



Τ.Ε.Ι. Κρήτης
Τμήμα φυσικών πόρων και περιβάλλοντος



ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΤΗΝ ΜΑΛΑΞΑ ΧΑΝΙΩΝ



ΒΑΣΙΛΑΚΗ ΣΟΦΙΑ

***ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΚΑΤΣΙΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ***

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2012

**ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ**

Όνοματεπώνυμο: Βασιλάκη Σοφία (Α.Μ.: 1181)

Τίτλος: Χωροθέτηση και Οικονομική Αξιολόγηση Αιολικού Πάρκου στη Μαλάξα Χανίων

Title: Optimal Placement and Financial Analysis of a Wind Farm Installation in Malaksa Region, Chania

Εξεταστική επιτροπή:

Κατσιγιαννης Ιωάννης (επιβλέπων)

Καραπιδάκης Εμμανουήλ

Μαραβελάκης Εμμανουήλ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7-8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:	
1.1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)	9
1.2. ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΠΕ	9-10
1.3 ΕΘΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ	10
1.4.ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ	11
1.5. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11-12
1.6. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:	
2.1.ΑΝΕΜΟΣ	13
2.2.ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ	13-14
23.ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ	14
2.3.1. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ (V)	14-15
2.3.2. ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ	15
2.3.3. ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΟΣ ΑΝΕΜΟΥ	16
2.3.4. ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΣΑ ΑΝΑΤΑΡΑΞΗ ΑΝΕΜΟΥ	16
2.3.5.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	16-17
2.3.6. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ	17
2.4.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	18
2.4.2. ΚΟΣΤΟΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	17
2.4.3. Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	18-19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:	
3.1. ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	20-22
3.2.1. ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	22
3.2.2. ΤΙ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	22-23
3.3.1. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	23-24
3.3.2. ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	24

3.3.3. ΜΕΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΓΤΡΙΑΣ P_g	25
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

4.1. ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ	26
4.2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ	26-27
4.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	27
4.4. ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ	27-28
4.4.1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Ρ.Α.Ε.) ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΜΟΔΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΡΧΗ.	28-29
4.4.2. ΚΑΝΟΝΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	29-32
4.4.3. ΠΟΥ ΑΠΟΣΚΟΠΕΙ Ο ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	32
4.4.4. ΕΙΔΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟ ΧΩΡΟ	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:

5.1.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ WASP	34
5.1.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ WASP	34
5.2.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ-ΑΚΟΛΟΥΘΗΣΕ Η ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ WASP	35-39
5.2.2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	40-44
5.2.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΘΕΣΕΩΝ	45
5.2.3.1. ΒΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΤΩΝ 2MW	45-57
5.2.3.2. ΒΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΕΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΤΩΝ 600KW	57-61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:

6.1. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ RETSCREEN	62
6.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ RETSCREEN	62
6.2.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ (2MW)	63-73
6.2.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΔΕΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ (600KW)	74-83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:

7.1. ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ	84-87
---	--------------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	88
---------------------	-----------

Με την εκπόνηση της παρούσας εργασίας ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στο Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Κρήτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή Ιωάννη Κατσιγιαννη για την άμεση και αμέριστη βοήθεια που μου πρόσφερε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής μου εργασίας, καθώς επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους του καθηγητές του Τμήματος τους οποίους γνώρισα και συνεργάστηκα μαζί τους στα πλαίσια των σπουδών μου . Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την ηθική τους υποστήριξη.

Με εκτίμηση
ΣΟΦΙΑ ΒΑΣΙΛΑΚΗ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η οικονομοτεχνική ανάλυση για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου ονομαστικής ισχύος 6MW στην ορεινή περιοχή Μαλάξα του Νομού Χανίων. Για την διεξαγωγή της μελέτης αυτής χρησιμοποιείται καταρχήν το λογισμικό WAsP, το οποίο χρησιμοποιώντας δεδομένα για το αιολικό δυναμικό και τη μορφολογία μιας περιοχής, αποτιμά την καθαρή παραγωγή ενέργειας και τις απώλειες ενός αιολικού πάρκου. Με τη βοήθεια του λογισμικού αυτού, συγκρίνονται δύο εναλλακτικά σενάρια για την κατασκευή του αιολικού πάρκου: 1)χρησιμοποιώντας 3 ανεμογεννήτριες των 2MW, και 2) χρησιμοποιώντας 10 ανεμογεννήτριες των 600kW. Για την οικονομική ανάλυση χρησιμοποιείται το λογισμικό RETScreen, ένα πρόγραμμα που αποτιμά την ενεργειακή παραγωγή και το κόστος κύκλου ζωής συστημάτων που περιλαμβάνουν τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, αποδεικνύεται η ξεκάθαρη υπεροχή του πρώτου σεναρίου (3 ανεμογεννήτριες των 2MW).

ABSTRACT

The main target of this thesis is the techno-economic analysis of a 6MW wind farm that is planned to be installed in the mountainous region of Malaksa, Chania. As a first step for this analysis, WAsP software is used. WAsP uses wind and terrain data for a specific region, and calculates the net annual electricity production and the weak losses of a wind farm. Two alternative scenarios are examined: 1) installing 3 wind turbines of 2MW each, and 2) installing 10 wind turbines of 600kW each. For the economic analysis of the examined scenarios, RETScreen software is used. RETScreen evaluates the energy production and the life-cycle cost of systems that are based on renewable energy technologies. The analysis of the results proves the supremacy of the first scenario (3 wind turbines of 2MW).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

Με την πρόοδο της οικονομίας και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται ολοένα. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο, η βενζίνη και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν.

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες και όπως είναι γνωστό, οι ΑΠΕ είναι πηγές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον και αποτελούν βασική συνιστώσα της βιώσιμης ανάπτυξης.

Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον και είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή χρήση του 1979 και παγιώθηκε την επόμενη δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μία σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η αξιοποίησή τους δεν το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές. Έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων. Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών.

1.2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΠΕ

Οι ΑΠΕ στις μέρες μας πολλές φορές δίνουν λύσεις σε περιβαλλοντικά θέματα καθώς χρησιμοποιούνται ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι. Τα πλεονεκτήματα σίγουρα είναι αξιοσημείωτα όμως υπάρχουν και μειονεκτήματα που για συγκεκριμένες περιπτώσεις είναι πολύ σημαντικά και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Συμβολή στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς, μη ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους.
- Συμβολή στην άμβλυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς συνεισφέρουν στον περιορισμό της εκπομπής των 6 αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) στην ατμόσφαιρα.
- Συνεισφορά στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, εξαιτίας της γεωγραφικής τους διασποράς, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο και τη συνεπακόλουθη ανακούφιση των συστημάτων υποδομής και τον περιορισμό των απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας.
- Δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, με διαφορετικές λύσεις για διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες (για παράδειγμα χρήση ηλιακής ενέργειας για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, χρήση αιολικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή κ.ά.).
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Συνεισφορά στην αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών με τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την προσέλκυση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Εύρεση κατάλληλων τοποθεσιών για τις ΑΠΕ (π.χ. περιοχές με αρκετή ηλιοφάνεια-περιοχές με υψηλό ποσό μέσης ταχύτητας).
- Δέσμευση καλλιεργήσιμης γης.
- Οπτική ρύπανση.
- Ηχορύπανση και θάνατος πουλιών (από ανεμογεννήτριες).

1.3. ΕΘΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ

Για την Ελλάδα, οι εθνικοί στόχοι είναι το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας να ανέλθει σε 29% μέχρι το 2020. Επιπροσθέτως, στο πλαίσιο της ενιαίας πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Κιότο που έχει κυρωθεί στη χώρα μας και σύμφωνα και με το Δεύτερο Εθνικό Πρόγραμμα Μείωσης των Εκπομπών, η Ελλάδα έχει αναλάβει για την περίοδο 2008-2012 την υποχρέωση συγκράτησης της αύξησης των εκπομπών της στο +25% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 για ορισμένα αέρια και του 1995 για ορισμένα άλλα, προωθώντας, μεταξύ άλλων, για το σκοπό αυτό και τη χρήση ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

1.4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ

Ο χωροταξικός σχεδιασμός των αιολικών εγκαταστάσεων αποσκοπεί στον εντοπισμό, με βάση τα διαθέσιμα σε εθνικό επίπεδο στοιχεία αιολικού δυναμικού, κατάλληλων περιοχών που θα επιτρέπουν ανάλογα με τις χωροταξικές και περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητές τους, αφενός τη μεγαλύτερη δυνατή χωρική συγκέντρωση των αιολικών εγκαταστάσεων και αφετέρου την επίτευξη οικονομιών κλίμακας στα απαιτούμενα δίκτυα. Επίσης αποσκοπεί στην καθιέρωση κανόνων κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν αφενός τη δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον και τέλος στη δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης της δραστηριότητας.

Σκοπός της Χωροταξικής συνιστώσας για τις ΑΠΕ είναι:

- Η διαμόρφωση πολιτικών χωροθέτησης έργων ΑΠΕ, ανά κατηγορία δραστηριότητας και κατηγορία χώρου.
- Η καθιέρωση κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν αφενός τη δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων ΑΠΕ και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.
- Η δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης των εγκαταστάσεων ΑΠΕ, ώστε να επιτευχθεί ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και κοινοτικών πολιτικών για την ενέργεια και το περιβάλλον.

Με το χωροταξικό σχεδιασμό για τις ΑΠΕ:

- Προσδιορίζονται ο σκοπός και η έκταση εφαρμογής.
- Καθορίζονται οι κατευθύνσεις και τα κριτήρια για τη χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων, των Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (Μ.ΥΗ.Ε.) και των λοιπών κατηγοριών έργων ΑΠΕ (εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας, ενέργειας από βιομάζα ή βιοαέριο και γεωθερμικής ενέργειας).
- Καθορίζονται οι βασικές απαιτήσεις για την εναρμόνιση των υποκειμένων χωροταξικών και πολεοδομικών σχεδίων (Περιφερειακά Πλαίσια, Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια (Γ.Π.Σ.), Σχέδιο Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτής Πόλης (Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π.), κλπ) στις κατευθύνσεις του Πλαισίου. Περαιτέρω, εντοπίζονται συγκεκριμένες ζώνες εγκατάστασης αιολικών έργων σε ορισμένα νησιά, που προσφέρονται για τη χωροθέτηση έργων ΑΠΕ, η υλοποίηση των οποίων σκοντάφτει στο θεσμοθετημένο σχεδιασμό σε τοπικό επίπεδο (Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου (Ζ.Ο.Ε.) κλπ.).

1.5. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της εργασίας είναι η σύγκριση δύο αιολικών εγκαταστάσεων στη κορυφογραμμή Μαλάζα που βρίσκεται στο Νομό Χανίων Κρήτης. Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής έγινε λόγω ότι οι κορυφογραμμές παρουσιάζουν υψηλό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό. Οι ανεμογεννήτριες που επιλέγηκαν για την πρώτη αιολική εγκατάσταση της παρούσα μελέτης είναι τρεις ανεμογεννήτριες Vestas V80 με ισχύ 2MW η κάθε μία και για

την δεύτερη αιολική εγκατάσταση είναι δέκα ανεμογεννήτριες Vestas V42 με ισχύ 600KW η κάθε μία. Η συνολική ισχύ και για τις δύο εγκαταστάσεις είναι 6MW.

Με τη βοήθεια του προγράμματος WAsP 9, μπορεί να υπολογιστεί η ενεργειακή παραγωγή της κάθε ανεμογεννήτριας, να βρεθούν οι κατάλληλες θέσεις των ανεμογεννητριών ώστε να υπάρξει η καλύτερη απόδοση στις δύο αιολικές εγκαταστάσεις, και στη συνέχεια να γίνει σύγκριση ανάμεσα στις αιολικές εγκαταστάσεις αξιολογώντας την ενεργειακή παραγωγή και τις απώλειες της κάθε ανεμογεννήτριας.

Στο τελικό στάδιο της εργασίας γίνεται η οικονομική αξιολόγηση των δύο αιολικών εγκαταστάσεων με την βοήθεια του προγράμματος RETScreen, ώστε να συγκριθούν και με οικονομικά κριτήρια.

1.6. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναλυτική περιγραφή του ανέμου και της αιολικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι παράμετροι του ανέμου, το κόστος της αιολικής ενέργειας καθώς και οι συνθήκες που υπάρχουν στη χώρα μας όσον αφορά την αιολική ενέργεια.

Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναλυτική περιγραφή των ανεμογεννητριών (Α/Γ), αναφέρονται οι κατηγορίες τα είδη και τα μέρη των Α/Γ, καθώς οι κατάλληλες περιοχές για εγκατάσταση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται γενική περιγραφή των Αιολικών Πάρκων, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτών, καθώς και ποιοι είναι οι κανόνες χωροθέτησης ενός μικρού ή μεγάλου Αιολικού Πάρκου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται περιγραφή του λογισμικού WAsP και αναλυτική μελέτη των δύο προτεινόμενων Αιολικών Πάρκων της εργασίας με τη βοήθεια του προγράμματος.

Στο έκτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναλυτική περιγραφή του λογισμικού RETScreen και αναλυτική μελέτη των δύο προτεινόμενων Αιολικών Πάρκων της εργασίας με τη βοήθεια του προγράμματος.

Στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας αναφέρονται τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

2.1. ΑΝΕΜΟΣ

Η όποια αισθητή «οριζόντια κίνηση» του αέρα ονομάζεται **άνεμος**. Οι μετακινήσεις του αέρα, ο άνεμος, προέρχονται από τις μεταβολές και τις διαφορετικές, από τόπο σε τόπο, τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Οι διαφορετικές αυτές τιμές της πίεσης οφείλονται στη διαφορετική θέρμανση (απορρόφηση ενέργειας) της ατμόσφαιρας κάθε τόπου από τον Ήλιο.

Η περιστροφή της γης, γύρω από τον άξονά της, η ανομοιογένεια του γήινου ανάγλυφου και η ηλιακή ενέργεια που προσλαμβάνει τόσο η ατμόσφαιρα όσο και η επιφάνεια της γης, είναι οι βασικοί παράγοντες που συμβάλουν έτσι ώστε ο ατμοσφαιρικός αέρας που περιβάλλει την γη να βρίσκεται διαρκώς σε κίνηση. Οι σπουδαιότερες όμως δυνάμεις που δημιουργούν και διαμορφώνουν τους ανέμους είναι η δύναμη βαροβαθμίδας η οποία οφείλεται στη διαφορά πιέσεων μεταξύ δυο περιοχών, η οριζόντια εκτρεπτική δύναμη (Coriolis) η οποία οφείλεται στην περιστροφή της γης, η κυκλοστροφική δύναμη (φυγόκεντρος) η οποία εμφανίζεται όταν ο άνεμος στρέφεται γύρω από ένα κέντρο και η δύναμη της τριβής, η οποία παρατηρείται εντός του οριακού στρώματος και οφείλεται στην ανομοιογένεια του γήινου ανάγλυφου και στην τριβή των κινούμενων μορίων του αέρα με την επιφάνεια.

2.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Ο άνεμος χαρακτηρίζεται από δυο στοιχεία, τη διεύθυνση και την ένταση του. Διεύθυνση του ανέμου είναι η διεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος. Η διεύθυνση του ανέμου «ταλαντώνεται» συνεχώς γύρω από μία μέση θέση εμφανίζοντας όμως μικρότερες διακυμάνσεις από την ταχύτητα του ανέμου. Η διεύθυνση του ανέμου εξαρτάται από τους προσανατολισμούς των τοποθεσιών, από την βλάστηση και από τα χαρακτηριστικά του εδάφους (λόφοι, βουνά, κοιλάδες, κτίρια). Η τεχνική προσδιορισμού του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής εξαρτάται από την ένταση και την διεύθυνση του ανέμου.

Η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής, έχει σαν στόχο τον προσδιορισμό της δυνατότητας και γενικά της ποιότητας του ανέμου προκειμένου η ενέργεια του να είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμη. Το φυσικά διαθέσιμο αιολικό δυναμικό μιας τοποθεσίας χαρακτηρίζεται συνήθως από την μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου (σε m/sec). Αυτό όμως μπορεί να διαφέρει μέχρι και 20% από χρόνο σε χρόνο και για τον λόγο αυτό μια πλήρης εικόνα του ανέμου απαιτεί μετρήσεις τουλάχιστον τριών ετών. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις χρησιμοποιούνται δεδομένα ενός χρόνου για μια πρώτη εκτίμηση του αιολικού δυναμικού.

Για την μέτρηση του ανέμου και την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές (ανεμογράφοι), που μετρούν την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου. Οι μετρήσεις γίνονται ανά ένα sec και ολοκληρώνονται ανά δέκα λεπτά ή και μια ώρα οπότε αποθηκεύονται σαν μέσες δεκάλεπτες ή ωριαίες τιμές.

Τα μεγέθη που μετρά ένας ανεμογράφος είναι:

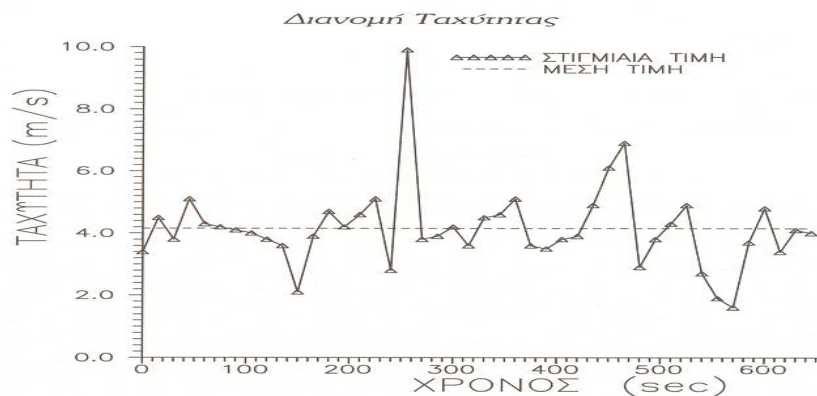
- Η μέση ταχύτητα του ανέμου ανά χρονική περίοδο 10 λεπτών, μιας ώρας ή και λιγότερο ανάλογα με την ακρίβεια που απαιτείται.
- Η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου στην περίοδο αυτή.
- Η μέγιστη τιμή της ταχύτητας στην περίοδο.
- Η διεύθυνση της μέγιστης ταχύτητας.
- Η μέση τοπική απόκλιση της ταχύτητας
- Η μέση τοπική απόκλιση της διεύθυνσης (προαιρετικά).

2.3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Η γνώση των χαρακτηριστικών του ανέμου είναι απαραίτητη στις μελέτες εκτίμησης της ενέργειας που περικλείει ο άνεμος. Για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης αιολικών συστημάτων θα πρέπει να είναι γνωστά:

- Η ταχύτητα ανέμου (μέση και στιγμιαία)
- Η κατεύθυνση ανέμου
- Η επικρατούσα ανατάραξη ανέμου
- Το στροβιλισμό του ανέμου
- Την κατανομή του ανέμου

2.3.1. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ



Εικόνα 2.1: Η μεταβλητότητα της ταχύτητα του ανέμου σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Η ταχύτητα του ανέμου (V) είναι ένα ιδιαίτερα μεταβλητό μέγεθος (εικόνα 2.1), το οποίο εμφανίζει διακυμάνσεις τόσο σε χρονικά διαστήματα εκατοστών του δευτερολέπτου όσο και σε διαστήματα ωρών. Οι διακυμάνσεις μπορούν να θεωρηθούν τυχαίες. Η μέση ταχύτητα του ανέμου σε μια χρονική περίοδο T δίνεται σαν:

$$\bar{V} = \frac{1}{T} \cdot \int_t^{t+T} V(t) \cdot dt \quad (2.1)$$

ενώ η στιγμιαία ταχύτητα είναι το άθροισμα της μέσης ταχύτητας του ανέμου και της διακύμανσης του ανέμου:

$$V = \bar{V} \pm \sigma_V \quad (2.2)$$

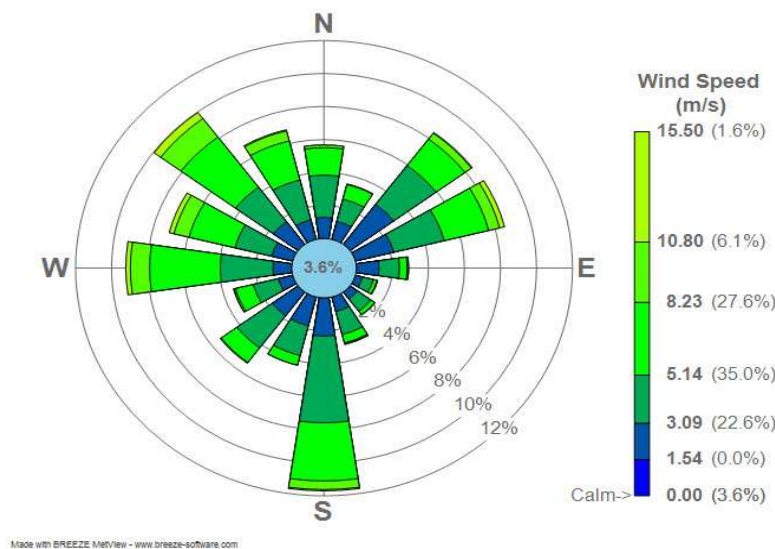
όπου η διακύμανση του ανέμου σ_V είναι ίση με:

$$\sigma_V = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (V_i - \bar{V})^2 \quad (2.3)$$

Η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου καθορίζει την αντοχή μιας αιολικής μηχανής και εξαρτάται από την γεωγραφική θέση της περιοχής και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Με δεδομένα ωριαίων τιμών της ταχύτητας του ανέμου, υπολογίζεται η μέγιστη ωριαία και στην συνέχεια η μέγιστη ημερήσια ταχύτητα του ανέμου.

2.3.2. ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ

Η κατεύθυνση του ανέμου σε μια θέση δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται συνεχώς, καθορίζεται δε με βάση το σημείο του οριζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος, σε σχέση με τη θέση μέτρησης (π.χ. ο άνεμος είναι δυτικός όταν κινείται από τη δύση). Μετράται σε μοίρες έχοντας ως αναφορά τον πραγματικό βορρά. Απεικονίζεται με το ροδόγραμμα (εικόνα 2.2) το οποίο είναι ένα αρκετά εποπτικό διάγραμμα που δίνει άμεσα την κατεύθυνση και την μέση ταχύτητα του ανέμου σε μια περιοχή καθώς επίσης την διάρκεια πνοής του ανέμου από κάθε κατεύθυνση. Η μέση ταχύτητα του ανέμου υποδηλώνεται από το μήκος των ακτινικών γραμμών του ροδογράμματος ενώ η εκατοστιαία συχνότητα πνοής αναγράφεται πάνω σε κάθε ακτινική γραμμή με την τιμή της νηνεμίας στο κέντρο του ροδογράμματος. Η ταχύτητα του ανέμου, για ιστορικούς λόγους, μετράται με την κλίμακα Beaufort προς τιμή του προτείνοντος αυτή Francis Beaufort.



Εικόνα 2.2 :Ένα ροδόγραμμα τυχαίας περιοχής που δείχνει ότι η υψηλή μέση ταχύτητα είναι από τον νότο.

2.3.3. ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΟΣ ΑΝΕΜΟΥ

Η ύπαρξη ανωμαλιών του εδάφους, κτιρίων, δέντρων ή εμποδίων γενικά μπορεί να δημιουργήσει στροβιλισμούς και να μειώσει την αποδοτικότητα. Πριν την επιλογή της περιοχής απαιτείται μελέτη στατιστικών μετεωρολογικών δεδομένων για τις κατευθύνσεις των κυρίαρχων ανέμων για περίοδο ενός χρόνου. Η ανατάραξη του αέρα δημιουργεί τυχαίους στροβιλισμούς του αέρα λόγω της ύπαρξης διαφόρων χαρακτηριστικών της επιφάνειας του εδάφους. Τα εμπόδια στο έδαφος συχνά δημιουργούν οργανωμένους στροβίλους. Οι οργανωμένοι στροβίλοι επηρεάζουν τόσο την παρεχόμενη ισχύ από τον άνεμο όσο και την όλη εγκατάσταση του συστήματος μιας αιολικής μηχανής.

2.3.4. ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΣΑ ΑΝΑΤΑΡΑΞΗ ΑΝΕΜΟΥ

Καθορίζεται από την ένταση της ανατάραξης I :

$$I = \frac{\sigma_v}{V} \quad (2.4)$$

Η ένταση της ανατάραξης εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους και μπορεί να υπολογιστεί με βάση το μήκος τραχύτητας. Η ένταση της ανατάραξης είναι ένα από τα βασικά μεγέθη τα οποία πρέπει να γνωρίζει κανείς όταν πρόκειται να εγκαταστήσει μια αιολική μηχανή, γιατί δεν επιδρά μόνο στην συλλεγόμενη ισχύ, αλλά και στην όλη εγκατάσταση του συστήματος.

2.3.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ

Για τον υπολογισμό της διανομής της ταχύτητας του ανέμου μέσα στο επιφανειακό στρώμα (100-150m από την επιφάνεια του εδάφους) χρησιμοποιούνται ο λογαριθμικός νόμος (εξίσωση (2.5)) και ο εκθετικός νόμος (εξίσωση (2.6)):

$$V(z) = \frac{V'}{k} * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (2.5)$$

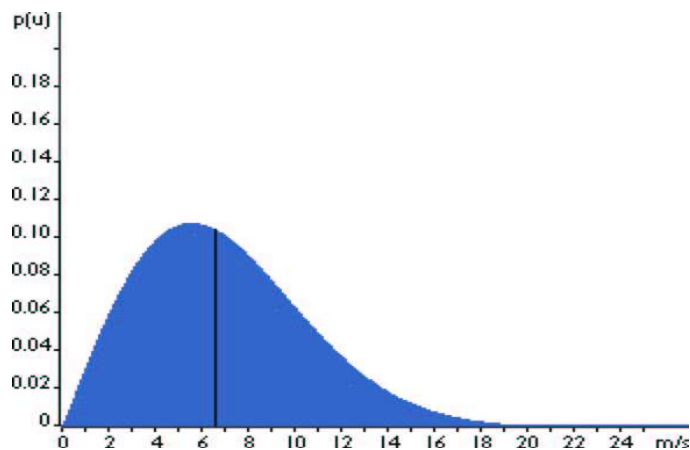
$$V(z) = V(z_0) * \left(\frac{z}{z_0}\right)^a \quad (2.6)$$

όπου $V(z)$ η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος z , V' η ταχύτητα τριβής, a ο εκθέτης του εκθετικού νόμου, k η σταθερά von Karman ($k=0.35$) και z_0 η παράμετρος τραχύτητας ή μήκος τραχύτητας όπου σχετίζεται με την κάλυψη βλάστησης της περιοχής. Συνήθως χρησιμοποιείται ο εκθετικός νόμος λόγω της απλότητας του. Ο εκθέτης a αποτελεί μια ένδειξη της μορφής της επιφάνειας του εδάφους. Υπάρχουν πίνακες που δίνουν τιμές για τον εκθέτη a και βασίζονται σε πειραματικές προσεγγίσεις. Ενδεικτικές τιμές για το εκθέτη a είναι $a=0.17$ για ανοικτά πεδία, όπως είναι η θάλασσα ή ο χώρος ενός αεροδρομίου, $a=0.20$ για μικρές πόλεις με χαμηλές κατασκευές και $a=0.25$ για πόλεις με μεγάλες και πολυώροφες κατασκευές.

Η ατμοσφαιρική μίξη συνήθως ακολουθεί έναν ημερήσιο κύκλο οδηγούμενο από την ηλιακή θέρμανση. Στο ύψος της πλήμνης μιας Α/Γ, ο κύκλος αυτός προκαλεί συχνά αύξηση της ταχύτητας του ανέμου την ημέρα και μείωσή της τη νύχτα. Εντούτοις, το εύρος της μεταβολής μεταξύ νύχτας και ημέρας εν γένει μειώνεται καθώς αυξάνεται το ύψος της πλήμνης. Σε ύψος περίπου 10m η ημερήσια μεταβολή μπορεί να είναι πολύ έντονη, αλλά καθώς αυτό αυξάνεται στα 50m αυτή εξασθενεί ή μπορεί ακόμη και να εξαφανιστεί. Η λογαριθμική κατανομή της ταχύτητας του ανέμου μπορεί να εφαρμοσθεί στα χαμηλότερα 100m, με κατάλληλες διορθώσεις ώστε να ληφθούν υπόψη οι ανωτέρω μεταβολές στην ατμοσφαιρική ευστάθεια.

2.3.6. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Η κατανομή του ανέμου εκφράζει τις μεταβολές του ανέμου καθ' ύψος. Ο άνεμος ακολουθεί την κατανομή Weibull. Για την εύρεση της καμπύλης διάρκειας των ταχυτήτων του ανέμου πρέπει να προσδιοριστεί το χρονικό διάστημα για το οποίο η μετρημένη ταχύτητα είναι μικρότερη από κάποια προσδιορισμένη τιμή. Η κατανομή Weibull περιγράφει ικανοποιητικά τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά στις περιοχές της εύκρατης ζώνης και για ύψος μέχρι 100m από το έδαφος. Η κατανομή Weibull φαίνεται παρακάτω (εικ.3).



Εικόνα 2.3: Η κατανομή Weibull.

Η εξίσωση που περιγράφει την κατανομή Weibull είναι η ακόλουθη:

$$P(V) = \frac{k}{c} \cdot \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^k} \quad (2.7)$$

όπου k είναι η παράμετρος σχήματος ($1 < k < 3$) και c η παράμετρος κλίμακας. Οι παράμετροι k και c της κατανομής Weibull υπολογίζονται προσεγγιστικά από τις σχέσεις:

$$k = \left(\frac{\sigma_V}{\bar{V}}\right)^{-1.086} \quad (2.8)$$

$$c = 1.128 \cdot \bar{V}$$

2.4.1. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Αυτή η ενέργεια, η αιολική (ο Αίολος ήταν ο "διαχειριστής" των ανέμων, κατά τους αρχαίους Έλληνες), αξιοποιείται στις μέρες μας ολοένα και περισσότερο, σε περιοχές όπου συχνά φυσούν ισχυροί άνεμοι. Γενικά αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους.

Η αιολική ενέργεια είναι ανεξάντλητη εφόσον ο ήλιος φροντίζει πάντα να υπάρχουν θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ των διάφορων περιοχών της γης, ώστε να προκαλούνται οι άνεμοι, δηλαδή ανανεώσιμη ενέργεια, αλλά και καθαρή, "φιλική" προς το περιβάλλον αφού η μετατροπή της σε ηλεκτρική δεν το επιβαρύνει.

Κατά τη δεκαετία του 1980 σημειώθηκε ραγδαία εξέλιξη στην έρευνα για την αιολική ενέργεια και στην τεχνολογία για την εκμετάλλευσή της. Έτσι, μειώθηκε σταδιακά το λειτουργικό κόστος των ανεμογεννητριών, σε επίπεδο που κατέστησε την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας οικονομικά συμφέρουσα, αντιμετωπίστηκαν ικανοποιητικά τα μηχανολογικά τους προβλήματα και δόθηκε έμφαση στην ασφαλή τους λειτουργία και στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Συγκεκριμένα, η απόδοσή τους αυξήθηκε σημαντικά χάρη στη βελτίωση του μηχανολογικού σχεδιασμού τους και της αεροδυναμικής συμπεριφοράς τους, στη χρησιμοποίηση σύγχρονων υλικών κατασκευής και στην εισαγωγή ηλεκτρονικών διατάξεων (μικροεπεξεργαστών και αισθητήρων ελέγχου) στο σύστημα λειτουργίας τους.

Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε σήμερα τις μηχανές όπου τις ονομάζουμε ανεμογεννήτριες, με τις οποίες μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας με συστηματικό τρόπο άρχισε παγκοσμίως στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και αυξήθηκε πολύ τα τελευταία χρόνια.

2.4.2. ΚΟΣΤΟΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η αιολική ενέργεια έχει πάρει το δρόμο της και πλέον είναι αρκετά φθηνή. Μάλιστα στα μεγάλα έργα (αιολικά πάρκα), το κόστος παραγωγής αιολικής ηλεκτρικής ενέργειας, θα είναι στο κοντινό μέλλον ανταγωνιστικό του κόστους ηλεκτροπαραγωγής από ορυκτά καύσιμα.

2.4.3. Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ακτογραμμή και τεράστιο πλήθος νησιών. Ως εκ τούτου, οι ισχυροί άνεμοι που πνέουν κυρίως στις νησιωτικές και παράλιες περιοχές προσδίδουν ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα. Το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 13.6% του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας. Ενέργειες για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας

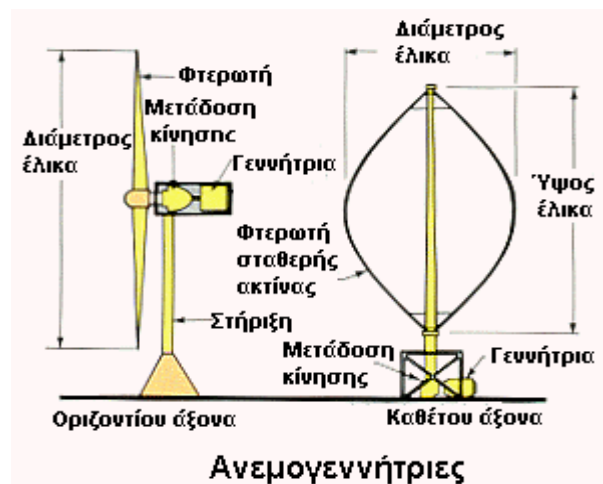
έχουν γίνει σε ολόκληρη τη χώρα, ενώ στο γεγονός αυτό έχει συμβάλει και η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις ΑΠΕ, η οποία ενθαρρύνει και επιδοτεί επενδύσεις στις Ήπιες μορφές ενέργειας. Αλλά και σε εθνική κλίμακα, ο νέος αναπτυξιακός νόμος 3908/2011, σε συνδυασμό με το νόμο για της ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 3851/2010, παρέχει ισχυρότατα κίνητρα ακόμα και για επενδύσεις μικρής κλίμακας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

3.1. ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Η ανεμογεννήτρια είναι ο μηχανισμός με τον οποίον, με την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Η σπουδαιότερη εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία μπορεί στη συνέχεια να διοχετεύεται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας.

Οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα (εικόνα 3.1) των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικας και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους. Η δεύτερη κατηγορία είναι οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, ο οποίος παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους. Οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου είναι ανεξάρτητες από τη κατεύθυνση του ανέμου, γεγονός που συντελεί στην χρήση τους σε οικιστικές περιοχές, όπου οι αλλαγές στην διεύθυνση του ανέμου είναι συχνές. Η κατασκευή είναι τέτοια που επιτρέπει τον εγκιβωτισμό τους σε σωληνωτό πλαίσιο, με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές σε ισχυρούς ανέμους. Επιπλέον, παρουσιάζουν ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα θορύβου.

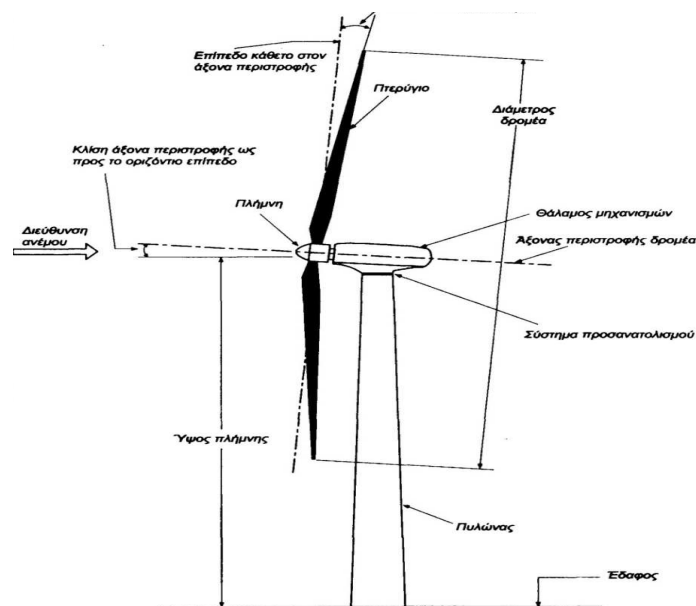


Εικόνα 3.1: Α/Γ οριζόντιου άξονα και Α/Γ κάθετου άξονα.

