγωγής λάθος οικονομικών αποτελεσμάτων είναι άμεσος, εάν τα ανεμολογικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι μόνο για ένα ή το πολύ δύο έτη.

Το πρόβλημα γίνεται σημαντικό ιδιαίτερα δε εάν τα έτη που λαμβάνονται υπόψη δεν είναι αντιπροσωπευτικά για την υπό μελέτη περιοχή.

2.10 Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΣΩΣΤΗΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ-ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Από ολόκληρη τη μέχρι τώρα παρουσίαση είναι προφανής η μεγάλη διακύμανση των τιμών του μέσου συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης.

Η ακριβής τιμή του ω εξαρτάται μεταξύ των άλλων από τον τύπο της ανεμογεννήτριας, από τα χαρακτηριστικά του αιολικού δυναμικού της περιοχής, από το ύψος τοποθέτησης της μηχανής, από το έτος ή τη χρονική περίοδο ανάλυσης αλλά και από τον τρόπο εξαγωγής των αποτελεσμάτων.

Η ακριβής τιμή όμως του ω επηρεάζει σε καθοριστικό βαθμό την οικονομική βιωσιμότητα μιας εγκατάστασης, γεγονός που πρέπει να γίνεται με προσοχή για τον υπολογισμό του. Είναι μάλιστα σκόπιμο να γίνεται διάθεση για αρκετό χρόνο ώστε να γίνεται έρευνα για την αγορά, με βάση τα στοιχεία μιας συγκεκριμένης περιοχής, ώστε η επιλογή της πλέον κατάλληλης ανεμογεννήτριας, για τη συγκεκριμένη περιοχή αλλά και για το επιθυμητό ύψος τοποθέτησης.

Είναι δε σημαντικό να αποδοθεί επιτέλους η πραγματική βαρύτητα στη σωστή συνεργασία και αλληλεπίδραση μεταξύ των λειτουργικών χαρακτηριστικών μιας μηχανής και του εγχώριου αιολικού δυναμικού. με τη σωστή αυτή συνεργασία γίνετε η επιτυχής μέχρι και τριπλασιασμό της ενεργειακής παραγωγής μιας εγκατάστασης, μειώνοντας αντίστοιχα και το χρόνο απόσβεσης της αιολικής επένδυσης.

Από σχεδιαστικής δε και κατασκευαστικής σκοπιάς, η συνεχής τεχνολογική πρόοδος στη μελέτη σύγχρονων εργοστροβιλομηχανών παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για το σχεδιασμό και την κατασκευή βελτιωμένων ανεμοκινητήρων, προσαρμοσμένων στις εκάστοτε ανάγκες του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής. Επιπλέον η αξιοποίηση της μεταφοράς τεχνογνωσίας από άλλους τομείς αιχμής (αεροναυπηγική βιομηχανία, κατασκευή ελικών κ.λ.π.) μας δίνει τα απαραίτητα εξελιγμένα σχεδιαστικά εργαλεία για να ικανοποιήσουμε τις σχεδιαστικές κατευθύνσεις, με τελικό στόχο την αύξηση της ανταγωνιστικότητας και της ελκυστικότητας των αιολικών εγκαταστάσεων.

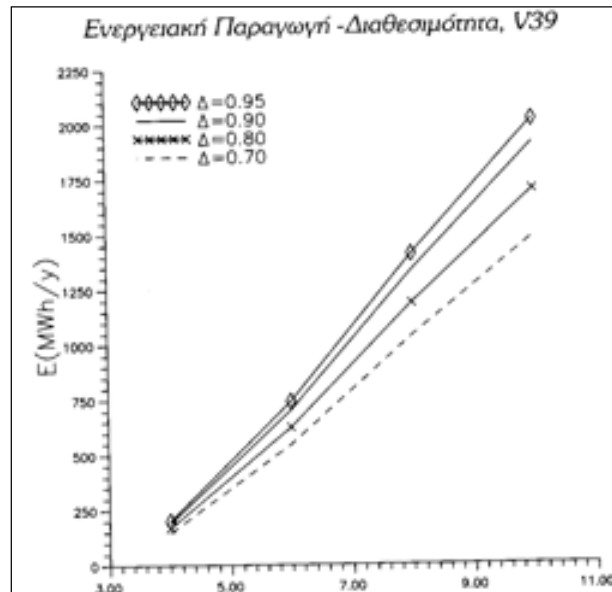
Ένας άλλος καθοριστικός παράγοντας για την αποδοτική συμπεριφορά μιας αιολικής εγκατάστασης είναι η ετήσια τεχνική διαθεσιμότητά της. Η τεχνική

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος-Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών

διαθεσιμότητα μιας εγκατάστασης υπολείπεται του 100% για αρκετούς λόγους, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι:

- i. Προγραμματισμένη επιθεώρηση συντήρησης
- ii. Τυχαίες βλάβες, μη ομαλή λειτουργία
- iii. Λειτουργία μηχανισμών αυτοπροστασίας της μηχανής(ριπές ανέμου, αυτοπεριστροφή καλωδίων, προβλήματα συχνότητας-τάσης, ψευδοσφάλματα κ.λ.π.)
- iv. Αδυναμία του τοπικού ηλεκτρικού δικτύου να απορροφήσει την παρεχόμενη ισχύ, λόγω προβλημάτων συχνότητας, τάσης, χαμηλής ζήτησης κ.λπ.

