



ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ.»

Thesis: "TECHNOLOGY & DEVELOPMENT OF OFFSHORE WIND FARMS AND THE WAYS OF P.P.C. GRID CONNECTION."



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΑΓΗΣΙΛΑΟΣ ΑΝΑΣΤ. ΚΑΤΣΙΡΟΣ

ΧΡΗΣΤΟΣ ΙΩΑΝ. ΧΑΪΝΤΙΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΠΑΝΤΕΛΗΣ ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013



ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ.»

Thesis: “TECHNOLOGY & DEVELOPMENT OF OFFSHORE WIND FARMS AND THE WAYS OF P.P.C. GRID CONNECTION.”

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΑΓΗΣΙΛΑΟΣ ΑΝΑΣΤ. ΚΑΤΣΙΡΟΣ

ΧΡΗΣΤΟΣ ΙΩΑΝ. ΧΑΪΝΤΙΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΠΑΝΤΕΛΗΣ ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ

Οι Εξεταστές:

-----Z	-----Z	-----Z

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όσους μας βοήθησαν κατά τη διάρκεια εκπόνησής της. Η υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς τον συντονισμό και την καθοδήγηση του επιβλέποντος Καθηγητή Παντελή Μαλατέστα. Τέλος, δεν θα μπορούσαμε να μην ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας που μας στήριξαν σε όλα τα χρόνια των σπουδών μας, και για την πηγαία συμπαράσταση και την αμέριστη υπομονή τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας έχει συνδεθεί άρρηκτα με την ανάπτυξη καθώς οδήγησε στην κατακόρυφη αύξηση των δυνατοτήτων του ανθρώπου στους διάφορους τομείς της δραστηριότητάς του όπου αυτή χρησιμοποιήθηκε. Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καθαρή και ήπια προς το περιβάλλον, που η χρήση της δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης και αντικαθιστά ρυπογόνες πηγές ενέργειας.

Στα πλαίσια αυτά, η παρούσα εργασία εξετάζει διεξοδικά τις προοπτικές αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας σε χερσαίες ή παράκτιες περιοχές και συγκεκριμένα τη διασύνδεση τους στο δίκτυο. Στο **πρώτο κεφάλαιο** γίνεται μια ιστορική αναδρομή στις ΑΠΕ γενικότερα και την παρούσα κατάσταση τους σε Ελλάδα και Ευρώπη. Στο **δεύτερο κεφάλαιο** αναφερόμαστε αναλυτικότερα στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αιολικής ενέργειας, καθώς και στην εξέλιξή της σε Ελλάδα και Ευρώπη.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** αναλύεται διεξοδικά η τεχνολογία των ανεμογεννητριών καθώς και η τεχνικές απαιτήσεις για τη θεμελίωση και μεταφορά τους σε παράκτιες περιοχές. Στο **τέταρτο κεφάλαιο** αναφερόμαστε στο νομοθετικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ και στις ευρωπαϊκές οδηγίες ανάπτυξης των αιολικών πάρκων.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** γίνεται μια εκτεταμένη αναφορά στις διαδικασίες χορήγησης αδειών για την ανάπτυξη των παράκτιων αιολικών πάρκων, καθώς και στα βασικά κριτήρια χωροθέτησης τους. Τέλος, στο **έκτο κεφάλαιο** αναφερόμαστε στους βασικούς τρόπους διασύνδεσης των Α/Γ στο δίκτυο καθώς και στα συστήματα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

ABSTRACT

The exploitation of wind energy has been inextricably linked with the development, and led to sharp increase in human capabilities in the various areas of human activity where it has been used. Wind energy is a renewable energy source, clean and gentle to the environment, the use of which does not burden the ecosystems of the installation areas and replaces polluting energy sources.

In this context, the present dissertation examines the prospects of wind energy' utilization for the purpose of generating electricity on onshore or offshore areas, and specifically examines the interconnection to the grid. In the *first chapter* the history of RES is presented in general, and the current situation of RES in Greece and Europe is analyzed. In the *second chapter* the advantages and disadvantages of wind energy is described in detail, as well as its evolution in Greece and Europe.

In the *third chapter* the technology of wind turbines and the technical requirements for their foundation and transfer of electricity in coastal areas are thoroughly described. The *fourth chapter* deals with the legislative framework for RES and the European directives for the development of wind farms.

In the *fifth chapter* the licensing procedures for the development of offshore wind parks are extensively presented, as well as the main key criteria for the optimum layout of the offshore wind parks is explained. Finally, in the *sixth chapter* the main interconnection' types of the wind turbines to the grid are explained, and the electricity transmission systems are thoroughly described.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Ιστορική Αναδρομή στις ΑΠΕ	8
1.1.1 Ιστορική Επισκόπηση – Χρήση Αιολικής Ενέργειας	10
1.1.2 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ στην Ελλάδα.....	15
1.1.3 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ στην Ευρώπη.....	24
1.2 Κατηγορίες έργων ΑΠΕ – Ορισμός	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	40
2.1 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας	40
2.2 Η αιολική ενέργεια στην Ευρώπη	46
2.3 Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα	51
2.4 Τρόποι Μέτρησης Αιολικού Δυναμικού	55
2.4.1 Ανεμόμετρα (Anemometers).....	57
2.4.2 Ανεμοδείκτες (Wind Vanes)	59
2.5 Μερίδιο Αγοράς Α/Γ στην Ελλάδα	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ & ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ	62
3.1 Κατηγορίες Ανεμογεννητριών.....	62
3.1.1 Ανεμογεννήτριες Κατακόρυφου Άξονα.....	65
3.1.2 Ανεμογεννήτριες Οριζοντίου Άξονα.....	68
3.2 Δομή των Ανεμογεννητριών.....	70
3.3 Λειτουργία των Ανεμογεννητριών	78
3.4 Τρόποι Λειτουργίας των Ανεμογεννητριών	81
3.5 Το Μέγεθος των Ανεμογεννητριών.....	84
3.6 Τεχνικές Απαιτήσεις Παράκτιων Ανεμογεννητριών.....	86
3.7 Θεμελίωση Παράκτιων Ανεμογεννητριών	89
3.7.1 Θεμέλια Βαρύτητας από Οπλισμένο Σκυρόδεμα.....	90
3.7.2 Θεμέλια Βαρύτητας από Χάλυβα	92
3.7.3 Θεμελίωση με Πασσαλόπηξη Μεταλλικού Σωλήνα (Monopile)	93
3.7.4 Θεμελίωση με Πασσαλόπηξη Μεταλλικού Τριπόδου (Tripod).....	94
3.7.5 Θεμελίωση με Μεταλλικό Τετράποδο (Jacket)	95

3.7.6	Επιπλέονσα Θεμελίωση	96
3.8	Υλικά Κατασκευής Παράκτιων Ανεμογεννητριών	97
3.9	Μεταφορά & Εγκατάσταση Παράκτιων Ανεμογεννητριών.....	98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ & ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΕ.....		102
4.1	Εθνικό Θεσμικό Πλαίσιο ΑΠΕ.....	102
4.2	Ευρωπαϊκές Οδηγίες για Τεχνολογίες ΑΠΕ.....	109
4.3	ΑΠΕ & Χωροταξικός Σχεδιασμός	113
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ		118
5.1	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Ανάπτυξης Παράκτιων Α/Π	118
5.2	Κριτήρια Χωροθέτησης Παράκτιων Αιολικών Πάρκων.....	120
5.2.1	Αιολικό Δυναμικό Παράκτιου Αιολικού Πάρκου	125
5.2.2	Ενεργειακή Παραγωγή Παράκτιου Α/Π & Θέματα διαθεσιμότητας.....	128
5.3	Διαδικασία Χορήγησης Αδειών	131
5.3.1	Νομική Κατάσταση.....	131
5.3.2	Κριτήρια Αδειοδότησης	132
5.4	Πλάνο Ανάπτυξης Παράκτιων Αιολικών Πάρκων.....	134
5.5	Λειτουργία και διαχείριση παράκτιου αιολικού πάρκου.....	136
5.6	Οικονομικοί Πράγοντες.....	143
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ.....		144
6.1	Ηλεκτρικές Υποδομές Παράκτιων Α/Π	144
6.2	Βασικοί Τρόποι Διασύνδεσης των Α/Γ	150
6.2.1	Αιολικά Πάρκα με Σύνδεση AC	150
6.2.2	Αιολικά Πάρκα με Σύνδεση AC/ DC.....	152
6.2.3	Αιολικά Πάρκα με Σύνδεση DC	152
6.3	Συστήματα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας	155
6.3.1	HVAC Μεταφορά	156
6.3.2	HVDC Μεταφορά βασισμένη σε LCC	156
6.3.3	HVDC Μεταφορά βασισμένη σε VSC	157
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		160
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ		162

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική Αναδρομή στις ΑΠΕ

Η δημιουργία και η εξελικτική πορεία του ανθρώπινου πολιτισμού είναι άμεσα συνυφασμένη με την χρήση των ενεργειακών πηγών. Από την αρχή της ιστορίας του, ο άνθρωπος προσπάθησε να επινοήσει τρόπους για να εκμεταλλευτεί τις φυσικές πηγές ενέργειας προς όφελός του.

Η προσπάθεια αυτή ξεκινά περίπου 500.000 χρόνια πριν, με την ανακάλυψη της φωτιάς. Αργότερα και περίπου 6000 χρόνια πριν, με την δύναμη του ανέμου ταξίδεψαν στη Μεσόγειο τα πρώτα πλοία, ανοίγοντας νέους ορίζοντες στο εμπόριο και τις μετακινήσεις. Η χρήση των ανεμόμυλων στην Ελλάδα χρονολογείται τον 1^ο μ.Χ. αιώνα και καθιερώθηκε τη Βυζαντινή περίοδο όπου υπήρξε αρκετά εκτεταμένη μέχρι και τις αρχές του 20ου αιώνα, ιδίως στα νησιά του Αιγαίου.



Παράλληλα, την ίδια εποχή, τον 1ο μ.Χ. αιώνα, οι Ρωμαίοι ήταν οι πρώτοι, που χρησιμοποίησαν τη δύναμη του νερού για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας, κατασκευάζοντας υδροστροβίλους με τη μορφή υδραυλικών τροχών για την αξιοποίησή της. Ο άνθρωπος λοιπόν για πολλές χιλιάδες χρόνια έκανε χρήση των άμεσα διαθέσιμων φυσικών πηγών (το ξύλο ως καύσιμο για φωτιά, τον άνεμο, το νερό), προκειμένου να καλύψει τις ενεργειακές του ανάγκες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βιομηχανική επανάσταση που ξεκίνησε στις αρχές του 19ου αιώνα άλλαξε ριζικά αυτή την κατάσταση. Πραγματοποιήθηκαν σπουδαίες ανακαλύψεις όπως η ατμομηχανή, ο ηλεκτρισμός, οι μηχανές εσωτερικής καύσης, η ατομική ενέργεια κ.α., οι οποίες σηματοδότησαν το πέρασμα από τις πατροπαράδοτες φυσικές πηγές ενέργειας στην εντατική χρήση του πετρελαίου, του άνθρακα και των υπόλοιπων ορυκτών καυσίμων ως κύριες ενεργειακές πηγές.

Η ραγδαία τεχνολογική και βιομηχανική ανάπτυξη του 19ου και του 20ου αιώνα πολλαπλασίασε την παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση, γεγονός που ενέπνευσε ανησυχία για τη μελλοντική επάρκεια κοιτασμάτων των ορυκτών καυσίμων. Παράλληλα, άρχισαν να εμφανίζονται πολύ σημαντικά οικολογικά προβλήματα εξαιτίας της αλόγιστης χρήσης των συμβατικών καυσίμων, καθώς και σοβαρά ατυχήματα που έθεσαν υπό αμφισβήτηση την εκτεταμένη χρήση της πυρηνικής ενέργειας.

Έτσι, από τα τέλη του 20ου αιώνα, η σκέψη της επαναχρησιμοποίησης φυσικών πηγών ενέργειας φιλικών προς το περιβάλλον βρέθηκε ξανά στο προσκήνιο. Η ηλιακή, η αιολική, η θαλάσσια και η υδροδυναμική ενέργεια, η βιομάζα και η γεωθερμία απέκτησαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και καθιερώθηκαν στην παγκόσμια ενεργειακή σκηνή με τον όρο ‘‘Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας’’ (ΑΠΕ).

Ήδη από τη δεκαετία του ‘70 ξεκίνησαν να εμφανίζονται διάφορες νέες τεχνικές εφαρμογής τους και να βελτιώνονται οι ήδη υπάρχουσες. Οι ανεμογεννήτριες, τα φωτοβολταϊκά, οι ηλιακοί συλλέκτες, η ηλιακή ψύξη, τα μικρά και μεγάλα υδροηλεκτρικά, οι σταθμοί καύσης βιομάζας και βιοκαυσίμων, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα τεχνολογιών ΑΠΕ, που τα τελευταία χρόνια μελετήθηκαν συστηματικά και αναπτύχθηκαν, ώστε να προσφέρουν λύσεις στο ενεργειακό ζήτημα.

Σήμερα, τον 21ο αιώνα, τα ορυκτά καύσιμα παραμένουν η κύρια ενεργειακή πηγή παγκοσμίως, όμως και οι ΑΠΕ κατέχουν ένα σημαντικό ποσοστό στη συνεισφορά των ενεργειακών πηγών στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας.

Σε αυτό έχει συμβάλλει σημαντικά και η σύγχρονη τεχνολογία, που επιτρέπει τη συνεχή βελτίωση των τεχνικών, ώστε η εφαρμογή ΑΠΕ να καθίσταται πλέον, πέραν από περιβαλλοντολογικά φιλική, και οικονομικά αποδοτική.

1.1.1 Ιστορική Επισκόπηση – Χρήση Αιολικής Ενέργειας

Από τους αρχαίους χρόνους έχουν γίνει ανθρώπινες προσπάθειες να χρησιμοποιηθεί ο άνεμος ως πηγή ενέργειας. Αρχικά η ενέργεια του ανέμου (ή αιολική ενέργεια) χρησιμοποιήθηκε στη ναυσιπλοΐα, για την ώθηση των πλοίων. Ενώ, εδώ και 3.000 έτη οι ανεμόμυλοι χρησιμοποιούν τον άνεμο για το άλεσμα των δημητριακών ή την άντληση των υδάτων.

Οι Πέρσες το 200 π.Χ. φαίνεται πως ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν τους ανεμόμυλους για την άλεση των δημητριακών. Συγκεκριμένα οι ανεμόμυλοι κάθετου άξονα για το άλεσμα δημητριακών αναφέρθηκαν στην Περσία το 10ο αιώνα και στην Κίνα το 13ο αιώνα. Οι ανεμόμυλοι μαζί με τους υδρόμυλους, αποτέλεσαν τις μεγαλύτερες πηγές ενέργειας πριν από την εφεύρεση της μηχανής ατμού.

Αυτός ο τύπος ανεμόμυλου (κάθετου άξονα) εισήχθηκε πιθανότατα από τους σταυροφόρους στην Ευρώπη κατά το 13ο αιώνα με αποτέλεσμα να γίνουν δημοφιλείς στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης. Σε αντίθεση με τη Περσική κατασκευή κάθετου άξονα, οι ευρωπαϊκοί μύλοι είχαν οριζόντιο άξονα. Ο πρώτος ανεμόμυλος οριζόντιου άξονα εμφανίστηκε στην Αγγλία περίπου το 1150, στη Γαλλία το 1180, στη Γερμανία το 1222 και στη Δανία το 1259. Η διατομή του πύργου ήταν κυκλική ή πολυγωνική και κατασκευάζονταν από ξύλο ή τούβλα. Ο ρότορας προσανατολιζόταν χειροκίνητα προς τον άνεμο. Ο μύλος προστατευόταν από τους ισχυρούς ανέμους γυρνώντας το ρότορα από τον άνεμο ή με αφαίρεση του καμβά που κάλυπτε το ρότορα.

Οι Ολλανδοί, με τον διάσημο σχεδιαστή Jan Adriaenszoon ήταν πρωτοπόροι στην κατασκευή αυτών των ανεμόμυλων. Εκτός από το άλεσμα των δημητριακών, οι ανεμόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν για την αποξήρανση των ελωδών εδαφών της Ολλανδίας. Αυτοί οι ανεμόμυλοι έφθασαν στην Αμερική στα μέσα του 1700, μέσω των ολλανδών αποίκων. Η αποκαλούμενη Αμερικάνικη multi bladed ανεμογεννήτρια εμφανίστηκε στην ιστορία της αιολικής ενέργειας στα μέσα του 1800. Το βασικό της μοτίβο ήταν η άντληση των υδάτων μερικά μέτρα κάτω από την επιφάνεια, για γεωργικές χρήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούν την ενέργεια του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, εφευρέθηκαν στις αρχές του 19ου αιώνα στη Δανία. Μέχρι το 1900 υπήρχαν περίπου 2500 ανεμόμυλοι για τα μηχανικά φορτία όπως οι αντλίες και οι μύλοι, παράγοντας μια κατ' εκτίμηση συνδυασμένη μέγιστη δύναμη περίπου 30 MW.

Το 1891, ο Δανός Poul LaCour ήταν ο πρώτος που κατασκεύασε ανεμογεννήτρια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, παρείχε ηλεκτρική ενέργεια στις αγροτικές περιοχές. Κατά τη διάρκεια της ίδιας περιόδου, μια μεγάλη ανεμογεννήτρια που είχε διάμετρο ρότορα 17 m κατασκευάστηκε στο Cleveland, του Ohio. Για πρώτη φορά, ένα επιταχυνόμενο κιβώτιο ταχυτήτων εισήχθη στην κατασκευή. Το σύστημα αυτό λειτούργησε για 20 έτη, παράγοντας ισχύ των 12 kW.



Εντούτοις, για μεγάλο μέρος του 20ου αιώνα, υπήρξε μικρό ενδιαφέρον για χρήση της αιολικής ενέργειας πέραν της φόρτισης των μπαταριών για τις απομακρυσμένες κατοικίες και των χαμηλής ισχύος συστήματα που αντικαταστάθηκαν γρήγορα όταν η πρόσβαση στο ηλεκτρικό δίκτυο έγινε διαθέσιμη. Μια αξιοσημείωτη εξαίρεση ήταν η ανεμογεννήτρια 1250 kW Smith-Putnam που κατασκευάστηκε στις ΗΠΑ το 1941.

Ο Golding (1955) και οι Shepherd και Divone στη Spera (1994) παρέχουν μια εξαιρετικά ενδιαφέρον ιστορία της πρώιμης ανάπτυξης των ανεμογεννητριών. Καταγράφουν την ανεμογεννήτρια Balaclava των 100 kW διαμέτρου 30 m στην τότε USSR το 1931 και του Andrea Enfield 100 kW διαμέτρου 24 m πνευματικό σχέδιο που κατασκευάστηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο στις αρχές του 1950. Στη Δανία η μηχανή Gedser των 200 kW διαμέτρου 24 m χτίστηκε το 1956, ενώ η «Electricité de France» δοκίμαζε μια ανεμογεννήτρια 1.1 MW διαμέτρου 35 m το 1963. Στη Γερμανία, ο καθηγητής Hutter κατασκεύασε μια σειρά από καινοτόμες, ελαφριές ανεμογεννήτριες στη δεκαετία του 1950 και του 1960. Παρά αυτές τις τεχνολογικές προόδους και τον ενθουσιασμό του Golding, από τον Ηλεκτρικό Ερευνητικό Οργανισμό του Ηνωμένου Βασιλείου υπήρξε μικρό συνεχές ενδιαφέρον για την παραγωγή αιολικής ενέργειας έως ότου αυξήθηκε εντυπωσιακά η τιμή του πετρελαίου το 1973.

Το κίνητρο για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας το 1973 ήταν η τιμή του πετρελαίου και η ανησυχία για τους περιορισμένους πόρους των φυσικών καυσίμων. Σήμερα, ο κύριος λόγος της χρήσης ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι οι πολύ χαμηλές εκπομπές CO₂ (εκτός του κύκλου ζωής της κατασκευής, της εγκατάστασης, της λειτουργίας και του αφοπλισμού) και η δυνατότητα της αιολικής ενέργειας να βοηθήσει στον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής. Το 1997 η Επιτροπή (Commission) της Ευρωπαϊκής Ένωσης δημοσίευσε την Λευκή Βίβλο απαιτώντας να συμβάλουν οι ΑΠΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 12% της συνολικής ενέργειας, μέχρι το 2010. Η αιολική ενέργεια διαδραματίζει το βασικό ρόλο στις ΑΠΕ με μια αύξηση της ισχύος των ανεμογεννητριών από 2.5 GW που ήταν το 1995, σε 40 GW μέχρι το 2010. Ως αποτέλεσμα, σήμερα η Ευρώπη παίρνει περίπου το 20% της ηλεκτρικής της ενέργειας από τις ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένου το 5.3% από την αιολική ενέργεια.

Οι πρώτες ιδέες για την παραγωγή ηλεκτρισμού χρησιμοποιώντας τον άνεμο στο υπεράκτιο περιβάλλον εμφανίστηκαν πριν το τέλος της δεκαετίας του 1970 και μετά από πολλές μελέτες σκοπιμότητας στην επόμενη δεκαετία. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 τα ΘΑΠ που κατασκευάστηκαν είναι: (μια μοναδική ανεμογεννήτρια) στο Nogensud, της Σουηδίας το 1990 και στο Vindeby, της Δανίας το 1991.



Εικόνα 1.1.1: Πρώτη Παράκτια Ανεμογεννήτρια στο Nagersud της Σουηδίας το 1990.

Το θαλάσσιο αιολικό πάρκο (ΘΑΠ) στο Vindeby περιλάμβανε 11 ανεμογεννήτριες, των 450 kW, δίνοντας συνολική ισχύ περίπου 5 MW.



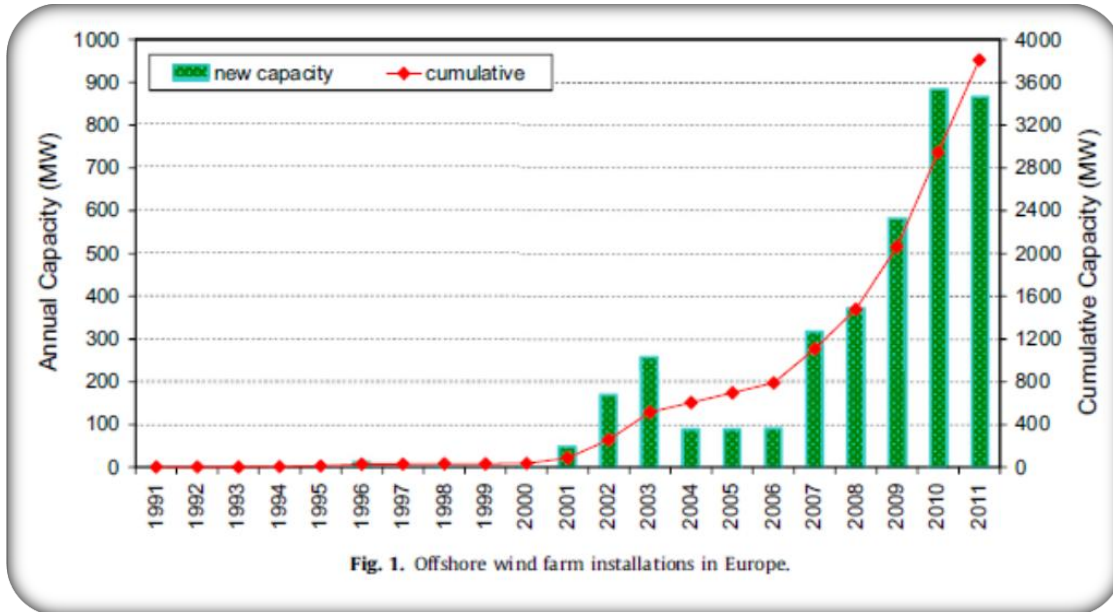
Εικόνα 1.1.2: Θαλάσσιο Αιολικό Πάρκο στο Vindeby αποτελούμενο από 11 Α/Γ.

Το Vindeby ακολούθησε σύντομα ένα δεύτερο ΘΑΠ στη Δανία, το Tuno Knob και δύο ακόμα ΘΑΠ που κατασκευάστηκαν στην Ολλανδία. Αυτά ήταν ενσωματωμένα πάνω σε θεμελιώσεις μονού πυλώνα, η οποία έγινε η προτιμώμενη δομή στήριξης για τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες. Από το 1995 έως το 2000 υπήρχε μικρή δραστηριότητα, με ένα ΘΑΠ να κατασκευάζεται στο BockstigenValor της Σουηδίας. Κατά το έτος 2000 νέα ΘΑΠ άρχισαν να κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας μεγάλες (multi-megawatt) ανεμογεννήτριες.

Το πρώτο ΘΑΠ με multi-megawatt ανεμογεννήτριες (7 ανεμογεννήτριες των 1.5 MW) κατασκευάστηκε το 2000 στο Utgrunden της Σουηδίας. Αρκετές των εν λόγω εγκαταστάσεων σηματοδότησαν την έναρξη των πρώτων εμπορικών ΘΑΠ όπως: το Blyth στο Ηνωμένο Βασίλειο (το 2000) αποτελούμενο από 2 ανεμογεννήτριες των 2 MW, το Middelgrunden στη Δανία (το 2001) αποτελούμενο από 20 ανεμογεννήτριες των 2 MW και το Yttre Stengrund στη Σουηδία (το 2001) αποτελούμενο από 5 ανεμογεννήτριες των 2 MW.

Αργότερα στις ακτές της Δανίας, τα ΘΑΠ Horns Rev (το 2002, όπου ήταν και το μεγαλύτερο στο κόσμο) και Nysted (το 2003) με 80 και 76 πολύ μεγάλα ανεμογεννήτριες αντίστοιχα, αποτέλεσαν την επιβεβαίωση της δυνατότητας προσαρμογής τέτοιων τύπων ανεμογεννητριών στο θαλάσσιο περιβάλλον. Από τότε, οι εγκαταστάσεις αυτού του τύπου συνεχίζουν να κατασκευάζονται. Τον Νοέμβριο του 2010, το έργο Thanet στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι το μεγαλύτερο ΘΑΠ στον κόσμο με 300 MW (100 ανεμογεννήτριες των 3 MW), ακολουθεί το Horns Rev II (2009) της Δανίας με 209 MW (91 ανεμογεννήτριες των 2.3 MW).