Μια ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα έχει τα εξής κύρια μέρη όπως φαίνεται και παραπάνω (εικόνα 3.2):

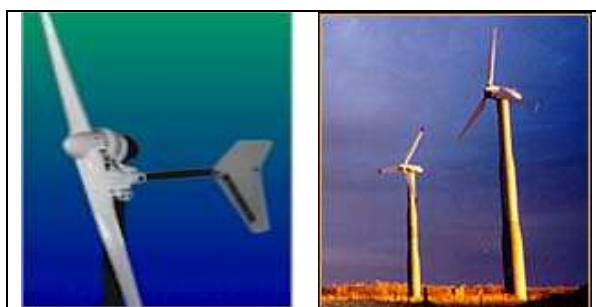
1. Τον πυλώνα: Είναι κυλινδρικής μορφής κατασκευασμένος από χάλυβα και συνήθως αποτελείται από δύο ή τρία συνδεδεμένα τμήματα. Είναι παρόμοιας κατασκευής με τους πύργους που στηρίζουν τα φώτα σε γήπεδα και εθνικούς δρόμους.
2. Τον θάλαμο που περιέχει τα μηχανικά υποσυστήματα (κύριος άξονας, σύστημα πέδησης, κιβώτιο ταχυτήτων και ηλεκτρογεννήτρια) :
 - Ο κύριος άξονας με το σύστημα πέδησης (φρένα) είναι παρόμοιος με τον άξονα των τροχών ενός αυτοκινήτου με υδραυλικά δισκόφρενα.
 - Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι παρόμοιας κατασκευής με εκείνο του αυτοκινήτου μας με την διαφορά ότι έχει μόνον μια σχέση.

- Η ηλεκτρογεννήτρια είναι παρόμοια με αυτές που χρησιμοποιούνται από τη ΔΕΗ στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη.
3. Τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ασφαλούς λειτουργίας, τα οποία αποτελούνται από ένα ή περισσότερα υποσυστήματα μικροελεγκτών και «φροντίζουν» για την εύρυθμη και ασφαλή λειτουργία της ανεμογεννήτριας σε όλες τις συνθήκες.
 4. Τα περύγια τα οποία είναι κατασκευασμένα από σύνθετα υλικά (υαλονήματα και ειδικές ρητίνες), παρόμοια με αυτά που κατασκευάζονται τα ιστιοπλοϊκά σκάφη. Είναι δε σχεδιασμένα για να αντέχουν σε μεγάλες καταπονήσεις. Το πρώτο πράγμα που χρειάζεται να προσεχθεί σε μια ανεμογεννήτρια είναι τα περύγιά της, που περιστρέφονται όταν φυσάει. Η κίνηση αυτή των περυνγιών μεταδίδεται σε έναν άξονα περιστροφής, ο οποίος χάρη σε ένα σύστημα προσανατολισμού, βρίσκεται πάντα παράλληλα προς την κατεύθυνση του ανέμου.



Εικόνα 3.2: Τα κύρια μέρη μιας ανεμογεννήτριας (Α/Τ οριζόντιου άξονα).

Διακρίνουμε δύο είδη ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα: τις δίπτερες και τις τρίπτερες (εικόνα 3.3). Οι τρίπτερες, με ρότορα μικρότερο των 10 μέτρων, έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού δυναμικού. Στις μηχανές μεγάλου μεγέθους επικρατούν οι δίπτερες, με κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρότερο απ' αυτό των τρίπτερων αντίστοιχου μεγέθους.



Εικόνα 3.3: Αριστερά απεικονίζονται οι δίπτερες και δεξιά οι τριπτερες ανεμογεννήτριες.

3.2.1.ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

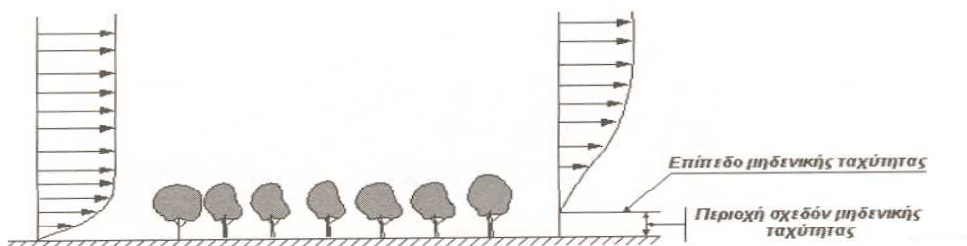
Κατάλληλες περιοχές για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών θεωρούνται οι περιοχές στις οποίες η μέση ταχύτητα αέρα είναι υψηλή όπως περιοχές με ομαλό πεδίο (μικρή τραχύτητα), κορυφογραμμές, περιοχές κοντά στις ακτές και υπεράκτιες περιοχές. Η ενεργειακή απόδοση αιολικού πάρκου εξαρτάται από το ρυθμό ανάπτυξης όμορου και την ενέργεια του όμορου όταν φτάσει στην πίσω αιολική μηχανή (βλ. και ενότητα 4.3).

3.2.2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

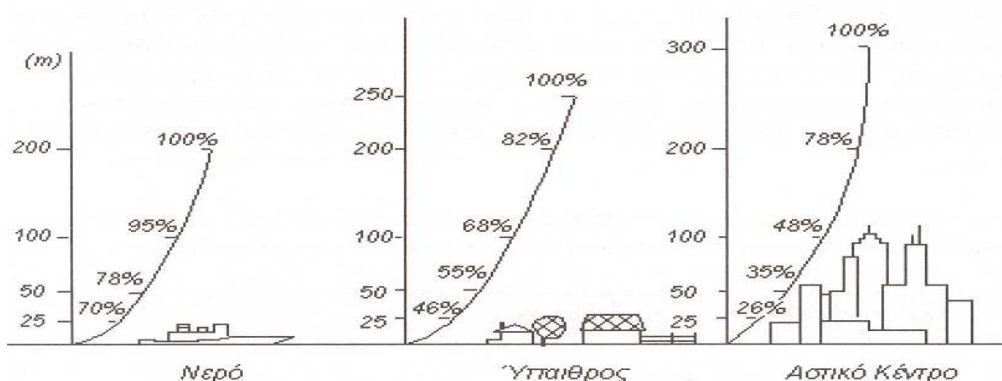
Οι ανεμογεννήτριες επηρεάζονται από την επίδραση εμποδίων στην κατανομή ταχύτητας του ανέμου. Όταν υπάρχουν εμπόδια, έχουμε νέα κατανομή ταχύτητας λόγω των εμποδίων (εικόνα 3.4). Επίσης, επηρεάζονται από την επίδραση της πυκνότητας του αέρα, η οποία εξαρτάται από την ατμοσφαιρική πίεση και την απόλυτη θερμοκρασία του μέρους που θέλουμε να μελετήσουμε. Τέλος επηρεάζονται από την επίδραση τραχύτητας στην ταχύτητα του ανέμου (εικόνα 3.5) ανάλογα με το έδαφος. Αν είναι επίπεδο έδαφος, τότε μπορεί να υπάρχει ομοιόμορφη τραχύτητα ή ανομοιόμορφη τραχύτητα όπου γίνεται καταγραφή εμποδίων και έπειτα αλλαγή τραχύτητας αν είναι εφικτό. Αν είναι σύνθετο το έδαφος, τότε γίνεται προσδιορισμός τοπογραφικών χαρακτηριστικών και έπειτα κ σε αυτή την περίπτωση αλλαγή τραχύτητας αν είναι εφικτό.

Η κατηγορία τραχύτητα του εδάφους εξαρτάται από το είδος του εδάφους. Στην κατηγορία 0 κατατάσσονται οι περιοχές με σχεδόν μηδενικές κλίσεις όπως η θάλασσα ή η άμμος, στην κατηγορία τραχύτητας 1 κατατάσσονται οι ανοικτές περιοχές χωρίς εμπόδια όπου το έδαφος είναι επίπεδο ή με πολύ ελαφριές κλίσεις και μπορεί να υπάρχουν μεμονωμένες αγροικίες και χαμηλοί θάμνοι, στην κατηγορία τραχύτητας 2 κατατάσσονται οι καλλιεργημένες περιοχές με ορισμένα εμπόδια σε απόσταση μεγαλύτερη των 1000m μεταξύ τους και μερικά σπίτια. Το έδαφος είναι επίπεδο ή κυματώδες με δέντρα και σπίτια. Τέλος, στην κατηγορία τραχύτητας 3 κατατάσσονται οι περιοχές που συνδυάζουν δάση, καλλιεργημένες περιοχές με πολλά εμπόδια στα περιχώρα της πόλης. Τα εμπόδια είναι κοντά μεταξύ τους σε αποστάσεις μικρότερες από μερικές εκατοντάδες μέτρα.

Νέα Κατανομή Ταχύτητας Λόγω Εμποδίων



Εικόνα 3.4: Η αλλαγή κατανομής της ταχύτητας λόγω των δέντρων, όπου σε αυτή την περιοχή είναι σχεδόν μηδενική.

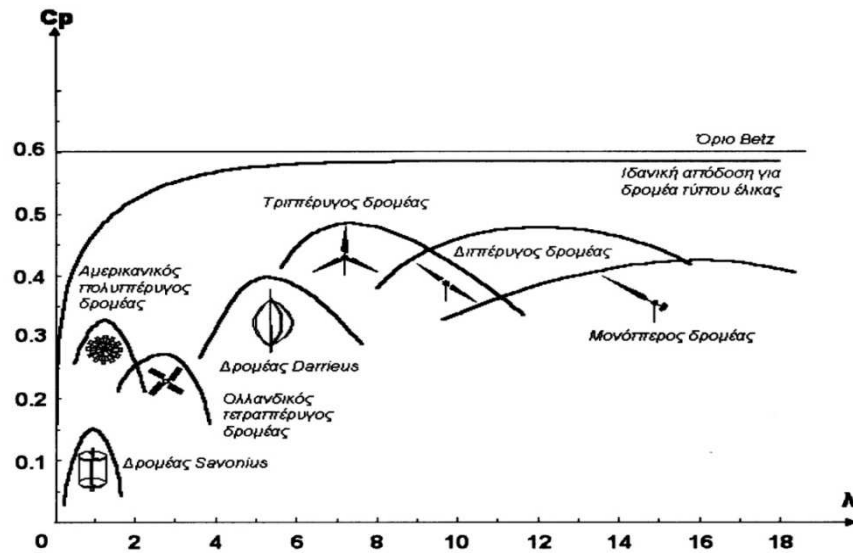


Εικόνα 3.5: Όσα λιγότερα εμπόδια υπάρχουν, τόσο μικρότερη η τραχύτητα του εδάφους.

3.3.1. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Στην πραγματικότητα η ανεμογεννήτρια εκμεταλλεύεται ένα ποσοστό από την ισχύ του αέρα. Το ποσοστό αυτό καθορίζεται από τον συντελεστή ισχύος (C_p) της ανεμογεννήτριας, ο οποίος αποτελεί στην ουσία τον αεροδυναμικό βαθμό της περωτής. Ο συντελεστής αυτός περιγράφει το ποσοστό της ισχύς του ανέμου που εκμεταλλεύεται η περωτή της μηχανής. Ακόμα και για μια ιδανική περωτή, ο συντελεστής ισχύος δεν μπορεί να υπερβεί το λεγόμενο όριο (0.593) του Betz, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.6. Ο Betz υπέθεσε ότι υπάρχει μία ιδανική περωτή η οποία δεν φέρει το μηχανικό εξοπλισμό της πάνω στον άξονα περιστροφής και ο αριθμός των περυγίων μπορεί να είναι απεριόριστος, χωρίς να παρατηρείται αντίσταση από την διέλευση του αέρα από αυτά αλλά ακόμα και για αυτή την ιδανική περωτή, ο συντελεστής ισχύος δεν μπορεί να υπερβεί όριο 0.593 δηλαδή 59.3%. Η ισχύς που αποδίδει η ανεμογεννήτρια είναι:

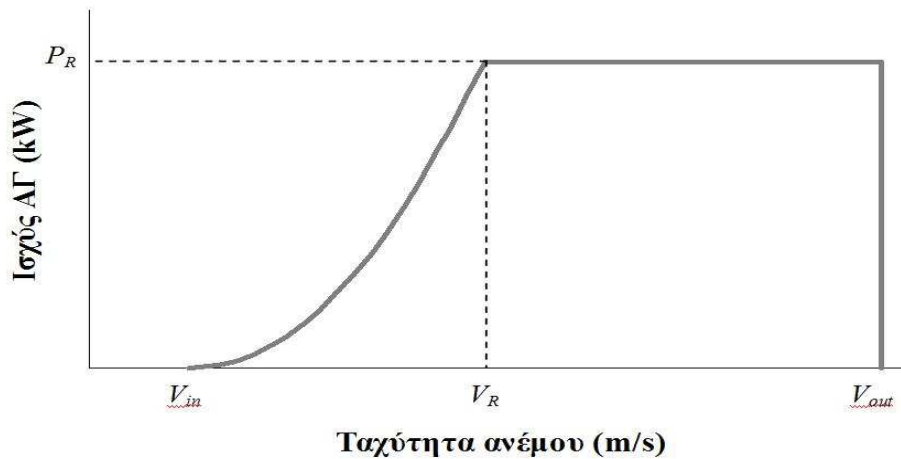
$$P_{WT} (W) = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (3.1)$$



Εικόνα 3.6: Σε όλους του τύπους πτερωτής η απόδοση δεν ξεπερνάει το 59.3%.

3.3.2. ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η καμπύλη ισχύος μίας ανεμογεννήτριας είναι ένα σημαντικό στοιχείο της που την χαρακτηρίζει. Η καμπύλη ισχύος βασίζεται στην αεροδυναμική ποιότητα της ανεμογεννήτριας όπως και στις επικρατούσες συνθήκες ανέμου και στα χαρακτηριστικά του εδάφους. Σε κάθε ανεμογεννήτρια, μετά από συγκεκριμένη ταχύτητα (V_R), η ισχύς παραμένει σταθερή ενώ σε συγκεκριμένη ταχύτητα (V_{out}) η ανεμογεννήτρια στάματα την λειτουργία της για να μην καταστραφεί (εικόνα 3.7).



Εικόνα 3.7: Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας.

3.3.3. ΜΕΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η μέση παραγόμενη ισχύς P_g μιας ανεμογεννήτριας (Α/Γ) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_g = \int_{V=0}^{V_{out}} P_g(V) P(u) dV \quad (3.2)$$

Η πραγματική αποδοτικότητα μιας Α/Γ υπολογίζεται μέσω του συντελεστή φορτίου ($\Sigma\Phi$). Ο ετήσιος $\Sigma\Phi$ διαιρεί την ενέργεια που παράγει η Α/Γ σε ένα χρόνο E_{WTyear} (σε kWh) με την ενέργεια που θα παρήγαγε θεωρητικά η Α/Γ εάν λειτουργούσε στην ονομαστική της ισχύ P_R (σε kW) και για τις 8760 ώρες του έτους:

$$\Sigma\Phi = \frac{E_{WTyear}}{P_R \cdot 8760 \text{ h}} \quad (3.3)$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

4.1. ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Ένα μικρό αιολικό πάρκο έχει από δύο έως πέντε ανεμογεννήτριες, ενώ ένα μεγάλο αιολικό πάρκο έχει περισσότερες από πέντε ανεμογεννήτριες. Επομένως, τα αιολικά πάρκα σχηματίζονται από συστοιχίες ανεμογεννητριών, που επιτρέπουν τη μαζική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας και τη διοχέτευση του συνόλου της παραγόμενης ενέργειας στο ηλεκτρικό σύστημα.

Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 3 πτερυγίων, με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ της τάξης των MW. Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή - και εφόσον βέβαια έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες - για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού, τοποθετείται συνήθως ένας αριθμός ανεμογεννητριών, οι οποίες απαρτίζουν ένα «αιολικό πάρκο».

Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί αρκετές ημέρες. Αρχικά ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Μετά ανυψώνεται η άτρακτος στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείται ο ρότορας ή δρομέας (οριζοντίου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο. Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις.

Σύμφωνα με ανάλυση των εθνικών προβλέψεων των 27 κρατών μελών που κατατέθηκαν στην ΕΕ, που πραγματοποίησε η Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολική Ενέργεια (EWEA), ο στόχος της συμμετοχής των ΑΠΕ κατά 20% στην τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020, θα επιτευχθεί και μάλιστα θα ξεπεραστεί και λίγο. Δεκατρία κράτη μέλη προβλέπουν ότι θα πετύχουν τον εθνικό στόχο τους ενώ οχτώ ότι θα τον ξεπεράσουν. Μόνο έξι κράτη μέλη προβλέπουν ότι δεν θα καταφέρουν να πετύχουν τον στόχο τους, αν και κανένα δεν προβλέπει να υπολείπεται του στόχου περισσότερο από 1%. Κορυφαία η Ισπανία που πιστεύει ότι θα πετύχει συμμετοχή 22.7% ΑΠΕ, σχεδόν 3% πάνω από τον εθνικό στόχο της που είναι 20%. Μετά έρχεται η Γερμανία που αναμένει να ξεπεράσει κατά 0.7% τον εθνικό στόχο της που είναι 18%. Επιπλέον η Εσθονία, η Ελλάδα, η Ιρλανδία, η Πολωνία, η Σλοβακία και η Σουηδία προβλέπουν να ξεπεράσουν τους εθνικούς τους στόχους.

4.2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

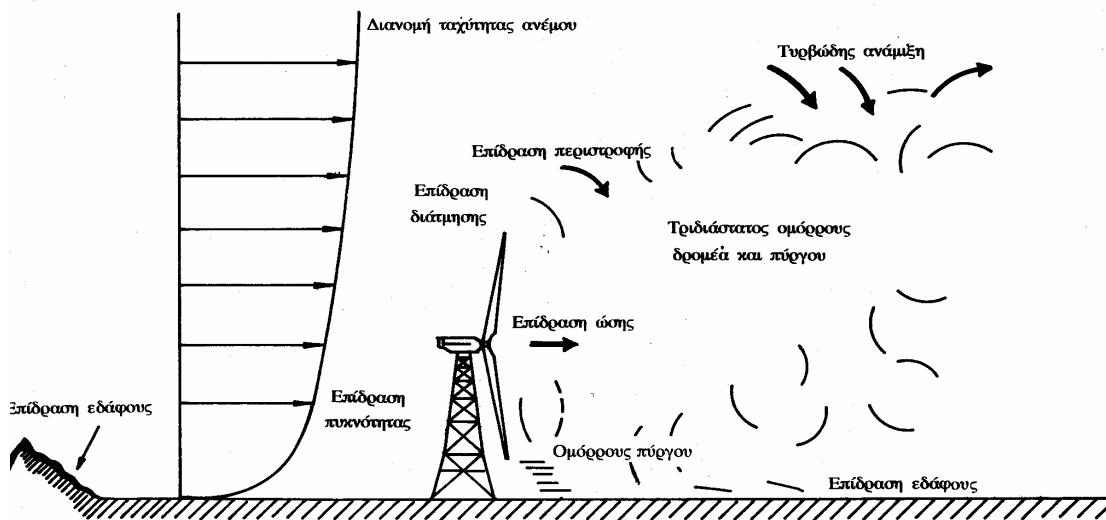
Τα πλεονεκτήματα από τα αιολικά πάρκα είναι ότι η αιολική ενέργεια είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας δηλαδή δεν εκλύονται χημικές ουσίες στο περιβάλλον οι οποίες να προκαλούν όξινη βροχή ή αέρια του θερμοκηπίου. Επίσης η τεχνολογία που αναπτύσσεται είναι μια από τις πιο οικονομικές στον χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (χαμηλό κόστος ανά παραγόμενη kWh).

Τα μειονεκτήματα από τα αιολικά πάρκα είναι ότι η αιολική ενέργεια πρέπει να ανταγωνιστεί τις συμβατικές πηγές ενέργειας σε επίπεδο κόστους. Παρότι το κόστος της

αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί δραματικά τα τελευταία 10 χρόνια, η τεχνολογία απαιτεί μια αρχική επένδυση υψηλότερη από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με καύση ορυκτών. Επίσης δεν μπορούν όλοι οι άνεμοι να τιθασευτούν ώστε να καλυφθούν, τη στιγμή που προκύπτουν, οι ανάγκες σε ηλεκτρισμό και τα κατάλληλα σημεία για αιολικά πάρκα είναι σε απομακρυσμένες περιοχές, μακριά από πόλεις όπου χρειάζεται ο ηλεκτρισμός. Άλλο ένα μειονέκτημα είναι ο θόρυβος που παράγεται από τα πτερύγια του ηλεκτρικού κινητήρα (ρότορα), και τις δυσμενείς επιδράσεις στο οικοσύστημα της περιοχής (πολλές φορές έχουν σκοτωθεί πουλιά που πετούσαν κοντά στις ανεμογεννήτριες).

4.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Η ενεργειακή απόδοση αιολικού πάρκου εξαρτάται από το ρυθμό ανάπτυξης όμορου και την ενέργεια του ομόρου όταν φτάσει στην πίσω αιολική μηχανή. Η ανεμογεννήτρια επιβραδύνει τον αέρα που προσπίπτει σε αυτή και δημιουργείται ένα όμορος χαμηλής ταχύτητας που ανοίγει βαθμιαία λόγω συνεκτικής και τυρβώδους ανάμιξης (εικόνα 4.2). Αν αυτό το ρεύμα αέρα συναντήσει δεύτερη ανεμογεννήτρια πριν ολοκληρωθεί η επαναφορά του στις τιμές πριν από την πρόσπτωση με την ανεμογεννήτρια, τότε η απόδοση της δεύτερης ανεμογεννήτριας μειώνεται αισθητά. Η απόδοση της δεύτερης μηχανής εξαρτάται από τη θέση της ως προς την πρώτη.

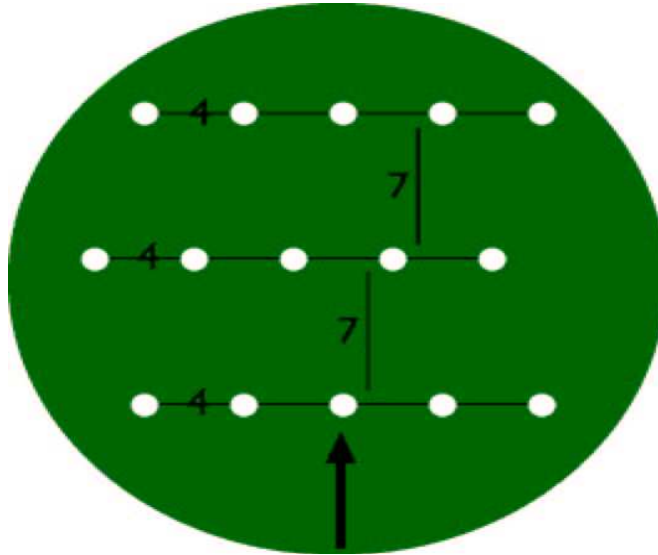


Εικόνα 4.1: Επηρεασμός της διανομή ταχύτητας του ανέμου μετά την πρόσπτωση στην ανεμογεννήτρια.

4.4. ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ

Το πρώτο βήμα για τη σωστή χωροθέτηση των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου είναι η εύρεση με τη βοήθεια του ροδογράμματος της επικρατούσας διεύθυνσης του ανέμου, καθώς επίσης της διάρκειας πνοής του ανέμου από κάθε κατεύθυνση. Η θέση

εγκατάστασης αιολικών μηχανών, η διάταξη μεταξύ τους και σε σχέση με την επικρατούσα διεύθυνση ανέμου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αντικείμενα μελέτης. Ο κενός χώρος σε μια συστοιχία δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 2-4 διαμέτρους σαρωτής και ο κενός χώρος μεταξύ των συστοιχιών δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 7-10 διαμέτρους σαρωτής (εικ.4.2).



Εικόνα 4.2: Οι απαιτούμενες αποστάσεις που πρέπει να έχει μια ανεμογεννήτρια από την άλλη.

4.4.1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Στο πλαίσιο της χορήγησης γνώμης για την άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες, ελέγχονται από την Ρυθμιστική Αρχή ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) τα εξής:

1. Αν η προτεινόμενη θέση εγκατάστασης διαθέτει κατ' αρχήν εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό.

2. Αν η προτεινόμενη θέση εγκατάστασης βρίσκεται:

- Εντός περιοχής Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.) της ηπειρωτικής χώρας,
- Εκτός Περιοχής Αιολικής Προτεραιότητας της ηπειρωτικής χώρας, εντός Αττικής,
- Εντός κατοικημένων νησιών του Αιγαίου ή του Ιονίου Πελάγους ή στην Κρήτη,
- Εντός του υπεράκτιου θαλάσσιου χώρου ή εντός ακατοίκητης νησίδας.

2.1. Στην περίπτωση που η προτεινόμενη θέση εγκατάστασης εμπίπτει σε περιοχή Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π. - βλ. ενότητα 4.4.2) της ηπειρωτικής χώρας ελέγχεται περαιτέρω:

- Αν το προτεινόμενο εκμεταλλεύσιμο δυναμικό, υπερβαίνει τα όρια της φέρουσας ικανότητας της Π.Α.Π. εγκατάστασης.
- Αν το προτεινόμενο εκμεταλλεύσιμο δυναμικό υπερβαίνει τις μέγιστες επιτρεπόμενες πυκνότητες εγκατάστασης στον οικείο πρωτοβάθμιο ΟΤΑ.
- Εφόσον τα δεδομένα της προτεινόμενης θέσης υπερβαίνουν ένα από τα πιο πάνω όρια η πρόταση απορρίπτεται.

2.2. Αν η προτεινόμενη προς χωροθέτηση θέση βρίσκεται εντός περιοχής Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ. – βλ. ενότητα 4.4.2) ή εντός κατοικημένων νησιών του Αιγαίου ή του Ιονίου Πελάγους ή στην Κρήτη, ελέγχεται αντιστοίχως:

- Αν υπερβαίνει τις μέγιστες κατά περίπτωση πυκνότητες του πρωτοβάθμιου Ο.Τ.Α., στον οποίο πρόκειται να εγκατασταθεί.
- Αν η προτεινόμενη θέση υπερβαίνει τις μέγιστες πυκνότητες εγκατάστασης του οικείου πρωτοβάθμιου Ο.Τ.Α., απορρίπτεται.

2.3. Αν η θέση βρίσκεται εντός Αττικής, ελέγχεται:

- Αν εμπίπτει εντός των καθοριζόμενων της παρούσας περιοχής εγκατάστασης, όπως οι περιοχές αυτές ενδεχομένως εξειδικευτούν από άλλα κατώτερα επίπεδα σχεδιασμού.
- Αν υπερβαίνει τις μέγιστες πυκνότητες του πρωτοβάθμιου ΟΤΑ, στον οποίο πρόκειται να εγκατασταθεί.

2.4. Αν η θέση εμπίπτει στον υπεράκτιο θαλάσσιο χώρο ή σε ακατοίκητη νησίδα ελέγχεται από τη Ρ.Α.Ε. η βιωσιμότητα της εγκατάστασης.

Ελέγχονται από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή, στο πλαίσιο γνωμοδότησης επί της Π.Π.Ε.Α. τα εξής:

1. Αν η προτεινόμενη θέση εγκατάστασης εμπίπτει εντός μιας εκ των κατηγοριών των περιοχών αποκλεισμού.
2. Τα κριτήρια χωροθέτησης, που αφορούν (κατά κατηγορία χώρου) την τήρηση ελάχιστων αποστάσεων από τις γειτνιάζουσες χρήσεις γης, δραστηριότητες και δίκτυα τεχνικής υποδομής.
3. Η εφαρμογή (κατά κατηγορία χώρου) των κανόνων ένταξης της προτεινόμενης θέσης εγκατάστασης στο τοπίο.

4.4.2. ΚΑΝΟΝΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Ο χωροταξικός σχεδιασμός των αιολικών εγκαταστάσεων αποσκοπεί:

1. Στον εντοπισμό, με βάση τα στοιχεία αιολικού δυναμικού, κατάλληλων περιοχών που θα επιτρέπουν ανάλογα με τις χωροταξικές και περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητές τους τη λειτουργία αιολικών εγκαταστάσεων και την επίτευξη οικονομιών κλίμακας στα απαιτούμενα δίκτυα.
2. Στην καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν αφενός την δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον και στο τοπίο.
3. Στη δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης των αιολικών εγκαταστάσεων, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών.

1. Για τη χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων ο εθνικός χώρος, με βάση το εν δυνάμει εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό του και τα ιδιαίτερα χωροταξικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του, διακρίνεται στις ακόλουθες μείζονες κατηγορίες:

- α. Στην ηπειρωτική χώρα, συμπεριλαμβανομένης της Εύβοιας.

β. Στην Αττική, που αποτελεί ειδικότερη κατηγορία της ηπειρωτικής χώρας λόγω του μητροπολιτικού χαρακτήρα της.

γ. Στα κατοικημένα νησιά του Ιονίου και του Αιγαίου Πελάγους, συμπεριλαμβανομένης της Κρήτης.

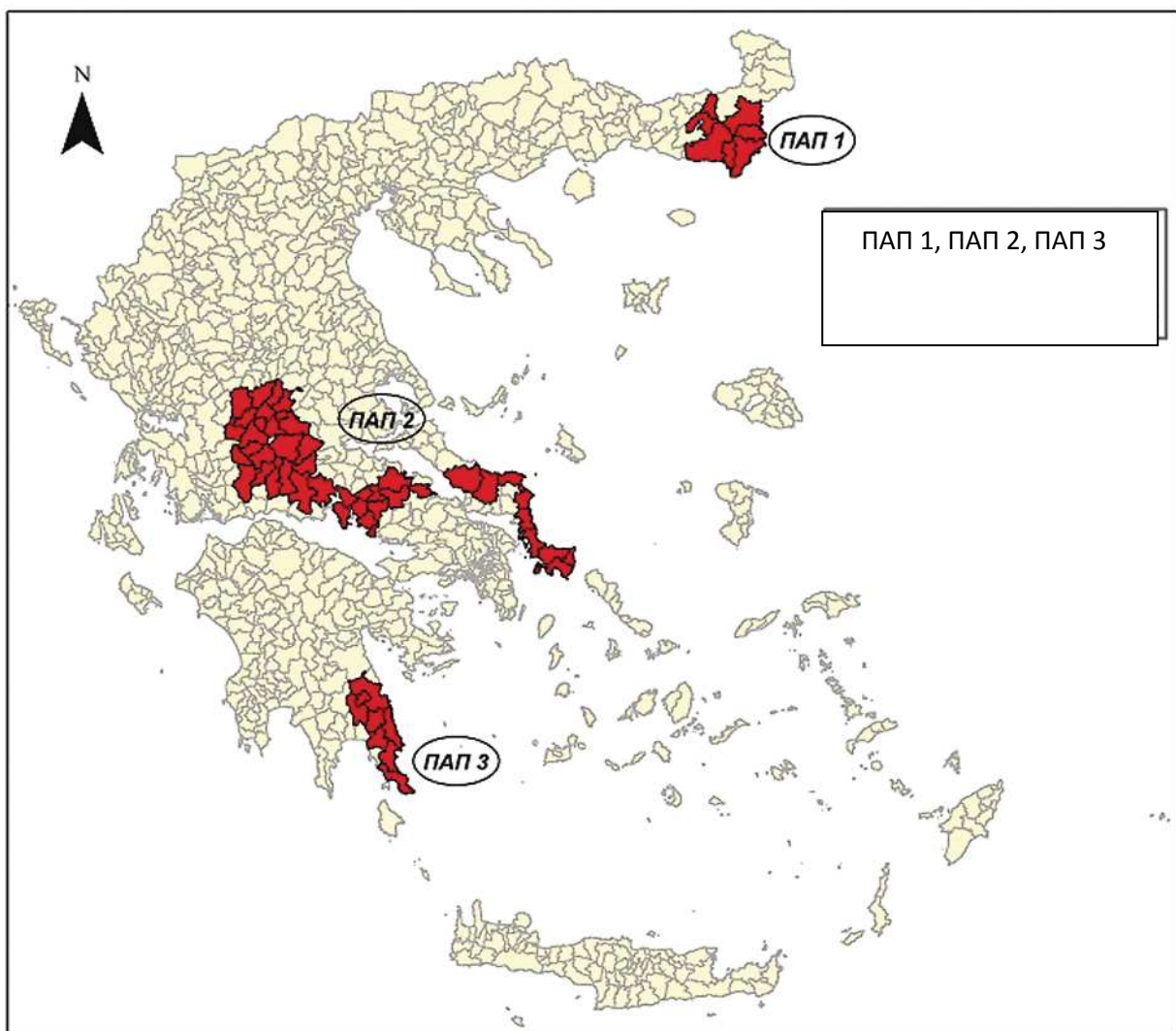
δ. Στον υπεράκτιο θαλάσσιο χώρο και τις ακατοίκητες νησίδες.

2. Η ηπειρωτική χώρα διακρίνεται περαιτέρω σε Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.) και σε Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.) ως εξής:

α. Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.): Είναι οι περιοχές της ηπειρωτικής χώρας, οι οποίες διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών, ενώ ταυτόχρονα προσφέρονται από απόψεως επίτευξης των χωροταξικών στόχων.

Στις περιοχές αυτές, εκτιμάται η μέγιστη δυνατότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων (φέρουσα ικανότητα).

β. Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.). Χαρακτηρίζονται όλοι οι πρωτοβάθμιοι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) της ηπειρωτικής χώρας που δεν περιλαμβάνονται στις Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας των οποίων περιοχές ή και μεμονωμένες θέσεις που κρίνονται από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργεια ως ενεργειακά αποδοτικές (εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.3: Οι Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας στην Ελλάδα.

Περιοχές αποκλεισμού και ζώνες ασυμβατότητας:

1. Σε όλες τις κατηγορίες περιοχών του προηγούμενου άρθρου, πρέπει να αποκλείεται η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων εντός:

α. Των κηρυγμένων διατηρητέων μνημείων της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς και των άλλων μνημείων, καθώς και των οριοθετημένων αρχαιολογικών ζωνών προστασίας Α που έχουν καθορισθεί.

β. Των περιοχών απολύτου προστασίας της φύσης και προστασίας της φύσης που καθορίζονται.

γ. Των ορίων των Υγροτόπων Διεθνούς Σημασίας (Υγρότοποι Ραμσάρ).

δ. Των πυρήνων των εθνικών δρυμών και των κηρυγμένων μνημείων της φύσης και των αισθητικών δασών.

ε. Των οικοτόπων προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί ως τόποι κοινοτικής σημασίας στο δίκτυο ΦΥΣΗ 2000.

στ. Των εντός σχεδίων πόλεων και ορίων οικισμών προ του 1923 ή κάτω των 2.000 κατοίκων περιοχών.

ζ. Των Π.Ο.Τ.Α. του άρθρου 29 του ν. 2545/1997, των Περιοχών Οργανωμένης Ανάπτυξης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα των θεματικών πάρκων και των τουριστικών λιμένων.

η. Των ατύπως διαμορφωμένων, στο πλαίσιο της εκτός σχεδίου δόμησης, τουριστικών και οικιστικών περιοχών. Ως ατύπως διαμορφωμένες τουριστικές και οικιστικές περιοχές για την εφαρμογή του παρόντος νοούνται οι περιοχές που περιλαμβάνουν 5 τουλάχιστον δομημένες ιδιοκτησίες με χρήση τουριστική ή κατοικία, οι οποίες ανά δύο βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 100 μέτρων, και συνολική δυναμικότητα 150 κλίνες τουλάχιστον. Για τον υπολογισμό της δυναμικότητας κάθε δομημένη ιδιοκτησία με χρήση κατοικίας θεωρείται ισοδύναμη με 4 κλίνες ανεξαρτήτως εμβαδού. Οι ανωτέρω περιοχές θα αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της οικείας Π.Π.Ε.Α.

θ. Των ακτών κολύμβησης που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών κολύμβησης που συντονίζεται από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

ι. Των τμημάτων των λατομικών περιοχών και μεταλλευτικών και εξορυκτικών ζωνών που λειτουργούν επιφανειακά.

ια. Άλλων περιοχών ή ζωνών που υπάγονται σήμερα σε ειδικό καθεστώς χρήσεων γης, βάσει του οποίου δεν επιτρέπεται η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων και για όσο χρόνο ισχύουν.

2. Οι κατευθύνσεις των εδαφίων α, β, γ, δ, ε, θ και ι της προηγούμενης παραγράφου εφαρμόζονται και για τη χωροθέτηση των συνοδευτικών έργων Α.Π.Ε., (δίκτυα πρόσβασης και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας). Η πιθανή παρέκκλιση πρέπει να τεκμηριώνεται περιβαλλοντικά.

Επιπρόσθετα δίδονται οι παρακάτω κατευθύνσεις:

Ενδεικνύεται η αξιοποίηση / χρήση υφισταμένων οδών για την εξυπηρέτηση των αιολικών πάρκων με τις απαραίτητες βελτιώσεις και επεκτάσεις. Ο σχεδιασμός των έργων αυτών πρέπει να γίνεται κατά τρόπο ώστε να αποφεύγονται, κατά το δυνατόν,

μεγάλου βάθους και εκτεταμένες εκσκαφές το δε πλάτος των δρόμων πρόσβασης πρέπει να περιορίζεται στο αναγκαίο μέτρο. Παράλληλα πρέπει να εκτελούνται όλα τα απαραίτητα

αντιπλημμυρικά έργα και έργα ανάσχεσης της διάβρωσης, ώστε να μην υπάρξει φόβος αλλοίωσης του τοπίου λόγω του έργου.