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις η εγκατάσταση δεν παράγει ενέργεια ανεξάρτητα της έντασης του ανέμου στην περιοχή. Η επίδραση της τεχνικής διαθεσιμότητας στην ετήσια ενεργειακή παραγωγή παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα για μια τυχαία επιλεγμένη περιοχή(π.χ. Vestas V-39).



Σχήμα 2.10-1

Στα τέλη της δεκαετίας του '80 η τεχνική διαθεσιμότητα των αιολικών εγκαταστάσεων πλησίασε το 90%, ενώ σήμερα η γενικά αποδεκτή διαθεσιμότητα των αιολικών πάρκων κυμαίνεται στα επίπεδα του 95% με σαφείς αυξητικές τάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΙΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

(ΞΗΡΟΛΙΜΝΗΣ ΣΗΤΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ)

3.1 ΧΩΡΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ & ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Αναντικατάστατο στοιχείο του προσδιορισμού του αιολικού δυναμικού μιας θέσης είναι η διενέργεια μετρήσεων για διάστημα τουλάχιστον ενός έτους ώστε να καλυφθεί ο πλήρης εποχικός κύκλος της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας-δραστηριότητας που καθορίζει και τα χαρακτηριστικά πνοής του ανέμου.

Η ακριβής γνώση της ποιότητας του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής αποτελεί ιδιαίτερα σοβαρό πρόβλημα, που συχνά σχετίζεται με την επιτυχία ή την αποτυχία μιας αιολικής επένδυσης. Για το σκοπό αυτό γίνονται εκτεταμένες χρονικά μετρήσεις της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου στις υποψήφιες περιοχές.

Το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής μπορεί να μετρηθεί κάνοντας ανεμολογικές μετρήσεις σύστημα που αποτελείται από ένα data logger, έναν ανεμοδείκτη και ένα ως τρία ανεμόμετρα για διαφορετικές καταγραφές ύψους και ταχύτητας (φαίνονται στις παρακάτω εικόνες). Το data logger καταγράφει την πραγματική ταχύτητα του ανέμου και υπολογίζει τις στατιστικές τιμές, όπως είναι η μέση τιμή, η σταθερή απόκλιση, η αναταραχή, κλπ. Η ανάκτηση των δεδομένων μπορεί να γίνει αποθηκεύοντας τα σε μια κάρτα μνήμης ή σε έναν υπολογιστή lap top ή μέσω modem. Τα δεδομένα μπορούν εν συνεχεία να επεξεργαστούν στο πρόγραμμα Excel.

Data logger



Ανεμοδείκτης



Ανεμόμετρο



Παράλληλα χρησιμοποιούνται αναλυτικές εξισώσεις όπου αναφέρθηκαν στο παραπάνω κεφάλαιο(διανομή Weibull & διανομή Rayleigh) , με στόχο την πρόβλεψη του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής με βάση ορισμένα στοιχεία μετρήσεων.

Για τις ανάγκες του υπολογισμού του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού μιας περιοχής δεν επαρκεί η γνώση της μέσης ταχύτητας του ανέμου της περιοχής, αλλά μας χρειάζονται αναλυτικές πληροφορίες και για την κατανομή της πιθανότητας εμφάνισης των διαφόρων τιμών ταχύτητας του ανέμου μέσα στο χρόνο, με εμφάση στην καταγραφή των διαστημάτων νηνεμίας καθώς και των διαστημάτων εμφάνισης πολύ ισχυρών ανέμων.

Για το σκοπό αυτό και πριν γίνει η τελική απόφαση για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας σε μια περιοχή είναι απαραίτητο να συγκεντρωθούν τα διαθέσιμα ανεμολογικά στοιχεία της περιοχής, να επεξεργάζονται στατιστικά και να δημιουργούνται τα αντίστοιχα διαγράμματα πυκνότητας πιθανότητας και διάρκειας των ανέμων (όπως αναφέρθηκε στο παραπάνω κεφάλαιο)

Επιπλέον είναι απαραίτητος ο εντοπισμός των ταχυτήτων και άπνοιας (δηλ. " $V < V_C$ "), οπότε και η ανεμογεννήτρια βρίσκεται εκτός λειτουργίας.

Είναι κατανοητό για να γίνει η κατάληξη σε ασφαλή αποτελέσματα απαιτούνται μακροχρόνιες και αναλυτικές μετρήσεις. Όμως το σημαντικό κόστος μετρήσεων αλλά και η αναπόφευκτη καθυστέρηση σε συνδιασμό με την έλλειψη κατά κανόνα μακροχρόνιων μετρήσεων στις συγκεκριμένες “ ενδιαφέρουσες “ περιοχές, μας υποχρεώνει να καταφύγουμε σε ημιεμπειρικά αναλυτικά μοντέλα, που περιγράφουν το τοπικό αιολικό δυναμικό μιας περιοχής βάσει μικρού αριθμού παραμέτρων. Οι χρησιμοποιούμενες αυτές σχέσεις πέρα από τα προβλήματα ακρίβειας που παρουσιάζουν, εμφανίζουν και επιπλέον προβλήματα αξιοπιστίας σε τοπικό επίπεδο για μια συγκεκριμένη περιοχή.

