



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ
ΠΑΡΚΩΝ ΣΕ ΤΡΕΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΠΟΛΕΙΣ**



ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΧΟΥΛΙΑΡΑΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ (ΑΜ:2015010160)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΕΥΘΥΜΙΟΥ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΕΞΕΤΑΣΤΕΑ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: ΚΟΝΣΟΛΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, ΥΨΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΧΑΝΙΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021

Πρόλογος

Αυτή η εργασία αποτελεί ένα κομμάτι από τον αγώνα μου για την απόκτηση του πτυχίου που αποτελούσε στόχο μου από την ημέρα που ξεκίνησα να φοιτώ στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Ήταν ένας αγώνας έξι ετών με πολλές δυσκολίες, χαρές, λύπες, γέλια, κλάματα, ευχάριστες στιγμές. Από όλο αυτό θα ήθελα να κρατήσω τις ευχάριστες στιγμές και να ευχαριστήσω τους στενούς μου φίλους, παιδιά που γνώριζα χρόνια πριν φοιτήσω στη σχολή καθώς επίσης και αυτούς που γνώρισα κατά την διάρκεια της φοίτησής μου και θα τους εκτιμώ για μια ζωή. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την κοπέλα μου, την Ζωή, που με στήριζε στον αγώνα αυτό και συνεχίζει να με στηρίζει σε ό,τι κάνω.

Δεν θα μπορούσα να παραλείψω τον καθηγητή μου κ. Παπαευθυμίου Σπύρο, που από την πρώτη μας γνωριμία εκτιμούσα ιδιαίτερα μέχρι και σήμερα και να τον ευχαριστήσω για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για την ανάθεση του θέματος του σε εμένα, για την υπομονή που είχε όλο αυτό το διάστημα της εκπόνησης της εργασίας καθώς επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια του στην εργασία αυτή.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και την αδερφή μου, Γεωργία, για την πολύτιμη στήριξή τους αυτά τα 6 χρόνια. Ιδιαίτερα τους γονείς μου που με στηρίζουν εδώ και 24 χρόνια, και συνέβαλλαν σε αυτό που είμαι σήμερα, διότι γνωρίζω με τι κόπο και στερήσεις κατάφεραν να με μεγαλώσουν και να με σπουδάσουν.

Στους γονείς μου,

Σταμάτη και Σταυρούλα

Πίνακας περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Αιολική Ενέργεια	5
1.1. Η Παγκόσμια Αγορά Αιολικής Ενέργειας.....	8
1.2. Τεχνολογικά Ζητήματα	10
1.3. Οικονομικά της αιολικής ενέργειας	13
1.4. Αιολική Ενέργεια και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	15
1.5. Προοπτικές Αιολικής Ενέργειας	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Νομοθετικό Πλαίσιο για ΑΠΕ.....	19
2.1 Νομοθεσία	19
2.2 Τιμολόγηση Ενέργειας από ΑΠΕ	22
2.3 Περιβαλλοντική Αδειοδότηση Εγκαταστάσεων.....	24
2.4 Πώληση Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Επισκόπηση Λογισμικού RETScreen	26
3.1 Μη προσαρμοσμένη παραγωγή ενέργειας	28
3.2 Ακαθάριστη Παραγωγή Ενέργειας	31
3.3 Επικύρωση.....	35
3.4 Εισαγωγή Προγράμματος.....	36
3.5 Παρουσίαση του RETScreen.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Αναλυτική Παρουσίαση Μελέτης Σχεδιασμού Αιολικού Πάρκου 10MW στις περιοχές των Χανίων , της Πάτρας και της Κοζάνης.....	47
4.1 Πληροφορίες σχετικά με τα Έργα:	47
4.2 Αναλυτική παρουσίαση της Εργασίας στο Πρόγραμμα RETScreen βήμα-βήμα	49
4.3 Για την περιοχή των Χανίων-Θέση Φραγκοκάστελλο	56
4.4 Για την περιοχή της Κοζάνης - Θέση Ξηρολίμνη	60
4.5 Για την Περιοχή της Πάτρας- Θέση Ομβρύοκαμπος.....	64
4.6 Σύγκριση Αποτελεσμάτων με αλλαγή τοποθεσίας εγκατάστασης στον ίδιο νομό.....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Γενικά Συμπεράσματα.....	77
Βιβλιογραφία	80
Παράρτημα Εικόνων και Πινάκων και Σχημάτων-Διαγραμμάτων	81

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την εισαγωγή στην αιολική ενέργεια και την τεχνική προμελέτη εγκατάστασης αιολικού πάρκου ισχύος 10MW σε 3 πόλεις της Ελλάδας, Χανιά, Πάτρα και Κοζάνη.

Αρχικά, στα πρώτα κεφάλαια γίνεται αναφορά σε βιβλιογραφικά στοιχεία που αφορούν την αιολική ενέργεια, την τεχνολογία των ανεμογεννητριών, πληροφορίες για το πρόγραμμα RETScreen καθώς και το νομοθετικό πλαίσιο στο οποίο εγκαθίστανται οι ΑΠΕ. Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση των ενεργειών μέσω του προγράμματος RETScreen Expert μέχρι και την παρουσίαση των τελικών αποτελεσμάτων και ο σχολιασμός και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτήν τη μελέτη.

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου ισχύος 10MW για 13 διαφορετικούς τύπους ανεμογεννητριών σε αυτές τις περιοχές ώστε να φανεί η πιο αποδοτική λύση όσον αφορά την παραγωγικότητα του πάρκου ανά περιοχή καθώς και μερικές διαφορές της παραγωγικότητας που προκύπτουν αλλάζοντας τον συντελεστή παραμόρφωσης ανέμου στην ίδια περιοχή.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι οι περιοχές που μελετήθηκαν είναι αδειοδοτημένες προς εγκατάσταση καθώς για την επιλογή τους έγινε μελέτη του Γεωγραφικού Χάρτη ΡΑΕ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Αιολική Ενέργεια



Εικόνα 1.1:Κυκλαδίτικος Παραδοσιακός Ανεμόμυλος 12^{ου} Αιώνα.

Ήταν πριν από αιώνες όταν η τεχνολογία της αιολικής ενέργειας έκανε το πρώτο της πραγματικό βήμα. Εντούτοις όμως, απλούστερες αιολικές κατασκευές, χρονολογούνται πριν από χιλιάδες χρόνια, με τους ανεμόμυλους κάθετου άξονα που βρέθηκαν στα περσικά-αφγανικά σύνορα γύρω στο 200 π.Χ. και τους ανεμόμυλους οριζόντιου άξονα της Ολλανδικής περιοχής και της Μεσογείου, το οποία βρέθηκαν πολύ αργότερα (1300-1875 μ.Χ.)

Περαιτέρω εξέλιξη (Dodge, 2001) και τελειότητα αυτών των συστημάτων, πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ τον 19ο αιώνα. Πιο συγκεκριμένα, όταν χρησιμοποιήθηκαν πάνω από 6 εκατομμύρια μικρές μηχανές για την άντληση νερού μεταξύ 1850 και 1970. Από την άλλη πλευρά, η πρώτη μεγάλη αιολική μηχανή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μια ανεμογεννήτριας χαμηλής ταχύτητας και υψηλής σταθερότητας 12 kW, εγκαταστάθηκε στο Cleveland του Οχάιο, το 1888, ενώ κατά τα τελευταία στάδια του πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου, η χρήση μηχανών 25 kW σε όλη τη Δανία ήταν ευρέως διαδεδομένη.



Εικόνα 1.2: Σύγχρονο Αιολικό Πάρκο στην περιοχή της Καρυστίας-Νότια Εύβοια.

Η περαιτέρω ανάπτυξη των ανεμογεννητριών στις ΗΠΑ, έγινε με έμπνευση από το σχεδιασμό των ελίκων των αεροπλάνων και των φτερών των μονοπλάνων, ενώ οι επακόλουθες προσπάθειες στη Δανία, τη Γαλλία, τη Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο (κατά την περίοδο μεταξύ 1935 και 1970) έδειξαν ότι οι μεγάλης κλίμακας ανεμογεννήτριες θα μπορούσαν να λειτουργήσουν εξίσου καλά. Οι ευρωπαϊκές εξελίξεις συνεχίστηκαν και μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Στη Δανία, η ανεμογεννήτρια Gedser 200 kW τριών πτερυγίων ανοδικών στροφείων λειτούργησε με επιτυχία μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1960, ενώ στη Γερμανία αναπτύχθηκε μια σειρά προηγμένων σχεδίων οριζόντιου άξονα, με αμφότερες τις προαναφερθείσες έννοιες να υπαγορεύουν τον μελλοντικό οριζόντιο άξονα, ενώ οι προσεγγίσεις σχεδιασμού αργότερα αναδύθηκαν στη δεκαετία του '70 (Meyer, 1995).

Ένα από τα πιο σημαντικά ορόσημα της ιστορίας της αιολικής ενέργειας συμπίπτει με τη συμμετοχή της κυβέρνησης των ΗΠΑ στην έρευνα και την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, μετά την πετρελαϊκή κρίση του 1973. Στη συνέχεια, κατά τα έτη μεταξύ 1973 και 1986, η εμπορική αγορά ανεμογεννητριών εξελίχθηκε από εγχώριες και γεωργικές (1-25 kW) σε εφαρμογές διασυνδεδεμένων αιολικών πάρκων (50-600 kW). Σε αυτό το πλαίσιο, η πρώτη έκρηξη διείσδυσης αιολικής ενέργειας μεγάλης κλίμακας απαντήθηκε στην Καλιφόρνια (Richter, 1996), όπου εγκαταστάθηκαν περισσότερα από 16.000 μηχανήματα, από 20 έως 350 kW (συνολικά 1,7 GW) μεταξύ 1981 και 1990, ως αποτέλεσμα των κινήτρων (όπως η ομοσπονδιακή

επένδυση και οι ενεργειακές πιστώσεις) που παρέχονται από την κυβέρνηση των ΗΠΑ. Στη Βόρεια Ευρώπη από την άλλη πλευρά, οι εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων αυξήθηκαν σταθερά κατά τη δεκαετία του '80 και του '90, με το υψηλότερο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας και τους εξαιρετικούς αιολικούς πόρους που οδήγησαν στη δημιουργία μιας μικρής αλλά σταθερής αγοράς. Μετά το 1990, οι περισσότερες δραστηριότητες της αγοράς μετατοπίστηκαν στην Ευρώπη, με τα τελευταία είκοσι χρόνια να φέρνουν την αιολική ενέργεια στην πρώτη γραμμή της παγκόσμιας σκηνής με σημαντικούς παράγοντες από όλες τις περιοχές του κόσμου.

Σε αυτό το πλαίσιο, όπως θα δούμε παρακάτω, πραγματοποιείται μια σύντομη ανασκόπηση των εξελίξεων που σημειώθηκαν στον τομέα της αιολικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, με ιδιαίτερη έμφαση να δίνεται στα κύρια πεδία των γεγονότων της παγκόσμιας αγοράς, των τεχνολογικών ζητημάτων, των οικονομικών, των περιβαλλοντικών επιδόσεων, και τέλος τις προοπτικές αιολικής ενέργειας. Τα κυριότερα σημεία και μερικές πληροφορίες για καθένα από τα πεδία παρουσιάζονται επί του παρόντος, ενώ δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα ευρωπαϊκά επιτεύγματα. Πιο συγκεκριμένα, στην ενότητα των γεγονότων της παγκόσμιας αγοράς, παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη της παγκόσμιας χωρητικότητας αιολικής ενέργειας και της παραγωγής ενέργειας μαζί με τις κορυφαίες αγορές του σήμερα και τα πιο σημαντικά γεγονότα της ευρωπαϊκής αλλά και της παγκόσμιας αιολικής ενέργειας. Ακολουθεί, στο τμήμα τεχνολογικών θεμάτων, διεξάγεται συζήτηση σχετικά με την αναβάθμιση των μηχανημάτων, τα κύρια τεχνολογικά χαρακτηριστικά των σύγχρονων ανεμογεννητριών και θέματα όπως η ολοκλήρωση δικτύου, η αποτελεσματικότητα των μηχανημάτων και η επέκταση της βιομηχανίας μηχανών μικρής κλίμακας.

Στο θέμα των οικονομικών, ζητήματα όπως η χρονική εξέλιξη του επενδυτικού κόστους, το κόστος τόσο των χερσαίων όσο και των υπεράκτιων εφαρμογών, η επίδραση των μηχανισμών χρηματοοικονομικής στήριξης, οι ευκαιρίες απασχόλησης που εμφανίζονται λόγω της επέκτασης της βιομηχανίας αιολικής ενέργειας, καθώς και μια σύγκριση με άλλες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας, παρουσιάζονται όλες οι άλλες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας. Στη συνέχεια, στο τμήμα περιβαλλοντικών επιδόσεων, παρέχεται μια σύντομη ειδοποίηση σχετικά με τις επιπτώσεις της αιολικής ενέργειας, ενώ δίνεται προσοχή στα εξωτερικά στοιχεία που αποφεύγονται και στα επίπεδα κοινωνικής αποδοχής της αιολικής ενέργειας. Τέλος, στις προοπτικές

αιολικής ενέργειας, παρέχεται μια περίληψη των μελλοντικών στόχων τόσο στην αγορά όσο και στο τεχνολογικό επίπεδο.

1.1. Η Παγκόσμια Αγορά Αιολικής Ενέργειας

Σύμφωνα με τα τελευταία επίσημα στοιχεία, η παγκόσμια χωρητικότητα αιολικής ενέργειας αυξήθηκε το 2009 κατά 37,4 GW, φθάνοντας έτσι συνολικά σχεδόν 158 GW με βάση τους αξιοσημείωτους ρυθμούς ανάπτυξης που παρουσιάστηκαν τα τελευταία είκοσι χρόνια. Η Ευρώπη πλησιάζει αυτή τη στιγμή, εάν δεν έχει ξεπεραστεί ακόμη, τα 80 GW και τώρα κατευθύνεται σε υπεράκτιες εφαρμογές (Breton, 2009). Στην πραγματικότητα, από τα μέσα της δεκαετίας του '90 η αγορά της ΕΕ, αντιστοιχεί σε πάνω από το 50% της παγκόσμιας εγκατεστημένης χωρητικότητας, που σήμερα θεωρείται ότι αποδίδει συνολικά 260TWh ανά έτος. Σε αυτό το πλαίσιο, παρόλο που η ΕΕ κατείχε μόνο το 20% της παραγωγής αιολικής ενέργειας, στις αρχές της δεκαετίας του '90, η παραγωγή ευρωπαϊκών αιολικών πάρκων κατάφερε να φτάσει ακόμη και το 70%, τα έτη μετά το 2000, με παραγωγή 100TWh ανά έτος, κάτι που είχε ήδη επιτευχθεί έως το τέλος του 2007.

Ωστόσο, η επανεκκίνηση της αγοράς των ΗΠΑ και η ανάπτυξη της βιομηχανίας αιολικής ενέργειας στην Κίνα μείωσαν σημαντικά τους προαναφερθέντες αριθμούς τα τελευταία χρόνια σε 60%. Ως αποτέλεσμα, το συνολικό μερίδιο της Βόρειας Αμερικής και της Ασίας και της Ωκεανίας το 2007 αντιστοιχούν σε περίπου 38% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας. Εν τω μεταξύ, το 80% της παραγωγής αιολικής ενέργειας που αποδόθηκε στη Βόρεια Αμερική στις αρχές της δεκαετίας του '90 συρρικνώθηκε στο 20% μέσα σε μια δεκαετία, ενώ για την περιοχή της Ασίας και της Ωκεανίας υπήρξε αρκετά σημαντική συμβολή από το 1995. Όσον αφορά την παρούσα κατάσταση της αιολικής ενέργειας, οι ΗΠΑ κατάφεραν το 2009 να προσθέσουν ένα νέο 40% σε σχέση με τη σωρευτική τους ικανότητα. Ταυτόχρονα, οι Κινέζοι πέτυχαν να εγκαταστήσουν σχεδόν 14 GW, δηλ. 20% και 40% της αθροιστικής χωρητικότητας της ΕΕ και των ΗΠΑ αντίστοιχα, γεγονός που οδηγεί σε συνολικό (ΗΠΑ και Κίνα) 62% της χωρητικότητας του 2009. Ως αποτέλεσμα, η Κίνα έφτασε στη δεύτερη θέση του παγκόσμιου πίνακα κατάταξης μαζί με τον μακροπρόθεσμο ηγέτη της ΕΕ, δηλαδή τη Γερμανία. Εκτός αυτού, σε περιφερειακό επίπεδο, η Ασία κατάφερε να ξεπεράσει οριακά τους Βορειοαμερικάνους, από την

άποψη της σωρευτικής ικανότητας, ενώ η ΕΕ εξακολουθεί να είναι ο παγκόσμιος ηγέτης με σχεδόν 50%.

Ταυτόχρονα, σε ευρωπαϊκό επίπεδο η Γερμανία (με 25,8 GW) και η Ισπανία (με 19,1 GW) ακολουθούνται πλέον από την Ιταλία (με 4850 MW), τη Γαλλία (με 4492 MW), το Ηνωμένο Βασίλειο (με 4051 MW), την Πορτογαλία (με 3535 MW) και τη Δανία (με 3465), με την τελευταία να παρουσιάζει μια μακροπρόθεσμη στασιμότητα που απαιτεί τη βελτίωση της τοπικής νομοθεσίας, αν και έχει ήδη επιτευχθεί σημαντική εκμετάλλευση του τοπικού αιολικού δυναμικού. Από την άλλη πλευρά, η Γαλλία και η Πορτογαλία παρουσιάζουν αξιοσημείωτα αναπτυσσόμενα ποσοστά από το 2000, ενώ για την Ιταλία και την Ολλανδία η τοπική αγορά αιολικής ενέργειας αντιμετώπισε ένα νωρίτερο ξεκίνημα (δηλαδή από το 1990) με ανάλογα αποτελέσματα μόνο για την Ιταλία.

Επιπλέον, αυτό που είναι επίσης ενδιαφέρον να δούμε είναι η χρονική εξέλιξη της παραγωγικής ικανότητας όλων των τεχνολογιών στην ΕΕ από το 1995 έως το 2009. Όπως προκύπτει, τα τελευταία χρόνια, η νέα χωρητικότητα αιολικής ενέργειας υπερβαίνει κάθε άλλη τεχνολογία με περισσότερα από 10 GW αιολικής ενέργειας από το 2009. Επιπλέον, όσον αφορά τις σωρευτικές εγκαταστάσεις, τα ευρωπαϊκά αιολικά πάρκα υπερβαίνουν την παραγωγή πετρελαίου κατά 20 GW και μειώνονται κατά 50 GW σε σύγκριση με την πυρηνική ενέργεια. Στην πραγματικότητα, ο αναπτυσσόμενος ρυθμός χωρητικότητας αιολικής ενέργειας είναι συγκρίσιμος μόνο με τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις φυσικού αερίου, με την αξιοσημείωτη αύξηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων που επίσης υποδηλώνουν τη μετατόπιση της απόπειρας στην ΕΕ να καθαρίσει τις τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας.

Σε αυτό το πλαίσιο, τα μερίδια της παραγωγής αιολικής ενέργειας στην ακαθάριστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ορισμένων χωρών της ΕΕ υπερβαίνουν ήδη το 10% (π.χ. Δανία, Πορτογαλία και Ισπανία), ενώ για τη Δανία περίπου το 20% θα πρέπει να εξεταστεί, με την αντίστοιχη της ΕΕ, όπου ο μέσος όρος διατηρήθηκε στο 4,1%. Παρ' όλα αυτά, πολλές ευρωπαϊκές χώρες, έκαναν προσπάθειες για υπεράκτιες επεκτάσεις (Snyder, 2009) (περίπου 1,5 GW ήδη λειτουργούν στη Δανία και το Ηνωμένο Βασίλειο), με βραχυπρόθεσμα σχέδια για 33 GW και πάνω, στα επόμενα χρόνια. Αυτά είναι κυρίως υποστηριζόμενα από τη Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο, όπου θα αυξήσουν περαιτέρω τα μερίδια συνεισφοράς των αιολικών πάρκων της ΕΕ.

Συνοψίζοντας, σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα επίσημα στοιχεία, η ΕΕ παραμένει ο παγκόσμιος ηγέτης σε αυτό το θέμα, αν και οι ΗΠΑ πραγματοποίησαν σημαντική επιστροφή με περισσότερα από 10 GW εγκατεστημένα από το 2009. Εν τω μεταξύ, η Κίνα επιμένει στους εκκρεμούς ρυθμούς ανάπτυξής της, διπλασιάζοντας κάθε χρόνο τη σωρευτική της ικανότητα, ενώ φαίνεται έτοιμη να ξεπεράσει την πρώτη θέση στον παγκόσμιο πίνακα κατάταξης. Επιπλέον, η Ινδία μετά από σταθερό ρυθμό ανάπτυξης, είναι ο πιο σημαντικός σύμμαχος της Κίνας, προσθέτοντας περισσότερα από 10 GW για την περιοχή της Ασίας. Επιπλέον, μετά από μια μακρά περίοδο στασιμότητας, η Αυστραλία κατάφερε να εγκαταστήσει σχεδόν 1 GW κατά τη διάρκεια του 2008-09, αυξάνοντας έτσι τη χωρητικότητα του Ειρηνικού σε περισσότερα από 2 GW. Από την άλλη πλευρά, στη Λατινική Αμερική, αξίζει να σημειωθεί ότι η μόνη ανάπτυξη που συναντήθηκε ήταν στη Βραζιλία, τη Χιλή, το Μεξικό και την Κόστα Ρίκα, συνοψίζοντας ωστόσο ένα σύνολο μόνο 1 GW. Τέλος, η Αίγυπτος, το Μαρόκο και η Τυνησία, είναι οι μόνες ενεργές αφρικανικές χώρες (πάνω από 0,7 GW), με το Ιράν να είναι η μόνη χώρα της Μέσης Ανατολής που βρέθηκε να εκμεταλλεύεται σημαντικά το τοπικό αιολικό δυναμικό της (w100 MW) (Bennett, 2010).

1.2. Τεχνολογικά Ζητήματα

Η ανάπτυξη σύγχρονων ανεμογεννητριών με την πάροδο του χρόνου μπορεί να αντικατοπτρίζεται από τη σταδιακή αναβάθμιση των μηχανημάτων, με βάση τη λογική για καλύτερη εκμετάλλευση της γης, παρουσία οικονομικών βελτιώσεων, καθώς και με τη λογική για μειωμένες απαιτήσεις συντήρησης και λειτουργίας. Αξίζει να αναφερθεί ότι υπήρξε μια προηγούμενη χρηματοδότηση από κάποια αναπτυξιακά προγράμματα, που προωθούν την ανάπτυξη μηχανών μεγάλης κλίμακας. Από την άλλη πλευρά, παρατηρείται τάση σταθεροποίησης τα τελευταία χρόνια που έθεσε τέλος στην εκθετική αύξηση της διαμέτρου του ρότορα, κάτι που παρατηρήθηκε τις δύο πρώτες δεκαετίες. Ως αποτέλεσμα, οι ανεμογεννήτριες σήμερα είναι κυρίως της τάξης των 2-3 MW, αν και υπάρχουν μεγαλύτερες μηχανές που είναι ήδη εμπορικές. Αντίθετα, η μετάβαση σε υπεράκτιες εφαρμογές απαιτεί λύσεις πολλαπλών MW που ήδη προσφέρονται από ορισμένους κατασκευαστές (ακόμη και στα επίπεδα των 7 MW), ενώ ήδη σχεδιάζονται σχέδια μηχανών που θα υπερβαίνουν την ονομαστική ισχύ των 10 MW.

Εν τω μεταξύ, κατά τη διάρκεια της εξέλιξης της τεχνολογίας, οι στρόβιλοι πολλαπλών λεπίδων βρέθηκαν να περιορίζονται σε εφαρμογές άντλησης νερού. Από την άλλη πλευρά, μεταξύ των τύπων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι τρεις λεπίδες VAWTs επικράτησαν έναντι των αντίστοιχων μηχανών μονών και δύο λεπίδων, που φάνηκαν να είναι τόσο λιγότερο αποδοτικές όσο και λιγότερο αποδεκτές όσον αφορά την οπτική τους επίδραση. Παρομοίως, η εγγενής χαμηλότερη απόδοση και η το μη αποτελεσματικό κόστος, ήταν οι κύριοι λόγοι για τις ανεμογεννήτριες του κάθετου άξονα (VAWTs), να μην γίνουν ποτέ προτιμητέοι έναντι άλλων, αν και φαίνεται να αναδύεται μια νέα αγορά για τις μικρότερης κλίμακας VAWTs σε εφαρμογές κατασκευής.



Εικόνα 1.3: Εμφάνιση Διάταξης σύγχρονης ανεμογεννήτριας μάρκας VESTAS.

Όσον αφορά τη ρύθμιση ισχύος, ο έλεγχος του “βήματος” του έλικα, βρέθηκε σταδιακά πιο προσαρμόσιμος σε νέα μηχανήματα. Στη συνέχεια, η εισαγωγή της έννοιας της μεταβλητής ταχύτητας, παρόλο που προκαλεί επιπλέον κόστος και πρόσθετες απώλειες στην κίνηση μεταβλητής ταχύτητας, επέτρεψε την αυξημένη δέσμευση ενέργειας κάτω από την περιοχή ισχύος και την αποσυμφόρηση των φορτίων, την ενίσχυση του βήματος και την ομαλή απόδοση ισχύος πάνω από την εκτιμώμενη περιοχή ισχύος.

Σε αυτό το πλαίσιο, μια μακροπρόθεσμη αύξηση του μέσου ετήσιου “Συντελεστή Δυναμικότητας (Capacity Factor - CF)” που συναντήθηκε τόσο σε επίπεδο ΕΕ όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, το που υπερβαίνει το 20% το 2007, αντικατοπτρίζει την

επίδραση των τεχνολογικών βελτιώσεων, συμπεριλαμβανομένης και της σταδιακής δημιουργία μηχανών ελέγχου βήματος. Πιο συγκεκριμένα, αν και είναι δύσκολο να βρεθούν καλές περιοχές με αιολικό δυναμικό, η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας ανά kW έχει αυξηθεί λόγω της βελτιωμένης αποτελεσματικότητας των σύγχρονων στροβίλων, της εξελιγμένης αξιολόγησης του τοπικού αιολικού δυναμικού, της σημαντικής μείωσης των περιόδων διακοπής λειτουργίας, της αναβάθμισης των δικτύων και της λειτουργίας σε υπεράκτιες εφαρμογές.

Σε αυτό το πλαίσιο, ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι χώρες όπως η Γερμανία και η Δανία, όπου παρόλο που το τοπικό αιολικό δυναμικό διατηρεί τους CF σε μέτριες τιμές, η διάχυση των αιολικών πάρκων είναι αξιοσημείωτη, ενώ παράλληλα χώρες όπως η Ιρλανδία, η Ισπανία και η Τουρκία, το μακροπρόθεσμο CF υπερβαίνει το 25%.

Ένα άλλο σημαντικό τεχνολογικό ζήτημα είναι η ολοκλήρωση δικτύου, με διείσδυση μεγάλης κλίμακας σε αιολικά πάρκα και υπεράκτια αιολικά πάρκα που προκαλούν όλα τα εμπλεκόμενα μέρη και προκύπτουν ζητήματα συστήματος, όπως ποιότητα ισχύος, διαχείριση τάσης, σταθερότητα δικτύου, επάρκεια δικτύου, έλεγχος εκπομπών και μείωση αποδοτικότητας άλλων εγκαταστάσεων παραγωγής. Ως αποτέλεσμα, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η μελλοντική ολοκλήρωση του δικτύου αιολικής ενέργειας, οι κύριες κατευθύνσεις περιλαμβάνουν το σχεδιασμό και τη λειτουργία του συστήματος ισχύος με την εισαγωγή τεχνικών διαχείρισης από πλευράς ζήτησης και αποθήκευσης ενέργειας, ζητήματα υποδομής δικτύου που σημαίνει ενίσχυση και αναβάθμιση των δικτύων, σύνδεση του δικτύου αιολικής ενέργειας με εκδιδόμενους κωδικούς δικτύου, λειτουργία της αγοράς με την εισαγωγή πιο ευέλικτων μηχανισμών και άλλων διάφορων, κυρίως θεσμικών, θεμάτων.

Τέλος, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, όπως ήδη υπονοείται, η βιομηχανία WT μικρής κλίμακας, που ικανοποιεί μια σειρά εφαρμογών. Τέτοιες εφαρμογές ενδέχεται να αφορούν έννοιες τόσο εντός όσο και εκτός δικτύου, όπως ενσωμάτωση κτιρίων, μικρά αιολικά πάρκα και εγκαταστάσεις μονών στροβίλων για την πρώτη κατηγορία, καθώς και αιολική μπαταρία μαζί με υβριδικά συστήματα αιολικής ενέργειας. Εκτός αυτού, το ενδιαφέρον που παρουσιάστηκε πρόσφατα μπορεί επίσης να απεικονίζεται και από τις πρόσφατες εξελίξεις στο συγκεκριμένο πεδίο, συμπεριλαμβανομένων αυτών των ενεργών χειριστηρίων βήματος για τις υψηλές ταχύτητες του ανέμου, των απομονωτικών κραδασμών για την απόσβεση του ήχου, του προηγμένου σχεδιασμού

των λεπίδων, των μηχανισμών αυτοπροστασίας για τους υπερβολικούς ανέμους, των μοντέλων διπλής λειτουργίας (τόσο εντός, όσο και εκτός δικτύου), καθώς επίσης και η ανάπτυξη λογισμικού, αλλά και οι μετατροπείς που είναι τοποθετημένοι στο ατρακτίδιο. Τα παραπάνω, επιχειρούν να κάνουν τη μικρή ανεμογεννήτρια πιο ελκυστικά από αισθητική άποψη, αλλά ακόμα αποβλέπουν και στην ενσωμάτωση μικρών ανεμογεννητριών σε διάφορες δομές.