Η φθορά της βλάστησης πρέπει να περιορίζεται στο ελάχιστο δυνατόν (η εκχέρσωση θάμνων και δέντρων θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις υποδείξεις της τοπικής Δασικής Υπηρεσίας) και να αποκαθίσταται η αισθητική του τοπίου. Η εσωτερική οδοποιία να είναι χωμάτινη με επίστρωση χαλικιού (3Α). Ενδείκνυται η γραμμή μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το δίκτυο της ΔΕΗ να ακολουθεί, κατά το δυνατόν, τις υφιστάμενες οδούς προσπέλασης, ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο η εκχέρσωση εκτάσεων ή η γενικότερη υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

3. Επιτρέπεται η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων εντός των Ζωνών Ειδικής Προστασίας (Ζ.Ε.Π.) της ορνιθοπανίδας της οδηγίας 79/409/ΕΟΚ ύστερα από τη σύνταξη ειδικής ορνιθολογικής μελέτης και σύμφωνα με τις ειδικότερες προϋποθέσεις και περιορισμούς που θα καθορίζονται στην οικεία πράξη έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.

4. Με την επιφύλαξη των περιπτώσεων β', γ' και δ' της παραγράφου 1 του παρόντος άρθρου, επιτρέπεται η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων εντός δασών, δασικών και αναδασωτέων εκτάσεων. Στις παραπάνω περιοχές πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για τον περιορισμό της βλάβης της δασικής βλάστησης.

5. α. Σε όλες τις περιοχές του άρθρου 5, η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων πρέπει να πληροί τις ελάχιστες αποστάσεις από τις γειτνιάζουσες χρήσεις γης, δραστηριότητες και δίκτυα τεχνικής υποδομής που καθορίζονται στους πίνακες του Παραρτήματος II της παρούσας απόφασης.

β. Οι αποστάσεις της περίπτωσης α' αφορούν τη χωροθέτηση των κυρίως αιολικών εγκαταστάσεων. Για τις απαιτούμενες κατά περίπτωση αποστάσεις των συνοδευτικών εγκαταστάσεων εφαρμόζονται οι διατάξεις της ισχύουσας νομοθεσίας και οι τυχόν ισχύοντες ειδικοί κανονισμοί και πρότυπα.

4.4.3. ΠΟΥ ΑΠΟΣΚΟΠΕΙ Ο ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Ο χωροταξικός σχεδιασμός των αιολικών εγκαταστάσεων αποσκοπεί στον εντοπισμό, με βάση τα διαθέσιμα σε εθνικό επίπεδο στοιχεία αιολικού δυναμικού, κατάλληλων περιοχών που θα επιτρέπουν ανάλογα με τις χωροταξικές και περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητές τους, αφενός τη μεγαλύτερη δυνατή χωρική συγκέντρωση των αιολικών εγκαταστάσεων και αφετέρου την επίτευξη οικονομιών κλίμακας στα απαιτούμενα δίκτυα, στην καθιέρωση κανόνων-κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν αφενός τη δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον και στη δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης της δραστηριότητας.

4.4.4.ΕΙΔΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟ ΧΩΡΟ

Για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων στα κατοικημένα νησιά του Αιγαίου και Ιονίου Πελάγους και στην Κρήτη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής ειδικά κριτήρια: Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών σε επίπεδο πρωτοβάθμιου Ο.Τ.Α. δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% ανά ΟΤΑ δηλαδή 0,53 τοπικές ανεμογεννήτριες / 1000 στρέμματα. Ειδικά στα μη διασυνδεδεμένα με το σύστημα και το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής χώρας νησιά και μέχρι τη διασύνδεσή τους η συνολική ισχύς των αιολικών σταθμών ανά νησί δεν πρέπει να ξεπερνά το διπλάσιο του επιπέδου αιχμής της ζήτησης που αυτό εμφανίζει σε μεσο-μακροπρόθεσμο ορίζοντα (δεκαετία). Εξαιρέση από το όριο αυτό, δηλαδή από το διπλάσιο του επιπέδου αιχμής της ζήτησης κάθε νησιού, αποτελούν οι προτάσεις εγκατάστασης αιολικών πάρκων που περιλαμβάνουν την κατασκευή επαρκούς διασύνδεσης με το σύστημα και το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής χώρας καθώς και τα αιολικά πάρκα που αποτελούν μέρος πρότασης υβριδικών σταθμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:

5.1.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ WASP

Το λογισμικό WASP είναι ένα πρόγραμμα το οποίο το χρησιμοποιείται για την ανάλυση παραμέτρων αιολικού πάρκου και για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενεργειακής παραγωγής σε αιολικό πάρκο.

Η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού γίνεται με την βοήθεια του διεθνώς αναγνωρισμένου λογισμικού ανάπτυξης Αιολικού Άτλαντα WASP του εθνικού Εργαστηρίου της Δανίας (RISOE), καθώς και με τη βοήθεια λογισμικού που έχει αναπτυχθεί από το εργαστήριο. Το λογισμικό WASP χρησιμοποιεί ως αρχικά δεδομένα τις μετρήσεις ανεμογράφων και την ορογραφία του εδάφους σε ψηφιοποιημένη μορφή.

Η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του WASP είναι ανάλογη της αξιοπιστίας των δεδομένων που χρησιμοποιούνται. Θα πρέπει πάντα να έχει κάποιος υπόψη του, ότι όποιος κάνει χρήση τέτοιου είδους δεδομένων, για να αποτελούν αυτά έγκυρη πηγή θα πρέπει, αν δεν είναι αποτέλεσμα 30 χρόνων παρατηρήσεων, να είναι αρκετά μεγάλο χρονικού διαστήματος.

Τα μεγαλύτερα αναμενόμενα σφάλματα που προκαλούνται από το WASP σχετίζονται με την πνοή του ανέμου σε σύνθετα εδάφη και αυτό γιατί η μεγάλη εύρους ορογραφία δίδει στο πρόγραμμα αυξανόμενη ανεπάρκεια, λόγω της έλλειψης της δυναμικής του ανέμου που δεν παρουσιάζεται στο μοντέλο. Πάντως πρέπει πάντα να γίνεται κριτική εκτίμηση στα αποτελέσματα, η οποία μπορεί να βοηθηθεί από τα γραφήματα που παρέχει το πρόγραμμα.

5.1.2. ΔΟΜΗ ΤΟΥ WASP

Το WASP αποτελείται από τέσσερα κυρίως υπολογιστικά μέρη δηλαδή τέσσερις κυρίως λειτουργίες.

- **Ανάλυση και επεξεργασία πληροφοριών.** Αυτή η εκλογή δίνει την δυνατότητα ανάλυσης της κάθε είδους χρονοσειράς ανεμολογικών μετρήσεων.
- **Δημιουργία των δεδομένων αιολικού Άτλαντα.** Τα αναλυμένα ανεμολογικά δεδομένα μπορούν να μετατραπούν σε ένα σύνολο δεδομένων για τους ανεμολογικούς χάρτες. Σε ένα τέτοιο σύνολο, οι πληροφορίες από τις παρατηρήσεις του ανέμου έχουν <<καθαριστεί>> από τις ιδιομορφίες της εξεταζόμενης περιοχής και ανάγονται σε σταθερές συνθήκες.
- **Εκτίμηση του κλίματος του ανέμου.** Χρησιμοποιώντας το σύνολο δεδομένων που παρέχει ένας ανεμολογικός άτλαντας, το πρόγραμμα μπορεί να δώσει μια εκτίμηση του κλίματος του ανέμου στην συγκεκριμένη περιοχή, κάνοντας τους αντίστροφους υπολογισμούς με αυτούς που χρησιμοποιεί για την δημιουργία του Άτλαντα.
- **Εκτίμηση δυνατοτήτων παράγωγης ισχύος.** Το ολικό ενεργειακό αποτέλεσμα του μέσου ανέμου υπολογίζεται από το WASP. Επιπλέον, αν δοθεί στο WASP η καμπύλη ισχύος της Α/Γ που θα χρησιμοποιηθεί, αυτό μπορεί να δώσει μια εκτίμηση της μέσης ετήσιας παράγωγης ενέργειας.

5.2.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ WASP

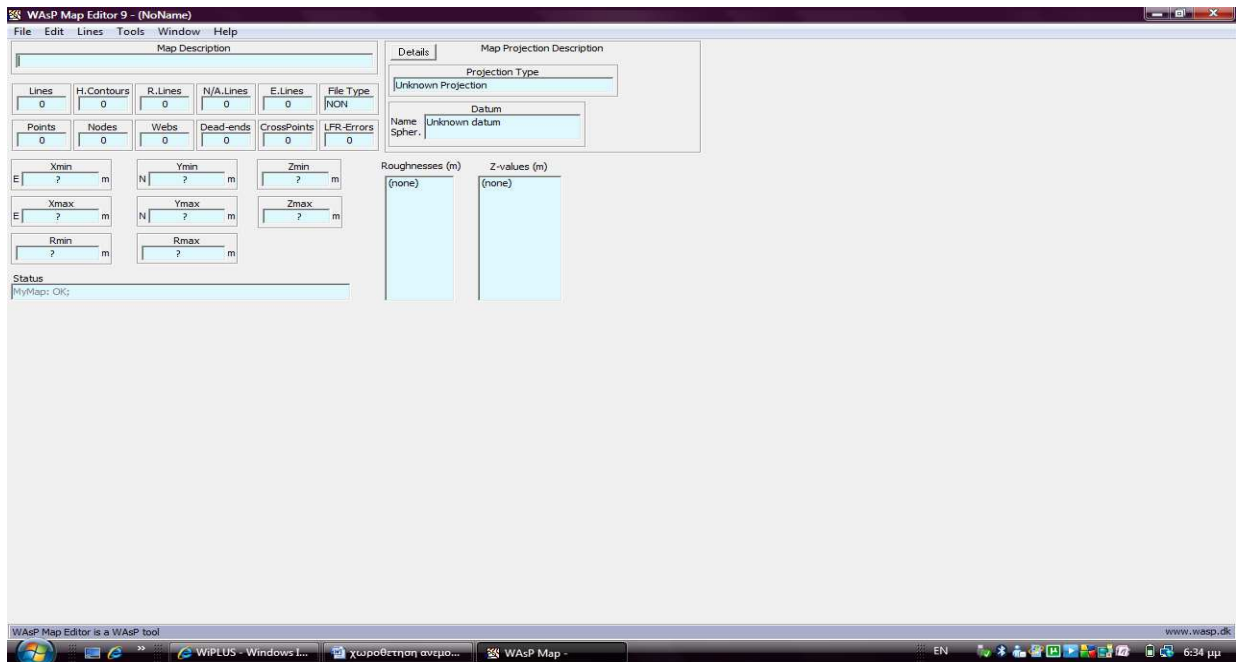
Η συγκεκριμένη εργασία που πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του προγράμματος WASP έχει ως σκοπό τη σωστή χωροθέτηση (τοποθέτηση σε κατάλληλο χώρο) ανεμογεννητριών στη κορυφογραμμή του Νομού Χανίων που ονομάζεται Μαλάξα. Ανάλογα από την διεύθυνση, την ένταση του ανέμου, την τραχύτητα του εδάφους, επιλέχθηκε η κατάλληλη θέση για τις ανεμογεννήτριες.



Εικόνα 5.1: Ο χάρτης του google earth απεικονίζει τη κορυφογραμμή Μαλάξα του νομού Χανίων όπου έγινε η μελέτη χωροθέτησης των ανεμογεννητριών.

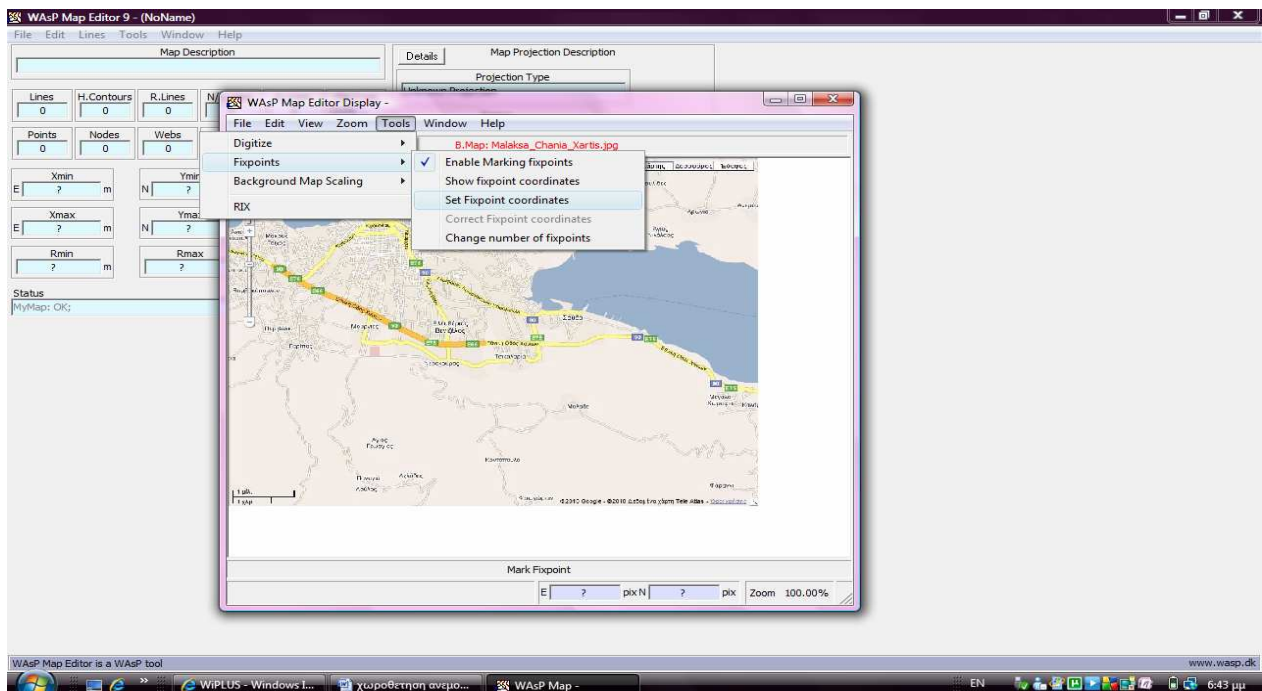
Με τη βοήθεια του προγράμματος WASP έγιναν οι ισοϋψείς στον παραπάνω χάρτη ακλουθώντας τα βήματα:

1. Άνοιγμα του προγράμματος WASP map editor και έπειτα φόρτωση της εικόνας του χάρτη ο οποίος στη συνέχεια θα ψηφιοποιηθεί (εικόνα 5.2):

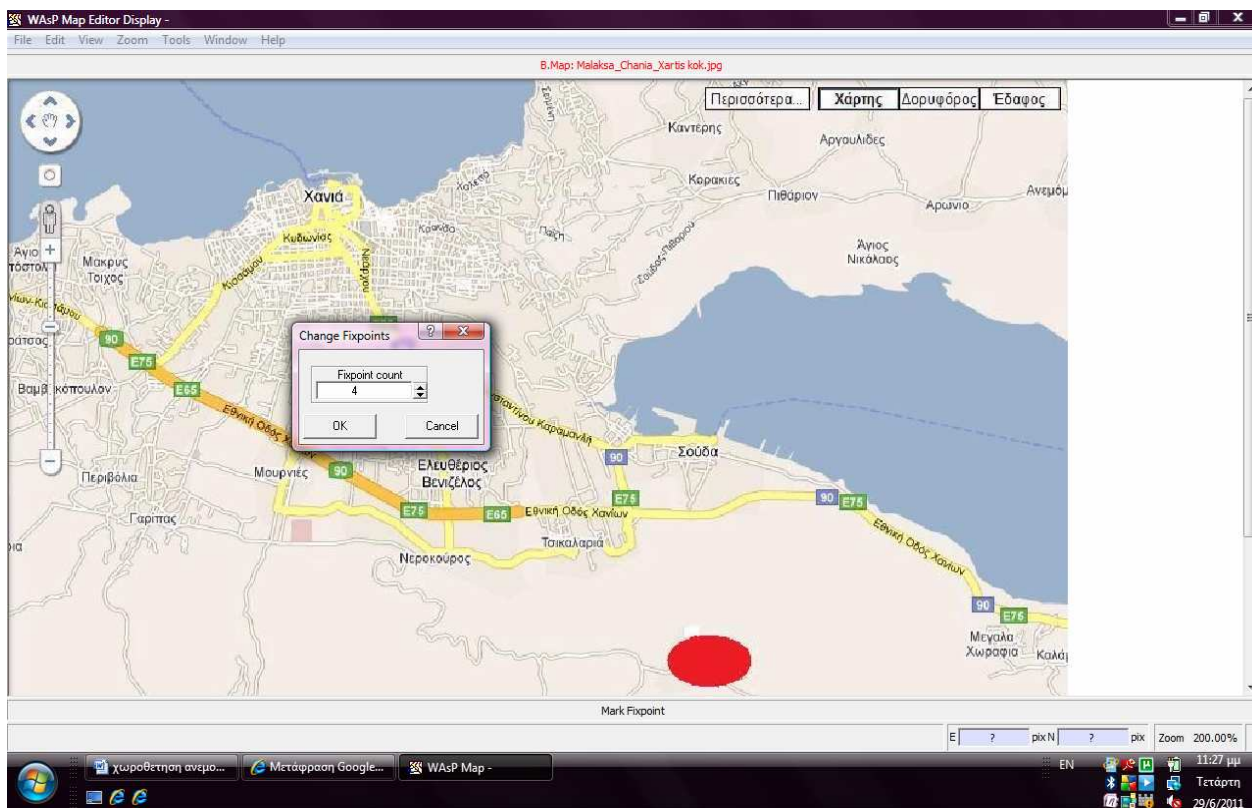


Εικόνα 5.2: Αρχική σελίδα του προγράμματος WASP map editor.

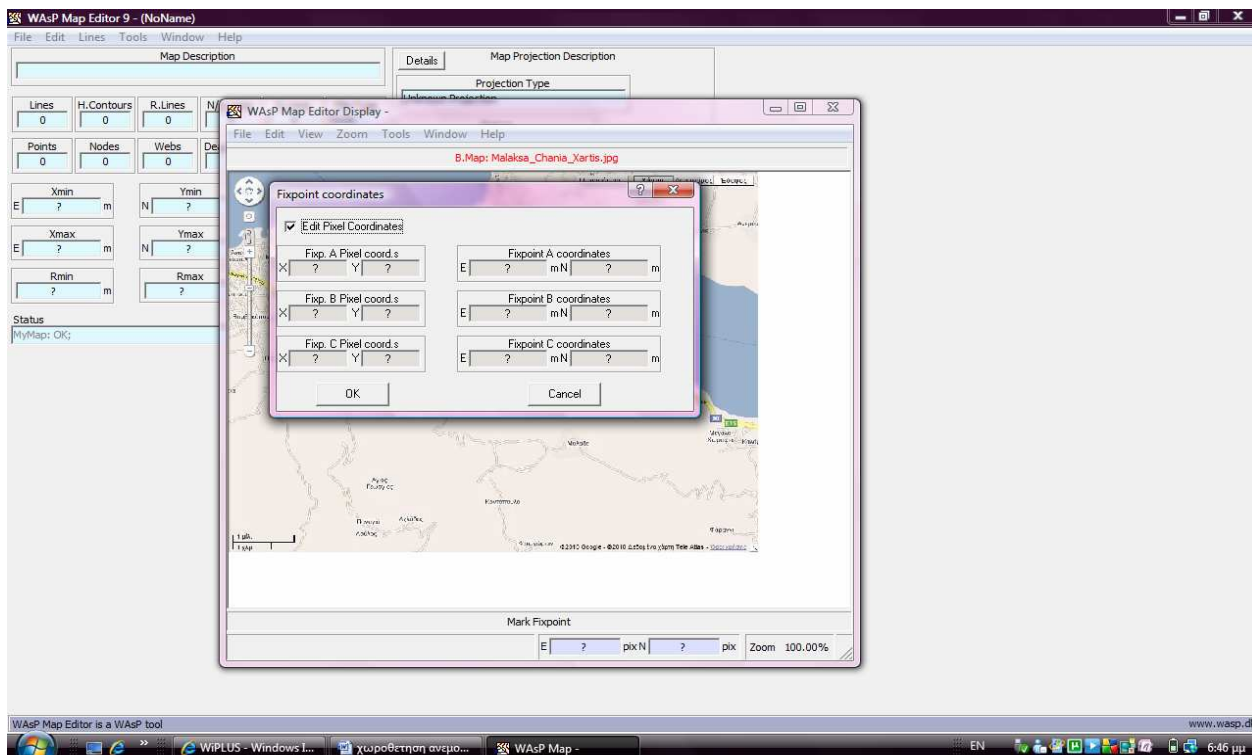
2. Για την ψηφιοποίηση πρέπει πρώτα να γίνει καταχώρηση σημείων σε μέτρα και επίσης καταχώρηση τραχύτητας ανάλογα αν είναι θάλασσα, προάστια πόλης, αστική περιοχή ή κορυφογραμμή. Τα βήματα όπου φαίνονται και στις επόμενες εικόνες (5.3, 5.4, 5.5) είναι: tools-fixpoints-set fixpoint coordinates, μετά επιλογή edit pixel coordinates-καταχώρηση σημείων σε μέτρα, και έπειτα file-digitize-enable digitizing-καταχώρηση κατηγορία τραχύτητας (θάλασσα, κορυφογραμμη:1, προάστια πολεων:2, αστική περιοχή:3) και στην συνέχεια έγινε η ψηφιοποίηση.



Εικόνα 5.3: Άνοιγμα του χάρτη που απεικονίζει την Μαλάξα ώστε να γίνει η ψηφιοποίηση.



Εικόνα 5.4: Καταχώρηση του αριθμού fixpoint στον χάρτη.



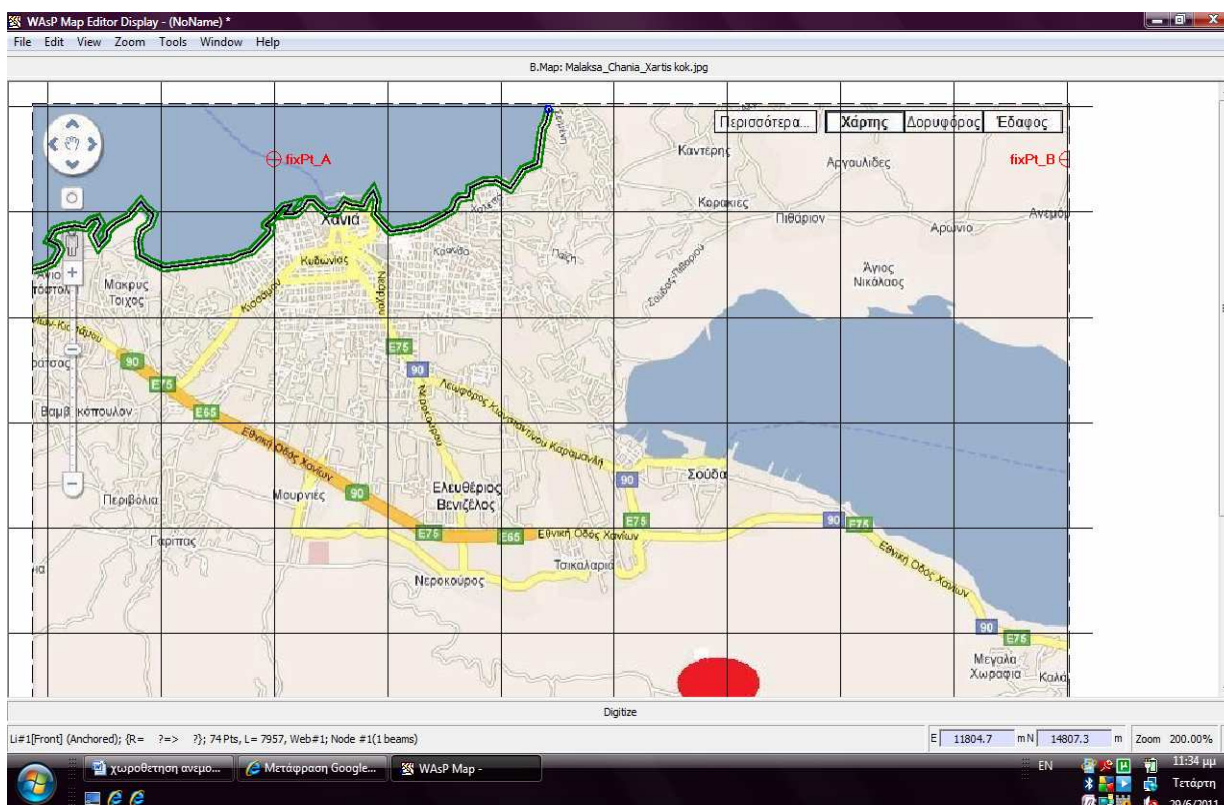
Εικόνα 5.5: Καταχώρηση των fixpoint στον χάρτη.

Πίνακας 5.1: Συντεταγμένες των fixpoints.

	Fixp. Pixel coord. s	
	X	Y
A	209	46
B	893	46
C	893	614
D	209	614

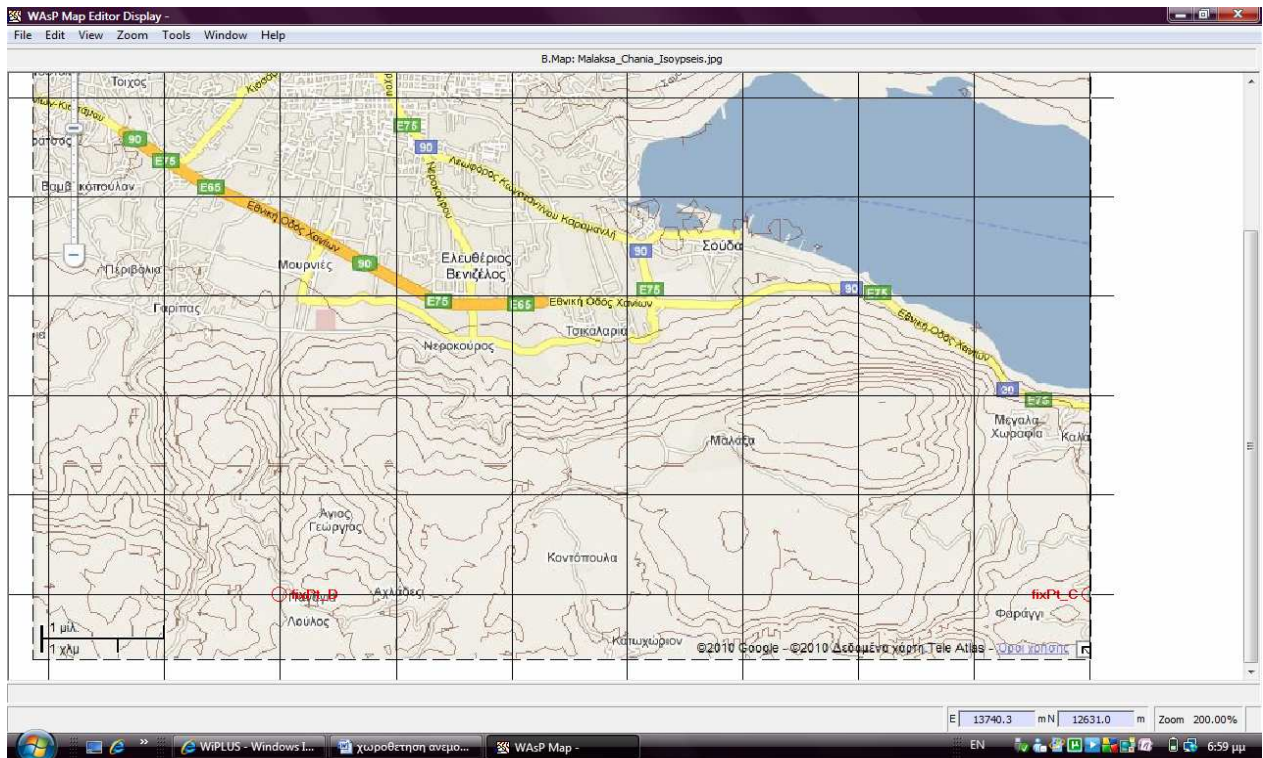
	Fixp. Pixel coord. s	
	E	Mn
A	10000	16500
B	17000	16500
C	17000	10000
D	10000	10000

Μετά την προσθήκη των fixpoints αρχίζει η ψηφιοποίηση του χάρτη (εικόνα 5.6).



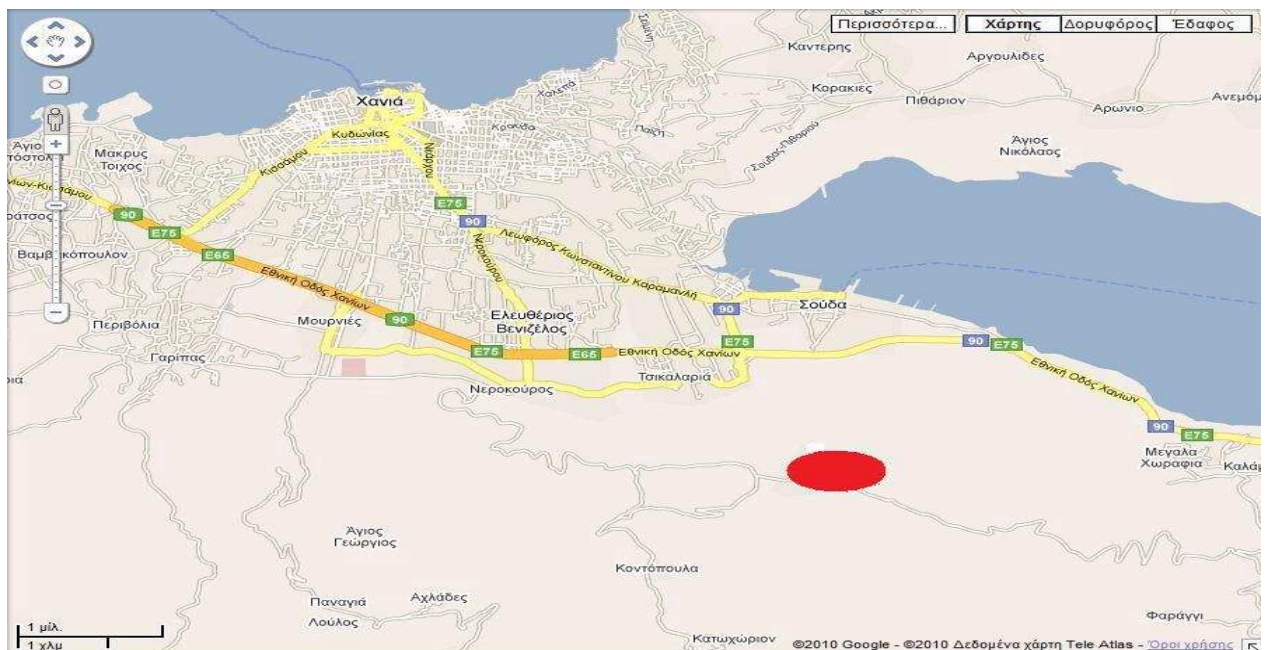
Εικόνα 5.6: Ξεκίνημα της ψηφιοποίησης του χάρτη.

Στην εικόνα 5.7 διακρίνεται ο ψηφιοποιημένος ο χάρτης, που απεικονίζει τη κορυφογραμμή Μαλάζα.



Εικόνα 5.7:Ο χάρτης ψηφιοποιημένος.

Η επιλογή του συγκεκριμένου σημείου εγκατάστασης του αιολικού πάρκου (εικόνα 5.8 - κόκκινο χρώμα) έγινε επειδή βρίσκεται σε κορυφογραμμή. Στα υπόλοιπα σημεία της κορυφογραμμής υπάρχουν εγκαταστάσεις κεραιών, επομένως είναι απαγορευτικά για την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου.



Εικόνα 5.8:Εμφάνιση του σημείου εγκατάστασης του αιολικού πάρκου.

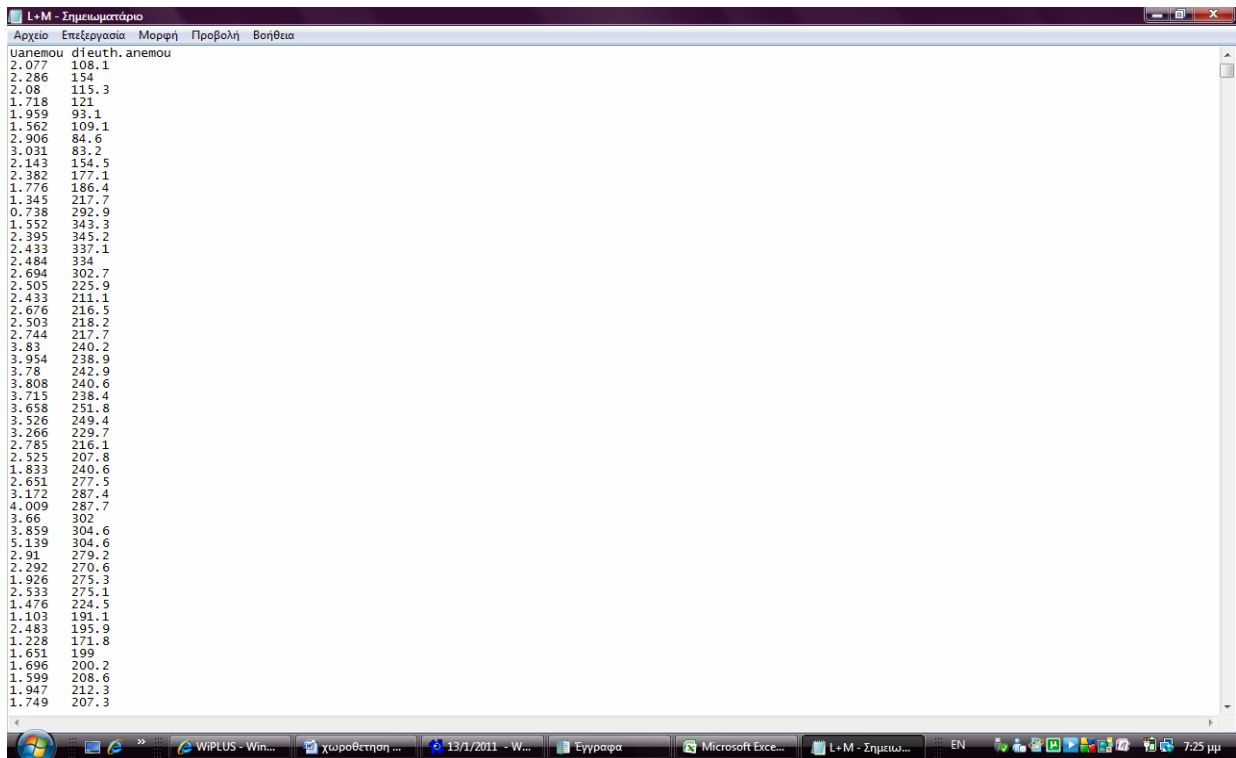
5.2.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ως βάση των ανεμολογικών δεδομένων (ταχύτητα του ανέμου και διεύθυνση ανέμου) χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις του Τ.Ε.Ι. Χανίων (εικόνα 5.9), για ύψος ανεμόμετρου και ανεμοδείκτη 20m από την επιφάνεια του εδάφους (10m από το ύψος της ταράτσας του Τ.Ε.Ι.). Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται από το WAsP ως βάση για τον υπολογισμό του αιολικού δυναμικού στην περιοχή εγκατάστασης του αιολικού πάρκου (Μαλάξα Χανίων), λαμβάνοντας υπόψη την ορογραφία και την τραχύτητα ολόκληρης της γύρω περιοχής, που απεικονίζεται και στην εικόνα 5.8.