Στην πραγματικότητα, είναι ουσιαστικό να προωθηθεί η χρήση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας για να επιτευχθούν οι δεσμεύσεις που απαιτούνται από το πρωτόκολλο του Κιότο. Εν συνεχεία, στην Εικόνα 1.1.3 παρουσιάζεται ένα ιστόγραμμα όπου παρουσιάζει την εξέλιξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας από το 1990 μέχρι το 2011.



Εικόνα 1.1.3: Εξέλιξη της Υπεράκτιας Αιολικής Ενέργειας από το έτος 1990 έως το 2011.

1.1.2 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ στην Ελλάδα

Η Ελλάδα όντας μια σύγχρονη ανεπτυγμένη χώρα, στα πλαίσια πάντα των διαστάσεών της, έχει σχετικά υψηλά επίπεδα ζήτησης ενέργειας, αλλά και μέσης κατανάλωσης ανά κάτοικο. Ο πληθυσμός της χώρας, σύμφωνα με την απογραφή του 2011 έφτασε τους συνολικά 10.815.197 κατοίκους, θέτοντας την Ελλάδα οριακά εκτός των δέκα πολυπληθέστερων ευρωπαϊκών χωρών, αλλά μπροστά από αρκετές μεγάλες οικονομίες, γεγονός που επηρεάζει και την κατάταξη της ζήτησης ενέργειας.



Εικόνα 1.1.4: Ελλαδικός χάρτης σε νυχτερινό ουρανό με την αναπαράσταση των φώτων να δίνει συμπερασματικά την κατανάλωση ενέργειας.

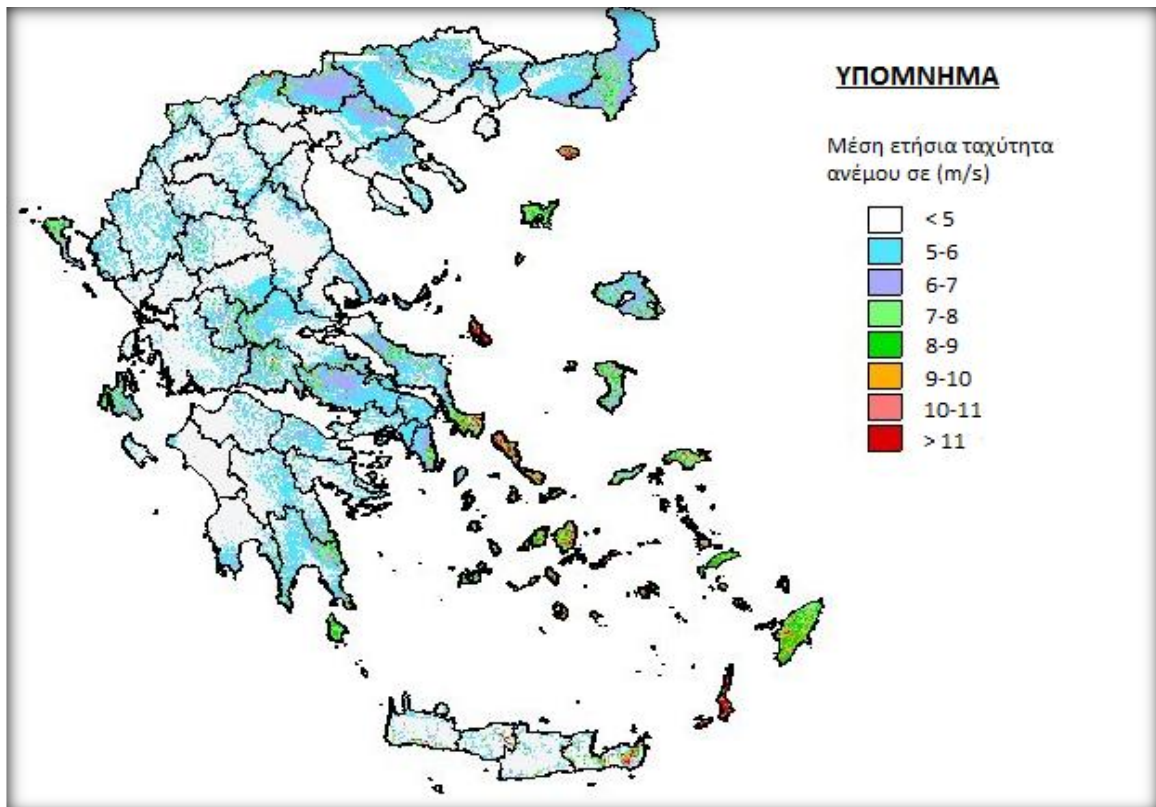
Αναλύοντας, από περιβαλλοντολογική οπτική γωνία, τον ενεργειακό τομέα της Ελλάδας, γίνεται εύκολα ορατή η υστέρηση στην εξοικονόμηση και αποδοτικότερη χρήση ενέργειας, η αρκετά μικρή μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, όπως επίσης και η αργή αντικατάσταση των συμβατικών μορφών καυσίμου. Παρ' όλα αυτά, η χώρα βρίσκεται σε ορίζοντα εναρμονισμού με τις ευρωπαϊκές πολιτικές πάνω στην διαχείριση της ενέργειας, με διαρκείς αρκετά εξειδικευμένες βελτιώσεις πάνω στο εθνικό νομικό πλαίσιο, που αφορούν την παραγωγή, αλλά και την κατανάλωση ενέργειας.

Στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, η Ελλάδα βρίσκεται σε σχετικά υψηλό επίπεδο αξιοποίησης του δυναμικού, κυρίως στις πιο διαδεδομένες μορφές, ακολουθώντας την παγκόσμια και ευρωπαϊκή τάση αλλά και δημιουργώντας μια εθνική στρατηγική.

Διάφοροι φορείς, όπως ενώσεις, οργανώσεις και σύνδεσμοι, μετέχουν της εθνικής στρατηγικής στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, συμβάλλοντας με προτάσεις, έρευνες, εκτιμήσεις, στατιστική ανάλυση των δεδομένων κ.α. με μοναδικό στόχο, την εξέλιξη και την ευρωστία του κλάδου αυτού.

➤ **Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα**

Το αιολικό δυναμικό της Ελλάδας είναι αρκετά αξιόλογο, έχοντας σε αρκετές περιοχές της επικράτειας μέσες ταχύτητες ανέμου που είναι οικονομικά αξιοποιήσιμες. Οι μέγιστες τιμές στην ταχύτητα του ανέμου, που όπως φαίνεται και στον χάρτη της εικόνας 1.1.5 είναι αυτές που είναι μεγαλύτερες των 10 μέτρων το δευτερόλεπτο, βρίσκονται στο νότιο άκρο της Εύβοιας (ανατολικά της Καρύστου), στην Σκύρο, στην Άνδρο, στον Νομό Λακωνίας, στην Αμοργό, στην δυτική Σάμο, στην νοτιοδυτική Ρόδο, στην Κάρπαθο και την ανατολική Κρήτη. Τιμές 9 με 10 m/s, βρίσκονται σε όλα τα νησιά του Αιγαίου, στην νότια Εύβοια, στην Κέρκυρα, στην Κεφαλονιά, στην νότια Αττική και σε διάσπαρτα σημεία της Ελλάδας.



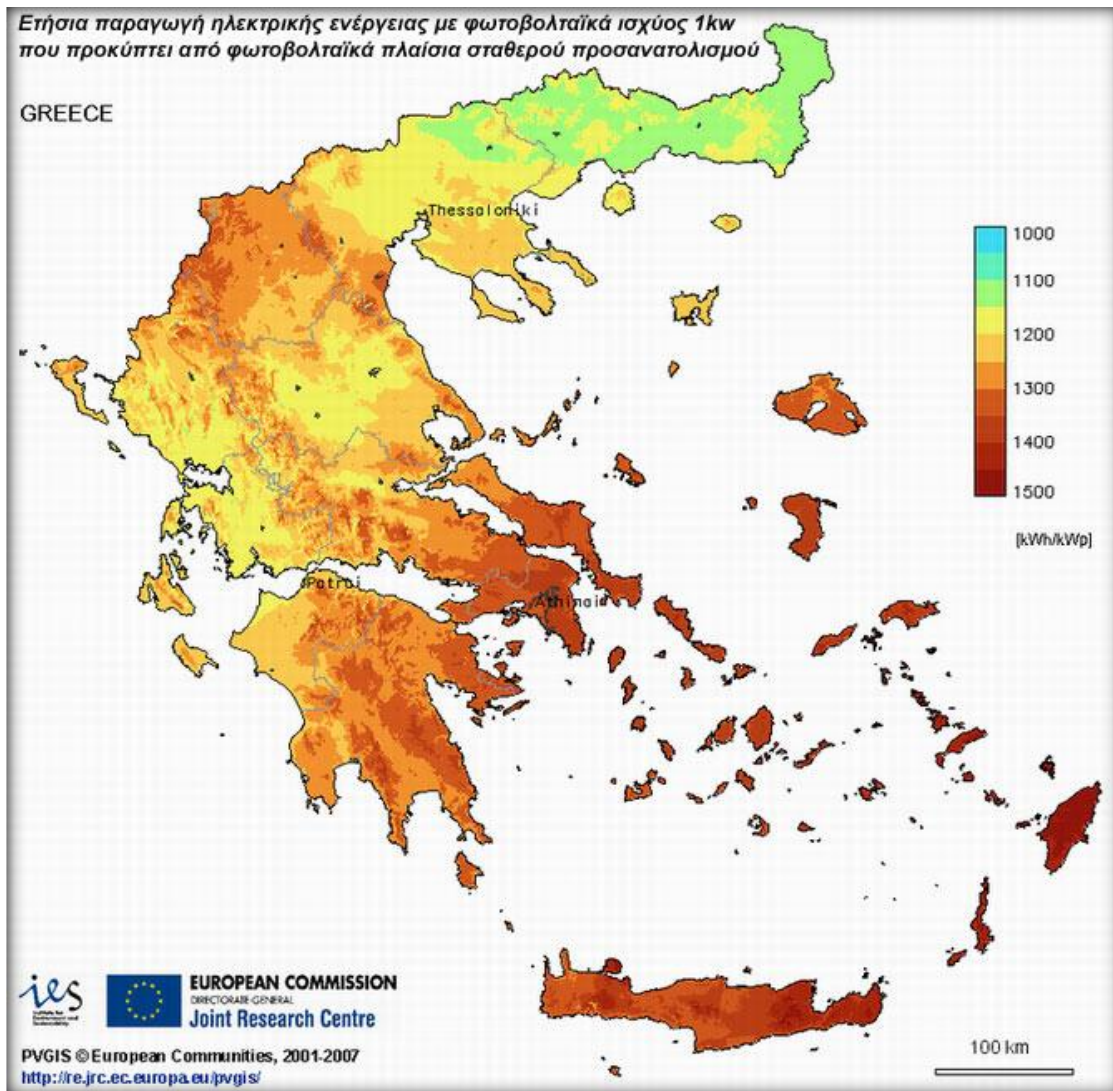
Εικόνα 1.1.5: Αιολικός Χάρτης Ελλάδος σε m/s (ΚΑΠΕ, 2013)

Το δυναμικό αυτό, κυρίως από τις ακτογραμμές και τα νησιά, έδωσε μέχρι το τέλος του 2012 συνολική εγκατεστημένη ισχύ 1.749 MW. Από το 2002, μέχρι και το 2012 η συνολική ισχύς της Ελλάδας σχεδόν οχταπλασιάστηκε, όπως ακριβώς συνέβη και με την συνολική ισχύ της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε άλλα όμως μεγέθη. Αυτό το γεγονός, επιβεβαιώνει την υψηλή ανάπτυξη του κλάδου σε «Κοινοτικούς» ρυθμούς, που συγκεκριμένα το 2011 με μια αύξηση της τάξης περίπου του 20% προστέθηκε νέα εγκατεστημένη ισχύς μεγαλύτερη των 300 MW, η οποία είναι μεγαλύτερη από την συνολική εγκατεστημένη ισχύ της Ελλάδας μέχρι και το 2002. Αναλυτικά, γίνεται αναφορά στο αιολικό δυναμικό της χώρας στο Κεφάλαιο 2.

➤ Ηλιακή Ενέργεια στην Ελλάδα

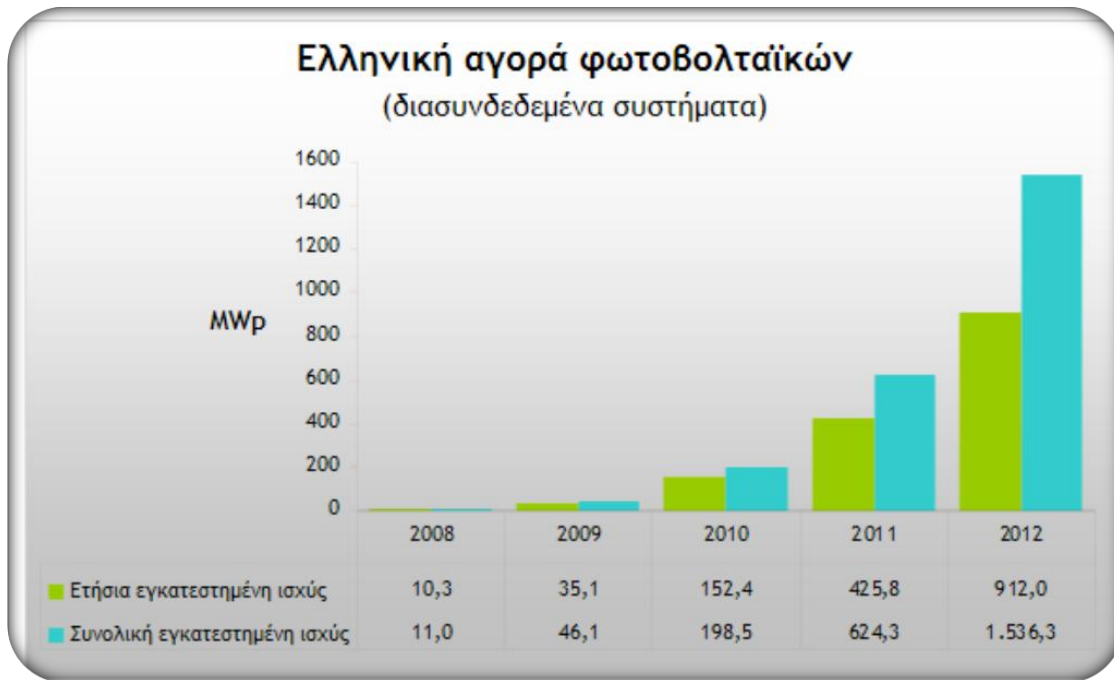
Η Ηλιακή Ενέργεια στην Ελλάδα εξαπλώνεται με πολύ υψηλούς αναπτυξιακούς ρυθμούς τα τελευταία χρόνια, κυρίως στο κομμάτι των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Χαρακτηριστικό είναι ότι από το έτος 2009 στο 2010 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών συστημάτων σχεδόν πενταπλασιάστηκε, από το 2010 στο 2011 τριπλασιάστηκε, ενώ από το 2011 στο 2012 υπερδιπλασιάστηκε. Ακόμα, τα φωτοβολταϊκά αποτελούν την ατμομηχανή των Ανανεώσιμων Πηγών στην Ελλάδα, κατέχοντας το 88% της νέας ισχύος το 2012.

Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας είναι ένα από τα καλύτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, μαζί με τις υπόλοιπες μεσογειακές χώρες. Η θέση της χώρας, με γεωγραφικό πλάτος γύρω από τις 37° (Αθήνα) και θέση μεταξύ 340 και 420 παραλλήλου του βορείου ημισφαιρίου, δίνει ένα μεσογειακό ήπιο κλίμα κατάλληλο για συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Το μέγιστο μέσο δυναμικό, μετρήσιμο με ένα φωτοβολταϊκό σύστημα 1 KW, εντοπίζεται στα Δωδεκάνησα, στις Κυκλάδες, στην Κρήτη, στις Σποράδες, στα Νησιά Ανατολικού Αιγαίου, στην Αττική, στην νότια Στερεά Ελλάδα και την Εύβοια, στην ανατολική Πελοπόννησο και την Δυτική Μακεδονία (**Εικόνα 1.1.6**). Στον αντίποδα, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται ως είναι λογικό, στα βόρεια και συγκεκριμένα στην ανατολική Μακεδονία και στην Θράκη.



Εικόνα 1.1.6: Ηλιακό Δυναμικό Ελλάδας, σε μέσες τιμές παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά ισχύος 1kW (Πηγή: Ευρωπαϊκό Κέντρο Ερευνών PVGIS).

Το αξιοποιημένο δυναμικό της χώρας, έχει εκτοξευτεί στα τελευταία χρόνια από τα μόλις 10,3 MW το 2008 (**Εικόνα 1.1.7**) στα 1.536 MW για το 2012 και τα 1.862,5 MW ως τον Φεβρουάριο του 2013, δίνοντας στην Ελλάδα την τέταρτη θέση στην Ευρώπη και έβδομη διεθνώς στην νέα εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών για το 2012. Στη συμμετοχή στο εσωτερικό της χώρας, υπολογίζεται ότι η συνολική παραγωγή από φωτοβολταϊκά, που άγγιξε τις 1.700.000.000 κιλοβατώρες, κάλυψε το 3% των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα για το 2012. Η τάση αυτή δείχνει ότι είναι πολύ πιθανό, μέσα στο 2013 η ισχύς από φωτοβολταϊκά συστήματα να ξεπεράσει την Αιολική Ενέργεια για πρώτη φορά.



Εικόνα 1.1.7: Ετήσια & Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Φωτοβολταϊκών στο ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα τα τελευταία 5 έτη (MWp).

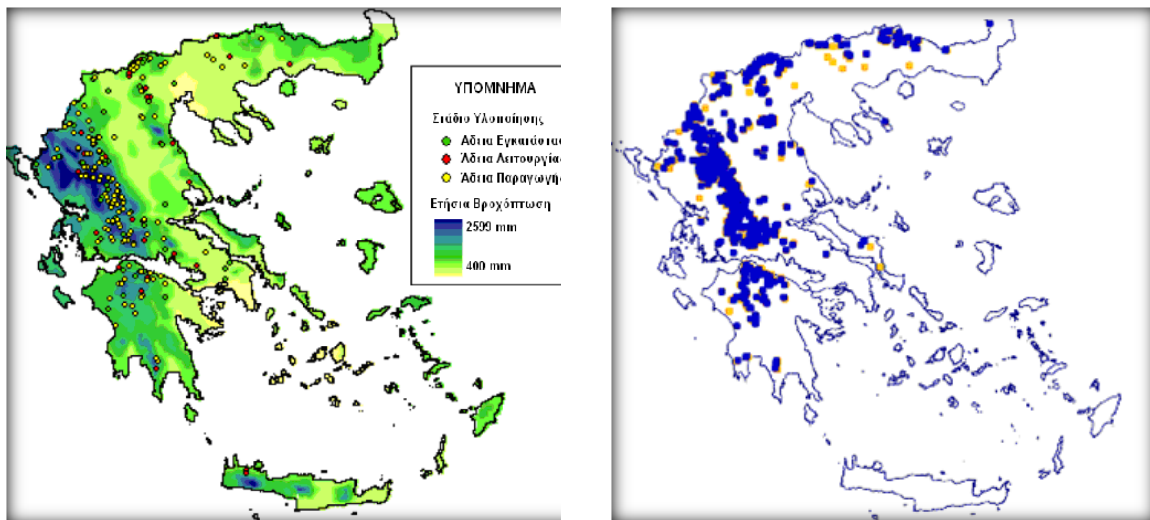
Αναγάγοντας τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ σε επιμέρους κατηγορίες, παρατηρείται ότι μόλις το 20% περίπου της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος σε διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα για το 2012, αντιστοιχεί σε συνολικά 297 MW και είναι τοποθετημένο σε στέγες κατοικιών. Αντίθετα, το ένα τρίτο περίπου του συνόλου της ισχύς από φωτοβολταϊκά αντιστοιχεί σε συστήματα ισχύος από 20-250 KW, με το ένα πέμπτο σε ισχύ 250 kW – 2 MW, ενώ η τελευταία και μεγαλύτερη κατηγορία που είναι τα συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη των 2 MW τα οποία φτάνουν στα 198,2 MW καλύπτοντας μόνο το 12%.

➤ Υδραυλική Ενέργεια στην Ελλάδα

Η Υδραυλική Ενέργεια στην Ελλάδα, λόγω του ως επί το πλείστον έντονου ανάγλυφου που κυριαρχεί σε όλη την επικράτεια της χώρας και κυρίως στο βορειοδυτικό της τμήμα, έχει αρκετά μεγάλο, οικονομικά εκμεταλλεύσιμο, δυναμικό, το οποίο υπολογίζεται ότι ανέρχεται περίπου στις 80 TWh.

Μέχρι και σήμερα, το ποσοστό αξιοποίησης του δυναμικού αυτού είναι γύρω στο 40% προερχόμενο από 16 μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα και αρκετά μικρά, τα οποία είναι όλα υπό την λειτουργία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), με τους ιδιώτες επενδυτές να μην μετέχουν ακόμα στην παραγωγή.

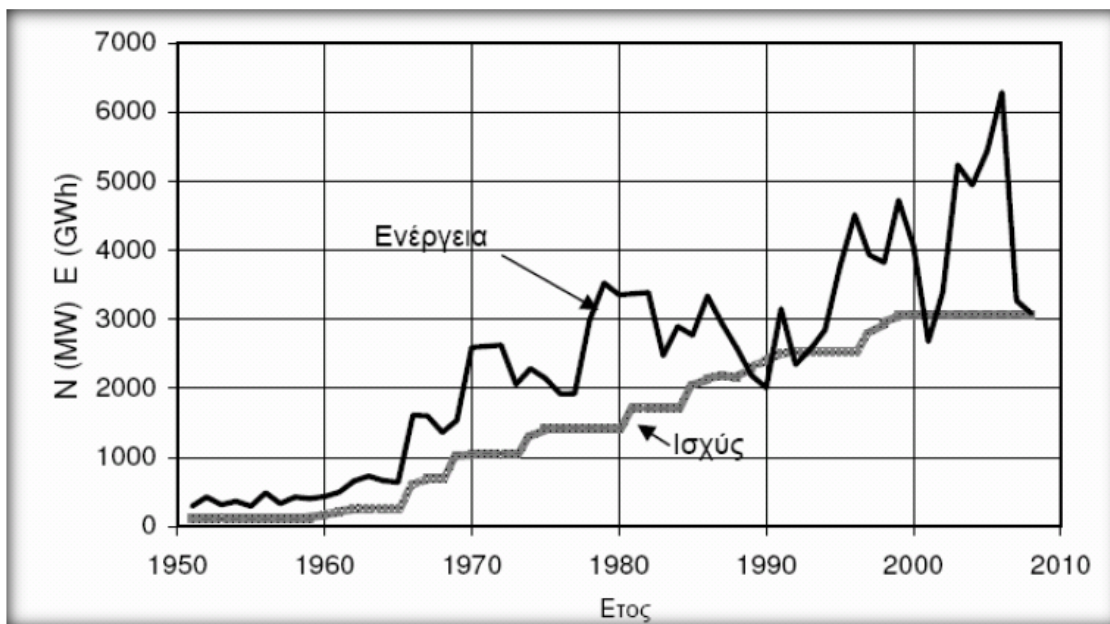
Η Ελλάδα λόγω του ότι είναι μια αρκετά ορεινή χώρα, έχει πλούσιο δυναμικό υδατοπτώσεων εξαιτίας της διαμόρφωσης των λεκανών απορροής, αλλά και των αρκετών βροχοπτώσεων, δημιουργώντας ένα αξιόλογο δυναμικό Υδραυλικής Ενέργειας, ικανό για αρκετά σημαντική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως φαίνεται στους χάρτες της **εικόνας 1.1.8**, οι εν ενεργεία και οι εν εγκαταστάσει, καθώς και οι περιοχές επενδυτικού ενδιαφέροντος, για μεγάλης και μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικούς σταθμούς αντίστοιχα, συσσωρεύονται κυρίως στην Δυτική Ελλάδα όπου οι ετήσιες βροχοπτώσεις είναι γύρω στα 260 εκατοστά. Οι τοποθεσίες, στις οποίες η βροχόπτωση παίρνει τις μεγαλύτερες τιμές βρίσκονται στους νομούς: Ιωαννίνων, Γρεβενών, Τρικάλων, Άρτας, Καρδίτσας, Ευρυτανίας, Φωκίδας και Αχαΐας.



Εικόνα 1.1.8: Χάρτες Ελλάδας με την Ετήσια Βροχόπτωση – Στάδια Υλοποίησης και κατανομή επενδυτικού ενδιαφέροντος για μικρά υδροηλεκτρικά έργα (Πηγή: Ελληνική Εταιρεία Ύδρευσης & Αποχέτευσης Πρωτεύουσας – ΠΑΕ, 2010).

Αξιοποιώντας ένα μέρος από αυτό το υδραυλικό δυναμικό της Ελλάδας, η συνολική εγκατεστημένη υδροηλεκτρική ισχύς για το 2010 έφτασε τα 3,060 GW, τα οποία αντιστοιχούν περίπου στο 22% της συνολικής ισχύος του διασυνδεδεμένου δικτύου, με

την μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας να φτάνει τις 5.000.000 κιλοβατώρες. Ο διαθέσιμος ωφέλιμος όγκος όλων των ταμιευτήρων της χώρας από τους μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς ως και το τέλος του 2010, είναι 5.300.000.000 κυβικά μέτρα. Το 30% αυτού του όγκου διατίθεται για άλλες χρήσεις, με την συνολική ισχύ και τον όγκο ταμιευτήρων των μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικών σταθμών, να μην αναμένεται να αλλάξει σημαντικά σύντομα, καθώς δεν προγραμματίζονται άλλα μεγάλα έργα από την ΔΕΗ ή από ιδιώτες.