1.3. Οικονομικά της αιολικής ενέργειας

Μεταξύ των κύριων τάσεων που κυριαρχούν στην αγορά της αιολικής ενέργειας κατά τη διάρκεια των ετών, μπορεί κανείς να παρατηρήσει την αύξηση του μεγέθους των σύγχρονων ανεμογεννητριών, τη βελτίωση της απόδοσης και τη μακροπρόθεσμη μείωση του ειδικού επενδυτικού κόστους ανά kW, της εγκατεστημένης αιολικής ισχύος. Όσον αφορά το τελευταίο, παρόλο που ξεκίνησε από ένα αξιοσημείωτο ποσό των 3500 € / kW στα μέσα της δεκαετίας του ογδόντα, έχει σταθεροποιηθεί τα τελευταία χρόνια στη τάξης των 1200 € / kW, δηλαδή μεταξύ 1000 € / kW και 1400 € / kW, κάτι το οποίο εξαρτάται επίσης από τον εκάστοτε τομέα (Junginger, 2005).

Σε αυτό το πλαίσιο, ενδέχεται να δοθούν επίσης ορισμένοι ακαθάριστοι αριθμοί όσον αφορά την ανάλυση του κόστους επένδυσης, σημειώνοντας επίσης τη διαφορά μεταξύ των χερσαίων και των υπεράκτιων εφαρμογών. Πιο συγκεκριμένα, η συνιστώσα της τουρμπίνας είναι κρίσιμη σε χερσαία έργα (930 € / kW), ενώ μειώνεται σε ένα τυπικό 48% σε υπεράκτια εργοστάσια, ενώ από την άλλη πλευρά, οι απαιτήσεις θεμελίωσης αυξάνονται περισσότερο από τέσσερις φορές και η σύνδεση δικτύου σε υπεράκτια αύξηση αυξάνεται περισσότερο από 150 € / kW.

Συνολικά, το συνολικό ειδικό επενδυτικό κόστος των υπεράκτιων εφαρμογών διαπιστώνεται ότι είναι υψηλότερο κατά περισσότερο από 40% για τις περισσότερες από τις μονάδες που λειτουργούν και μπορεί να αυξηθεί ακόμη πιο πολύ, και να υπερβεί τα 3000 € / kW για εγκαταστάσεις που βρίσκονται υπό κατασκευή. Εξάλλου, με βάση την εμπειρία της λειτουργίας των υπεράκτιων πάρκων, η χρήση περισσότερων στροβίλων συνεπάγεται σχετικά με το χαμηλότερο κόστος. Σε κάθε περίπτωση, τα έξοδα, συμπεριλαμβανομένης της ασφάλισης, της τακτικής συντήρησης, των επισκευών, των ανταλλακτικών, της διαχείρισης, της ενοικίασης γης και άλλων, είναι επίσης σημαντικά για τις εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας, αν

και η εισαγωγή πιο αποδοτικών μηχανών και η μείωση των ωρών λειτουργίας μειώνει συνεχώς τις απαιτήσεις, που τώρα είναι περίπου της τάξης των $1,2\text{e}1,5\text{c } \text{€} / \text{kWh}$.

Από την άλλη πλευρά, ωστόσο, το κόστος παραγωγής αιολικής ενέργειας είναι συγκρίσιμο με το αντίστοιχο των συμβατικών μεθόδων παραγωγής ορυκτών καυσίμων, ακόμη και χωρίς να εσωτερικεύσει τα εξωτερικά. Ως αποτέλεσμα, γίνεται επίσης εμφανές το σαφές πλεονέκτημα της αιολικής ενέργειας στον οικονομικό τομέα, εκτιμήσεις σχετικά με το εγγύς μέλλον, αναφέρουν πως το κόστος παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος σε χερσαία και υπεράκτια αιολικά πάρκα, υποστηρίζουν τιμές μεταξύ $50 \text{ €} / \text{MWh}$ και $80 \text{ €} / \text{MWh}$ και μεταξύ $75 \text{ €} / \text{MWh}$ και $120 \text{ €} / \text{MWh}$ αντίστοιχα.

Στη συνέχεια, η κρατική υποστήριξη, όπως φαίνεται ήδη στο εισαγωγικό τμήμα, οδήγησε στο ξέσπασμα της Καλιφόρνια. Σε αυτό το πλαίσιο, ανάλογης σημασίας για την αξιοσημείωτη ανάπτυξη της αγοράς αιολικής ενέργειας ήταν η εφαρμογή διαφόρων μηχανισμών στήριξης, συμπεριλαμβανομένων διάφορων μέσων με βάση την τιμή και την ποσότητα, όπως τιμολόγια τροφοδοσίας, κίνητρα για επενδύσεις και φόρους παραγωγής για το πρώτο, καθώς και ποσόστωση μαζί με τα διαπραγματεύσιμα πράσινα πιστοποιητικά και τα συστήματα προσφορών για το δεύτερο. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να υπογραμμιστεί η αποτελεσματικότητα των περισσότερων από αυτά τα μέτρα, και ιδίως ο μηχανισμός τιμολόγησης τροφοδοσίας, ο οποίος από τότε έχει υιοθετηθεί από την πλειοψηφία των κορυφαίων χωρών παγκοσμίως (Γερμανία, ΗΠΑ, Κίνα, Δανία, Ισπανία, Ινδία, κ.λπ.) και ο οποίος οδήγησε στην αξιοσημείωτη ανάπτυξη της παραγωγής της αιολικής ενέργειας (Ragwitz et al., 2005).

Τέλος, πρέπει επίσης να δοθεί έμφαση στις ευκαιρίες απασχόλησης, που προσφέρει η επέκταση της αγοράς αιολικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. Κάπως 100.000 συν 50.000 τα τελευταία έτη, είναι ο αριθμός των ατόμων που απασχολούνται άμεσα και έμμεσα στον τομέα της αιολικής ενέργειας της Ευρώπης, ενώ άλλοι 85.000 αντιστοιχούν στα 100 εργοστάσια παραγωγής που λειτουργούν στις ΗΠΑ. Σε αυτά περιλαμβάνονται θέσεις εργασίας σε μεταποιητικές εταιρείες, σε επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, αλλά και μηχανική (άμεση απασχόληση) ή απασχόληση σε εταιρείες που παρέχουν υπηρεσίες ή παράγουν εξαρτήματα για ανεμογεννητριών (με έμμεση σχέση). Αξίζει να σημειώσουμε ακόμα ότι, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, μεταξύ των ηγετικών χωρών βάσει του συντελεστή εγκατεστημένων ατόμων ανά μονάδα

παραγωγής, η Δανία, το Βέλγιο και η Φινλανδία απασχολούν περισσότερα από 7 άτομα, ενώ σε απόλυτους αριθμούς η Γερμανία απασχολεί σήμερα 38.000 άτομα στον συγκεκριμένο τομέα.

1.4. Αιολική Ενέργεια και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Παρόλο που προτείνεται γενικά ως μια *a-priori* καθαρή πηγή ενέργειας, η αιολική ενέργεια έρχεται επίσης με ορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως η οπτική και η ηχητική επίδραση, η χρήση γης, οι θάνατοι των πτηνών, η ηλεκτρομαγνητική παρέμβαση, οι επιπτώσεις στα ψάρια και τα θαλάσσια θηλαστικά και η ενσωματωμένη ενέργεια συν οι εκπομπές LC που είναι κοινές σε κάθε τεχνολογία παραγωγής ενέργειας. Πολλές από αυτές τις επιπτώσεις θεωρούνται σήμερα από πολλούς ως «μύθοι», ενώ άλλοι εξακολουθούν να πιστεύουν ακράδαντα ότι αυτές οι επιπτώσεις είναι σημαντικές και πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Αυτό που τεκμηριώνεται ωστόσο είναι ότι οι ανεμογεννήτριες απαιτούν πρωτογενείς ποσότητες ενέργειας με ενσωματωμένο LC της τάξης μόνο 1e3MWh / kW (που συνήθως συνεπάγονται περιόδους απόδοσης ενέργειας μηνών), με το στάδιο κατασκευής να είναι το πιο απαιτητικό. Επιπλέον, αν ληφθούν υπόψη και οι εξωτερικές δυνατότητες, μπορεί να καταγραφεί ένα σαφές πλεονέκτημα για τις εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας σε σύγκριση με τις συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Στην πραγματικότητα, σύμφωνα με εκτιμήσεις, η πραγματοποίηση των υψηλών προσδοκιών που έθεσε η ΕΕ για το 2020 συνεπάγεται την αποφυγή εξωτερικών εξόδων στο ποσό των σχεδόν 40 δισεκατομμυρίων € / έτος.

Εκτός αυτού, η περιβαλλοντική απόδοση της αιολικής ενέργειας που γίνεται αντιληπτή από την πλειοψηφία των ανθρώπων (πάνω από 70% είναι υπέρ)] και μετατράπηκε σε εκτεταμένη κοινωνική υποστήριξη (μόνο η ηλιακή ενέργεια φαίνεται να είναι πιο κοινωνικά αποδεκτή) ενισχύει περαιτέρω τις εξελίξεις της αιολικής ενέργειας.

1.5. Προοπτικές Αιολικής Ενέργειας

Μέχρι τώρα, το πλαίσιο πολιτικής της ΕΕ ήταν ζωτικής σημασίας για την προώθηση της αιολικής ενέργειας. Σε αυτό το πλαίσιο, οι νέοι στόχοι θέτουν κάλυψη 20% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, έως το 2020, ενώ από την άποψη της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, η αιολική ενέργεια αναμένεται να συνεισφέρει κατά 14%-17%.

Στην πραγματικότητα, δύο σενάρια είχαν εκπονηθεί με βάση τον στόχο του 2020, πιο συγκεκριμένα:

- Το σενάριο «βασικής γραμμής» που προϋποθέτει συνολική εγκατεστημένη χωρητικότητα αιολικής ενέργειας 230 GW (Εικ. 22α), που παράγει 580TWh ηλεκτρικής ενέργειας και αυξάνει την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική ενέργεια από 4,1% το 2008 σε 14,2% το 2020.
- Το «υψηλό» σενάριο όπου η συνολική εγκατεστημένη χωρητικότητα αιολικής ενέργειας θεωρείται ότι θα φτάσει τα 265 GW έως το 2020-2021, παράγοντας 681TWh ηλεκτρικής ενέργειας και αυξάνοντας την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από 4,1% το 2008 σε 16,7% το 2020.

Επιπλέον, σύμφωνα με μακροπρόθεσμα σχέδια, 400 GW (250 GW στην ξηρά και 150 GW υπεράκτια) της αιολικής ενέργειας στην ΕΕ και το 20% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας των ΗΠΑ που καλύπτεται από τον άνεμο έως το 2030, μαζί με την Κίνα που ζήτησε 150 GW εγκατεστημένα έως το 2020, ορίζουν το τοπίο των προοπτικών της αιολικής ενέργειας και αμφισβητούν τον στόχο των 1000 GW παγκοσμίως έως το 2030. Σε αυτό το πλαίσιο πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι: Στην Ινδία, η ύπαρξη εγχώριας βιομηχανίας και 65-70 GW εκτιμώμενου αιολικού δυναμικού μαζί με το 10% της χωρητικότητας και το 4-5% των μεριδίων ενέργειας, έως το 2012 ήταν οι κύριοι κινητήρες της αιολικής ενέργειας (Kaldellis & Zafirakis, 2011).



Εικόνα1. 4: Υπεράκτιο Αιολικό Πάρκο.

Το αιολικό δυναμικό για χωρητικότητα αιολικής ενέργειας στην ξηρά στη Βραζιλία εκτιμήθηκε στα 143 GW (στα 50 m ύψος). Στα τέλη του 2008, η Αυστραλία επέκτεινε τον στόχο της χώρας σε 20% έως το 2020. Οι Νοτιοαφρικανοί στρέφονται σε αιολική ενέργεια, καθώς το μεγαλύτερο μέρος των 100TWh που θα παράγεται έως το 2025 πρόκειται να ανατεθεί στην αιολική ενέργεια. Τέλος, αυτό που είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη είναι ότι για την επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων, οι στόχοι των ερευνών και της ανάπτυξης, πρέπει να τεθούν από τη βιομηχανία αιολικής ενέργειας, με τις κύριες κατευθύνσεις και ενέργειες που πρέπει να ληφθούν, συμπεριλαμβανομένων των εξής:

- Οι νέες ανεμογεννήτριες πρέπει να μειώσουν το συνολικό τους κόστος. Ακόμα οι ανεμογεννήτριες μεγάλης κλίμακας 10-20 MW που ξεκινούν υπεράκτια (προγράμματα ερευνών και ανάπτυξης για πρωτότυπα που έχουν ήδη ξεκινήσει).
- Βελτιωμένος σχεδιασμός και αξιοπιστία των εξαρτημάτων (Εγκαταστάσεις δοκιμών για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της αξιοπιστίας των ανεμογεννητριών).
- Ανάπτυξη καινοτόμων υλικοτεχνικών μέσων (αρκετά βιομηχανικά προγράμματα).
- Βαθιά νερά και μεγαλύτεροι στρόβιλοι για υπεράκτια ανάπτυξη και βιομηχανοποίηση δομών στήριξης για θαλάσσιες εγκαταστάσεις. (Έννοιες δομών που πρέπει να αναπτυχθούν και να δοκιμαστούν σε διαφορετικά βάθη και υπό διαφορετικές συνθήκες).
- Επίτευξη ολοκλήρωσης δικτύου για ακόμη μεγαλύτερη αιολική ενέργεια
- Εισαγωγή συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας μεγάλης κλίμακας και διασυνδέσεων εναλλακτικού και συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης (HVAC-HVDC) (υπεράκτιες εκμεταλλεύσεις που συνδέονται με περισσότερα από ένα δίκτυα).
- Αξιολόγηση πόρων και χωροταξικός σχεδιασμός.
- Πιο εξελιγμένη αξιολόγηση των αιολικών πόρων (Υψηλής ποιότητας μετρήσεις και βάσεις δεδομένων για δεδομένα ανέμου, καθώς και

βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη ταχύτητας ανέμου με τη χρήση νευρωνικών δικτύων).

- Χωροταξικός σχεδιασμός μέσω κοινωνικών και περιβαλλοντικών θεμάτων (Ανάπτυξη εργαλείων και μεθοδολογιών σχεδιασμού).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Νομοθετικό Πλαίσιο για ΑΠΕ

2.1 Νομοθεσία

Οι πρώτες προσπάθειες για ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών στην Ελλάδα ξεκίνησαν το 1985 με τον πρώτο νόμο για θέματα ηλεκτροπαραγωγής από εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Μετά η επόμενη ουσιαστική προσπάθεια έγινε το 1994 όπου θεσπίστηκαν ευνοϊκές ρυθμίσεις για τις Α.Π.Ε. και είχαμε την έντονη εμφάνιση επενδυτικού ενδιαφέροντος από την πλευρά των ιδιωτών. Οι τελικές ρυθμίσεις έγιναν από το 2001 μέχρι και το 2006 όπου είχαμε και τον τελευταίο και ευνοϊκότερο νόμο για τις Α.Π.Ε. και ειδικά για τα φωτοβολταϊκά. Οι νομοθετικές διατάξεις που αφορούν τις Α.Π.Ε. είναι οι εξής :

Ν. 2244/94: "Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις"

Το θεσμικό πλαίσιο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ) στην Ελλάδα καθορίζεται από το νόμο 2244/94. Ο νόμος αυτός άλλαξε σημαντικά το τοπίο επιχειρώντας να δώσει ισχυρά οικονομικά κίνητρα για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα με την προσέλκυση ιδιωτικών κεφαλαίων. Η βασική κατεύθυνση του ν. 2244/94 εναρμονίζεται με τα μέτρα και τις διατάξεις που ισχύουν σχεδόν σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. με σκοπό την αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Τα κύρια σημεία του ν. 2244/94 μπορούν να συνοψισθούν στα παρακάτω:

- Επιτρέπεται η παραγωγή και διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας από ανεξάρτητους παραγωγούς (ΑΠ) εφ' όσον χρησιμοποιούνται ΑΠΕ.
- Επιβάλλεται στη %ΕΗ η υποχρέωση να αγοράζει την ενέργεια που παράγεται από ανεξάρτητους παραγωγούς.
- Προσφέρονται ιδιαίτερα ελκυστικές και σχετικά σταθερές τιμές στους ΑΠ από ΑΠΕ που συνδέονται με τα τιμολόγια των καταναλωτών.
- Παρέχεται σταθερό επιχειρησιακό περιβάλλον με τη σύναψη μακροχρόνιων (10ετών) συμβολαίων αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Υ.Α. 8295/1995 (ΦΕΚ Β' 385): "Α. Διαδικασίες και δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής - Β. Καθορισμός γενικών τεχνικών και οικονομικών όρων των συμβάσεων μεταξύ παραγωγών και ΖΕΗ, λεπτομέρειες διαμόρφωσης των τιμολογίων καθώς και όροι διασύνδεσης"

Με την Υπουργική Απόφαση αυτή ορίζονται οι διαδικασίες και τα απαραίτητα δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση:

- Άδειας εγκατάστασης ή επέκτασης λειτουργίας σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας
- Άδειες λειτουργίας σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας
- Γενικά δικαιολογητικά σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας
- Πρόσθετα δικαιολογητικά κατά περίπτωση
- Σύμβαση αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ ΔΕΗ και ανεξάρτητου παραγωγού.
- Καθορισμός γενικών τεχνικών και οικονομικών όρων των συμβάσεων μεταξύ παραγωγών και ΔΕΗ, λεπτομέρειες διαμόρφωσης των τιμολογίων καθώς και όροι διασύνδεσης.

Ν. 2647/98 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 237/22-10/98): «Μεταβίβαση αρμοδιοτήτων στις περιφέρειες και την αυτοδιοίκηση και άλλες διατάξεις».

Με το νόμο αυτό ορίζονται οι αρμοδιότητες που μεταβιβάζονται από την Κεντρική Διοίκηση στις Περιφέρειες και την Αυτοδιοίκηση.

Οι σχετικές με την παραγωγή ενέργειας αρμοδιότητες του Υπουργού Ανάπτυξης που μεταβιβάζονται στις Περιφέρειες περιλαμβάνουν:

- Χορήγηση άδειας εγκατάστασης, λειτουργίας και επέκτασης ή ανανέωσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ.
- Χορήγηση άδειας χρήσης νερού σε περιπτώσεις μικρών υδροηλεκτρικών έργων καθώς και χορήγηση ενιαίας άδειας χρήσης νερού και εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων.
- Εκμίσθωση γεωθερμικού πεδίου χαμηλής ενθαλπίας.
- Επιβολή κυρώσεων σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Ν. 2773/99: "Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις"

Ο νόμος αυτός καθορίζει το βασικό πλαίσιο ρύθμισης της απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας που άρχισε να ισχύει από τον Φεβρουάριο του 2001 σύμφωνα με την Οδηγία 96/92 της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ο νόμος αυτός περιλαμβάνει:

- Την σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) ως ανεξάρτητης και αυτοτελούς διοικητικής αρχής που εποπτεύεται από τον Υπουργό Ανάπτυξης και τις αρμοδιότητές της.

- Την σύσταση του διαχειριστή του Ηλεκτρικού Συστήματος που θα εποπτεύεται από την ΡΑΕ

- Την απελευθέρωση της παραγωγής και εκμετάλλευσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ, Συμπααραγωγή αλλά και από συμβατικά καύσιμα.

- Την μετατροπή της %ΕΗ σε Ανώνυμη Εταιρεία.

Ν. 2941/01: "Απλοποίηση διαδικασιών αδειοδότησης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση της Α.Ε. "ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ" και άλλες διατάξεις "

Οι κυριότερες άξονες αυτού του νόμου είναι:

- Οι εξαιρέσεις, που ισχύουν για μεγάλα έργα υποδομής, επεκτείνονται και στις ΑΠΕ για την εντός δασών και δασικών εκτάσεων για την εγκατάσταση μεγάλων έργων υποδομής δημοσίου συμφέροντος.

- Η εγκατάσταση ηλιακών σταθμών και αιολικών πάρκων δεν απαιτεί έκδοση άδειας οικοδομής με εξαίρεση τα έργα πολιτικού μηχανικού.

- Έργα σύνδεσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ με το διασυνδεδεμένο Σύστημα μπορούν να κατασκευάζονται από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο επενδυτή σύμφωνα με τις παρεχόμενες προδιαγραφές από το Διαχειριστή του Συστήματος και των Δικτύων.

- Τα έργα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ συμπεριλαμβανομένων τη σύνδεση δικτύων, υποσταθμών και υποδομής εν γένει θεωρούνται έργα δημόσιας ωφέλειας.

- Παρέχεται η δυνατότητα έκδοσης κοινής υπουργικής απόφασης με την οποία καθορίζονται ευνοϊκότεροι όροι δόμησης εκτός σχεδίου . Οι αρμόδιες Διευθύνσεις Σχεδιασμού και Ανάπτυξης των οικείων Περιφερειών για την έκδοση αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας δρώσες κατά μια έννοια στην αρχή της μίας στάσης (one-stop shop)

Υ.Α. 2000/2002: "Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας"

Η Υπουργική Απόφαση αυτή καθορίζει τη διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης ή επέκτασης. Γενικά δικαιολογητικά...Ειδικά δικαιολογητικά. Άδειες λειτουργίας. Τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας.

Υ.Α. 1726/2003: "Διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας

εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας"

Με τις διατάξεις της ΚΥΑ 1726/18.04.2003 (ΦΕΚ Β' 552), ρυθμίζεται η διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στο πλαίσιο της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. Συγκεκριμένα, ορίζονται οι αρμόδιες αδειοδοτούσες υπηρεσίες, καθώς και οι γνωμοδοτούσες υπηρεσίες που συμμετέχουν στη σχετική διαδικασία. Επίσης, προβλέπονται τα αντικείμενα των γνωμοδοτήσεων αυτών, η διαδικασία για την έκδοση έγκρισης επέμβασης, οι προθεσμίες εντός των οποίων πρέπει να ενεργούν οι ανωτέρω αρμόδιες υπηρεσίες, καθώς και το περιεχόμενο των σχετικών φακέλων. Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα στους ιδιοκτήτες αιολικών πάρκων να μεταβάλουν μέχρι 15% την ισχύ του και να αναχωροθετήσουν τις ανεμογεννήτριες χωρίς να απαιτείται τροποποίηση των περιβαλλοντικών όρων ή της άδειας εγκατάστασης.

Ν. 3175/2003: "Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις" Ο νόμος αυτός δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την ορθολογική αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού της χώρας, ως ανανεώσιμης πηγής ενέργειας.

Συνοπτικά, κάθε γεωθερμικό πεδίο αντιμετωπίζεται ως ενιαίο κοίτασμα-πηγή ώστε να αποφεύγεται ο κατακερματισμός που πρόκυπτε από τις επί μέρους μισθωτικές εκχωρήσεις. Ο νόμος αναλυτικότερα περιλαμβάνει:

- Την άσκηση δικαιώματος έρευνας και διαχείρισης γεωθερμικού δυναμικού
- Τους όρους και αρμοδιότητες εκμίσθωσης διαχείρισης γεωθερμικών πεδίων
- Τις υποχρεώσεις και τα δικαιώματα μισθωτών γεωθερμικών πεδίων, εκχώρηση των μισθωτικών δικαιωμάτων και ποινικές και διοικητικές κυρώσεις.
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία
- Ενεργειακά συστήματα θέρμανσης και ψύξης.
- Διανομή θερμικής ενέργειας σε τρίτους.

2.2 Τιμολόγηση Ενέργειας από ΑΠΕ

Νόμος Ν.3908/11 (ΦΕΚ Α' 8/1.2.2011): "Ενίσχυση Ιδιωτικών Επενδύσεων για την Οικονομική Ανάπτυξη, την Επιχειρηματικότητα και την Περιφερειακή Συνοχή. "

Οι εκάστοτε αναπτυξιακοί νόμοι, καθορίζουν πλαίσια ενίσχυσης της επιχειρηματικής δραστηριότητας που έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας, την προστασία

του περιβάλλοντος και την επίτευξη της περιφερειακής σύγκλισης, μέσω επιδοτήσεων και απαλλαγών που καλύπτουν, όπως είναι αναμενόμενο, και τις επενδύσεις σε έργα ηλεκτροπαραγωγής με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Με το άρθρο 10 του Ν.3816 (ΦΕΚ Α'6/26.1.2010) ανεστάλη η υποβολή αιτήσεων υπαγωγής επενδυτικών σχεδίων στις διατάξεις του αναπτυξιακού νόμου 3299/2004. Τον Ιανουάριο του 2010 ψηφίστηκε νέος αναπτυξιακός νόμος (Ν.3908/2011, ΦΕΚ.Α'8/1.2.2011), που όμως εξαιρεί από το καθεστώς των ενισχύσεων του την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ειδικά από Φωτοβολταϊκά συστήματα (άρθ.2, §3στ). Για την υπαγωγή έργων ηλεκτροπαραγωγής από άλλες μορφές ΑΠΕ πλην των Φ/Β, που μπορούν να ενταχθούν στα Γενικά Επενδυτικά Σχέδια του άρθρου 6, υποβάλλονται αιτήσεις κατά τους μήνες Απρίλιο και Οκτώβριο και μόνο. Εξαίρεση αποτελούν τα 'Μεγάλα Επενδυτικά Σχέδια' για τα οποία αιτήσεις υποβάλλονται οποτεδήποτε. Στα επενδυτικά σχέδια που υπάγονται στις διατάξεις του Ν.3908 παρέχονται τα ακόλουθα είδη ενισχύσεων είτε μεμονωμένα, είτε συνδυαστικά (άρθ.4): α) Απαλλαγή από την καταβολή φόρου εισοδήματος, β) Επιχορήγηση που συνίσταται στη δωρεάν παροχή από το Δημόσιο χρηματικού ποσού για την κάλυψη τμήματος των ενισχυόμενων δαπανών, και γ) Επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνίσταται στην κάλυψη από το Δημόσιο τμήματος των καταβαλλόμενων δόσεων για την απόκτηση μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού.

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από:	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος > 50 kW	87,85	99,45
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με εγκαταστάσεις ισχύος ≤ 50 kW	250	
Υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται από μΥΗΣ με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 15 MWe	87,85	
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από Ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής	264,85	
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από Ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με	284,85	

Πίνακας 2.1: Τιμολόγηση Ενέργειας.

Σύμφωνα με την §2 του ίδιου άρθρου, οι τιμές του παραπάνω πίνακα (πλην φωτοβολταϊκών και ηλιοθερμικών σταθμών) προσαυξάνονται κατά 15% ως 20% ανάλογα με την περίπτωση, εφόσον έχουν υλοποιηθεί χωρίς την χρήση δημόσιας επιχορήγησης.

2.3 Περιβαλλοντική Αδειοδότηση Εγκαταστάσεων

α) Για εγκαταστάσεις έως 20kW δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση.

β) Για εγκαταστάσεις από 20kW έως 150kW απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση η οποία περιλαμβάνει τα εξής στάδια: Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση για διενέργεια Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) η οποία συνοδεύεται από Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΠΠΕ) στη διεύθυνση Περιβάλλοντος Χωροταξίας (3ΠΠΕΧ) της οικείας Περιφέρειας. Η αίτηση συνοδεύεται από την εκδοθείσα απόφαση εξαίρεσης άδειας παραγωγής. Η σχετική απόφαση ΠΠΕΑ εκδίδεται εντός 15 ημερών από τον Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας, η οποία και διαβιβάζεται στο Οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο προκειμένου να ενημερωθούν οι πολίτες. Με την απόφαση αυτή και την επικαιροποιημένη ΠΠΕ ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση για Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) στη διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙ.ΣΑ.) της Οικείας Περιφέρειας. Η σχετική απόφαση εγκρίνεται μετά από 1.5 μήνες και ενημερώνεται σχετικά και το οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο. Η ΕΠΟ ισχύει για δέκα (10) έτη.

γ) Για εγκαταστάσεις άνω των 150kW και έως 2MW, ο ενδιαφερόμενος καταθέτει στη ΡΑΕ την ΠΠΕ σε δύο (2) αντίγραφα. Η ΡΑΕ αναλαμβάνει να προωθήσει ένα αντίγραφο στη ΔΠΠΕΧ1 της αντίστοιχης Περιφέρειας γνωστοποιώντας στον ενδιαφερόμενο την προώθηση αυτή. Στην Υπηρεσία της Περιφέρειας ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει τα λοιπά δικαιολογητικά για τη διενέργεια ΠΠΕΑ. Μετά τη διενέργεια της ΠΠΕΑ (εντός διαστήματος 45 ημερών) η Περιφέρεια διαβιβάζει στη ΡΑΕ ένα θεωρημένο αντίγραφο του φακέλου που περιέχει την ΠΠΕ μαζί με τη σχετική γνωμοδότηση, ώστε να προχωρήσουν οι διαδικασίες για την έκδοση της άδειας παραγωγής. Με την απόφαση αυτή και την επικαιροποιημένη ΠΠΕ ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση για Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) στη διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙ.ΣΑ.) της Οικείας Περιφέρειας. Η σχετική απόφαση εγκρίνεται μετά από 1.5 μήνες και ενημερώνεται σχετικά και το οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο. Η ΕΠΟ ισχύει για δέκα (10) έτη.