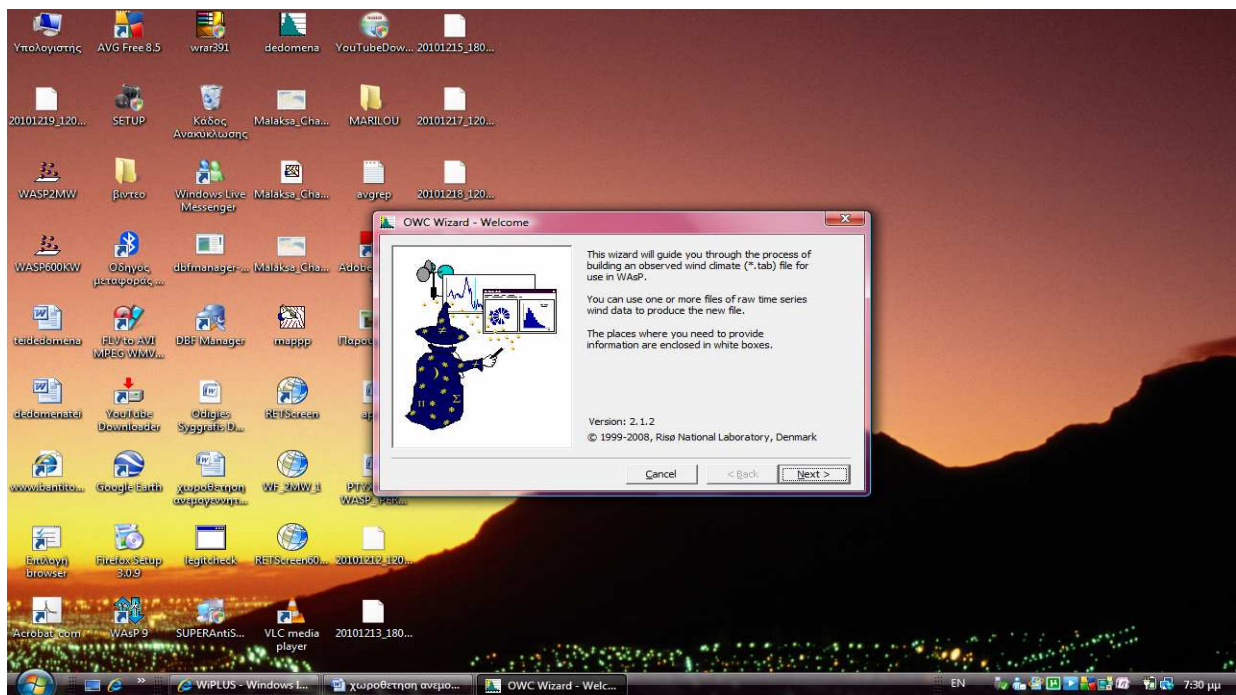
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1												Uanemou dieuth.anemou							
2	201	601	2009	1	100	8.68	71.5	1.6	111.3	9.29	74.6	2.077	108.1	0	951	0	-1068	0.173	6
3	201	601	2009	1	200	8.58	74.3	2.026	156.4	9.21	78.3	2.286	154	0	941	0	-1067	0.173	6
4	201	601	2009	1	300	8.7	72.9	1.728	114.7	9.33	77.2	2.08	115.3	0	950	0	-1065	0	6
5	201	601	2009	1	400	8.82	71.8	1.362	131.9	9.47	74.6	1.718	121	0	950	0	-1065	0.173	6
6	201	601	2009	1	500	9.15	69.99	1.523	97.1	9.75	73	1.959	93.1	0	941	0	-1068	0	6
7	201	601	2009	1	600	8.92	73.7	1.247	113.7	9.56	77.6	1.562	109.1	0	941	0	-1068	0.173	6
8	201	601	2009	1	700	9.03	74.8	2.333	81.4	9.66	79.5	2.906	84.6	0	941	0	-1067	0.173	6
9	201	601	2009	1	800	8.68	73.3	2.408	80	9.23	78.1	3.031	83.2	0	950	0.574	-1066	0.173	6
10	201	601	2009	1	900	8.51	76	1.861	159.4	9.1	81.5	2.143	154.5	0	942	17.9	-1065	0	6
11	201	601	2009	1	1000	8.9	74.3	2.194	176.5	9.47	78.8	2.382	177.1	0	950	45.65	-1065	0.173	6
12	201	601	2009	1	1100	9.79	70.8	1.615	185.7	10.28	74.6	1.776	186.4	0	949	98	-1066	0	6
13	201	601	2009	1	1200	10.46	68.01	1.182	217.2	10.9	72.2	1.345	217.7	0	942	184.4	-1062	0.177	6
14	201	601	2009	1	1300	11.13	65.24	0.628	293.7	11.43	69.45	0.738	292.9	0	940	202.9	-1056	0	6
15	201	601	2009	1	1400	11.74	57.36	1.238	339	11.86	59.78	1.552	343.3	0	945	406.9	-6999	0	6
16	201	601	2009	1	1500	12.04	53.86	1.923	347.8	12.07	55.03	2.395	345.2	0	941	481.6	-6999	0.173	6
17	201	601	2009	1	1600	11.99	54.93	1.897	328.9	12.1	56.07	2.433	337.1	0	942	331.5	-6999	0.173	6
18	201	601	2009	1	1700	11.57	58.7	1.851	334.9	11.82	60.12	2.484	334	0	944	147	-6999	0	6
19	201	601	2009	1	1800	10.66	60.71	2.135	298.3	11.22	61.72	2.694	302.7	0	946	8.09	-1059	0.338	6
20	201	601	2009	1	1900	9.37	69.63	2.095	218.4	9.89	72.4	2.505	225.9	0	944	0	-1064	0	6
21	201	601	2009	1	2000	8.85	69.64	2.016	202.4	9.67	71.6	2.433	211.1	0	946	0	-1066	0	6
22	201	601	2009	1	2100	9.33	70.7	2.187	207.3	10.03	73.7	2.676	216.5	0	947	0	-1064	0.173	6
23	201	601	2009	1	2200	9.33	71.2	2.043	207	10.15	73.7	2.503	218.2	0	947	0	-1068	0	6
24	201	601	2009	1	2300	9.55	70.9	2.325	210.7	10.3	73.9	2.744	217.7	0	947	0	-1066	0	6
25	201	601	2009	1	2400	10.56	68	3.139	232.2	11.25	71.3	3.83	240.2	0	946	0	-1068	0	6
26	201	601	2009	2	100	10.89	67.68	3.238	232.7	11.54	70.9	3.954	238.9	0	946	0	-1068	0	6

Εικόνα 5.9:Μετεωρολογικά δεδομένα του Τ.Ε.Ι Χανίων.

Σε ένα αρχείο txt τοποθετήθηκαν τα ετήσια δεδομένα (με ωριαίο χρονικό βήμα) της ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου (εικόνα 5.10).



Εικόνα 5.10: Ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου σε txt αρχείο.

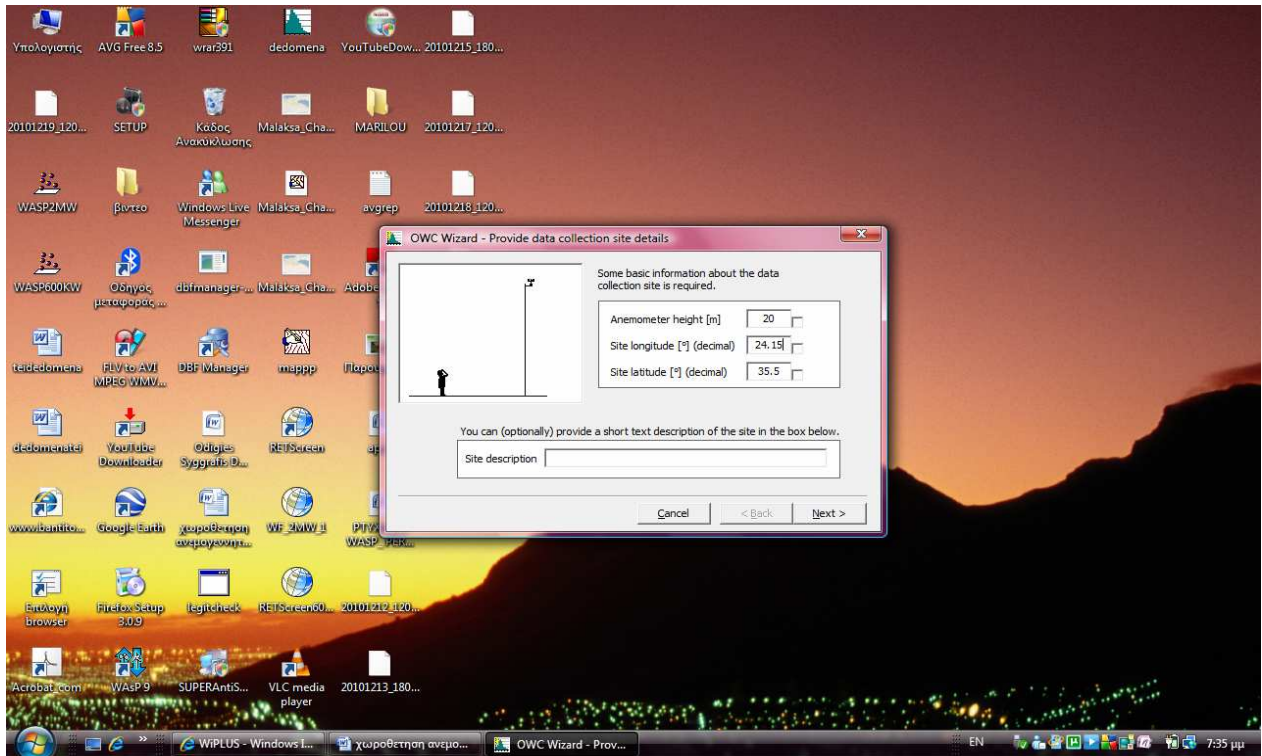


Εικόνα 5.11:Εισαγωγή των δεδομένων στον OWC Wizard.

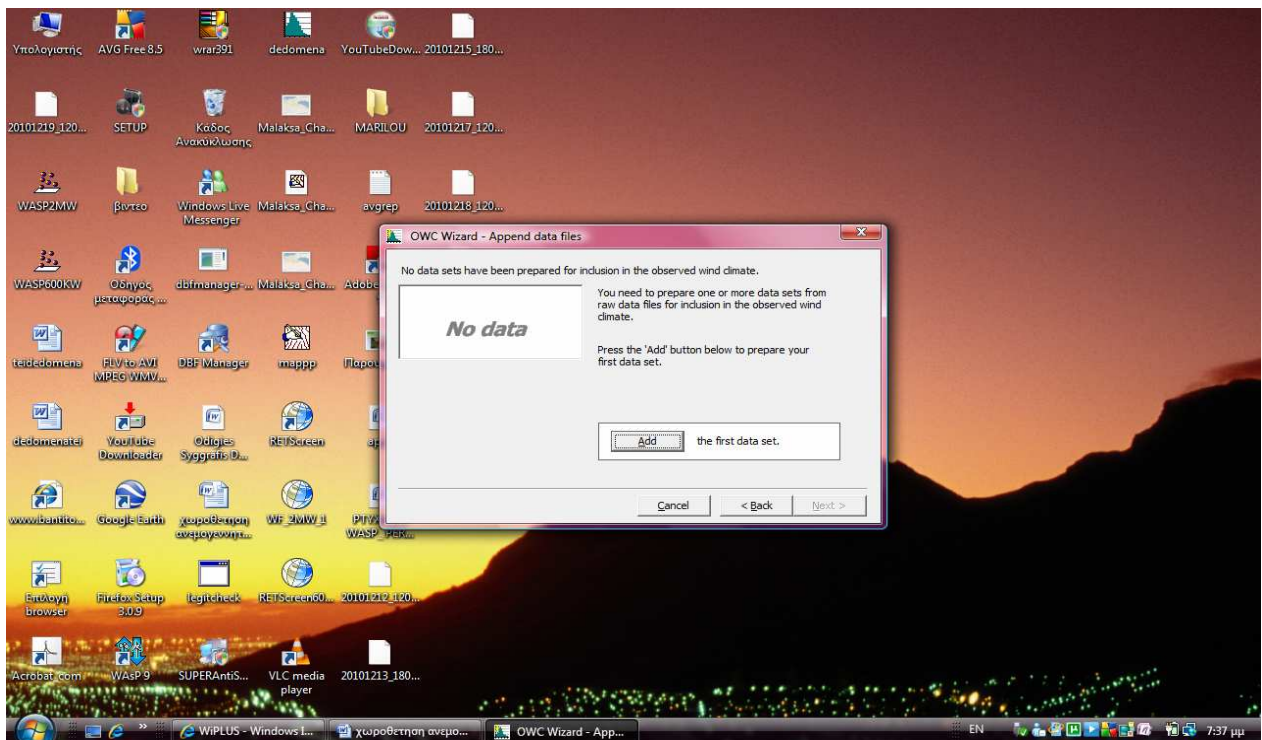
Στη συνέχεια εισήχθησαν τα δεδομένα στον OWC Wizard , έτσι ώστε να μπορέσουν να εισαχθούν στο WASP, και έγινε η ακόλουθη διαδικασία (εικόνα 5.11):

1.Εισαγωγή γωνιών γεωγραφικού μήκους και πλάτους σε δεκαδικό σύστημα αρίθμησης, και στη συνέχεια προσθήκη των δεδομένων του txt αρχείου. Τα δεδομένα που

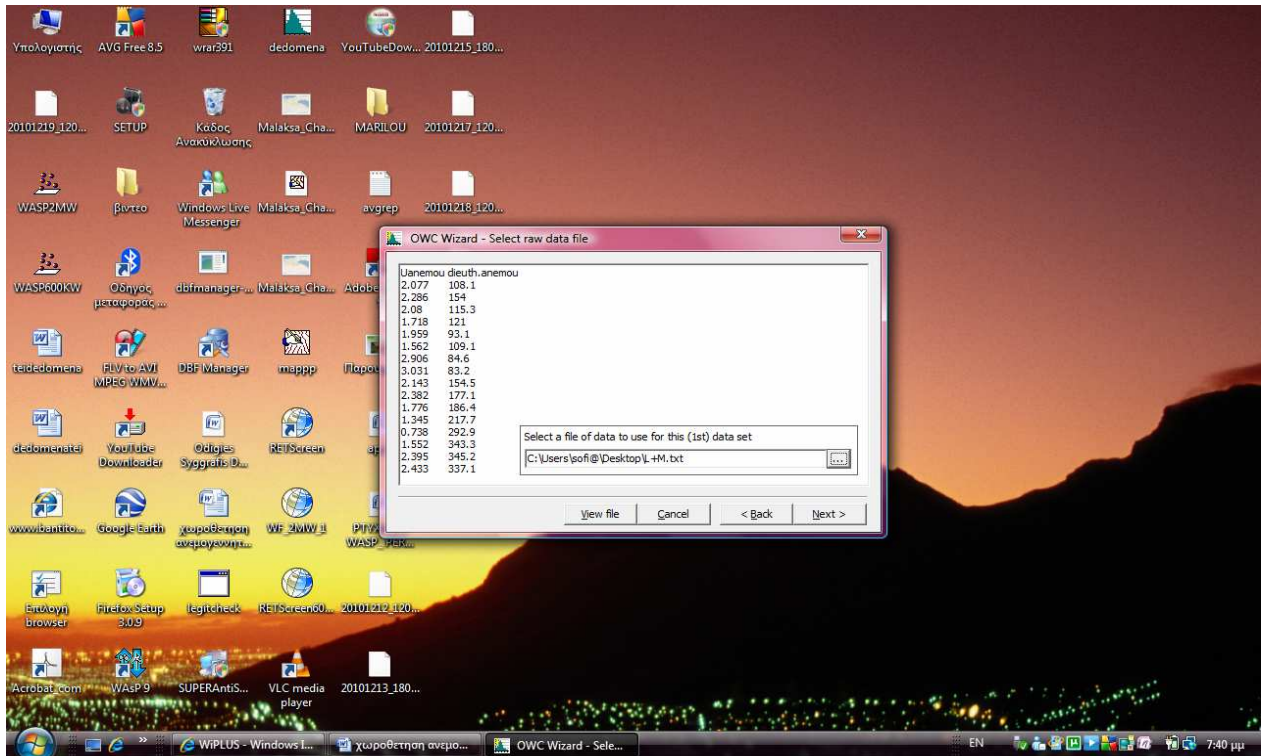
καταχωρήθηκαν είναι το ύψος του ανεμόμετρου όπου είναι 20 m, το γεωγραφικό μήκος και πλάτος των Χανίων που είναι 24.15 μοίρες και 35.5 μοίρες αντίστοιχα (εικόνες 5.12, 5.13, 5.14, 5.15):



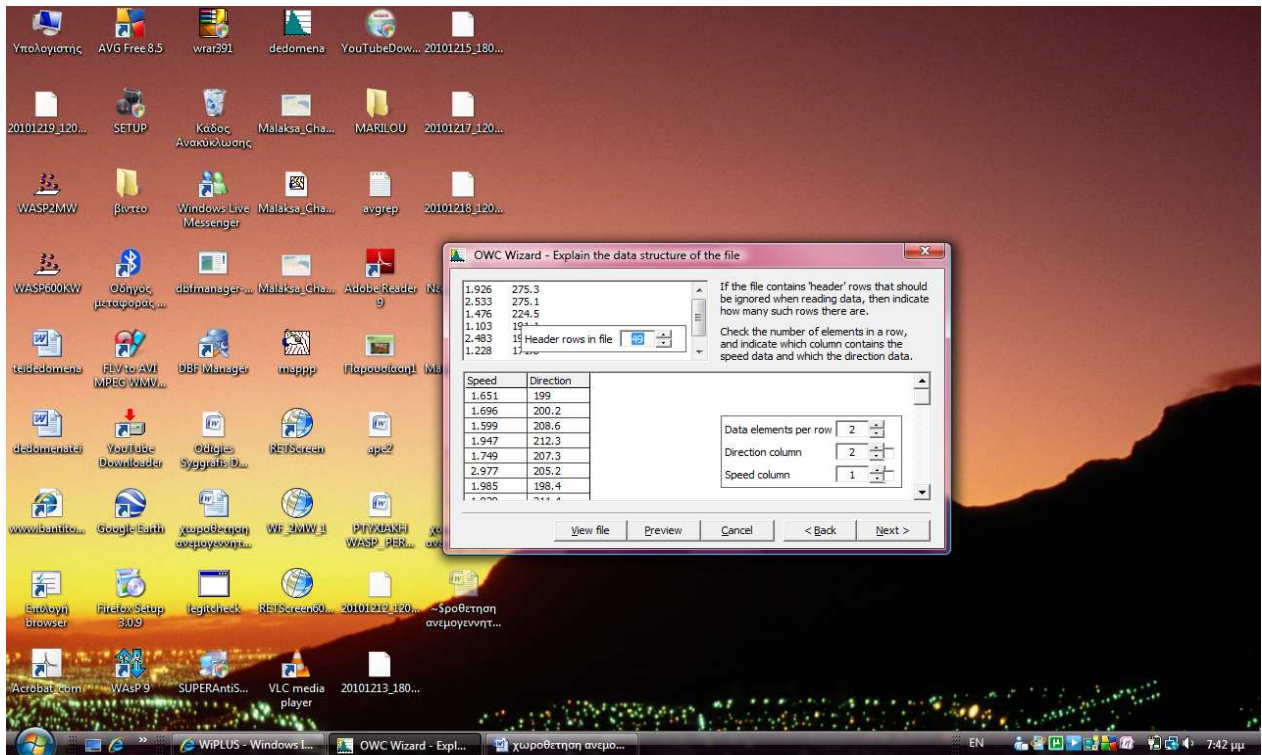
Εικόνα 5.12:Καταχώρηση γεωγραφικού μήκους και πλάτους των Χανίων.



Εικόνα 5.13: Εισαγωγή αρχείου txt ανεμολογικών δεδομένων.

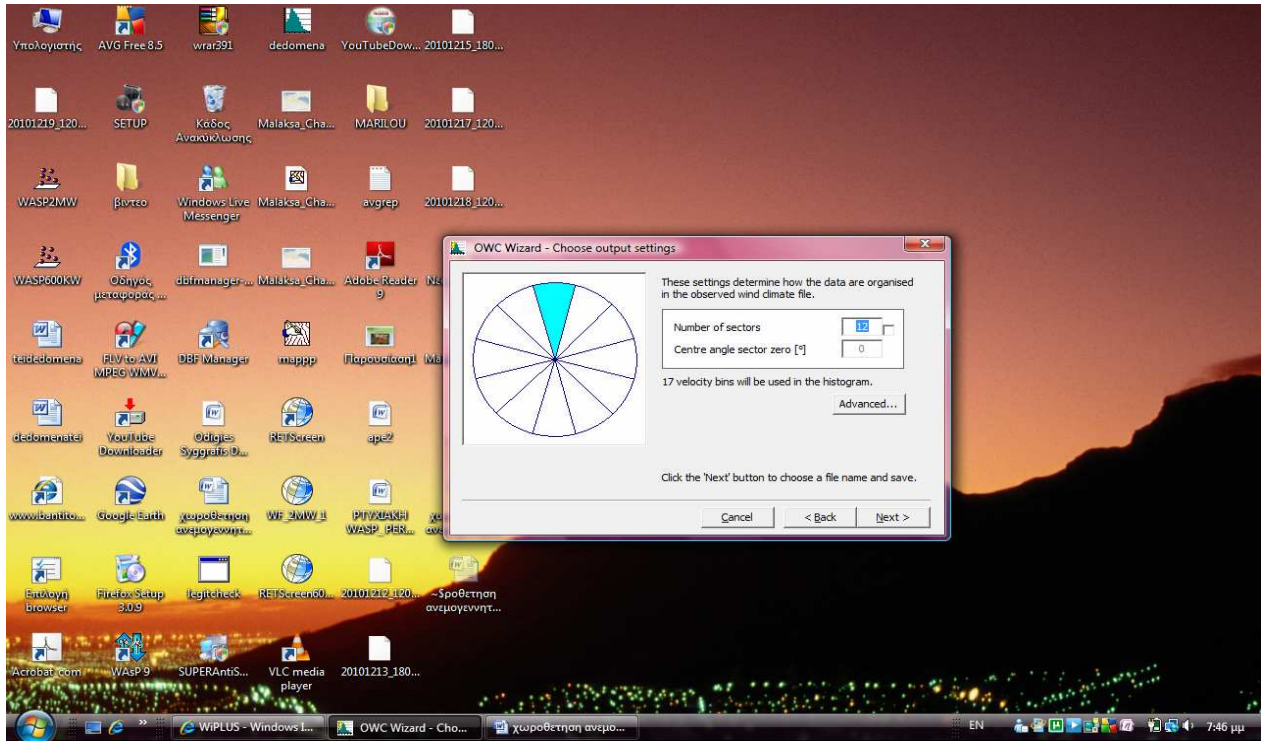


Εικόνα 5.14:Εμφάνιση της ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου μετά την προσθήκη του γεωγραφικού μήκους και πλάτους.

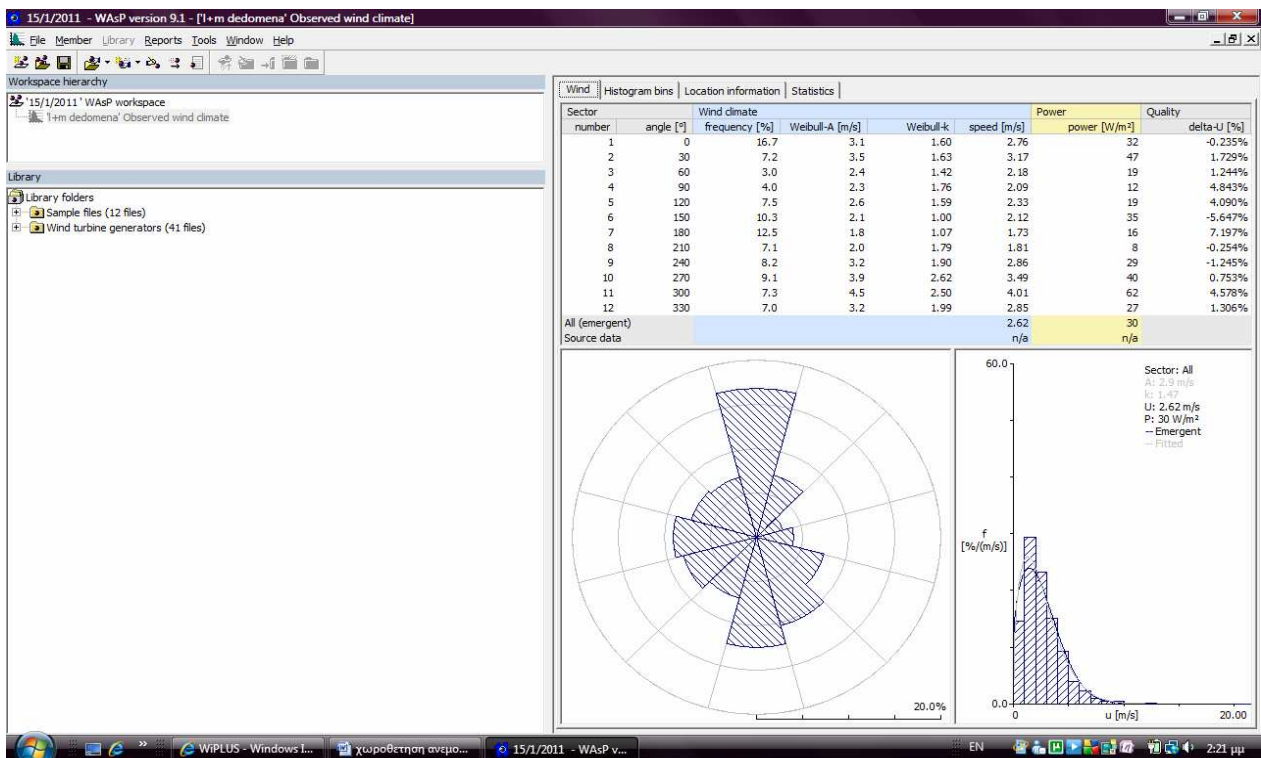


Εικόνα 5.15:Επιλογές για τις γραμμές και στήλες των δεδομένων.

2. Στη συνέχεια γίνεται αλλαγή του αριθμού των τομέων του ροδογράμματος σε 12 (εικόνα 5.16). Η τελική μορφή του ροδογράμματος δείχνεται στην εικόνα 5.17, από όπου προκύπτει ότι οι επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στην προς μελέτη περιοχή βρίσκονται στον άξονα Βορρά-Νότου.



Εικόνα 5.16: Καταχώρηση του αριθμού τομέων του ροδογράμματος.



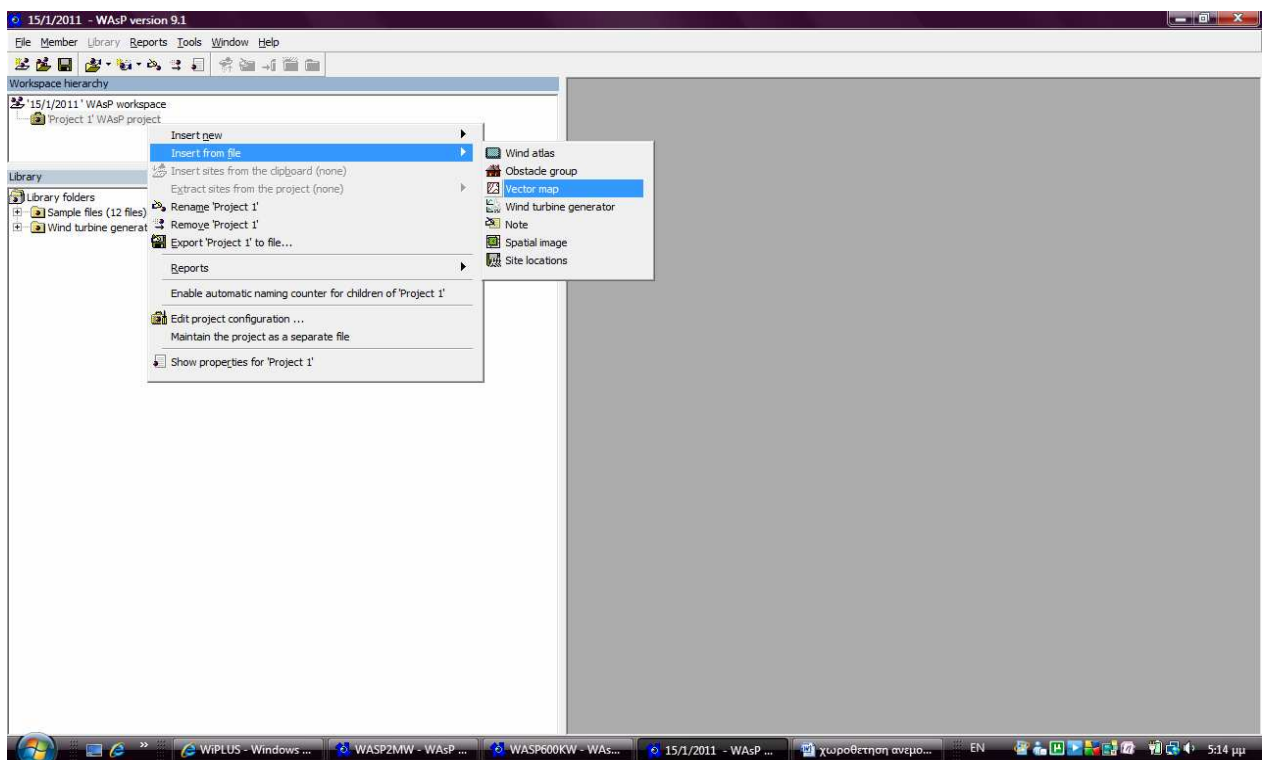
Εικόνα 5.17: Απεικόνιση ροδογράμματος για την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου στη Μαλάξα Χανίων.

5.2.3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΘΕΣΕΩΝ

Σχετικά με τον τύπο των ανεμογεννητριών που απαρτίζουν το αιολικό πάρκο, στην παρούσα εργασία εξετάζονται δύο σενάρια, τον οποίων η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 6MW. Στο πρώτο σενάριο εγκαθίστανται τρεις ανεμογεννήτριες των 2MW, και στο δεύτερο σενάριο δέκα ανεμογεννήτριες των 600kW.

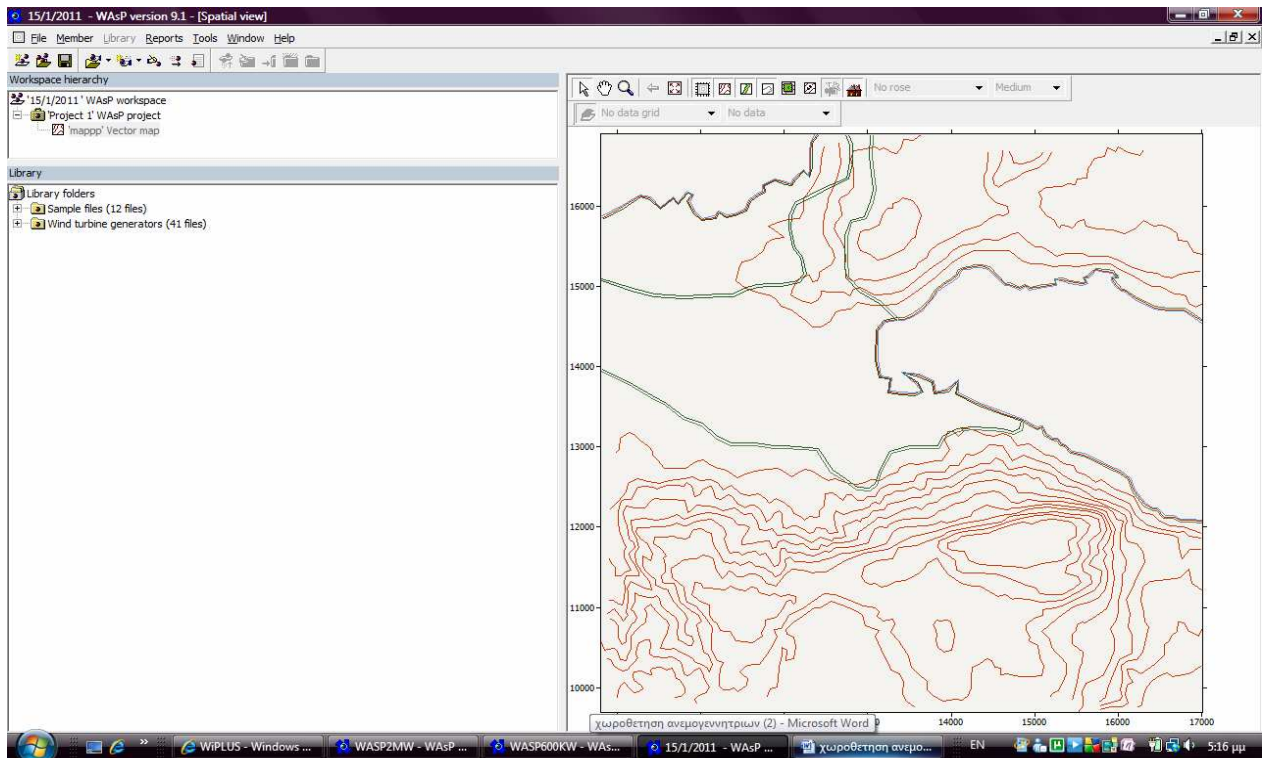
5.2.3.1.ΒΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΤΩΝ 2MW

1. Προσθήκη του χάρτη στο πρόγραμμα WAsP (εικόνα 5.18).



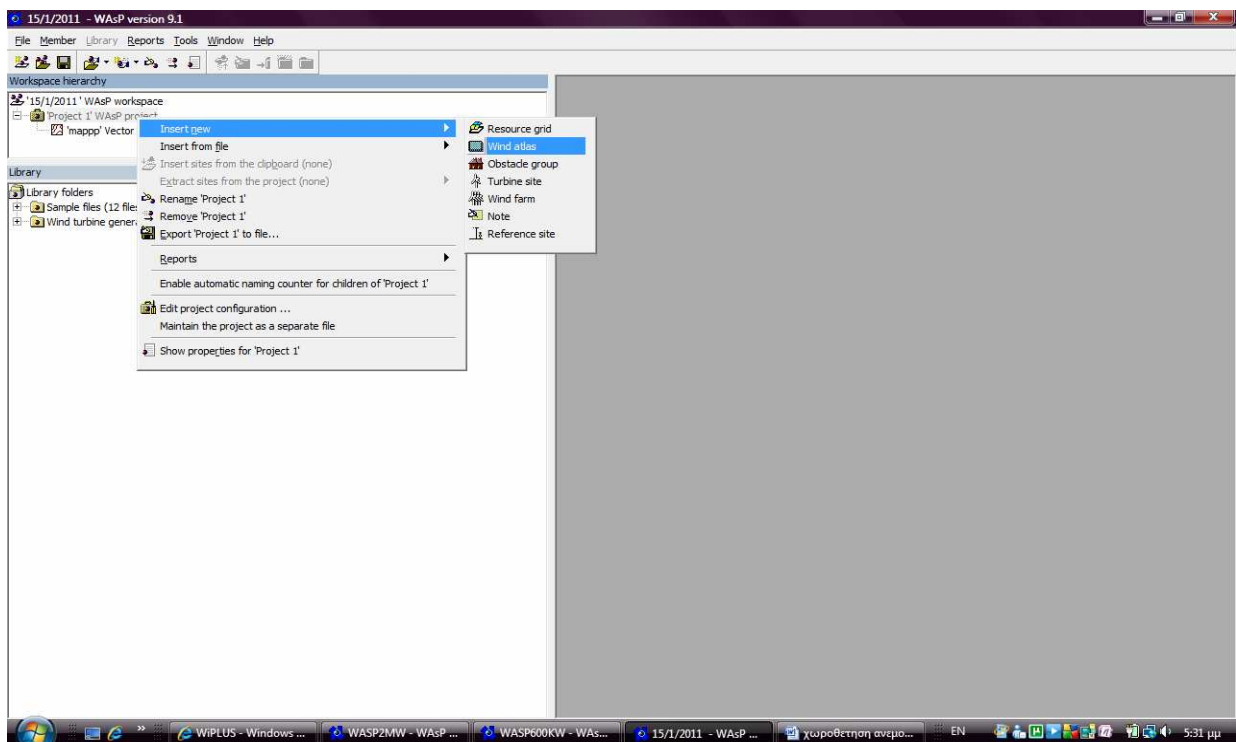
Εικόνα 5.18:Αρχική σελίδα του WAsP.

Εισαγωγή του ψηφιοποιημένου χάρτη που απεικονίζεται η κορυφογραμμή στη Μαλάξα Χανίων (εικόνα 5.19).



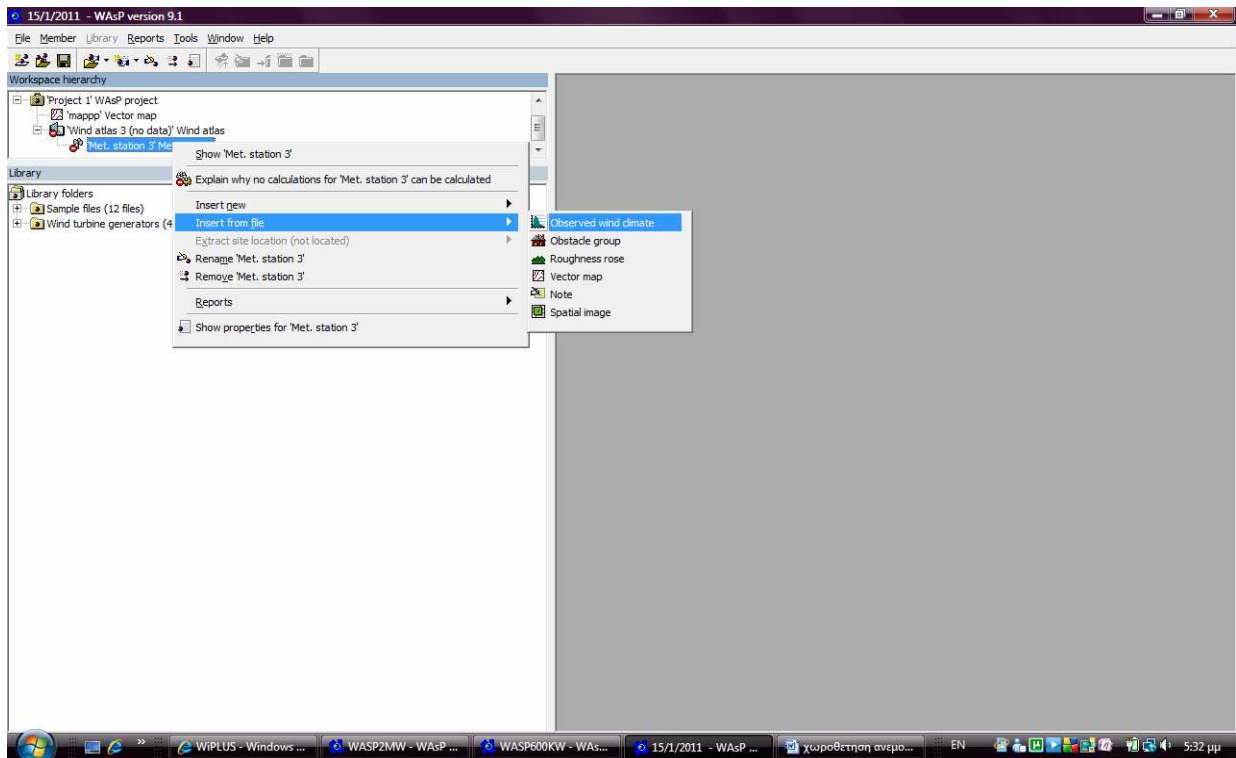
Εικόνα 5.19: Προσθήκη του χάρτη που απεικονίζει την Μαλάζα στο πρόγραμμα WASP.