Τα υπάρχοντα ανεμολογικά στοιχεία, σε συνδυασμό με τις κατά καιρούς μελέτες, καθώς επίσης και τις σχετικές εφαρμογές, υποδεικνύουν την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού σαν μία από τις πιο συμφέρουσες διαδικασίες υποκατάστασης συμβατικών ενεργειακών πηγών. Η δέσμευση της αιολικής ενέργειας επιτυγχάνεται με τη χρήση ανεμογεννητριών, και στη συνέχεια τη μετατροπή της δεσμευόμενης ενέργειας σε άλλη εκμεταλλεύσιμη μορφή .

Ο βαθμός επομένως αξιοποίησης και εκμετάλλευσης της διαθέσιμης ενέργειας του ανέμου εξαρτάται τόσο από τα χαρακτηριστικά της χρησιμοποιούμενης αιολικής μηχανής, όσο και από την επιτυχή εκλογή της θέσης εγκατάστασης της.

Ο δεύτερος παράγοντας από τους δύο , δηλαδή η επιλογή θέσης εγκατάστασης ανεμογεννητριών είναι πιο σημαντικός από τον πρώτο.

Σημαντικό πρόβλημα, που συνδέεται με την αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής και την επιλογή της καταλληλότερης θέσης για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας, είναι το ελάχιστο και το βέλτιστο χρονικό διάστημα κατά το οποίο θα πρέπει να γίνουν λεπτομερείς μετρήσεις των ανεμολογικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής, ώστε να συναχθούν αξιόπιστα συμπεράσματα.

Στην επίλυση του προβλήματος αυτού θα πρέπει να συνεκτιμηθεί το κόστος των εκτεταμένων μετρήσεων καθώς και ο απαραίτητος χρόνος(με συνέπεια αναπόφευκτη καθυστέρηση) που μεσολαβεί για την αξιολόγηση της περιοχής και την υλοποίηση μιας πιθανής αιολικής επένδυσης. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ακόμη, ότι η αναμενόμενη μέση διάρκεια ζωής μιας ανεμογεννήτριας είναι περίπου τριάντα (30) χρόνια, διάστημα μέσα στο οποίο η διαχρονική μεταβλητότητα του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής μπορεί να είναι αξιόλογη, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και το μέσο κόστος της παραγόμενης ενέργειας.

Ο αντικειμενικός σκοπός της διαδικασίας επιλογής της θέσης εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας είναι ο προσδιορισμός σε "λογικό" χρονικό διάστημα των θέσεων, οι οποίες παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη πιθανότητα οικονομοτεχνικής βιωσιμότητας των μελλοντικών αιολικών εγκαταστάσεων με την ταυτόχρονη μεγαλύτερη αποδοχή εκ μέρους του κοινωνικού περιγύρου.

Αν εξαιρεθούν οι απαιτήσεις που συνδέονται με τα ανεμολογικά στοιχεία μιας περιοχής, η διαδικασία εγκατάστασης μιας ή περισσότερων ανεμογεννητριών χαρακτηρίζεται από τα ίδια οικονομοτεχνικά κριτήρια, που δεσμεύουν οποιαδήποτε ενεργειακή επένδυση. Δηλαδή για παράδειγμα η εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας θα πρέπει να βρίσκεται σε περιοχή προσπελάσιμη στα συνηθή μεταφορικά μέσα, να υπάρχει πρόσβαση σε λιμάνια ή συγκοινωνιακούς κόμβους, να είναι κοντά στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. στην περίπτωση σύνδεσής της με το εθνικό δίκτυο κ.α. Παράλληλα απαιτείται και η σύμφωνη γνώμη του κοινωνικού περιγύρου, με τη διαβεβαίωση ότι η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών δεν θα αλλοιώσει το περιβάλλον, καθώς και με την υπενθύμιση ότι η αιολική ενέργεια είναι μια τελείως καθαρή μορφή ενέργειας.

Από την πλευρά της βέλτιστης επιλογής της τοποθεσίας εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας σε σχέση με το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό η τήρηση των βασικών ανεμολογικών κριτηρίων προϋποθέτει την επιλογή τοποθεσιών με:

- Υψηλή μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου
- Αιολικό δυναμικό υψηλής ποιότητας, δηλαδή μεγάλη διάρκεια ισχυρών ανέμων και περιορισμένη ύπαρξη περιόδων νηνεμίας
- Απουσία αποφράξεων του ανέμου καθώς και υψηλών εμποδίων

3.1.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΑ

Το να προσδιορίσουμε μια τοποθεσία στην οποία πνέουν δυνατοί άνεμοι, δεν σημαίνει ότι βρήκαμε και τη βέλτιστη θέση για την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας. Πολλές και σημαντικές είναι οι επιμέρους παράμετροι, που πρέπει να έχει υπόψη του ο μηχανικός, προκειμένου να καταλήξει στην επιλογή της οριστικής θέσης εγκατάστασης. Και η επιλογή αυτή θα είναι βέλτιστη, μόνον εφόσον γίνει σωστή και λεπτομερής αξιολόγηση των παραμέτρων τούτων :

- **ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΑ**

Ο σημαντικότερος στόχος μιας ανεμογεννήτριας είναι να μειώσει το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας γι' αυτό η οικονομική βιωσιμότητα είναι η πρωταρχική ιδιότητα για την αποδοχή ή όχι μιας θέσης. Επειδή η ανεμογεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια μόνο όταν φυσάει άνεμος, χρησιμοποιείται συνήθως σαν εξοικονομητής καυσίμου.