Εικόνα 1.1.9: Υδροηλεκτρική ισχύς και παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (2010).

Πηγή: Ελληνική Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας.

Αντίθετα με τα μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικά εργοστάσια, οι μικροί σταθμοί, που μέχρι το 2013 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς τους έφτανε μόλις τα 218 MW, έχουν αρκετές εκκρεμείς αιτήσεις για νέους σταθμούς οι οποίες βρίσκονται στα διάφορα διαδικαστικά στάδια. Έτσι προβλέπεται αύξηση της ισχύος στα επόμενα χρόνια, η οποία όμως, καθότι ως μικρής κλίμακας σταθμοί θεωρούνται αυτοί που έχουν ισχύ κάτω από 10 MW, δεν αναμένεται να είναι μεγάλης έκτασης η ετήσια αύξηση.

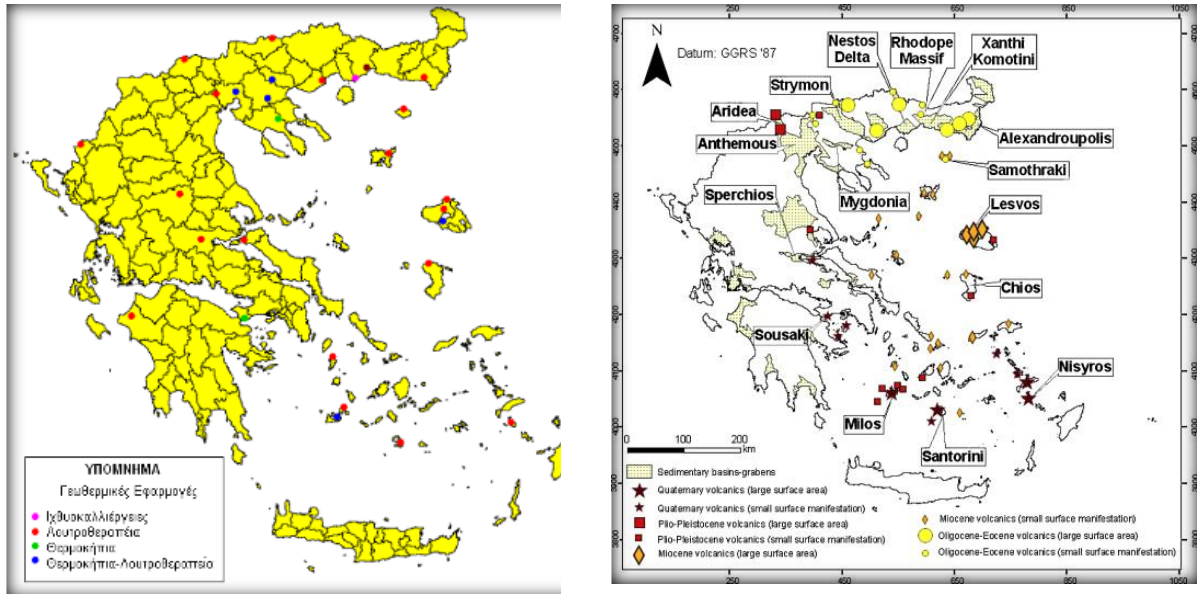
Τα τελευταία χρόνια οι ετήσιες επενδύσεις στους μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικούς σταθμούς, είναι έντονα πτωτικές, φτάνοντας από τα 132 εκατομμύρια το 2008 που ήταν η χρονιά ρεκόρ, στα 51 το 2009, στα 30 το 2010, στα 18 το 2011 και προσφάτως τα 16 εκατομμύρια Ευρώ για το 2012. Σύμφωνα με την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

(ΡΑΕ), το έτος 2010 η τιμή της υδροηλεκτρικής ισχύος βρισκόταν στα 0,08785 ευρώ ανά κιλοβατώρα, τιμή ακριβώς ίδια με την Αιολική Ενέργεια και πέντε φορές μικρότερη από την Ηλιακή. Η τιμή αυτή, για το έτος 2006 ανέρχονταν στα 0,073 ευρώ ανά κιλοβατώρα.

➤ **Γεωθερμική Ενέργεια στην Ελλάδα**

Η Ελλάδα λόγω συγκεκριμένων γεωλογικών συνθηκών, έχει ένα πολύ σημαντικό γεωθερμικό δυναμικό χαμηλής ενθαλπίας. Το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) σύμφωνα με έρευνες εκτιμά ότι τα συνολικά αποθέματα του δυναμικού αυτού της χώρας, αντιστοιχούν σε 200.000 τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου (Τ.Ι.Π) τον χρόνο. Σήμερα η αξιοποίηση περιορίζεται μόνο σε θερμικές χρήσεις όπως τη θέρμανση θερμοκηπίων, ενώ έχει υπολογιστεί ότι υπάρχουν αξιόλογες δυνατότητες για αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής.

Το γεωθερμικό δυναμικό της Ελλάδας έχει οικονομικά αξιοποιήσιμες δυνατότητες σε πολλές περιοχές της χώρας, με τα πεδία υψηλών θερμοκρασιών (μεγαλύτερα των 130°C) να βρίσκονται στο ηφαιστειακό τόξο του Νότιου Αιγαίου και με τα σημαντικότερα να εντοπίζονται στην Μήλο και στην Νίσυρο. Ακόμα σημαντικές δυνατότητες εντοπίζονται στην ν. Κω, στην ν. Πολύαιγο, στην ν. Γυαλί, στην ν. Σαμοθράκη, στην Βόρεια Εύβοια, στην ν. Λέσβο, στην ν. Κίμωλο κ.α. Στις συγκεκριμένες περιοχές, μαζί με μερικές ακόμα πιο περιορισμένων προοπτικών όμως, που είναι διάσπαρτες στην ηπειρωτική Ελλάδα, έχουν εγκατασταθεί αρκετές θερμικές εφαρμογές (ιχθυοκαλλιέργειες, Λουτρά, Θερμοκήπια), όπως φαίνεται και στον αριστερό χάρτη της εικόνας 1.1.10.



Εικόνα 1.1.10: Εκτίμηση του γεωθερμικού δυναμικού ανά κατηγορία και εφαρμογή στην Ελλάδα (Πηγή: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος – ΚΑΠΕ).

Το εκτιμώμενο πιθανό γεωθερμικό δυναμικό ολόκληρης της χώρας, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υπολογίζεται ότι μπορεί να είναι μεγαλύτερο ακόμα και από τα 500 MW, με τα 170 MW εξ’ αυτών να προέρχονται μόνο από τα νησιά της Μήλου και της Νισύρου. Στην Μήλο συγκεκριμένα την περίοδο 1985-1989 λειτούργησε μια πειραματική μονάδα 2 MW για την παραγωγή ηλεκτρισμού από την γεωθερμία, η οποία όμως μετά από αντιδράσεις της τοπικής κοινωνίας οδηγήθηκε σε παύση λειτουργίας.

1.1.3 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ στην Ευρώπη

Τα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως και όλες οι αναπτυγμένες χώρες παγκοσμίως, χαρακτηρίζονται από αρκετά υψηλή ζήτηση ενέργειας και κατανάλωση ανά κάτοικο. Με συνολικό πληθυσμό που έχει ήδη ξεπεράσει τους 500.000.000 κατοίκους και αρκετές από τις πρωτοστατούσες οικονομικά χώρες παγκοσμίως να βρίσκονται στους κόλπους της, η Ευρωπαϊκή Ένωση κλήθηκε από νωρίς να

συμμετάσχει ενεργά στην παγκόσμια διαχείριση, αλλά και αντικατάσταση των συμβατικών ενεργειακών πόρων.



Εικόνα 1.1.11: Ευρωπαϊκός χάρτης σε νυχτερινό ουρανό, με την αναπαράσταση των φώτων να δίνει συμπερασματικά την κατανάλωση ενέργειας (Πηγή: National Aeronautics and Space Administration NASA/GSFC).

Στο αλληλένδετο με την ενεργειακή ζήτηση, περιβαλλοντολογικό πρόβλημα, η Ευρωπαϊκή Ένωση λειτουργώντας ως μια οντότητα, αλλά και ξεχωριστά κάθε κράτος-μέλος από μόνο του, θέτει στρατηγικές και πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας και αποδοτικότερης χρήσης της, καθώς και σταδιακής αντικατάστασής της από ηπιότερες προς το περιβάλλον μορφές. Οι αξιολογήσεις, οι δράσεις και οι Οδηγίες εκ μέρους της Ένωσης προς το εσωτερικό της αλλά και παγκόσμια, είναι διαρκείς και αποτελούν σχεδόν ετήσιο θεσμό τα τελευταία χρόνια.

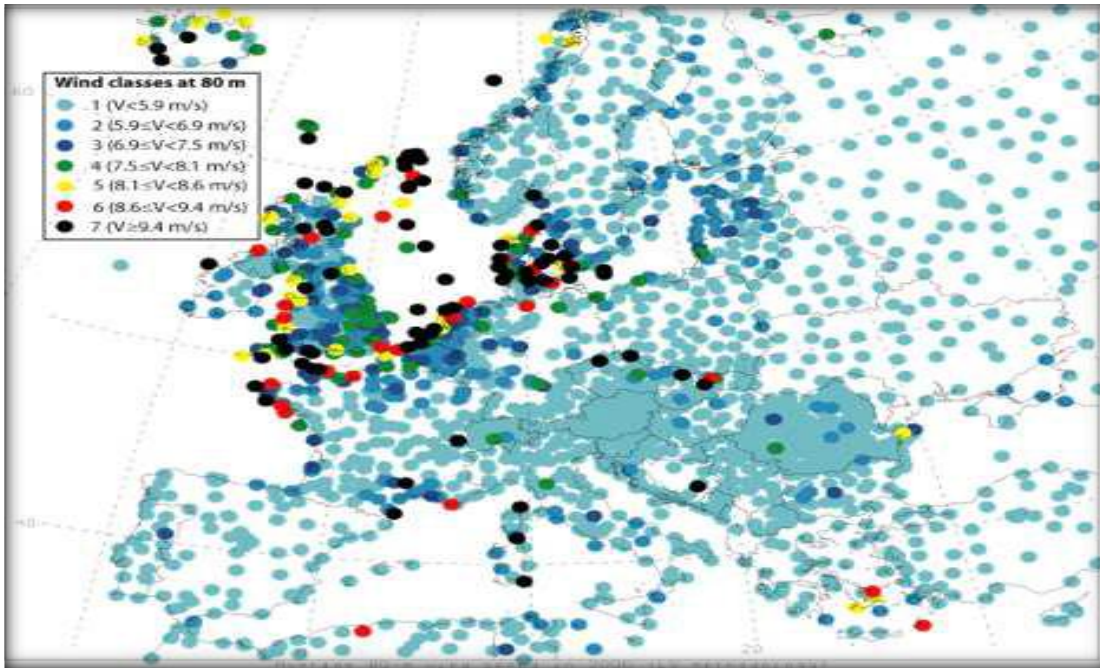
Στο συγκεκριμένο τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, για κάθε μια μορφή γίνεται ανάλυση και αξιολόγηση, έχουν ιδρυθεί αρκετοί οργανισμοί, εταιρίες, οργανώσεις με πρωτοβουλίες της ίδιας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και άλλων «οντοτήτων», όπως των βιομηχανιών που εμπλέκονται άμεσα με τον τομέα αυτό.

Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η ενδεδειγμένη καταγραφή της κατάστασης εντός των κόλπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για κάθε μορφή σε κάθε χώρα καθώς και εκτιμήσεις για το άμεσο και μεσοπρόθεσμο μέλλον.

➤ Αιολική Ενέργεια στην Ευρώπη

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, διαχρονικά βρίσκεται σε πολύ υψηλά επίπεδα στον τομέα της παραγωγής Αιολικής Ενέργειας, προσπερνώντας ακόμα και κατά πολύ αισιόδοξους στόχους εξέλιξης που η ίδια κατά καιρούς είχε θέσει. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, είναι ο στόχος της Λευκής Βίβλου το 1997 για συνολικά 40 GW ισχύς το 2010, τα οποία τελικά επιτεύχθηκαν πέντε χρόνια νωρίτερα, το 2005. Το 2010 η τελική πραγματική ισχύς, ήταν υπερδιπλάσια του στόχου, φτάνοντας τα συνολικά 84,6 GW, ενώ το 2012 έφτασε τα 106 GW. Παράλληλα, βρίσκεται σε εξίσου υψηλό επίπεδο τεχνολογίας και τεχνογνωσίας πάνω στην Αιολική Ενέργεια, έχοντας πολλές εταιρίες, με έδρα σε κράτη-μέλη, που κατατάσσονται στους 10 μεγαλύτερους κατασκευαστές ανεμογεννητριών παγκοσμίως.

Η ευρωπαϊκή ήπειρος έχει πολύ υψηλό μέσο αιολικό δυναμικό, γεγονός που ώθησε την καθιέρωση της Αιολικής Ενέργειας από νωρίς στις πρώτες θέσεις των Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας. Το δυναμικό, σε υψόμετρο 80 μέτρων, παρουσιάζεται στην εικόνα 1.1.12 παρακάτω. Οι μέγιστες τιμές, των τάξεων του ανέμου στην κλίμακα της εικόνας ($> 9,4\text{m/s}$), βρίσκονται κατά κύριο λόγο στο νότιο τμήμα της Σκανδιναβικής Χερσονήσου και στην ευρύτερη περιοχή περιμετρικά και εντός του Ηνωμένου Βασιλείου. Αντίστοιχα υψηλό δυναμικό εντοπίζεται στα δυτικά παράλια της Γαλλίας, στην Ισλανδία, στα σύνορα της Πολωνίας με την Τσεχία και την Σλοβακία, στην Σαρδηνία και στην Κορσική, στην Βοσνία κ.α.



Εικόνα 1.1.12: Αιολικό δυναμικό Ευρώπης, σε κλάσεις ανέμων στα 80 m υψόμετρο.

Η βιομηχανία Αιολικής Ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση βρίσκεται σε πολύ υψηλό επίπεδο έχοντας μερικές από τις μεγαλύτερες εταιρίες του χώρου παγκοσμίως (Vestas, Iberdrola, Enercon, Gamesa), μεγάλη συμμετοχή στο συνολικό Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, μεγάλα έσοδα για την Ένωση από φόρους και εξαγωγές, ενώ στον αντίποδα οδηγεί σε ελάχιστες εισαγωγές. Η εξαργύρωση αυτού του επιπέδου γίνεται «οικουμενικά» από την ίδια την Ένωση, από τα κράτη-μέλη ξεχωριστά, αλλά και από κάθε άμεσα ή έμμεσα εμπλεκόμενη με την βιομηχανία Αιολικής Ενέργειας, ιδιωτική ή δημόσια επιχείρηση.

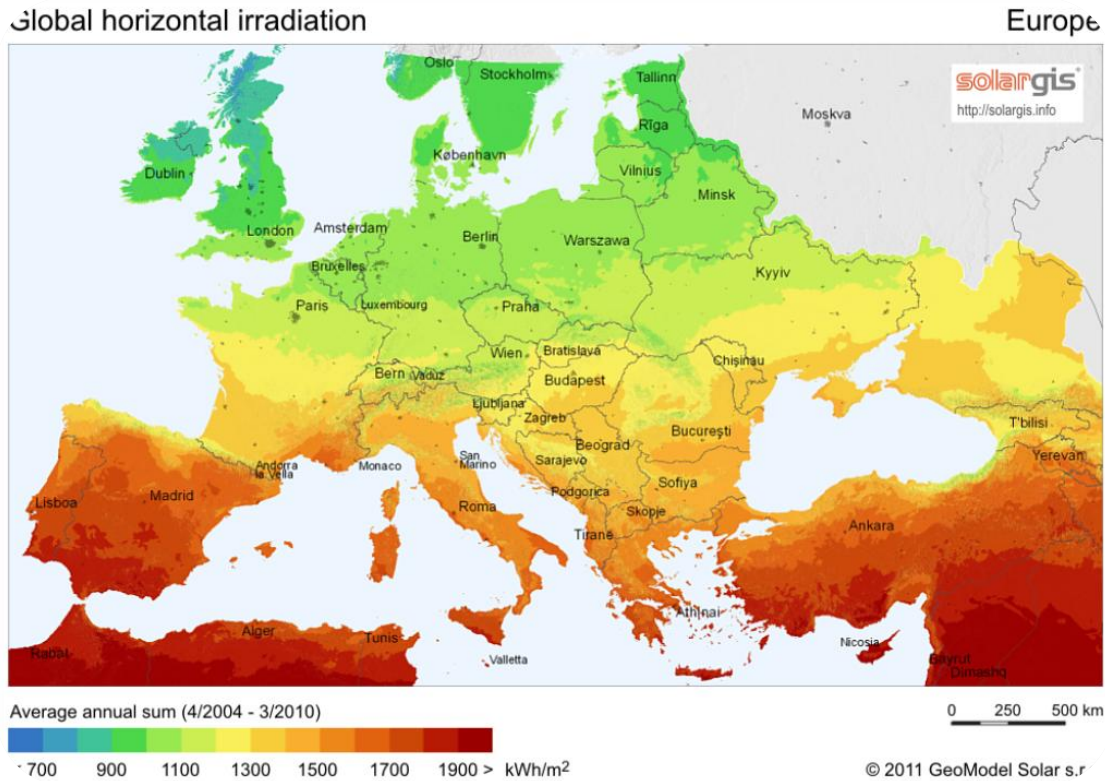
Στα χρόνια της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, η ευρωστία του κλάδου της Αιολικής Ενέργειας και το επενδυτικό δυναμικό της, τείνει να συμβάλει ουσιαστικά στην ανάκαμψη της οικονομίας της Ευρώπης. Στον βιομηχανικό τομέα της Αιολικής Ενέργειας, για το 2010 υπολογίζεται ότι οι εξαγωγές έφτασαν τα 8.830.000.000 Ευρώ, οι φόροι που δόθηκαν τα 3.590.000.000 Ευρώ, ενώ η άμεση ή έμμεση συμμετοχή στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της Ευρωπαϊκής Ένωσης έφτασε τα συνολικά 32.430.000.000 Ευρώ, με εκτιμήσεις να κάνουν λόγο ότι για το 2030, το ποσό αυτό θα «εκτοξευτεί» στα 173.000.000.000 Ευρώ με δυνατότητες για ακόμα μεγαλύτερη αύξηση. (Κεφάλαιο 2)

➤ **Ηλιακή Ενέργεια στην Ευρώπη**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, είναι ο πρωταγωνιστής στον τομέα της παραγωγής Ηλιακής Ενέργειας, καθώς τα τελευταία χρόνια περισσότερο από τα δύο τρίτα της νέας εγκατεστημένης ισχύος έχουν τοποθετηθεί σε αυτή. Η εξέλιξη και η διείσδυση των φωτοβολταϊκών στην Ευρώπη, εκτός από την νεοανερχόμενη αγορά της Αυστραλίας, είναι έτη μπροστά από τις περισσότερες περιοχές στον παγκοσμίως, ενώ παράλληλα από το 2011 για πρώτη φορά, βρίσκεται στην πρώτη θέση σε νέα εγκατεστημένη ισχύ ενέργειας, μπροστά από το Φυσικό Αέριο και την Αιολική Ενέργεια. Με το υπάρχον υψηλό δυναμικό, κυρίως στα νότια της ηπείρου, σε συνδυασμό με τη διαρκή πτώση του κόστους, η πορεία στην επόμενη δεκαετία αλλά και μετέπειτα, διαφαίνεται εξίσου θετική.

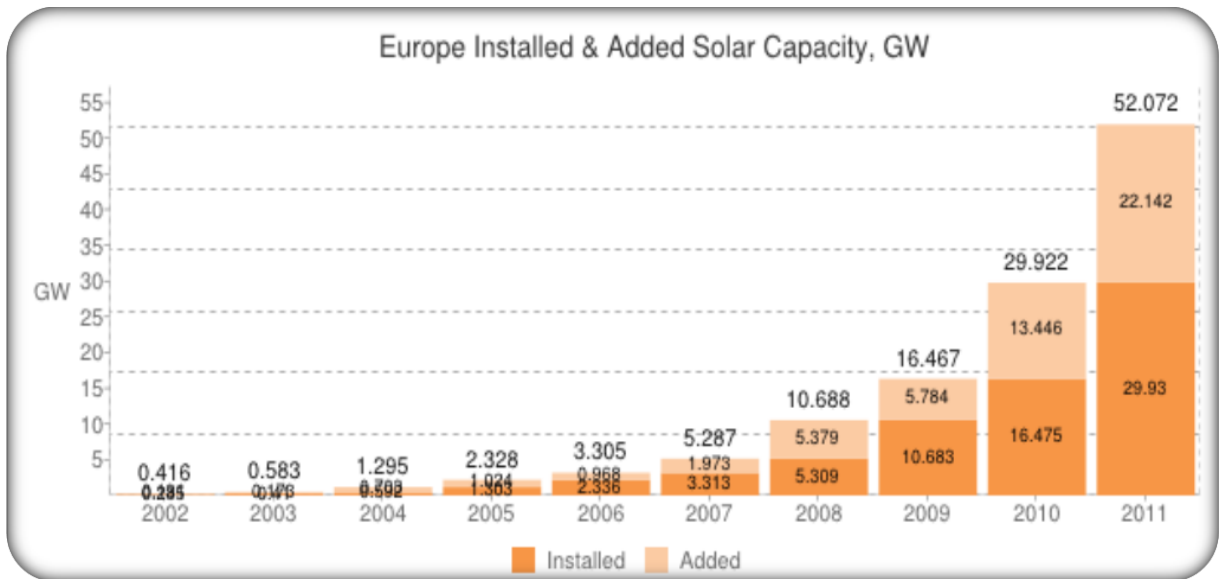
Το νότιο τμήμα της ευρωπαϊκής ηπείρου, κυρίως αυτό που βρέχεται από την Μεσόγειο Θάλασσα, έχει πολύ υψηλό μέσο ηλιακό δυναμικό, ικανό να παράξει πολύ μεγάλη ισχύ ηλεκτρικής ενέργειας. Οι χώρες με τις υψηλότερες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.1.13, είναι η Πορτογαλία, η Γαλλία (νότια), η Ισπανία, η Μάλτα, το Μονακό, η Ιταλία, η Αλβανία και η Ελλάδα. Δευτερεύουσες, αλλά με άκρως ικανό προς αξιοποίηση δυναμικό, είναι οι χώρες της κεντρικής Ευρώπης, στο άξονα Γαλλίας (κεντρικής) – Ουκρανίας (νότιας), Ρουμανίας.

Οι σχετικά χαμηλότερες τιμές ($< 1.000 \text{ kWh/m}^2$), όπως είναι φυσικό βρίσκονται κυρίως στην Σκανδιναβική Χερσόνησο, το Ηνωμένο Βασίλειο και τις υπόλοιπες βόρειες χώρες γενικότερα.



Εικόνα 1.1.13: Ηλιακό δυναμικό Ευρώπης (Πηγή: SolarGIS, Geo Model Solar).

Στην πράξη το δυναμικό αυτό, υπολογίζεται ότι απέφερε στην ευρωπαϊκή ήπειρο ως και το τέλος του 2011, συνολική ισχύ 52 GW, ενώ εκτιμήθηκε ότι ως το τέλος του 2012 θα έφτανε τα 69 GW ισχύος. Η εξέλιξη προς αυτή την ισχύ ήταν ραγδαία, με σχεδόν εκατονταπλασιασμό της συνολικής ισχύος σε λιγότερο από μια δεκαετία, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 2.6 στην επόμενη σελίδα, ενώ σύμφωνα με εκτιμήσεις μέσα στην επόμενη πενταετία θα «εκτοξευτεί» στα 95 με 154 GW. Χαρακτηριστικό είναι ακόμη, ότι από το 2002 η αύξηση είναι μεγαλύτερη του 30%, ενώ από το 2006 και μετά η ετήσια αύξηση της ισχύος, είναι μόνιμα μεγαλύτερη του 50% της εγκατεστημένης ισχύος.



Εικόνα 1.1.14: Εγκατεστημένη ισχύς Ηλιακής Ενέργειας στη Ευρώπη σε GW (Πηγή: energici.com)

Από οικονομικής πλευράς, η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία αποτελεί μια αγορά φωτοβολταϊκών συνολικά 58.000.000.000 Ευρώ, έχει το 58% εξ’ αυτών των χρημάτων αθροισμένο με τις εξαγωγές, δηλαδή περίπου 40.000.000.000 Ευρώ, να μοιράζεται σε ευρωπαϊκές κατασκευαστικές εταιρίες και υπηρεσίες εγκατάστασης (14.300.000.000 Ευρώ). Πιο ειδικά αλλά και πιο μακροπρόθεσμα, τα συνολικά 21.642 MW εγκατεστημένης ισχύος για το 2011, υπολογιζόταν ότι θα προσδώσουνε μέσω της λειτουργίας και της συντήρησής τους, σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους, περίπου 9.800.000.000 Ευρώ.