δ) Για εγκαταστάσεις άνω των 2MW η διαδικασία για το στάδιο της ΠΠΕΑ είναι παρόμοια πως παραπάνω. Στη συνέχεια ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση για Έγκριση περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) στη ΔΙΣΑ της οικείας Περιφέρειας. Η αίτηση περιλαμβάνει την προηγούμενη απόφαση (ΠΠΕΑ) και Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ). Η σχετική απόφαση εκδίδεται εντός 2.5 μηνών. Η ΕΠΟ ισχύει για δέκα (10) έτη.

ε) Για εγκαταστάσεις σε προστατευόμενες περιοχές (Natura, Ramsar, αισθητικά δάση, αρχαιολογικούς χώρους, κτλ.), ανεξαρτήτως ισχύος, ακολουθείται παρόμοια διαδικασία μ' αυτήν της προηγούμενης περίπτωσης (γ).

2.4 Πώληση Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται εξασφαλισμένη εφόσον διαπιστωθεί η εφικτότητα των έργων σύνδεσης. Ο ΔΕΣΜΗΕ είναι υποχρεωμένος κατά την κατανομή φορτίου να δίνει προτεραιότητα σε παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Για τη σύνδεση των Φ/Β σταθμών με το δίκτυο απαιτείται σχετική τεχνική μελέτη η οποία ελέγχεται από τη ΔΕΗ. Η ΔΕΗ εκδίδει ένα προ κοστολόγιο, για την δαπάνη σύνδεσης με το δίκτυο και δεσμεύεται για ένα έτος κρατώντας την σχετική προτεραιότητα μέχρι την υπογραφή της σύμβασης σύνδεσης. Η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται κατόπιν σύναψης σύμβασης με τον διαχειριστή (ΔΕΣΜΗΕ) η οποία ισχύει για 10 χρόνια και μπορεί να παρατείνεται για άλλα 10 χρόνια, μονομερώς με έγγραφη δήλωση του παραγωγού, εφόσον αυτή υποβάλλεται τουλάχιστον 3 μήνες πριν από τη λήξη της αρχικής σύμβασης. Το ακριβές περιεχόμενο των συμβάσεων πώλησης θα καθορίζεται στην απόφαση *6/Φ1/οικ.18359, Αρ. ΦΕΚ Β1442/2-10-2006.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Επισκόπηση Λογισμικού RETScreen

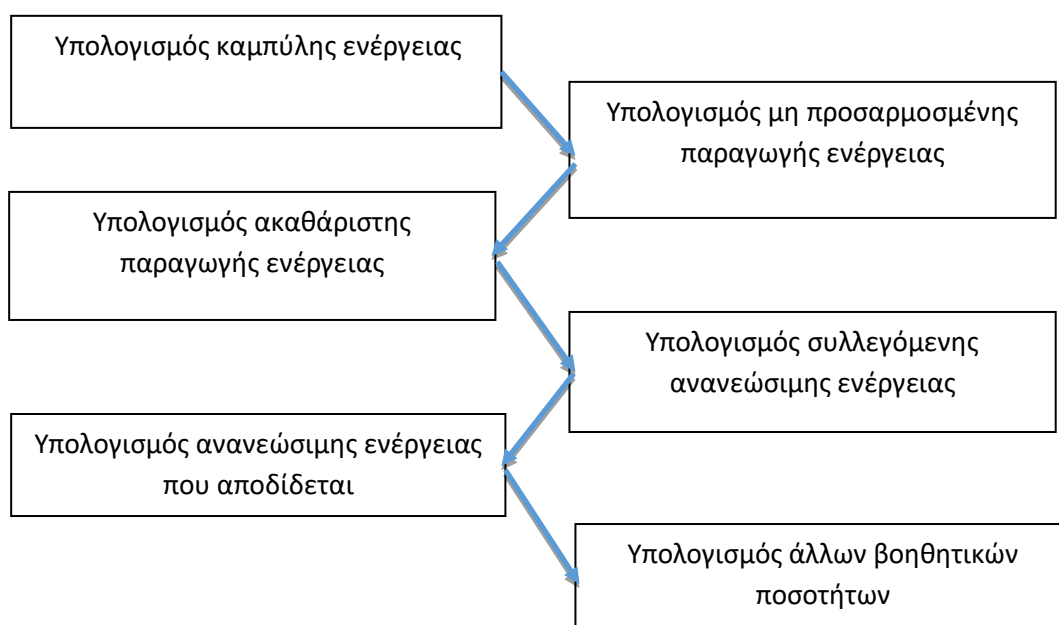
Το RETScreen® International Wind Energy Project Model μπορεί να χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως για την εύκολη αξιολόγηση της παραγωγής ενέργειας, του κόστους κύκλου ζωής και της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για έργα αιολικής ενέργειας κεντρικού δικτύου, απομονωμένου δικτύου και εκτός δικτύου, που κυμαίνονται σε μέγεθος από μεγάλης κλίμακας αιολικά πάρκα πολλαπλών στροβίλων σε υβριδικά συστήματα αιολικής ενέργειας ντίζελ μικρής κλίμακας.

Έξι φύλλα εργασίας (*Μοντέλο ενέργειας, δεδομένα εξοπλισμού, ανάλυση κόστους, ανάλυση μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gas Emission Reduction Analysis-GHG Analysis), οικονομική σύνοψη και ευαισθησία και ανάλυση κινδύνου (ευαισθησία)*) παρέχονται στο αρχείο του βιβλίου εργασίας του έργου αιολικής ενέργειας.

Τα φύλλα εργασίας Energy Model και Data Equipment είναι τα πρώτα που συμπληρώνονται. Το φύλλο εργασίας ανάλυσης κόστους (Cost Analysis) πρέπει στη συνέχεια να συμπληρωθεί, ακολουθούμενο από το φύλλο εργασίας οικονομικής περίληψης (*Financial Summary worksheet*). Για τα φύλλα εργασίας Ανάλυση και ευαισθησία GHG (*GHG Analysis and Sensitivity worksheets*) η ανάλυση είναι προαιρετική. Το φύλλο εργασίας ανάλυσης GHG παρέχεται για να βοηθήσει τον χρήστη να εκτιμήσει τις δυνατότητες μετριασμού των αερίων θερμοκηπίου (GHG) του προτεινόμενου έργου. Το φύλλο εργασίας ευαισθησίας παρέχεται για να βοηθήσει τον χρήστη να εκτιμήσει την ευαισθησία σημαντικών χρηματοοικονομικών δεικτών σε σχέση με βασικές τεχνικές και οικονομικές παραμέτρους. Γενικά, ο χρήστης λειτουργεί από πάνω προς τα κάτω για κάθε ένα από τα φύλλα εργασίας. Αυτή η διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές προκειμένου να βελτιστοποιηθεί ο σχεδιασμός του έργου αιολικής ενέργειας από άποψη ενεργειακής χρήσης και κόστους.

Προκειμένου να χαρακτηριστεί ένα σύστημα αιολικής ενέργειας πριν από την αξιολόγηση του κόστους και της ενεργειακής του απόδοσης, προτείνονται ορισμένες τιμές, όπως «προτεινόμενος ρυθμός απορρόφησης αιολικής ενέργειας» για έργα που βρίσκονται σε απομονωμένο δίκτυο ή εκτός δικτύου. Οι προτεινόμενες ή εκτιμώμενες τιμές βασίζονται σε παραμέτρους εισόδου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτο βήμα στην ανάλυση και δεν είναι απαραίτητα οι βέλτιστες τιμές.

Ένα διάγραμμα ροής των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό, σε ετήσια βάση, της παραγωγής ενέργειας συστημάτων αιολικής ενέργειας στο RETScreen, φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα (Σχήμα 1).



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα ροής μοντέλου αιολικής ενέργειας.

Οι κύριοι περιορισμοί του μοντέλου είναι ότι τα μεμονωμένα έργα αιολικής ενέργειας που απαιτούν αποθήκευση ενέργειας, προς το παρόν δεν μπορούν να αξιολογηθούν και ότι το μοντέλο δεν έχει ακόμη επικυρωθεί για συστήματα αιολικής ενέργειας κάθετου άξονα. Επίσης, αφορά κυρίως τεχνολογίες «χαμηλής διείσδυσης». Για να αξιολογηθούν σωστά οι τεχνολογίες "υψηλής διείσδυσης" που βρίσκονται υπό ανάπτυξη για μεμονωμένες εφαρμογές πλέγματος ντίζελ, θα πρέπει να αξιολογηθεί προσεκτικά ο "ρυθμός απορρόφησης αιολικής ενέργειας" που χρησιμοποιείται και πιθανότατα θα απαιτηθούν περαιτέρω πληροφορίες. Ωστόσο, για την πλειονότητα της χωρητικότητας αιολικής ενέργειας που εγκαθίσταται σε όλο τον κόσμο σήμερα, αυτοί οι περιορισμοί είναι χωρίς συνέπεια.

3.1 Μη προσαρμοσμένη παραγωγή ενέργειας

Το RETScreen υπολογίζει την μη προσαρμοσμένη παραγωγή ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες. Πρόκειται για την ενέργεια που παράγει μία ή περισσότερες ανεμογεννήτριες σε τυπικές συνθήκες θερμοκρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης. Ο υπολογισμός βασίζεται στην καμπύλη παραγωγής ενέργειας της επιλεγμένης ανεμογεννήτριας (που καταχωρείται στο φύλλο εργασίας εξοπλισμού δεδομένων) και στη μέση ταχύτητα ανέμου στο ύψος της πλήμνης για την προτεινόμενη περιοχή.

3.1.1 Κατανομή ταχύτητας ανέμου

Η κατανομή ταχύτητας ανέμου υπολογίζεται στο RETScreen ως συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας Weibull. Αυτή η κατανομή χρησιμοποιείται συχνά στη μηχανική αιολικής ενέργειας, καθώς προσεγγίζεται καλά με την παρατηρούμενη μακροπρόθεσμη κατανομή των μέσων ταχυτήτων ανέμου για μια σειρά τοποθεσιών. Σε ορισμένες περιπτώσεις το μοντέλο χρησιμοποιεί επίσης την κατανομή ταχύτητας ανέμου Rayleigh, η οποία είναι μια ειδική περίπτωση της κατανομής Weibull, όπου ο συντελεστής σχήματος είναι ίσος με 2.

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας Weibull εκφράζει την πιθανότητα $p(x)$ ώστε η ταχύτητα ανέμου να είναι x κατά τη διάρκεια του έτους, ως εξής (Hiester & Pennell, 1981):

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

Αυτή η έκφραση ισχύει για $k > 1$, $x \geq 0$ και $C > 0$. Όπου k είναι ο συντελεστής σχήματος, που καθορίζεται από τον χρήστη. Ο συντελεστής σχήματος κυμαίνεται συνήθως από 1 έως 3. Για δεδομένη μέση ταχύτητα ανέμου, ένας χαμηλότερος συντελεστής σχήματος δείχνει μια σχετικά μεγάλη κατανομή των ταχυτήτων ανέμου γύρω από τον μέσο όρο, ενώ ένας υψηλότερος συντελεστής σχήματος δείχνει μια σχετικά στενή κατανομή των ταχυτήτων ανέμου γύρω από τον μέσο όρο. Ένας χαμηλότερος συντελεστής σχήματος συνήθως οδηγεί σε υψηλότερη παραγωγή ενέργειας για δεδομένη μέση ταχύτητα ανέμου. C είναι ο συντελεστής κλίμακας, ο οποίος υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση (Hiester and Pennell, 1981):

$$C = \frac{\bar{x}}{\Gamma(1 + \frac{1}{k})}$$

Όπου \bar{x} είναι η μέση τιμή ταχύτητας ανέμου και Γ είναι η συνάρτηση γάμα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, το μοντέλο υπολογίζει την κατανομή της ταχύτητας του ανέμου από την πυκνότητα της αιολικής ενέργειας στο χώρο και όχι από την ταχύτητα του ανέμου. Οι σχέσεις μεταξύ της πυκνότητας αιολικής ισχύος WPD και της μέσης ταχύτητας ανέμου \bar{v} είναι:

$$WPD = \sum_{x=0}^{x=25} 0.5\rho x^3 p(x)$$

Και

$$\bar{v} = \sum_{x=0}^{x=25} x p(x)$$

Όπου ρ είναι η πυκνότητα αέρα και $p(x)$ είναι η πιθανότητα η ταχύτητα ανέμου να είναι x κατά τη διάρκεια του έτους.

3.1.2 Ενεργειακή Καμπύλη

Τα δεδομένα ενεργειακής καμπύλης δίνουν τη συνολική ποσότητα ενέργειας που παράγει μια ανεμογεννήτρια σε ένα εύρος μέσων ετήσιων ταχυτήτων ανέμου. Στο RETScreen, η καμπύλη ενέργειας καθορίζεται από το εύρος μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου 3 έως 15 m/s και εμφανίζεται γραφικά στον στο φύλλο εργασία «δεδομένα εξοπλισμού» (Equipment Data)

Φύλλα δεδομένων.

Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τα δεδομένα ενεργειακής καμπύλης επιλέγοντας ανάμεσα στις τρεις ακόλουθες πηγές δεδομένων: Τυπική, Προσαρμοσμένη και καθορισμένη από τον χρήστη. Για τις τυπικές και προσαρμοσμένες περιπτώσεις, το μοντέλο χρησιμοποιεί τα δεδομένα καμπύλης ισχύος της ανεμογεννήτριας που εισήγαγε ο χρήστης και τη συνάρτηση πιθανότητας Weibull, για τον υπολογισμό των δεδομένων ενεργειακής καμπύλης. Στην περίπτωση που ορίζεται από τον χρήστη, ο χρήστης εισάγει απευθείας τα δεδομένα ενεργειακής καμπύλης.

Στις τυπικές και προσαρμοσμένες περιπτώσεις, ο χρήστης καθορίζει την καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας ως συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου σε βήματα 1 m/s, από 0 m/s έως 25 m/s. Κάθε σημείο της καμπύλης ενέργειας, $E_{\bar{v}}$, υπολογίζεται ως εξής:

$$E_{\bar{v}} = 8760 \sum_{x=0}^{25} P_x p(x)$$

όπου \bar{v} θεωρείται η μέση ταχύτητα ανέμου ($\bar{v} = 3, 4, \dots, 15$ m/s), P_x είναι η ισχύς του στροβίλου με ταχύτητα ανέμου x και $p(x)$ είναι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας Weibull για ταχύτητα ανέμου x , υπολογιζόμενη για μέση ταχύτητα ανέμου \bar{v} .

3.1.3 Μη Προσαρμοσμένη Παραγωγή Ενέργειας

Η μη προσαρμοσμένη παραγωγή ενέργειας είναι η ενέργεια που παράγεται από τους στροβίλους σε τυπικές συνθήκες θερμοκρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης. Ο υπολογισμός βασίζεται στη μέση ταχύτητα ανέμου στο ύψος πλήμνης για την προτεινόμενη τοποθεσία. Η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος αυτό είναι συνήθως σημαντικά υψηλότερη από την ταχύτητα του ανέμου που μετράται στο ύψος ανεμόμετρου λόγω της διάτμησης του ανέμου. Το μοντέλο χρησιμοποιεί την ακόλουθη εξίσωση νόμου ισχύος για να υπολογίσει τη μέση ταχύτητα ανέμου στο ύψος πλήμνης (Gipe, 1995):

$$\frac{\bar{V}}{\bar{V}_0} = \left(\frac{H}{H_0}\right)^a$$

όπου \bar{V} είναι η μέση ταχύτητα ανέμου στο ύψος πλήμνης H , το \bar{V}_0 είναι η ταχύτητα ανέμου στο ύψος ανεμόμετρου H_0 , και το a είναι ο εκθέτης διάτμησης ανέμου. Οι τιμές των H , H_0 , \bar{V}_0 και a καθορίζονται από τον χρήστη 2*.

Μόλις υπολογιστεί η ετήσια μέση ταχύτητα ανέμου στο ύψος πλήμνης \bar{V} , η μη προσαρμοσμένη παραγωγή ενέργειας E_u υπολογίζεται απλώς παρεμβάλλοντας την καμπύλη ενέργειας στην τιμή \bar{V} .

2*. Η ίδια εξίσωση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ταχύτητας του ανέμου στο επίπεδο των 10 μέτρων, με το H να είναι 10 m. Αυτή η τελευταία τιμή δεν επηρεάζει τη διαδικασία υπολογισμού ενέργειας. Υπολογίζεται για να παρέχει μια κοινή βάση για σύγκριση δύο τοποθεσιών για τις οποίες η ταχύτητα του ανέμου έχει μετρηθεί σε διαφορετικά ύψη.

3.2 Ακαθάριστη Παραγωγή Ενέργειας

Η ακαθάριστη παραγωγή ενέργειας είναι η συνολική ετήσια ενέργεια που παράγεται από τον εξοπλισμό αιολικής ενέργειας, πριν από τυχόν απώλειες, με την ταχύτητα του ανέμου, την ατμοσφαιρική πίεση και τις συνθήκες θερμοκρασίας στο χώρο. Χρησιμοποιείται στο RETScreen για τον προσδιορισμό της ανανεώσιμης ενέργειας που αποδίδεται. Η ακαθάριστη παραγωγή ενέργειας E_G υπολογίζεται μέσω:

$$E_G = E_U c_H c_T$$

Όπου E_U είναι η μη προσαρμοσμένη παραγωγή ενέργειας και c_H και c_T είναι οι προσαρμοσμένοι συντελεστές πίεσης και θερμοκρασίας και δίνονται από τη σχέση:

$$c_H = \frac{P}{P_0}$$

Και

$$c_T = \frac{T_0}{T}$$

όπου P είναι η μέση ετήσια ατμοσφαιρική πίεση στην τοποθεσία, το P_0 είναι η τυπική ατμοσφαιρική πίεση 101,3 kPa, το T είναι η μέση ετήσια απόλυτη θερμοκρασία στην τοποθεσία και το T_0 είναι η τυπική απόλυτη θερμοκρασία 288,1 K

Αποδιδόμενη ανανεώσιμη ενέργεια

Το μοντέλο έργου αιολικής ενέργειας RETScreen υπολογίζει την ανανεώσιμη ενέργεια που παραδίδεται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη

διάφορες απώλειες. Στην ειδική περίπτωση εφαρμογών μεμονωμένου δικτύου και εκτός δικτύου, λαμβάνεται επίσης υπόψη η ποσότητα της αιολικής ενέργειας που μπορεί να απορριφθεί από το δίκτυο ή το φορτίο.

3.2.1 Συλλεγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια

Η ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγεται ισούται με την καθαρή ποσότητα ενέργειας που παράγεται από τον εξοπλισμό αιολικής ενέργειας:

$$E_c = E_G c_L$$

Όπου E_G είναι η ακαθάριστη παραγωγή ενέργειας και το c_L είναι ο συντελεστής απώλειας, που δίνεται από τη σχέση:

$$c_L = (1 - \lambda_a)(1 - \lambda_{s\&i})(1 - \lambda_d)(1 - \lambda_m)$$

Όπου λ_a είναι οι απώλειες συστοιχίας, $\lambda_{s\&i}$ είναι οι απώλειες ρύπανσης και παγιοποίησης αεροτομής, λ_d οι απώλειες του χρόνου διακοπής και οι λ_m καθορίζονται από το χρήστη στο φύλλο εργασίας Energy Model.

3.2.2 Ρυθμός απορρόφησης και αποδιδόμενη ανανεώσιμη ενέργεια

Το μοντέλο υπολογίζει την αιολική ενέργεια που παρέχεται E_D σύμφωνα με:

$$E_D = E_c \mu$$

όπου E_c είναι η ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγεται και το μ είναι ο ρυθμός απορρόφησης της αιολικής ενέργειας.

Ο ρυθμός απορρόφησης της αιολικής ενέργειας είναι το ποσοστό της συλλεγόμενης αιολικής ενέργειας που μπορεί να απορριφθεί από το απομονωμένο δίκτυο ή το σύστημα εκτός δικτύου. Για εφαρμογές κεντρικού δικτύου, αυτός ο ρυθμός είναι πάντα ίσος με 100%, δεδομένου ότι το δίκτυο θεωρείται αρκετά μεγάλο ώστε να απορροφά πάντα όλη την ενέργεια που παράγεται από το έργο αιολικής ενέργειας. Για εφαρμογές απομονωμένου δικτύου και εκτός δικτύου, ο χρήστης εισάγει την τιμή του ρυθμού απορρόφησης.

Για εφαρμογές απομονωμένου δικτύου και εκτός δικτύου, το μοντέλο υπολογίζει έναν προτεινόμενο ρυθμό απορρόφησης αιολικής ενέργειας. Βρίσκεται με τη μέθοδο της παρεμβολή παρακάτω πίνακα, όπου το επίπεδο διείσδυσης ανέμου (WPL) ορίζεται ως:

$$WPL = \frac{WPC}{PL} 100$$

Όπου το WPC είναι η χωρητικότητα του αιολικού σταθμού και το PL είναι το μέγιστο φορτίο που καθορίζεται από τον χρήστη. Το WPC επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των ανεμογεννητριών με την ονομαστική τους χωρητικότητα (ισχύς)..

Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)	Επίπεδο διείσδυσης ανέμου (Wind Penetration Level-WPL)			
	0%	10%	20%	30%
0	100%	100%	100%	100%
4.9	100%	98%	96%	93%
5.6	100%	98%	94%	90%
6.3	100%	98%	93%	87%
6.9	100%	97%	92%	84%
8.3	100%	96%	90%	82%

Πίνακας 2.2.1: Προτεινόμενο ποσοστό απορρόφησης αιολικής ενέργειας για απομονωμένο πλέγμα και εφαρμογές εκτός δικτύου

Όπως φαίνεται, ο προτεινόμενος ρυθμός απορρόφησης της αιολικής ενέργειας ποικίλλει ανάλογα με τη μέση ταχύτητα του ανέμου και το επίπεδο διείσδυσης του ανέμου ενώ ως ταχύτητα ανέμου λαμβάνεται η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της πλήμνης ανεμογεννητριών. Οι τιμές του παραπάνω πίνακα προέρχονται από προσομοιώσεις που διεξήχθησαν για να προσδιοριστεί η ποσότητα της αιολικής ενέργειας που παρέχεται από αιολικά πάρκα εγκατεστημένα σε απομακρυσμένες κοινότητες (δηλαδή εφαρμογές απομονωμένου δικτύου και εκτός δικτύου). Οι προσομοιώσεις εξέτασαν συνδυασμούς αιολικού καθεστώτος, προφίλ φορτίου και καμπύλες απόδοσης εξοπλισμού. Λεπτομερή αποτελέσματα υπάρχουν στην εργασία των (Rangi et al., 1992).

Το μοντέλο παρέχει μόνο προτεινόμενες τιμές για επίπεδα διείσδυσης ανέμου κάτω από 25%. Ωστόσο, εάν το επίπεδο διείσδυσης του ανέμου είναι μεγαλύτερο από

3% και η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της πλήμνης είναι 8,3 m/s ή υψηλότερη, τότε το μοντέλο δεν παρέχει προτεινόμενες τιμές. Υπό αυτές τις συνθήκες, οι ρυθμοί απορρόφησης της αιολικής ενέργειας θα ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τη διαμόρφωση του συστήματος και τις στρατηγικές ελέγχου που έχουν υιοθετηθεί.

3.2.3 Διάθεση υπερβολικά μεγάλης ανανεώσιμη ενέργεια

Η υπερβολική διαθέσιμη ανανεώσιμη ενέργεια E_X είναι απλώς η διαφορά μεταξύ της αιολικής ενέργειας που συλλέγεται E_C και της αιολικής ενέργειας που παρέχεται E_D :

$$E_X = E_C - E_D$$

3.2.4 Ειδική απόδοση

Η συγκεκριμένη απόδοση Y λαμβάνεται διαιρώντας την ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγεται E_C από την περιοχή σάρωσης των στροβίλων:

$$Y = \frac{E_C}{NA}$$

Όπου N είναι το πλήθος των στροβίλων και A είναι η περιοχή που σαρώνεται από το ρότορα μιας ανεμογεννήτριας.

3.2.5 Συντελεστής χωρητικότητας αιολικής εγκατάστασης

Ο παράγοντας χωρητικότητας αιολικής εγκατάστασης PCF αντιπροσωπεύει την αναλογία της μέσης ισχύος που παράγεται από την εγκατάσταση σε διάστημα ενός έτους προς την ονομαστική ισχύ της. Υπολογίζεται ως εξής (Li & Priddy, 1985):

$$PCF = \left(\frac{E_C}{WPC h_Y} \right) 100$$

όπου η E_C είναι η ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγεται, εκφραζόμενη σε KWh, WPC είναι η χωρητικότητα αιολικής μονάδας, εκφρασμένη σε KW και h_Y είναι ο αριθμός ωρών σε ένα έτος.

3.3 Επικύρωση

Πολλοί εμπειρογνώμονες έχουν συμβάλει στην ανάπτυξη, τη δοκιμή και την επικύρωση του μοντέλου RETScreen Wind Energy Project. Περιλαμβάνουν ειδικούς μοντελοποίησης αιολικής ενέργειας, εμπειρογνώμονες μηχανικής κόστους, ειδικούς μοντελοποίησης αερίων θερμοκηπίου, επαγγελματίες χρηματοοικονομικής ανάλυσης, και επιστήμονες βάσης δεδομένων επίγειων σταθμών και δορυφόρων.

Ακολουθούν δύο παραδείγματα των επικυρώσεων που έχουν ολοκληρωθεί. Αρχικά, οι προβλέψεις του RETScreen Wind Energy Project Model συγκρίνονται με τα αποτελέσματα ενός προγράμματος ωριαίας προσομοίωσης. Στη συνέχεια, οι πρότυπες προβλέψεις συγκρίνονται με τα ετήσια δεδομένα που μετρούνται σε έναν πραγματικό χώρο παραγωγής αιολικής ενέργειας.

Οι προβλέψεις για το μοντέλο έργου αιολικής ενέργειας RETScreen συγκρίνονται με ένα ωριαίο μοντέλο. Το ωριαίο μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το HOMER, ένα μοντέλο βελτιστοποίησης για το σχεδιασμό αυτόνομων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας (NREL, 2001). Το HOMER χρησιμοποιεί ωριαίες προσομοιώσεις για τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των υβριδικών συστημάτων ισχύος. Μπορεί να μοντελοποιήσει οποιονδήποτε συνδυασμό ανεμογεννητριών, φωτοβολταϊκών πάνελ, παραγωγής ντίζελ και αποθήκευσης μπαταρίας. Η παρούσα επικύρωση δεν κάνει χρήση των δυνατοτήτων βελτιστοποίησης του HOMER. Το πρόγραμμα χρησιμοποιείται μόνο ως εργαλείο προσομοίωσης. Δοκιμάστηκαν δύο διαμορφώσεις: ένα μικρό αιολικό πάρκο συνδεδεμένο σε ένα απομονωμένο πλέγμα και ένα μεγάλο αιολικό πάρκο συνδεδεμένο σε ένα κεντρικό πλέγμα.

3.4 Εισαγωγή Προγράμματος



Το **Λογισμικό Διαχείρισης Καθαρής Ενέργειας RETScreen**, είναι ένα πακέτο λογισμικού που δημιουργήθηκε από την Κυβέρνηση του Καναδά. Το RETScreen Expert επισημάνθηκε στη Διωπουργική Επιτροπή Καθαρής Ενέργειας του 2016 που έλαβε χώρα στο Σαν Φρανσίσκο.

Το **RETScreen Expert** αποτελεί την τρέχουσα έκδοση του λογισμικού και δόθηκε σε κυκλοφορία για το κοινό στις 19 Σεπτεμβρίου 2016. Το λογισμικό επιτρέπει την ολοκληρωμένη αναγνώριση, αξιολόγηση και βελτιστοποίηση της τεχνικής και οικονομικής βιωσιμότητας δυνητικών έργων ανανεώσιμης ενέργειας και ενεργειακής απόδοσης, καθώς επίσης και τη μέτρηση και επαλήθευση της πραγματικής απόδοσης των εγκαταστάσεων και την αναγνώριση των ευκαιριών εξοικονόμησης/ παραγωγής ενέργειας. Η "Λειτουργία προβολής" στο RETScreen Expert είναι δωρεάν και επιτρέπει την πρόσβαση στο σύνολο των λειτουργιών του λογισμικού. Σε αντίθεση με τις προηγούμενες εκδόσεις του RETScreen, ωστόσο, μια νέα "Επαγγελματική λειτουργία" (η οποία επιτρέπει στους χρήστες να αποθηκεύουν, να εκτυπώνουν, κ.λπ.) είναι τώρα διαθέσιμη στη βάση μιας ετήσιας συνδρομής.

Το RETScreen Suite, που περιέχει το RETScreen 4 και το RETScreen Plus, αποτελεί την προηγούμενη έκδοση του λογισμικού RETScreen. Το RETScreen Suite περιλαμβάνει δυνατότητες συμπαραγωγής και εκτός-δικτύου ανάλυσης.

Σε αντίθεση με το RETScreen Suite, το RETScreen Expert αποτελεί μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα λογισμικού: χρησιμοποιεί λεπτομερή και περιεκτικά αρχέτυπα για την εκτίμηση των έργων, αλλά και περιλαμβάνει τη δυνατότητα ανάλυσης χαρτοφυλακίου. Το RETScreen Expert ενσωματώνει μια σειρά από βάσεις δεδομένων για να βοηθήσει το χρήστη, συμπεριλαμβανομένης μιας παγκόσμιας βάσης δεδομένων κλιματολογικών συνθηκών που λαμβάνονται από 6.700 επίγειους σταθμούς και δορυφορικά δεδομένα της NASA, μιας βάσης δεδομένων αναφοράς, μιας βάσης δεδομένων κόστους, μιας βάσης δεδομένων έργων, μιας υδρολογικής βάσης δεδομένων και μιας βάσης δεδομένων προϊόντων. Το λογισμικό περιέχει

εκτενές, ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό υλικό, συμπεριλαμβανομένου ενός ηλεκτρονικού εγχειριδίου.