Έτσι, το κόστος της παραγόμενης ενέργειας ποικίλει ανάλογα με την ώρα της ημέρας και την εποχή του έτους. Για να κρίνουμε επομένως την οικονομική

βιωσιμότητα μιας θέσης ανεμογεννήτριας, χρειαζόμαστε πληροφορίες για το μέγεθος και τις διακυμάνσεις του ανέμου μέσα σ' ένα έτος.

- **ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Γενικά, οι επιδράσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον είναι πολύ μικρές. Ωστόσο, σε μεμονωμένες περιπτώσεις μπορεί η ανεμογεννήτρια να έχει αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον. Οι επιδράσεις που ενδιαφέρουν περισσότερο είναι:

- **Οπτικοαισθητική επίδραση**

Η εγκατάσταση μιας τεράστιας ανεμογεννήτριας σε μία όχι και τόσο ανοιχτή περιοχή δημιουργεί άσχημη οπτική εντύπωση. Αντίθετα η εγκατάσταση της ίδιας ανεμογεννήτριας σε μία αχανή έκταση περνάει σχεδόν απαρατήρητη.

Πράγματι η χρησιμοποίηση απλών σωληνωτών πύργων σε χρωματισμό που συμφωνεί με το περιβάλλον φαίνεται να παρουσιάζει καλύτερη οπτική αποδοχή από τη χρησιμοποίηση δικτυωτού πύργου. Παράλληλα η επίτευξη οπτικής ομοιομορφίας έχει αποδειχθεί ότι δεν διαταράσσει ιδιαίτερα την αρμονία της περιοχής. Η οπτική ομοιομορφία περιλαμβάνει ομοιότητα διαστάσεων δρομέα

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος-Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών
και υπερκατασκευής(όχι αναγκαστικά ίδιου τύπου μηχανές), καθώς και ύψους
πύργου στήριξης.

- **Επιδράσεις στα πουλιά**

Καλό είναι να αποφεύγεται η εγκατάσταση ανεμογεννήτριας σε μέρη που είναι
νυκτερικά περάσματα αποδημητικών πουλιών.

- **Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση**

Το φαινόμενο αυτό δημιουργείται λόγω της ανάκλασης των ηλεκτρομαγνητικών
κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια το δρομέα. Σε κάθε όμως
περίπτωση καλό είναι να αποφεύγονται περιοχές με εγκατεστημένες
τηλεπικοινωνιακές κεραιές και αναμεταδότες.

Ειδικότερα στη χώρα μας το θέμα έχει αντιμετωπισθεί και νομοθετικά καθώς για
την έκδοση άδειας εγκατάστασης από το ΥΠ.ΑΝ. απαιτείται είτε βεβαίωση της
αρμόδιας Νομαρχίας ότι η αιολική εγκατάσταση απέχει τουλάχιστον 1km από
αναμεταδότες της τηλεόρασης (ΕΡΤ) και πομπούς της τηλεφωνίας (ΟΤΕ) ή
έγγραφη συνένευση των οργανισμών αυτών για μικρότερες αποστάσεις.

- **Πρόβλημα θορύβου**

Τέλος, το πρόβλημα του θορύβου αποτελεί ίσως τη μόνη πραγματική επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την ύπαρξη αιολικών μονάδων, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πολλών μηχανών μεγάλων διαστάσεων. Βέβαια στο σημείο αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι η εγκατάσταση αιολικών πάρκων γίνεται κυρίως σε απομονωμένες περιοχές, ενώ ο προσεκτικός σχεδιασμός των σύγχρονων μηχανών έχει περιορίσει στο ελάχιστο τόσο τον αεροδυναμικό όσο και κάθε άλλο ηλεκτρομηχανολογικό θόρυβο.

Για όλα τα παραπάνω που προαναφέρθηκαν η δημιουργία αιολικής εγκατάστασης, στην τοποθεσία Ξηρολίμνης Σητείας Κρήτης είναι μία αξιόπιστη ενεργειακή επένδυση. Ο λόγος γιατί είναι μία περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό και οι ανεμογεννήτριες είναι τοποθετημένες σε ανοίγματα βουνού που δημιουργούν φυσικούς επιταχυντές

3.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΙΣΧΥΣ 2,7 MW & ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Στη συγκεκριμένη αιολική εγκατάσταση (Ξηρολίμνης Σητείας Κρήτης) χρησιμοποιήθηκαν δύο τύπων ανεμογεννήτριες. Η μία είναι τύπου μηχανής "pitch control" (E40-500) και η άλλη τύπου μηχανής "stall control" (OA500). Οι ανεμογεννήτριες αυτές κατασκευάζονται από γνωστές δυτικοευρωπαϊκές εταιρείες. Στους παρακάτω πίνακες που ακολουθούν φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών

	E40-500	OA500
ΡΟΤΟΡΑΣ		
ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ	40m	39,83m
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ	1275 m2	1246 m2
ΑΡΙΘΜΟΙ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ	18-35 rpm	29 rpm
ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ	3 m	3
ΥΛΙΚΟ ΠΤΕΡΥΓΙΟΥ	19 m	19 m
ΤΑΧΥΤΗΤΑ		
ΤΥΠΟΣ	38-80m/s	-

Πίνακας 3.2.1

	E40-500	OA500
ΠΥΡΓΟΣ		
ΤΥΠΟΣ		Ατσάλι -Ποιότητα St52- 3N
ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ ΥΨΟΥΣ	44m	38m