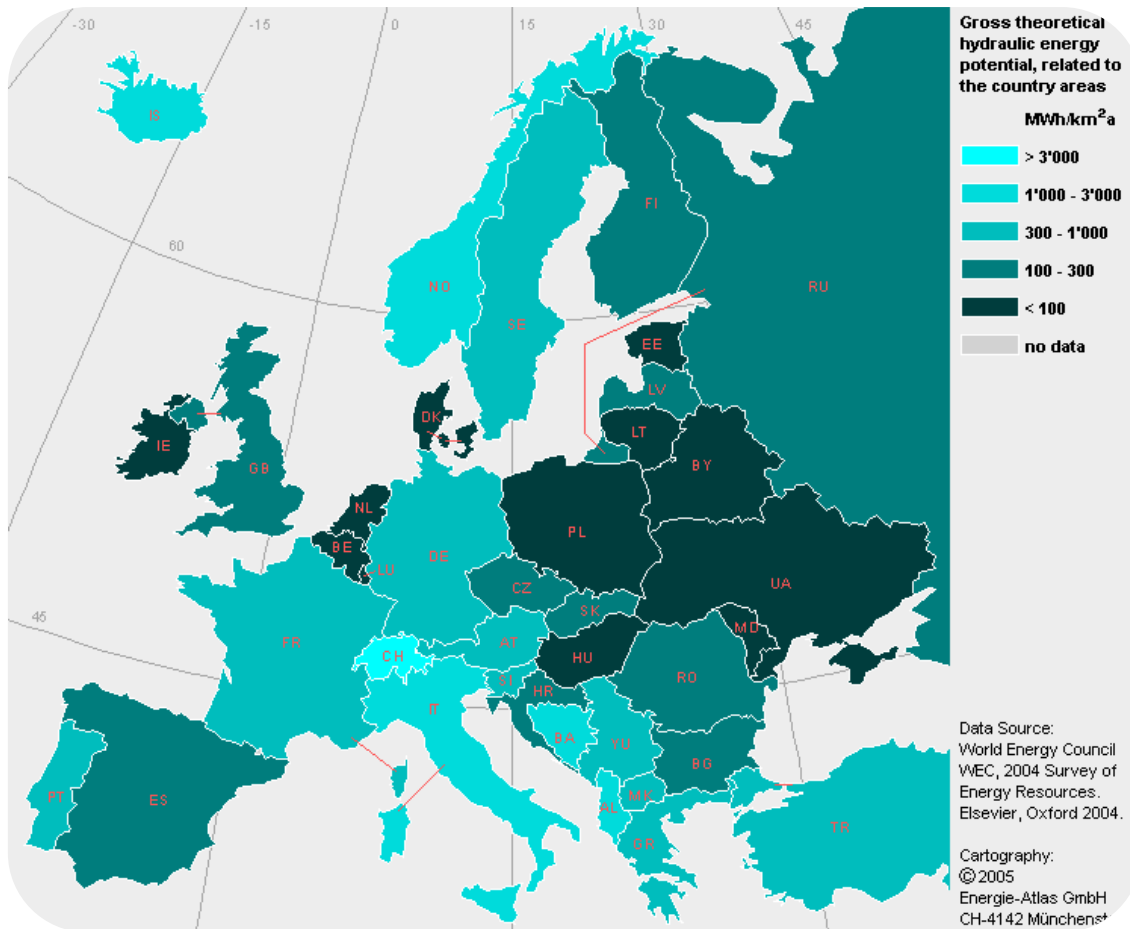
Όσον αφορά το κομμάτι του εργατικού δυναμικού της Ηλιακής Ενέργειας, η βιομηχανία φωτοβολταϊκών συστημάτων απασχολεί συνολικά περίπου 265.000 εργαζόμενους στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με προοπτικές υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις ο αριθμός αυτός να φτάσει τα 1.400.000 το 2020 και τα 2.200.000 το 2030. Από την άλλη πλευρά, η βιομηχανία Θερμικής Ηλιακής Ενέργειας, που είχε τζίρο για το 2011 2.600.000.000 Ευρώ, έχει έμψυχο δυναμικό συνολικά περίπου 32.000 εργαζόμενους πλήρους απασχόλησης.

➤ **Υδραυλική Ενέργεια στην Ευρώπη**

Η Ευρώπη, σε επίπεδο παραγωγής Υδραυλικής Ενέργειας και συγκεκριμένα υδροηλεκτρικής, υστερεί σημαντικά από την ασιατική και την αμερικάνικη ήπειρο, οι οποίες μονοπωλούν τις 50 πρώτες θέσεις στους μεγαλύτερους σταθμούς του κόσμου, σχεδόν αποκλειστικά. Ακριβώς το ίδιο σκηνικό αναμένεται να συμβεί και στα επόμενα χρόνια, καθότι τα μεγαλύτερα προγραμματισμένα έργα, αλλά και αυτά υπό κατασκευή, βρίσκονται επίσης σε αυτές τις δύο ηπείρους με την Ευρώπη να ακολουθεί την τάση των καιρών που είναι τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

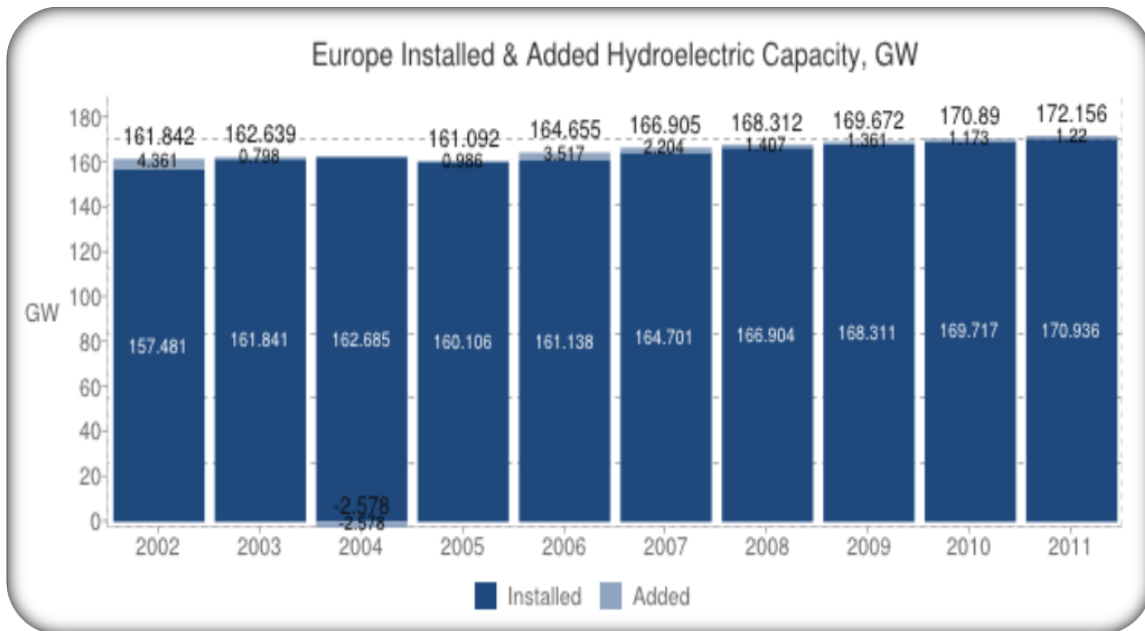
Η Ευρώπη, όπως είναι φυσικό, στις περιοχές με το εντονότερο ανάγλυφο έχει και τις υψηλότερες τιμές υδροηλεκτρικού δυναμικού (**Εικόνα 1.1.15**), με τις μεγαλύτερες εξ' αυτών να βρίσκονται στην Ελβετία λόγω των Άλπεων. Σε δεύτερο επίπεδο δυναμικού, βρίσκεται η Νορβηγία, η Ισλανδία, η Ιταλία, η Βοσνία Ερζεγοβίνη και η Αλβανία, ενώ σε τρίτο αλλά παραγωγικά ικανό επίπεδο, βρίσκονται η Σουηδία, η Γερμανία, η Γαλλία, η Αυστρία, η Πορτογαλία, η Σερβία, η Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (Π.Γ.Δ.Μ) και η Ελλάδα. Στον αντίποδα, σχετικά αρκετά χαμηλό υδροηλεκτρικό δυναμικό, έχουν η Εσθονία, η Λιθουανία, η Λευκορωσία, η Πολωνία, η Ουκρανία, η Ουγγαρία, η Μολδαβία και η Ιρλανδία.

Οι βασικές οροσειρές της Ευρώπης, οι οποίες κατά βάση τροφοδοτούν τις πρωτοπόρες χώρες σε υδροηλεκτρικό δυναμικό, είναι οι Άλπεις (4.810 m), τα Απέννινα (2.915 m), οι Δειναρικές Άλπεις (2.522 m), οι Σκανδιναβικές Άλπεις (2.469 m), η οροσειρά του Ιούρα (1.718 m) κ.α., ενώ τα μεγαλύτερα ποτάμια στα οποία πολλοί σταθμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι εγκατεστημένοι, είναι ο Βόλγας, ο Δούναβης, ο Δνείπερος, ο Ρήνος κ.α.



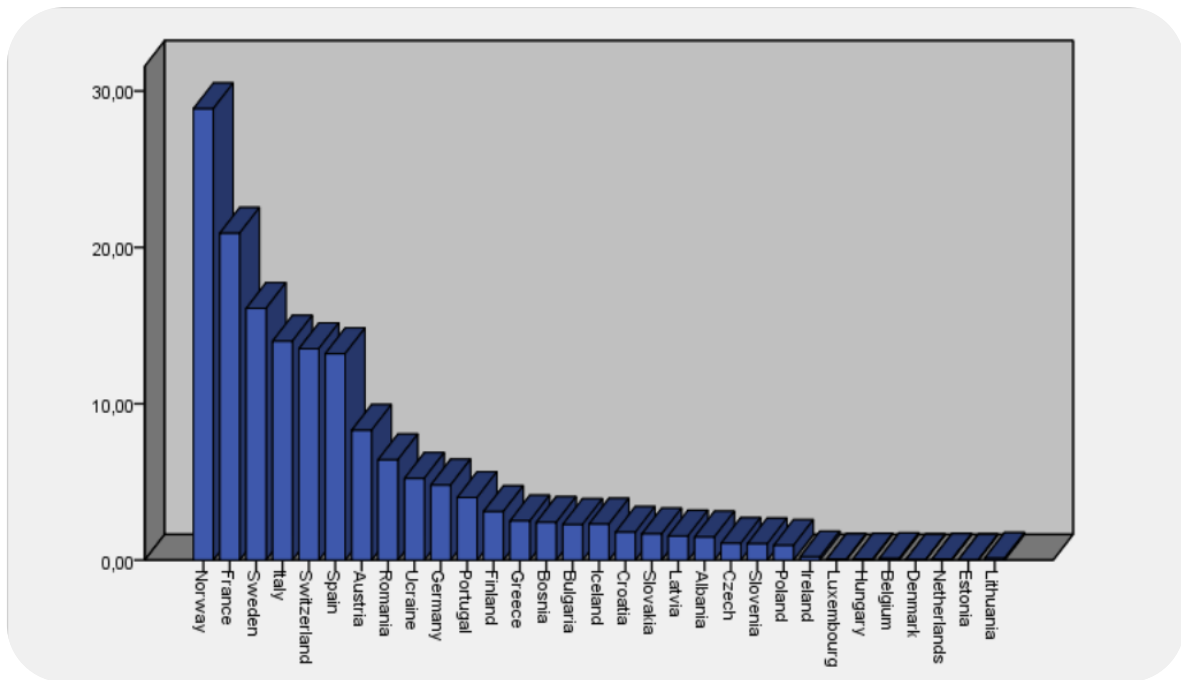
Εικόνα 1.1.15: Δυναμικό Ευρώπης στην Υδραυλική Ενέργεια (Πηγή: Global Energy Network Institute – GENI).

Το αξιοποιημένο τμήμα του δυναμικού αυτού, υπολογίζεται ότι απέφερε στην Ευρώπη ως και το τέλος του 2011, συνολική υδροηλεκτρική ισχύ περίπου 172 GW, ποσό αρκετά χαμηλότερο από τις πρωτοστατούσες ηπείρους. Η εξέλιξη προς αυτή την ισχύ ήταν αργή αλλά σχετικά σταθερή, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.1.16 παρακάτω, με μέσο όρο νέας ετήσιας εγκατεστημένης ισχύος, λίγο περισσότερο από το 1 GW τα τελευταία χρόνια. Το 2002 υπήρξε ένα μεγάλο σχετικά άλμα, με πάνω από 4 GW νέας ισχύς, το οποίο όμως δεν συνεχίστηκε, με την επόμενη μεγάλη αύξηση να έρχεται το 2006 η οποία ήταν και η τελευταία ως και σήμερα, ακολουθούμενη από σταδιακή μείωση του ρυθμού. Αυτός ο ρυθμός εξέλιξης των τελευταίων ετών, είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την τακτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των ανεπτυγμένων χωρών γενικότερα, να εγκαθιστά μικρής κλίμακας σταθμούς, με ισχύ όχι μεγαλύτερη των συνολικά 30 MW.



Εικόνα 1.1.16: Εγκατεστημένη υδροηλεκτρική ισχύς στην Ευρώπη σε GW (Πηγή: energici.com).

Τα συνολικά 172 GW στην Ευρώπη, διανεμόντάς τα στις χώρες παραγωγής τους, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.1.17, είναι φανερό ότι υπάρχουν διαφορετικών ταχυτήτων χώρες στην εγκατεστημένη ισχύ Υδροηλεκτρικής Ενέργειας. Στο πρώτο «επίπεδο», με περισσότερα των 20 GW εγκατεστημένη ισχύ, βρίσκονται μόνο η Νορβηγία και η Γαλλία, ενώ το δεύτερο με περισσότερα των 10 GW αποτελείται από ένα γκρουπ χωρών, που είναι η Σουηδία, Ιταλία, Ελβετία και Ισπανία, με την Αυστρία να βρίσκεται πολύ κοντά. Η Λιθουανία και η Εσθονία, όπως είναι ορατό και από την άποψη δυναμικού βρίσκονται στις τελευταίες θέσεις.

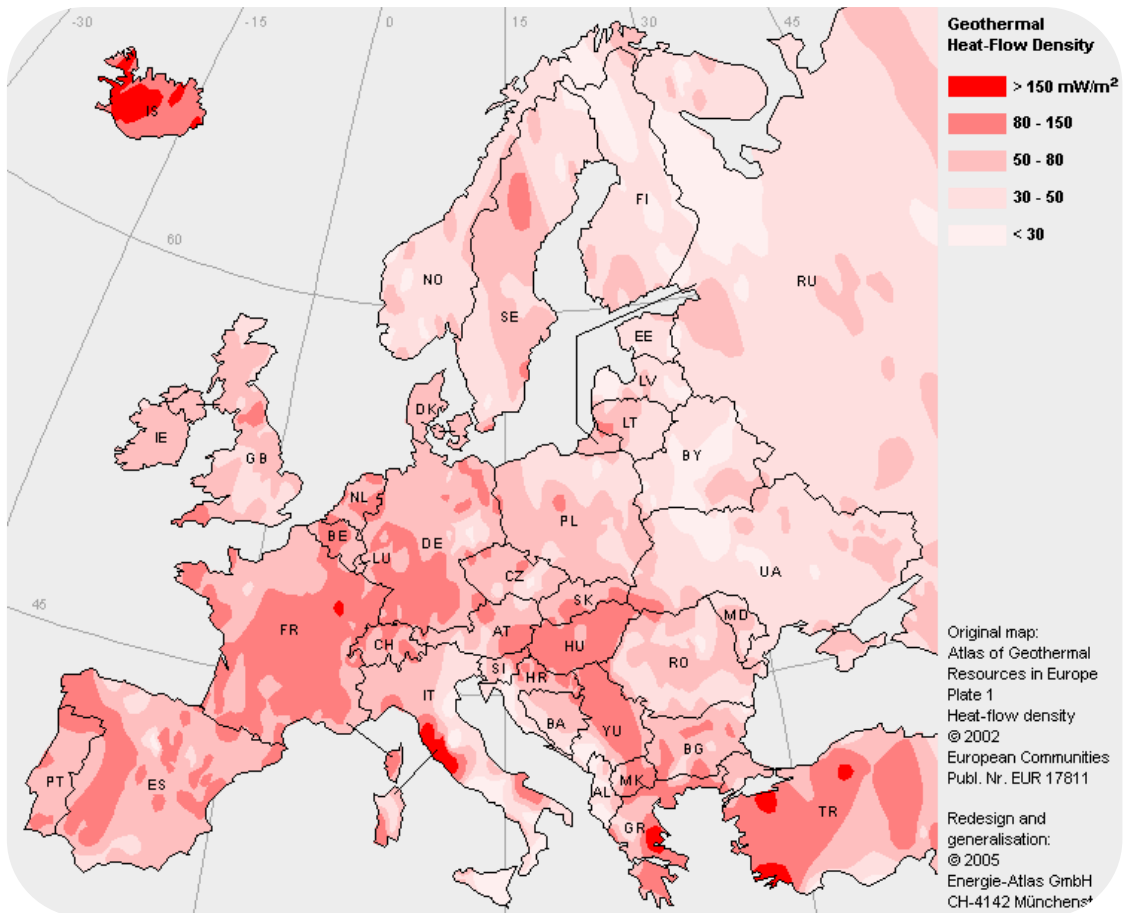


Εικόνα 1.1.17: Εγκατεστημένη ισχύς Υδραυλικής Ενέργειας στα ευρωπαϊκά κράτη (Πηγή: energici.com).

➤ Γεωθερμικό Δυναμικό στην Ευρώπη

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχει ένα αξιοσημείωτο γεωθερμικό δυναμικό κυρίως σε Ιταλία, Ισλανδία και Ελλάδα, το οποίο αξιοποιείται σε ορισμένα κράτη-μέλη όπως η Αυστρία, η Γερμανία, η Ελβετία και η Σουηδία για περισσότερα από 20 χρόνια. Ιστορικά τα πρώτα βήματα στην αξιοποίηση, άρχισαν στο επίπεδο ηλεκτροπαραγωγής από το 1900 στην Ιταλία και στην θέρμανση κατοικιών στην Ισλανδία από το 1925. Η εγκατεστημένη ισχύς στην Ένωση είναι σημαντικά χαμηλότερη των πρωτοπόρων παγκοσμίως Αμερικής και Ασίας.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ένα αρκετά υψηλό γεωθερμικό δυναμικό, με τις υψηλότερες τιμές να εντοπίζονται σε τρεις χώρες, την Ισλανδία, Ιταλία και την Ελλάδα. Σε δεύτερο επίπεδο αρκετά υψηλές τιμές σε μεγάλη σχετικά έκταση, παρατηρούνται στην Γερμανία, στο Βέλγιο, την Ολλανδία, τη Γαλλία, την Αυστρία, την Ουγγαρία, την Ισπανία, την Ελβετία, τη Σερβία και την Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας, με λιγότερο τη Σουηδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Πορτογαλία κ.α.

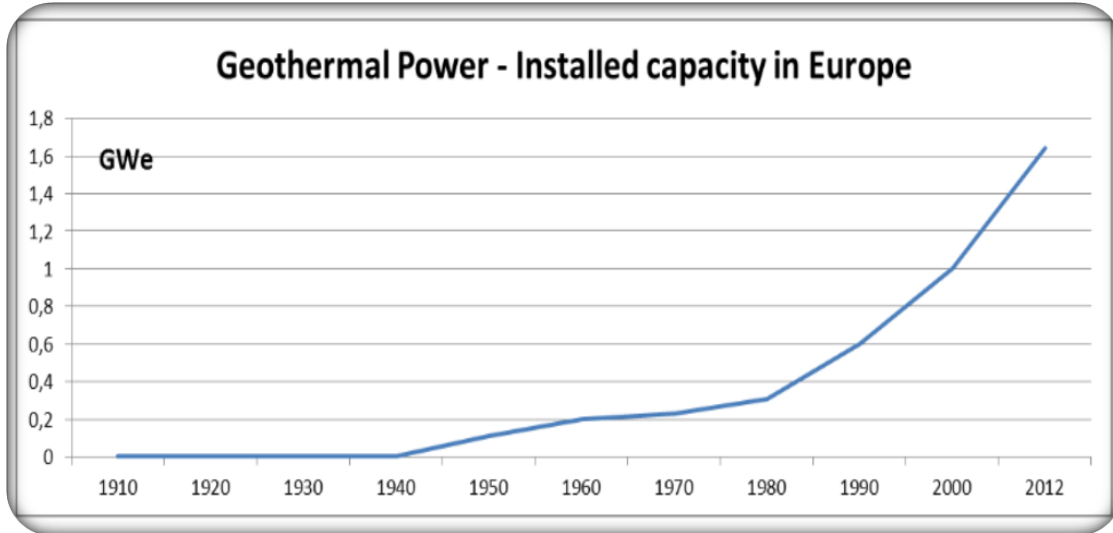


Εικόνα 1.1.18: Γεωθερμικό δυναμικό της Ευρώπης σε mW/m^2 (Πηγή: GENI).

Γεωλογικά αναλύοντας το γεωθερμικό αυτό δυναμικό, κυρίως της υψηλής ενθαλπίας στην ευρωπαϊκή επικράτεια, είναι ορατό ότι πηγάζει από την επαφή, τη σύγκρουση και την απομάκρυνση των τεκτονικών πλακών της Βορείου Αμερικής και της Ευρασίας, για την περίπτωση της Ισλανδίας, και της Αφρικανικής πλάκας με την πλάκα της Ευρασίας για την περίπτωση της Ιταλίας κυρίως, αλλά και της Ελλάδος, στην οποία συνδέεται όμως και η πλάκα της Ανατολίας. Τέλος, στις Αζόρες γίνεται μια επαφή 3 πλακών, αυτής της Βορείου Αμερική, της Ευρασίας και της Αφρικανικής.

Το τελικό αξιοποιημένο γεωθερμικό δυναμικό της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, αποφέρει συνολικά 0,935 GW εγκατεστημένης ισχύος από 48 σταθμούς ως και το 2012. Στα ευρύτερα όρια της Ευρώπης, η συνολική εγκατεστημένη γεωθερμική ισχύ για το ίδιο έτος, φτάνει τα συνολικά 1,7 GW ισχύος από 62 σταθμούς, παράγοντας 11.380.000.000 κιλοβατώρες ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ισχύς αυτή, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.1.19, είναι αποτέλεσμα σχεδόν ενός αιώνα, με εξελικτικά άλματα που ξεκίνησαν τα έτη 1940, 1980 και 2000, αυξάνοντας το ρυθμό ανάπτυξης της γεωθερμικής ισχύος.



Εικόνα 1.1.19: Συνολική παραγόμενη γεωθερμική ισχύ των τελευταίο αιώνα στην Ευρώπη σε GW (Πηγή: European Geothermal Energy Council).

Ακριβή στατιστικά στοιχεία, για όλες τις χώρες σε επίπεδο επενδύσεων και κόστους στην γεωθερμία δεν είναι διαθέσιμα. Ο μέσος όρος του κόστους εγκατάστασης 1MW ισχύος ηλεκτρικής Γεωθερμικής Ενέργειας στην Ισλανδία κοστίζει 2,5 με 3 εκατομμύρια δολάρια (Ηνωμένων Πολιτειών) και για την Ιταλία 5 εκατομμύρια δολάρια (Ηνωμένων Πολιτειών).

Όσον αφορά τους σταθμούς θέρμανσης, στοιχεία υπάρχουν μόνο για την Γαλλία, όπου το κόστος ανέρχεται σε 1,5 εκατομμύριο δολάρια (Ηνωμένων Πολιτειών) για κάθε ένα MW ισχύος. Στις αντλίες θερμότητας, σε Γερμανία και Ελβετία το κόστος είναι 3.000 και 4.000 δολάρια (Ηνωμένων Πολιτειών) αντίστοιχα.

Όσον αφορά τις επενδύσεις κεφαλαίου, η Γερμανία έχει συνολικά 850.000.000 δολάρια, η Ελβετία 310.000.000 δολάρια, εκ των οποίων τα 10.000.000 είναι για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η Γαλλία 170.250.000 δολάρια εκ των οποίων τα 17.125.000 είναι για θέρμανση και η Ιταλία 140.000.000 δολάρια 12 εκ των οποίων είναι όλα στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας.

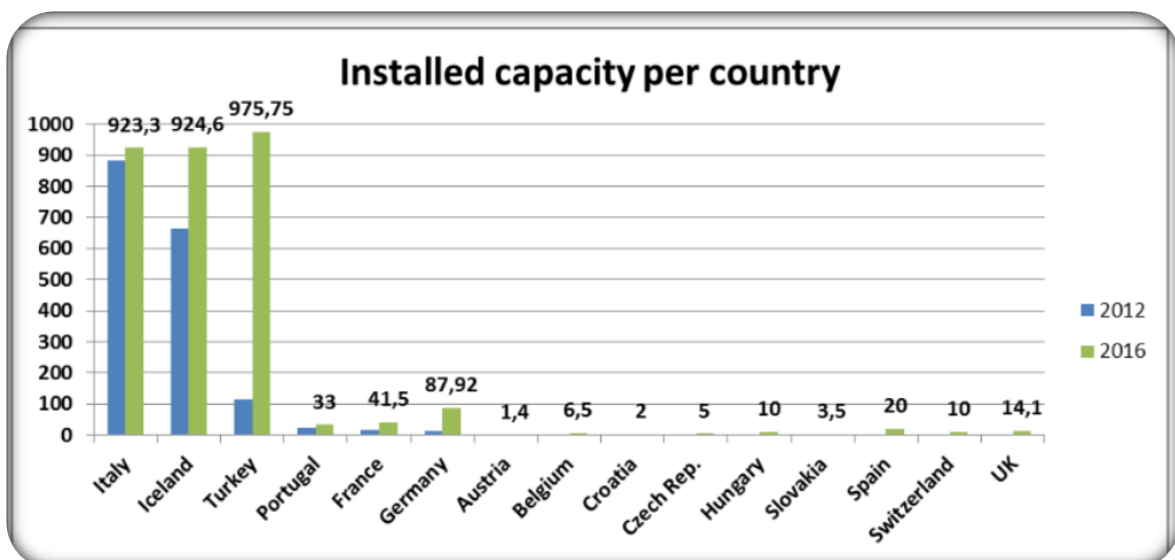
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παρότι τα στοιχεία υπολείπονται και παράλληλα είναι μόλις για ένα δείγμα χωρών του συνόλου, το άθροισμα δείχνει το κεφαλαιακό δυναμικό αυτής της μορφής ενέργειας είναι σε υψηλό επίπεδο.