Το RETScreen τελεί υπό την ηγεσία και συνεχή οικονομική στήριξη του Ερευνητικού Κέντρου CanmetENERGY Varennes του Natural Resources Canada, ενός τμήματος της Κυβέρνησης του Καναδά. Η ομάδα πυρήνα αξιοποιεί τη συνεργασία με πλήθος άλλων κυβερνητικών και πολυμερών οργανισμών, με την τεχνική υποστήριξη ενός μεγάλου δικτύου εμπειρογνομόνων από το βιομηχανικό, κυβερνητικό και ακαδημαϊκό χώρο. Στους κύριους εταίρους συγκαταλέγονται το Ερευνητικό Κέντρο Langley της NASA,¹ η Σύμπραξη για την Ανανεώσιμη Ενέργεια και την Ενεργειακή Απόδοση (REEEP), ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας (IESO) του Οντάριο, η Ενεργειακή Μονάδα του Τομέα Τεχνολογίας, Βιομηχανίας και Οικονομικών του Προγράμματος Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP), το Παγκόσμιο Ταμείο Περιβάλλοντος (GEF), το Πρωτότυπο Ταμείο Άνθρακα της Παγκόσμιας Τράπεζας, και η Πρωτοβουλία για Βιώσιμη Ενέργεια του Πανεπιστημίου York.

Το RETScreen χρησιμοποιείται ευρέως για τη διευκόλυνση και την υλοποίηση έργων καθαρής ενέργειας. Για παράδειγμα, το RETScreen έχει χρησιμοποιηθεί:

- για τη μετασκευή του Empire State Building με μέτρα ενεργειακής απόδοσης
- στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις της 3M στον Καναδά^[23]
- εκτενώς από την Ιρλανδική βιομηχανία αιολικής ενέργειας για την ανάλυση δυνητικών νέων έργων
- για την παρακολούθηση της απόδοσης εκατοντάδων σχολείων στο Οντάριο^[25]
- από το πρόγραμμα συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας & ηλεκτρικής ενέργειας (βελτιστοποίηση βιοενέργειας) της Manitoba Hydro για προβολή στην οθόνη των εφαρμογών του έργου
- για τη διαχείριση της ενέργειας σε πανεπιστημιούπολεις και σχολές κολεγίων
- σε μια πολυετή εκτίμηση και αξιολόγηση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στο Τορόντο του Καναδά
- για την ανάλυση της ηλιακής θέρμανσης αέρα στις εγκαταστάσεις της Πολεμικής Αεροπορίας των ΗΠΑ
- για δημοτικές εγκαταστάσεις, συμπεριλαμβανομένης της αναγνώρισης ευκαιριών για μετασκευές ενεργειακής απόδοσης σε διάφορους δήμους του Οντάριο

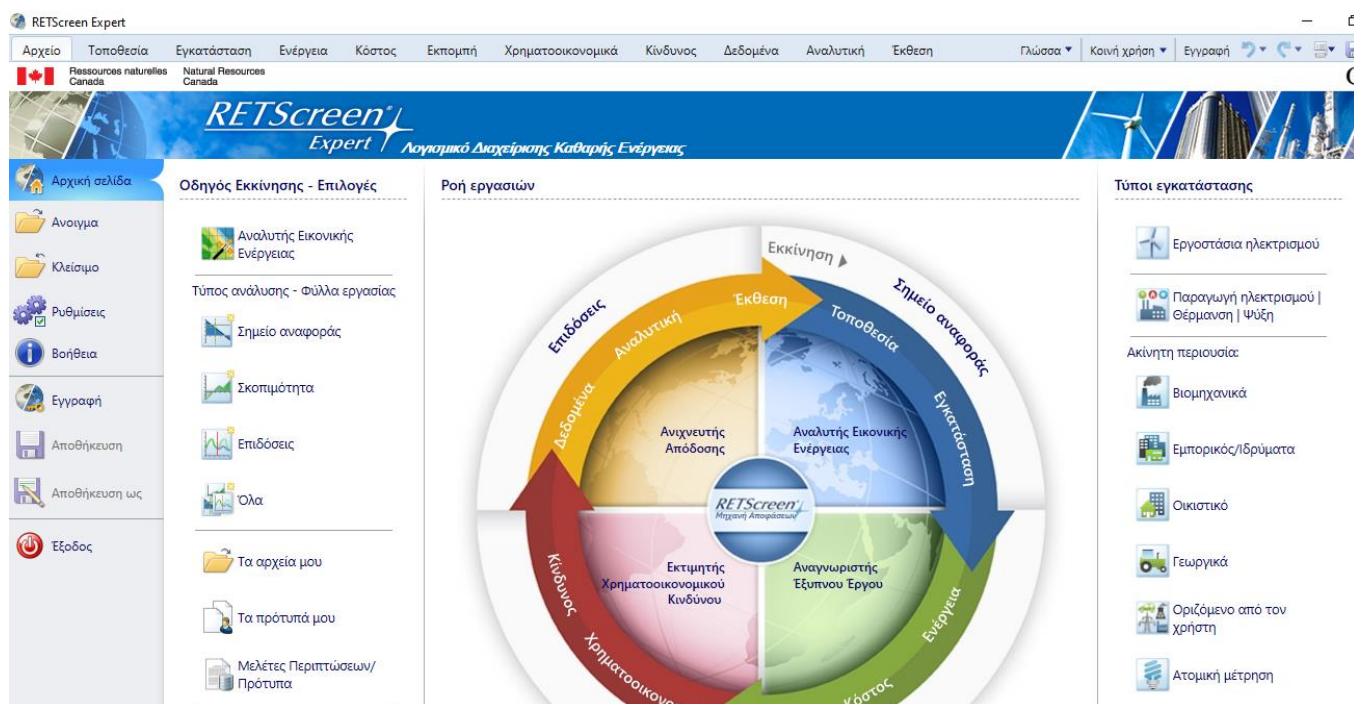
Το RETScreen χρησιμοποιείται, επίσης, ως διδακτικό και ερευνητικό εργαλείο σε πολύ περισσότερα από 1.100 πανεπιστήμια και κολέγια παγκοσμίως, και συχνά αποτελεί αντικείμενο παραπομπών στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία. Παραδείγματα χρήσης του RETScreen στον ακαδημαϊκό χώρο μπορούν να βρεθούν στις ενότητες υπό τους τίτλους “Δημοσιεύσεις και Αναφορές” και “Πανεπιστημιακά και Κολεγιακά Μαθήματα” του ενημερωτικού δελτίου του RETScreen, προσβάσιμες μέσω του Εγχειριδίου χρήστη στο ληφθέν λογισμικό.

Η χρήση του RETScreen είναι υποχρεωτική ή συνιστάται από προγράμματα παροχής κινήτρων για καθαρή ενέργεια σε όλα τα κυβερνητικά επίπεδα παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων των UNFCCC και της ΕΕ, του Καναδά, της Νέας Ζηλανδίας και του Ηνωμένου Βασιλείου, πολλών Αμερικανικών πολιτειών και Καναδικών επαρχιών, πόλεων και δήμων, καθώς και επιχειρήσεων υπηρεσιών κοινής ωφέλειας. Εργαστήρια κατάρτισης πάνω στο RETScreen έχουν διεξαχθεί σε εθνικό και

περιφερειακό επίπεδο κατόπιν επίσημου αιτήματος από τις Κυβερνήσεις της Χιλής, της Σαουδικής Αραβίας, και 15 χωρών της Δυτικής και Κεντρικής Αφρικής, καθώς επίσης και του Οργανισμού Ενέργειας Λατινικής Αμερικής (OLADE).

3.5 Παρουσίαση του RETScreen

Το RETScreen έχει παγκόσμια εφαρμογή αφού χρησιμοποιεί δεδομένα από όλες σχεδόν τις χώρες παγκοσμίως. Το πρόγραμμα παράγει αποτελέσματα τα οποία σχετίζονται με τον υπολογισμό της παραγωγής ενέργειας, του κόστους των εγκαταστάσεων, την μείωση των εκπομπών που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς και το χρόνο απόσβεσης της επένδυσης που μελετά ο χρήστης. Το πρόγραμμα ακόμη περιέχει και τα μετεωρολογικά δεδομένα κάθε περιοχής τα οποία χρειάζεται ο χρήστης για τη μελέτη του.



Εικόνα 3.1: Αρχική σελίδα προγράμματος RETScreen Expert.

Το λογισμικό χρησιμοποιεί τέσσερις διαφορετικούς τύπους κελιών που παρουσιάζονται παρακάτω τα οποία ξεχωρίζουν από την απόχρωση τους

- 1) Τα λευκά κελιά που περιέχουν τα αποτελέσματα που έχει το μοντέλο και συμπληρώνονται από αυτό.
- 2) Τα κίτρινα κελιά που κρίνονται απαραίτητα για να τρέξει το μοντέλο και είναι δεδομένα που τα εισάγει ο χρήστης.

3) Τα γαλάζια κελιά, που επίσης κρίνονται απαραίτητα για να τρέξει το μοντέλο, και υπάρχουν σε αυτά πληροφορίες από τη βάση δεδομένων του προγράμματος και τα εισάγει ο χρήστης.

4) Τα γκριζα κελιά που δεν κρίνονται απαραίτητα για να τρέξει το μοντέλο και τα βάζει ο χρήστης μόνο για απλή αναφορά

Παρακάτω ακολουθεί η διαδικασία και η αναλυτική περιγραφή για την εκτέλεση του Προγράμματος:

• Τοποθεσία

Σε αυτήν την καρτέλα εισάγεται η Τοποθεσία της Εγκατάστασης και αυτόματα προβάλλονται: οι γεωγραφικές συντεταγμένες της τοποθεσίας, η κλιματική της ζώνη, το υψόμετρο, καθώς και όλες οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής που φαίνονται στην επόμενη εικόνα για την τοποθεσία που επιλέχθηκε για όλους τους μήνες του χρόνου.

Για τις ανάγκες του δοκιμαστικού παραδείγματος χρησιμοποιήθηκε σαν Τοποθεσία ένα βουνό στο χωριό Κόσκινα Ευβοίας το οποίο έχει υψηλά ποσοστά ταχύτητας ανέμου. Για τις ανάγκες τις εργασίας όμως χρησιμοποιήθηκαν περιοχές Στο Φραγκοκάστελλο Χανίων, στον Ομβρυόκαμπο Πάτρας και στη Ξηρολίμνη Κοζάνης από σε βουνά όπου έχουν εκδοθεί άδειες εγκατάστασης.


RETScreen - Τοποθεσία Συνδρομητής: Technical University of Crete - Educational Use Only

Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

Θέση κλιματολογικών δεδομένων: Ελλάδα - Athina (Filadelfia) Τοποθεσία εγκατάστασης: Greece

Λεζάντα

- Τοποθεσία εγκατάστασης
- Θέση κλιματολογικών δεδομένων

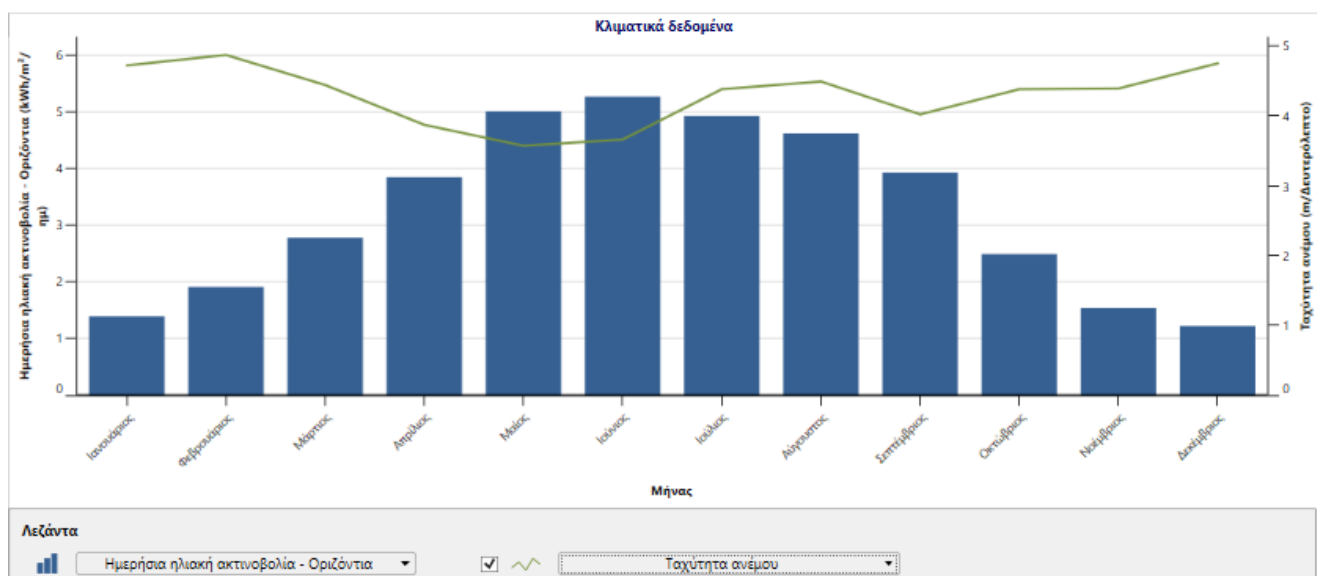


	Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Τοποθεσία εγκατάστασης	Πηγή
Γεωγραφικό πλάτος		38.0	38.3	
Γεωγραφικό μήκος		23.7	24.2	
Κλιματική ζώνη		3A - Θερμό - Υγρό		
Υψόμετρο	m	138	156	
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	1.1		NASA
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	32.9		Εδαφος - Χάρτης
Πλάτος (διακίνηση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	22.2		NASA

Εικόνα 3.2 : Καρτέλα επιλογής τοποθεσίας στο RETScreen.

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα °C	Σχετική υγρασία %	Κατακρήμνιση mm	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια kWh/m ² /ημ	Ατμοσφαιρική πίεση kPa	Ταχύτητα ανέμου m/Δευτερόλεπτο	Θερμοκρασία εδάφους °C	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης 18 °C °C-ημ	Βαθμο-ημέρες ψύξης 10 °C °C-ημ
Ιανουάριος	8,4	81,5%	55,18	1,39	99,6	4,7	9,0	298	0
Φεβρουάριος	8,6	79,1%	48,16	1,91	99,5	4,9	9,3	263	0
Μάρτιος	10,4	75,6%	50,84	2,78	99,4	4,4	11,1	236	12
Απρίλιος	14,0	69,6%	33,90	3,85	99,2	3,9	14,4	120	120
Μαΐος	19,2	60,1%	19,53	5,01	99,2	3,6	19,7	0	285
Ιούνιος	24,2	51,2%	10,50	5,27	99,1	3,7	25,1	0	426
Ιούλιος	26,4	49,4%	9,61	4,93	99,0	4,4	27,4	0	508
Αύγουστος	26,1	52,5%	7,75	4,62	99,1	4,5	27,1	0	499
Σεπτέμβριος	22,7	58,5%	15,30	3,93	99,3	4,0	23,8	0	381
Οκτώβριος	18,0	69,3%	43,09	2,49	99,6	4,4	19,0	0	248
Νοέμβριος	13,6	77,7%	66,00	1,54	99,6	4,4	14,2	132	108
Δεκέμβριος	9,9	81,4%	68,20	1,22	99,6	4,8	10,5	251	0
Ετήσιο	16,8	67,1%	428,06	3,25	99,3	4,3	17,6	1.300	2.588
Πηγή	NASA	NASA	NASA	Εδαφος	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Μετρημένο σε					m	10	0		

Εικόνα 3.3: Κλιματικά Δεδομένα Επιλεγμένης Τοποθεσίας.



Εικόνα 3.5: Καρτέλα με απεικόνιση στατιστικού ραβδογράμματος των Κλιματικών Δεδομένων.

• Εγκατάσταση

Σε αυτό το σημείο καθορίστηκε ο τύπος της Εγκατάστασης (στην περίπτωση μας Εγκατάσταση παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας-Ανεμογεννήτριες) και συμπληρώνονται κάποια στοιχεία που αφορούν τον συντάκτη του προγράμματος, τον σκοπό της εγκατάστασης και παρουσιάζεται ένα διάγραμμα του κόστους παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Επίσης μπορεί να επιλεγεί αντί για Παραγωγή ηλεκτρισμού τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης, παραγωγή θερμότητας, παραγωγή ψύξης ακόμα και συμπαραγωγή όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των παραπάνω.

Παραμορφώσεις για τις εγκαταστάσεις

Τύπος εγκαταστάσεων: Εργαστήριο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
 Τύπος: Ανεμογεννήτριας
 Παραγραφή: Εργαστήριο

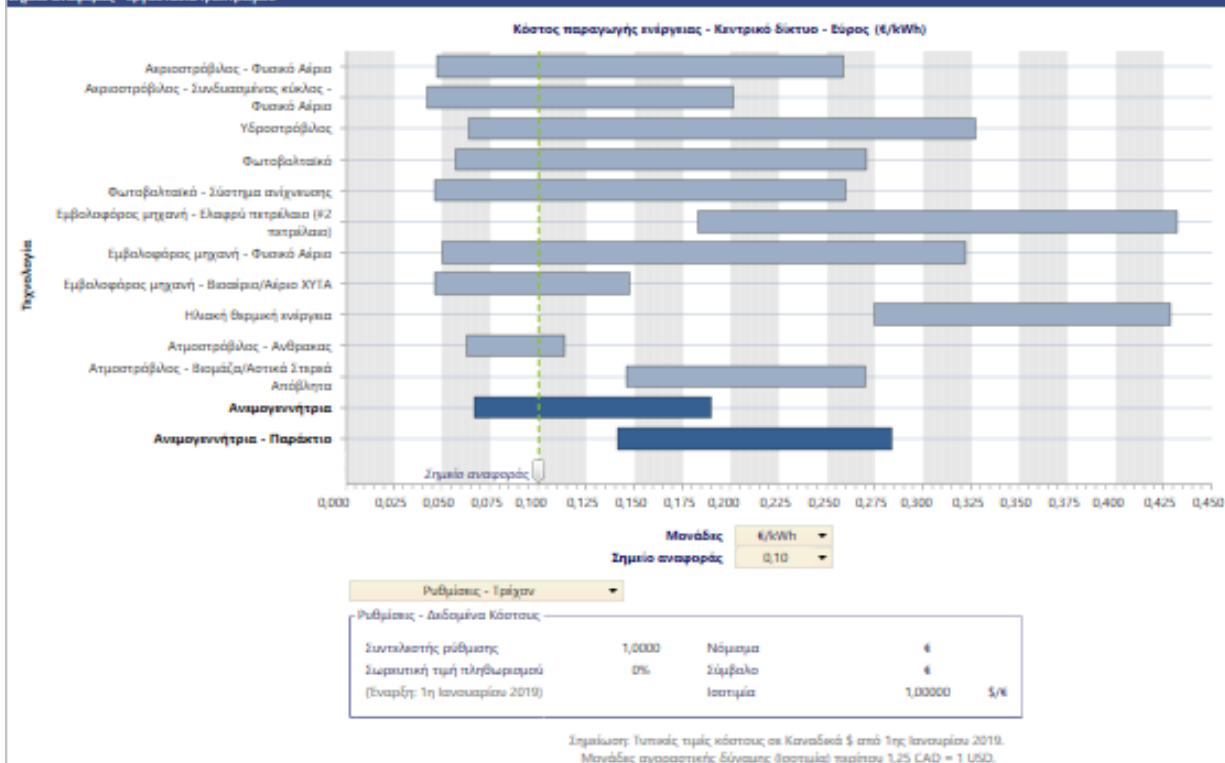
Συντάχθηκε για: Ινστιτούτο Εκπαίδευσης RETScreen
 Συντάχθηκε από: CamilleENERGY - Vancouver

Όνομα εγκατάστασης: Αστικό Πάρκο Κάσκινα Ευθείας
 Διεύθυνση: Κάσκινα Ευθείας
 Πόλη/Δήμος: Αλιβέρι
 Επαρχία/Περιοχή: Εύβοια
 Χώρα: Ελλάδα



Μέγεθος

Σημείο αναφοράς - Εργαστήριο ηλεκτρισμού



Εικόνα 3.6 : Καρτέλα Εγκατάστασης όπου συμπληρώνετε ο σκοπός του έργου, η ονομασία του και πληροφορίες σχετικά με την διεύθυνσή του.

- Ηλεκτρική Ενέργεια Και Καύσιμα**

Σε αυτήν την καρτέλα εισάγεται η τιμή του καυσίμου για το οποίο θα γίνει η σύγκριση από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και η τιμή που τιμολογεί η ΔΕΣΜΗΕ την αγορά μίας MWh από ανεμογεννήτριες. Στην περίπτωση μας εισαγάγαμε ως καύσιμο τον Λιγνίτη καθώς το 55% της ελληνικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται σε αυτόν και η τιμή του είναι 16,5 €/τόνο. Ακόμη η τιμή της MWh είναι 87,85€ για συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα (Πάτρα, Κοζάνη) και 99,45€ για μη συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα όπως η Κρήτη.

Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας - Εργαστήριο - Ανεμογεννήτρια

Καύσιμα & προγράμματα

Ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμα

Τεχνολογία

Περίληψη

Να συμπεριληφθεί το σύστημα

Καύσιμα

Καύσιμα

Τύπος Καυσίμου: Ανθρακας

Τιμή Καυσίμου - μονάδα: €/tn

Τιμή Καυσίμου: 16,50

Θερμογόνος Ικανότητα & Τιμή Καυσίμου

Ηλεκτρική ενέργεια

Τύπος: Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού - ετήσιο

Περιγραφή: Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού - ετήσιο

Ρυθμός - μονάδα: €/MWh

Ρυθμός - ετήσιο: 87,85

Εικόνα 3.7: Καρτέλα Ενεργειακό Μοντέλο όπου εδώ συμπληρώνεται η βάση του ελληνικού καυσίμου για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ανθρακας) καθώς επίσης και την τιμή που έχει αυτήν την περίοδο καθώς και την τιμή της πώλησης της MWh ανάλογα με το αν το σύστημα είναι συνδεδεμένο ή όχι στο δίκτυο.

• Ηλεκτρισμός-Ανεμογεννήτρια

Σε αυτό το σημείο εισάγω τα κλιματικά στοιχεία της περιοχής. Συγκεκριμένα την μέση ταχύτητα του ανέμου στο σημείο που έχει επιλεγεί να γίνει η εγκατάσταση το οποίο μετράται από το Global Wind ATLAS και θα φαίνεται σε φωτογραφία παρακάτω, το ύψος στο οποίο είναι μετρημένος ο αέρας, (στην περίπτωσή μας μετράμε στα 100 μέτρα γιατί μιλάμε για ανεμογεννήτριες), ο εκθέτης παραμόρφωσης του ανέμου στην περιοχή, η ετήσια θερμοκρασία του αέρα καθώς και η ετήσια ατμοσφαιρική πίεση. Στη συνέχεια εισάγω την ισχύ που θέλω ανά στρόβιλο καθώς και όλη την ισχύ της εγκατάστασης και αναλόγως επιλέγω από τους τύπους των ανεμογεννητριών που υπάρχουν τον αριθμό που θα τοποθετηθούν ανάλογα με τα KW που παράγει ο κάθε τύπος καθώς και επιλέχθηκαν: το ύψος πυλώνα, η διάμετρος ρότορα και η επιφάνεια σάρωσης ανά στρόβιλο και τέλος τα δεδομένα καμπύλης ισχύος ανά ταχύτητα ανέμου.

Αλλα βασικά πεδία που συμπληρώνουμε είναι:

➤ Το ποσοστό απωλειών διάταξης, που οφείλεται στην αλληλεπίδραση των ανεμογεννητριών μεταξύ τους μέσω των κυματισμών τους. Ανεμογεννήτριες στη «σκιά» άλλων δεν "βλέπουν" τόσο πολύ άνεμο όπως τα μπροστινά τους και ως αποτέλεσμα η παραγωγή ενέργειας μειώνεται. Οι απώλειες εξαρτώνται από την απόσταση των στροβίλων, τον προσανατολισμό, τα χαρακτηριστικά του τόπου και της τοπογραφίας. Τυπικές τιμές είναι 0-20%, όμως για μικρό αριθμό μονάδων το ποσοστό αυτό περιορίζεται έως 5%.

➤ Οι απώλειες πτερυγίου προκαλούνται από το λέρωμα των λεπίδων με συσσώρευση πάγου και από άλλα σφάλματα τα οποία επηρεάζουν την αεροδυναμική απόδοση των λεπίδων και εμποδίζουν την εκκίνησή τους. Αυτό μπορεί να βελτιωθεί

με το πλύσιμο των λεπίδων τακτικά ή τη θέρμανση της ακμής των λεπίδων. Οι απώλειες αυτές εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, το υψόμετρο στο οποίο είναι εγκατεστημένο το μηχάνημα, το επίπεδο της υγρασίας και του σχεδιασμού της μηχανής. Τυπικές τιμές κυμαίνονται από 1 έως 10% της «Ακαθάριστη παραγωγής ενέργειας»

➤ Οι λοιπές απώλειες παραγωγής ενέργειας που οφείλονται στο ξεκινά-σταματά, στον ισχυρό άνεμο και σε τυχόν παρασιτικές απαιτήσεις ισχύος και απώλειες στη γραμμή μεταφοράς από το χώρο πραγματοποίησης του έργου μέχρι το σημείο όπου το έργο συνδέεται με το τοπικό δίκτυο διανομής. Τυπικές τιμές κυμαίνονται από 2 έως 6% της «Ακαθάριστη παραγωγής ενέργειας»

➤ Η διαθεσιμότητα όλων των ανεμογεννητριών σε ένα αιολικό πάρκο που μπορεί να επηρεαστεί από τις τοπολογικές συνθήκες και κυμαίνεται από 93-98%

➤ Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου όπου παίρνει δύο διαφορετικές τιμές οι οποίες είναι 0,13 και 0,25 και παρατηρούμε τότε είναι πιο συμφέρουσα η παραγωγή.

Τέλος στην καρτέλα αυτή συμπληρώνω το κόστος εγκατάστασης και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας σε €/KWh σύμφωνα με τα δεδομένα του προγράμματος για τον κάθε τύπο ανεμογεννήτριας.

Αιολικό

Περιγραφή

Ανεμογεννήτρια

Σημείωση

Επίπεδο

Επίπεδο 1

Επίπεδο 2

Επίπεδο 3

Αιολικό - Επίπεδο 2

Αξιολόγηση πηγών

Μέθοδος (εκτίμησης) φυσικών πόρων

Ταχύτητα ανέμου - ετήσια

Μετρημένο σε

Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου

Θερμοκρασία αέρα - ετήσια

Ατμοσφαιρική πίεση - ετήσια

Ταχύτητα ανέμου

m/Δευτερόλεπτο

m

°C

kPa

9,42

100

0,35

16,8

99,3

Κλιματικά δεδομένα

Ελλάδα - Αθηνai

(Filadelfia)

4,3

10

16,8

99,3

Ανεμογεννήτρια

Ισχύς ανά στρόβιλο

Κατασκευαστής

Μοντέλο

Αριθμός στροβίλων

Ηλεκτρική ισχύς

Υψος πυλώνα

Διάμετρος ρότορα ανά στρόβιλο

Επιφάνεια σάρωσης ανά στρόβιλο

Καμπύλες ενεργειακών δεδομένων

Παράγων σχήματος

MW

1

Nordex

NORDEX N54 - 60m

5

5

60

54

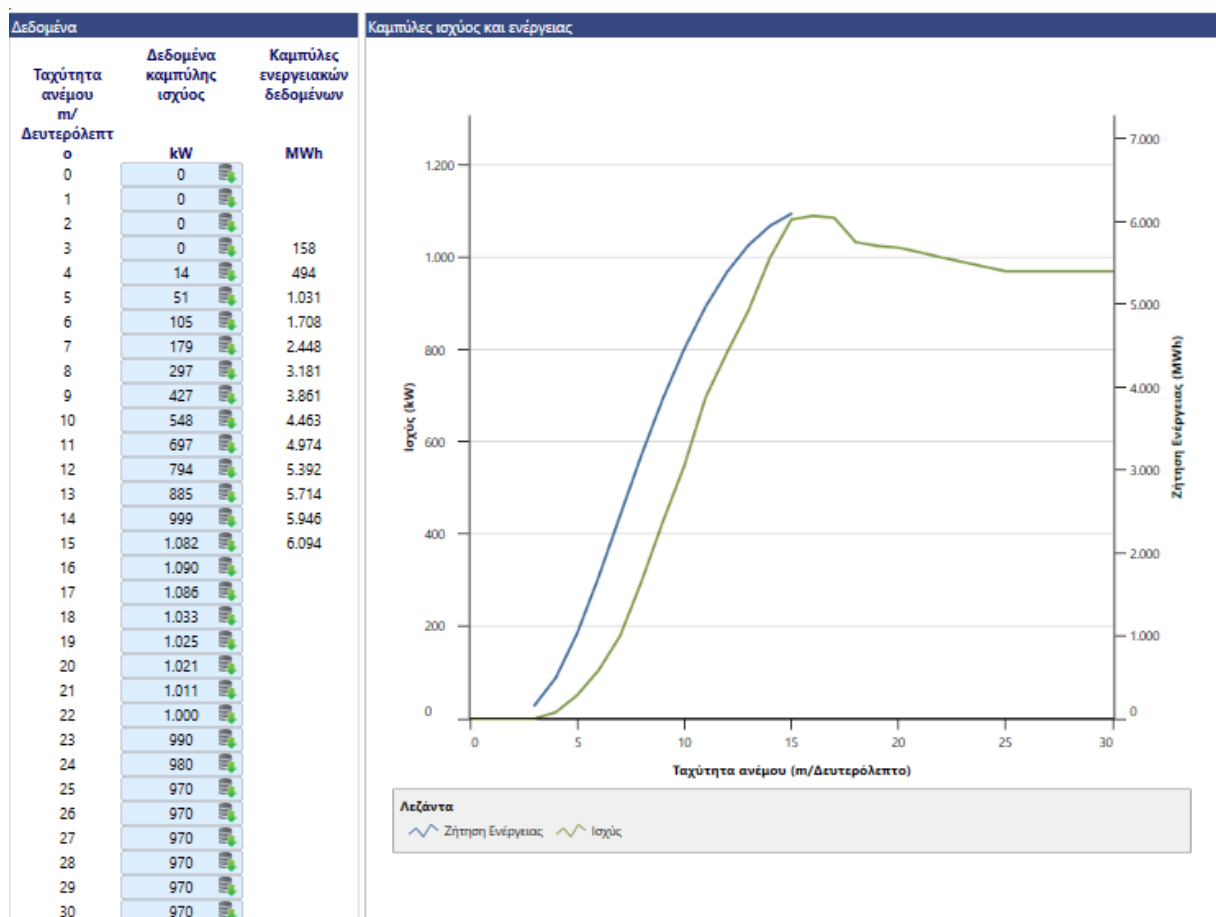
2.290,22

Τυποποιημένο

2

7,9 m/Δευτερόλεπτο

Εικόνα 3.8: Καρτέλα Ηλεκτρισμός-Ανεμογεννήτρια. Εδώ συμπληρώνονται αναλυτικά οι φυσικοί πόροι για την παραγωγή που θέλουμε, η μέση ταχύτητα ανέμου όπως μετρήθηκε από το Global Wind Atlas, το ύψος στο οποίο μετρήθηκε αυτή η ταχύτητα, ο εκθέτης παραμόρφωσης του ανέμου ο, η θερμοκρασία αέρα καθώς και η ατμοσφαιρική πίεση και στα πιο κάτω κελιά πληροφορίες σχετικές με την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών όπως τύπος, ύψος, και παραγόμενα MW.