2. Επιλογή μετεωρολογικού σταθμού (εικόνα 5.20).



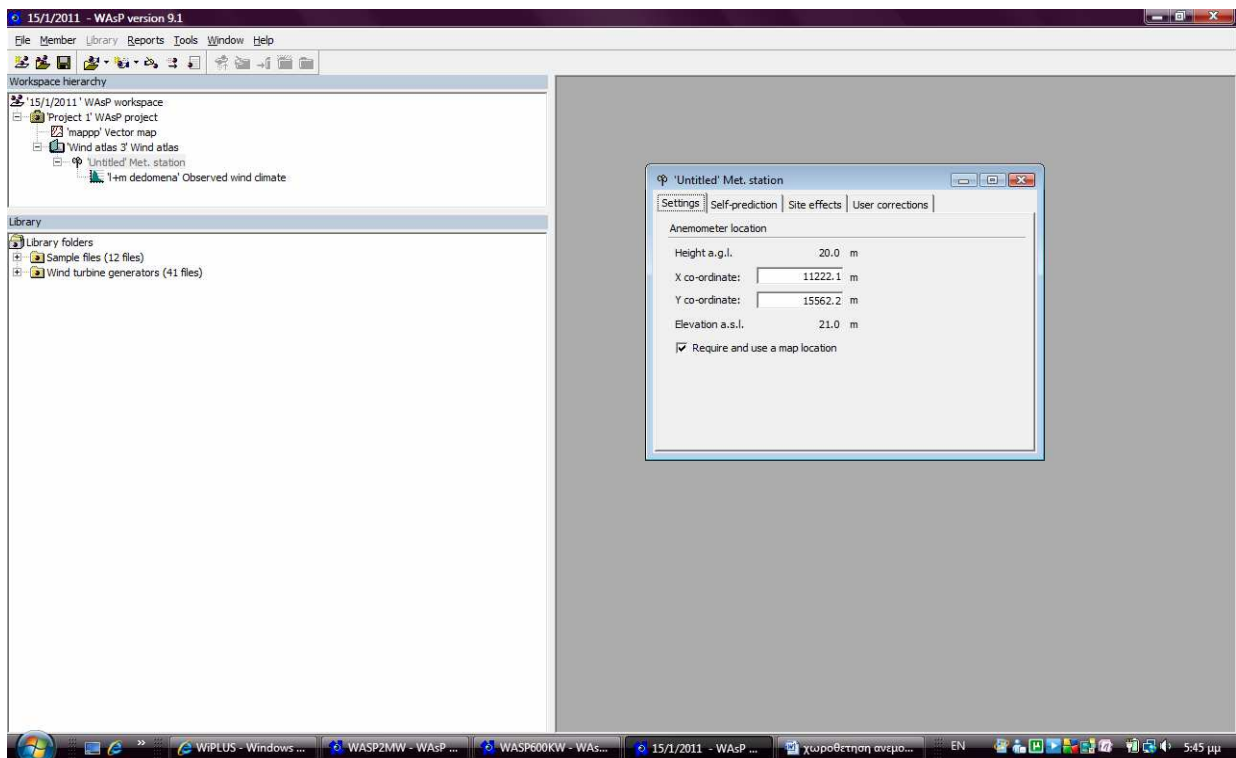
Εικόνα 5.20: Εισαγωγή του μετεωρολογικού σταθμού.

Εισαγωγή των ανεμολογικών δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού (ταράτσα Τ.Ε.Ι. Χανίων - εικόνα 5.21):



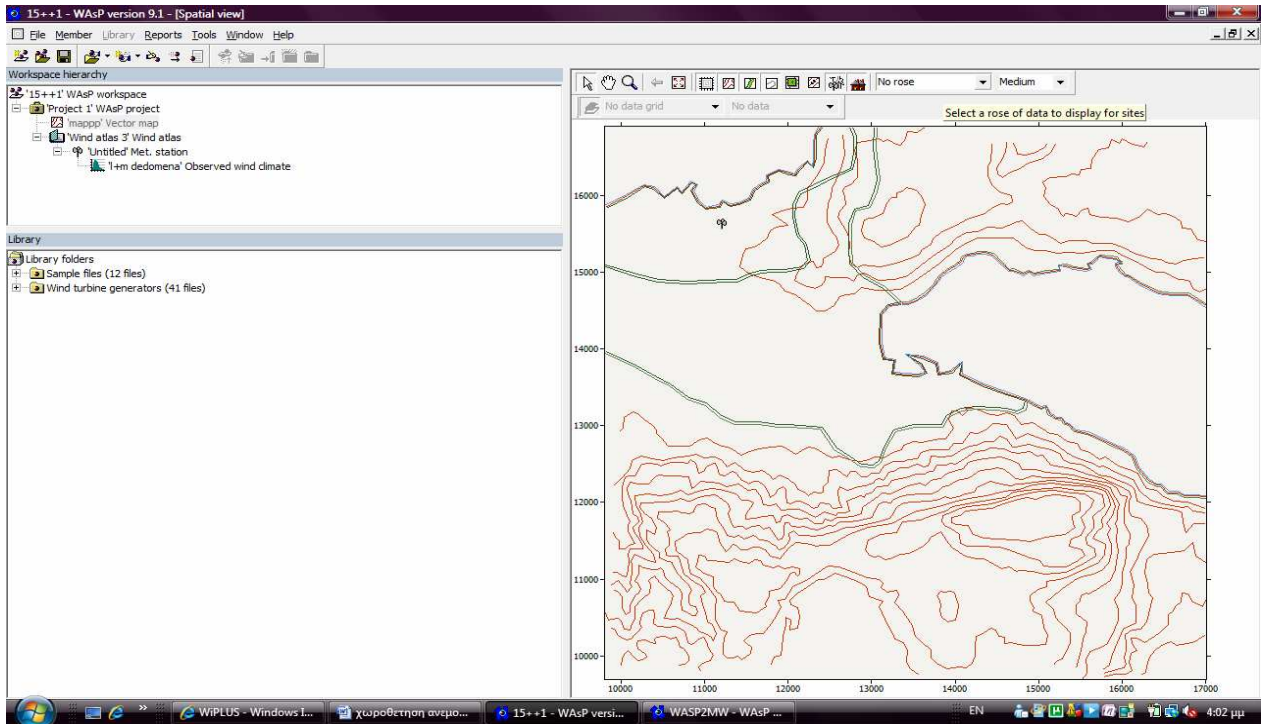
Εικόνα 5.21:Εισαγωγή ανεμολογικών δεδομένων μετεωρολογικού σταθμού.

Προσθήκη των συντεταγμένων του σημείου που βρίσκεται ο μετεωρολογικός σταθμός (εικόνα 5.22).



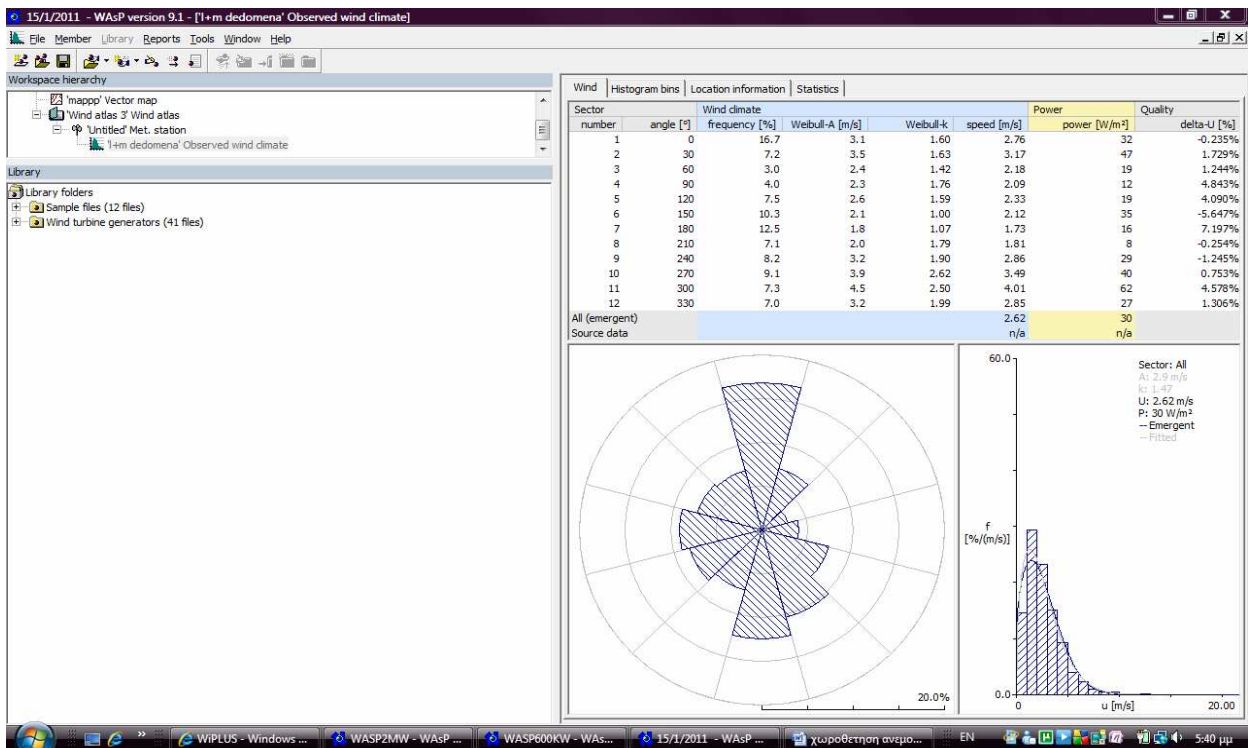
Εικόνα 5.22:Προσθήκη των συντεταγμένων του σημείου που βρίσκεται ο μετεωρολογικός σταθμός.

Στην εικόνα 5.23 διακρίνεται η θέση του μετεωρολογικού σταθμού (πάνω και αριστερά στο χάρτη).



Εικόνα 5.23: Η θέση του μετεωρολογικού σταθμού στο χάρτη των Χανίων.

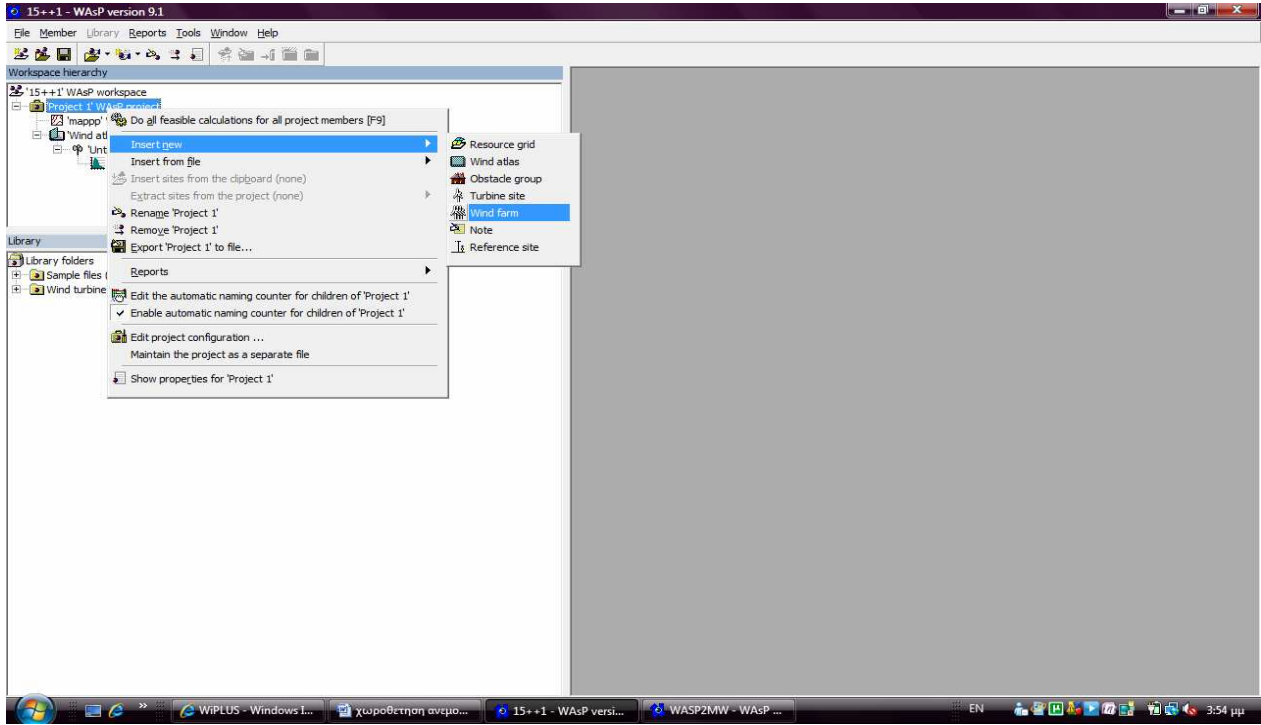
Στην εικόνα 5.24 διακρίνεται το ροδόγραμμα και η κατανομή ταχύτητας του ανέμου για την περιοχή του μετρωρολογικού σταθμού.



Εικόνα 5.24: Εμφάνιση των στοιχείων του κλίματος του αέρα και το παρατηρούμενο κλίμα αέρα OWC.

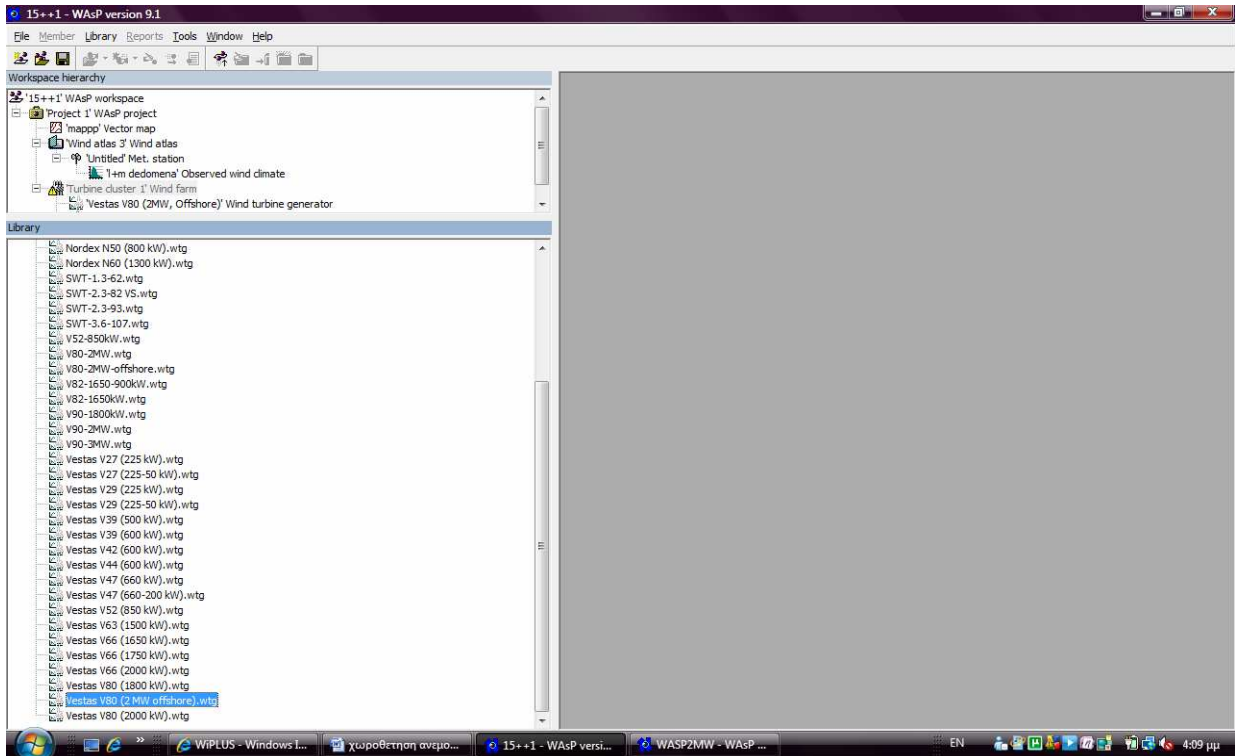
3.Επιλογή ανεμογεννήτριας Vestas V80 (2MW) για την τοποθέτηση του μικρού αιολικού πάρκου. Καταχώρηση των συντεταγμένων των 3 ανεμογεννητριών για να εμφανιστούν στην κατάλληλη θέση (η διαδικασία φαίνεται στις επόμενες 5 εικόνες):

Επιλογή για προσθήκη αιολικού πάρκου (εικόνα 5.25):



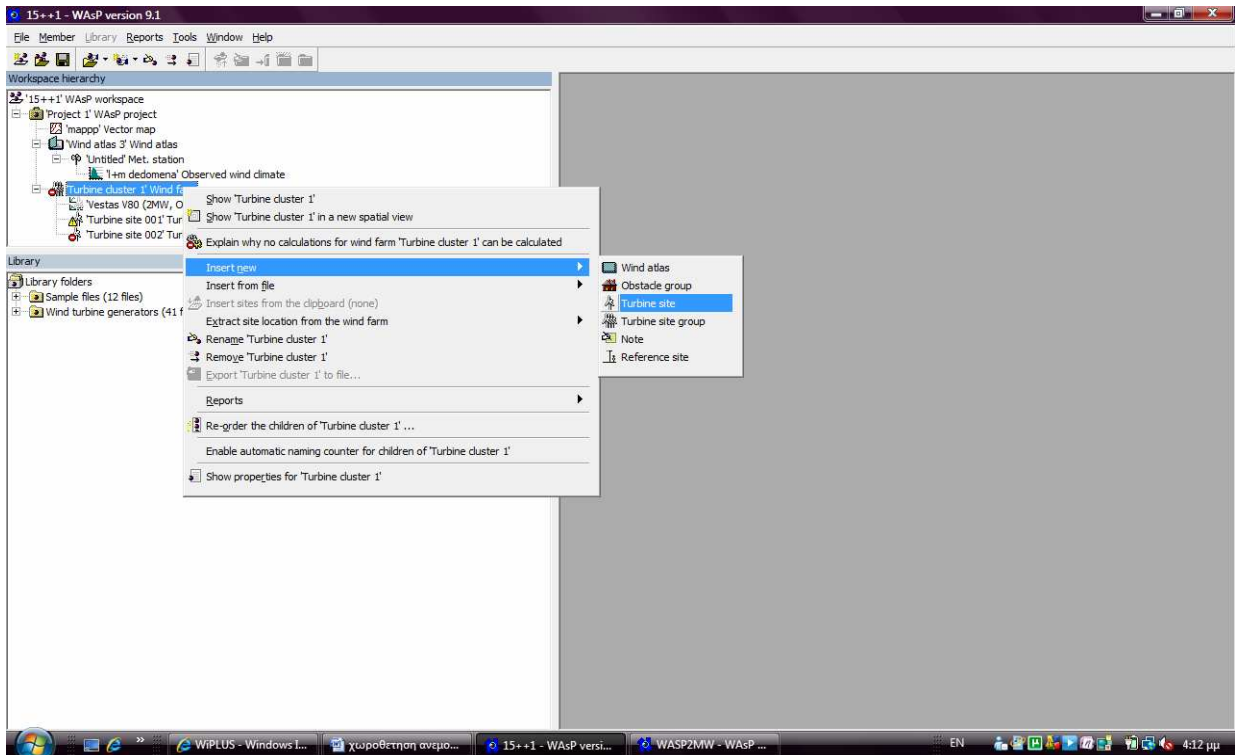
Εικόνα 5.25:Επιλογή για προσθήκη αιολικού πάρκου.

Έγινε επιλογή του τύπου ανεμογεννητριών Vestas V80 (2MW)(εικόνα 5.26):



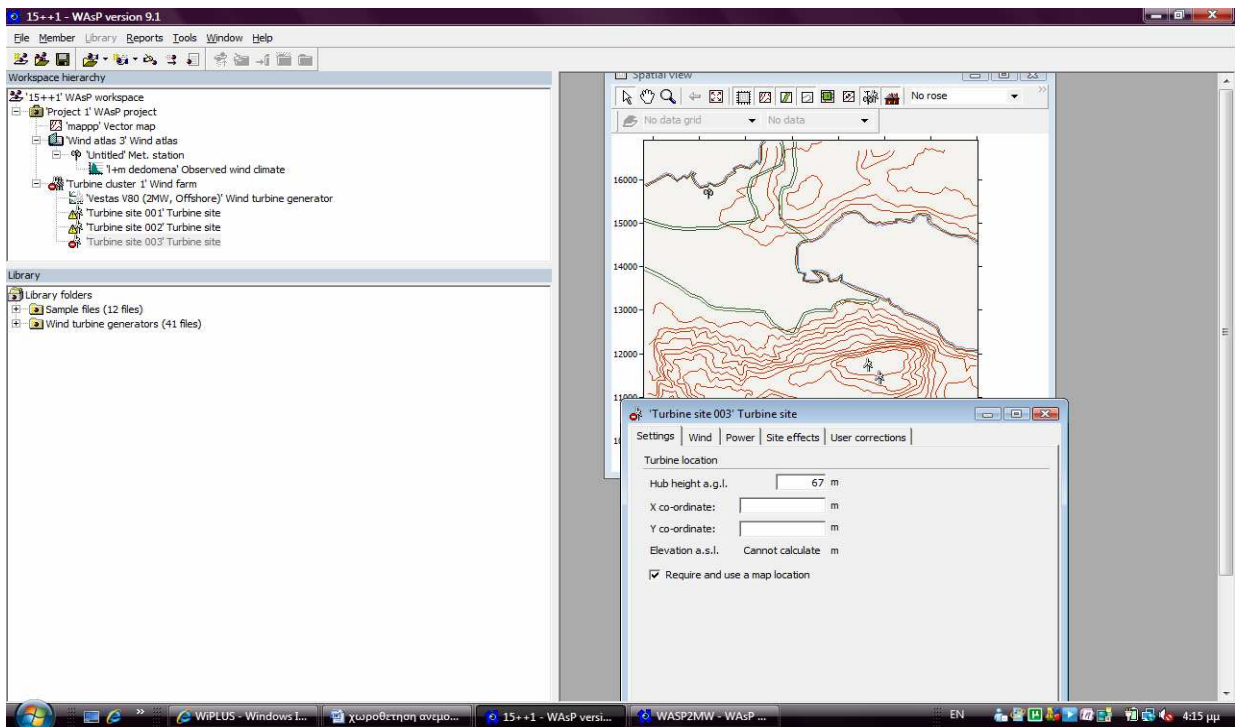
Εικόνα 5.26: Διαλογή του τύπου ανεμογεννητριών Vestas V80.

Σε αυτό το βήμα γίνεται η προσθήκη των τριών ανεμογεννητριών 2MW η κάθε μια (εικόνα 5.27):



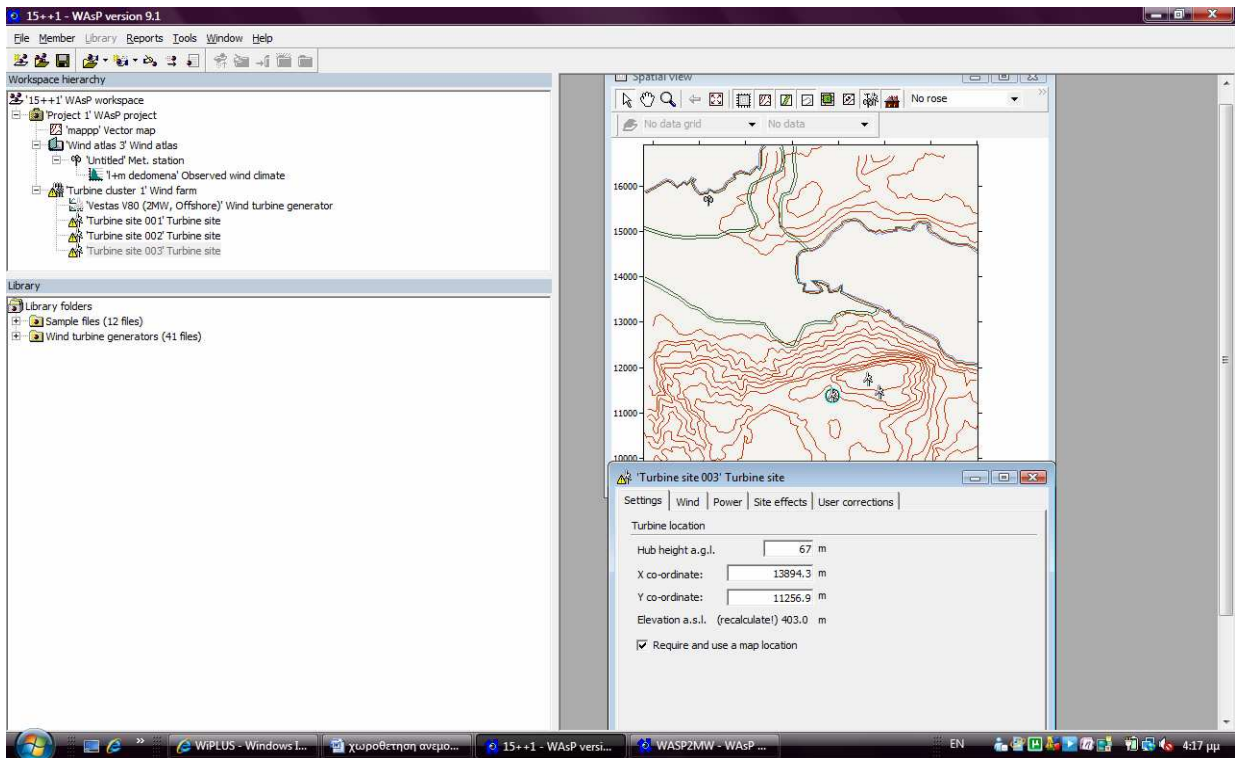
Εικόνα 5.27: Προσθήκη των τριών ανεμογεννητριών 2MW.

Προσθήκη ύψους πύργου, της κάθε ανεμογεννήτριας (67m - εικόνα 5.28):



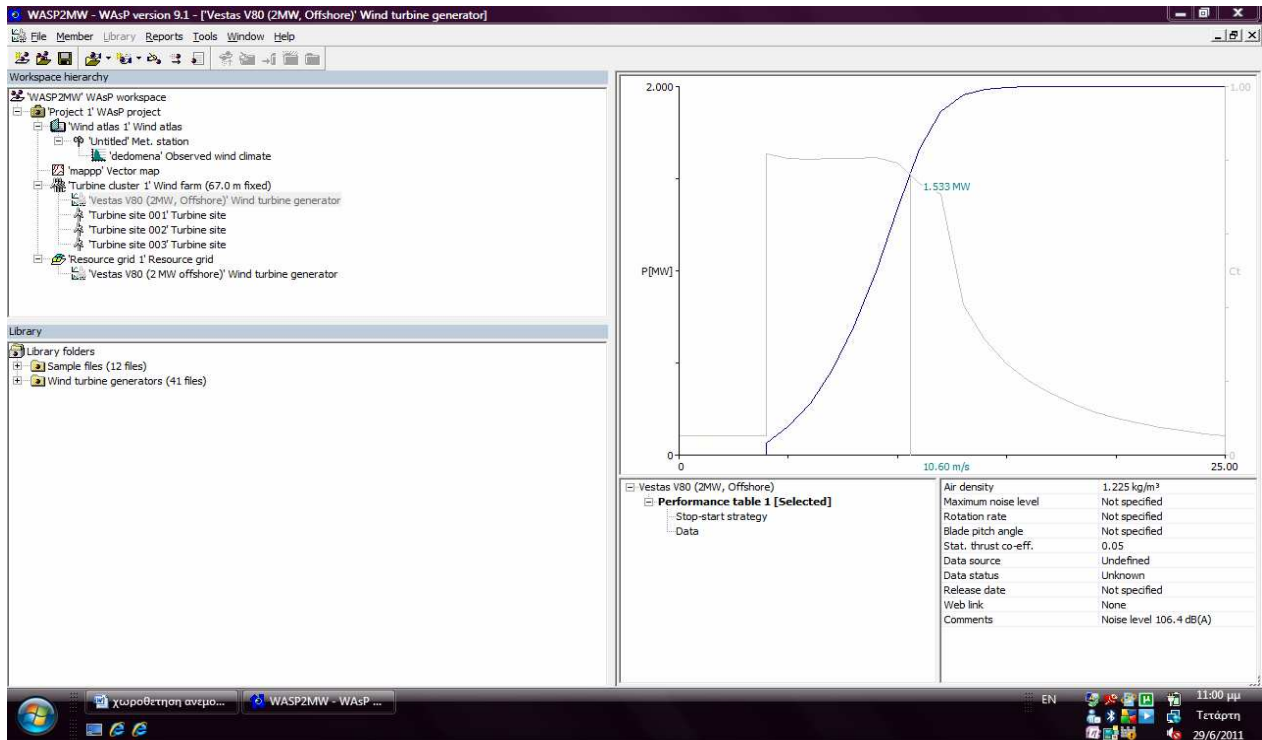
Εικόνα 5.28: Προσθήκη ύψους, της κάθε ανεμογεννήτριας.

Προσθήκη των συντεταγμένων στο χώρο, της κάθε ανεμογεννήτριας (εικόνα 5.29):



Εικόνα 5.29: Προσθήκη των συντεταγμένων στο χώρο, της κάθε ανεμογεννήτριας.

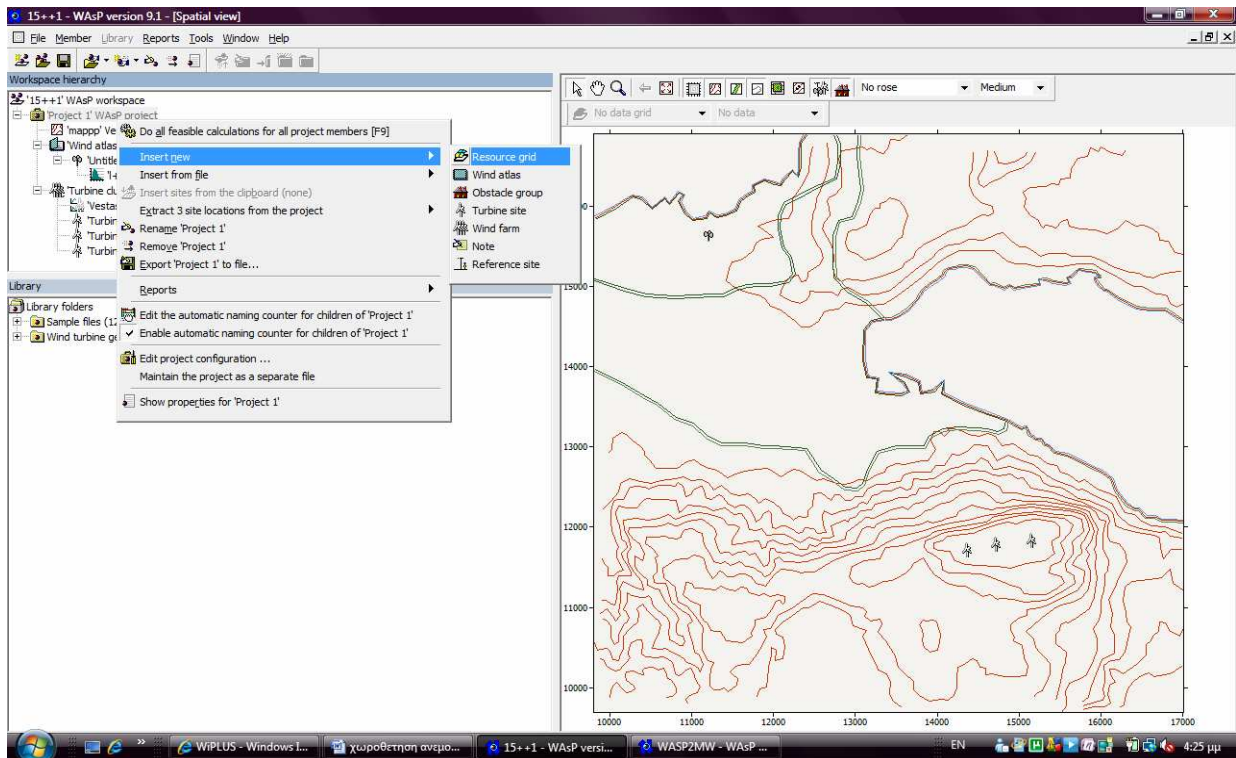
Η καμπύλη ισχύος των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου δείχνει ότι στη ταχύτητα των 10 m/s η ισχύς παραμένει σταθερή στα 1.533 MW, δηλαδή στη συγκεκριμένη ταχύτητα η μέγιστη ισχύ είναι 1.533 MW, ενώ στην ταχύτητα των 25 m/s σταματάει η λειτουργία των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου για να μην καταστραφούν(εικόνα 5.30).



Εικόνα 5.30: Καμπύλη ισχύος του αιολικού πάρκου

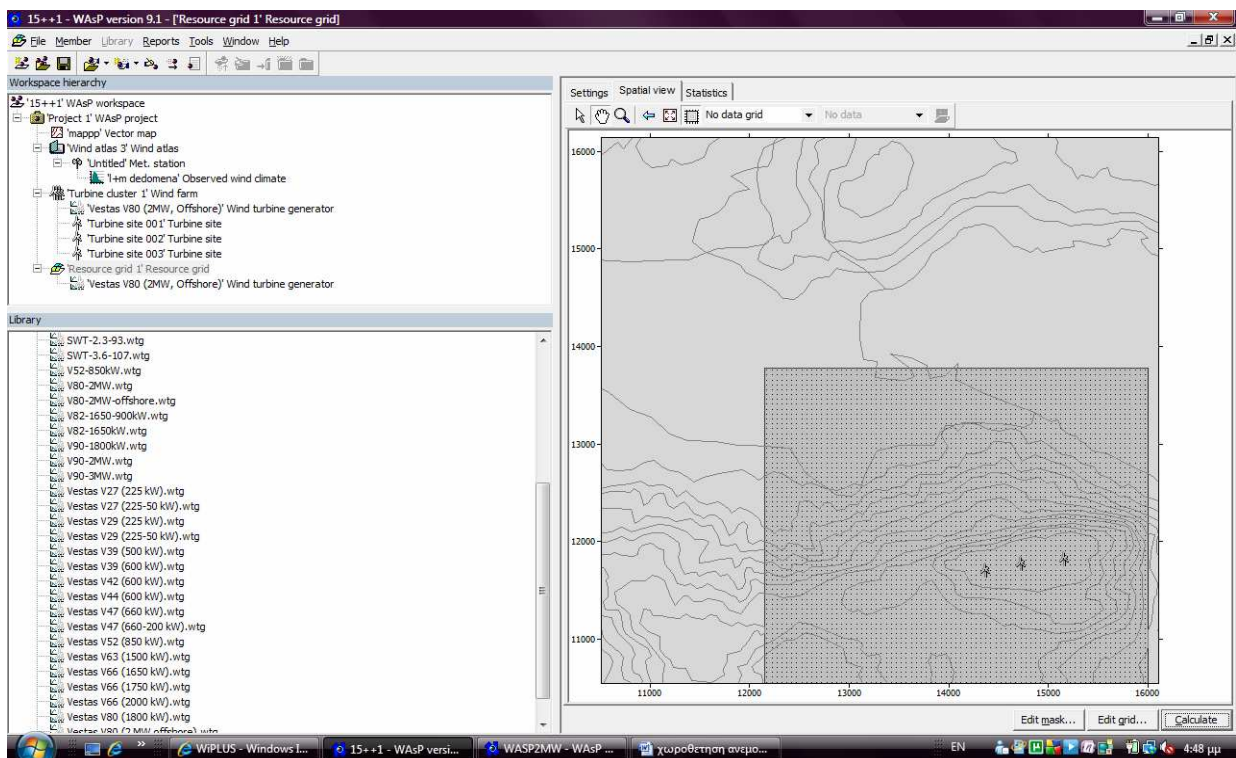
4.Εισαγωγή πλέγματος για την μεγέθυνση της περιοχής που μας ενδιαφέρει. Το πλέγμα αναπαριστά μεταβολές μεγεθών που σχετίζονται με τις ανεμογεννήτριες (ταχύτητα αέρα, αιολική ισχύς, ισχύς ανεμογεννητριών, κλπ) με χρωματική εναλλαγή. Το πλέγμα μπορεί να επεκταθεί σε οποιαδήποτε όρια μέσα στο χάρτη, και με οποιαδήποτε λεπτομέρεια. Η διαδικασία φαίνεται στις επόμενες 2 εικόνες:

Προσθήκη του πλέγματος στη περιοχή που βρίσκονται οι ανεμογεννήτριες (εικόνα 5.31).