Παρότι επίσης δεν υπάρχουν αξιόπιστα και πλήρη στοιχεία πάνω στον συνολικό, αλλά και επιμέρους αριθμό εργαζομένων σε κάθε χώρα, πάνω στην Γεωθερμική Ενέργεια, υπολογίζεται κατά προσέγγιση ότι το σύνολο αγγίζει τους περίπου 43.000 απασχολούμενους παγκοσμίως. Με την ίδια εκτίμηση υπολογίζεται ότι στα όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Γερμανία απασχολεί 13.000, η Γαλλία 8.029, η Ιταλία 1.250, η Ελβετία 1.200, η Ισπανία 415 και η Ισλανδία 210 εξειδικευμένους εργαζόμενους.

Επιμερίζοντας την συνολική παραγόμενη ισχύ γεωθερμικής ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκή Ένωσης προς τα κράτη-μέλη, γίνεται ορατό ότι δύο χώρες να κατέχουν παραπάνω από το 80% της συνολικής παραγωγής (**Εικόνα 1.1.20**), η Ιταλία και η Ισλανδία.

Αντίθετα, σε επίπεδο Γεωθερμικής Θερμικών Αντλιών, παρατηρούμε την Σουηδία να έχει την πρωτοκαθεδρία με διαφορά, με την Γερμανία και την Γαλλία να ακολουθούν. Τέλος όσον αφορά την γεωθερμική τηλεθέρμανση η Ισλανδία είναι πρώτη με τεράστια διαφορά.



Εικόνα 1.1.20: Εγκατεστημένη ισχύς Γεωθερμικής Ενέργειας, στα ευρωπαϊκά κράτη 27+ σε MW (Πηγή: European Geothermal Energy Council).

1.2 Κατηγορίες έργων ΑΠΕ – Ορισμός

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν εν αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών εμφανίστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων την τελευταία δεκαετία. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος.

Οι κατηγορίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι οι εξής:

- Ηλιακή Ενέργεια
- Αιολική Ενέργεια
- Βιομάζα
- Υδροηλεκτρική Ενέργεια
- Γεωθερμία
- Ενέργεια της Θάλασσας

Η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας γίνεται με την χρήση διαφορετικών τεχνολογιών. Συγκεκριμένα με την χρήση της **Ηλιακής Ενέργειας** πραγματοποιείται εκμετάλλευση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και της θερμότητας του ήλιου με τις εξής διαφορετικές τεχνολογίες:

- **Φωτοβολταϊκά Συστήματα:** τα συστήματα αυτά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, η οποία διοχετεύεται άμεσα στο δίκτυο.

- **Παθητικά Ηλιακά και Υβριδικά Συστήματα:** στα συστήματα αυτά πραγματοποιείται απευθείας εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για ιδανικό κλιματισμό και φωτισμό με την χρήση κατάλληλων δομικών υλικών σε κτίρια.
- **Ενεργειακά Ηλιακά Συστήματα:** τα συστήματα αυτά είναι κατά βάση ηλιακοί θερμοσίφωνες όπου μετατρέπεται η ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.

Η **Αιολική Ενέργεια** είναι η κινητική ενέργεια που παράγεται από την μεταφορά αερίων μαζών και μετατρέπεται σε μηχανική μέσω των ανεμογεννητριών, η οποία είτε χρησιμοποιείται απευθείας είτε μετατρέπεται σε ηλεκτρική και διοχετεύεται στο δίκτυο.

Η **Βιομάζα** είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια σε οργανική ύλη με μια σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών (δασικών γεωργικών προϊόντων, απόβλητα γεωργικών βιομηχανιών, κτλ.) χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Επίσης στην διεργασία αυτή θα μπορούσαν να συμμετέχουν και τα αστικά απορρίμματα στα πλαίσια μιας ολοκληρωμένης περιβαλλοντικής διαχείρισης και τελικής απόθεσης τους.

Η **Υδροηλεκτρική Ενέργεια** παράγεται με την εκμετάλλευση της υδατόπτωσης όπου μετατρέπεται η ροή των υδάτων είτε σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια είτε αυτή μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Η **Γεωθερμία** είναι η θερμική ενέργεια που λαμβάνεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα.

Η **Ενέργεια της Θάλασσας** είναι η ενέργεια των κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια και η ενέργεια των ωκεανών από τη διαφορά θερμοκρασίας των νερών στην επιφάνεια και σε μεγάλο βάθος.

Οι διασκέψεις κορυφής στο Ρίο το 1992 και στο Γιοχάνεσμπουργκ είχαν ως κύριο θέμα το μέλλον του πλανήτη μας και την βιώσιμη ανάπτυξη. Οι στόχοι αυτοί που αφορούν βασικά στη συνέχιση της ζωής στον πλανήτη μας δεν μπορούν να επιτευχθούν χωρίς ριζικές αλλαγές στη δομή του παγκόσμιου ενεργειακού συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η κινητική ενέργεια του ανέμου ονομάζεται «αιολική ενέργεια». Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη.

Αν υπήρχε η δυνατότητα, με την σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5.1m/sec, σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Επιπρόσθετα, το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 70, φέρνει ξανά στο προσκήνιο τις ΑΠΕ και συγκεκριμένα την αιολική ενέργεια. Στο διάστημα μέχρι σήμερα, σημειώνεται μια αλματώδης ανάπτυξη, κάτι που ενισχύεται και από την επιτακτική ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος. Γίνεται πλέον συνείδηση σε όλο και περισσότερο κόσμο, πως ο άνεμος είναι μια καθαρή ανεξάντλητη πηγή ενέργειας.

2.1 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια θεαματική άνοδος της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος από ανεμογεννήτριες στη χώρα μας (Κρήτη, Εύβοια, νησιωτική χώρα).

Ο μεγάλος ρυθμός ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας συνοδεύτηκε, όπως ήταν επόμενο, από την ανησυχία των τοπικών κοινωνιών σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι φόβοι που εκφράστηκαν ακούγονται μάλλον υπερβολικοί και, κάποιες φορές, εξωπραγματικοί. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις, οι ενστάσεις που υπάρχουν στην εγκατάσταση ανεμογεννητριών ή αιολικών πάρκων έχουν κάποια βάση και χρειάζονται επιπλέον διερεύνηση. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, η αποδοχή ή μη της αιολικής ενέργειας από τις τοπικές κοινωνίες προϋποθέτει την αντικειμενική τους πληροφόρηση για τα οφέλη και τις επιπτώσεις που αυτή θα μπορούσε να έχει ως μία ακόμη επέμβαση του ανθρώπου στη φύση.

Σήμερα είναι κοινά αποδεκτό ότι η παγκόσμια αλλαγή του κλίματος αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες απειλές για το μέλλον της ανθρωπότητας. Η αλλαγή αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στις εκπομπές των λεγομένων «αερίων του θερμοκηπίου» που συνοδεύουν αναπόφευκτα την παραγωγή ενέργειας από συμβατικά καύσιμα. Θεωρείται, λοιπόν ότι η συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ιδιαίτερα της αιολικής στην αντιμετώπιση του φαινομένου των κλιματικών αλλαγών οδήγησε στη ραγδαία ανάπτυξή της, όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής καθώς παρουσιάζει μια πλειάδα **πλεονεκτημάτων**.

- Ο άνεμος είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας, και πρακτικά ανεξάντλητη, η οποία δεν εκλύει στην ατμόσφαιρα αέρια θερμοκηπίου και άλλους ρύπους, κατά συνέπεια οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές συγκριτικά με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα.

Έγκυρες μελέτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έδειξαν ότι μια σημαντική υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και κυρίως με αιολικά πάρκα, που βρίσκονται ήδη στο στάδιο του σχεδιασμού ή υλοποίησης, θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών CO₂ στην ηλεκτροπαραγωγή τουλάχιστον κατά 11%, και επομένως να περιορίσει αντίστοιχα και τις δυσμενείς επιπτώσεις από το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με το μέγεθος των μηχανών και το αιολικό δυναμικό εξοικονομούνται:

✓ Παραδείγματος χάριν, για μέση ταχύτητα ανέμου 5.5m/s, εξοικονομούνται:

- 13-22 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα ανά GWh
- 13-20 kg διοξειδίου του θείου ανά GWh
- 18-27 kg νιτρικά οξείδια ανά GWh

Χαρακτηριστικά, η χρήση μιας ανεμογεννήτριας 600 kW, σε κανονικές συνθήκες αποτρέπει την απελευθέρωση 1,200 τόνων CO₂ ετησίως που θα αποβάλλονταν στο περιβάλλον εάν χρησιμοποιείτο άλλη πηγή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως π.χ. ο άνθρακας ή το φυσικό αέριο.

- Η αποφυγή των προστίμων από την εκπομπή των αερίων ρύπων, όπως προβλέπονται από το πρωτόκολλο του Κιότο είναι ένα επιπρόσθετο όφελος.
- Η αιολική ενέργεια είναι γεωγραφικά διάσπαρτη και οδηγεί στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο και μειώνοντας καθ' αυτό τον τρόπο τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- Οι εγχώριες πηγές ενέργειας, όπως είναι η αιολική συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Επίσης, η αιολική ενέργεια βοηθά στην ενεργειακή αυτάρκεια των αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και αποτελεί την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Επιπρόσθετα, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι αισθητά αθόρυβες. Το επίπεδο της έντασης του ήχου σε απόσταση 40 μέτρων από μια ανεμογεννήτρια είναι 50 - 60 db(A), που είναι αντίστοιχο με την ένταση μιας συζήτησης. Δεδομένης δε της απαιτούμενης ελάχιστης απόστασης των ανεμογεννητριών από γειτονικούς οικισμούς το επίπεδο αυτό είναι ακόμη χαμηλότερο, της τάξης των 30 db(A) περίπου, που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου ενός ήσυχου καθιστικού.

- Η αιολική ενέργεια δεν εμποδίζει τις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Περίπου το 99% της γης που φιλοξενεί ένα αιολικό πάρκο είναι διαθέσιμο για άλλες χρήσεις.

Διάφορες αγροτικές δραστηριότητες μπορούν να συνεχίζονται μέχρι τις βάσεις των ανεμογεννητριών, αφού τα θεμέλια τους είναι κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Ενδεικτικά και για λόγους σύγκρισης, αναφέρουμε ότι για την παραγωγή ενέργειας από έναν σταθμό ηλεκτροπαραγωγής που καίει άνθρακα απαιτείται έως και 4.5 φορές μεγαλύτερη έκταση απ'αυτή που απαιτείται για να καλυφθούν οι ίδιες ενεργειακές ανάγκες με την αιολική ενέργεια. Ο υπολογισμός αυτός έγινε λαμβάνοντας υπόψη τις τεράστιες εκτάσεις γης που δεσμεύονται κατά την εξόρυξη άνθρακα και αφορά τον κύκλο ζωής μιας τυπικής μονάδας παραγωγής ενέργειας που είναι περίπου 30 χρόνια.

Όσον αφορά τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα, πρέπει να τονίσουμε ότι στη μεγάλη τους πλειοψηφία εγκαθίστανται σε ορεινές θέσεις με αραιή θαμνώδη βλάστηση, η οποία οφείλεται, ως ένα βαθμό, ακριβώς στις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες (δηλαδή στις υψηλές ταχύτητες ανέμου). Η συνήθης χρήση γης στις θέσεις εγκατάστασης αιολικών πάρκων είναι η βοσκή αιγοπροβάτων.

- Η κατασκευή αιολικών πάρκων σε μια περιοχή συνοδεύεται από την παράλληλη υλοποίηση σειράς αντισταθμιστικών οφελών, πέραν των άμεσων και μετρήσιμων οικονομικών εισροών και των δημιουργούμενων θέσεων απασχόλησης. Συγκεκριμένα, κατασκευάζονται ή και βελτιώνονται, χωρίς κόστος για τους δημότες, σημαντικά έργα υποδομής στην ευρύτερη περιοχή, όπως οδικό δίκτυο, τηλεπικοινωνίες, ηλεκτρικό δίκτυο, καθώς κατασκευάζονται και διάφορα κοινωφελή έργα, όπως κοινωπικοί δρόμοι, σχολεία, παιδικοί σταθμοί, ενώ προσφέρονται από τους επενδυτές και ανάλογες χορηγίες.
- Η αιολική ενέργεια πάνω από όλα έχει φέρει έναν άνεμο αλλαγής στα ενεργειακά και περιβαλλοντικά δεδομένα, ενώ δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την οικονομική ανάπτυξη περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό και τη διασφάλιση ενός βιώσιμου μέλλοντος για εμάς και τα παιδιά μας.

Παρόλα τα πολλά προαναφερθέντα πλεονεκτήματα, η αιολική ενέργεια έχει και κάποια σημαντικά μειονεκτήματα που είναι ως ένα σημαντικό βαθμό αποτρεπτικά για την εξάπλωσή τους. Συγκεκριμένα,

- Η ισχυρότερη πρόκληση στη χρησιμοποίηση του ανέμου ως πηγή ενέργειας είναι ότι ο άνεμος είναι περιοδικά διακοπτόμενος, δηλαδή η έντασή του παρουσιάζει συχνά διακυμάνσεις και μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ώρας, της ημέρας ή και ακόμα του έτους. Ως αποτέλεσμα λοιπόν αυτής της στοχαστικότητας του ανέμου είναι οι μεγάλες διακυμάνσεις στην τιμή της παραγόμενης ισχύος που συνεπάγεται τη δυσκολία κάλυψης των αναγκών σε ηλεκτρισμό τη στιγμή που προκύπτουν.

Λύση στο πρόβλημα αυτό της στοχαστικότητας της αιολικής ενέργειας δίνει η αντλιοταμίευση, με την οποία η αιολική ενέργεια αποθηκεύεται με τη μορφή της δυναμικής ενέργειας στην ποσότητα του νερού, το οποίο αντλείται μεταξύ δύο φυσικών ή μη ταμιευτήρων με υψομετρική διαφορά κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης, ώστε να χρησιμοποιηθούν μέσω υδροηλεκτρικού συστήματος κατά τις ώρες αιχμής.

- Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος, να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί, ενώ έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και συνεπώς για μεγάλη ισχύ απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
- Η αιολική ενέργεια, όπως προαναφέραμε δεν μπορεί εύκολα να αποθηκευτεί. Η αποθήκευση της αιολικής ενέργειας δύναται να γίνει με μπαταρίες (συσσωρευτές) για μικρά συστήματα, ή μέσω της αντλιοταμίευσης για μεγάλα συστήματα. Όμως η χρήση συστοιχίας μπαταριών αυξάνει κατά πολύ το κόστος της επένδυσης.
- Η αιολική ενέργεια πρέπει να συναγωνιστεί τις συμβατικές πηγές ενέργειας σε επίπεδο κόστους. Ανάλογα με το πόσο ενεργητική, ως προς τον άνεμο, είναι μια τοποθεσία, το αιολικό πάρκο μπορεί ή δεν μπορεί να είναι ανταγωνιστικό ως προς το κόστος. Παρότι το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί δραματικά τα τελευταία 10 χρόνια, η τεχνολογία απαιτεί μια υψηλότερη αρχική επένδυση από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα για το αντίστοιχο φορτίο.

- Τα καταλληλότερα σημεία ανάπτυξης των αιολικών πάρκων βρίσκονται συνήθως σε ορεινές και απομακρυσμένες περιοχές, μακριά από τις πόλεις όπου χρειάζεται ο ηλεκτρισμός.
- Αν και τα αιολικά πάρκα έχουν σχετικά μικρή επίπτωση στο περιβάλλον συγκριτικά με άλλες συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, υπάρχει ένας προβληματισμός για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχουν σε τοπική κλίμακα. Ως κύριες επιπτώσεις από την εγκατάσταση και λειτουργία αιολικών πάρκων εμπορικής κλίμακας θεωρούνται ο θόρυβος που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες, οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, η οπτική όχληση καθώς και οι προσκρούσεις πουλιών στις πτερωτές των ανεμογεννητριών. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι πολύ ήσυχες και γίνονται όλο και πιο αθόρυβες, όπως αναφέραμε ανωτέρω στα πλεονεκτήματα της αιολικής ενέργειας. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που δημιουργούνται είναι σχετικά μικρά και βρίσκονται στο σημείο που είναι εγκατεστημένη η ανεμογεννήτρια σε απόσταση από το έδαφος.

Τα περισσότερα από αυτά τα προβλήματα έχουν επιλυθεί ή έχουν μειωθεί σε σημαντικό βαθμό μέσω της τεχνολογικής ανάπτυξης ή και της επιλογής κατάλληλων περιοχών για τη δημιουργία αιολικών πάρκων. Κάθε εγκατάσταση αιολικού πάρκου πρέπει να συνοδεύεται από περιβαλλοντική μελέτη που θα εξασφαλίζει την βέλτιστη ενσωμάτωση των ανεμογεννητριών στο τοπίο.

Γενικότερα θα πρέπει να αναφέρουμε πως τα οφέλη από τη χρήση της αιολικής ενέργειας τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο υποσκελίζουν τα όποια μειονεκτήματα τα οποία με την εξέλιξη της τεχνολογίας όλο και περιορίζονται. Η αιολική ενέργεια είναι σήμερα ανταγωνιστική σε σχέση με τα άλλα καύσιμα σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό, ενώ εκτιμάται ότι θα είναι πλήρως ανταγωνιστική και με την στενά οικονομική έννοια του όρου μέσα στα επόμενα έτη.

2.2 Η αιολική ενέργεια στην Ευρώπη

Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι μια από τις πιο θετικές εξελίξεις που δημιουργούνται από τη σημερινή καταγίδα της αβεβαιότητας που εξαπέλυσε ως αποτέλεσμα της ανόδου των τιμών του πετρελαίου, η κλιματική αλλαγή, την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, την εξάντληση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων και την εξάρτηση από το ξένο ενεργειακό εφοδιασμό.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως δεσμευτικό στόχο το 20% του ενεργειακού της εφοδιασμού να προέρχεται από την αιολική ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέχρι το 2020. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο στόχος του 20% της ενέργειας, περισσότερο από το ένα τρίτο της ευρωπαϊκής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με την αιολική ενέργεια αναμένεται να προσφέρει ένα ποσοστό 14 με 18% της ενέργειας.

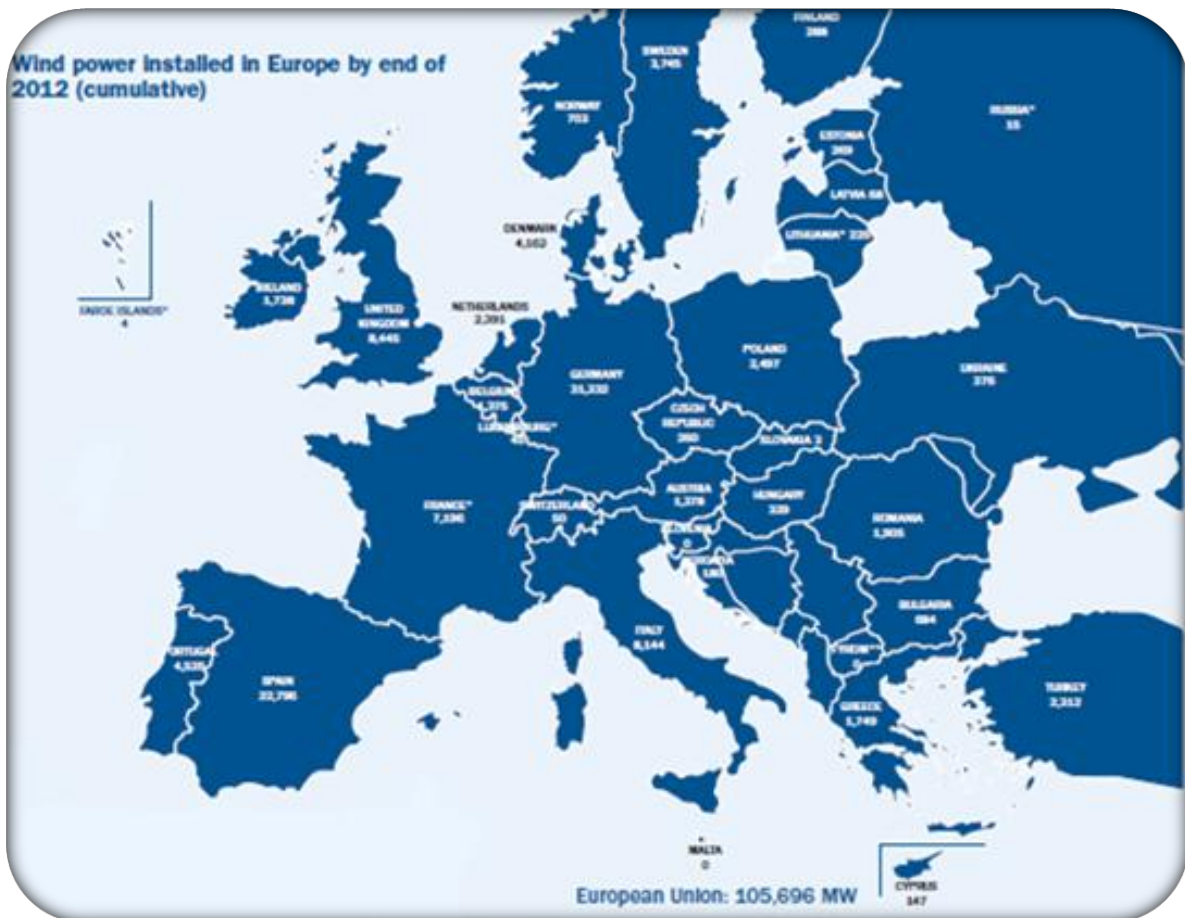
Μερικά από τα πολλά οφέλη που σχετίζονται με την αιολική ενέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η οικονομική ανάπτυξη και η δημιουργία θέσεων εργασίας. Κατά τη διάρκεια του 2012, η αξία των επενδύσεων αιολικών πάρκων στην Ευρώπη κυμαινόταν μεταξύ των 12.8 και 17.2 δισεκατομμυρίων ευρώ, των οποίων η εγκατεστημένη αιολική ισχύς τους έφθανε τα 11.566 GW. Τα χερσαία αιολικά πάρκα προσέλκυσαν επενδύσεις αξίας 9.4 έως 12.5 δισεκατομμύρια ευρώ, ενώ τα παράκτια αιολικά πάρκα αντιπροσώπευαν επενδύσεις αξίας 3.4 έως 4.7 δισεκατομμύρια ευρώ.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη έφθασε στα 105.7 GW, αύξηση της τάξης του 12% συγκριτικά με την προηγούμενη χρονιά, και παρόμοια με την αύξηση που καταγράφηκε μέσα στο έτος 2011 όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 2.2.1**.

Στην **εικόνα 2.2.2** απεικονίζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας μέχρι το τέλος του 2012 ανά Ευρωπαϊκή χώρα.

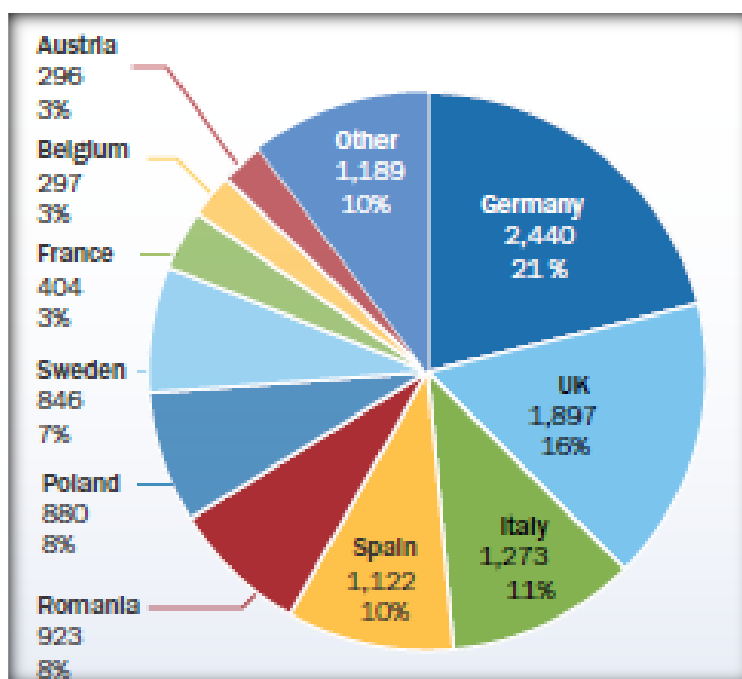


Εικόνα 2.2.1: Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Αιολικής Ενέργειας στην Ευρώπη σε GW (Πηγή: EWEA, 2012).



Εικόνα 2.2.2: Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Αιολικής Ενέργειας ανά Ευρωπαϊκή Χώρα (MW).

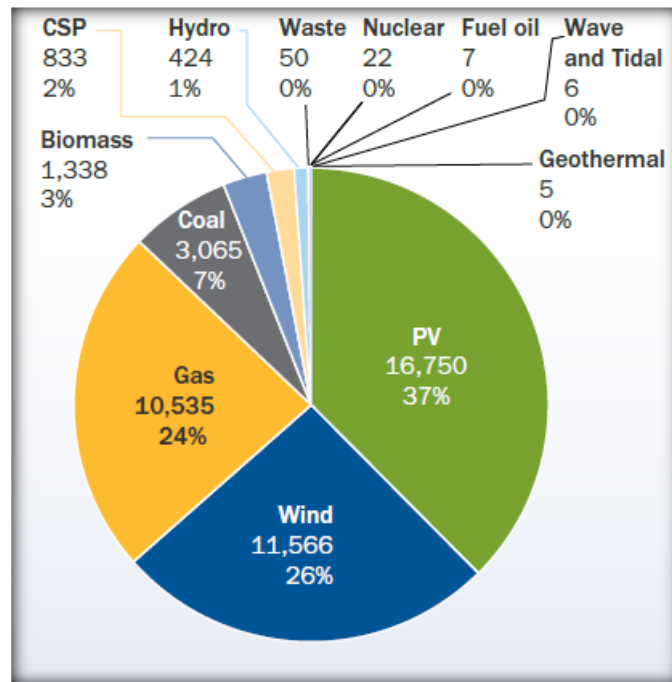
Η Γερμανία παραμένει η ευρωπαϊκή χώρα με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ που φθάνει τα 2,440 MW το έτος 2012, εκ των οποίων τα 80 MW αφορούν παράκτια αιολικά πάρκα (3.3%). Δεύτερη μεγαλύτερη αγορά είναι το Ηνωμένο Βασίλειο με 1,897 MW εγκατεστημένης ισχύος, εκ των οποίων τα 854 MW ισχύος αφορούν τα παράκτια αιολικά (45%). Στο μερίδιο αγοράς νέας εγκατεστημένης ισχύος από αιολικά για το έτος 2012 στην Ευρώπη, ακολουθούν η Ιταλία με 1,273 MW, η Ισπανία (1,122 MW), η Ρουμανία (923 MW), Πολωνία (880 MW), η Σουηδία (845 MW) και η Γαλλία (404 MW). Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζεται το μερίδιο αγοράς εγκατεστημένης αιολικής ισχύος των χωρών ΕΕ κατά τη διάρκεια του 2012 (**Εικόνα 2.2.3**).