Εικόνα 3.9: Εδώ παρουσιάζεται το διάγραμμα ταχύτητας ανέμου-Ισχύος όπου μας δείχνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της ανεμογεννήτριας ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου κάθε στιγμή.

Απώλειες

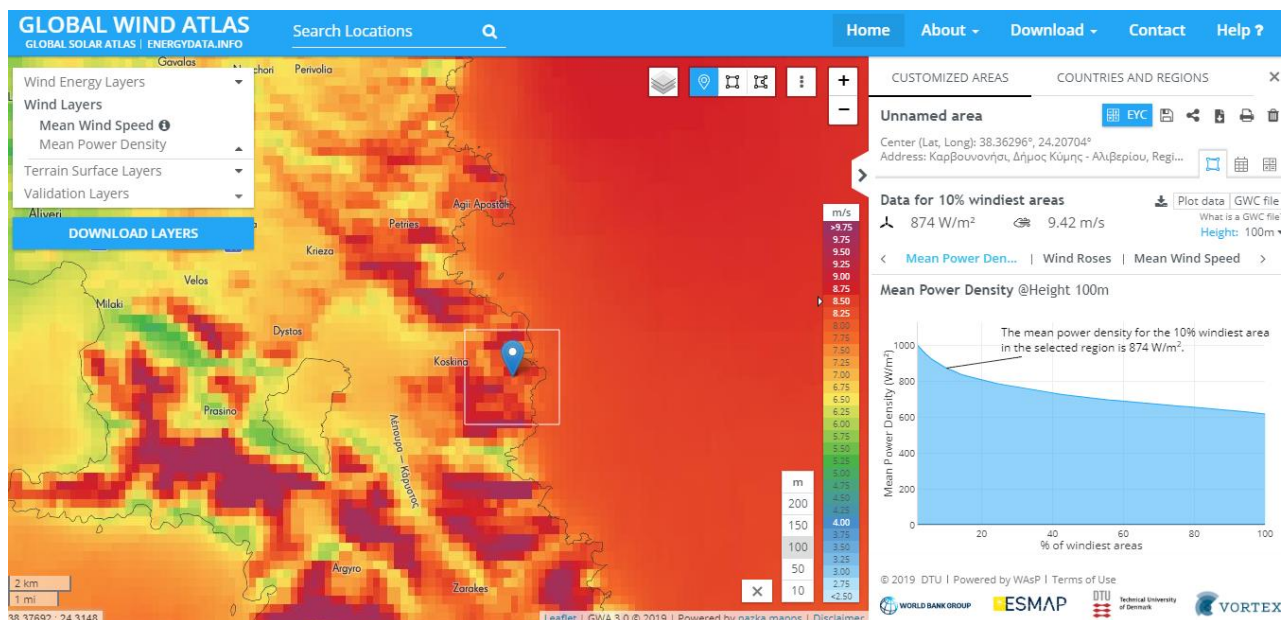
Απώλειες διάταξης	%	8%
Απώλειες πτερυγίου	%	2%
Λοιπές απώλειες	%	2%
Διαθεσιμότητα	%	90%

Περίληψη

Συντελεστής ισχύος	%	27,3%
Αρχικά κόστη	€/kW	3.000
	€	15.000.000
Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€/kW-έτος	80
	€	400.000
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	€/MWh	87,85
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	11.975
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€	1.052.032

Άλλες πληροφορίες

Εικόνα 3.10: Εδώ συμπληρώνονται οι απώλειες και τα κόστη εγκατάστασης και συντήρησης και παρουσιάζεται από το πρόγραμμα ο συντελεστής ισχύος της κάθε ανεμογεννήτριας καθώς και οι παραγόμενες MWh.



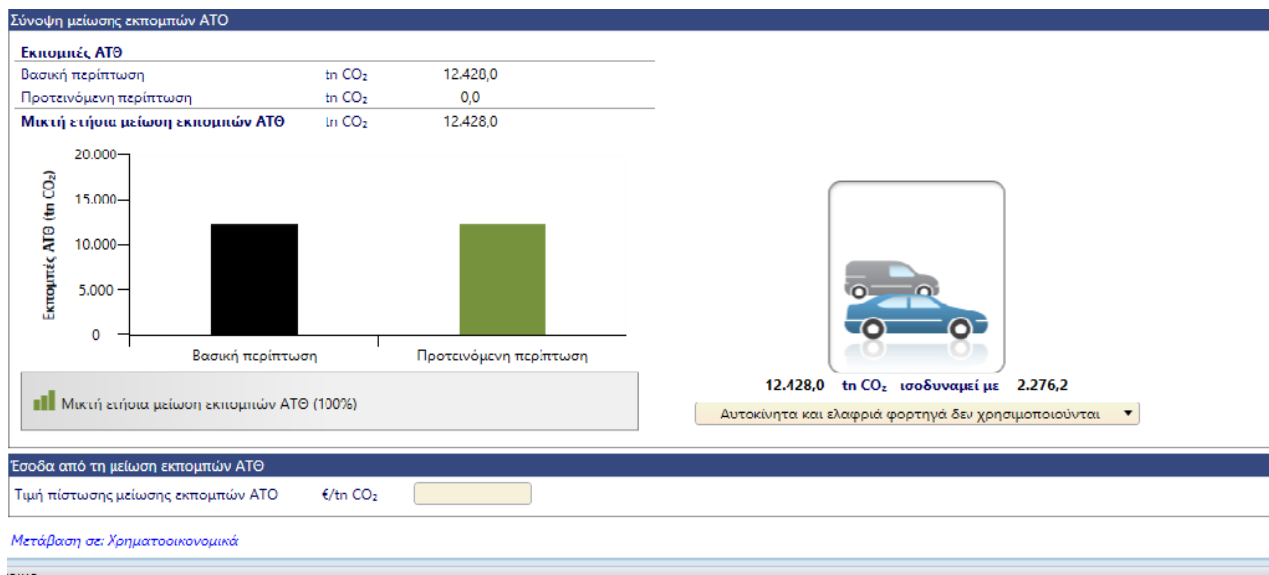
Εικόνα 3.11: Παρουσίαση του Χάρτη Global Wind Atlas.

Στη συνέχεια στην καρτέλα εκπομπή χρησιμοποιούμε ως σενάριο αναφοράς τον άνθρακα καθώς η μεγαλύτερη παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα βασίζεται εκεί και βάζουμε τον βαθμό απόδοσης των εργοστασίων ο οποίος κυμαίνεται στο 35%.

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)							
Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O kg/GJ	Βαθμός απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού %	Απώλειες M&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ kgCO ₂ /kWh
Ανθρακας	100,0%	92,7	0,0145	0,0029	35,0%	7,0%	1,038
Μίγμα Ηλεκτρισμού	100,0%	284,7	0,0446	0,0089		7,0%	1,038
<input type="checkbox"/> Αλλαγές στο Σενάριο Αναφοράς κατά τη διάρκεια ζωής του έργου							
Περήληψη εκπομπών ΑΤΘ βασικού σεναρίου (σενάριο αναφοράς)							
Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου kWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ kgCO ₂ /kWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO ₂
Ηλεκτρική ενέργεια	100,0%	284,7	0,0446	0,0089	11.975.326	1,038	12.428,0
Σύνολο	100,0%	284,7	0,0446	0,0089	11.975.326	1,038	12.428,0
Περήληψη εκπομπών ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης							
Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου kWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ kgCO ₂ /kWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO ₂
Αιολικό	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	11.975.326	0,000	0,0
Σύνολο	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	11.975.326	0,000	0,0
Απώλειες M&Δ							
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	kWh	11.975.326			0	1,038	0,0
						Σύνολο	0,0

Εικόνα 3.12: Ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης παραγόμενων ρύπων από την εγκατάσταση του συγκεκριμένου ΑΠΕ.

Ακόμη στην ίδια καρτέλα εμφανίζεται η μείωση των εκπομπών από την εγκατάσταση των ΑΠΕ που θα γίνει σε σχέση με το να γινόταν καύση καυσίμου.



Εικόνα 3.13: Διάγραμμα μείωσης εκπεμπόμενων ρύπων από την εγκατάσταση των ΑΠΕ.

- **Χρηματοοικονομικά**

Σε αυτό το φύλλο καθορίζονται βασικές τιμές οικονομικών παραμέτρων και συνοψίζονται άλλες όπως τα ετήσια έσοδα, τα κόστη και οι αποταμιεύσεις του έργου, η ετήσια χρηματοροή, η οικονομική βιωσιμότητα και το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών. Όσον αφορά τις οικονομικές παραμέτρους που συμπληρώνονται, είναι χωρισμένες σε τρεις υποενότητες. Αρχικά περιλαμβάνονται κάποιοι γενικοί οικονομικοί όροι όπως ο κυλιόμενος φόρος κόστους καυσίμου, η τιμή του πληθωρισμού, το επιτόκιο αναγωγής και η διάρκεια ζωής του έργου. Έπειτα ακολουθούν παράμετροι που σχετίζονται με την χρηματοδότηση του έργου όπως πιθανά κίνητρα και επιχορηγήσεις, τοκοχρεολύσιο, το επιτόκιο δανεισμού και η περίοδος χρέους.

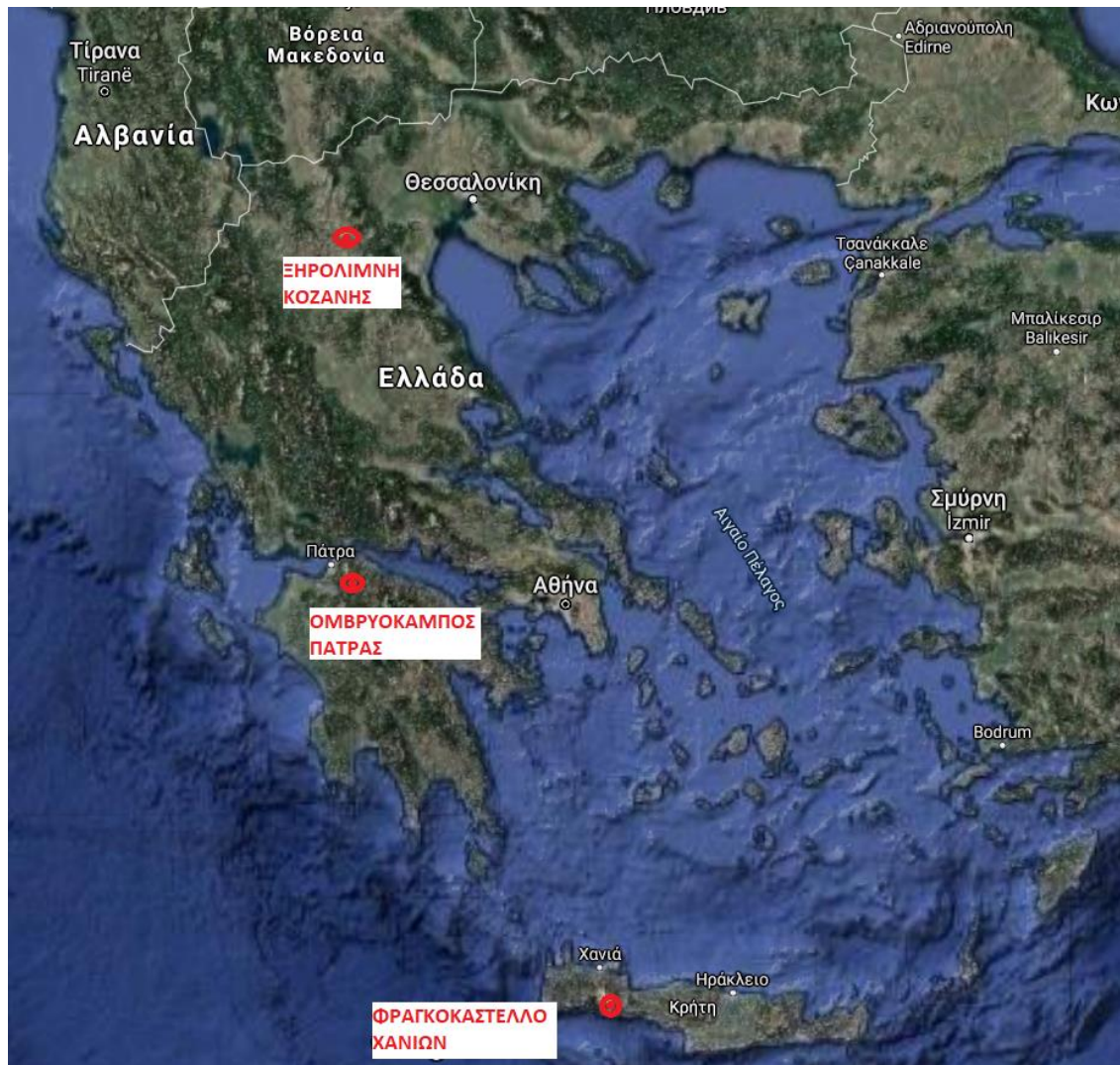
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Αναλυτική Παρουσίαση Μελέτης Σχεδιασμού Αιολικού Πάρκου 10MW στις περιοχές των Χανίων , της Πάτρας και της Κοζάνης.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα φανεί αναλυτικά όλη η διαδικασία που έγινε για να εφαρμοστεί το μοντέλο εγκατάστασης Πάρκου Ανεμογεννητριών Ισχύς 10MW σε 3 διαφορετικές περιοχές της χώρας μας οι οποίες είναι το Φραγκοκάστελλο Χανίων, ο Ομβυόκαμπος Πάτρας και η Ξηρολίμνη Κοζάνης όπου υπάρχουν άδειες για την εγκατάσταση αιολικών Πάρκων σύμφωνα με τον Χάρτη του ΡΑΕ. Το δίκτυο της Κρήτης δεν είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο της υπόλοιπης Ελλάδος και θα αναλυθεί στη συνέχεια αυτή η διαφορά.

4.1 Πληροφορίες σχετικά με τα Έργα:

- Ισχύς: 10MW
- Τύπος Έργου: Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
- Τεχνολογία: Ανεμογεννήτρια
- Περιοχές: Φραγκοκάστελλο Χανίων, Ομβυόκαμπος Πάτρας και Ξηρολίμνη Κοζάνη



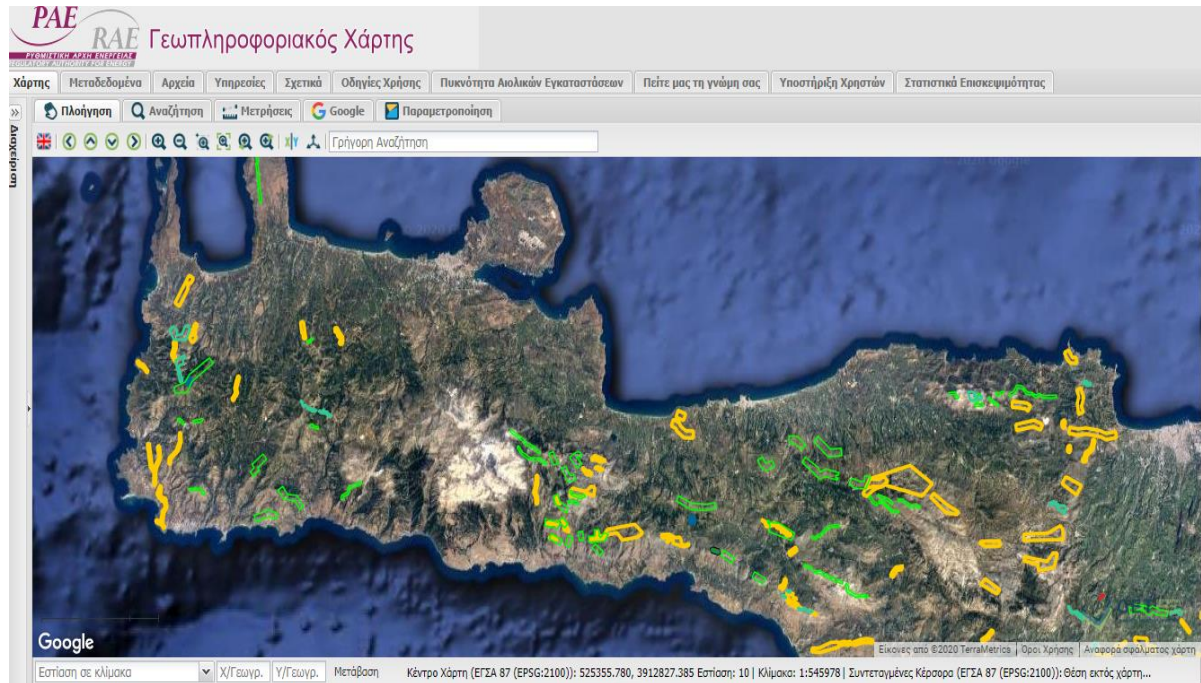
Εικόνα 4.1: Γεωγραφικός Χάρτης της Ελλάδας με σημειωμένες τις τοποθεσίες.

Οι Γεωγραφικές Συντεταγμένες των Πάρκων που θα μελετηθούν προς εγκατάσταση είναι:

- **Φραγκοκάστελλο Χανίων**
Γεωγραφικό Μήκος : $35^{\circ} 20'$
Γεωγραφικό Πλάτος : $24^{\circ} 30'$
- **Ξηρολίμνη Κοζάνης**
Γεωγραφικό Μήκος : $40^{\circ} 30'$
Γεωγραφικό Πλάτος : $21^{\circ} 60'$
- **Ομβρυόκαμπος Πάτρας**
Γεωγραφικό Μήκος : $38^{\circ} 47'$
Γεωγραφικό Πλάτος : $22^{\circ} 58'$

Η επιλογή αυτών των τοποθεσιών έγινε βάση του Γεωγραφικού Χάρτη του ΡΑΕ με βάση τα αιολικά πάρκα που βρίσκονται προς αδειοδότηση.

4.2 Αναλυτική παρουσίαση της Εργασίας στο Πρόγραμμα RETScreen βήμα-βήμα



Εικόνα 4.2: Γεωγραφικός Χάρτης του PAE με τις ήδη εγκατεστημένες και προς εγκατάσταση αδειοδοτούμενες περιοχές αιολικών πάρκων.

Παρακάτω ακολουθεί το φύλλο όπως εμφανίζεται στο πρόγραμμα.

Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

Θέση κλιματολογικών δεδομένων: Ελλάδα - Souda Bay (GAFB) | Τοποθεσία εγκατάστασης: Greece - Crete - Sfakia

Λεζάντα

- Τοποθεσία εγκατάστασης
- Θέση κλιματολογικών δεδομένων

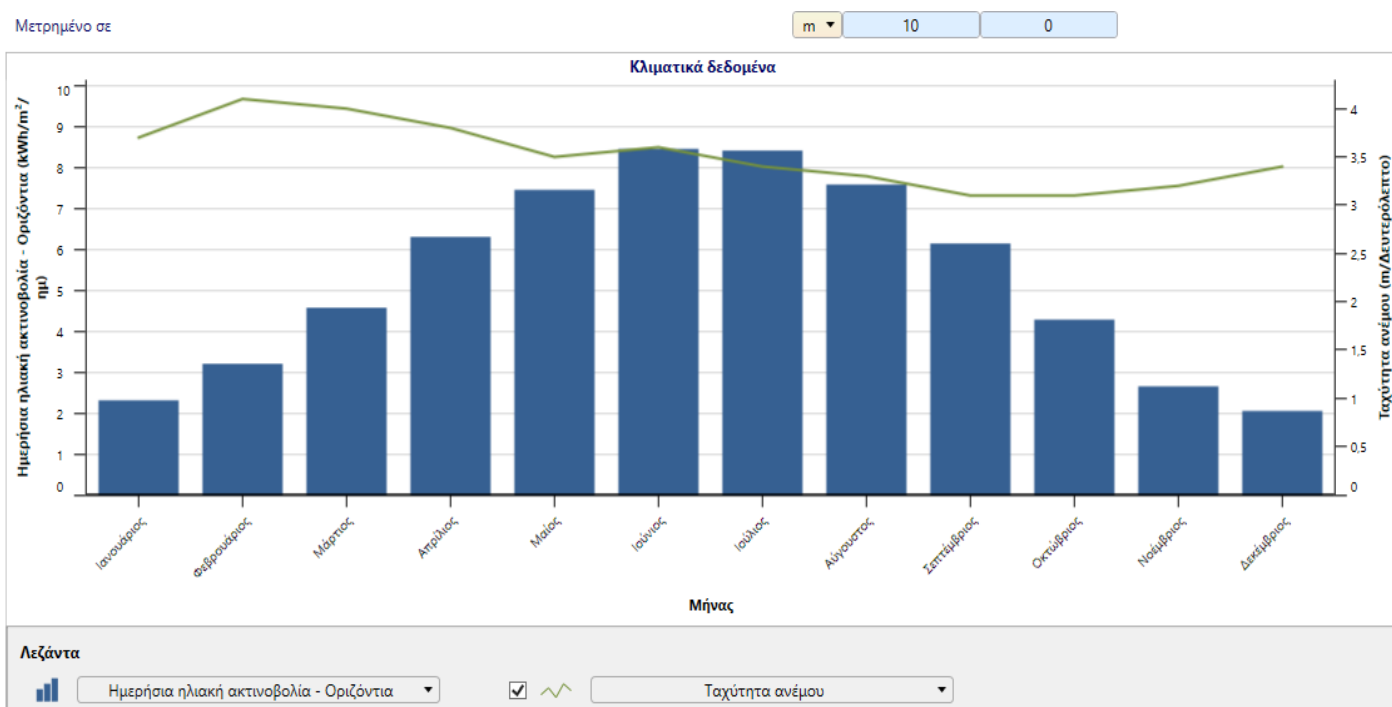
Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Τοποθεσία εγκατάστασης	Πηγή
Γεωγραφικό πλάτος	35,5	35,2	Οριζόμενο από τον χρήστη Εδαφος - Χάρτης Εδαφος Εδαφος NASA
Γεωγραφικό μήκος	24,1	24,3	
Κλιματική ζώνη	3A - Θερμό - Υγρό		
Υψόμετρο	151	507	
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	5,8		
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	32,9		
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	9,3		

Εικόνα 4.3: Καρτέλα Επιλογής Τοποθεσίας Εγκατάστασης Αιολικού Πάρκου και Γεωγραφικά και Κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής στο RETScreen.

Στη συνέχεια εμφανίζονται οι τοπολογικές συνθήκες για το Φραγκοκάστελλο Χανίων. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τις άλλες δύο περιοχές.

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα °C	Σχετική υγρασία %	Κατακρήμνιση mm	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια kWh/m ² /ημ	Ατμοσφαιρική πίεση kPa	Ταχύτητα ανέμου m/Δευτερόλεπτο	Θερμοκρασία εδάφους °C	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης 18 °C °C-ημ	Βαθμο-ημέρες ψύξης 10 °C °C-ημ
Ιανουάριος	11,0	74,3%	90,21	2,31	100,0	3,7	14,1	217	31
Φεβρουάριος	10,8	72,6%	76,16	3,20	99,9	4,1	13,8	202	22
Μάρτιος	12,3	71,0%	54,87	4,57	99,8	4,0	14,6	177	71
Απρίλιος	15,6	66,0%	24,30	6,30	99,6	3,8	16,6	72	168
Μαΐος	19,7	60,8%	14,57	7,45	99,6	3,5	20,1	0	301
Ιούνιος	24,0	53,8%	2,10	8,45	99,5	3,6	24,3	0	420
Ιούλιος	26,2	54,4%	0,93	8,41	99,4	3,4	26,8	0	502
Αύγουστος	25,9	58,3%	2,17	7,58	99,4	3,3	27,2	0	493
Σεπτέμβριος	23,2	63,9%	12,30	6,14	99,7	3,1	25,5	0	396
Οκτώβριος	19,4	69,7%	46,81	4,28	99,9	3,1	22,4	0	291
Νοέμβριος	15,5	73,8%	74,70	2,65	100,0	3,2	18,9	75	165
Δεκέμβριος	12,4	75,5%	95,79	2,05	100,0	3,4	15,8	174	74
Ετήσιο	18,0	66,1%	494,91	5,29	99,7	3,5	20,1	916	2.935
Πηγή	Εδαφος	Εδαφος	NASA	NASA	NASA	Εδαφος	NASA	Εδαφος	Εδαφος
Μετρημένο σε					m	10	0		

Εικόνα 4.4: Συνέχεια της παραπάνω καρτέλας του RET Screen με τις τοπολογικές συνθήκες της Περιοχής της Εγκατάστασης.



Εικόνα 4.5 : Ραβδόγραμμα της παραπάνω καρτέλας με τα Κλιματικά Δεδομένα της Περιοχής της Εγκατάστασης.

Ακολουθεί εικόνα με συμπληρωμένη την καρτέλα της εγκατάστασης και η συνέχεια της στην δεύτερη εικόνα με το διάγραμμα.

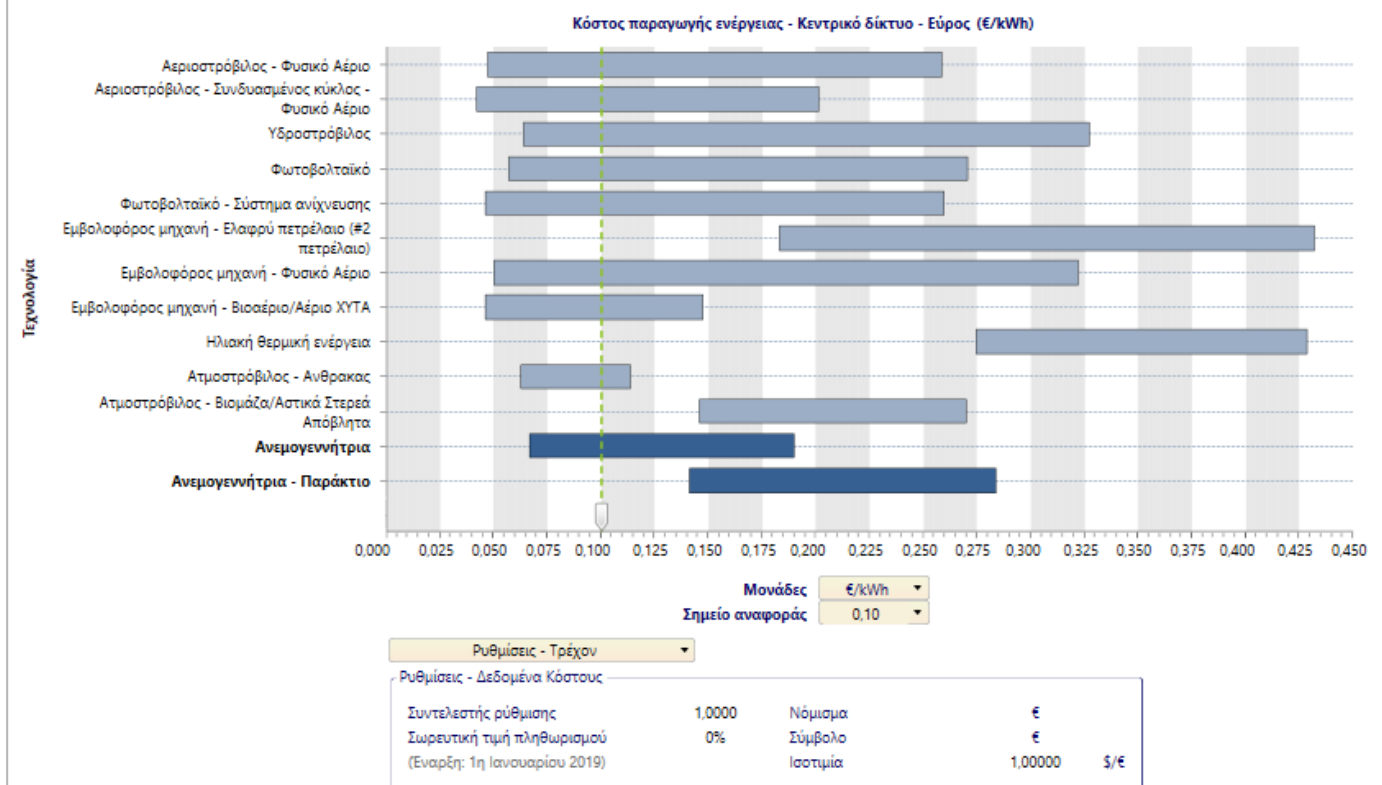
Πληροφορίες για τις εγκαταστάσεις

Τύπος εγκαταστάσεων	Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
Τύπος	Ανεμογεννήτρια
Περιγραφή	Εργαστήριο
Συντάχθηκε για	Ινστιτούτο Εκπαίδευσης RETScreen
Συντάχθηκε από	CanmetENERGY - Varennes
Όνομα εγκατάστασης	Αιολικό Πάρκο Φραγκοκάστελλο Χανίων
Διεύθυνση	Φραγκοκάστελλο
Πόλη/Δήμος	Sfakia
Επαρχία/Νομός	Crete
Χώρα	Ελλάδα



Εικόνα 4.6 : Εισαγωγή των στοιχείων της Εγκατάστασης.