Εικόνα 5.31: Προσθήκη του πλέγματος στη περιοχή που βρίσκονται οι ανεμογεννήτριες.

Το πλέγμα που περιλαμβάνει την περιοχή με τις ανεμογεννήτριες (εικόνες 5.32):

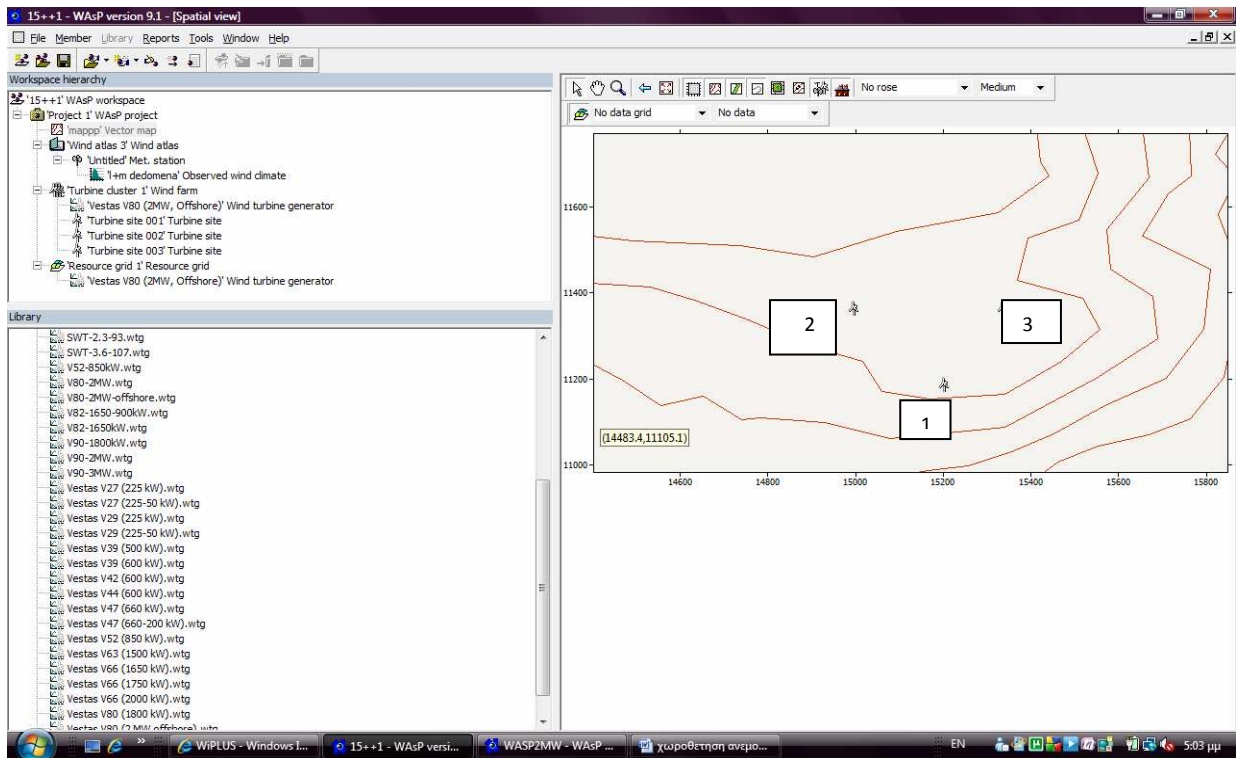


Εικόνα 5.32: Το πλέγμα που βρίσκεται μέσα στην περιοχή με τις ανεμογεννήτριες.

5.Χωροθέτηση των ανεμογεννητριών στις κατάλληλες θέσεις ανάλογα με την απόδοση αλλά και τις απώλειες ορόρου που θα έχει η κάθε μία ανεμογεννήτρια. Για τη χωροθέτηση

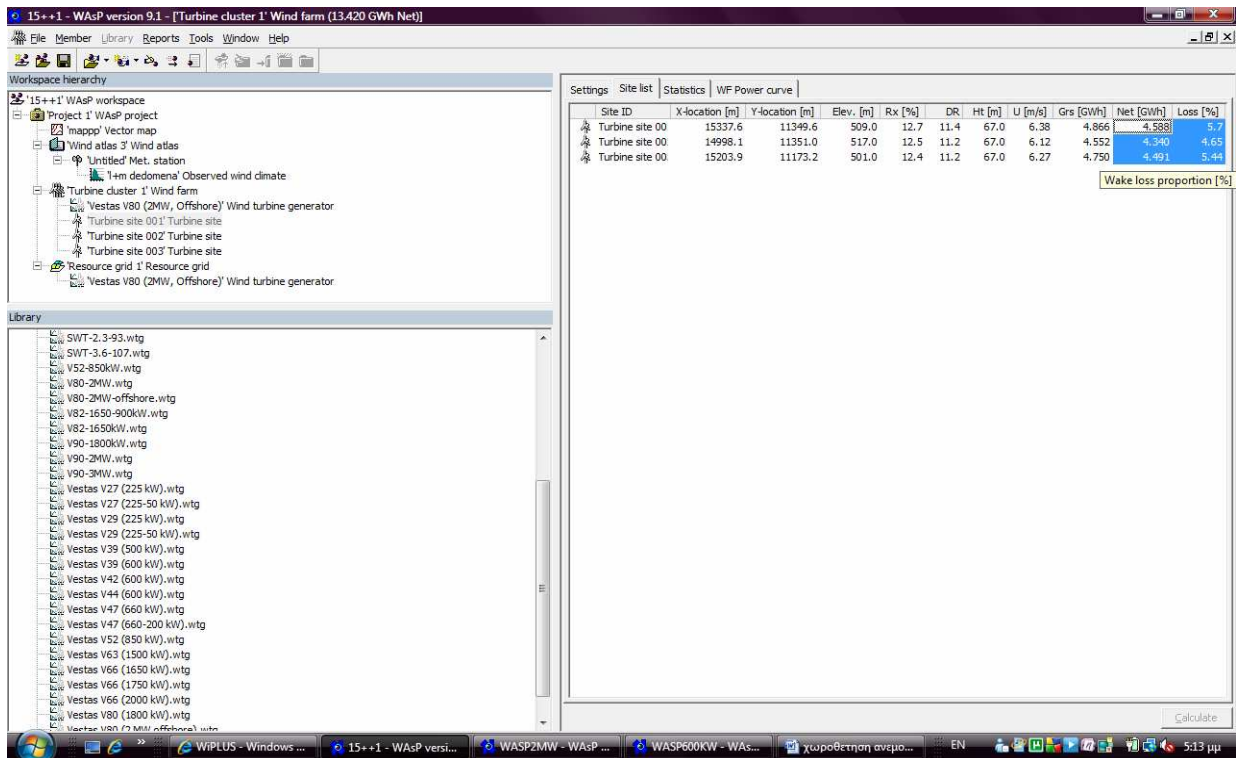
χρησιμοποιείται ο κανόνας των ελάχιστων αποστάσεων που περιγράφηκε στην ενότητα 4.4. Η διαδικασία φαίνεται στις επόμενες 3 εικόνες:

Εύρεση κατάλληλων θέσεων των τριών ανεμογεννητριών ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση τους και τις λιγότερες απώλειες (εικόνα 5.33):



Εικόνα 5.33: Θέσεις των τριών ανεμογεννητριών 2MW.

Εμφάνιση των συντεταγμένων της κάθε ανεμογεννήτριας καθώς και της μεκτικής ετήσιας παραγωγής ενέργειας, της καθαρής ετήσιας παραγωγής ενέργειας, και τις απώλειες της κάθε μίας (εικόνα 5.34):

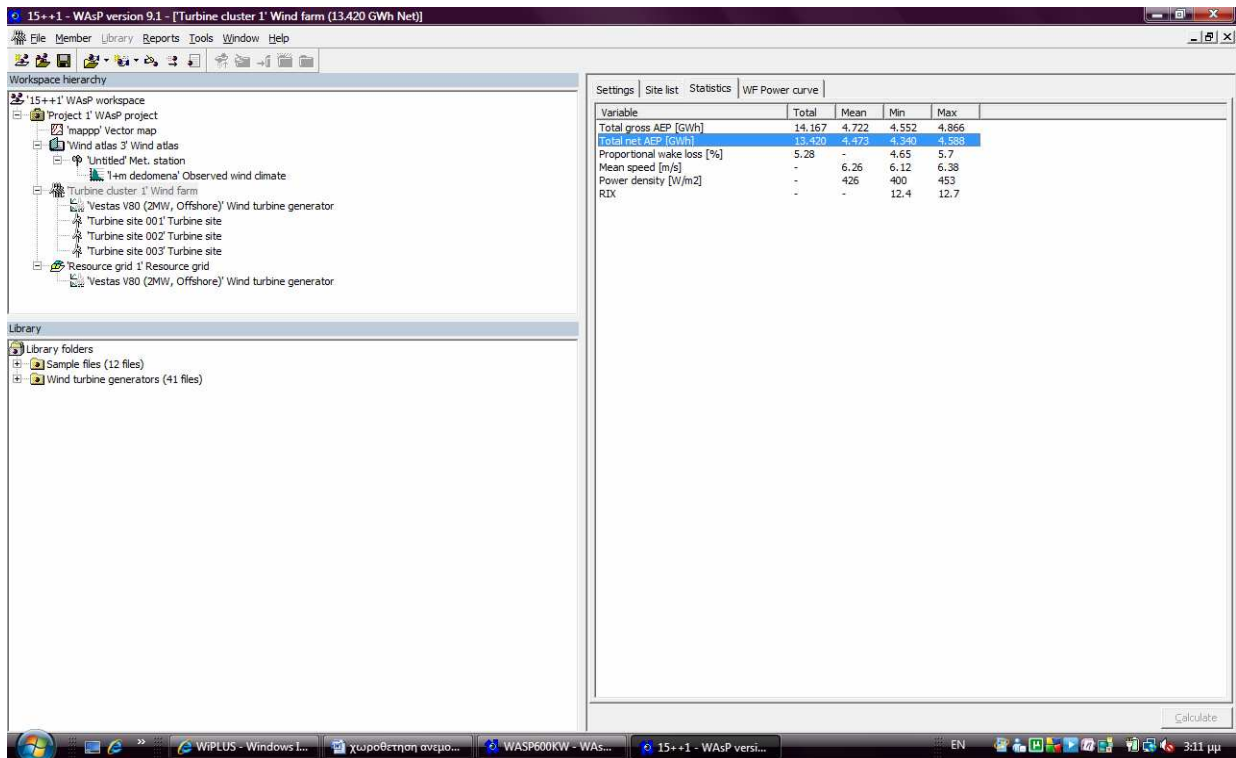


Εικόνα 5.34: Εμφάνιση της μεικτής και καθαρής ετήσιας παραγωγής ενέργειας, και των απωλειών της κάθε ανεμογεννήτριας.

Πινάκας 5.2: Αποτελέσματα του WASP για κάθε ανεμογεννήτρια των 2MW.

A/Γ	site x (m)	site y (m)	U (m/s)	Grs (GWh)	Net	Loss (%)
A/Γ 1	15270.7	11184.8	6.38	4.883	4.611	5.57
A/Γ 2	15045.2	11344.3	6.16	4.600	4.389	4.58
A/Γ 3	15433.0	11347.1	6.45	4.970	4.686	5.73

Εμφάνιση της ολικής, μέσης, μέγιστης και ελάχιστης τιμής της ολικής μεικτής ενέργειας, της ολικής καθαρής ενέργειας, της ποσοστιαίας απώλειας, της μέσης ταχύτητας και της πυκνότητα ισχύος για το αιολικό πάρκο με τις τρεις ανεμογεννήτριες (εικόνα 5.35):

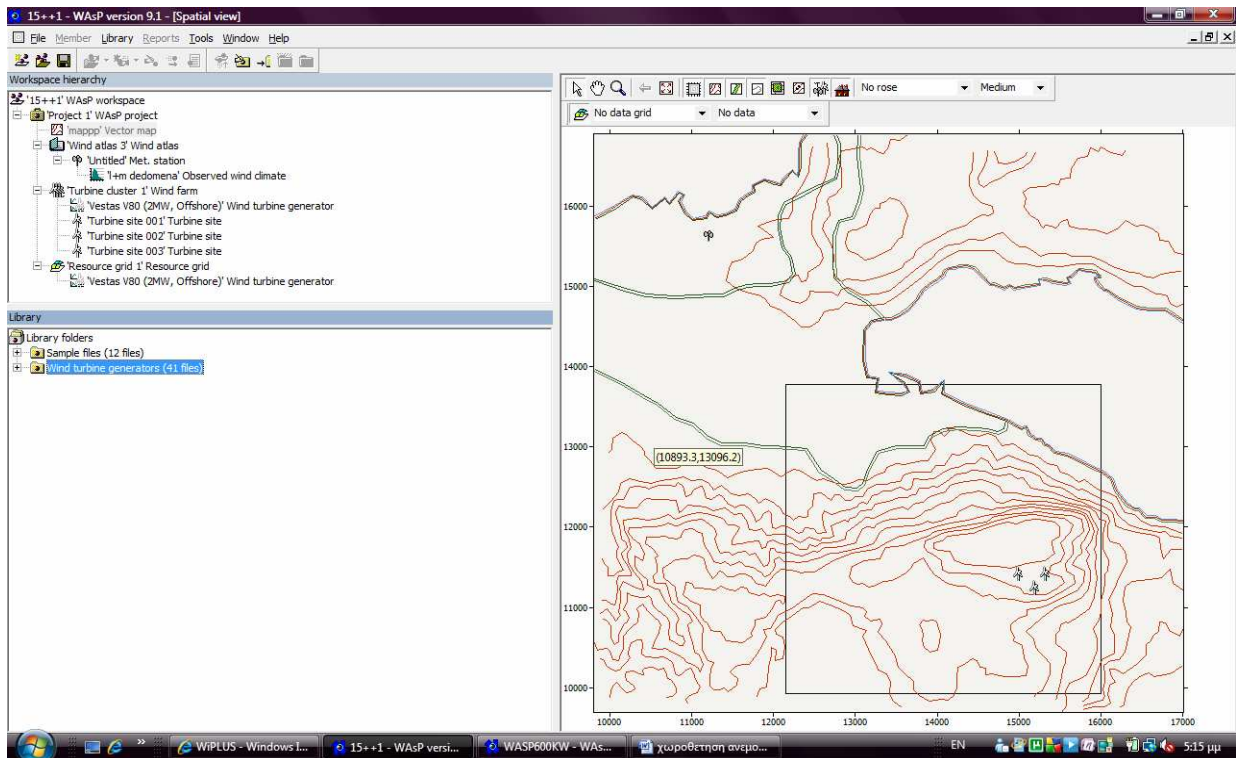


Εικόνα 5.35: Εμφάνιση της ολικής, μέσης, μέγιστης και ελάχιστης τιμής της ολικής μεικτής και καθαρής ενέργειας, της ποσοστιαίας απώλειας, της μέσης ταχύτητας και της πυκνότητας ισχύος για το αιολικό πάρκο.

Πίνακας 5.3: Τελικά αποτελέσματα του WASP για το αιολικό πάρκο με τις τρεις ανεμογεννήτριες των 2MW.

Variable	Total	Mean	Min	Max
Total gross AEP (GWh)	14.453	4.818	4.6	4.970
Total net AEP(GWh)	13.686	4.562	4.389	4.686
Proportional wake loss (%)	5.3100		4.58	5.730
Mean speed (m/s)		6.330	6.16	6.450
Power density (W/m2)		434	406	458
RIX			12.2	13.600

Στον πίνακα 5.3 δείχνεται το τελικό αποτέλεσμα της μελέτης με τη βοήθεια του WASP. Στην εικόνα 5.36 απεικονίζεται η τελική μορφή του αρχείου στο WASP. Στην αριστερή μεριά του προγράμματος φαίνεται η ιεραρχία στα βήματα που ακολουθήθηκαν, και στη δεξιά μεριά το τελικό αποτέλεσμα του χάρτη με τις τρεις ανεμογεννήτριες των 2MW στην κορυφογραμμή της Μαλάξας.



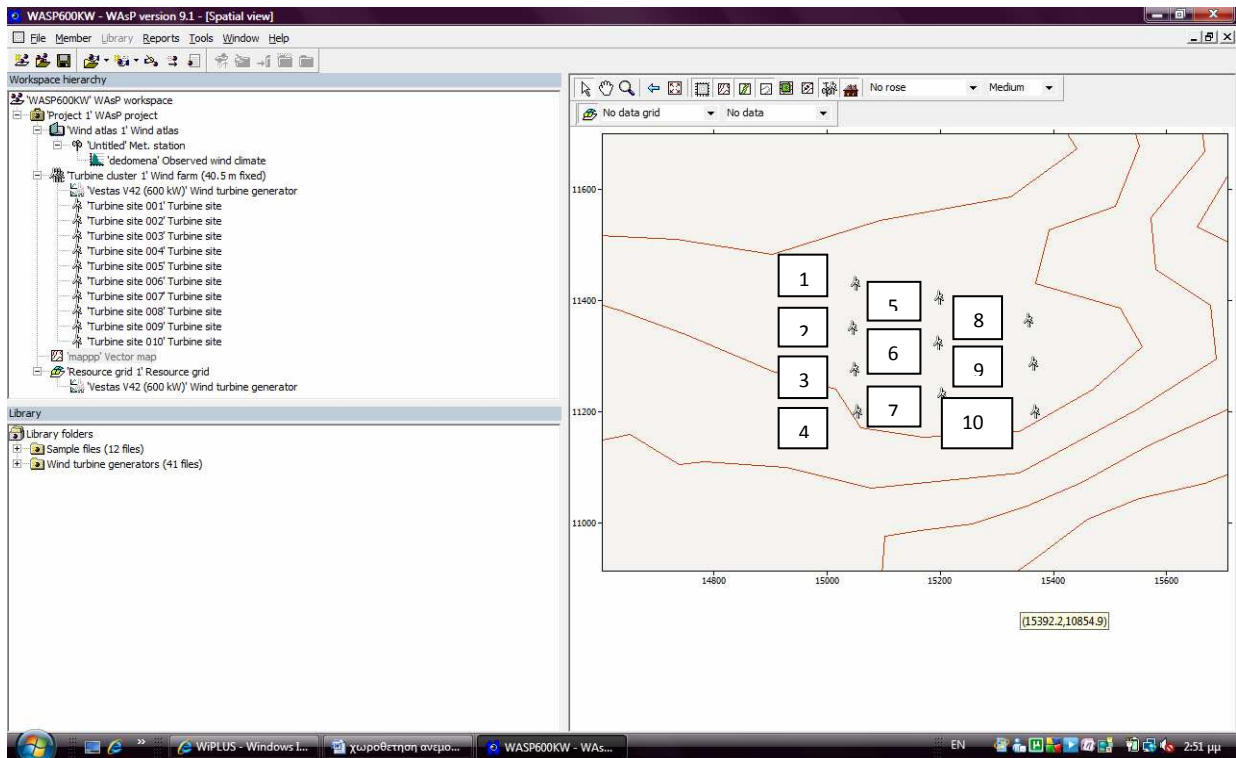
Εικόνα 5.36: Τελικό αποτέλεσμα της μελέτης στο WASP για το σενάριο με τις τρεις ανεμογεννήτριες.

5.2.3.2.ΒΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΕΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΤΩΝ 600kW

Έπειτα την προσθήκη των 10 ανεμογεννητριών, έγινε η προσθήκη ύψους πύργου (40.5m) και των συντεταγμένων στο χώρο, της κάθε ανεμογεννήτριας. Επίσης η καμπύλη ισχύος των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου με τις 10 ανεμογεννήτριες δείχνει ότι στη ταχύτητα των 10 m/s η ισχύς παραμένει σταθερή στα 373 KW, δηλαδή στη συγκεκριμένη ταχύτητα η μέγιστη ισχύ είναι 373 KW, ενώ στην ταχύτητα των 25 m/s σταματάει η λειτουργία των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου για να μην καταστραφούν.

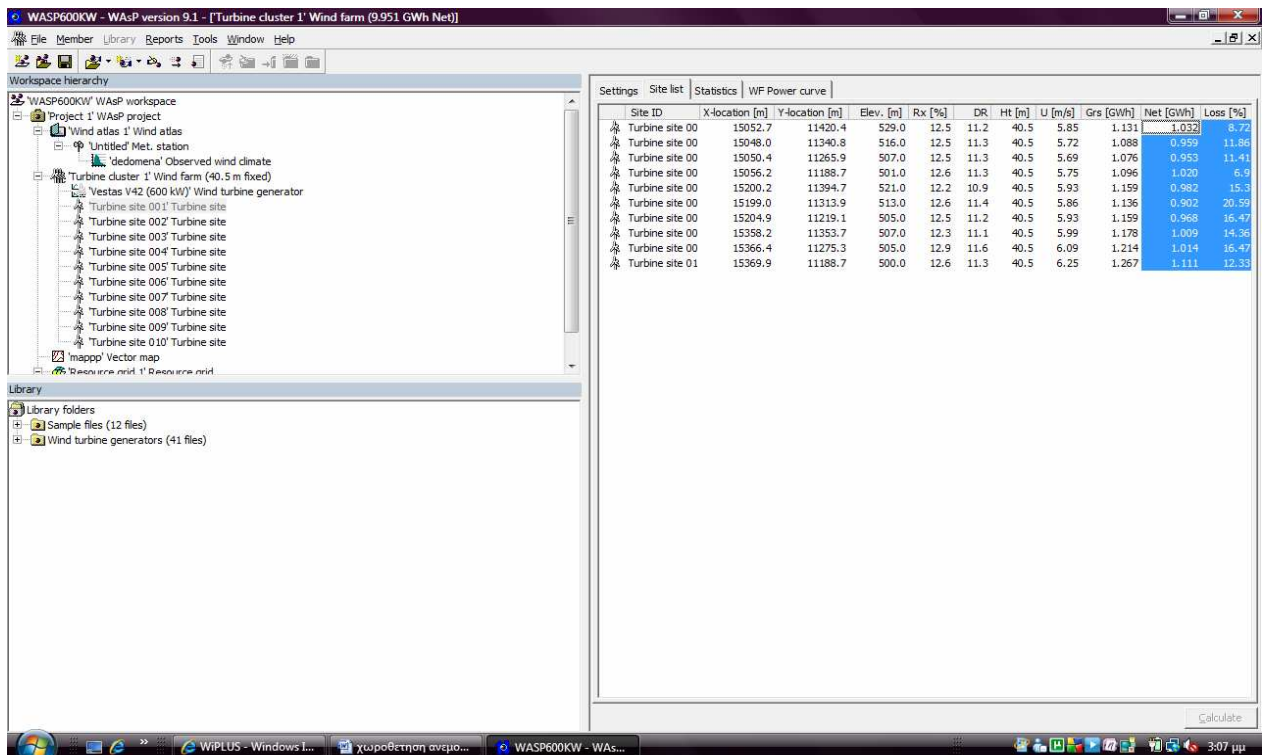
Ακολούθησε η χωροθέτηση των ανεμογεννητριών στις κατάλληλες θέσεις ανάλογα με την απόδοση αλλά και τις απώλειες ορόρου που θα έχει η κάθε μία ανεμογεννήτρια. Η διαδικασία φαίνεται στις επόμενες 3 εικόνες:

Εύρεση κατάλληλων θέσεων των δέκα ανεμογεννητριών ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση τους και τις λιγότερες απώλειες (εικόνα 5.37):



Εικόνα 5.37: Κατάλληλες θέσεις των δέκα ανεμογεννητριών των 600kW.

Εμφάνιση των συντεταγμένων της κάθε ανεμογεννήτριας καθώς και της μεικτής ετήσιας παραγωγής ενέργειας, της καθαρής ετήσιας παραγωγής ενέργειας που παράγει η κάθε ανεμογεννήτρια, και των απωλειών της κάθε μιας (εικόνα 5.38):

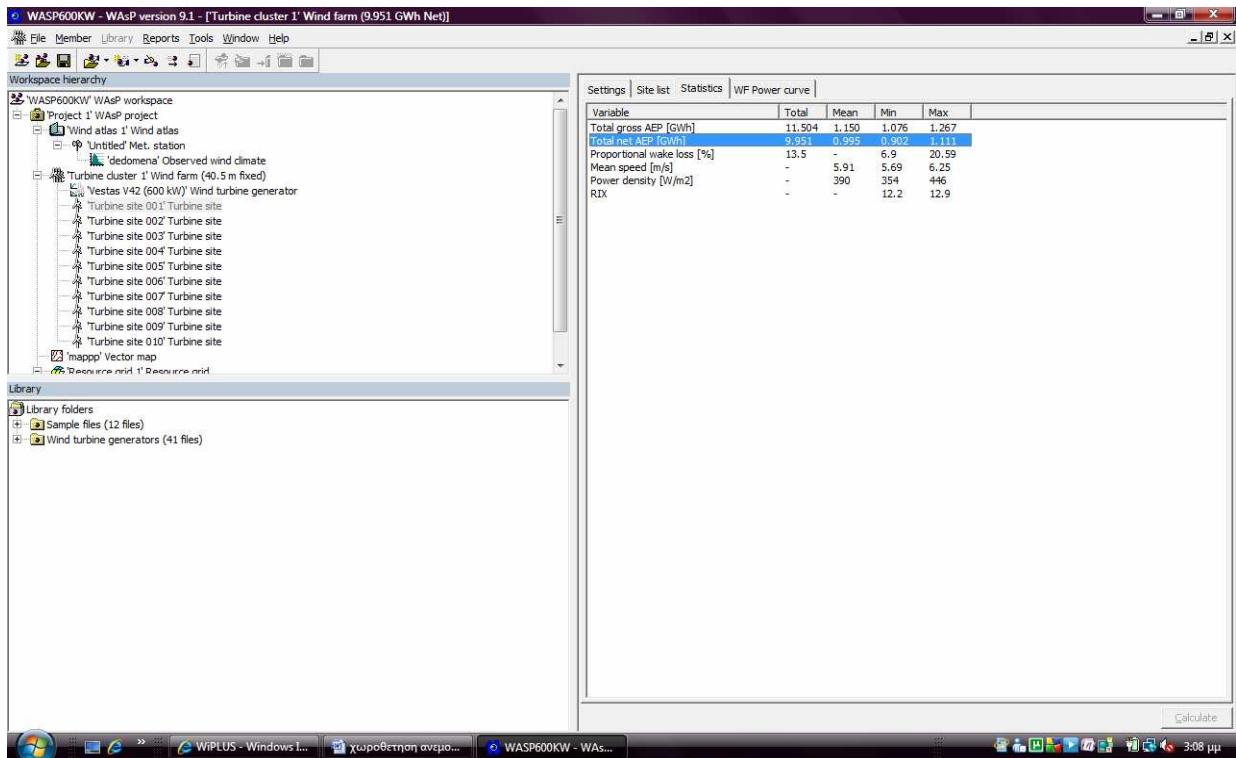


Εικόνα 5.38: Εμφάνιση της μεικτής και καθαρής ετήσιας παραγωγής ενέργειας, και τις απωλειών της κάθε ανεμογεννήτριας.

Πινάκας 5.4: Αποτελέσματα του WAsP για κάθε ανεμογεννήτρια των 600kW.

Turbines	site x (m)	site y (m)	U (m/s)	Grs (GWh)	Net	Loss (%)
turbine 1	15052.7	11420.4	5.85	1.131	1.032	8.72
turbine 2	15048	11340.8	5.72	1.088	0.959	11.86
turbine 3	15050.4	11265.9	5.69	1.076	0.953	11.41
turbine 4	15056.2	11188.7	5.75	1.096	1.02	6.9
turbine 5	15200.2	11394.7	5.93	1.159	0.982	15.3
turbine 6	15199	11313.9	5.86	1.136	0.902	20.59
turbine 7	15204.9	11219.1	5.93	1.159	0.968	16.47
turbine 8	15358.2	11353.7	5.99	1.178	1.009	14.36
turbine 9	15366.4	11275.3	6.09	1.214	1.014	16.47
turbine 10	15369.9	11188.7	6.25	1.267	1.111	12.33

Εμφάνιση της ολικής, μέσης, μέγιστης και ελάχιστης τιμής της ολικής μεικτής ενέργειας, της ολικής καθαρής ενέργειας, της ποσοστιαίας απώλειας, της μέσης ταχύτητας και της πυκνότητα ισχύος για το αιολικό πάρκο με τις δέκα ανεμογεννήτριες (εικόνα 5.39):

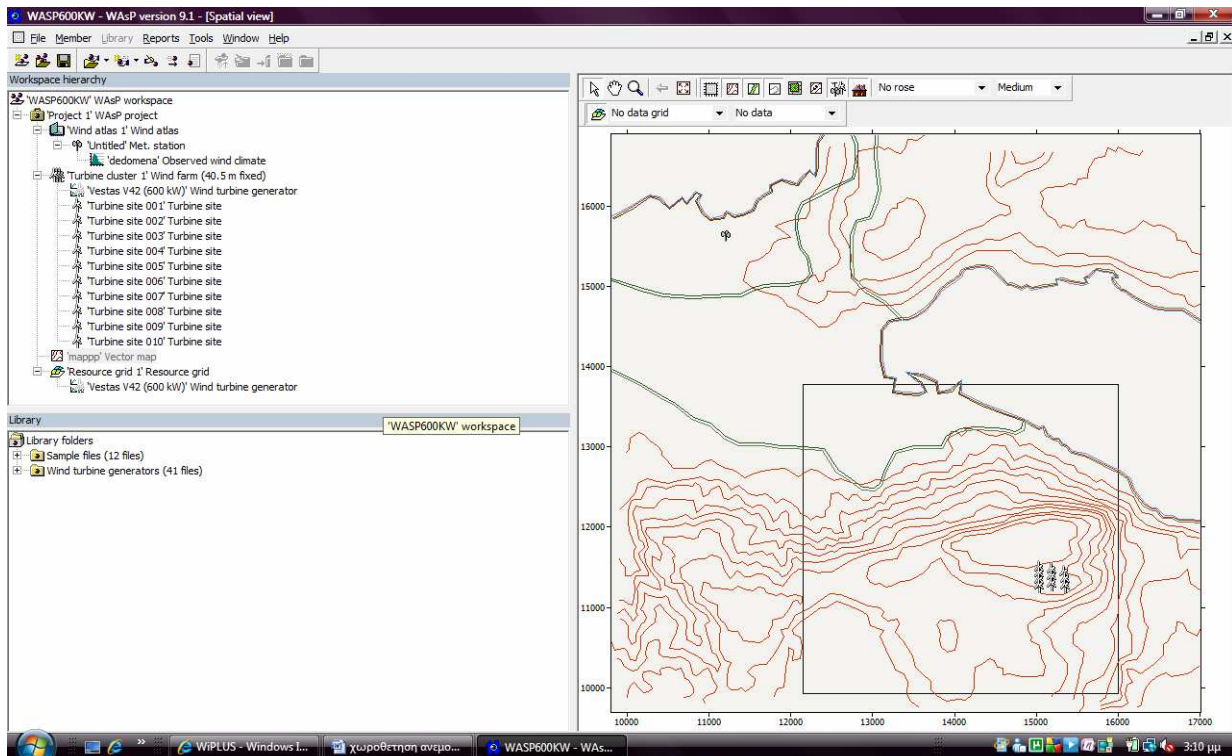


Εικόνα 5.39: Εμφάνιση της ολικής, μέσης, μέγιστης και ελάχιστης τιμής της ολικής μεικτής και καθαρής ενέργειας, της ποσοστιαίας απώλειας, της μέσης ταχύτητας και της πυκνότητας ισχύος για το αιολικό πάρκο.

Πίνακας 5.5: Τελικά αποτελέσματα του WASP για το αιολικό πάρκο με τις δέκα ανεμογεννήτριες των 600kW.

Variable	Total	Mean	Min	Max
Total gross AEP (GWh)	11.504	1.15	1.076	1.267
Total net AEP(GWh)	9.951	0.995	0.902	1.111
Proportional wake loss (%)	13.5		6.9	20.59
Mean speed (m/s)		5.91	5.69	6.25
Power density (W/m ²)		390	354	446
RIX			12.2	12.9

Στον πίνακα 5.5 δείχνεται το τελικό αποτέλεσμα της μελέτης με τη βοήθεια του WASP. Στην εικόνα 5.40 απεικονίζεται η τελική μορφή του αρχείου στο WASP για το αιολικό πάρκο των δέκα ανεμογεννητριών ισχύος 600 kW.



Εικόνα 5.40: Τελικό αποτέλεσμα της μελέτης στο WASP για το σενάριο με τις δέκα ανεμογεννήτριες.

Συγκριτικά σχόλια μελέτης

Από την παραπάνω μελέτη που έγινε με την βοήθεια του λογισμικού WASP προκύπτει ότι το αιολικό πάρκο με τις 3 ανεμογεννήτριες των 2MW έχει πολύ μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας και σημαντικά μικρότερες απώλειες σε σχέση με το αιολικό πάρκο με τις 10 ανεμογεννήτριες των 600kW. Ένας βασικός λόγος για την παραπάνω διαφοροποίηση είναι το σημαντικά μεγαλύτερο ύψος πυλώνα των ανεμογεννητριών των 2MW σε σχέση με αυτές των 600kW (67m έναντι 40.5m), που συνεπάγεται υψηλότερη ταχύτητα ανέμου, άρα και παραγωγή ενέργειας. Επιπλέον, όσο πιο πολλές ανεμογεννήτριες υπάρχουν σε ένα χώρο, τόσο αυξάνεται η εξασθένηση λόγω ομόρου, με αποτέλεσμα η απόδοση να μειώνεται αισθητά. Τα τελικά συγκεντρωτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 5.6.