Εικόνα 2.2.3: Μερίδιο Αγοράς χωρών ΕΕ της ετήσιας εγκατεστημένης ισχύος από αιολικά πάρκα το έτος 2012.

Μεταξύ των αναδυόμενων αγορών της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης, η Ρουμανία και Πολωνία συμμετείχαν στο μερίδιο αγοράς εγκατεστημένης ισχύος με ποσοστό γύρω στο 8% της συνολικής ετήσιας ισχύος αιολικής ενέργειας των χωρών ΕΕ, κατατάσσοντας τις στην πρώτη δεκάδα των ευρωπαϊκών χωρών. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί το σύνολο των εγκαταστάσεων στο Ηνωμένο Βασίλειο, στην Ιταλία και τη Σουηδία. Οι τρεις αυτές αγορές αντιπροσωπεύουν αντιστοίχως το 16%, 11% και 7% της συνολικής εγκαταστημένης ισχύος από αιολικά στην Ευρώπη για το έτος 2012.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ευρώπη έθφασε τα 31 GW περί τα τέλη του έτους 2012. Συγκεκριμένα, οι εγκαταστάσεις ισχύος από ανανεώσιμες πηγές αντιπροσωπεύουν το 69% των νέων εγκαταστάσεων κατά τη διάρκεια του έτους 2012 (**Εικόνα 2.2.4**). Ήταν, συνεπώς, το πέμπτο κατά σειρά έτος όπου πάνω από το 55% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος στις χώρες της ΕΕ προήλθε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



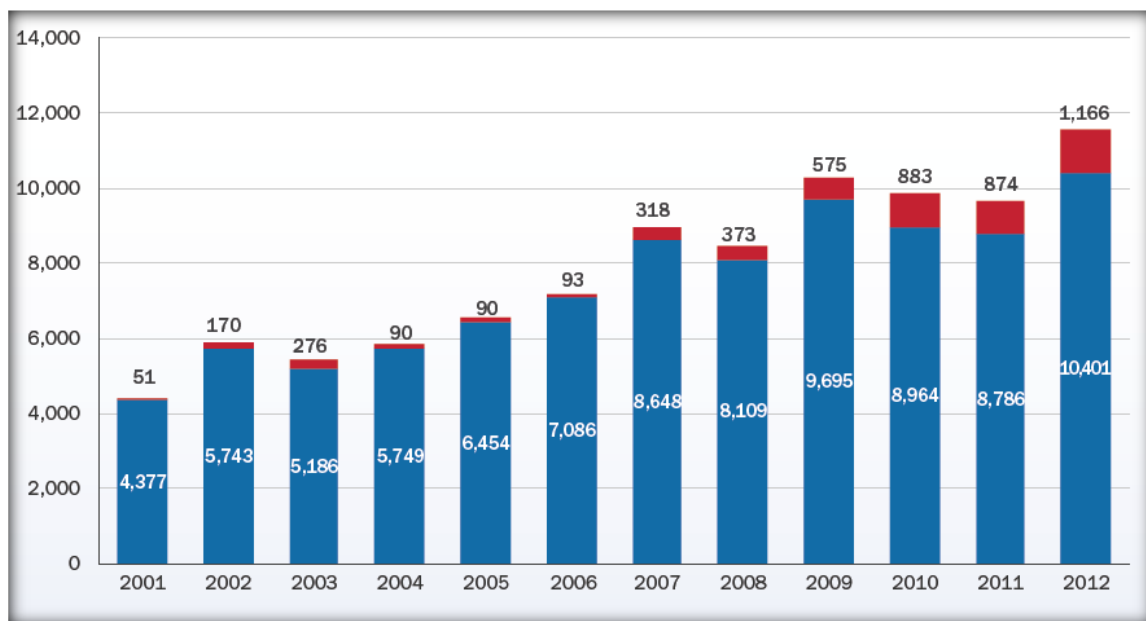
Εικόνα 2.2.4: Μερίδιο των νέων εγκαταστάσεων από ΑΠΕ σε MW το έτος 2012 (Συνολικά: 30,968MW).

Αναλυτικά, οι εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας αντιπροσωπεύουν το 26% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος για το έτος 2012, το δεύτερο μεγαλύτερο μερίδιο μετά τις εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών (38%) και πριν τις εγκαταστάσεις αερίου (24%).

Οι ετήσιες εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας αυξάνονται με σταθερό ρυθμό τα τελευταία 12 έτη, από 3.2GW το έτος 2000 σε 11.6GW το 2012 με ένα μέσο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης άνω του 11%. Το 2012 ήταν ένα έτος ρεκόρ για τις εγκαταστάσεις υπεράκτιων αιολικών πάρκων, με νέες εγκαταστάσεις ισχύος 1,166MW διασυνδεδεμένων στο δίκτυο.

Η υπεράκτια αιολική ενέργεια το έτος 2012 αντιπροσωπεύει το 10% της ετήσιας αγοράς αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη, με αύξηση μίας ποσοστιαίας μονάδας συγκριτικά με το 2011, και την τάση αυτή που αναμένεται να συνεχιστεί στα επόμενα έτη 2013 και 2014.

Στο ακόλουθο σχήμα (**Εικόνα 2.2.5**) απεικονίζεται η ετήσια εγκατεστημένη ισχύς χερσαίων και υπεράκτιων πάρκων τα τελευταία 12 έτη στην Ευρώπη.



Εικόνα 2.2.5: Ετήσια Εγκατεστημένη Ισχύς Χερσαίων (Μπλε χρώμα) και Υπεράκτιων Α/Π (Κόκκινο χρώμα) στην Ευρώπη (MW)

Η αιολική ισχύς που εγκαταστάθηκε μέχρι το τέλος του έτους 2012, παράγει 230 TWh ηλεκτρική ενέργεια, σ'ένα σύνηθες ανεμολογικό έτος, ικανή για να καλύψει το 7% της Ευρωπαϊκής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ποσοστό πάνω από το 6.3% της περσινής κατανάλωσης ενέργειας.

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας το έτος 2010 (EWEA, 2010), ο τομέας αιολικής ενέργειας αναμένεται να δημιουργήσει πάνω από 250,000 νέες θέσεις εργασίας στην Ευρώπη μέσα στην επόμενη δεκαετία. Περίπου 192,000 άνθρωποι στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν απασχοληθεί στον τομέα αιολικής ενέργειας ως το 2010. Επιπρόσθετα, οι ευρωπαϊκές εταιρείες απασχολούν δεκάδες χιλιάδες ανθρώπους στην αιολική ενέργεια εκτός Ευρώπης.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας προσδοκά ισχυρή ανάπτυξη στην απασχόληση του τομέα αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη μέσα στα επόμενα έτη, συγκεκριμένα σε 280,000 εργαζόμενους μέχρι το έτος 2015 και 450,000 μέχρι το 2020. Κατά μέσο όρο, υπολογίζονται 450 νέες θέσεις εργασίας εβδομαδιαίως στον τομέα αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη μέχρι το 2020. Τρεις βασικοί τομείς έχουν εντοπιστεί ως οι πιο κρίσιμοι στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, ο χώρος της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, τα ηλεκτρικά δίκτυα και τέλος η εκπαίδευση και κατάρτιση περισσότερων μηχανικών και τεχνικού προσωπικού. Όσον αφορά την απασχόληση στην υπεράκτια αιολική ενέργεια αναμένεται ότι θα ξεπεράσει τη χερσαία μέχρι το 2025, και μέχρι το 2030, πάνω από το 60% της συνολικής απασχόλησης στον τομέα αιολικής ενέργειας θα προκύπτει από την υπεράκτια αιολική ενέργεια.

Ένας ακόμη καθοριστικός παράγοντας που συμβάλλει στην ραγδαία ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη είναι η μείωση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και η προστασία του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (EWEA, 2011), με κάθε παραγόμενη κιλοβατώρα (kWh) αιολικής ενέργειας αποφεύγετε η παραγωγή μιας κιλοβατώρας από σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα, φυσικού αερίου και πετρελαίου, που αντιστοιχεί κατά μέσο όρο σε ρύπους 696 gr CO₂/kWh.

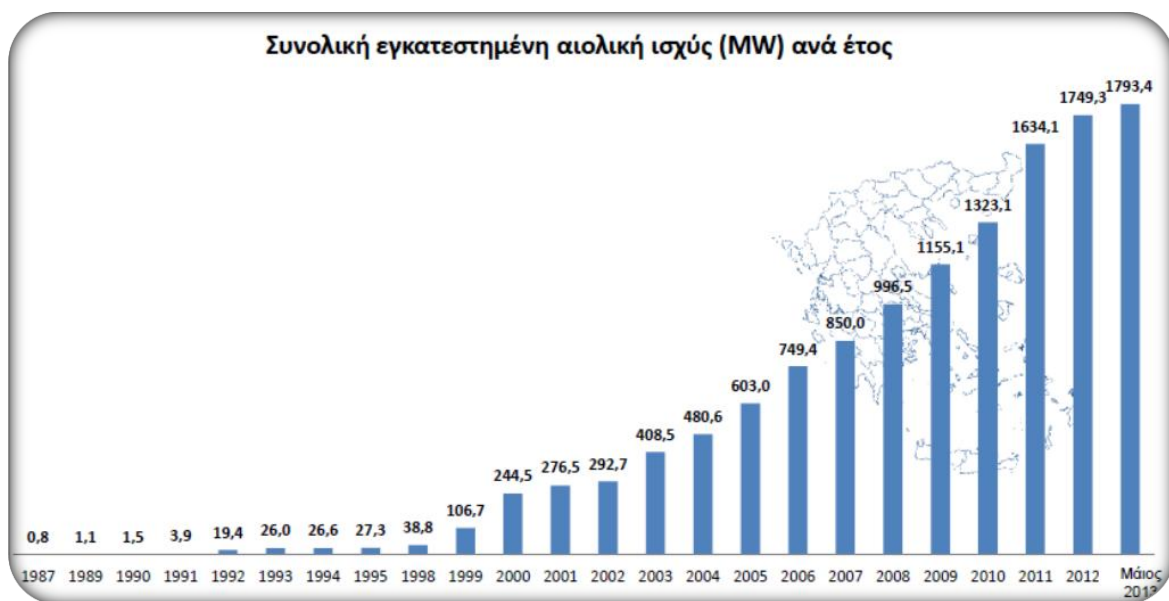
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το έτος 2011, η αιολική ενέργεια στην Ευρώπη συνέβαλλε στην αποφυγή εκπομπής 140 εκατομμυρίων τόνων (Mt) CO₂, που ισοδυναμούν με την απομάκρυνση 71 εκατομμυρίων οχημάτων από τους δρόμους. Το έτος 2020, τα 213 GW εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας, όπως προβλέπεται στα εθνικά σχέδια δράσης των κρατών μελών της ΕΕ για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, θα οδηγήσουν σε αποφυγή εκπομπής 316 Mt του CO₂. Αυτό ισοδυναμεί σε ποσοστό 28% της προσπάθειας μείωσης των εκπομπών του αερίου του θερμοκηπίου σε χώρες της ΕΕ για το έτος 2020.

2.3 Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ακτογραμμή και τεράστιο πλήθος νησιών, και οι άνεμοι που πνέουν κυρίως στις νησιωτικές και παράλιες περιοχές, προσδίδουν ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας.

Η νησιωτική χώρα έχει μεγάλη παράδοση στην χρησιμοποίηση του ανέμου για διάφορες εργασίες που απαιτούσαν ιδιαίτερη ισχύ. Είναι γνωστό πως ανεμόμυλοι στολίζουν τα κυκλαδίτικα νησιά, αλλά και σε ολόκληρο το Αιγαίο, κάποιοι συνεχίζουν να λειτουργούν ακόμα και τώρα που στέκουν περισσότερο ως τουριστικό έκθεμα. Το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 13.6% του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας.

Τα τελευταία χρόνια λόγω της γενικότερης παγκόσμιας στροφής στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αλλά και εν μέσω της οικονομικής κρίσης στην Ευρώπη, μεγάλα κοινοτικά προγράμματα έχουν δώσει κίνητρο σε σχέδια για κατασκευή αιολικών πάρκων σε όλη τη χώρα. Ήδη έχουν εγκατασταθεί αρκετά MW ενέργειας από ανεμογεννήτριες και η ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια είναι κατακόρυφη όπως φαίνεται στην εικόνα 2.3.1. Αυτό βέβαια ξεκίνησε μετά το 2007 όπου η Ε.Ε. συμφώνησε το γνωστό «20-20-20», δηλαδή τη μείωση 20% των ρύπων με ταυτόχρονη αύξηση στο 20% της παραγόμενης ενέργειας από Α.Π.Ε. και όλα αυτά με χρονικό ορίζοντα το 2020. Λόγω των συνθηκών που επικρατούν στη χώρα τα τελευταία χρόνια το πρόγραμμα στην Ελλάδα δεν ξεκίνησε με τις καλύτερες δομές. Όμως πλέον τα εγκατεστημένα πάρκα στα ορεινά της χώρας έχουν ήδη φέρει ένα αποτέλεσμα κοντά στο 9-10% και υπολογίζονται προεκτάσεις στα ήδη υπάρχοντα.



Εικόνα 2.3.1: Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα 1987 - 2013 (MW).

Πιο συγκεκριμένα οι προσπάθειες για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του '80, ως συνέπεια της πετρελαϊκής κρίσης της δεκαετίας του '70, και το πρώτο αιολικό πάρκο εγκαταστάθηκε στη Κύθνο από τη ΔΕΗ. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990, δόθηκε μεγάλη ώθηση για επενδύσεις ιδιωτών, και από τότε έχουν εγκατασταθεί δεκάδες αιολικά πάρκα σε πολλές περιοχές. Το πρώτο ιδιωτικό αιολικό πάρκο κατασκευάστηκε το 1998 στη Σητεία-Κρήτη.

Αιολικά πάρκα υπάρχουν και σε πλήθος νησιών, όπως την Κεφαλονιά, στην οποία έχουν εγκατασταθεί τρία, και τα οποία τροφοδοτούν το δίκτυο ηλεκτροδότησης της χώρας με σύνολο 75.6 MW ηλεκτρικής ισχύος. Πρόσφατα τέθηκε και ένα νέο αιολικό πάρκο σε λειτουργία, ενώ ακόμη δύο είναι σε διαδικασία κατασκευής ή αδειοδότησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ανάγκες του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια και σε περίοδο αιχμής (Αύγουστος) ανέρχονται σε 50 MW. Η αντιστοιχία μεταξύ της ισχύος που αποδίδει η Κεφαλονιά στο δίκτυο και της ισχύος που καταναλώνει είναι εξαιρετικά ενθαρρυντική για την εξάπλωση της αιολικής ενέργειας και σε πολλά ακόμη νησιά της επικράτειας.

Στο κομμάτι των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, η Ελλάδα όπως και οι περισσότερες μεσογειακές χώρες υστερεί σημαντικά με τα πρώτα θεωρητικά βήματα, που είναι η αρχική προκαταρκτική χωροθέτηση να ξεκίνησαν μόλις το 2010. Από τις δώδεκα περιοχές που προτάθηκαν, οι οχτώ μόνο ικανοποίησαν τα κριτήρια επιλογής (αέρας, δίκτυο, βάθος, μέγεθος) και είναι οι εξής: Αλεξανδρούπολη, Φαναρίου, Θάσου, Κέρκυρας, Κύμης, Λήμνου, Πεταλίων και Σαμοθράκης. Ο ορίζοντας ανάπτυξης για την πρώτη φάση των έργων στις περιοχές αυτές, προσδιορίστηκε για την πενταετία 2012 ως 2017, αλλά ως και το τέλος του έτους 2012 κανένα έργο δεν έχει κάνει κάποιο αρχικό βήμα υλοποίησης.

Το εξαιρετικά υψηλό αιολικό δυναμικό της χώρας κατατάσσεται μεταξύ των πλέον ελκυστικών στην Ευρώπη, με απόδοση πάνω από 8 μέτρα/δευτερόλεπτο ή 2.500 ώρες παραγωγής αιολικής ενέργειας, σε πολλά σημεία της χώρας. Εκτιμάται ότι σήμερα λειτουργούν περίπου 1,400 MW από αιολικά πάρκα, και στόχος είναι να εγκατασταθούν 7,500 MW μέχρι το 2020, από τα οποία τα 300 MW αφορούν υπεράκτια αιολικά πάρκα.

Όμως, όπως αναφέραμε και πιο πάνω η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, αντιμετωπίζει μέχρι τώρα αρκετά προβλήματα. Παρά τη σημαντική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος τα τελευταία χρόνια, είναι κοινά αποδεκτό ότι αυτή η αύξηση είναι πολύ μικρή δεδομένου του πλούσιου αιολικού δυναμικού της χώρας μας.

Για παράδειγμα, ο στόχος της χώρας για το 2010 ως προς την ηλεκτροπαραγωγή από αιολική ενέργεια ήταν η εγκατεστημένη ισχύς να φτάσει περίπου τα 3500 MW, ενώ στο τέλος του 2010 η πραγματικά εγκατεστημένη ισχύς ανήλθε μόλις στα 1320 MW.

Είναι φανερό ότι σε μια χώρα με ιδιαίτερα ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό και στην οποία υπάρχουν αρκετές επενδυτικές προτάσεις, η ανάπτυξη των αιολικών πάρκων καθυστερεί σημαντικά, με αποτέλεσμα, ο στόχος να έχει πλέον μεταταθεί για το 2020 με εγκατεστημένη ισχύ που θα πρέπει να φτάσει περίπου τα 7500 MW.

Παρόλο που η στήριξη στα έργα ΑΠΕ από πλευράς επιδοτήσεων και ενισχύσεων υπήρξε πάντα ικανοποιητική στην Ελλάδα, η πολυπλοκότητα της αδειοδοτικής διαδικασίας και οι αποσπασματικές διοικητικές και θεσμικές παρεμβάσεις που έγιναν για την καταπολέμησή τους, δεν έχουν φέρει ακόμη το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Επίσης, βασική τροχοπέδη στην εγκατάσταση μεγάλων ανεμογεννητριών στην Ελλάδα είναι η δυσκολία μεταφοράς και εγκατάστασης στις επιλεγείσες θέσεις, λόγω της φτωχής ή ανύπαρκτης υποδομής στις ορεινές κυρίως περιοχές όπου συνήθως καταγράφεται το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό, καθώς επίσης και η έλλειψη σχετικής εμπειρίας από τους εγχώριους επενδυτές αλλά και τους χρηματοδότες τους, οι οποίοι μέχρι πρόσφατα έδειχναν να αισθάνονται μεγαλύτερη ασφάλεια να εγκαταστήσουν ανεμογεννήτριες μικρότερης μεν ισχύος, αλλά πιο τεκμηριωμένης λειτουργίας.

Ταυτόχρονα, γίνονται προσπάθειες να βρεθούν λύσεις που θα συμβάλλουν στην υπερπήδηση των εμποδίων που σήμερα τίθενται για την εγκατάσταση μεγάλων ανεμογεννητριών σε θέσεις με φτωχή υποδομή πρόσβασης. Ήδη μελετώνται η χρήση διαιρετών πτερυγίων, η επιτόπου κατασκευή ή η κατασκευή από εναλλακτικά υλικά βαρέων υποσυστημάτων όπως π.χ. οι πύργοι, καθώς και μέθοδοι εύκολης ανέγερσης ανεμογεννητριών, με στόχο τη μείωση των αναγκών για μεταφορά υποσυστημάτων εξαιρετικά μεγάλου μήκους (πτερύγια) ή βάρους (πύργοι).

Σύμφωνα με στοιχεία του Global Wind Energy Council την όγδοη θέση παγκοσμίως στην εγκατεστημένη αιολική ισχύ καταλαμβάνει η Ελλάδα. Παράλληλα, η χώρα μας καταλαμβάνει την έβδομη θέση παγκοσμίως στις νέες εγκαταστάσεις ισχύος αιολικής ενέργειας ανά εκατομμύριο κατοίκους. Αναλυτικότερα, η χώρα μας είναι έβδομη στον κόσμο στην αιολική ισχύ ανά εκατομμύριο κατοίκους με 151,01 MW. Την πρώτη θέση στην κατηγορία καταλαμβάνει η Δανία με 693,14 MW και την ακολουθούν η Ισπανία με 469,28 MW και η Πορτογαλία με 386,59 MW.

Τις υπόλοιπες θέσεις συμπληρώνουν η Ιρλανδία με 355,47 MW, η Γερμανία με 355,00 MW, η Σουηδία με 312,79 MW, ο Καναδάς με 151,22 MW, οι Ηνωμένες Πολιτείες με 149,58 MW κ.τ.λ. Όσον αφορά τη νέα εγκατεστημένη ισχύ ανά εκατομμύριο κατοίκους το έτος 2011, η Ελλάδα βρίσκεται στην έβδομη θέση με νέα έργα 28,83 MW. Στην πρώτη θέση βρίσκεται η Σουηδία με 80,36 MW, και ακολουθούν Ιρλανδία με 52,09 MW και το Πράσινο Ακρωτήριο με 46,76 MW.

Το νέο πρόγραμμα του ΥΠΕΚΑ με χρονοδιάγραμμα 2012-2017 δίνει έξτρα κίνητρα για την εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Πρόκειται για ένα από τα σημαντικότερα βήματα στην χρήση αιολικής ενέργειας. Τα πλεονεκτήματα από τέτοιες εγκαταστάσεις είναι περισσότερα από αντίστοιχες στην ξηρά και αναφέρονται στα ποσοστά ενέργειας που παρέχουν αλλά και στην ποιότητα. Πρόκειται λοιπόν για έργα που θα πλαισιώνουν την στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και κυρίως στην αιολική ενέργεια. Είναι μια προσπάθεια να εκμεταλλευτούμε το αιολικό δυναμικό της χώρας μας και να παράγουμε ενέργεια με πιο ήπιες μορφές βιομηχανίας από ότι γίνεται μέχρι σήμερα.

2.4 Τρόποι Μέτρησης Αιολικού Δυναμικού

Το αποτέλεσμα της αέναης κίνησης των αέριων μαζών προκάλεσε την αναζήτηση από τη μεριά των ανθρώπων να εκμεταλλευτούν αυτή την αστείρευτη και διαρκή πηγή ενέργειας που τους προσφέρονταν τόσο απλόχερα. Όμως σημαντικό κομμάτι αποτελεί ο τρόπος μέτρησης του ανέμου, η καταγραφή των στοιχείων αυτών και η αξιοποίησή τους με σκοπό να δημιουργήσουν μια καλύτερη εικόνα για τα αιολικά στοιχεία μιας περιοχής.

Ο υπολογισμός του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι μια επίπονη διαδικασία που στηρίζεται σε μαθηματικά μοντέλα τα οποία έχουν ακριβή αποτελέσματα μόνο σε επίπεδα εδάφη. Επειδή όμως η συντριπτική πλειοψηφία των περιοχών που είναι κατάλληλες για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων είναι περιοχές με έντονη ορογραφία, βασιζόμαστε στα μαθηματικά μοντέλα που υπάρχουν και μεριμνούμε, έτσι ώστε οι μετρήσεις που έχουμε για την περιοχή να είναι σε κοντινό μέρος, σε σχέση με την περιοχή ενδιαφέροντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Είναι κοινά αποδεκτό ότι σε μια περιοχή περίπου 7-10 χιλιομέτρων γύρω από τον ανεμολογικό ιστό, μπορούμε να εξάγουμε ακριβή συμπεράσματα για την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου.

Οι μετρήσεις λαμβάνονται από μετεωρολογικούς ιστούς, οι οποίοι χωροθετούνται κοντά στην περιοχή ενδιαφέροντος και κατά προτίμηση σε αντιπροσωπευτική για τη βουνοκορφή θέση, έτσι ώστε να μην έχουμε παρεμπόδιση των ανέμων από ενδεχομένως ψηλότερες κορυφές. Οι ιστοί στήνονται σε ύψος τουλάχιστον 10 μέτρων από το έδαφος και μακριά από δέντρα και άλλα εμπόδια, όπου αυτό είναι εφικτό.

Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου θέλουμε μεγαλύτερη ακρίβεια στα δεδομένα μας. Σ' αυτές τις περιπτώσεις εγκαθιστούμε ψηλότερους ιστούς με ύψος που φθάνει και τα 60 μέτρα και τοποθετούμε όργανα σε διάφορα ύψη (10 m, 30 m, 45 m, 60 m). Σύμφωνα, με εξωτερικούς συμβούλους και μελετητές των έργων αιολικής ενέργειας συνίσταται οι μετεωρολογικοί ιστοί να εγκαθίστανται στην υπό μελέτη περιοχή σε ύψος τριών τετάρτων του προτεινόμενου ύψους πλήμνης της ανεμογεννήτριας. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται η αξιοπιστία της μέτρησης της ταχύτητας στο ύψος της πλήμνης της ανεμογεννήτριας που είναι συνήθως πάνω από τα 50m. Οι προϋποθέσεις αυτές εξασφαλίζουν την ορθότητα των δεδομένων που παίρνουμε.