Πίνακας 3.2.2

	E40-500	OA500
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ		
ΤΥΠΟΣ	ENERCON	Ασύγχρονος
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΡΙΑ ΜΗΧΑΝΗΣ	500 kW	573 kW
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ	-	690V
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	50Hz	50Hz

Πίνακας 3.2.3

	E40-500	OA500
ΛΕΙΟΥΡΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	500 Kw	500 kW
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	12 m/s	14,5 m/s

Πίνακας 3.2.4

3.3 ΛΟΙΠΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ

Το κόστος του εγκαταστημένου ανεμοκινητήρα επιβαρύνεται με το κόστος μεταφοράς του, συναρμολόγησής του, αγοράς ή ενοικίασης της γης. Της της φορές σημαντικό μέρος του κόστους αποτελεί η δημιουργία της κατάλληλης υποδομής απαραίτητης για τη μεταφορά, εγκατάσταση και λειτουργία του ανεμοκινητήρα, της η διάνοιξη δρόμων ικανών να επιτρέπουν την κίνηση μεγάλων γερανών για τη μεταφορά του πύργου, των πτερυγίων ή του κουβούκλιου του ανεμοκινητήρα. Της έργα πολιτικού μηχανικού απαιτούνται για τη θεμελίωση του ανεμοκινητήρα, τη διαμόρφωση του χώρου για τη θεμελίωσή του καθώς της και για την εγκατάσταση του οικισμού, όπου πρόκειται να τοποθετηθούν για μεγάλες μηχανές, τα όργανα παρακολούθησης του αιολικού σταθμού. Σημαντικό μερίδιο στη διαμόρφωση του τελικού κόστους έχει ο ηλεκτρικός υποσταθμός καθώς και οι γραμμές μεταφοράς. Τέλος, δεν θα πρέπει να διαφεύγει της προσοχής και η συμβολή στο κόστος, της σε ορισμένες θέσεις βέβαια, απαραίτητης αντικεραυνικής προστασίας του ανεμοκινητήρα. Όλα τα παραπάνω επιβαρύνουν το αρχικό κόστος του ανεμοκινητήρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

4.1 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Ο ανεμοκινητήρας έχει πολύ λίγα ετήσια λειτουργικά έξοδα καθώς και έξοδα συντήρησης. Έτσι το κόστος αυτό είναι χαμηλό και μπορεί <<τυπικά να μηδενισθεί >> με την τεχνολογική βελτίωση των μηχανών και την οργάνωση των συνεργείων συντήρησης.

Επίσης, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας της μονάδος οφείλεται κυρίως στην αντικατάσταση βασικών τμημάτων της εγκατάστασης, τα οποία έχουν μικρότερο χρόνο ζωής από τη συνολική εγκατάσταση, όπως για παράδειγμα τα πτερύγια της πτερωτής, το κιβώτιο μετάδοσης και η ηλεκτρική γεννήτρια μιας αιολικής εγκατάστασης.

4.2 ΟΙΚΟΠΕΔΟ (ΜΗ ΕΠΙΛΕΞΙΜΗ ΠΕΡΙΟΧΗ)

	Μονάδα	Ποσότης Μονάδων ανά Τεμάχιο	Τεμάχια Αιολικού Πάρκου	Σύνολο Μονάδων Αιολικού Πάρκου	Συναλλαγματικό Κόστος Μονάδος	Συνολικό Συναλλαγματικό Κόστος
	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	EURO	EURO
<u>2.1 Οικόπεδο</u>						
	τεμ.	1,00	3	3	9,391	28,173
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 2						28,173

4.3 ΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

	Μονάδα	Ποσότης Μονάδων ανά Τεμάχιο	Τεμάχια Αιολικού Πάρκου	Σύνολο Μονάδων Αιολικού Πάρκου	Συναλλαγματικό Κόστος Μονάδος	Συνολικό Συναλλαγματικό Κόστος
	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	EURO	EURO
3. Κτηριακές Εγκαταστάσεις						
3.1 Κεντρικός Χώρος & Χώροι Συντηρήσεως	τεμ.	1	1	1	14,673	14,673
3.2 Διαμόρφωση Χώρου	τεμ.	1	1	1	7,336	7,336
3.4 Βάσεις Υποσταθμών	μ3	6	3	18	0,1760	3,1694
3.5 Θεμέλιο Μετεωρολογικού Σταθμού	μ3	3	1	3	0,1467	0,440
3.6 Κανάλια Διελεύσεως Καλωδίων (κατασκευή)	τ. μ.	180	3	540	0,005	3,169
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 3						28,782

4.4 ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

	Μονάδα	Ποσότης Μονάδων ανά Τεμάχιο	Τεμάχια Αιολικού Πάρκου	Σύνολο Μονάδων Αιολικού Πάρκου	Συναλλαγματικό Κόστος Μονάδος	Συνολικό Συναλλαγματικό Κόστος
	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	EURO	EURO
4. ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ						
4.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ						
α. κυρίως εξοπλισμός (άτρακτος, πτερωτή, ηλ. Εξοπλισμός)	τεμ.	1	3	3	1,382	4,149
β. μεταλλικός πυλώνας & υλικά αγκυρώσεως	τεμ.	1	3	3	0,328	0,988
4.2 ΜΕΤΡΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ & ΛΟΙΠΟΣ ΗΛΕΚΤΡ. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ						
α. διατάξεις προστασίας & μετρήσεων εξόδου Μ.Τ. ΑΠ	τεμ.	1	1	1	13,206	13,206
β. λοιπός ηλεκτρολογικός εξοπλισμός εισόδου & διασύνδεσης ΔΕΗ	σετ	1	1	1	7,336	7,336
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 4						25,679