Σημείο αναφοράς - Εργοστάσιο ηλεκτρισμού



Εικόνα 4.7: Διάγραμμα της καρτέλας Ενεργειακό Μοντέλο.

Στη συνέχεια ακολουθεί εικόνα με την Καρτέλα Ενεργειακό Μοντέλο όπου έχει συμπληρωθεί ως καύσιμο ο Άνθρακας γιατί αποτελεί την πλειοψηφία της παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα, η τιμή του η οποία ανέρχεται στα 16,5€/τόνο καθώς και η τιμή της πωλούμενης MWh όπου ανέρχεται στα 87,85€ για συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα (Πάτρα, Κοζάνη) και 99,45€ για μη συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα όπως η Κρήτη.

RETScreen - Ενεργειακό Μοντέλο Συνδρομητής: Technical University of Crete - Educational Use Only

Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας - Εργαστήριο - Ανεμογεννήτρια

Καύσιμα & προγράμματα

Ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμα

Τεχνολογία

Ηλεκτρισμός
Ανεμογεννήτρια

Περίληψη

Να συμπληρωθεί το σύστημα;
Καύσιμα

Καύσιμα

Τύπος Καυσίμου: Ανθρακας

Τιμή Καυσίμου - μονάδα: €/tn

Τιμή Καυσίμου: 16,50

Θερμογόνος Ικανότητα & Τιμή Καυσίμου

Ηλεκτρική ενέργεια

Τύπος: Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού - ετήσιο

Περιγραφή: Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού - ετήσιο

Ρυθμός - μονάδα: €/MWh

Ρυθμός - ετήσιο: 99,45

Εικόνα 4.8: Τμήμα της Καρτέλας Ενεργειακό Μοντέλο όπου εισάγεται η τιμή της MWh καθώς και η τιμή του καυσίμου βάσης της χώρας.

Παρακάτω φαίνεται η καρτέλα Ανεμογεννήτρια στην οποία συμπληρώνεται η μέθοδος εκτίμησης φυσικών πόρων δηλαδή η ταχύτητα του ανέμου και η μέση ταχύτητα του ανέμου ανά περιοχή όπως μετρήθηκε από το Global Wind Atlas, τα μέτρα στα οποία μετρήθηκε η ταχύτητα του ανέμου (100μ που είναι το μέσο ύψος των πυλώνων που χρησιμοποιούμε για τις δοκιμές μας), ο εκθέτης παραμόρφωσης όπου αλλάζει από 0,13 σε 0,25, η θερμοκρασία του αέρα καθώς και η ατμοσφαιρική πίεση όπως έχουν υπολογιστεί από το πρόγραμμα RETScreen (στην δεξιά πλευρά των κελιών), στοιχεία τα οποία διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή.

Στο δεύτερο τμήμα των Κελιών αναφέρονται οι πληροφορίες ανάλογα με τον τύπο της μηχανής που θα χρησιμοποιηθεί για την μελέτη του Πάρκου. Στο παράδειγμα που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα είναι ανεμογεννήτρια μάρκας τύπου NORDEX N80-105m ύψος πυλώνα ισχύος 2,5MW όπου για να εγκατασταθεί πάρκο 10MW πρέπει να τοποθετηθούν 4 μηχανές. Η διάμετρος του ρότορα είναι 80m η επιφάνεια σάρωσής του είναι $5026,55\text{m}^2$, στοιχεία που συμπληρώνονται από το πρόγραμμα.

Οι Τύποι των Ανεμογεννητριών που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- VESTAS V66-2MW-60m
- VESTAS V80-2MW-60m
- VESTAS V82-1,65MW-78m
- VESTAS V90-2MW-105m
- VESTAS V80-1,8MW-78m
- ENERCON 70-113m
- ENERCON - 82 - 108m
- ENERCON - 101 - 99m
- NORDEX N50 - 70m
- NORDEX N60 - 120m
- NORDEX N80 - 105m
- NORDEX N90 - 100m
- NORDEX S77 - 111.5m

Αιολικό - Επίπεδο 2

Αξιολόγηση πηγών

Μέθοδος (εκτίμησης) φυσικών πόρων

Ταχύτητα ανέμου - ετήσια

Μετρημένο σε

Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου

Θερμοκρασία αέρα - ετήσια

Ατμοσφαιρική πίεση - ετήσια

	Ταχύτητα ανέμου
m/Δευτερόλεπτο	10,3
m	100
	0,25
°C	18
kPa	99,7



Κλιματικά δεδομένα

Ελλάδα - Souda Bay (GAFB)

3,5

10

18

99,7

Ανεμογεννήτρια

Ισχύς ανά στρόβιλο

Κατασκευαστής

Μοντέλο

Αριθμός στρόβιλων

Ηλεκτρική ισχύς

Υψος πυλώνων

Διάμετρος ρότορα ανά στρόβιλο

Επιφάνεια σάρωσης ανά στρόβιλο

Καμπύλες ενεργειακών δεδομένων

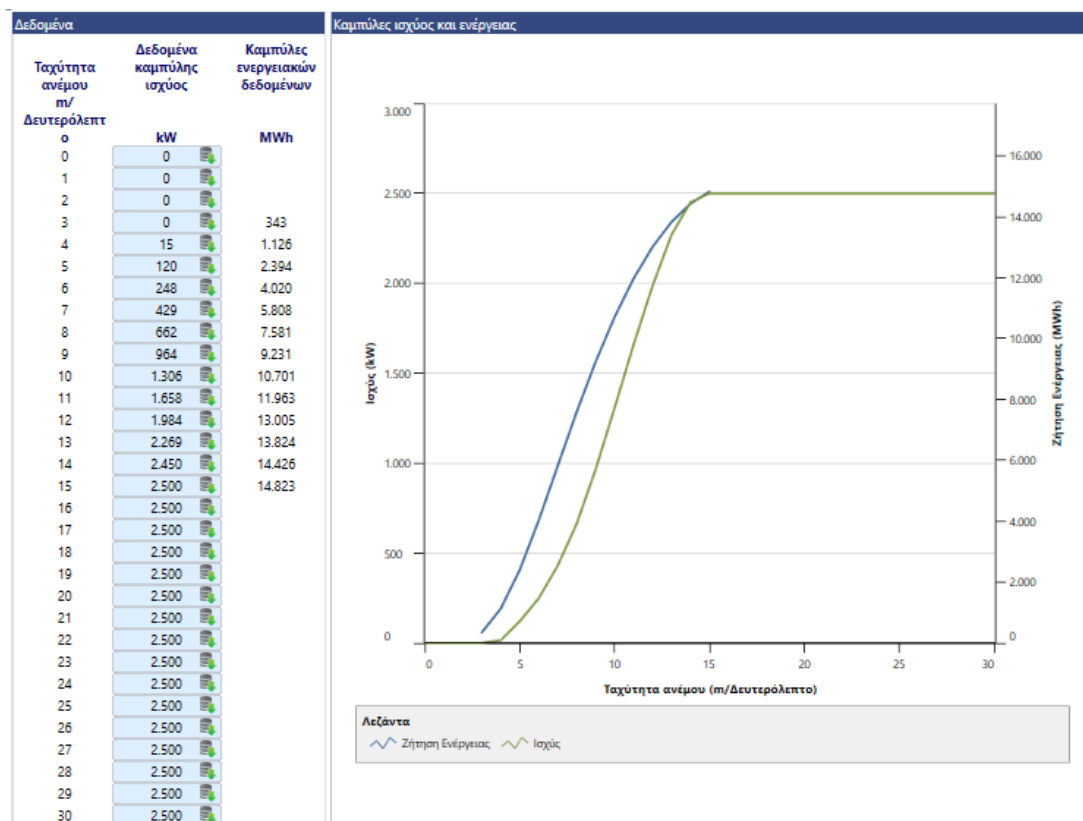
Παράγων σχήματος

MW	2,5
	Nordex
	NORDEX N80 - 105m
	4
MW	10
m	105
m	80
m ²	5.026,55
	Τυποποιημένο
	2

10,4 m/Δευτερόλεπτο

Εικόνα 4.9: Καρτέλα Ανεμογεννήτρια του προγράμματος RET Screen όπου εισάγονται τα δεδομένα της εγκατάστασης.

Παρακάτω φαίνεται συνέχεια της από πάνω καρτέλας όπου παρουσιάζεται ένα διάγραμμα που δείχνει πόση ισχύ παράγει κάθε ανεμογεννήτρια του τύπου που αναφερόμαστε σε κάθε διαφορετική τιμή της έντασης του ανέμου.



Εικόνα 4.10 : Πίνακας Δεδομένων και Καμπύλη Ισχύος και Ενέργειας της Καρτέλας Ανεμογεννήτρια.

Στη συνέχεια συμπληρώνονται οι απώλειες οι οποίες είναι υπολογισμένες και τις θεωρούμε ίδιες για κάθε τύπο ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούμε στο λογισμικό μας. Φαίνεται ο συντελεστής ισχύος της κάθε ανεμογεννήτριας και συμπληρώνουμε το κόστος εγκατάστασης και το κόστος συντήρησης ανά KWh για τρεις διαφορετικές τιμές του καθενός. Δηλαδή ελέγχω για κόστος εγκατάστασης 1500,2000,2500 €/KWh και κόστος συντήρησης 60,70,80 €/KWh. Και παρουσιάζονται οι παραγόμενες MWh του πάρκου καθώς και τα έσοδα από την πώλησή τους.

Απώλειες		
Απώλειες διάταξης	%	8%
Απώλειες πτερυγίου	%	2%
Λοιπές απώλειες	%	2%
Διαθεσιμότητα	%	90%
Περίληψη		
Συντελεστής ισχύος	%	39,8%
Αρχικά κόστη	€/kW	2.500 \$
	€	25.000.000
Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€/kW-έτος	60 \$
	€	600.000
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού - ετήσι	
	€/MWh	99,45
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	34.822
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€	3.462.999

Εικόνα 4.11: Πίνακας απωλειών και Προβολή των Αποτελεσμάτων της Εγκατάστασης προς μελέτη στην καρτέλα Ανεμογεννήτρια.

Οι απώλειες αναλύονται:

- Απώλειες διάταξης, οι οποίες έχουν να κάνουν με την τοποθέτηση της κάθε μίας ανεμογεννήτριας σε σχέση με τις άλλες και αν «σκιάζει» η μία την άλλη. Η έννοια της «σκιάς» έχει να κάνει με τον όμορου της ανεμογεννήτριας, δηλαδή το χαμηλότερης ποιότητας και αξίας ρεύμα που αφήνει πίσω της αφού πρώτα το έχει εκμεταλλευτεί περιστρέφοντας το ρότορα, και αν αυτό το ρεύμα αέρα – όντας υποβαθμισμένο – αποτελεί είσοδο για κάποια άλλη ανεμογεννήτρια η οποία αναγκαστικά θα παράγει μειωμένη ενέργεια. Στην παρούσα μελέτη εφικτότητας εκλέγεται ως συντελεστής απωλειών διάταξης 8% .
 - Απώλειες πτερυγίων, μέγεθος που έχει να κάνει με τον συντελεστή απόδοσης του συγκεκριμένου πτερυγίου (κανένα δεν είναι σχεδιασμένο να αποδίδει 100% παρόλα αυτά τα χρησιμοποιούμενα πτερύγια είναι βελτιστοποιημένα πλήρως και με την αρωγό σε αυτό της υπολογιστικής ρευστομηχανικής, Computational Fluid Dynamics). Εκλέγεται ως 2%.
 - Λοιπές απώλειες, είναι οτιδήποτε άλλο έχει να κάνει με μείωση του εκμεταλλεύσιμου δυναμικού ή δυσλειτουργία της εγκατάστασης. Εκλέγεται 2%
- Διαθεσιμότητα, είναι οι ώρες της εν δυνάμει λειτουργίας της ανεμογεννήτριας προς το σύνολο των ωρών. Στην προκειμένη περίπτωση των ωρών ενός έτους (8760 ώρες). Στο συγκεκριμένο πεδίο επιλέγεται διαθεσιμότητα 90%, σχετικά υψηλή, και ο λόγος είναι ότι οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες τελευταίας γενιάς διαθέτουν συστήματα εκκίνησης και διατήρησης της κεκτημένης ταχύτητας του ρότορα λόγω χρησιμοποίησης υψηλών προδιαγραφών συστημάτων αυτομάτου
- Τα δεδομένα από αυτή τη διαδικασία λοιπόν, εκχωρούνται σε φύλλα excel για κάθε τοποθεσία και κάθε τύπο ανεμογεννήτριας ξεχωριστά ανάλογα με τις παραμέτρους που έχουν χρησιμοποιηθεί για να κάνουμε τις απαραίτητες συγκρίσεις.

4.3 Για την περιοχή των Χανίων-Θέση Φραγκοκάστελλο



Εικόνα 4.3.1: Χάρτης από το site www.rae.gr για την περιοχή των Χανίων.

Γενική Περιγραφή Έργου

Η Επιλογή της μίας από τις τρεις προς μελέτη περιοχές να είναι η Κρήτη δεν ήταν τυχαία καθώς θέλαμε μια περιοχή κοντά στο Πολυτεχνείο. Με βάση τον Χάρτη του ΡΑΕ επέλεξα την περιοχή του Φραγκοκάστελλο καθώς εκεί υπάρχει αδειοδοτούμενο μέρος για εγκατάσταση αιολικού πάρκου με πολύ θετικά στοιχεία ως προς την ταχύτητα του ανέμου. Επίσης αυτήν την περίοδο πραγματοποιείται το έργο της Διασύνδεσης της Κρήτης με την ηπειρωτική Ελλάδα, πράγμα το οποίο θα αυξήσει την παραγωγή ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και ειδικά από ανεμογεννήτριες καθώς στην περιοχή υπάρχει πολύ καλό αιολικό δυναμικό. Το Πάρκο που μελετάται είναι ισχύος 10MW. Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής και στη συνέχεια τα αποτελέσματα από τη μελέτη 5 από τους τύπους ανεμογεννητριών με την καλύτερη απόδοση.

Γεωγραφικό πλάτος		35,5	35,2
Γεωγραφικό μήκος		24,1	24,3
Κλιματική ζώνη		3Α - Θερμό - Υγρό	
Υψόμετρο	m	151	507
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	5,8	
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	32,9	
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	9,3	

Εικόνα 4.3.2 : Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Μέθοδος (εκτίμησης) φυσικών πόρων

Ταχύτητα ανέμου - ετήσια

Μετρημένο σε

Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου

Θερμοκρασία αέρα - ετήσια

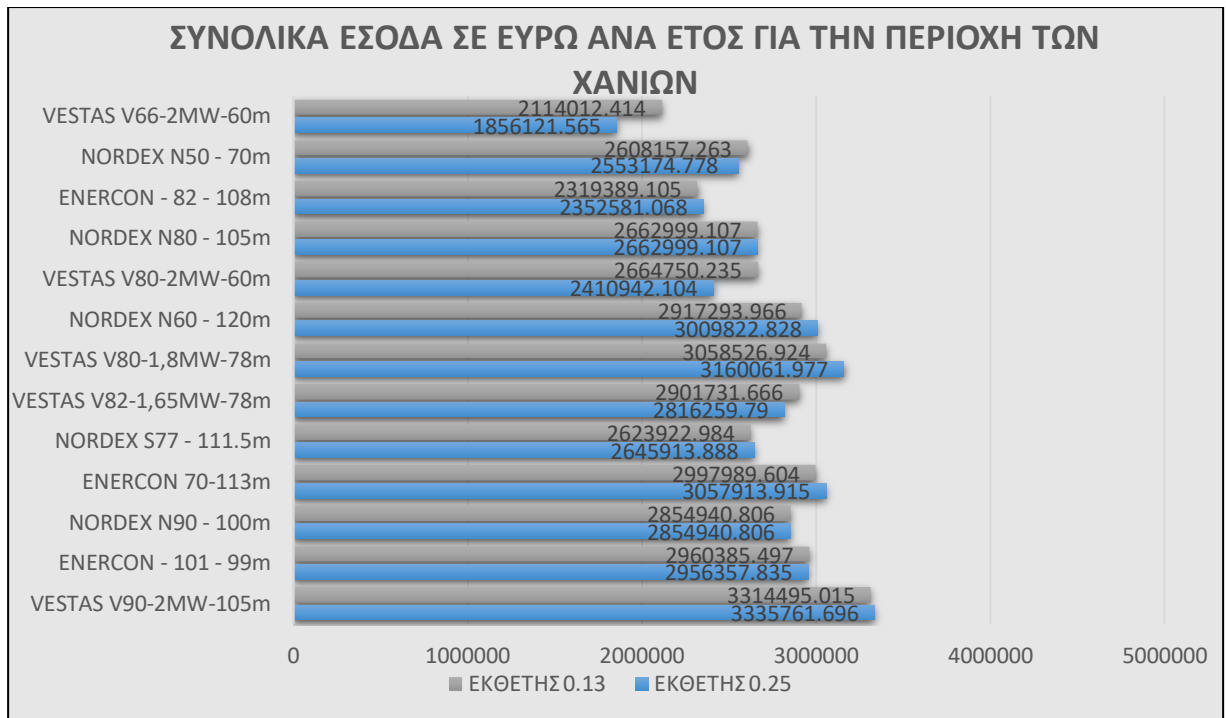
Ατμοσφαιρική πίεση - ετήσια

	Ταχύτητα ανέμου
m/Δευτερόλεπτο	10,3
m	100
	0,25
°C	18
kPa	99,7

Εικόνα 4.3.3 :Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΜΟΝΤΕΛΟ	ΕΚΘΕΤΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (%)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ (MWh)	ΛΟΓΟΣ MWh/ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ
VESTAS	V90-2MW-105m	0,25	10	47,47	41586,34	4158,63
VESTAS	V90-2MW-105m	0,13	10	47,23	41372,5	4137,25
ENERCON	ENERCON - 101 - 99m	0,25	9	46,94	37007,4	4111,93
ENERCON	ENERCON - 101 - 99m	0,13	9	46,89	36966,9	4107,43
NORDEX	NORDEX N90 - 100m	0,13	9,2	45,586	36108	3924,78
NORDEX	NORDEX N90 - 100m	0,25	9,2	44,8035	36108	3924,78
ENERCON	ENERCON 70-113m	0,25	10	44,2837	38792,5	3879,25
ENERCON	ENERCON 70-113m	0,13	10	43,5958	38189,94	3818,99
NORDEX	NORDEX S77 - 111.5m	0,25	9	42,9291	33845,29	3760,59
VESTAS	V82-1,65MW-78m	0,13	9,9	42,8274	37141,6	3751,68
VESTAS	V80-1,8MW-78m	0,25	10,8	42,7693	40463,17	3746,59
NORDEX	NORDEX S77 - 111.5m	0,13	9	42,6486	33624,16	3736,02
NORDEX	NORDEX N60 - 120m	0,25	10,4	42,4029	38630,7	3714,49
VESTAS	V82-1,65MW-78m	0,25	9,9	41,8363	36282,15	3664,86
NORDEX	NORDEX N60 - 120m	0,13	10,4	41,3816	37700,29	3625,03
VESTAS	V80-2MW-60m	0,13	10	39,7707	34839,12	3483,91
NORDEX	NORDEX N80 - 105m	0,13	10	39,7506	34821,51	3482,15
NORDEX	NORDEX N80 - 105m	0,25	10	39,7506	34821,51	3482,15
NORDEX	NORDEX N50 - 70m	0,13	10,4	39,4603	35949,9	3456,72
ENERCON	ENERCON - 82 - 108m	0,25	9	39,1879	30895,74	3432,86
ENERCON	ENERCON - 82 - 108m	0,25	9	38,7646	30561,98	3395,78
NORDEX	NORDEX N50 - 70m	0,25	10,4	37,3628	34038,96	3272,98
VESTAS	V80-2MW-60m	0,25	10	36,8573	32286,99	3228,70
VESTAS	V66-2MW-60m	0,13	10	28	29301,28	2930,13
VESTAS	V66-2MW-60m	0,25	10	30,5	26708,11	2670,81
VESTAS	V80-1.8MW-78m	0,13	10.8	44,2123	26695,27	2471,78



Διάγραμμα 4.3.1: Απεικόνιση Συνολικών Εσόδων σε Ευρώ Ανά Έτος για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου 0.13 και 0.25



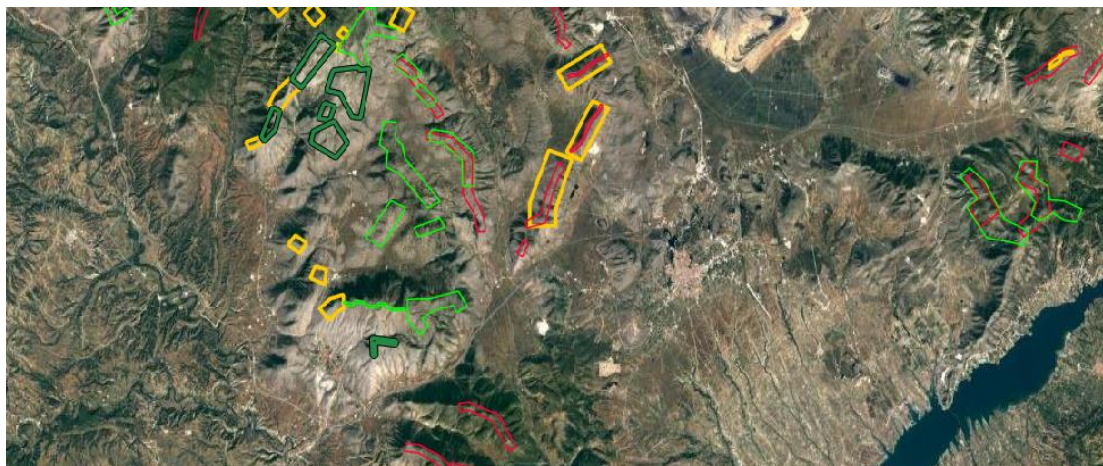
Διάγραμμα 4.3.2 : Απεικόνιση Συνολικής Ισχύος Ανά MW για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου 0.13 και 0.25.

Μετά από τη μελέτη που έγινε για την περιοχή του Φραγγοκάστελου για την εγκατάσταση ενός πάρκου 10 MW παρατηρούμε με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα ότι η πιο αποδοτική επιλογή είναι η εγκατάσταση 5 ανεμογεννητριών μάρκας VESTAS και τύπου V90-2MW-105m. Οι τιμές που παρουσιάζονται παραπάνω είναι για εκθέτη παραμόρφωσης ανέμου 0,25. Έγινε δοκιμή και για εκθέτη παραμόρφωσης ανέμου 0,13 και συμπεραίνουμε βάση αποτελεσμάτων ότι το αιολικό πάρκο είναι πιο παραγωγικό όταν ο συντελεστής παραμόρφωσης ανέμου είναι 0,25 από ότι όταν είναι 0,13 με βάση την αποδοτικότητά του. Επομένως επιλέγεται η εγκατάσταση αυτού του αιολικού πάρκου καθώς έχει και την μεγαλύτερη οικονομική απόδοση ανά έτος σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους ανεμογεννητριών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του αιολικού πάρκου που προτείνεται προς εγκατάσταση στην περιοχή αυτή.

Κατασκευαστής	VESTAS
Μοντέλο	V90
Ηλεκτρική ισχύς ανεμογεννήτριας	2 MW
Αριθμός Στροβίλων	5
Ηλεκτρική Ισχύς	10 MW
Ύψος Πυλώνα	105 m
Διάμετρος Ρότορα	90 m
Συντελεστής Ισχύος	33,83 %
Εκθέτης Παραμόρφωσης Ανέμου	0,25
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	41586,34 MWh
Λόγος παραγόμενης προς συνολική ισχύ	4158,63
Συνολικά Έσοδα/Έτος	3335761,7 €

Πίνακας 4.3.1 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή Φραγγοκάστελλο Χανίων.

4.4 Για την περιοχή της Κοζάνης - Θέση Ξηρολίμνη



Εικόνα 4.4.1 : Ο Χάρτης από το site www.rae.gr για την περιοχή Της Κοζάνης.

Γενική περιγραφή του έργου

Η επιλογή μας η μία από τις τρεις πόλεις που μελετάμε να είναι η Κοζάνη επίσης δεν ήταν τυχαία καθώς η Κοζάνη καθώς εκεί είναι εγκατεστημένη η πλειοψηφία των συμβατικών (λιγνιτικών) σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού που σιγά σιγά τείνουν να αντικατασταθούν από καθαρές πηγές ενέργειας. Γι' αυτό το λόγο υπάρχει μεγάλη δυνατότητα διασύνδεσης με το δίκτυο καθώς η περιοχή που έχει επιλεγεί είναι αδειοδοτημένη για εγκατάσταση αιολικού πάρκου με βάση τον χάρτη του ΠΑΕ.

Γεωγραφικό πλάτος		40,3	40,3
Γεωγραφικό μήκος		21,8	21,6
Κλιματική ζώνη		4A - Μικτό - Υγρό	
Υψόμετρο	m	764	1309
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	-4,0	
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	28,5	
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	22,0	

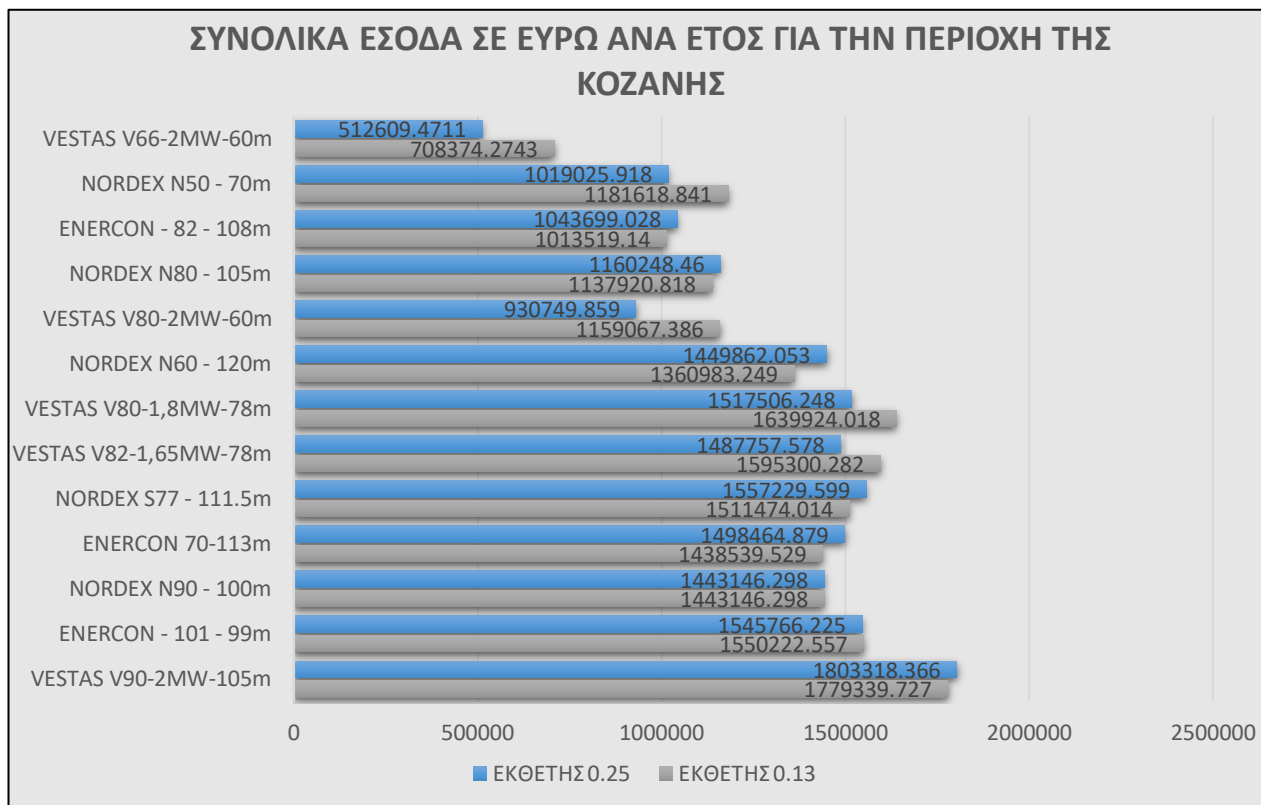
Εικόνα 4.4.2 : Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Μέθοδος (εκτίμησης) φυσικών πόρων		Ταχύτητα ανέμου
Ταχύτητα ανέμου - ετήσια	m/Δευτερόλεπτο	7,55
Μετρημένο σε	m	100
Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου		0,25
Θερμοκρασία αέρα - ετήσια	°C	11,8
Ατμοσφαιρική πίεση - ετήσια	kPa	92,8

Εικόνα 4.4.3 : Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΜΟΝΤΕΛΟ	ΕΚΘΕΤΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (%)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ (MWh)	ΛΟΓΟΣ MWh/ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ
VESTAS	V90-2MW-105m	0,25	33,83	29633,68	2963,37
VESTAS	V90-2MW-105m	0,13	33,52	29360,73	2936,07
NORDEX	NORDEX S77 - 111.5m	0,25	32,88	25921,79	2880,2
ENERCON	ENERCON - 101 - 99m	0,13	32,78	25842,03	2871,34
ENERCON	ENERCON - 101 - 99m	0,25	32,71	25791,31	2865,7
NORDEX	NORDEX S77 - 111.5m	0,13	32,22	25400,96	2822,33
VESTAS	V82-1,65MW-78m	0,13	31,33	27174,73	2744,92
NORDEX	NORDEX N90 - 100m	0,13	30,78	24805,31	2696,23
NORDEX	NORDEX N90 - 100m	0,25	30,78	24805,31	2696,23
VESTAS	V80-1,8MW-78m	0,13	30,13	28502,27	2639,1
VESTAS	V82-1,65MW-78m	0,25	29,92	25950,57	2621,27
ENERCON	ENERCON 70-113m	0,25	29,87	26163,52	2616,35
ENERCON	ENERCON 70-113m	0,13	29,09	25481,38	2548,14
VESTAS	V80-1,8MW-78m	0,25	28,65	27108,78	2510,07
NORDEX	NORDEX N60 - 120m	0,25	28,51	25974,53	2497,55
NORDEX	NORDEX N60 - 120m	0,13	27,4	24962,81	2400,27
NORDEX	NORDEX N80 - 105m	0,25	25,47	22313,59	2231,36
ENERCON	ENERCON - 82 - 108m	0,25	25,46	20076,26	2230,7
VESTAS	V80-2MW-60m	0,13	25,46	22300,14	2230,01
NORDEX	NORDEX N80 - 105m	0,13	25,18	22059,43	2205,94
NORDEX	NORDEX N50 - 70m	0,13	25,16	22921,1	2203,95
ENERCON	ENERCON - 82 - 108m	0,13	25,03	19732,72	2192,52
NORDEX	NORDEX N50 - 70m	0,25	23,13	21070,3	2025,99
VESTAS	V80-2MW-60m	0,25	22,49	19701,19	1970,11
VESTAS	V66-2MW-60m	0,13	19,6	17169,88	1716,98
VESTAS	V66-2MW-60m	0,25	17,06	14941,49	1494,15



Διάγραμμα 4.4.1: Απεικόνιση Συνολικών Εσόδων σε Ευρώ Ανά Έτος για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου 0.13 και 0.25.