Πίνακας 5.6: Συγκεντρωτικός πίνακας τελικών αποτελεσμάτων

Τύπος ανεμογεννήτριας	TOTAL NET AEP(GWh)	LOSS(%)
2MW (ύψος πυλώνα 67m)	13.42	5.28
600kW (ύψος πυλώνα 40.5m)	9.951	13.5

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η απόδοση των τριών ανεμογεννητριών (2MW) είναι υψηλότερη κατά 3.469 GWh από την απόδοση των δέκα ανεμογεννητριών (600kW), ενώ οι απώλειες είναι 8.22% παραπάνω στην περίπτωση των δέκα ανεμογεννητριών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:

6.1. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ RETSCREEN

Το λογισμικό Ανάλυσης Έργων Καθαρής Ενέργειας RETScreen International είναι ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων που δημιουργήθηκε με την συμβολή μεγάλου αριθμού ειδικών από την κυβέρνηση, την βιομηχανία και την εκπαίδευση. Το λογισμικό, το οποίο παρέχεται δωρεάν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως για να αποτιμήσει την ενεργειακή παραγωγή και εξοικονόμηση ενέργειας, το κόστος κύκλου ζωής, τη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και για την οικονομική ανάλυση διαφόρων τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

Το λογισμικό περιλαμβάνει επίσης βάσεις δεδομένων με προϊόντα, κόστος και κλιματολογικά δεδομένα - και ένα αναλυτικό online εγχειρίδιο χρήστη. Το Retscreen αποτελείται από φύλλα Excel τα οποία είναι τα ακόλουθα:

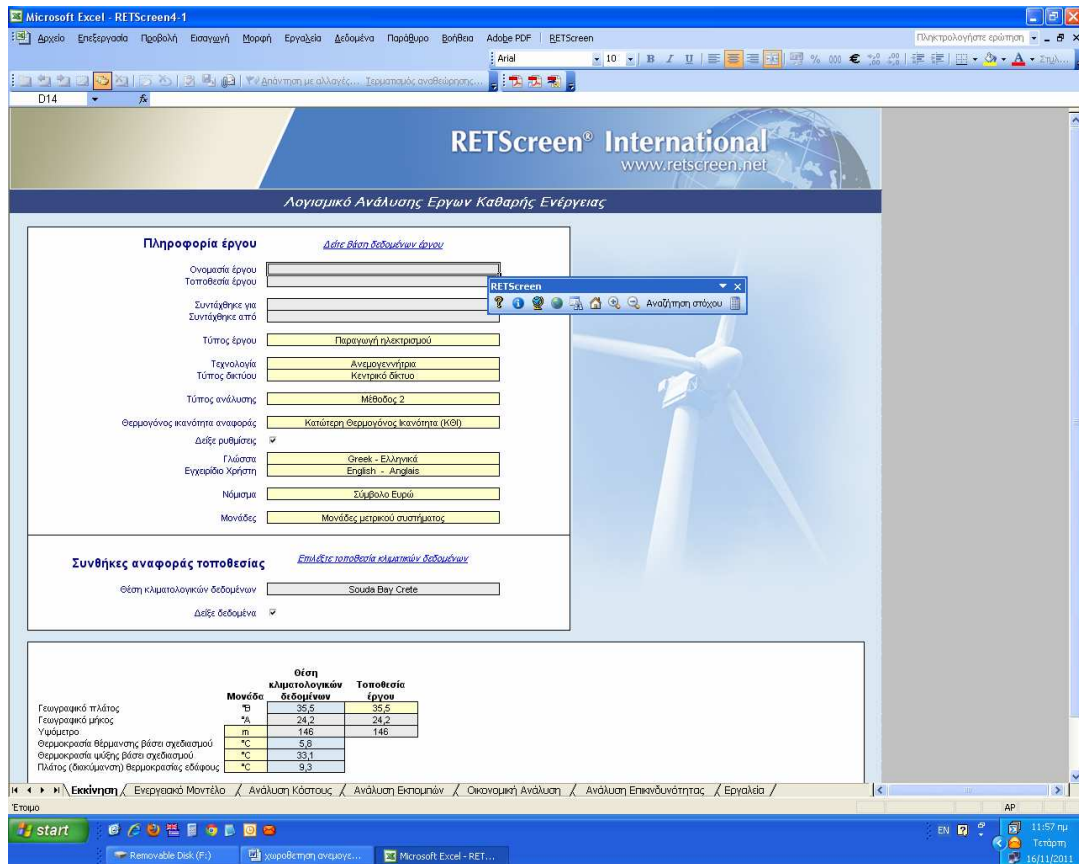
- **Εισαγωγή:** Συμπληρώνονται το όνομα και η τοποθεσία του έργου, ο τύπος του και η τεχνολογία που χρησιμοποιείται, καθώς και τα στοιχεία που αφορούν τα πλησιέστερα μετεωρολογικά δεδομένα.
- **Ενεργειακό μοντέλο:** Συμπληρώνονται τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης και τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας που πρόκειται να εγκατασταθεί, η ισχύς και το ύψος της, ο αριθμός των ανεμογεννητριών και τέλος οι διάφοροι συντελεστές που έχουν να κάνουν με την απόδοση της ανεμογεννήτριας.
- **Ανάλυση κόστους:** Χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των δαπανών που συνδέονται με τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου. Συμπληρώνονται ο τύπος της ανάλυσης και οι δαπάνες κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία του έργου.
- **Ανάλυση συνεισφοράς στο φαινόμενο θερμοκηπίου:** Καταγράφονται διάφορες παράμετροι σχετικά με τα αέρια του θερμοκηπίου που μειώνονται χρησιμοποιώντας την αιολική ενέργεια.
- **Οικονομική ανάλυση:** Καταγράφονται διάφορες οικονομικές παράμετροι σχετικά με την αιολική ενέργεια που αξιοποιείται, καθώς και τα οικονομικά οφέλη που απορρέουν χρησιμοποιώντας την.
- **Ανάλυση επικινδυνότητας:** βοηθά τον χρήστη να εκτιμήσει την εθισθησία σημαντικών οικονομικών δεικτών σε σχέση με βασικές τεχνικές και οικονομικές παραμέτρους.

6.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ RETSCREEN

Στο προηγούμενο κεφάλαιο με την βοήθεια του WAsP προέκυψε το συμπέρασμα ότι το αιολικό πάρκο με τις τρεις ανεμογεννήτριες είναι το πιο αποδοτικό και παρουσιάζει λιγότερες απώλειες σε σχέση με το αιολικό πάρκο με τις δέκα ανεμογεννήτριες. Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η οικονομική ανάλυση των δύο παραπάνω αιολικών πάρκων ώστε να γίνει η πιο αποδοτική και οικονομική επιλογή ανάμεσα στα δυο αιολικά πάρκα.

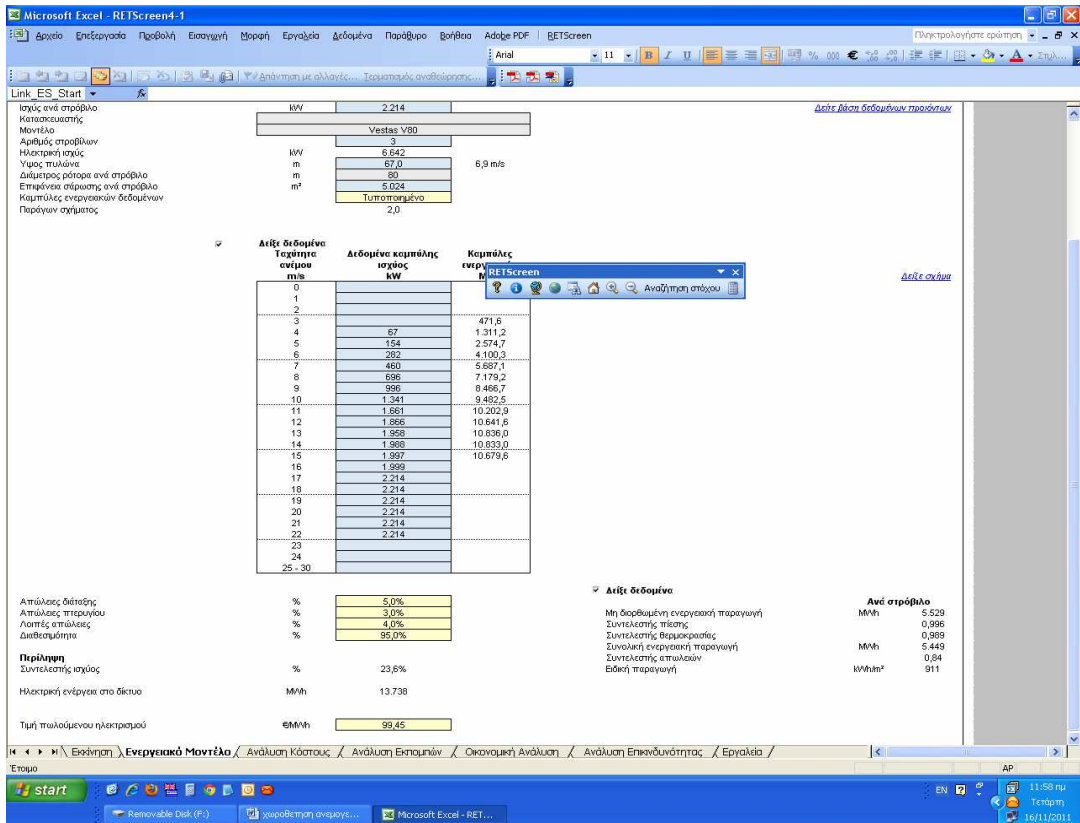
6.2.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ (2ΜW)

Στην εκκίνηση του προγράμματος έγινε συμπλήρωση των γενικών πληροφοριών του έργου και κάποιες πληροφορίες δεδομένων της τοποθεσίας όπως το γεωγραφικό πλάτος και μήκος των Χανίων (εικόνα 6.1).



Εικόνα 6.1:Φύλλο-εκκίνηση του προγράμματος.

Στο ενεργειακό μοντέλο έγινε συμπλήρωση από τα δεδομένα του WAsP ως προς την ισχύ ανά στρόβιλο, το τύπο της ανεμογεννήτριας, ύψος του πυλώνα, καθώς και τα δεδομένα καμπύλης ισχύος όπου φαίνονται στον πίνακα 6.1. Τα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής έχουν τροποποιηθεί ελαφρώς, έτσι ώστε η υπολογιζόμενη τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο να είναι σχεδόν ίδια με την τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που υπολογίζει το WAsP. Η τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού (99.45 €/MWh) βρέθηκε από τον νόμο 3851/2010 και αναφέρεται στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης (εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.2: Φύλλο-ενεργειακό μοντέλο του προγράμματος.

Πίνακας 6.1: Δεδομένα καμπύλης ισχύος των τριών ανεμογεννητριών

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ (m/s)	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (kW)	ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ (MWh)
0		
1		
2		
3		471.6
4	67	1311.2
5	154	2574.7
6	282	4100.3
7	460	5687.1
8	696	7179.2
9	996	8466.7
10	1341	9482.5
11	1661	10202.9
12	1866	10641.6
13	1958	10836
14	1988	10833
15	1997	10679.6
16	1999	
17	2214	
18	2214	
19	2214	
20	2214	
21	2214	
22	2214	
23		
24		

Στην ανάλυση κόστους συμπληρώθηκαν κατά προσέγγιση τα κόστη που φαίνονται αναλυτικά παρακάτω (εικόνα 6.3, πίνακας 6.2), έτσι ώστε να γίνει στη συνέχεια η οικονομική ανάλυση του αιολικού πάρκου.

Εικόνα 6.3:Φύλλο-ανάλυση κόστους του προγράμματος.

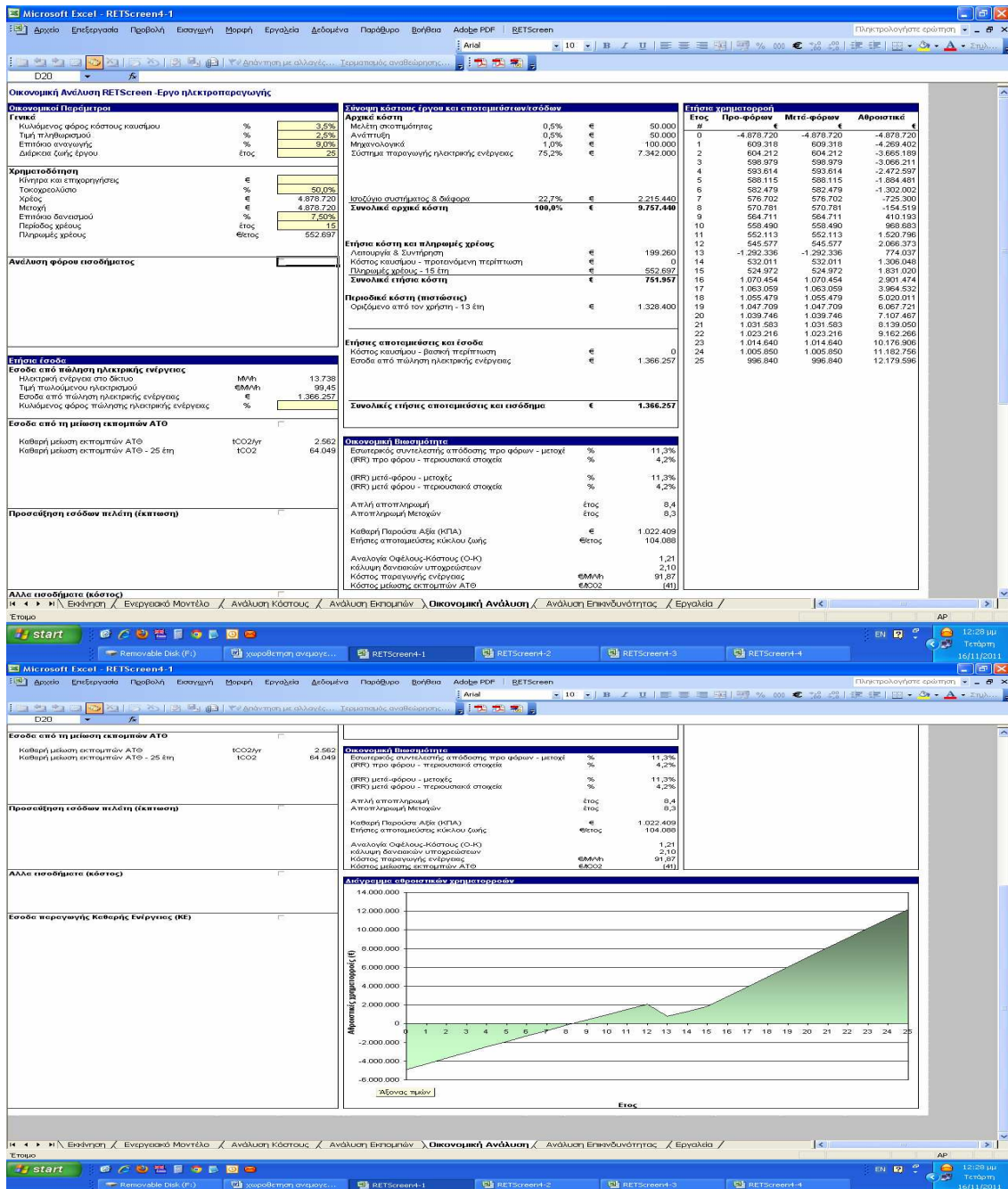
Πίνακας 6.2: Θεωρούμενα κόστη για το αιολικό πάρκο με τις τρεις ανεμογεννήτριες

ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (ΠΙΣΤΩΣΕΙΣ)	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΑΔΑ ΚΟΣΤΟΥΣ (ΕΥΡΩ)
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ (Ε)	ΚΟΣΤΟΣ	1	50000
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (Ε)	ΚΟΣΤΟΣ	1	50000
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (Ε)	ΚΟΣΤΟΣ	1	100000
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	kW	6.642	1000
ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΡΓΟ	1	700000
ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ	%	20%	1328400
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ	%	10%	8870400
ΕΤΗΣΙΑ ΚΟΣΤΗ (ΠΙΣΤΩΣΕΙΣ)	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΑΔΑ ΚΟΣΤΟΥΣ (ΕΥΡΩ)
ΤΜΗΜΑΤΑ & ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΡΓΟ	1	199260
ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΚΟΣΤΗ	ΜΟΝΑΔΑ	ΕΤΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΚΟΣΤΟΥΣ (ΕΥΡΩ)
ΟΡΙΖΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ	ΚΟΣΤΟΣ	13	1328400

Στην οικονομική ανάλυση συμπληρώθηκαν οι οικονομικές παράμετροι θεωρώντας διάρκεια ζωής έργου 25 χρόνια και εξετάζοντας δύο περιπτώσεις χρηματοδότησης: η πρώτη περίπτωση αφορά τραπεζικό δάνειο στο 50% του αρχικά χρέους με επιτόκιο σανεισμού 7.5% για 15 χρόνια (εικόνα 6.4, πίνακες 6.3, 6.4, διάγραμμα 6.1) και η δεύτερη

περίπτωση χωρίς τραπεζικό δάνειο (εικόνα 6.5, πίνακες 6.4, 6.5, διάγραμμα 6.2). Είναι αναγκαίο να σημειωθούν κάποιες από τις βασικές έννοιες της οικονομικής ανάλυσης όπου είναι σημαντικές για τα συμπεράσματα βάση των αποτελεσμάτων. Αυτές οι έννοιες είναι:

- ο πληθωρισμός όπου εκφράζει την αύξηση του γενικού επιπέδου των τιμών μιας οικονομίας σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και μπορεί να είναι είτε θετικός, είτε αρνητικός.
- Ο οικονομικός κύκλος ζωής μιας επένδυσης που θεωρείται η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας ανακτάται το αρχικό επενδυτικό κεφάλαιο καθώς και η επιθυμητή απόδοση αυτού. Ο οικονομικός κύκλος ζωής πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος της πραγματικής ζωής του βασικού εξοπλισμού της επένδυσης.
- Το επιτόκιο αναγωγής ή επιτόκιο προεξόφλησης χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η Παρούσα Αξία μιας σειράς μελλοντικών εισροών ή εκροών. Εκφράζει είτε το κόστος κεφαλαίου της ήδη υπάρχουσας επιχείρησης, είτε το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο από τον αποφασίζοντα, προκειμένου να καλυφθεί ο κίνδυνος της εξεταζόμενης επένδυσης έναντι μιας πιο ασφαλούς τοποθέτησης. Συνήθως, η τιμή του επιτοκίου αναγωγής είναι 8% - 12%. Στην προκειμένη περίπτωση θεωρήθηκε επιτόκιο αναγωγής 9%.
- Η Καθαρή Παρούσα Αξία χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των επενδυτικών σχεδίων δηλαδή είναι η προσπάθεια εξισορρόπησης του επενδυτικού κινδύνου. Σύμφωνα με την μέθοδο της Καθαρής Παρούσας Αξίας, μια λύση θεωρείται βιώσιμη όταν η διαφορά μεταξύ των οριακών της οφελών εκφρασμένων σε ισοδύναμα ποσά του παρόντος και των οριακών της εξόδων εκφρασμένων και αυτών σε παρούσα αξία είναι θετική.
- Η Απλή Αποπληρωμή όπου υπολογίζεται το χρονικό διάστημα που απαιτείται μέχρι το ύψος των συσσωρευμένων καθαρών χρηματικών εισροών, να γίνει ίσο με το ύψος της αρχικής επένδυσης. Αν το διάστημα αυτό είναι μικρότερο ή ίσο με μια προκαθορισμένη τιμή-όριο που έχει ορίσει ο επενδυτής, τότε η επένδυση γίνεται δεκτή.
- Η μέθοδος του λόγου Οφέλους - Κόστους είναι μια άλλη μέθοδος ανάλυσης και υποστήριξης αποφάσεων στον τομέα των επενδύσεων. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή μια επένδυση θεωρείται αποδεκτή εφόσον ο λόγος Οφέλους - Κόστους (B/C) είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το 1.



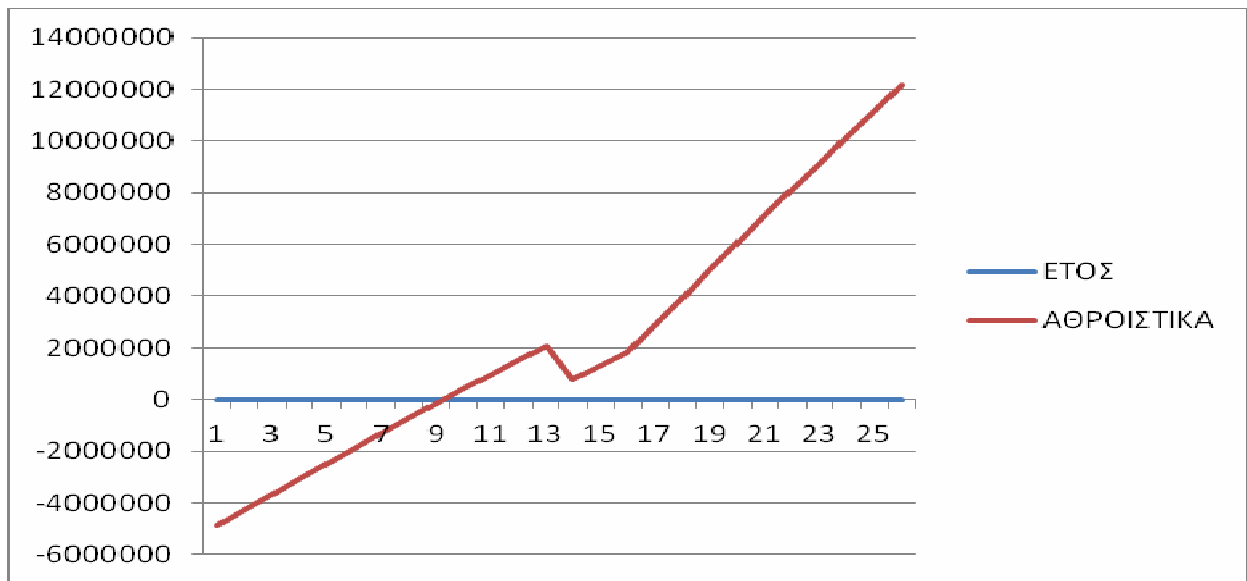
Εικόνα 6.4:Φύλλο-οικονομική ανάλυση του προγράμματος με το τραπεζικό δάνειο.

Πίνακας 6.3: Οικονομική βιωσιμότητα με το τραπεζικό δάνειο.

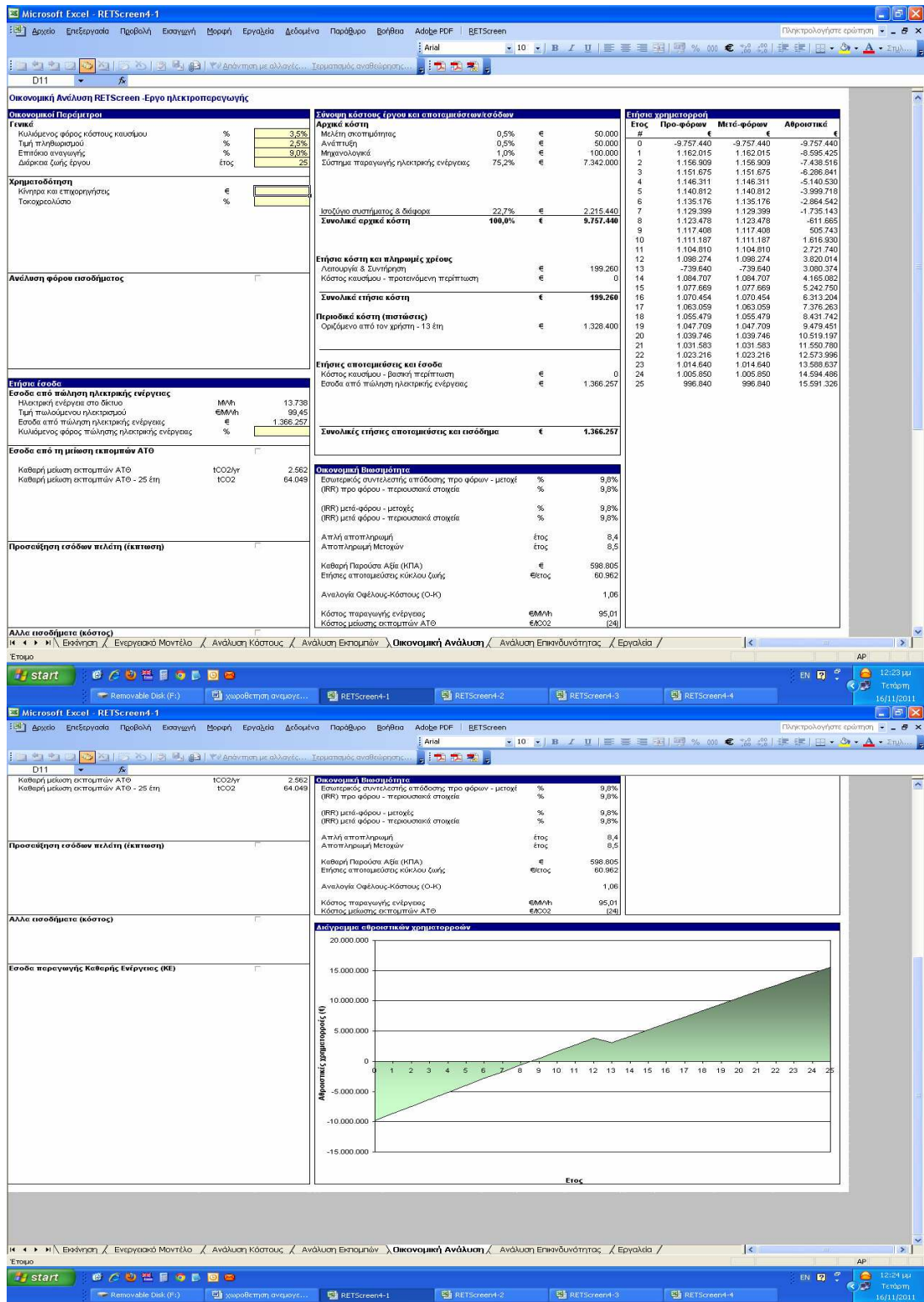
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ (ΜΕ ΤΟ ΔΑΝΕΙΟ)	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ-ΜΕΤΟΧΩΝ (%)	11.3
ΠΡΟ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	4.2
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΜΕΤΟΧΕΣ (%)	11.3
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ(%)	4.2
ΑΠΛΗ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ(ΕΤΟΣ)	8.4
ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕΤΟΧΩΝ(ΕΤΟΣ)	8.3
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ(ΕΥΡΩ)	1022409
ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ(ΕΥΡΩ/ΕΤΟΣ)	104088
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΟΦΕΛΟΥΣ-ΚΟΣΤΟΥΣ	1.21
ΚΑΛΥΨΗ ΔΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ	2.1
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(ΕΥΡΩ/MWh)	91.87
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΘ(ΕΥΡΩ/CO ₂)	41

Πίνακας 6.4: Ετήσια χρηματορροή με το τραπεζικό δάνειο.

ΕΤΗΣΙΑ ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ			
ΕΤΟΣ	ΠΡΟ-ΦΟΡΩΝ	ΜΕΤΑ ΦΟΡΩΝ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ
0	-4878720	-4878720	-4878720
1	609318	609318	-4269402
2	604212	604212	-3665189
3	598979	598979	-3066211
4	593614	593614	-2472597
5	588115	588115	-1884481
6	582479	582479	-1302002
7	576702	576702	-725300
8	570781	570781	-154519
9	564711	564711	410193
10	558490	558490	968683
11	552113	552113	1520796
12	545577	545577	2066373
13	-1292.226	-1292.226	774037
14	532011	532011	1306048
15	524972	524972	1831020
16	1070454	1070454	2901474
17	1063059	1063059	3964532
18	1055479	1055479	5020011
19	1047709	1047709	6067721
20	1039746	1039746	7107467
21	1031583	1031583	8139050
22	1023216	1023216	9162266



Διάγραμμα 6.1: Διάγραμμα της ετήσιας χρηματοροής με το τραπεζικό δάνειο.



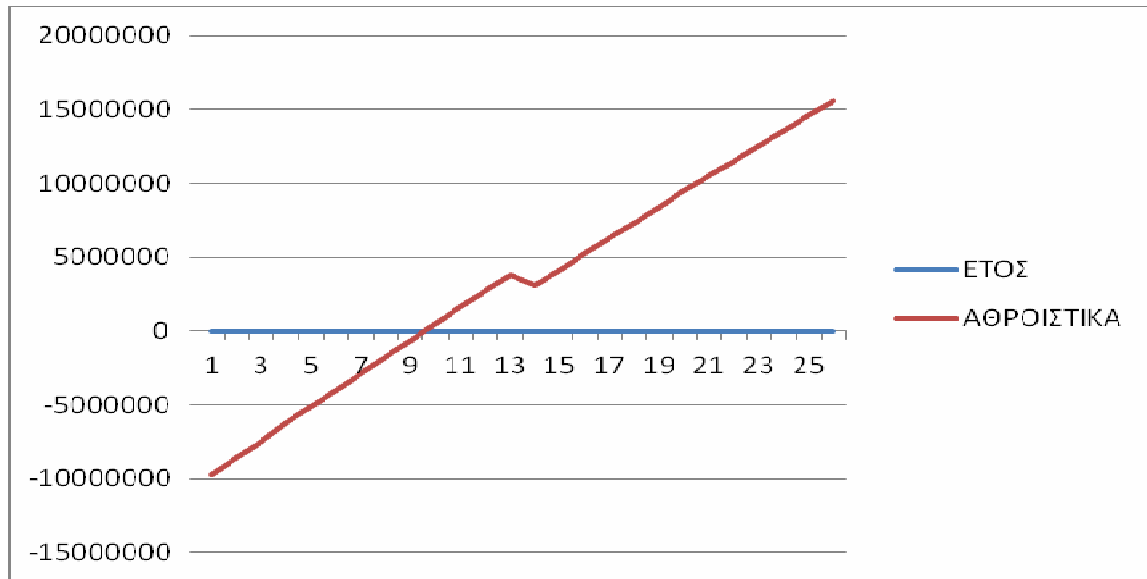
Εικόνα 6.5:Φύλλο-οικονομική ανάλυση του προγράμματος χωρίς τραπεζικό δάνειο.

Πίνακας 6.5: Οικονομική βιωσιμότητα χωρίς τραπεζικό δάνειο

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ (ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ)	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ-ΜΕΤΟΧΩΝ (%)	9.8
ΠΡΟ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	9.8
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΜΕΤΟΧΕΣ (%)	9.8
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ(%)	9.8
ΑΠΛΗ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ(ΕΤΟΣ)	8.4
ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕΤΟΧΩΝ(ΕΤΟΣ)	8.5
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ(ΕΥΡΩ)	598805
ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ(ΕΥΡΩ/ΕΤΟΣ)	60962
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΟΦΕΛΟΥΣ-ΚΟΣΤΟΥΣ	1.06
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(ΕΥΡΩ/MWh)	95.01
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΘ(ΕΥΡΩ/CO ₂)	24

Πίνακας 6.6:Ετήσια χρηματορροή χωρίς τραπεζικό δάνειο.

ΕΤΗΣΙΑ ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ			
ΕΤΟΣ	ΠΡΟ-ΦΟΡΩΝ	ΜΕΤΑ ΦΟΡΩΝ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ
0	-9757440	-9757440	-9757440
1	1162015	1162015	-8595425
2	1156909	1156909	-7438516
3	1151675	1151675	-6206841
4	1146311	1146311	-5140530
5	1140812	1140812	-3999718
6	1135176	1135176	-2864542
7	1129399	1129399	-1735143
8	1123478	1123478	-611665
9	1117408	1117408	505743
10	1111187	1111187	1616930
11	1104810	1104810	2721740
12	1098274	1098274	3820014
13	-739640	-739640	3080374
14	1084707	1084707	4165082
15	1077669	1077669	5242750
16	1070454	1070454	6313204
17	1063059	1063059	7376263
18	1055479	1055479	8431742
19	1047709	1047709	9479451
20	1039746	1039746	10519197
21	1031583	1031583	11550780
22	1023216	1023216	12573996
23	1014640	1014640	13588637
24	1005850	1005850	14594486
25	996840	996840	15591326



Διάγραμμα 6.2: Διάγραμμα της ετήσιας χρηματοροής χωρίς τραπεζικό δάνειο.

Σχόλια μελέτης

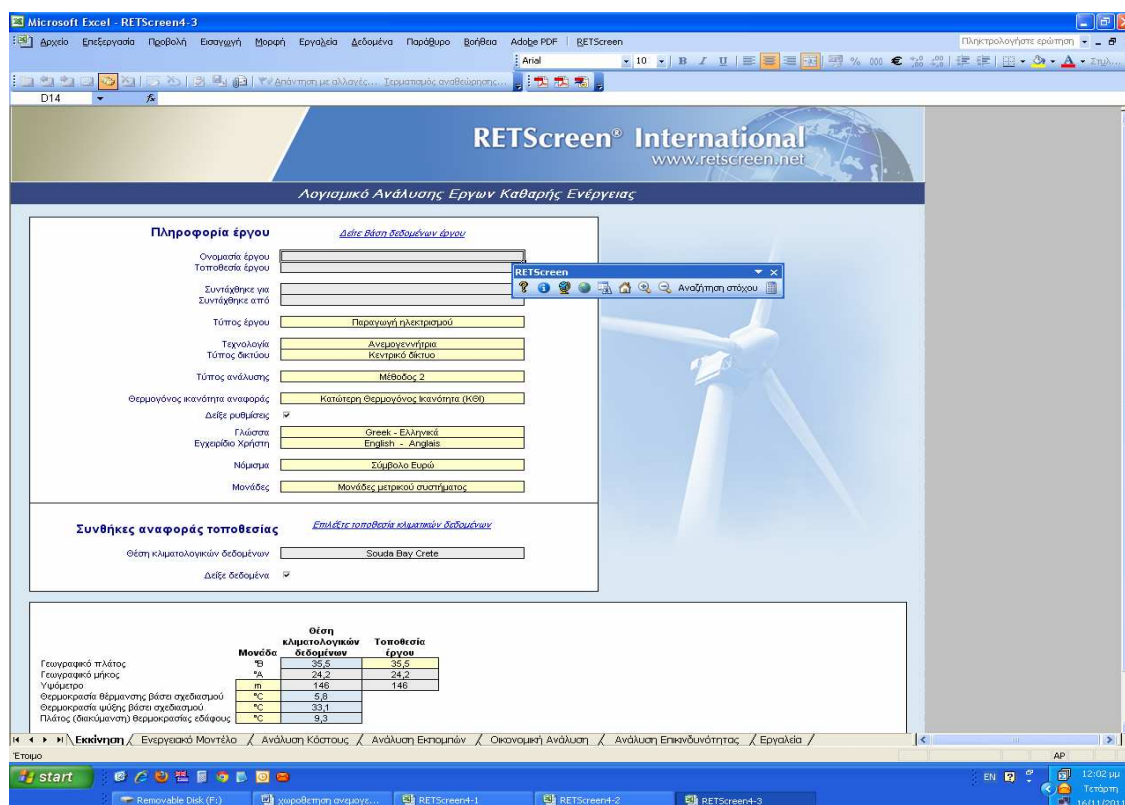
Στην οικονομική βιωσιμότητα με το δάνειο η απλή αποπληρωμή είναι 8.4 έτη, μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου που είναι 25 έτη. Η καθαρή παρούσα αξία, δηλαδή, η εξισορρόπηση του επενδυτικού κινδύνου θεωρείται βιώσιμη εφόσον η διαφορά μεταξύ των οριακών της οφελών και των οριακών της εξόδων είναι θετική. Τέλος μια επένδυση θεωρείται αποδεκτή εφόσον η αναλογία Οφέλους - Κόστους είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το 1 και στην προκειμένη περίπτωση είναι 1.21, άρα είναι αποδεκτή.

Στην οικονομική βιωσιμότητα χωρίς το δάνειο η απλή αποπληρωμή είναι 8.4 έτη, μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου που είναι 25 έτη. Η καθαρή παρούσα αξία, δηλαδή, η εξισορρόπηση του επενδυτικού κινδύνου θεωρείται βιώσιμη εφόσον η διαφορά μεταξύ των οριακών της οφελών και των οριακών της εξόδων είναι θετική. Τέλος μια επένδυση θεωρείται αποδεκτή εφόσον η αναλογία Οφέλους - Κόστους είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το 1 και στην προκειμένη περίπτωση είναι 1.06, άρα είναι αποδεκτή.

Από τα παραπάνω στοιχεία βγαίνει γενικά το συμπέρασμα ότι το αιολικό πάρκο με τις τρεις ανεμογεννήτριες είναι οικονομικά βιώσιμο και όσο αφορά για το αν είναι καλύτερο να χορηγηθεί δάνειο ή όχι, η απάντηση είναι ότι πρέπει να χορηγηθεί δάνειο διότι αν και η απλή αποπληρωμή είναι και στις δύο περιπτώσεις κοντά στα 8.4 έτη, η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης με δάνειο είναι μεγαλύτερη από την καθαρή παρούσα αξία χωρίς δάνειο και επίσης η αναλογία Οφέλους - Κόστους με το δάνειο είναι μεγαλύτερη από αυτή χωρίς δάνειο ($1.21 > 1.06$).

6.2.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΔΕΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ (600KW)

Στην εκκίνηση του προγράμματος (εικόνα 6.6) έγινε συμπλήρωση στις γενικές πληροφορίες του έργου και κάποιες πληροφορίες συνθηκών της τοποθεσίας όπως το γεωγραφικό πλάτος και μήκος των Χανίων.



Εικόνα 6.6: Φύλλο-εκκίνηση του προγράμματος

Στο ενεργειακό μοντέλο του RETScreen έγινε συμπλήρωση από τα δεδομένα του WAsP ως προς την ισχύ ανά στρόβιλο, το τύπο της ανεμογεννήτριας, ύψος του πυλώνα, και τα δεδομένα καμπύλης ισχύος όπου φαίνονται και αναλυτικά στον πίνακα 6.7. Αντίστοιχα με την προηγούμενη περίπτωση, η ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο ρυθμίστηκε να είναι σχεδόν ίδια τιμή με την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που δίνει το WAsP, ενώ η τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού καθορίστηκε στα 99.45 €/MWh (εικόνα 6.7).