4.5 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

	Μονάδα	Ποσότης Μονάδων ανά Τεμάχιο	Τεμάχια Αιολικού Πάρκου	Σύνολο Μονάδων Αιολικού Πάρκου	Συναλλαγματικό Κόστος Μονάδος	Συνολικό Συναλλαγματικό Κόστος
	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	EURO	EURO
5 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ						
5.1 ΑΣΦΑΛΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ Α/Γ	τεμ.	1	3	3	0,220	0,660
5.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ/ ΑΝΕΓΕΡΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	τεμ.	1	3	3	16,140	48,422
5.3 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	τεμ.	1	3	3	14,673	4,402
5.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ		1	3	3	1,320	3,961
5.5 ΕΓΚ. ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝ. ΕΞΟΠΛ. & ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	τεμ.	1	1	1	2,934	2,934
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 5						60,379

4.6 ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

	Μονάδα	Ποσότης Μονάδων ανά Τεμάχιο	Τεμάχια Αιολικού Πάρκου	Σύνολο Μονάδων Αιολικού Πάρκου	Συναλλαγματικό Κόστος Μονάδος	Συνολικό Συναλλαγματικό Κόστος
	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	EURO	EURO
<u>6 ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ</u>						
6.1 ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ						
α. καλωδιώσεις μέσης τάσης	τ.μ.	756	3	2.268	0,023	53,247
β. καλωδιώσεις χαμηλής τάσης	τ.μ.	60	3	180	0,044	7,923
6.2 ΑΛΕΞΙΚΕΡΑΥΝΑ	τεμ	1	3	3	0,733	2,201
6.3 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΙΣΤΟΙ						
α. ιστός	τεμ	1	1	1	4.108	4,108
β. μετεωρολογικά όργανα	σετ	1	1	1	0,880	2,999
γ. μονάδες επεξεργασίας στοιχείων(Data Logger)	τεμ	1	1	1	1,467	5,000
6.4 ΠΕΡΙΦΡΑΞΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ						
α. πάσσαλοι περιφράξεως	τεμ	0	0	0	0	0
β. πλέγμα	τ.μ.	0	0	0	0	0
6.6 ΗΛΕΚΤΡΟΝ. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	τεμ	1	1	1	5,869	5,869
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 6						81,347

4.7ΛΟΙΠΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

	Μονάδα	Ποσότης Μονάδων ανά Τεμάχιο	Τεμάχια Αιολικού Πάρκου	Σύνολο Μονάδων Αιολικού Πάρκου	Συναλλαγματικό Κόστος Μονάδος	Συνολικό Συναλλαγματικό Κόστος
	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	EURO	EURO
<u>7 ΛΟΙΠΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ</u>						
7.1 ΕΙΔΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ/ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	σετ	1	1	1	8,804	29,071
7.2 ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	σετ	1	1	1	0,102	34,996
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 7						64,067

4.8 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΧΩΡΟΥ-ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ

	Μονάδα	Ποσότης Μονάδων ανά Τεμάχιο	Τεμάχια Αιολικού Πάρκου	Σύνολο Μονάδων Αιολικού Πάρκου	Συναλλαγματικό Κόστος Μονάδος	Συνολικό Συναλλαγματικό Κόστος
	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	EURO	EURO
8 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΧΩΡΟΥ-ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ						
8.1 ΣΥΝΔΕΣΗ Α/ΓΩΝ ΜΕ ΤΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	τ.μ.	1	450	450	0,029	13,206
8.2 ΔΡΟΜΟΙ ΠΡΟΣ ΤΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ	τ.μ.	189	3	567	0,032	18,303
8.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ Α/ΓΩΝ	μ3	350	3	1.050	0,008	8,936
8.5 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛ. ΙΣΤΩΝ	μ3	8	1	8	0,008	0,205
8.6 ΕΚΣΚΑΦΕΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ						
α. μέσης τάσης	μ	180	3	540	0,008	4,595
β. χαμηλής τάσης	μ	10,0	3	30	0,008	0,255
8.7 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΦΡΑΞΗ	μ3	0,0	3	0	0,0	0,0
8.8 ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΣΕΙΣ	μ3	550	3	1.650	0,002	4,358
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 8						49,858

4.9 ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕΣΑ

	Μονάδα	Ποσότης Μονάδων ανά Τεμάχιο	Τεμάχια Αιολικού Πάρκου	Σύνολο Μονάδων Αιολικού Πάρκου	Συναλλαγματικό Κόστος Μονάδος	Συνολικό Συναλλαγματικό Κόστος
	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	EURO	EURO
9 ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕΣΑ						
ΦΟΡΤΗΓΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ					0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 9	τεμ.	0	0	0		0,00

4.10 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΥ

	Μονάδα	Ποσότης Μονάδων ανά Τεμάχιο	Τεμάχια Αιολικού Πάρκου	Σύνολο Μονάδων Αιολικού Πάρκου	Συναλλαγματικό Κόστος Μονάδος	Συνολικό Συναλλαγματικό Κόστος
	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	EURO	EURO
10 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟΥ & ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΥ					3,228	23,225
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 10						23,225