Εικόνα 2.4.1: Εγκατάσταση Ανεμολογικού Ιστού.

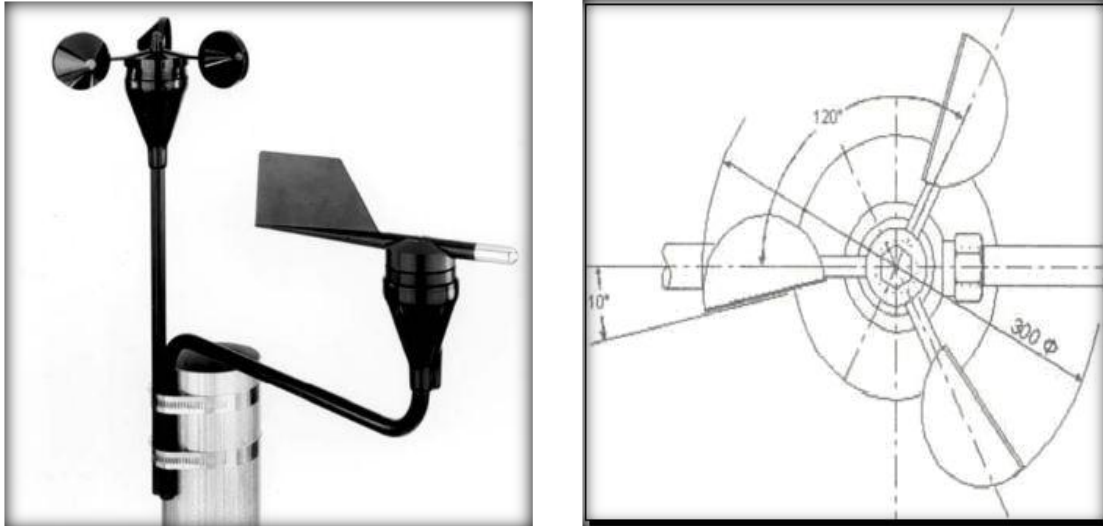
Οι μετρητικές διατάξεις που τοποθετούνται σε ένα ιστό είναι το ανεμόμετρο και ο ανεμοδείκτης (παρακάτω γίνεται η περιγραφή για το καθένα από τα όργανα) και πολλές φορές τοποθετούνται σε ζευγάρια, έτσι ώστε στην περίπτωση που το ένα καταστραφεί, να έχουμε ενδείξεις από το άλλο. Τα όργανα συνδέονται σε ένα καταγραφικό (data logger) (Εικόνα 2.4.2) το οποίο παίρνει μετρήσεις από τα όργανα. Μέσα από τις ρυθμίσεις του καταγραφικού, ορίζουμε το διάστημα δειγματοληψίας για τις μετρήσεις. Για εφαρμογές όπως η ανέγερση ενός αιολικού πάρκου, οι μετρήσεις γίνονται ανά 1 δευτερόλεπτο και η ολοκλήρωση των μετρήσεων γίνεται κάθε 10 λεπτά. Έτσι έχουμε μέσες 10λεπτες τιμές για την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου.



Εικόνα 2.4.2: Τύποι Καταγραφικών (Data loggers)

2.4.1 Ανεμόμετρα (Anemometers)

Για τη μέτρηση της έντασης του ανέμου χρησιμοποιούνται τα ανεμόμετρα ή οι ανεμογράφοι. Τα πλέον απλά είναι τα ανεμόμετρα ταχύτητας, στα οποία η ένταση του ανέμου προκύπτει από την ταχύτητα περιστροφής που επιβάλλει ο άνεμος σε ορισμένα τμήματα του οργάνου. Τα ανεμόμετρα αυτού του τύπου είναι αθροιστικά και μετρούν μέσες τιμές της έντασης του ανέμου. Στον ιστό χρησιμοποιούνται δυο τέτοιου τύπου κυπελοφόρα ανεμόμετρα (Εικόνα 2.4.3).



Εικόνα 2.4.3: Κυπελοφόρα Ανεμόμετρα & η γεωμετρία τους (Cup Anemometers).

Τα κυπελοφόρα ανεμόμετρα αποτελούνται (Εικόνα 2.4.3) από έναν κατακόρυφο άξονα στην κορυφή του οποίου υπάρχουν τρεις ή τέσσερις οριζόντιοι βραχίοντες συμμετρικά τοποθετημένοι. Στα άκρα κάθε βραχίονα είναι τοποθετημένο ένα ημισφαιρικό ή κωνικό κύπελλο, με τρόπο ώστε η διαμετρική τομή του να είναι κατακόρυφη.

Γνωρίζοντας ότι η αεροδυναμική αντίσταση της κοίλης πλευράς είναι σημαντικά μεγαλύτερη της κυρτής, το σύστημα περιστρέφεται υπό την επίδραση του ανέμου και ο αριθμός των περιστροφών του καταγράφεται δια μέσου του κατακόρυφου άξονα σε ένα καταγραφικό σύστημα. Για την καταγραφή των στροφών του κατακόρυφου άξονα χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα, που περιλαμβάνουν:

1. Μηχανικό στροφόμετρο, που καταγράφει τον αριθμό των περιστροφών των κυπέλλων από τη στιγμή ενάρξεως λειτουργίας του οργάνου,
2. Ηλεκτρική επαφή, η οποία κλείνει μετά από ένα ορισμένο αριθμό στροφών, και μέσω καταγραφικού δίνει απ' ευθείας τη μέση ταχύτητα του ανέμου,
3. Μικρή ηλεκτρογεννήτρια, η οποία μετατρέπει την περιστροφική κίνηση του άξονα σε ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο και μετατρέπεται σε ένδειξη ταχύτητας,
4. Φωτοηλεκτρικό διακόπτη, ο οποίος μετατρέπει την ταχύτητα περιστροφής σε στιγμιαία ταχύτητα ανέμου στην έξοδο του συστήματος.

2.4.2 Ανεμοδείκτες (Wind Vanes)

Η διεύθυνση του ανέμου μετράται συνήθως με τη βοήθεια των ανεμοδεικτών. Ο ανεμοδείκτης αποτελείται από έναν κατακόρυφο άξονα στο πάνω άκρο του οποίου περιστρέφεται ένας οριζόντιος άξονας με ένα ή δύο ελάσματα στο ένα άκρο του (Εικόνα 2.4.3). Όταν η πίεση που ασκεί ο άνεμος εξισορροπηθεί και από τις δύο πλευρές του ελάσματος του ανεμοδείκτη, αυτός έχει στραφεί έτσι ώστε ο δείκτης του ανεμοδείκτη, που βρίσκεται και το αντίβαρο εξισορρόπησης του ελάσματος, να διευθύνεται προς τη μεριά από την οποία φυσά ο άνεμος.

Ένας ακριβής ανεμοδείκτης έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

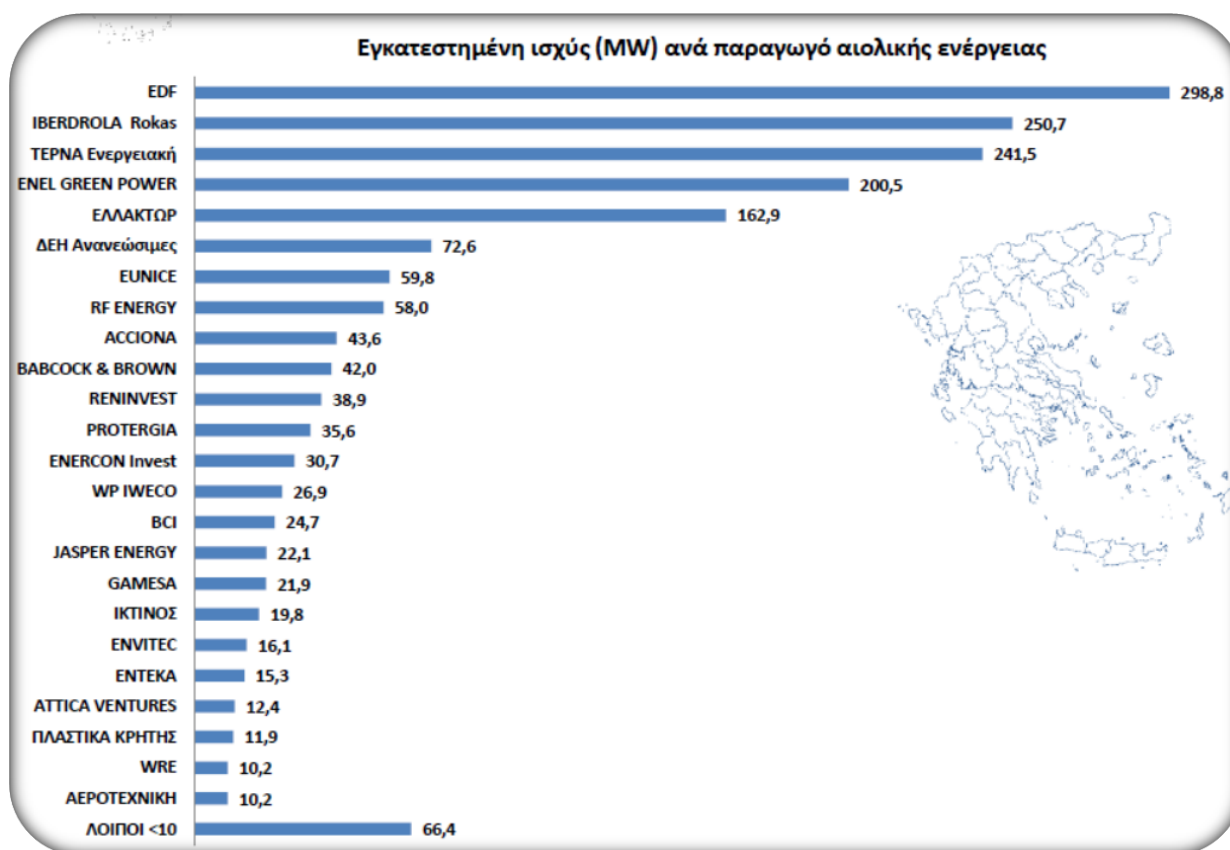
1. Περιστρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονά του με ελάχιστες τριβές,
2. Δεν παρουσιάζει τάσεις κλίσεως προς μια διεύθυνση, με την ακριβή αντιστάθμιση των ελασμάτων με τη χρήση αντίβαρου,
3. Εμφανίζει τη μέγιστη ροπή στρέψης για δεδομένη αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου σε σχέση με την αδράνεια του οργάνου,
4. Παρουσιάζει γρήγορη απόκριση στις διαρκείς διακυμάνσεις της διεύθυνσης του ανέμου,
5. Παρουσιάζει επαρκή απόσβεση των τυχαίων ταλαντώσεων.

Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι επειδή η διεύθυνση του ανέμου μετριέται συναρτήσει του αληθούς βορρά, το όργανο πρέπει να προσανατολισθεί με τη βοήθεια της χαραγής που υπάρχει επάνω του.

2.5 Μερίδιο Αγοράς Α/Γ στην Ελλάδα

Στον επιχειρηματικό και βιομηχανικό τομέα της Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα, οι πέντε μεγαλύτεροι επιχειρηματικοί όμιλοι με το μεγαλύτερο μερίδιο αιολικής ισχύος ήταν η EDF με 298,8 MW (17,1%), η Ibedrola Rokas με 250,7 MW (14,4%), η TEPNA Ενεργειακή με 241,5 MW (13,8%), η ENEL Green Power με 200,5 MW (11,5%) η

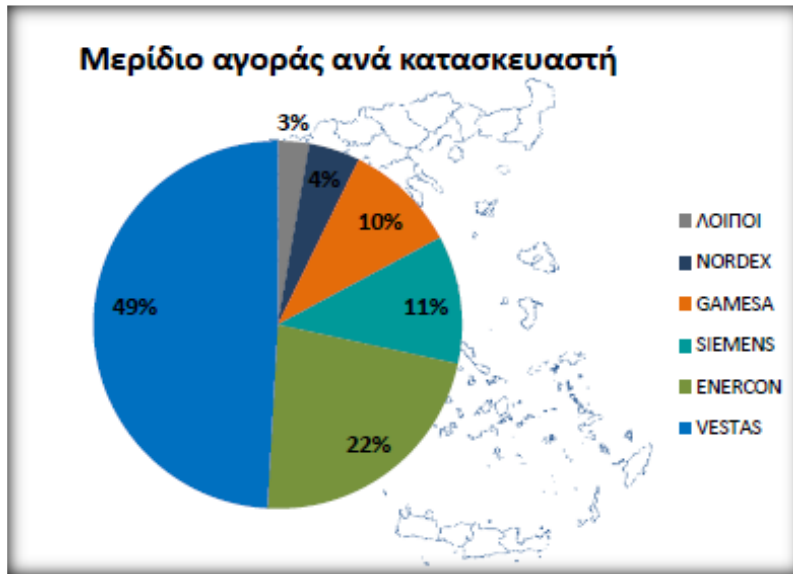
ΕΛΛΑΚΤΩΡ με 146,8 MW (8,4%). Με συνολική ισχύ μικρότερη των 100 MW, ακολουθούν οι εταιρείες ΔΕΗ Ανανεώσιμες (65 MW), Eunice (59,8 MW), RF Energy (58 MW), Acciona (43,6 MW), Babcock & Brown (42 MW), Protergia (35,6 MW), Enercon (27,5 MW), WP IWECO (26,9 MW), BCI (24,7 MW), Jasper Energy (22,1 MW), Gamesa (21,9 MW), Iktinos (19,8 MW), Envitec (16,1 MW), Enteka (15,3 MW), Attica Ventures (12,4 MW), Plastika Kritis (11,9 MW), WRE (10,2 MW), Aerotechniki (10,2 MW), Reninvest (10 MW) και άλλες με ισχύ όμως ακόμα μικρότερη των 10 MW (Εικόνα 2.5.1).



Εικόνα 2.5.1: Εγκατεστημένη Αιολική Ισχύς (MW) ανά παραγωγό αιολικής ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ Στατιστικά, 2012).

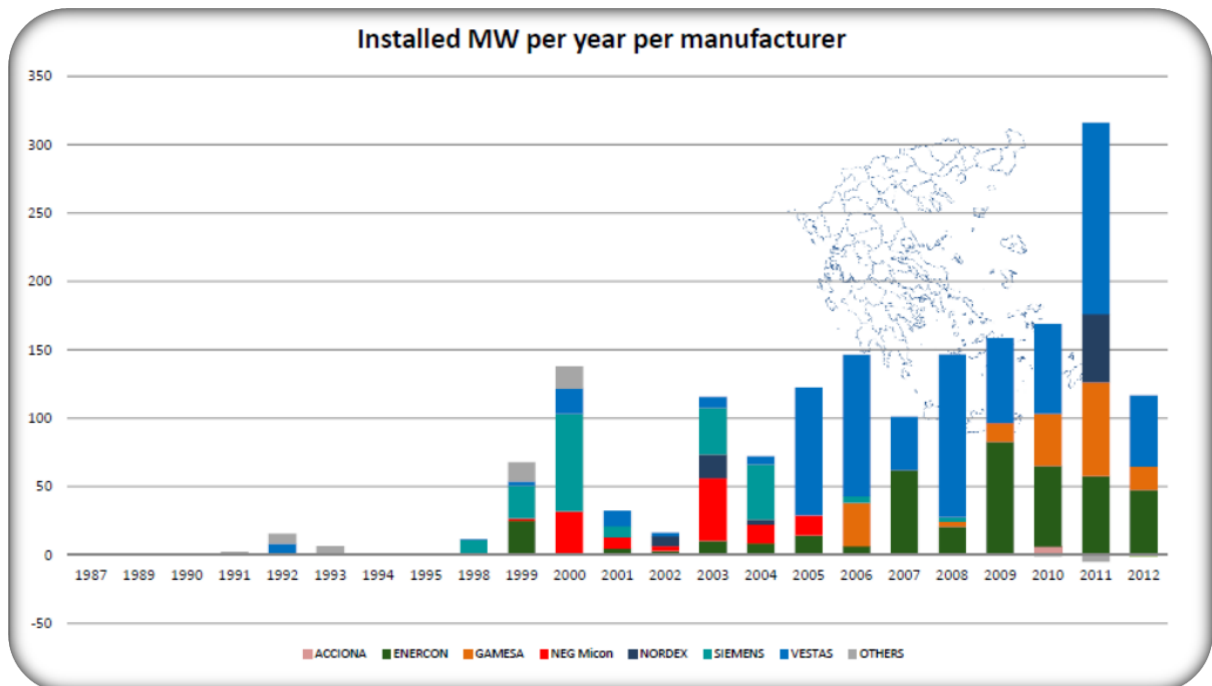
Σε επίπεδο κατασκευαστών του κλάδου της αιολικής ενέργειας, η δανέζικη Vestas έχει προμηθεύσει το 49% της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής ισχύος στην Ελλάδα ως σήμερα, με τη γερμανική Enercon GmbH με 22%, την επίσης γερμανική Siemens με 11%, την ισπανική Gamesa με 10% και την γερμανική Nordex με 4% του συνόλου, να ακολουθούν (Εικόνα 2.5.2).

Συγκεκριμένα για το 2012, τα μερίδια της αγοράς κυμάνθηκαν στο 46,6% για την Vestas, στο 38,2% για την Enercon και στο 15,2% για την Gamesa.



Εικόνα 2.5.2: Μερίδιο Αγοράς Αιολικής Ενέργειας ανά κατασκευαστή Α/Γ (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2012).

Στο ακόλουθο γράφημα (**Εικόνα 2.5.3**) απεικονίζεται η ετήσια εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας ανά κατασκευαστή Α/Γ και ο ρυθμός ανάπτυξης της μέσα στα τελευταία 25 έτη.



Εικόνα 2.5.3: Ετήσια Εγκατεστημένη Ισχύς (MW) Αιολικής Ενέργειας ανά κατασκευαστή Α/Γ το 2012 (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ & ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Ανεμογεννήτρια ονομάζεται η αιολική μηχανή που αποτελεί ανθρώπινη επινόηση και η οποία μπορεί να θεωρηθεί εξελιγμένη μορφή του παλιού ανεμόμυλου και έχει σαν σκοπό την αξιοποίηση του μεγαλύτερου δυνατού ποσοστού της κινητικής ενέργειας του ανέμου και την μετατροπή της σε μηχανική ενέργεια , συνεπώς σε ηλεκτρική.

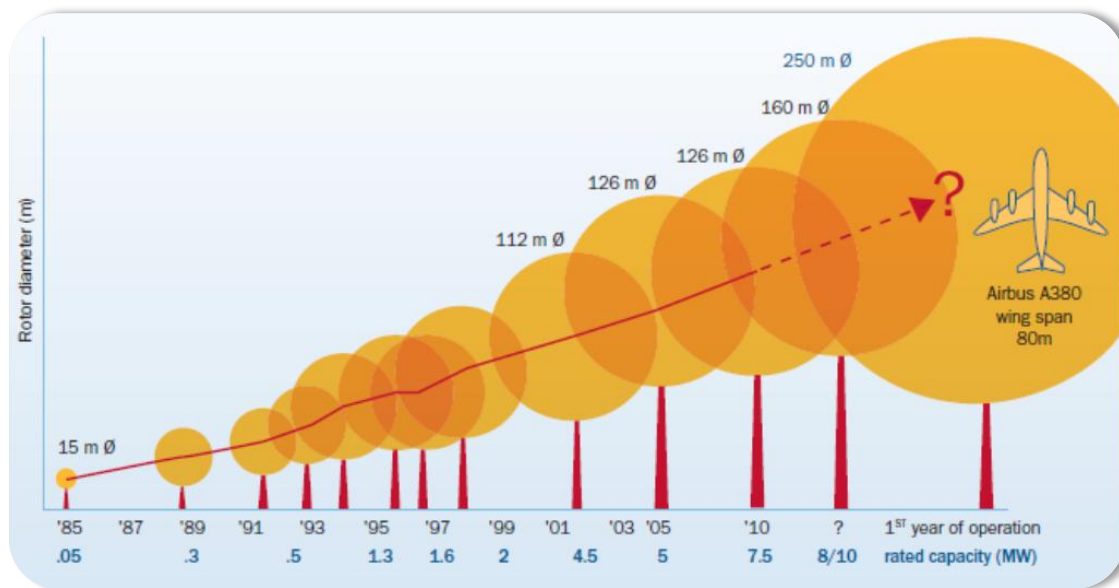
Ως, ηλεκτρικές γεννήτριες οι ανεμογεννήτριες είναι συνδεδεμένες σε ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο περιλαμβάνει φόρτιση συστοιχιών συσσωρευτών, συστήματα δικτύων κατοικημένων περιοχών, δίκτυα σε απομονωμένες περιοχές ή νησιά, και μεγάλα δίκτυα κοινής ωφέλειας.

Λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος που παρουσιάζεται για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας και της τεχνολογικής εξέλιξης των τελευταίων δεκαετιών, εμφανίζονται διαφόρου τύπου ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες : Ανάλογα με τον προσανατολισμό του άξονα περιστροφής, διακρίνονται οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα , ανάλογα με το μέγεθος και την ισχύ που παράγουν, διακρίνονται σε μικρές, μεσαίες και μεγάλες ανεμογεννήτριες, ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων τους διακρίνονται σε μονοπτέρυγες και πολυπτέρυγες ενώ ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής τους διακρίνονται σε αργόστροφες και ταχύστροφες.

3.1 Κατηγορίες Ανεμογεννητριών

Η τεχνολογία στην κατασκευή ανεμογεννητριών εξελίσσεται ραγδαία με τη πάροδο των χρόνων, φθάνοντας σε όλο και μεγαλύτερα και ισχυρότερα κατασκευάσματα. Στο σχήμα 3.1 φαίνεται η πρόοδος της κατασκευής ανεμογεννητριών μέχρι και σήμερα. Πριν φτάσουμε στην κλασική μορφή των ανεμογεννητριών που χρησιμοποιείται σήμερα, κατά

το πλείστον των περιπτώσεων, η μορφή των ανεμογεννητριών έχει περάσει από πολλά στάδια.



Εικόνα 3.1.1: Εξέλιξη Μεγέθους Ανεμογεννητριών

Οι κυριότεροι τύποι ανεμογεννητριών ταξινομούνται κυρίως ανάλογα με τον τρόπο που εκμεταλλεύονται τον άνεμο. Οι δύο κύριες κατηγορίες είναι:

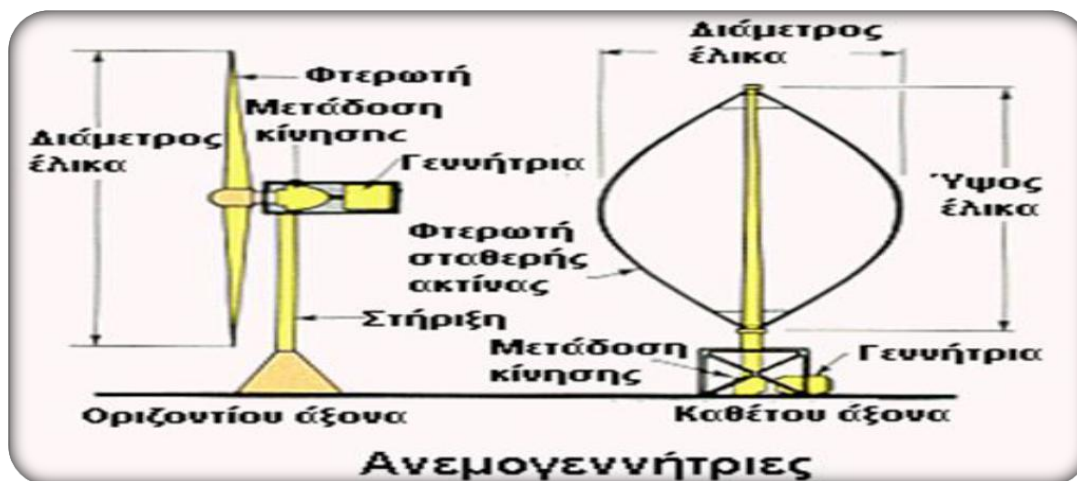
- Οριζόντιου Άξονα : Αυτού του τύπου ανεμογεννήτριες ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους.
- Κάθετου Άξονα : Σε αυτές τις ανεμογεννήτριες ο άξονας περιστροφής τους είναι κάθετος στην επιφάνεια του εδάφους και κάθετος στη κατεύθυνση του ανέμου.

Συγκρίνοντας τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου και κάθετου άξονα βλέπουμε ότι οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα έχουν αυτόματη προσαρμογή στην κατεύθυνση του ανέμου σε κάθε χρονική στιγμή, σε αντίθεση με τους αεροκινητήρες οριζόντιου άξονα οι οποίοι απαιτούν τη χρήση ειδικών μηχανισμών προσανατολισμού στη διεύθυνση του ανέμου. Επίσης στις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα το κόστος κατασκευής τους είναι χαμηλότερο από το κόστος κατασκευής μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα λόγω απλούστερου σχεδιασμού, όπως επίσης είναι ασφαλέστερες διότι δεν υπάρχει ο κίνδυνος να σπάσει κάποιο πτερύγιο, ούτε κινούνται με την μεγάλη ταχύτητα στροφών που κινούνται οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα.

Αντίθετα, οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν πολύ υψηλή απόδοση σε σύγκριση με αυτές του κατακόρυφου άξονα (μια καλή μικρή ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα έχει μέση απόδοση 30%-40% ενώ κάθετου δεν ξεπερνά το 15%). Τέλος λόγω χαμηλότερων στροφών περιστροφής ανά λεπτό, οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα χρειάζονται πιο ισχυρούς ανέμους για να ξεκινήσουν την φόρτιση των συσσωρευτών από αυτές με οριζόντιο άξονα.