Microsoft Excel - RETScreen4-3

Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Έργο ηλεκτροπαραγωγής

Σύστημα ηλεκτροπαραγωγής προτεινόμενης περίπτωσης

Τεχνολογία: Μέθοδος 1 Μέθοδος 2 Μέθοδος 3

Τύπος ανάλυσης: Τεχνητό ανέμου Αιτίες δεδομένα

Απολόγηση απώλειών: Μέθοδος (απλοποιημένη) φυσικών πόρων

Τεχνητό ανέμου - επίσημα

Μεταγόμενο σε	m/s	5,4
Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου	m	10,0
Θερμοκρασία αέρα - επίσημα	°C	18,1
Αεροστατική πίεση - επίσημα	kPa	100,9

Ανεμογεννήτρια

Ισχύς ανά στρόβιλο	kW	600
Κατασκευαστής	Vestas	
Μοντέλο	VESTAS V42 - 40m	
Αριθμός στρόβιλων		10
Ηλεκτρική ισχύς	kW	6.000
Υψος πύλων	m	40,0
Διάμετρος ρότορα ανά στρόβιλο	m	42
Επιφάνεια σπάρωσης ανά στρόβιλο	m ²	1.395
Καμπύλες ενεργειακών δεδομένων	Τυποποιημένο	
Παράγον σχήματος		2,0

Αιτίες δεδομένα

Τεχνητό ανέμου m/s	Αιτιώμενη θερμότητα ισχύος kW	Κερφήλες ενεργειακών MWh
0	0	
1	0	
2	0	
3	0	85,4
4	0	255,9
5	19	566,0
6	57	960,8
7	106	1.390,2
8	155	1.813,8
9	239	2.209,9
10	320	2.557,1
11	402	2.852,2
12	476	3.107,2
13	532	3.303,2
14	589	3.447,3
15	597	
16	595	3.542,8
17	599	
18	600	
19	600	
20	600	
21	600	
22	600	
23	600	
24	600	
25 - 30	600	

Απώλειες διάτρητης: 5,0%

Απώλειες περηνίου: 3,0%

Λοιπές απώλειες διαθεσιμότητα: 4,0%

Συνολικά: 95,0%

Περιλήψη

Συντελεστής ισχύος: 18,9%

Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο: MWh 9.937

Τμή παραδόμενου ηλεκτρισμού: GWh 99,45

Αιτίες δεδομένα

Ανέ στρόβιλο	MWh
Μη διαρθρωμένη ενεργειακή παραγωγή	1.200
Συντελεστής πίεσης	0,985
Συντελεστής θερμοκρασίας	0,989
Συνολική ενεργειακή παραγωγή	1.182
Συντελεστής απωλειών	0,84
Εδοκή παραγωγή	717

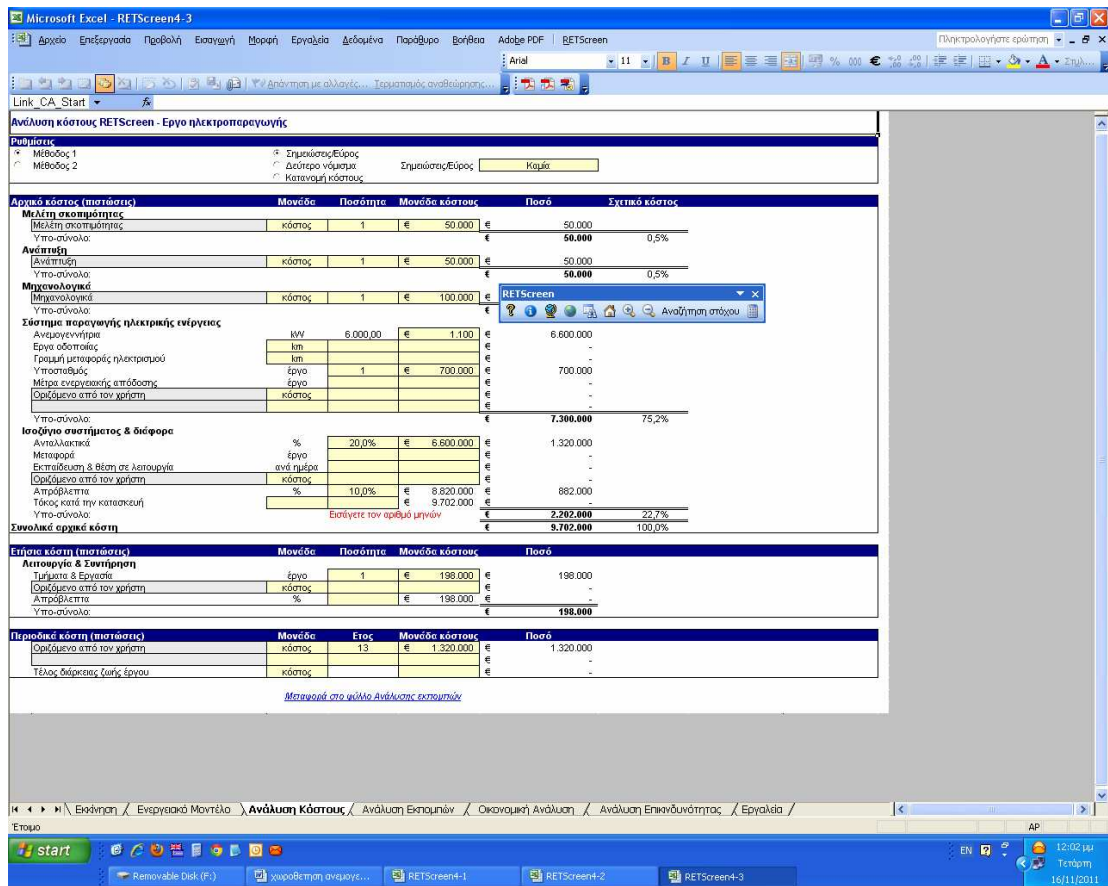
Ενεργειακό Μοντέλο / Ανάλυση κόστους / Ανάλυση Εξαομήνων / Οικονομική Ανάλυση / Ανάλυση Επικινδυνότητας / Εργαλείο

Εικόνα 6.7: Φύλλο-ενεργειακό μοντέλο του προγράμματος.

Πίνακας 6.7: Δεδομένα καμπύλης ισχύος των δέκα ανεμογεννητριών

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ (m/s)	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (kW)	ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ (MWh)
0	0	
1	0	
2	0	
3	0	68.4
4	0	255.8
5	19	566
6	57	960.8
7	106	1390.2
8	166	1813.8
9	239	2206.9
10	320	2557.1
11	402	2858.2
12	476	3107.2
13	532	3303.2
14	568	3447.3
15	587	3542.8
16	595	
17	599	
18	600	
19	600	
20	600	
21	600	
22	600	
23	600	
24	600	

Στην ανάλυση κόστους συμπληρώθηκαν τα κόστη που φαίνονται αναλυτικά παρακάτω (εικόνα 6.8, πίνακας 6.8) ώστε έπειτα να γίνει η οικονομική ανάλυση του αιολικού πάρκου.

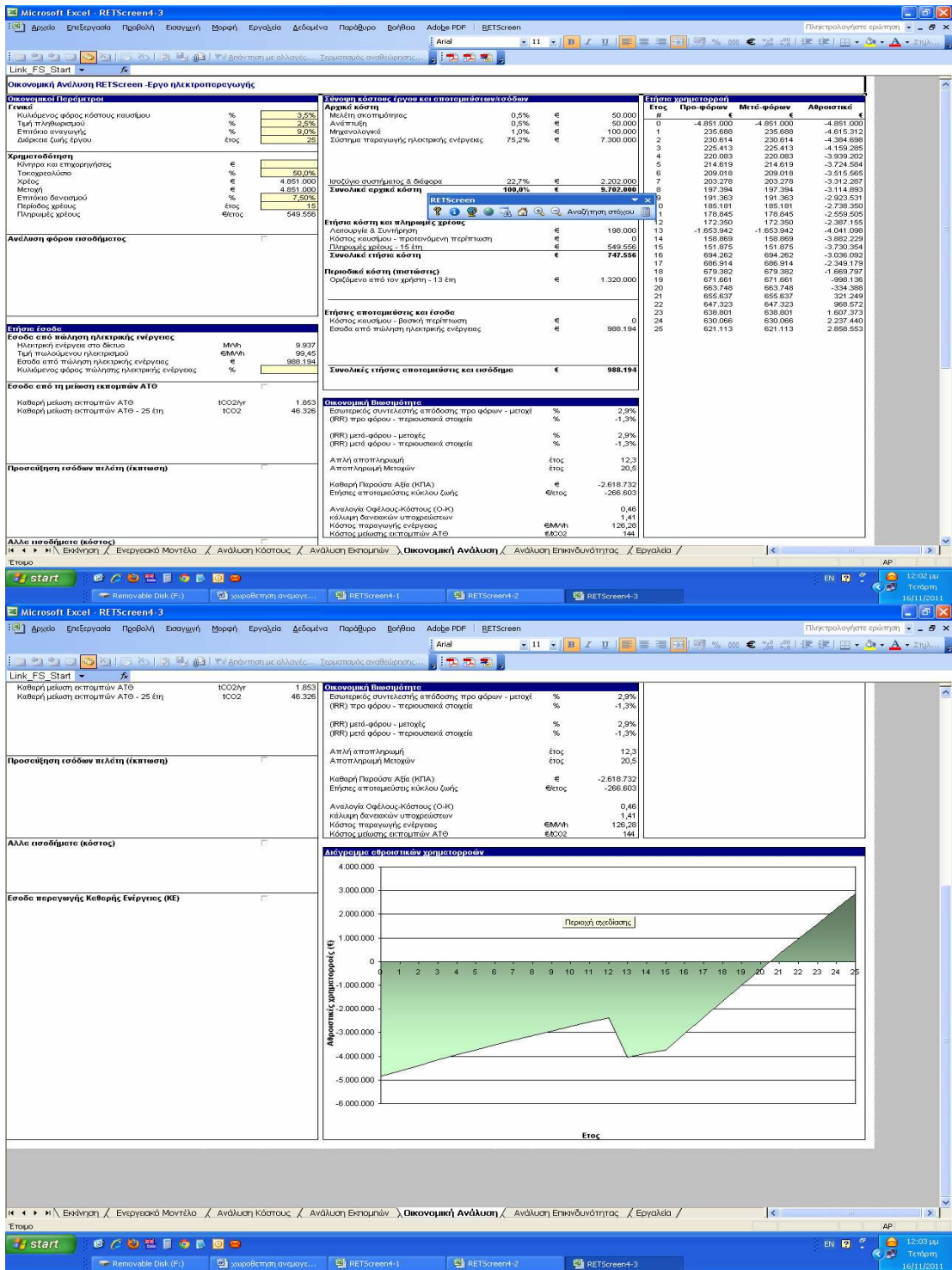


Εικόνα 6.8: Φύλλο-ανάλυση κόστους του προγράμματος.

Πίνακας 6.8: Θεωρούμενα κόστη για το αιολικό πάρκο με τις δέκα ανεμογεννήτριες.

ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (ΠΙΣΤΩΣΕΙΣ)	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΑΔΑ ΚΟΣΤΟΥΣ (ΕΥΡΩ)
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ (Ε)	ΚΟΣΤΟΣ	1	50000
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (Ε)	ΚΟΣΤΟΣ	1	50000
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (Ε)	ΚΟΣΤΟΣ	1	100000
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	kW	6000	1100
ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΡΓΟ	1	700000
ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ	%	20%	660000
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ	%	10%	882000
ΕΤΗΣΙΑ ΚΟΣΤΗ (ΠΙΣΤΩΣΕΙΣ)	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΑΔΑ ΚΟΣΤΟΥΣ (ΕΥΡΩ)
ΤΜΗΜΑΤΑ & ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΡΓΟ	1	198000
ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΚΟΣΤΗ	ΜΟΝΑΔΑ	ΕΤΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΚΟΣΤΟΥΣ (ΕΥΡΩ)
ΟΡΙΖΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ	ΚΟΣΤΟΣ	13	1320000

Στην οικονομική ανάλυση συμπληρώθηκαν οι οικονομικές παράμετροι θεωρώντας διάρκεια ζωής έργου 25 χρόνια και εξετάζοντας δύο περιπτώσεις χρηματοδότησης: η πρώτη περίπτωση αφορά τραπεζικό δάνειο στο 50% του αρχικά χρέους με επιτόκιο δανεισμού 7,5% για 15 χρόνια (εικόνα 6.9, πίνακες 6.9, 6.10, διάγραμμα 6.3) και η δεύτερη περίπτωση χωρίς τραπεζικό δάνειο (εικόνα 6.10, πίνακες 6.11, 6.12, διάγραμμα 6.4).



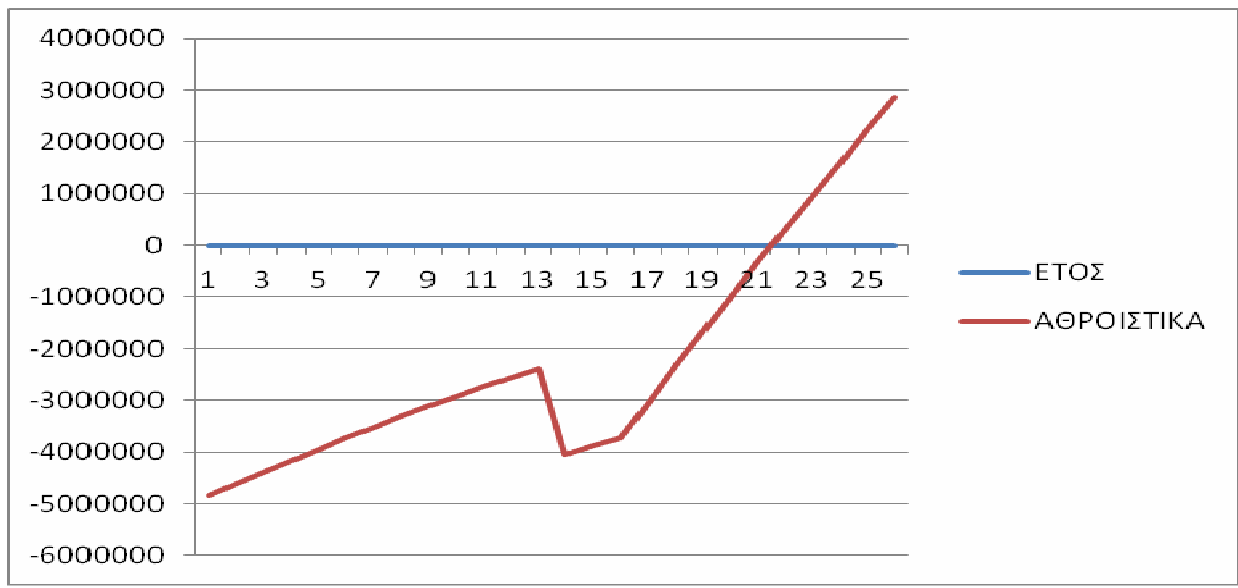
Εικόνα 6.9: Φύλλο-οικονομική ανάλυση του προγράμματος με το τραπεζικό δάνειο.

Πίνακας 6.9: Οικονομική βιωσιμότητα με το τραπεζικό δάνειο.

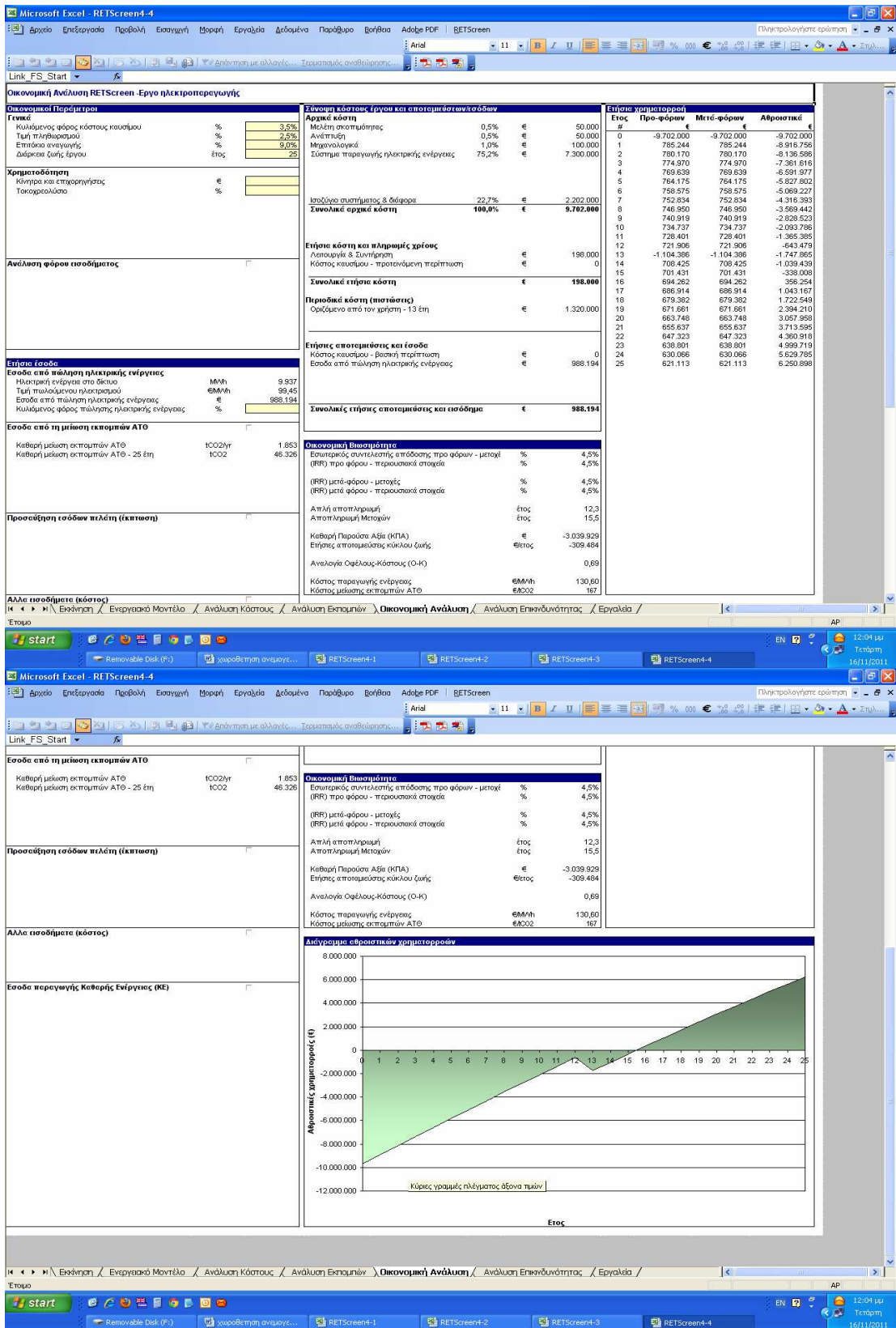
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ (ΜΕ ΤΟ ΔΑΝΕΙΟ)	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ-ΜΕΤΟΧΩΝ (%)	2.9
ΠΡΟ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	-1.3
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΜΕΤΟΧΕΣ (%)	2.9
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ(%)	-1.3
ΑΠΛΗ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ(ΕΤΟΣ)	12.3
ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕΤΟΧΩΝ(ΕΤΟΣ)	20.5
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ(ΕΥΡΩ)	-2618732
ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ(ΕΥΡΩ/ΕΤΟΣ)	-266603
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΟΦΕΛΟΥΣ-ΚΟΣΤΟΥΣ	0.46
ΚΑΛΥΨΗ ΔΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ	1.41
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(ΕΥΡΩ/MWh)	126.28
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΘ(ΕΥΡΩ/CO2)	144

Πίνακας 6.10:Ετήσια χρηματοροή με το τραπεζικό δάνειο.

ΕΤΗΣΙΑ ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ			
ΕΤΟΣ	ΠΡΟ-ΦΟΡΩΝ	ΜΕΤΑ ΦΟΡΩΝ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ
0	-4851000	-4851000	-4851000
1	235680	235680	-4615312
2	230614	230614	-4384698
3	225413	225413	-4159285
4	220083	220083	-3939202
5	214619	214619	-3724584
6	209018	209018	-3515565
7	203278	203278	-3312267
8	197394	197394	-3114893
9	191363	191363	-2923531
10	185181	185181	-2730350
11	178845	178845	-2559505
12	172350	172350	-2387155
13	-1653942	-1653942	-4041098
14	158869	158869	-3882229
15	151875	151875	-3730354
16	694262	694262	-3036092
17	606914	606914	-2349179
18	679382	679382	-1669797
19	671661	671661	-998136
20	663748	663748	-334388
21	655637	655637	321249
22	647323	647323	968572
23	638801	638801	1607373
24	630066	630066	2237440
25	621113	621113	2858553



Διάγραμμα 6.3: Διάγραμμα της ετήσιας χρηματορροής με το τραπεζικό δάνειο.



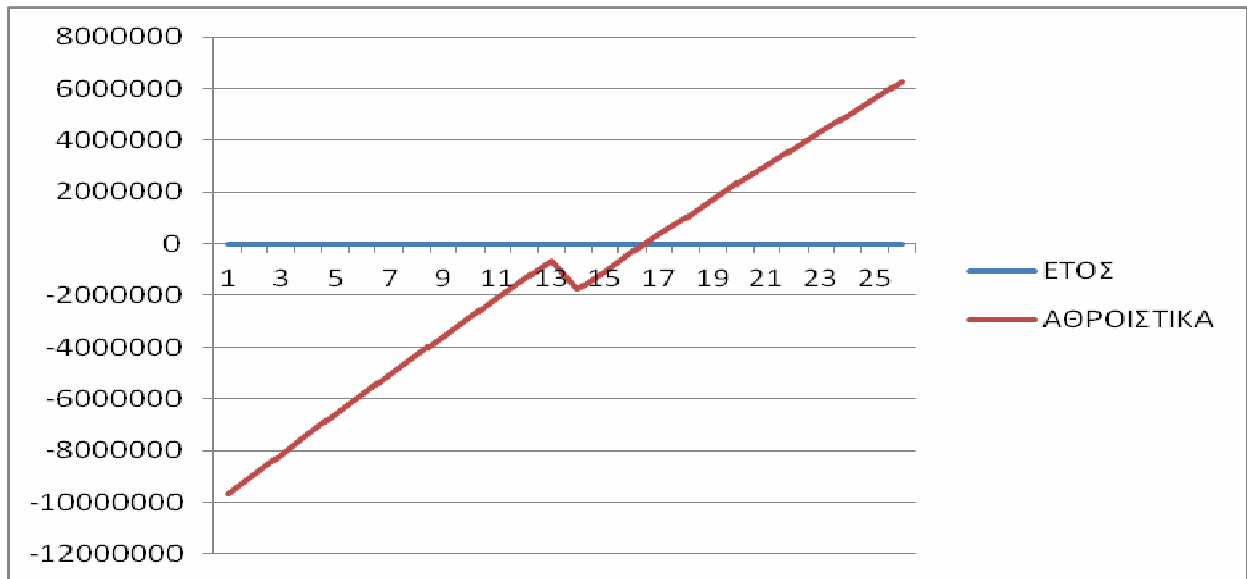
Εικόνα 6.10: Φύλλο-οικονομική ανάλυση του προγράμματος χωρίς τραπεζικό δάνειο.

Πίνακας 6.11: Οικονομική βιωσιμότητα χωρίς τραπεζικό δάνειο.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ (ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ)	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ-ΜΕΤΟΧΩΝ (%)	4.5
ΠΡΟ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	4.5
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΜΕΤΟΧΕΣ (%)	4.5
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ(%)	4.5
ΑΠΛΗ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ(ΕΤΟΣ)	12.3
ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕΤΟΧΩΝ(ΕΤΟΣ)	15.5
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ(ΕΥΡΩ)	-3039929
ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ(ΕΥΡΩ/ΕΤΟΣ)	-309484
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΟΦΕΛΟΥΣ-ΚΟΣΤΟΥΣ	0.69
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(ΕΥΡΩ/MWh)	130.6
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΘ(ΕΥΡΩ/CO2)	167

Πίνακας 6.12:Ετήσια χρηματορροή χωρίς τραπεζικό δάνειο.

ΕΤΗΣΙΑ ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ			
ΕΤΟΣ	ΠΡΟ-ΦΟΡΩΝ	ΜΕΤΑ ΦΟΡΩΝ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ
0	-9702000	-9702000	-9702000
1	785244	785244	-8916756
2	780170	780170	-8136586
3	774970	774970	-7361616
4	769639	769639	-6591977
5	764175	764175	-5827802
6	758575	758575	-5069227
7	752834	752834	-4316393
8	746950	746950	-3569442
9	740919	740919	-2828523
10	734737	734737	-2093786
11	728401	728401	-1365385
12	721906	721906	-643479
13	-1104388	-1104388	-1747865
14	708425	708425	-1039439
15	701431	701431	-338008
16	694262	694262	356254
17	686914	686914	1043167
18	679382	679382	1722549
19	671661	671661	2394210
20	663748	663748	3057958
21	655637	655637	3713595
22	647323	647323	4360918
23	638801	638801	4999719
24	630066	630066	5629785
25	621113	621113	6250898



Διάγραμμα 6.4: Διάγραμμα της ετήσιας χρηματοροής με το τραπεζικό δάνειο.

Σχόλια μελέτης

Στην οικονομική βιωσιμότητα με το δάνειο η απλή αποπληρωμή είναι 12.3 έτη, μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου που είναι 25 έτη. Η καθαρή παρούσα αξία, δηλαδή, η εξισορρόπηση του επενδυτικού κινδύνου δεν θεωρείται βιώσιμη εφόσον η διαφορά μεταξύ των οριακών της οφελών και των οριακών της εξόδων είναι αρνητική. Τέλος μια επένδυση θεωρείται αποδεκτή εφόσον η αναλογία Οφέλους - Κόστους είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το 1 και στην προκειμένη περίπτωση είναι 0.46, άρα δεν είναι αποδεκτή.

Στην οικονομική βιωσιμότητα χωρίς το δάνειο η απλή αποπληρωμή είναι 12.3 έτη, μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου που είναι 25 έτη. Η καθαρή παρούσα αξία, δηλαδή, η εξισορρόπηση του επενδυτικού κινδύνου δεν θεωρείται βιώσιμη εφόσον η διαφορά μεταξύ των οριακών της οφελών και των οριακών της εξόδων είναι αρνητική. Τέλος μια επένδυση θεωρείται αποδεκτή εφόσον η αναλογία Οφέλους - Κόστους είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το 1 και στην προκειμένη περίπτωση είναι 0.69, άρα δεν είναι αποδεκτή.

Από τα παραπάνω στοιχεία βγαίνει γενικά το συμπέρασμα ότι το αιολικό πάρκο με τις δέκα ανεμογεννήτριες δεν είναι οικονομικά ελκυστική επιλογή, ανεξάρτητα από τον τρόπο χρηματοδότησης της επένδυσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:

7.1. ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ

Από την παραπάνω μελέτη των δύο αιολικών πάρκων, προκύπτουν κάποια βασικά συμπεράσματα ως προς την αιολική ενέργεια και τις συνθήκες όπου αποδίδει καλύτερα η συγκεκριμένη ανανεώσιμη ενέργεια. Τα τελικά και βασικά συμπεράσματα μέσα από την παραπάνω εργασία είναι τα εξής:

1. Η αιολική ενέργεια είναι μια από τις πιο αποδοτικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αν οι συνθήκες στην περιοχή που θέλουμε να εκμεταλλευτούμε είναι οι κατάλληλες, δηλαδή:

- Αν η περιοχή είναι κοντά σε ακτή ή σε ομαλό πεδίο ή σε κορυφογραμμή.
- Αν ληφθούν υπόψη οι χαρακτηριστικοί παράμετροι του ανέμου όπως είναι η ταχύτητα, η κατεύθυνση, η επικρατούσα ανατάραξη, ο στροβιλισμός και η κατανομή του.

2. Μετά την σύγκριση των δύο αιολικών πάρκων (3 ανεμογεννήτριες των 2MW και 10 ανεμογεννήτριες των 600kW) με την βοήθεια του WAsP βγαίνει το συμπέρασμα ότι η το αιολικό πάρκο με τις 3 ανεμογεννήτριες έχει πολύ μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας και σημαντικά μικρότερες απώλειες σε σχέση με το αιολικό πάρκο με τις 10 ανεμογεννήτριες των 600kW και οι λόγοι είναι:

- Το μεγαλύτερο ύψος πυλώνα των ανεμογεννητριών των 2MW σε σχέση με αυτές των 600kW (67m έναντι 40.5m), που συνεπάγεται υψηλότερη ταχύτητα ανέμου, άρα και παραγωγή ενέργειας (πίνακα 7.1).

Πίνακας 7.1: Συγκετρωτικός πίνακας τελικών αποτελεσμάτων.

Τύπος ανεμογεννήτριας	TOTAL NET AEP(GWh)	LOSS(%)
2MW (ύψος πυλώνα 67m)	13.42	5.28
600kW (ύψος πυλώνα 40.5m)	9.951	13.5

- Το ότι όσο πιο πολλές ανεμογεννήτριες υπάρχουν σε ένα χώρο, τόσο αυξάνεται η εξασθένιση λόγω ομόρου, με αποτέλεσμα η απόδοση να μειώνεται αισθητά, οπότε το πιο αποδοτικό αιολικό πάρκο είναι αυτό με τις 3 ανεμογεννήτριες σε σχέση με τις 10 ανεμογεννήτριες.

3. Μετά την σύγκριση των δύο αιολικών πάρκων (3 ανεμογεννήτριες των 2MW και 10 ανεμογεννήτριες των 600kW) με την βοήθεια του RETScreen βγαίνει το συμπέρασμα ότι το αιολικό πάρκο με τις 3 ανεμογεννήτριες είναι οικονομικά βιώσιμο με την χορήγηση δανείου, σε αντίθεση με το αιολικό πάρκο με τις 10 ανεμογεννήτριες που δεν είναι ανεξάρτητα από τον τρόπο χρηματοδότησης της επένδυσης και οι λόγοι είναι ότι:

- Στο αιολικό πάρκο με τις 3 ανεμογεννήτριες, στην οικονομική βιωσιμότητα με το δάνειο, η απλή αποπληρωμή είναι 8.4 έτη, μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου που είναι 25 έτη. Η καθαρή παρούσα αξία, δηλαδή, η εξισορρόπηση του επενδυτικού κινδύνου θεωρείται βιώσιμη εφόσον η διαφορά μεταξύ των οριακών της οφελών και των οριακών της εξόδων είναι θετική. Τέλος μια επένδυση θεωρείται αποδεκτή εφόσον η αναλογία Οφέλους - Κόστους είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το 1 και στην προκειμένη περίπτωση είναι 1.21, άρα είναι αποδεκτή σε αντίθεση με την οικονομική βιωσιμότητα χωρίς το δάνειο όπου η απλή αποπληρωμή είναι 8.4 έτη, μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου που είναι 25 έτη. Η καθαρή παρούσα αξία, δηλαδή, η εξισορρόπηση του επενδυτικού κινδύνου θεωρείται βιώσιμη εφόσον η διαφορά μεταξύ των οριακών της οφελών και των οριακών της εξόδων είναι θετική. Τέλος μια επένδυση θεωρείται αποδεκτή εφόσον η αναλογία Οφέλους - Κόστους είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το 1 και στην προκειμένη περίπτωση είναι 1.06, άρα είναι αποδεκτή. Άρα το αιολικό πάρκο με τις τρεις ανεμογεννήτριες είναι οικονομικά βιώσιμο με την χορήγηση δανείου διότι αν και η απλή αποπληρωμή είναι και στις δύο περιπτώσεις κοντά στα 8.4 έτη, η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης με δάνειο είναι μεγαλύτερη από την καθαρή παρούσα αξία χωρίς δάνειο και επίσης η αναλογία Οφέλους - Κόστους με το δάνειο είναι μεγαλύτερη από αυτή χωρίς δάνειο ($1.21 > 1.06$). Τα παραπάνω φαίνονται στους πίνακες 7.2 και 7.3.

Πίνακας 7.2: Οικονομική βιωσιμότητα με το τραπεζικό δάνειο.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ (ΜΕ ΤΟ ΔΑΝΕΙΟ)	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ-ΜΕΤΟΧΩΝ (%)	11.3
ΠΡΟ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	4.2
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΜΕΤΟΧΕΣ (%)	11.3
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ(%)	4.2
ΑΠΛΗ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ(ΕΤΟΣ)	8.4
ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕΤΟΧΩΝ(ΕΤΟΣ)	8.3
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ(ΕΥΡΩ)	1022409
ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ(ΕΥΡΩ/ΕΤΟΣ)	104088
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΟΦΕΛΟΥΣ-ΚΟΣΤΟΥΣ	1.21
ΚΑΛΥΨΗ ΔΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ	2.1
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(ΕΥΡΩ/MWh)	91.87
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΘ(ΕΥΡΩ/CO2)	41

Πίνακας 7.3: Οικονομική βιωσιμότητα χωρίς τραπεζικό δάνειο

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ (ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ)	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ-ΜΕΤΟΧΩΝ (%)	9.8
ΠΡΟ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	9.8
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΜΕΤΟΧΕΣ (%)	9.8
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ(%)	9.8
ΑΠΛΗ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ(ΕΤΟΣ)	8.4
ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕΤΟΧΩΝ(ΕΤΟΣ)	8.5
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ(ΕΥΡΩ)	598805
ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ(ΕΥΡΩ/ΕΤΟΣ)	60962
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΟΦΕΛΟΥΣ-ΚΟΣΤΟΥΣ	1.06
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(ΕΥΡΩ/MWh)	95.01
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΘ(ΕΥΡΩ/CO2)	24

- Στο αιολικό πάρκο με τις 10 ανεμογεννήτριες, στην οικονομική βιωσιμότητα με το δάνειο η απλή αποπληρωμή είναι 12.3 έτη, μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου που είναι 25 έτη. Η καθαρή παρούσα αξία, δηλαδή, η εξισορρόπηση του επενδυτικού κινδύνου δεν θεωρείται βιώσιμη εφόσον η διαφορά μεταξύ των οριακών της οφελών και των οριακών της εξόδων είναι αρνητική. Τέλος μια επένδυση θεωρείται αποδεκτή εφόσον η αναλογία Οφέλους - Κόστους είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το 1 και στην προκειμένη περίπτωση είναι 0.46, άρα δεν είναι αποδεκτή. Επίσης και στην οικονομική βιωσιμότητα χωρίς το δάνειο η απλή αποπληρωμή είναι 12.3 έτη, μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου που είναι 25 έτη. Η καθαρή παρούσα αξία, δηλαδή, η εξισορρόπηση του επενδυτικού κινδύνου δεν θεωρείται βιώσιμη εφόσον η διαφορά μεταξύ των οριακών της οφελών και των οριακών της εξόδων είναι αρνητική. Τέλος μια επένδυση θεωρείται αποδεκτή εφόσον η αναλογία Οφέλους - Κόστους είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το 1 και στην προκειμένη περίπτωση είναι 0.69, άρα ούτε και αυτή δεν είναι αποδεκτή. Άρα βγαίνει γενικά το συμπέρασμα ότι το αιολικό πάρκο με τις δέκα ανεμογεννήτριες δεν είναι οικονομικά ελκυστική επιλογή, ανεξάρτητα από τον τρόπο χρηματοδότησης της επένδυσης. Τα παραπάνω φαίνονται στους πίνακες 7.4 και 7.5.

Πίνακας 7.4: Οικονομική βιωσιμότητα με το τραπεζικό δάνειο.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ (ΜΕ ΤΟ ΔΑΝΕΙΟ)	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ-ΜΕΤΟΧΩΝ (%)	2.9
ΠΡΟ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	-1.3
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΜΕΤΟΧΕΣ (%)	2.9
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ(%)	-1.3
ΑΠΛΗ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ(ΕΤΟΣ)	12.3
ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕΤΟΧΩΝ(ΕΤΟΣ)	20.5
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ(ΕΥΡΩ)	-2618732
ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ(ΕΥΡΩ/ΕΤΟΣ)	-266603
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΟΦΕΛΟΥΣ-ΚΟΣΤΟΥΣ	0.46
ΚΑΛΥΨΗ ΔΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ	1.41
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(ΕΥΡΩ/MWh)	126.28
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΘ(ΕΥΡΩ/CO ₂)	144

Πίνακας 7.5: Οικονομική βιωσιμότητα χωρίς τραπεζικό δάνειο.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ (ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ)	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ-ΜΕΤΟΧΩΝ (%)	4.5
ΠΡΟ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	4.5
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΜΕΤΟΧΕΣ (%)	4.5
ΜΕΤΑ ΦΟΡΟΥ-ΠΕΡΟΥΣΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ(%)	4.5
ΑΠΛΗ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ(ΕΤΟΣ)	12.3
ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕΤΟΧΩΝ(ΕΤΟΣ)	15.5
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ(ΕΥΡΩ)	-3039929
ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ(ΕΥΡΩ/ΕΤΟΣ)	-309484
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΟΦΕΛΟΥΣ-ΚΟΣΤΟΥΣ	0.69
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(ΕΥΡΩ/MWh)	130.6
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΘ(ΕΥΡΩ/CO ₂)	167

Βιβλιογραφία

1. Σημειώσεις εργαστηρίου «Σχεδιασμός & Διαχείριση Συστημάτων ΑΠΕ» .
2. Διαλέξεις εργαστηρίου «Σχεδιασμός & Διαχείριση Συστημάτων ΑΠΕ» .
3. Διαλέξεις εργαστηρίου «Ήπιες Μορφές Ενέργειας Ι»

Ιστοσελίδες στο διαδίκτυο:

1. Οδηγός Αναζήτησης στο Διαδίκτυο: <http://www.google.com>
2. ARC ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ : <http://www.arc-energy.gr/ape>
3. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος:
http://library.tee.gr/digital/m2483/m2483_katsoulakos.pdf
4. [_http://www.cres.gr/kape/kidsol/wind/34.htm](http://www.cres.gr/kape/kidsol/wind/34.htm)
5. <http://fmtulab.wikidot.com/iaero:ebook-c01>
6. <http://www.rae.gr/old/prices/main.htm>