4.11 ΛΟΙΠΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ

	Μονάδα	Ποσότης Μονάδων ανά Τεμάχιο	Τεμάχια Αιολικού Πάρκου	Σύνολο Μονάδων Αιολικού Πάρκου	Συναλλαγματικό Κόστος Μονάδος	Συνολικό Συναλλαγματικό Κόστος
	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	Τεμ.	EUR Ο	EURO
<u>11 ΛΟΙΠΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ</u>						
11.1 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ/ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝ/ΩΝ	τεμ.	1	1	1	7,336	7,336
11.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	τεμ.	1	1	1	11,738	11,738
11.3 ΚΟΣΤΟΣ ΛΟΙΠΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ	τεμ.	1	1	1	5,869	5,869
11.4 ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΛΥΨΕΙΣ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ	τεμ.	1	1	1	14,086	14,086
11.5 ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΕΡΓΩΝ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ						
α. Έλληνες τεχνικοί (συμπ. Εξόδων ταξιδ. & διαμονής)	ημ.	1	90	90	0,205	18,488
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 11						57,517

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τρόποι εύρεσης των απαραίτητων επενδυτικών κεφαλαίων, περιλαμβάνουν δανειακά κεφάλαια που αξιολογούνται με βάση το κόστος του χρήματος, κρατικές και κοινοτικές επιδοτήσεις (με πρακτικά μηδενικό κόστος) και ίδια κεφάλαια, για τα οποία καθορίζεται και ο ελάχιστος αποδεκτός βαθμός απόδοσής τους.

Τα έξοδα της εγκατάστασης προέρχονται είτε από τη διάθεση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στη ΔΕΗ είτε από την εξοικονόμηση – χρημάτων που στο παρελθόν διατίθεντο για αγορά ή και για αυτόνομη παραγωγή ενέργειας από συμβατικά καύσιμα.

Για τον προσδιορισμό του χρόνου απόσβεσης συγκρίνονται τα έσοδα και τα έξοδα της επένδυσης, έτσι ώστε να βρεθεί το χρονικό σημείο εξίσωσης των ή ισοδύναμα το χρονικό σημείο μηδενισμού των κερδών. Παράλληλα διερευνάται και η οικονομική ελκυστικότητα μιας αιολικής επένδυσης με τον προσδιορισμό του χρόνου διπλασιασμού του αρχικού κεφαλαίου, αλλά και με την εκτίμηση της γενικότερης πορείας του οικονομικού βαθμού απόδοσης. Στα πλαίσια της διαχρονικής διερεύνησης των οικονομικών μεγεθών, χρησιμοποιούνται κατά κανόνα αποπληθωρισμένα μεγέθη(σε σταθερές τιμές).

Για την ολοκληρωμένη οικονομική ανάλυση μιας ενεργειακής επένδυσης εξετάζεται και η πορεία των χρηματοροών κατά τη διάρκεια λειτουργίας ης εγκατάστασης.

Στους παρακάτω πίνακες που ακολουθούν γίνετε μία οικονομική αξιολόγηση για το αιολικό πάρκο της Ξηρολίμνης Σητείας Κρήτης.

5.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ & ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

5.2.1 Περίοδος Κατασκευής

	Περιγραφή		Έτος 2001	Α' Τρίμηνο 2002	Β' Τρίμηνο 2002	Γ' Τρίμηνο 2002	Δ' Τρίμηνο 2002
1	Πληθωρισμός		4,20	3,90	3,90	3,90	3,90
2	Επιτόκια χορηγήσεων		7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
3	Διαμόρφωση Τιμής k Wh(EURO)		74,893	76,771	77,035	77,329	77,329
4	Προϋπολογισμός επενδύσεως	2661,09	86,878	30,209	449,7	159,1	1197,4
5	Επιδότηση σε EURO	729,56	0	0	220,5	38,94	110,25
6	Μακροπρόθεσμος δανεισμός	1082,9	39,424	1,294	116,43	102,94	717,96
7	Κεφάλαια κινήσεως (Καταβολές Φ.Π.Α.)	83,653	8,363	16,730	16,730	16,730	16,730
8	Αναμενόμενες αυξήσεις κόστους κατασκευής	0	0	0	0	0	0
9	Προοδ. Συν. Μακροπ. Δανεισμού	1197,3	47,788	67,486	201,83	325,03	1065,42

5.2.2 ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

	Περιγραφή	1^ο Έτος (2005)	2^ο Έτος (2006)	3^ο Έτος (2005)	4^ο Έτος (2006)	5^ο Έτος (2007)	6^ο Έτος (2008)
1	Πληθωρισμός	3,20%	2,50%	2,00%	2,00%	2,0%	2,00%
2	Επιτόκια χορηγήσεων	6,50%	6,50%	6,20%	6,20%	6,00%	6,00%
4	Διαμόρφωση Τιμής k Wh(EURO)	27,10	27,71	28,21	28,66	29,12	29,59
5	Προϋπολογισμός επενδύσεως	251.33 2					
6	Επιδότηση σε EURO	122.62 0					
8	Μακροπρόθεσμος δανεισμός	35.751					
9	Κεφάλαια κινήσεως (Καταβολές Φ.Π.Α.)	2.850					
10	Προσδ. Συν. Μακροπ. Δανεισμού	407.99 7	336.33 8	260.02 2	178.50 7	91.937	0

	Περιγραφή	7^ο Έτος (2009)	8^ο Έτος (2010)	9^ο Έτος (2011)	10^ο Έτος (2012)	11^ο Έτος (2013)
1	Πληθωρισμός	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
2	Διαμόρφωση Τιμής k Wh(Δρχ)	30,06	30,54	31,03	31,53	32,03