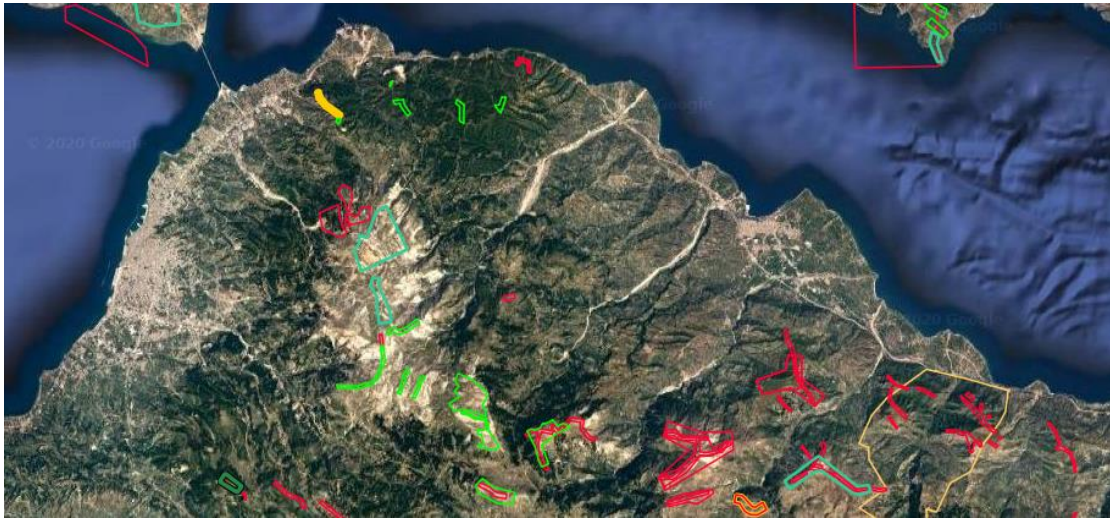
Διάγραμμα 4.4.2 : Απεικόνιση Συνολικής Ισχύος Ανά MW για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου 0.13 και 0.25.

Μετά από τη μελέτη που έγινε για την περιοχή της Ξηρολίμνης για την εγκατάσταση ενός πάρκου 10 MW παρατηρούμε με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα ότι η πιο αποδοτική επιλογή είναι η εγκατάσταση 5 ανεμογεννητριών μάρκας VESTAS και τύπου V90-2MW-105m. Οι τιμές που παρουσιάζονται παραπάνω είναι για εκθέτη παραμόρφωσης ανέμου 0,25. Έγινε δοκιμή και για εκθέτη παραμόρφωσης ανέμου 0,13 και συμπεραίνουμε βάση αποτελεσμάτων ότι το αιολικό πάρκο είναι πιο παραγωγικό όταν ο συντελεστής παραμόρφωσης ανέμου είναι 0,25 από ότι όταν είναι 0,13 με βάση την αποδοτικότητά του. Επομένως επιλέγεται η εγκατάσταση αυτού του αιολικού πάρκου καθώς έχει και την μεγαλύτερη οικονομική απόδοση ανά έτος σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους ανεμογεννητριών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του αιολικού πάρκου που προτείνεται προς εγκατάσταση στην περιοχή αυτή.

Κατασκευαστής	VESTAS
Μοντέλο	V90
Ηλεκτρική ισχύς ανεμογεννήτριας	2 MW
Αριθμός Στροβίλων	5
Ηλεκτρική Ισχύς	10 MW
Ύψος Πυλώνα	105 m
Διάμετρος Ρότορα	90 m
Συντελεστής Ισχύος	33,83%
Εκθέτης Παραμόρφωσης Ανέμου	0,25
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	29633,68 MWh
Λόγος παραγόμενης προς συνολική ισχύ	2963,37
Συνολικά Έσοδα/Έτος	1803318,37 €

Πίνακας 4.4.1 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή Ξηρολίμνη Κοζάνης.

4.5 Για την Περιοχή της Πάτρας- Θέση Ομβρυόκαμπος



Εικόνα 4.5.1 : Ο Χάρτης από το site www.rae.gr για την περιοχή Της Κοζάνης.

Γενική περιγραφή του έργου

Η επιλογή μας να είναι η περιοχή της Πάτρας η Τρίτη πόλη που θα μελετηθεί για εγκατάσταση αιολικού πάρκου ισχύος 10MW δεν έγινε τυχαία καθώς η Πάτρα είναι μία πόλη στο μέσο της χώρας. Έτσι λοιπόν θα μπορούμε να μελετήσουμε το αιολικό δυναμικό της και εάν συμφέρει μία τέτοια εγκατάσταση στη περιοχή αυτή.

	Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Τοποθεσία εγκατάστασης
Γεωγραφικό πλάτος		38,2	38,2
Γεωγραφικό μήκος		21,4	21,9
Κλιματική ζώνη		3Α - Θερμό - Υγρό	
Υψόμετρο	m	12	1463
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	2,9	
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	33,1	
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	22,0	

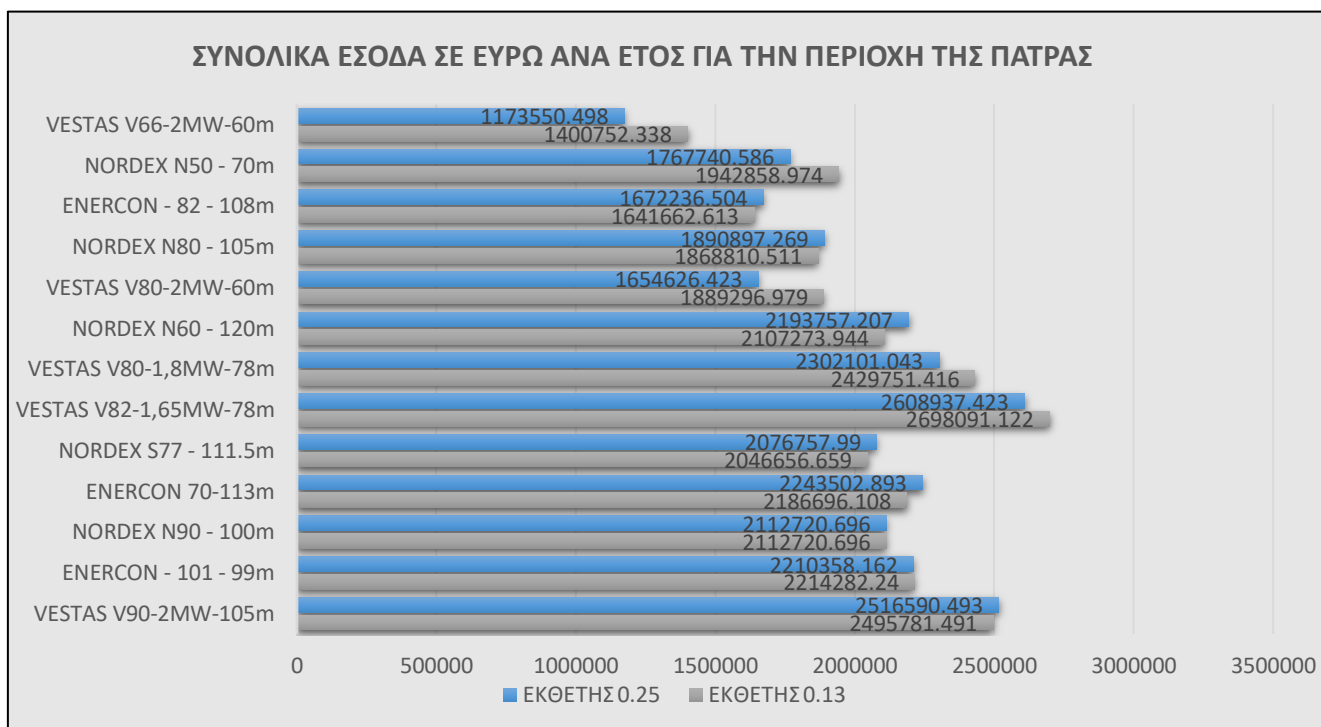
Εικόνα 4.5.2 : Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Μέθοδος (εκτίμησης) φυσικών πόρων		Ταχύτητα ανέμου
Ταχύτητα ανέμου - ετήσια	m/Δευτερόλεπτο	9,3
Μετρημένο σε	m	100
Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου		0,25
Θερμοκρασία αέρα - ετήσια	°C	17,5
Ατμοσφαιρική πίεση - ετήσια	kPa	100

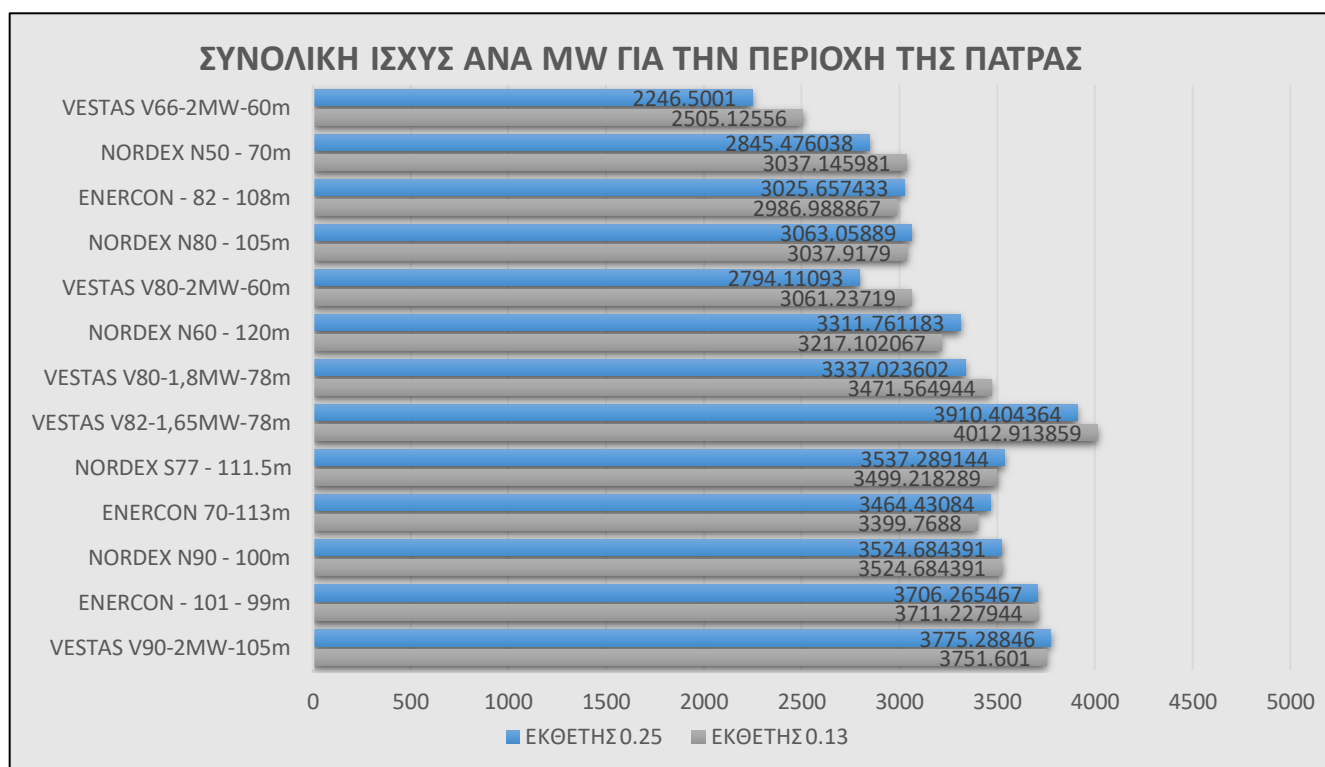
Εικόνα 4.5.3 : Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ
ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΜΟΝΤΕΛΟ	ΕΚΘΕΤΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (%)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ (MWh)	ΛΟΓΟΣ MWh/ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ
VESTAS	V82-1,65MW-78m	0,13	9,9	45,81	39727,85	4012,91
VESTAS	V82-1,65MW-78m	0,25	9,9	44,64	38713	3910,4
VESTAS	V90-2MW-105m	0,25	10	43,1	37752,89	3775,29
VESTAS	V90-2MW-105m	0,13	10	42,83	37516,01	3751,6
ENERCON	ENERCON - 101 - 99m	0,13	9	42,37	33401,05	3711,23
ENERCON	ENERCON - 101 - 99m	0,25	9	42,31	33356,39	3706,27
NORDEX	NORDEX S77 - 111.5m	0,25	9	40,38	31835,6	3537,29
NORDEX	NORDEX N90 - 100m	0,13	9,2	40,24	32427,1	3524,68
NORDEX	NORDEX N90 - 100m	0,25	9,2	40,24	32427,1	3524,68
NORDEX	NORDEX S77 - 111.5m	0,13	9	39,95	31492,96	3499,22
VESTAS	V80-1,8MW-78m	0,13	10,8	39,63	37492,9	3471,56
ENERCON	ENERCON 70-113m	0,25	10	39,55	34644,31	3464,43
ENERCON	ENERCON 70-113m	0,13	10	38,81	33997,69	3399,77
VESTAS	V80-1,8MW-78m	0,25	10,8	38,09	36039,85	3337,02
NORDEX	NORDEX N60 - 120m	0,25	10,4	37,81	34442,31	3311,76
NORDEX	NORDEX N60 - 120m	0,13	10,4	36,72	33457,86	3217,1
NORDEX	NORDEX N80 - 105m	0,25	10	34,97	30630,59	3063,6
VESTAS	V80-2MW-60m	0,13	10	34,95	30612,37	3061,24
NORDEX	NORDEX N80 - 105m	0,13	10	34,68	30379,18	3037,92
NORDEX	NORDEX N50 - 70m	0,13	10,4	34,67	31586,32	3037,15
ENERCON	ENERCON - 82 - 108m	0,25	9	34,54	27230,92	3025,66
ENERCON	ENERCON - 82 - 108m	0,13	9	34,1	26882,9	2986,99
NORDEX	NORDEX N50 - 70m	0,25	10,4	32,48	29592,95	2845,48
VESTAS	V80-2MW-60m	0,25	10	31,9	27941,11	2794,11
VESTAS	V66-2MW-60m	0,13	10	28,6	25051,26	2505,13
VESTAS	V66-2MW-60m	0,25	10	25,65	22465	2246,5



Διάγραμμα 4.5.1: Απεικόνιση Συνολικών Εσόδων σε Ευρώ Ανά Έτος για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου 0.13 και 0.25.



Διάγραμμα 4.5.2 : Απεικόνιση Συνολικής Ισχύος Ανά MW για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου 0.13 και 0.25.

Μετά από τη μελέτη που έγινε για την περιοχή του Ομβρυόκαμπου στην Πάτρα για την εγκατάσταση ενός πάρκου 10 MW παρατηρούμε με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα ότι η πιο αποδοτική επιλογή είναι η εγκατάσταση 5 ανεμογεννητριών μάρκας VESTAS και τύπου V82-1,65MW-78m. Οι τιμές που παρουσιάζονται παραπάνω είναι για εκθέτη παραμόρφωσης ανέμου 0,13. Έγινε δοκιμή και για εκθέτη παραμόρφωσης ανέμου 0,13 και συμπεραίνουμε βάση αποτελεσμάτων ότι το αιολικό πάρκο είναι πιο παραγωγικό όταν ο συντελεστής παραμόρφωσης ανέμου είναι 0,25 από ότι όταν είναι 0,13 με βάση την αποδοτικότητά του. Επομένως επιλέγεται η εγκατάσταση αυτού του αιολικού πάρκου καθώς έχει και την μεγαλύτερη οικονομική απόδοση ανά έτος σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους ανεμογεννητριών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του αιολικού πάρκου που προτείνεται προς εγκατάσταση στην περιοχή αυτή.

Κατασκευαστής	VESTAS
Μοντέλο	V82
Ηλεκτρική ισχύς ανεμογεννήτριας	1,65 MW
Αριθμός Στροβίλων	5
Ηλεκτρική Ισχύς	9,9 MW
Ύψος Πυλώνα	78 m
Διάμετρος Ρότορα	82 m
Συντελεστής Ισχύος	45,81%
Εκθέτης Παραμόρφωσης Ανέμου	0,13
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	39727,85 MWh
Λόγος παραγόμενης προς συνολική ισχύ	4012,91
Συνολικά Έσοδα/Έτος	2698091,12€

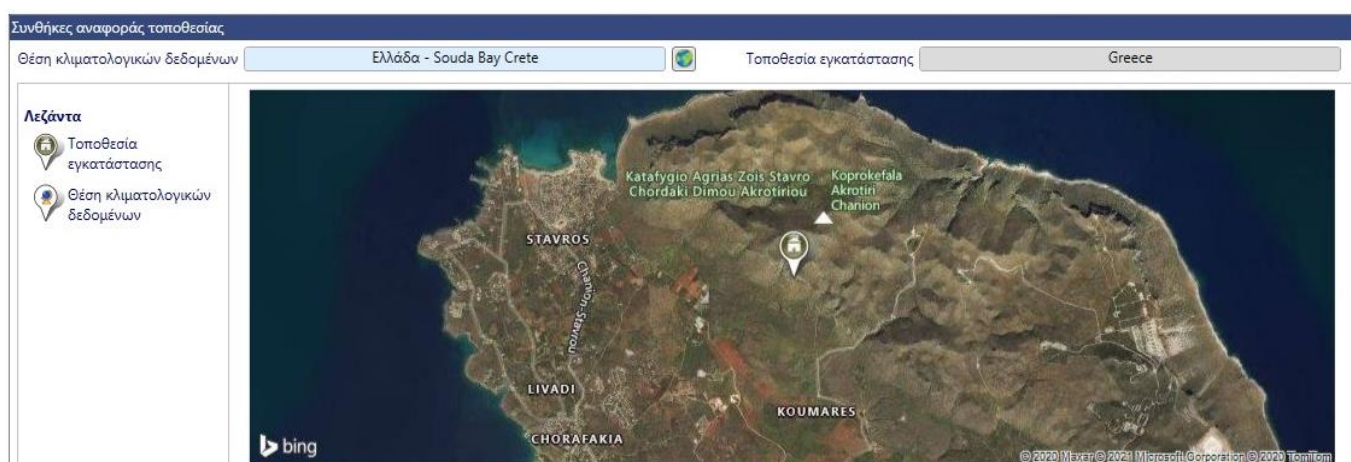
Πίνακας 4.5.1 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή Ομβρυόκαμπος Πάτρας.

4.6 Σύγκριση Αποτελεσμάτων με αλλαγή τοποθεσίας εγκατάστασης στον ίδιο νομό.

Για να ελεγχθεί η ορθότητα της μελέτης των αιολικών πάρκων που πραγματοποιήθηκε έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι σωστά θα γίνει αλλαγή της τοποθεσίας σε κοντινό σημείο με περίπου ίδιες ριπές ανέμου και διαφορετικό υψόμετρο. Έτσι μπορεί να αποδειχθεί ότι η επιλογή μιας τοποθεσίας για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου δεν εξαρτάται μόνο από την μέση ταχύτητα ανέμου της περιοχής.

➤ Για την Περιοχή του Νομού Χανίων

Για τον νομό Χανίων επιλέχθηκε η εναλλακτική τοποθεσία μελέτης εγκατάστασης του αιολικού πάρκου να είναι η περιοχή του Ακρωτηρίου. Αυτή η περιοχή επιλέχθηκε καθώς σύμφωνα με τον χάρτη του Global Atlas Wind επειδή είχε αρκετά καλή ταχύτητα ανέμου για ένα αιολικό πάρκο καθώς και επειδή βρίσκεται κοντά στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Παρακάτω φαίνεται χάρτης με την τοποθεσία και πίνακες με τα γεωγραφικά και κλιματικά δεδομένα της περιοχής.



Εικόνα 4.6.1: Χάρτης από το λογισμικό RETScreen από την περιοχή της νέας εγκατάστασης στην περιοχή Ακρωτήρι του Νομού Χανίων.

	Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Τοποθεσία εγκατάστασης
Γεωγραφικό πλάτος		35,5	35,6
Γεωγραφικό μήκος		24,1	24,1
Κλιματική ζώνη		3A - Θερμό - Υγρό	
Υψόμετρο	m	146	246
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	5,8	
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	33,1	
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	9,3	

Εικόνα 4.6.2: Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Μέθοδος (εκτίμησης) φυσικών πόρων		Ταχύτητα ανέμου ▼
Ταχύτητα ανέμου - ετήσια	m/Δευτερόλεπτο ▼	7
Μετρημένο σε	m ▼	100
Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου		0,25
Θερμοκρασία αέρα - ετήσια	°C ▼	18,2
Ατμοσφαιρική πίεση - ετήσια	kPa ▼	101

Εικόνα 4.6.3 : Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

Η δοκιμή στην περιοχή του Ακρωτηρίου έγινε με τον τύπο της ανεμογεννήτριας που ήταν αποδοτικότερος στην περιοχή του Φραγγοκάστελου, δηλαδή ένα αιολικό πάρκο με 5 ανεμογεννήτριες μάρκας VESTAS και τύπου V90-2MW-105m με εκθέτη παραμόρφωσης ανέμου 0.25. Τα αποτελέσματα της δοκιμής της μελέτης της εγκατάστασης αυτής παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Κατασκευαστής	VESTAS
Μοντέλο	V90
Ηλεκτρική ισχύς ανεμογεννήτριας	2 MW
Αριθμός Στροβίλων	5
Ηλεκτρική Ισχύς	10 MW
Ύψος Πυλώνα	105 m
Διάμετρος Ρότορα	90 m
Συντελεστής Ισχύος	29,2%
Εκθέτης Παραμόρφωσης Ανέμου	0,25
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	25613,18MWh
Λόγος παραγόμενης προς συνολική ισχύ	2561,32
Συνολικά Έσοδα/Έτος	1767230,72€

Πίνακας 4.6.1 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή Φραγγοκάστελλο Χανίων.

Παρατηρείται λοιπόν ότι η εγκατάσταση στην περιοχή του Φραγγοκάστελου είναι συμφέρουσα σε σχέση με την εγκατάσταση στην περιοχή του Ακρωτηρίου. Αυτές οι 2 περιοχές ανήκουν στον ίδιο νομό αλλά το Φραγγοκάστελο έχει μεγαλύτερο υψόμετρο και μεγαλύτερη μέση ταχύτητα ανέμου. Και στις 2 περιπτώσεις ο εκθέτης παραμόρφωσής ανέμου 0.25 έδινε καλύτερη απόδοση σε σχέση με το εκθέτη παραμόρφωσης 0.13. Συνεπώς προκύπτει ότι η απόδοση του αιολικού πάρκου εξαρτάται από το υψόμετρο και τη μέση ταχύτητα ανέμου της περιοχής της εγκατάστασης.

Προτείνεται η εγκατάσταση 5 ανεμογεννητριών της εταιρίας VESTAS και τύπο ανεμογεννήτριας την V90-2MW-105m. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά και φωτογραφία του τύπου αυτής της ανεμογεννήτριας:



Εικόνα 4.6.4: Ανεμογεννήτρια μάρκας VESTAS τύπου V90-2MW-105m.

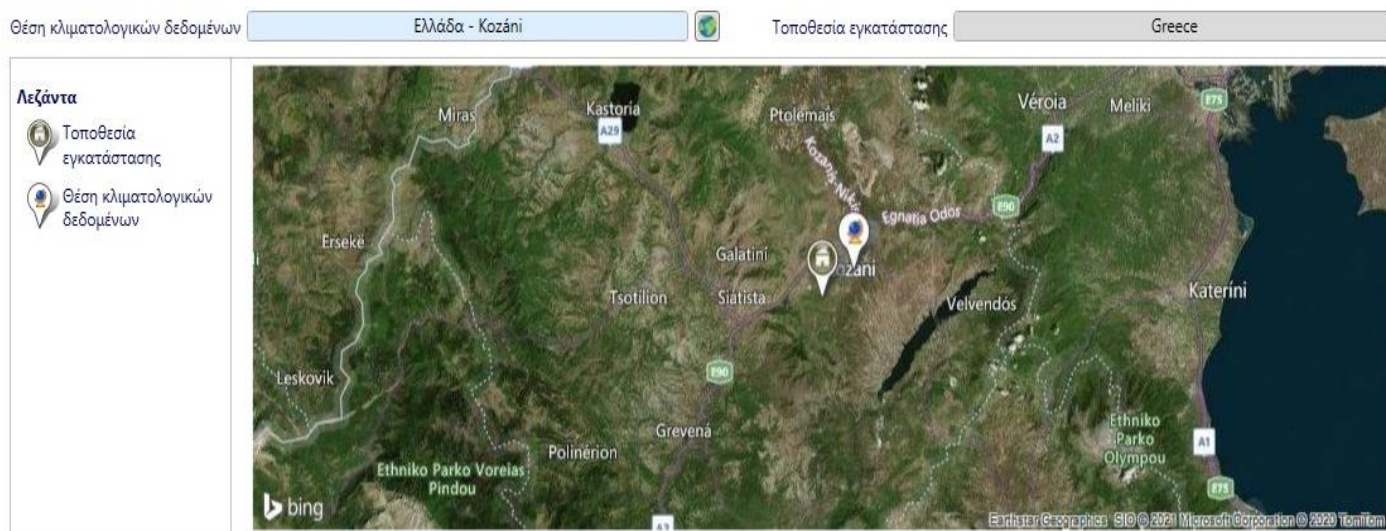
Technical Specifications

OPERATIONAL DATA		GEARBOX	
Rated power	2,000 kW/2,200 kW	Type	one planetary stage and two helical stages
Cut-in wind speed	4 m/s	TOWER	
Cut-out wind speed	25 m/s	Type	tubular steel tower
Re cut-in wind speed	23 m/s	Hub heights	80 m (IEC IIA)
Wind class	IEC IIA; IEC S	NACELLE DIMENSIONS	
Operating temperature range standard turbine	-20 °C to 40 °C	Height for transport	4 m
Operating temperature range low temperature turbine	-30 °C to 40 °C	Height installed (incl. CoolerTop*)	5.4 m
SOUND POWER		Length	10.4 m
Maximum	104 dB*	Width	3.5 m
	* Noise modes available	HUB DIMENSIONS	
ROTOR		Max. transport height	3.4 m
Rotor diameter	90 m	Max. transport width	4 m
Swept area	6,362 m ²	Max. transport length	4.2 m
Air brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders	BLADE DIMENSIONS	
ELECTRICAL		Length	44 m
Frequency	50/60 Hz	Max. chord	3.9 m
Generator type	4-pole (50 Hz)/6-pole (60 Hz) doubly fed generator, slip rings	Max. weight per unit for transportation	70 tonnes

Πίνακας 4.6.2 : Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών ανεμογεννήτριας VESTAS V90-2MW-105m από το site της εταιρίας.

➤ Για την Περιοχή του Νομού Κοζάνης

Για τον Νομό της Κοζάνης η εναλλακτική τοποθεσία που επιλέχθηκε ήταν ένα ύψωμα στην περιοχή Άργιλος. Σύμφωνα με τον χάρτη του Global Wind Atlas οι ριπές του ανέμου είναι σχετικά καλές για την εγκατάσταση αιολικού πάρκου. Παρακάτω φαίνεται χάρτης με την τοποθεσία και πίνακες με τα γεωγραφικά και κλιματικά δεδομένα της περιοχής.