5.3 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΣ & ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

5.3.1 Παράμετροι - Δεδομένα

1	Επιδότηση επένδυσης ΕΠΑΝ (Γ' ΚΠΣ)	30,0%
2	Τραπεζικός δανεισμός (βασικού επιλέξιμου κόστους)	40,0%
3	Διάρκεια Τραπεζικού δανεισμού (έτη)	5%
4	Ετήσια αναπροσαρμογή τιμής k Wh σε % του πληθωρισμού	80%
5	Τιμή αγοράς k Wh (έτους ενάρξεως εργασίας)	25,52%
6	Αυξήσεις κόστους κατασκευαστικής περιόδου (% του πληθωρισμού)	0%

5.3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΕΩΣ

1	Επιλέξιμος Προϋπολογισμός Επενδύσεως	2409,9
2	Τραπεζικός δανεισμός	957,41
3	Σύνολο επιδοτήσεως	729,56
4	Συνολικός Προϋπολογισμός επενδύσεως	4096,87

5.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΣ

	Περιγραφή	1ο Έτος	2ο Έτος	3ο Έτος	4ο Έτος	5ο Έτος	6ο Έτος
1	Κύκλος εργασιών	611,46	625,40	636,66	646,85	657,19	667,71
2	Κόστος Λειτουργίας & Ασφάλισης	(122,13)	(126,04)	(129,19)	(131,78)	(134,41)	(135,52)
3	Έξοδα Διοίκηση/ διάφορα άλλα έξοδα	(17,449)	(18,00)	(18,456)	(18,826)	(19,201)	(19,586)
4	Λειτουργικό αποτέλεσμα	462,09	471,36	478,86	485,94	493,12	500,41
5	Επιδότηση επιτοκίου/ Διάφορα έσοδα	0	0	0	0	0	0
6	Αποτέλεσμα προ αποσβέσεων & φόρων	384,26	407,20	431,55	453,46	476,93	500,4
7	Αποσβέσεις	(187,77)	(187,77)	(187,77)	(187,77)	(187,77)	(187,77)
8	ΚΑΘΑΡΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΧΡΗΣΕΩΣ	127,71	142,63	158,45	172,69	187,95	203,21

	Περιγραφή	7ο Έτος	8ο Έτος	9ο Έτος	10ο Έτος	11ο Έτος
1	Κύκλος εργασιών	648,4	689,25	700,28	711,48	722,87
2	Κόστος Λειτουργίας & Ασφάλισης	(139,84)	(142,64)	(145,49)	(148,4)	(44,422)
3	Έξοδα Διοίκηση/ διάφορα άλλα έξοδα	(19,979)	(20,378)	(20,786)	(21,2)	(21,625)
4	Λειτουργικό αποτέλεσμα	507,8	515,29	522,9	530,6	538,43
5	Επιδότηση επιτοκίου/ Διάφορα έσοδα	0	0	0	0	0
6	Αποτέλεσμα προ αποσβέσεων & φόρων	507,8	515,29	522,9	503,61	538,43
7	Αποσβέσεις	(187,77)	(187,77)	(187,77)	(187,77)	(10,242)
8	ΚΑΘΑΡΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΧΡΗΣΕΩΣ	208,01	212,89	217,83	222,84	343,32

5.5 ΕΤΗΣΙΑ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΡΟΗ

	Περιγραφή	1ο Έτος	2ο Έτος	3ο Έτος	4ο Έτος	5ο Έτος	6ο Έτος
1	Καθαρό αποτέλεσμα χρήσεως	127,71	142,63	158,45	172,69	187,95	203,21
2	Αποσβέσεις	187,77	187,77	187,77	187,77	187,77	187,77
3	Καταβολές μερισμάτων(0%)	0	0	0	0	0	0
4	ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΑ ΣΥΝΟΛΑ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ	140,85	284,06	423,21	529,62	635,55	1026,53

	Περιγραφή	7ο Έτος	8ο Έτος	9ο Έτος	10ο Έτος	11ο Έτος
1	Καθαρό αποτέλεσμα χρήσεως	208,01	212,89	217,83	222,84	343,31
2	Αποσβέσεις	187,77	187,77	187,68	187,77	10,242
3	Καταβολές μερισμάτων(0%)	0	0	0	0	0
4	ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΑ ΣΥΝΟΛΑ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ	1422,3	1822,9	2228,6	2639,2	2992,8

5.5.1 ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

1	Εσωτερικό επιτόκιο αναγωγής (20/10 ετίας)	5,0%	4,0%
2	Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) επένδυσης (20/10ετίας)	919,088	388,563

5.5.2 ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΣ

1	Προοδευτική Κ.Π.Α. εισροών	2003	2004	2005	2006	2007
2	Αποπληρωμή Ιδίων & Επιδότησης	136,48	272,33	402,42	500,21	595,55
1	Προοδευτική Κ.Π.Α. εισροών	2008	2009	2010	2011	2012
2	Αποπληρωμή Ιδίων & Επιδότησης	937,93	1278,27	1616,4	1922,8	2285,7

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Γ.Μπεργέλες, "Ανεμοκινητήρες", Εκδόσεις Συμμεών, Αθήνα 1992.
 [2] Ι.Κ.Καδέλλης, "Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας, Εκδόσεις Αθαν. Σταμούλης, Αθήνα 1999
 [3] <http://www.google.gr> : "Αιολικά πάρκα στον Ελλαδικό χώρο"