Εικόνα 4.6.5: Χάρτης από το λογισμικό RETScreen από την περιοχή της νέας εγκατάστασης στην περιοχή Άργιλος του Νομού Κοζάνης.

	Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Τοποθεσία εγκατάστασης
Γεωγραφικό πλάτος		40,3	40,3
Γεωγραφικό μήκος		21,8	21,7
Κλιματική ζώνη		4A - Μικτό - Υγρό	
Υψόμετρο	m	764	839
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	-4,0	
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	28,5	
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	22,0	

Εικόνα 4.6.6: Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Μέθοδος (εκτίμησης) φυσικών πόρων	Ταχύτητα ανέμου
Ταχύτητα ανέμου - ετήσια	m/Δευτερόλεπτο
Μετρημένο σε	m
Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου	0,25
Θερμοκρασία αέρα - ετήσια	°C
Ατμοσφαιρική πίεση - ετήσια	kPa

Εικόνα 4.6.7 : Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

Η δοκιμή για την περιοχή του Αργίλου του Νομού Κοζάνης έγινε με τον τύπο της ανεμογεννήτριας που ήταν αποδοτικότερη στην περιοχή της Ξηρολίμνης του ίδιου Νομού, δηλαδή με 5 ανεμογεννήτριες μάρκας VESTAS και τύπου V90-2MW-

105m με εκθέτη παραμόρφωσης ανέμου 0.25. Τα αποτελέσματα της δοκιμής της μελέτης της εγκατάστασης αυτής παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Κατασκευαστής	VESTAS
Μοντέλο	V90
Ηλεκτρική ισχύς ανεμογεννήτριας	2 MW
Αριθμός Στροβίλων	5
Ηλεκτρική Ισχύς	10 MW
Ύψος Πυλώνα	105 m
Διάμετρος Ρότορα	90 m
Συντελεστής Ισχύος	21,4%
Εκθέτης Παραμόρφωσης Ανέμου	0,25
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	29633,68 MWh
Λόγος παραγόμενης προς συνολική ισχύ	18757,35
Συνολικά Έσοδα/Έτος	847814,59€

Πίνακας 4.6.3 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή Άργιλος του Νομού Κοζάνης.

Παρατηρείται λοιπόν ότι η εγκατάσταση στην περιοχή της Ξηρολίμνης είναι συμφέρουσα σε σχέση με την εγκατάσταση στην περιοχή του Άργιλου. Αυτές οι 2 περιοχές ανήκουν στον ίδιο νομό αλλά η Ξηρολίμνη έχει μεγαλύτερο υψόμετρο και μεγαλύτερη μέση ταχύτητα ανέμου. Και στις 2 περιπτώσεις ο εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου 0.25 έδινε καλύτερη απόδοση σε σχέση με το εκθέτη παραμόρφωσης 0.13. Συνεπώς προκύπτει ότι η απόδοση του αιολικού πάρκου εξαρτάται από το υψόμετρο και τη μέση ταχύτητα ανέμου της περιοχής της εγκατάστασης.

Προτείνεται η εγκατάσταση 5 ανεμογεννητριών της εταιρίας VESTAS και τύπο ανεμογεννήτριας την V90-2MW-105m. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά και φωτογραφία του τύπου αυτής της ανεμογεννήτριας:



Εικόνα 4.6.8: Ανεμογεννήτρια μάρκας VESTAS τύπου V90-2MW-105m.

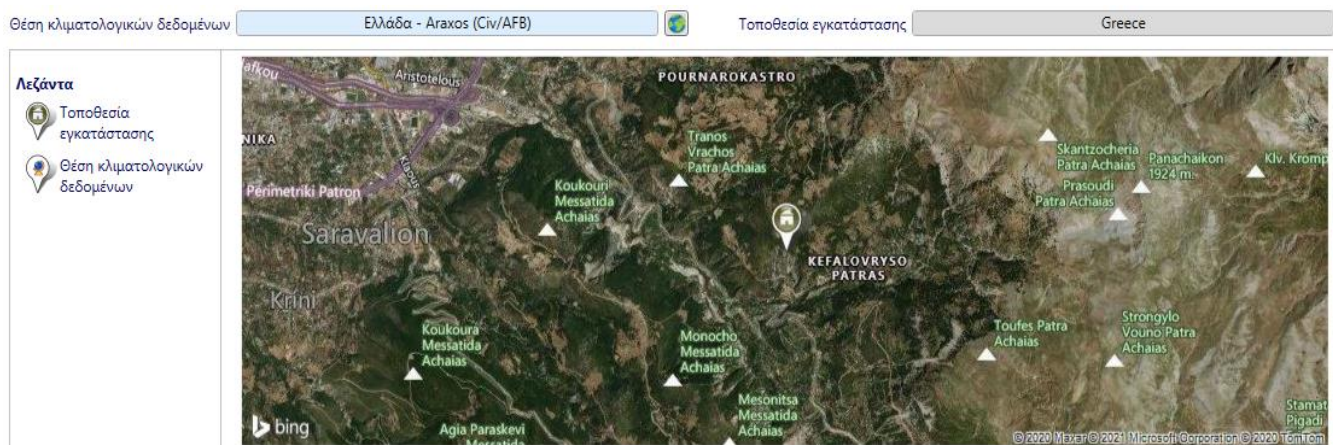
Technical Specifications

OPERATIONAL DATA		GEARBOX	
Rated power	2,000 kW/2,200 kW	Type	one planetary stage and two helical stages
Cut-in wind speed	4 m/s	TOWER	
Cut-out wind speed	25 m/s	Type	tubular steel tower
Re cut-in wind speed	23 m/s	Hub heights	80 m (IEC IIA)
Wind class	IEC IIA; IEC S	NACELLE DIMENSIONS	
Operating temperature range standard turbine	-20 °C to 40 °C	Height for transport	4 m
Operating temperature range low temperature turbine	-30 °C to 40 °C	Height installed (incl. CoolerTop®)	5.4 m
SOUND POWER		Length	10.4 m
Maximum	104 dB*	Width	3.5 m
	* Noise modes available	HUB DIMENSIONS	
ROTOR		Max. transport height	3.4 m
Rotor diameter	90 m	Max. transport width	4 m
Swept area	6,362 m ²	Max. transport length	4.2 m
Air brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders	BLADE DIMENSIONS	
ELECTRICAL		Length	44 m
Frequency	50/60 Hz	Max. chord	3.9 m
Generator type	4-pole (50 Hz)/6-pole (60 Hz) doubly fed generator, slip rings	Max. weight per unit for transportation	70 tonnes

Πίνακας 4.6.4 : Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών ανεμογεννήτριας VESTAS V90-2MW-105m από το site της εταιρίας.

➤ Για την Περιοχή του Νομού Πάτρας

Για τον Νομό της Πάτρας η εναλλακτική τοποθεσία που επιλέχθηκε ήταν ένα ύψωμα στην περιοχή Κεφαλόβρυσο. Σύμφωνα με τον χάρτη του Global Wind Atlas οι ριπές του ανέμου είναι σχετικά καλές για την εγκατάσταση αιολικού πάρκου. Παρακάτω φαίνεται χάρτης με την τοποθεσία και πίνακες με τα γεωγραφικά και κλιματικά δεδομένα της περιοχής.



Εικόνα 4.6.9: Χάρτης από το λογισμικό RETScreen από την περιοχή της νέας εγκατάστασης στην περιοχή Κεφαλόβρυσο του Νομού Πάτρας.

	Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Τοποθεσία εγκατάστασης
Γεωγραφικό πλάτος		38,2	38,2
Γεωγραφικό μήκος		21,4	21,8
Κλιματική ζώνη		3A - Θερμό - Υγρό	
Υψόμετρο	m	12	785
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	2,9	
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	33,1	
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	22,0	

Εικόνα 4.6.10: Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Μέθοδος (εκτίμησης) φυσικών πόρων	Ταχύτητα ανέμου
Ταχύτητα ανέμου - ετήσια	m/Δευτερόλεπτο
Μετρημένο σε	m
Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου	0,25
Θερμοκρασία αέρα - ετήσια	°C
Ατμοσφαιρική πίεση - ετήσια	kPa

Εικόνα 4.6.11 : Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

Η δοκιμή για την περιοχή του Κεφαλόβρυσου του Νομού Πάτρας έγινε με τον τύπο της ανεμογεννήτριας που ήταν αποδοτικότερη στην περιοχή του Ομβρυόκαμπου του ίδιου Νομού, δηλαδή με 5 ανεμογεννήτριες μάρκας VESTAS και τύπου V82-1,65MW-78m με εκθέτη παραμόρφωσης ανέμου 0.13. Τα αποτελέσματα της δοκιμής της μελέτης της εγκατάστασης αυτής παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Κατασκευαστής	VESTAS
Μοντέλο	V82
Ηλεκτρική ισχύς ανεμογεννήτριας	1,65 MW
Αριθμός Στροβίλων	5
Ηλεκτρική Ισχύς	9,9 MW
Ύψος Πυλώνα	78 m
Διάμετρος Ρότορα	82 m
Συντελεστής Ισχύος	19,1%
Εκθέτης Παραμόρφωσης Ανέμου	0,13
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	16522,85 MWh
Λόγος παραγόμενης προς συνολική ισχύ	1668,97
Συνολικά Έσοδα/Έτος	708961,38€

*Πίνακας 4.6.5 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή
Κεφαλόβρυσο του Νομού Πάτρας.*

Παρατηρείται λοιπόν ότι η εγκατάσταση στην περιοχή του Ομβρυόκαμπου είναι συμφέρουσα σε σχέση με την εγκατάσταση στην περιοχή του Κεφαλόβρυσου . Αυτές οι 2 περιοχές ανήκουν στον ίδιο νομό αλλά ο Ομβρυόκαμπος έχει μεγαλύτερο υψόμετρο και μεγαλύτερη μέση ταχύτητα ανέμου. Και στις 2 περιπτώσεις ο εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου 0.13 έδινε καλύτερη απόδοση σε σχέση με το εκθέτη παραμόρφωσης 0.25 σε αντίθεση με τις περιοχές των Χανίων και της Κοζάνης όπου ο εκθέτης 0.25 είχε μεγαλύτερη απόδοση. Συνεπώς προκύπτει ότι η απόδοση του αιολικού πάρκου εξαρτάται από το υψόμετρο και τη μέση ταχύτητα ανέμου της περιοχής της εγκατάστασης.

Προτείνεται η εγκατάσταση 6 ανεμογεννητριών της εταιρίας VESTAS και τύπο ανεμογεννήτριας την V82-1,65MW-178m. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά και φωτογραφία του τύπου αυτής της ανεμογεννήτριας:

General data

- Manufacturer: Vestas (Danemark)
- Model: V82/1650
- Rated power: 1,650 kW
- Rotor diameter: 82 m
- No more available
- Wind class: IEC II/III
- Offshore model: no
- Swept area: 5,281 m²
- Specific area: 3.21 m²/kW
- Number of blades: 3
- Power control: Stall
- Commissioning: 2003

Rotor

- Minimum rotor speed: 11 rd/min
- Maximum rotor speed: 14 rd/min
- Cut-in wind speed: 3,5 m/s
- Rated wind speed: 13 m/s
- Cut-off wind speed: 20 m/s

Generator

- Type: ASYNC
- Number: 1
- Maximum speed: 1000 rounds/minute
- Voltage: 690 V

Πίνακας 4.6.6: Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών ανεμογεννήτριας VESTAS V82-1.65MW-78m από το site της εταιρίας.



Εικόνα 4.6.12: Ανεμογεννήτρια μάρκας VESTAS τύπου V90-2MW-105m.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Γενικά Συμπεράσματα

Για να προκύψουν τα τελικά συμπεράσματά κατασκευάστηκε ο παρακάτω πίνακας ο οποίος συνοψίζει τα χαρακτηριστικά και τα αποτελέσματα των καλύτερων σε απόδοση τύπων ανεμογεννητριών έτσι ώστε να μπορεί να γίνει ευκολότερα η σύγκριση.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΧΑΝΙΑ	ΠΑΤΡΑ	ΚΟΖΑΝΗ
Υψόμετρο (m)	507	1463	1309
Μέση Ταχύτητα ανέμου(m/sec)	10.3	9.3	7.55
Εκθέτης Παραμόρφωσης	0.25	0.13	0.25
Μέση θερμοκρασία (°C)	18	17.5	11.8
Μέση Ατμοσφαιρική Πίεση(Atm)	99.7	100	92.8
Τιμή Πωλούμενης MWh(€)	99.45	87.85	87.85
Κατασκευαστής	VESTAS	VESTAS	VESTAS
Μοντέλο	V90-2MW-105m	V82-1.65MW-78m	V90-2MW-105m
Ισχύς Ανά Στρόβιλο(MW)	2	1.65	2
Αριθμός Στροβίλων	5	6	5
Ισχύς Πάρκου(MW)	10	9.9	10
Συντελεστής Ισχύος (%)	47.47	45.81	33.83
Ηλεκτρική Ενέργεια στο δίκτυο (MWh)	41586.34	39727.8	29633.68
Έσοδα Ανά Έτος (€)	3335761.7	2698091.12	1803318.37
Λόγος Παραγόμενης ισχύς προς συνολική Ισχύ	4158.65	4012.91	2963.37

Πίνακας 5.1 : Συνοπτική Παρουσίαση Αποτελεσμάτων και χαρακτηριστικών των 3 περιοχών.

- Όσον αφορά τα έσοδα της επένδυσης σε αυτά τα τρία πάρκα που μελετήθηκαν θα προτιμηθεί να γίνει η επένδυση στην περιοχή Φραγκοκάστελλο του Νομού Χανίων αφού τα συνολικά έσοδα ανά έτος της εγκατάστασης είναι 3335761,7 € σε αντίθεση με την περιοχή της Ξηρολίμνης του Νομού Κοζάνης όπου τα συνολικά έσοδα ανά έτος ανέρχονται στο ποσό των 1803318.37 € και του Ομβρυόκαμπου του Νομού Πατρών όπου τα έσοδα ανά έτος είναι 2698091,12 €. Εναλλακτικά η δεύτερη επιλογή μας θα ήταν η περιοχή της Πάτρας και στη συνέχεια η περιοχή της Κοζάνης.
- Όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε MWh η κατανομή των τριών αυτών περιοχών είναι ίδια όπως και στην οικονομική ανάλυση. Όμως

για την ακρίβεια της μελέτης δημιουργήθηκε μία ακόμη παράμετρο οπού είναι ο Λόγος της Παραγόμενης Ισχύς προς την Συνολική Ισχύ του Πάρκου γιατί μερικά από τα πάρκα που μελετήθηκαν είχαν συνολική ισχύ λίγο λιγότερη η λίγο μεγαλύτερη των 10 MW που ήταν η ζητούμενη αρχική ισχύ και γι' αυτό διαιρείται τη Παραγόμενη Ισχύς με την Συνολική για να γίνεται σωστά η σύγκριση. Επομένως, δημιουργώντας αυτόν τον λόγο η σειρά κατανομής των πάρκων παραμένει ίδια, δηλαδή με το αιολικό πάρκο της περιοχής του Φραγκοκάστελου του Νομού Χανίων να είναι πρώτο με λόγο ίσο με 4158.65 και να ακολουθεί δεύτερο το αιολικό πάρκο της περιοχής του Ομβρυόκαμπου του Νομού Πατρών με λόγο ίσο με 4012.91 και τρίτο το αιολικό πάρκο της Ξηρολίμνης του Νομού Κοζάνης με λόγο ίσο με 2963.37,

- Παρατηρείται επίσης ότι ανάλογη θέση έχουν και με βάση αναφοράς τον συντελεστή ισχύος καθώς το αιολικό πάρκο με τον μεγαλύτερο συντελεστή ισχύος είναι το αιολικό πάρκο στην περιοχή Φραγκοκάστελλο του Νομού Χανίων με συντελεστή ισχύος ίσο με 47.47% ,δεύτερο ακολουθεί το πάρκο της περιοχής του Ομβρυόκαμπου του Νομού Πατρών με συντελεστή ισχύος ίσο με 45.81% και τέλος το αιολικό πάρκο της περιοχής της Ξηρολίμνης του Νομού Κοζάνης με συντελεστή ισχύος ίσο με 33.83%. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η περιοχή των Χανίων με την περιοχή της Κοζάνης έχουν πολύ κοντινούς συντελεστές ισχύος και είναι εξίσου καλές περιοχές για την εγκατάσταση αιολικού πάρκου με την περιοχή των Χανίων να προηγείται.
- Ο εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου είναι ανάλογος με το ανάγλυφο που αντιστοιχεί στην περιοχή της εγκατάστασης. Παρατηρείται λοιπόν ότι για εκθέτη παραμόρφωσης ανέμου ίσο με 0.25 οι περιοχές των Χανίων και της Πάτρας έχουν μεγαλύτερες αποδόσεις στα αιολικά πάρκα τους για την πλειοψηφία των τύπων των ανεμογεννητριών που μελετήθηκαν σε αντίθεση με την περιοχή της Κοζάνης όπου ο εκθέτης 0.13 είχε ισοβαθμία με τον εκθέτη 0.25 στους τύπους των ανεμογεννητριών που μελετήθηκαν. Αυτό συμβαίνει διότι το αιολικό πάρκο στην περιοχή της Κοζάνης βρίσκεται σε ορεινή περιοχή και πρέπει να έχει μικρότερο εκθέτη σε σχέση με τα άλλα 2 αιολικά πάρκα. Οι εκθέτες κυμαίνονται από 0.10 σε 0.40 με τις περιοχές με ορεινό ανάγλυφο να έχουν μικρότερες τιμές κοντά στο 0.10. Γι' αυτό χρησιμοποιήθηκε και η τιμή 0,25 που είναι η μέση τιμή και η τιμή 0,13 που είναι κοντά στο 0,10 και δεν χρησιμοποιήθηκε τιμή κοντά στο 0,40 που είναι για πεδινά ανάγλυφα αφού οι περιοχές που μελετήθηκαν είναι σε υψώματα.
- Όσον αφορά την σύγκριση των αιολικών πάρκων στον ίδιο νομό αλλά σε διαφορετική περιοχή παρατηρήθηκε ότι μειώνεται η απόδοση και συνεπώς η παραγωγή και τα έσοδα αφού ναι μεν ο νομός ήταν ίδιος αλλά οι περιοχές είχαν μικρότερα υψόμετρα και μικρότερη μέση ταχύτητα ανέμου. Η σειρά των περιοχών παραμένει ίδια με την περιοχή των Χανίων να έχει την

μεγαλύτερη απόδοση και έσοδα για το αιολικό πάρκο στην περιοχή του Ακρωτηρίου και να ακολουθεί δεύτερη η περιοχή του Αργίλου στο Νομό Κοζάνης και τελευταία η περιοχή του Κεφαλόβρυσου στο νομό Πατρών. Και οι τρεις περιοχές που μελετήθηκαν είχαν χαμηλότερο συντελεστή ισχύος σε σχέση με τις αρχικές περιοχές. Επομένως δεν προτείνεται κάποια τέτοια αλλαγή της τοποθεσίας της εγκατάστασης.

Βιβλιογραφία

1. Bennett, C. (2010). Latin American wind takes shape. *Renewable Energy Focus*, 11(5), 12-15.
2. Breton, S. P., & Moe, G. (2009). Status, plans and technologies for offshore wind turbines in Europe and North America. *Renewable Energy*, 34(3), 646-654.
3. Dodge, D. M. (2001). *Illustrated history of wind power development*. Darrell M. Dodge.
4. Junginger, M., Faaij, A., & Turkenburg, W. C. (2005). Global experience curves for wind farms. *Energy policy*, 33(2), 133-150.
5. Kaldellis, J. K., & Zafirakis, D. (2011). The wind energy (r) evolution: A short review of a long history. *Renewable energy*, 36(7), 1887-1901.
6. Meyer, N. I. (1995). Danish wind power development. *Energy for sustainable development*, 2(1), 18-25.
7. Ragwitz, M., Held, A., Resch, G., Faber, T., Haas, R., Huber, C., ... & Jensen, S. G. (2007). Assessment and optimisation of renewable energy support schemes in the European electricity market.
8. Righter, R. W. (1996). Pioneering in wind energy: the California experience. *Renewable energy*, 9(1-4), 781-784.
9. Snyder, B., & Kaiser, M. J. (2009). Offshore wind power in the US: Regulatory issues and models for regulation. *Energy Policy*, 37(11), 4442-4453.
9. www.ypeka.gr
10. www.rae.gr
11. www.admie.gr
12. www.deddie.gr
13. el.wikipedia.org
14. www.vestas.com

Παράρτημα Εικόνων και Πινάκων και Σχημάτων-

Διαγραμμάτων

Εικόνα 1.1:Κυκλαδίτικος Παραδοσιακός Ανεμόμυλος 12^{ου} Αιώνα.

Εικόνα 1.2: Σύγχρονο Αιολικό Πάρκο στην περιοχή της Καρυστίας-Νότια Εύβοια.

Εικόνα 1.3: Εμφάνιση Διάταξης σύγχρονης ανεμογεννήτριας μάρκας VESTAS.

Εικόνα 1. 4: Υπεράκτιο Αιολικό Πάρκο.

Πίνακας 2.1: Τιμολόγηση Ενέργειας.

Πίνακας 2.2.1: Προτεινόμενο ποσοστό απορρόφησης αιολικής ενέργειας για απομονωμένο πλέγμα και εφαρμογές εκτός δικτύου.

Εικόνα 3.1: Αρχική σελίδα προγράμματος RETScreen Expert.

Εικόνα 3.2 : Καρτέλα επιλογής τοποθεσίας στο RETScreen.

Εικόνα 3.3: Κλιματικά Δεδομένα Επιλεγμένης Τοποθεσίας.

Εικόνα 3.5: Καρτέλα με απεικόνιση στατιστικού ραβδογράμματος των Κλιματικών Δεδομένων.

Εικόνα 3.6 : Καρτέλα Εγκατάστασης όπου συμπληρώνετε ο σκοπός του έργου, η ονομασία του και πληροφορίες σχετικά με την διεύθυνσή του.

Εικόνα 3.7: Καρτέλα Ενεργειακό Μοντέλο όπου εδώ συμπληρώνεται η βάση του ελληνικού καυσίμου για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ανθρακας) καθώς επίσης και την τιμή που έχει αυτήν την περίοδο καθώς και την τιμή της πώλησης της MWh ανάλογα με το αν το σύστημα είναι συνδεδεμένο ή όχι στο δίκτυο.

Εικόνα 3.8: Καρτέλα Ηλεκτρισμός-Ανεμογεννήτρια. Εδώ συμπληρώνονται αναλυτικά οι φυσικοί πόροι για την παραγωγή που θέλουμε, η μέση ταχύτητα ανέμου όπως μετρήθηκε από το Global Wind Atlas, το ύψος στο οποίο μετρήθηκε αυτή η ταχύτητα, ο εκθέτης παραμόρφωσης του ανέμου ο, η θερμοκρασία αέρα καθώς και η ατμοσφαιρική πίεση και στα πιο κάτω κελιά πληροφορίες σχετικές με την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών όπως τύπος, ύψος, και παραγόμενα MW.

Εικόνα 3.9: Εδώ παρουσιάζεται το διάγραμμα ταχύτητας ανέμου-Ισχύος όπου μας δείχνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της ανεμογεννήτριας ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου κάθε στιγμή.

Εικόνα 3.10: Εδώ συμπληρώνονται οι απώλειες και τα κόστη εγκατάστασης και συντήρησης και παρουσιάζεται από το πρόγραμμα ο συντελεστής ισχύος της κάθε ανεμογεννήτριας καθώς και οι παραγόμενες MWh.

Εικόνα 3.11: Παρουσίαση του Χάρτη Global Wind Atlas.

Εικόνα 3.12: Ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης παραγόμενων ρύπων από την εγκατάσταση του συγκεκριμένου ΑΠΕ.

Εικόνα 3.13: Διάγραμμα μείωσης εκπεμπόμενων ρύπων από την εγκατάσταση των ΑΠΕ.

Εικόνα 4.1: Γεωγραφικός Χάρτης της Ελλάδας με σημειωμένες τις τοποθεσίες.

Εικόνα 4.2: Γεωγραφικός Χάρτης του ΡΑΕ με τις ήδη εγκατεστημένες και προς εγκατάσταση αδειοδοτούμενες περιοχές αιολικών πάρκων.

Εικόνα 4.3: Καρτέλα Επιλογής Τοποθεσίας Εγκατάστασης Αιολικού Πάρκου και Γεωγραφικά και Κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής στο RETScreen.

Εικόνα 4.4: Συνέχεια της παραπάνω καρτέλας του RETScreen με τις τοπολογικές συνθήκες της Περιοχής της Εγκατάστασης.

Εικόνα 4.5 : Ραβδόγραμμα της παραπάνω καρτέλας με τα Κλιματικά Δεδομένα της Περιοχής της Εγκατάστασης.

Εικόνα 4.6 : Εισαγωγή των στοιχείων της Εγκατάστασης.

Εικόνα 4.7: Διάγραμμα της καρτέλας Ενεργειακό Μοντέλο.

Εικόνα 4.8: Τμήμα της Καρτέλας Ενεργειακό Μοντέλο όπου εισάγεται η τιμή της MWh καθώς και η τιμή του καυσίμου βάσης της χώρας.

Εικόνα 4.9: Καρτέλα Ανεμογεννήτρια του προγράμματος RETScreen όπου εισάγονται τα δεδομένα της εγκατάστασης.

Εικόνα 4.10 : Πίνακας Δεδομένων και Καμπύλη Ισχύος και Ενέργειας της Καρτέλας Ανεμογεννήτρια.

Εικόνα 4.11: Πίνακας απωλειών και Προβολή των Αποτελεσμάτων της Εγκατάστασης προς μελέτη στην καρτέλα Ανεμογεννήτρια.

Εικόνα 4.3.1: Χάρτης από το site www.rae.gr για την περιοχή των Χανίων.

Εικόνα 4.3.2 : Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Εικόνα 4.3.3 :Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

Διάγραμμα 4.3.1: Απεικόνιση Συνολικών Εσόδων σε Ευρώ Ανά Έτος για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου 0.13 και 0.25

Διάγραμμα 4.3.2 : Απεικόνιση Συνολικής Ισχύος Ανά MW για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου 0.13 και 0.25.

Πίνακας 4.3.1 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή Φραγκοκάστελλο Χανίων.

Εικόνα 4.4.1 : Ο Χάρτης από το site www.rae.gr για την περιοχή Της Κοζάνης.

Εικόνα 4.4.2 : Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Εικόνα 4.4.3 : Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

Διάγραμμα 4.4.1: Απεικόνιση Συνολικών Εσόδων σε Ευρώ Ανά Έτος για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου.

Διάγραμμα 4.4.2 : Απεικόνιση Συνολικής Ισχύος Ανά MW για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου 0.13 και 0.25.

Πίνακας 4.4.1 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή Ξηρολίμνη Κοζάνης.

Εικόνα 4.5.1 : Ο Χάρτης από το site www.rae.gr για την περιοχή Της Κοζάνης.

Εικόνα 4.5.2 : Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Εικόνα 4.5.3 : Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

Διάγραμμα 4.5.1: Απεικόνιση Συνολικών Εσόδων σε Ευρώ Ανά Έτος για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου 0.13 και 0.25.

Διάγραμμα 4.5.2 : Απεικόνιση Συνολικής Ισχύος Ανά MW για τα αιολικά πάρκα με τους τύπους των ανεμογεννητριών που επιλέχθηκαν για εκθέτες παραμόρφωσης ανέμου 0.13 και 0.25.

Πίνακας 4.5.1 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή Ομβρυόκαμπος Πάτρας.

Εικόνα 4.6.1: Χάρτης από το λογισμικό RETScreen από την περιοχή της νέας εγκατάστασης στην περιοχή Ακρωτήρι του Νομού Χανίων.

Εικόνα 4.6.2: Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Εικόνα 4.6.3 : Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

Πίνακας 4.6.1 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή Φραγκοκάστελλο Χανίων.

Εικόνα 4.6.4: Ανεμογεννήτρια μάρκας VESTAS τύπου V90-2MW-105m.

Πίνακας 4.6.2 : Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών ανεμογεννήτριας VESTAS V90-2MW-105m από το site της εταιρίας.

Εικόνα 4.6.5: Χάρτης από το λογισμικό RETScreen από την περιοχή της νέας εγκατάστασης στην περιοχή Άργιλος του Νομού Κοζάνης.

Εικόνα 4.6.6: Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Εικόνα 4.6.7 : Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

Πίνακας 4.6.3 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή Άργιλος του Νομού Κοζάνης.

Εικόνα 4.6.8: Ανεμογεννήτρια μάρκας VESTAS τύπου V90-2MW-105m.

Πίνακας 4.6.4 : Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών ανεμογεννήτριας VESTAS V90-2MW-105m από το site της εταιρίας.

Εικόνα 4.6.9: Χάρτης από το λογισμικό RETScreen από την περιοχή της νέας εγκατάστασης στην περιοχή Κεφαλόβρυσο του Νομού Πάτρας.

Εικόνα 4.6.10: Πίνακας του RETScreen με τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής της εγκατάστασης.

Εικόνα 4.6.11: Πίνακας RETScreen με τα δεδομένα του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης.

Πίνακας 4.6.5 : Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης και Αποτελέσματα για την περιοχή Κεφαλόβρυσο του Νομού Πάτρας.

Πίνακας 4.6.6: Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών ανεμογεννήτριας VESTAS V82-1.65MW-78m από το site της εταιρίας.

Εικόνα 4.6.12: Ανεμογεννήτρια μάρκας VESTAS τύπου V90-2MW-105m.

Πίνακας 5.1 : Συνοπτική Παρουσίαση Αποτελεσμάτων και χαρακτηριστικών των 3 περιοχών.