Ανάλογα με το μέγεθος και τη μηχανική ισχύ που παράγουν, δεν υπάρχουν αυστηρά κριτήρια διαχωρισμού των αεροκινητήρων. Αεροκινητήρες με ισχύ κάτω των 30 KW χαρακτηρίζονται σαν μικροί, μεταξύ 30-300 KW χαρακτηρίζονται σαν μεσαίοι, ενώ οι αεροκινητήρες με ισχύ άνω των 300 KW χαρακτηρίζονται σαν μεγάλοι. Υπάρχει ακόμη μια κατηγορία τους πολύ μεγάλους αεροκινητήρες με ισχύ άνω των 2 MW.

Σήμερα έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα συνήθως με ένα ή δύο ή τρία πτερύγια σε ποσοστό της τάξεως 90%. Από τους τρεις τύπους έχουν επικρατήσει οι τρίπτερες ανεμογεννήτριες (με τρία πτερύγια) γιατί δεν χρειάζονται τόσο μεγάλη ταχύτητα ανέμου για να παράγουν το ίδιο ποσό ενέργειας από τις άλλες δύο κατηγορίες (δίπτερες και μονόπτερες).



Εικόνα 3.1.2 : Κύριοι Τύποι Ανεμογεννητριών

3.1.1 Ανεμογεννήτριες Κατακόρυφου Άξονα

Οι μηχανές κατακόρυφου άξονα έχουν τον άξονα περιστροφής τους κάθετο στη διεύθυνση του ανέμου, και μπορούν να εκμεταλλεύονται τον άνεμο από όλες τις διευθύνσεις. Επίσης, σε συνθήκες μεταβολής του ανέμου, μπορούν να αντεπεξέλθουν καλύτερα από τις μηχανές οριζόντιου άξονα.

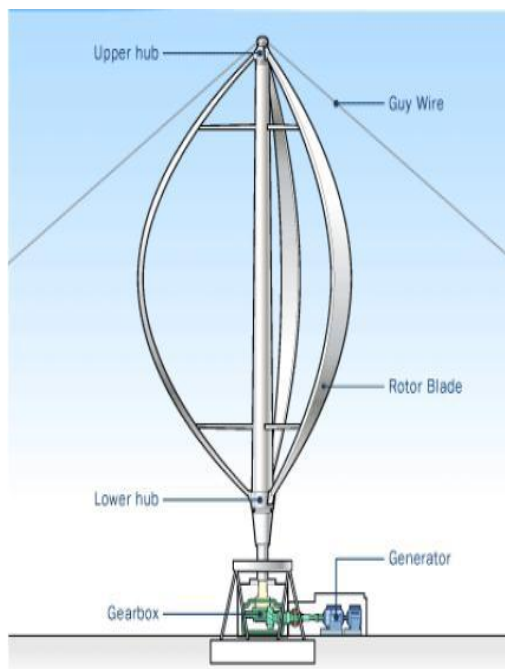
Έχουν καλή αεροδυναμική απόδοση, χαμηλό κατασκευαστικό κόστος και είναι σχετικά απλές κατασκευές, ενώ το γεγονός ότι η γεννήτρια και οι υπόλοιποι μηχανισμοί βρίσκονται κοντά στο έδαφος διευκολύνουν τη λειτουργία και συντήρησή τους. Τα κυριότερα μειονεκτήματά τους που τις καθιστούν εμπορικά μη ανταγωνιστικές, είναι ότι οι περισσότερες για να ξεκινήσουν χρειάζονται συνήθως υποβοήθηση, ενώ σε περιπτώσεις δυνατού ανέμου αν δεν ελεγχθούν σωστά, υπάρχει ο κίνδυνος της καταστροφής τους. Επίσης, ο δρομέας τους βρίσκεται πιο κοντά στο έδαφος, όπου οι ταχύτητες του ανέμου είναι μικρότερες σε αντίθεση με τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα οι οποίες είναι σε θέση να εκμεταλλεύονται μεγαλύτερες ταχύτητες του ανέμου όντας σε μεγαλύτερο ύψος.

Η απόδοσή τους είναι κατά μέσο όρο μικρότερη συγκρινόμενη με εκείνη των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα αφού σε κάθε περιστροφή του δρομέα, τα πτερύγια μπορεί να συναντούν αεροδυναμικά κενές περιοχές, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του όλου συστήματος. Ενώ οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν απόδοση που πλησιάζει το 50%, οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα έχουν στην καλύτερη των περιπτώσεων απόδοση λίγο μεγαλύτερη από 30%. Από πρακτικής πλευράς, οι μηχανές αυτού του είδους χρειάζονται καλώδια για να τις υποβαστούν, γεγονός που δεν είναι πρακτικό για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε καλλιεργήσιμες περιοχές.

Οι αεροκινητήρες Darrieus έχουν χαρακτηριστικό σχήμα C με τα πτερύγια να έχουν στις πλείστες περιπτώσεις σχοινοειδή μορφή για να ελαχιστοποιούνται οι καμπτικές τάσεις. Αποτελούνται συνήθως από 2 με 3 πτερύγια και λειτουργούν με τη βοήθεια των δυνάμεων δυναμικής άνωσης ενώ έχουν μεγάλο συντελεστή περιστροφής λ.

Παρ' όλο που είναι οι πιο κοντινοί «αναπληρωτές» των αεροκινητήρων οριζόντιου άξονα, με δυνατότητα παραγωγής ισχύος του 1 MW, έχουν προβλήματα αξιοπιστίας λόγω των μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν.

Οι μηχανές αυτού του τύπου δεν μπορούν να εκκινήσουν από μόνες τους, έτσι χρησιμοποιούν μια γεννήτρια ή ένα ανεμοκινητήρα Savonius εγκατεστημένο στην κορυφή του άξονα της σαν κινητήρα, για να μπορούν να φτάσουν στη ταχύτητα λειτουργίας τους. Επίσης, ειδικότερα, ο διπτέρυγος δρομέας παρουσιάζει έντονη κυκλική μεταβολή της αεροδυναμικής του ροπής με μεγάλες αποκλίσεις. Σε περίπτωση μεγάλων ταχυτήτων του ανέμου, ο αεροκινητήρα πρέπει να επιβραδυνθεί λόγω μεγάλης καταπόνησης του δρομέα από την περιστροφή. Η επιβράδυνση αυτή μπορεί να γίνει με αύξηση της αεροδυναμικής αντίστασης της πτερωτής, με φυγοκεντρική απελευθέρωση μιας επίπεδης πλάκας ή ενός τμήματος του δρομέα σε κάθετη θέση. Σήμερα, έχουν κατασκευαστεί διάφορες μορφές του αεροκινητήρα Darrieus, όπως οι Φ-Darrieus, Δ-Darrieus, Υ-Darrieus, Ο-Darrieus και Η-Darrieus. Συγκεκριμένα για τις Η-Darrieus, αναφέρεται ότι υπάρχουν πάνω από 30 εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες στον κόσμο, όλες όμως με ισχύ κάτω των 300KW.



Εικόνα 3.1.3: Ανεμογεννήτριες Κατακόρυφου Άξονα τύπου Darrieus

Οι αεροκινητήρες Savonius είναι κατασκευές σχήματος 'S' (σε κάτοψη) , οι οποίες εκμεταλλεύονται κυρίως την δύναμη της ιξώδους αντίστασης, ενώ στην παραγόμενη ισχύ μπορεί να συνεισφέρουν και κάποιες δυνάμεις άωσης. Η περιστροφή του αεροκινητήρα Savonius οφείλεται κυρίως στη διαφορά πίεσης που ασκείται στη κοίλη και κυρτή επιφάνεια των 2 πτερυγίων, καθώς επίσης και στο γεγονός ότι ανάμεσα στα 2 πτερύγια υπάρχει ένα διάκενο το οποίο επιτρέπει στον αέρα να επιστρέφει και να αυξάνει την πίεση στο πίσω μέρος του κυρτού πτερυγίου, αυξάνοντας έτσι την ροπή που αναπτύσσεται γύρω από τον άξονα της μηχανής.

Αρχικά αυτού του τύπου ανεμογεννήτριες χρησιμοποιήθηκαν για μετρήσεις των καιρικών συνθηκών και για άντληση νερού. Έχουν το πλεονέκτημα της ευκολίας κατασκευής και του μικρού οικονομικού κόστους. Επίσης σε σύγκριση με τις μηχανές Darrieus, πλεονεκτούν στο γεγονός ότι δεν χρειάζονται υποβοήθηση για να ξεκινήσουν γιατί έχουν μεγάλη ροπή εκκίνησης. Το πρόβλημα που παρουσιάζεται στη χρήση τους, είναι η μικρή απόδοση που παρουσιάζουν οι μικρές τιμές της παραμέτρου περιστροφής ($\lambda \sim 1$) για τις οποίες λειτουργούν, η μικρή αντοχή που έχουν σε μεγάλες ταχύτητες του ανέμου και το γεγονός ότι η στιβαρότητά τους πλησιάζει την μονάδα, πράγμα που σημαίνει ότι είναι βαριές κατασκευές σε σύγκριση με την ισχύ που παράγουν. Η απόδοσή τους στις περισσότερες περιπτώσεις δεν ξεπερνάει το 0.18, αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις όπου ο συντελεστής απόδοσής τους μετρήθηκε κοντά στο 0.3 .Η ισχύς που παράγουν είναι κάτω των 100W γι' αυτό και η χρήση τους προωθείται κυρίως για οικιακούς σκοπούς και για παραγωγή ενέργειας σε υποανάπτυκτες χώρες και απομακρυσμένες περιοχές.



Εικόνα 3.1.4: Ανεμογεννήτρια Κατακόρυφου Άξονα τύπου Savonius

3.1.2 Ανεμογεννήτριες Οριζοντίου Άξονα

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα διατηρούν τον άξονα περιστροφής παράλληλα με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους. Αυτός ο τύπος ανεμογεννήτριας κατέχει σχεδόν το απόλυτο μερίδιο της αγοράς. Πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα τις κάνουν ιδιαίτερα δημοφιλής, όπως η εκκίνησή τους από πολύ μικρές ταχύτητες ανέμου, αλλά και τα ικανοποιητικά επίπεδα ενέργειας που παρέχουν για σχετικά μικρές ταχύτητες ανέμου. Γενικά έχουν μεγάλο αεροδυναμικό συντελεστή και αυτό αυξάνει κατά πολύ τον βαθμό απόδοσής του.

Βέβαια δεν παύει να έχει και μειονεκτήματα και αυτά έχουν να κάνουν με την εγκατάσταση των μηχανικών και ηλεκτρικών μηχανισμών σε μεγάλη απόσταση από το έδαφος. Επίσης χρειάζεται επιπλέον ένα μηχανισμό περιστροφής ώστε να προσανατολίζεται στην κατεύθυνση του ανέμου.

Μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων τους σε μονόπτερες, δίπτερες, τρίπτερες κλπ. Οι μονόπτερες έχουν το πλεονέκτημα του φθηνού οικονομικού κόστους, αλλά αντιμετωπίζουν προβλήματα ισορροπίας και οπτικής αποδοχής. Ανάλογα με το αν ο άνεμος συναντά πρώτα τον δρομέα ή τον θάλαμο με τη γεννήτρια διακρίνονται σε ανεμογεννήτριες ανάντι (upwind) και κατάντι (downwind) της ροής αντίστοιχα.

Βασικό χαρακτηριστικό των ανεμογεννητριών τύπου έλικας είναι η μεγάλη αεροδυναμική. Παλιά τα πτερύγια των μηχανών τέτοιου τύπου ήταν πλατιά, σήμερα κατασκευάζονται μηχανές με λεπτά πτερύγια για να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες ενέργειας που συμβαίνουν σ' αυτά λόγω του ιξώδους του αέρα. Η γωνία που σχηματίζουν τα πτερύγια με τον άξονα περιστροφής τους, αποτελεί κατασκευαστικό χαρακτηριστικό για κάθε έλικα και καθορίζει την γωνία με την οποία ο άνεμος προσπίπτει πάνω στην έλικα.

Η θεωρητική απόδοση των ανεμογεννητριών τύπου έλικας, όπως επίσης και όλων των υπόλοιπων τύπων που δουλεύουν με παρόμοιο τρόπο, σύμφωνα με το κριτήριο του Betz είναι 59%. Δεν μπορεί να υπάρξει μεγαλύτερη τιμή από αυτή για το λόγο ότι υπάρχει περιορισμός στην ταχύτητα του ανέμου που διαπερνά την έλικα μιας ανεμογεννήτριας επειδή σύμφωνα με το θεώρημα διατήρησης μάζας ο άνεμος διατηρεί ένα μέρος της

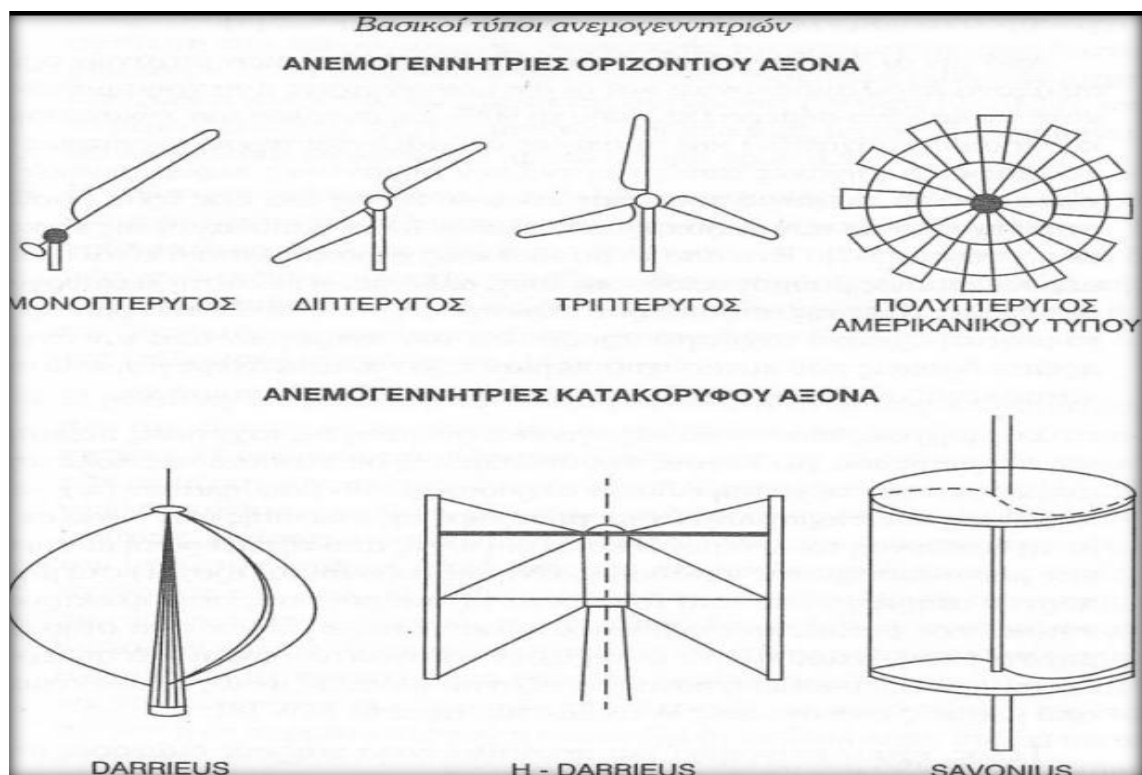
κινητικής του ενέργειας για να μπορεί να απομακρυνθεί από την ανεμογεννήτρια . Συνεπώς, δεν μπορούμε να έχουμε εκμετάλλευση της ολικής ποσότητας της αιολικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, για μια ιδανική έλικα, η ταχύτητα του ανέμου που διαπερνά την έλικα θα πρέπει θεωρητικά να είναι τουλάχιστο το 1/3 της ταχύτητας του ανέμου πριν την έλικα. Ένας ακόμα λόγος για τον οποίο δεν υπάρχει ολική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι η παράκαμψη που συμβαίνει από ένα μικρό ποσοστό της μάζας του αέρα όταν αυτή πλησιάζει τον δρομέα. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται με την εφαρμογή της εξίσωσης συνέχειας στο σημείο πριν και μετά τον δρομέα: Ο άνεμος επιβραδύνεται καθώς πλησιάζει τον δρομέα ενώ η πίεση αυξάνεται . Εφόσον όμως η μάζα του αέρα σε οποιαδήποτε απόσταση από την έλικα θα πρέπει να παραμείνει σταθερή, συνεπάγεται ότι θα πρέπει να αυξηθεί το εμβαδόν το οποίο καταλαμβάνουν οι γραμμές ροής του αέρα, προκαλώντας έτσι την παράκαμψη του μικρού ποσοστού αέρα που αναφέρθηκε πριν. Επίσης, η χρονική καθυστέρηση στρέψης του μηχανισμού προσανατολισμού της ανεμογεννήτριας στη διεύθυνση του ανέμου είναι ένας ακόμα παράγοντας που συντελεί στην μερική εκμετάλλευση της ισχύος του ανέμου.

Σήμερα στην πλειονότητα των εφαρμογών χρησιμοποιούνται οι τρίπτερες ανεμογεννήτριες που προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα. Ομοιόμορφη κατανομή αεροδυναμικού φορτίου, στιβαρότητα κατασκευής είναι κάποια βασικά χαρακτηριστικά τους. Οι πολυπτερυγες ανεμογεννήτριες δεν έχουν εφαρμογή στην παραγωγή ενέργειας λόγω των αυξημένων αεροδυναμικών απωλειών που έχουν αλλά και της μεγάλης ροπής εκκίνησης που χρειάζονται.



Εικόνα 3.1.5: Ανεμογεννήτρια Οριζοντίου Άξονα

Στην συνέχεια παρουσιάζονται εικόνες από τους τύπους ανεμογεννητριών που περιγράφηκαν παραπάνω.



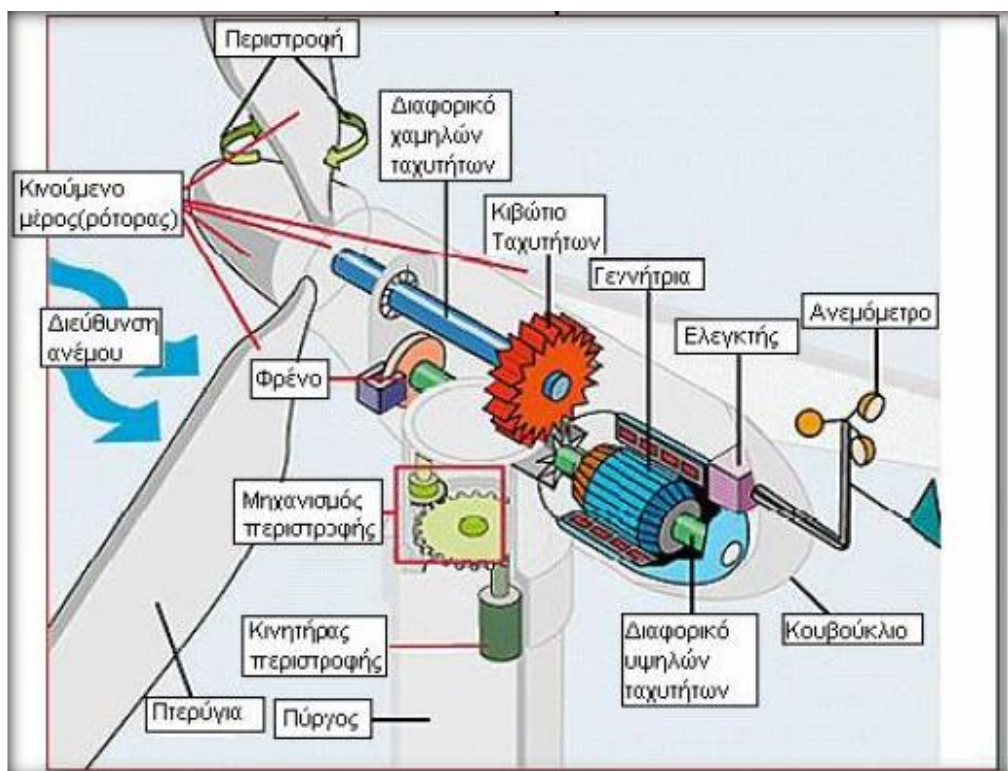
Εικόνα 3.1.6: Βασικοί Τύποι Ανεμογεννητριών

3.2 Δομή των Ανεμογεννητριών

Η ανεμογεννήτρια αποτελείται από τρία βασικά μέρη, κάθε ένα από τα οποία αποτελούνται από άλλα επιμέρους δομικά στοιχεία. Τα τρία βασικά δομικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας είναι τα εξής:

- Νασέλλα - Κουβούκλιο
- Πύργος
- Βάση

Στην ακόλουθη εικόνα (Εικόνα 3.2.1) απεικονίζεται πιο αναλυτικά η δομή μιας τρίπτερης ανεμογεννήτριας στο εσωτερικό της.



Εικόνα 3.2.1: Δομή μιας Τρίπτερης Ανεμογεννήτριας.

Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά τα βασικά μηχανολογικά και ηλεκτρικά εξαρτήματα μιας ανεμογεννήτριας. Είναι εύκολο να διακρίνει κάποιος τον άξονα χαμηλών στροφών που συνδέεται με το κιβώτιο ταχυτήτων και αυτό με το ρότορα της γεννήτριας. Η πλήμνη είναι βάση στήριξης των πτερυγίων και η ένωση τους με τον δρομέα. Η γεννήτρια συνδέεται με ένα μετασχηματιστή και έκτοτε στο δίκτυο. Υπάρχουν και άλλα στοιχεία που μπορεί να προσέξει κανείς, όπως τον ανεμοδείκτη και το ανεμόμετρο που βοηθάνε στον έλεγχο και την προσαρμογή της ανεμογεννήτριας ανάλογα με το περιβάλλον που επικρατεί.

- **Νασέλλα:** Η νασέλλα αποτελεί το ογκώδες οριζόντιο τμήμα που είναι τοποθετημένο στην κορυφή του πύργου της ανεμογεννήτριας και στο οποίο εφάπτεται ο στροφέας. Η νασέλλα περιλαμβάνει το σύστημα μετάδοσης (κιβώτιο ταχυτήτων), τους άξονες χαμηλής και υψηλής ταχύτητας, τη γεννήτρια, τον ελεγκτή και την πέδη.
- **Κινούμενο μέρος (ρότορας):** Αποτελεί ίσως το σημαντικότερο μέρος για τη σχεδίαση του όλου συστήματος. Ο ρότορας αποτελεί το στρεφόμενο μέρος της

μηχανής, το άκρο του οποίου είναι τύπου έλικας και μπορεί να φέρει μία (μονόπτερος) δύο ή τρεις πτέρυγες. Η περιστροφή των πτερυγίων ενός δρομέα οριζοντίου άξονα οφείλεται στη συνδυασμένη δύναμη της άνωσης και της πίεσης που ασκείται, όταν οι μάζες του αέρα προσπίπτουν στα πτερύγια. Για τη μέγιστη αξιοποίηση αυτής της δύναμης απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός, στη μορφή των πτερυγίων, στη στρέψη τους ως προς τον άξονα στήριξης τους (κλίση) και στην ελικοειδή διάταξη τους (βήμα). Τα πτερύγια συνήθως κατασκευάζονται από ενισχυμένο πολυεστέρα. Στόχος είναι να βρεθεί ένας βέλτιστος συνδυασμός των διάφορων παραμέτρων που συνθέτουν το δρομέα : ταχύτητα περιστροφής, διάμετρος δρομέα, αριθμός πτερυγίων, κατανομή πλάτους πτερυγίου, κατάλληλη αεροτομή ή αεροτομές. Το κριτήριο επιλογής για το συνδυασμό αυτό, είναι η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ενέργειας. Τέλος η πλήμνη του δρομέα αποτελεί το σημείο στο οποίο στερεώνονται τα πτερύγια και κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο.

- **Πτερύγια:** Οι περισσότεροι στρόβιλοι αποτελούνται από δύο ή τρία πτερύγια. Η κίνηση του ανέμου πάνω από τα πτερύγια προκαλεί την περιστροφή τους και μέσω ενός κεντρικού άξονα μετατρέπει την κίνηση του ανέμου σε κυκλική κίνηση στην ανεμογεννήτρια. Το βασικό χαρακτηριστικό των πτερυγίων είναι το αεροδυναμικό τους σχήμα, που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοσή τους.

Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες αποτελούνται από τρία πτερύγια, ενώ δύο πτερύγια συναντώνται συνήθως σε πολύ μικρές ανεμογεννήτριες για διευκόλυνση σε επίπεδο κατασκευής και εγκατάστασης. Η ένταση των δονήσεων μειώνεται με μεγαλύτερο αριθμό πτερυγίων ενώ ο θόρυβος και η φθορά είναι γενικά μειωμένα και η αποτελεσματικότητα υψηλότερη με τρία αντί για δύο πτερύγια. Οι ανεμογεννήτριες με μεγαλύτερο αριθμό μικρότερων πτερυγίων λειτουργούν σε χαμηλότερο αριθμό Reynolds οπότε και είναι λιγότερο αποδοτικές. Τέλος με την αύξηση του αριθμού των πτερυγίων αυξάνει και το κόστος της εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας. Τα σύγχρονα πτερύγια κατασκευάζονται από ελαφρύ πλαστικό ενισχυμένο με γυαλί, ενώ μικρότερου μεγέθους πτερύγια κατασκευάζονται από αλουμίνιο ή λεπτά στρώματα ξύλου.

- **Διαφορικό χαμηλών ταχυτήτων:** Το διαφορικό χαμηλών ταχυτήτων συνδέει την κεφαλή του ρότορα με το κιβώτιο ταχυτήτων. Σε ανεμογεννήτρια 1000 KW ο

ρότορας περιστρέφεται σχετικά αργά, περίπου 19 με 30 περιστροφές ανά λεπτό (rpm). Το διαφορικό περιέχει σωλήνες για το υδραυλικό σύστημα ώστε να μπορεί να λειτουργήσει το αεροδυναμικό φρένο.

- **Σύστημα μετάδοσης κίνησης:** Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής (ταχύτητα με συγκεκριμένο αριθμό στροφών) της ανεμογεννήτριας. Με το σύστημα μετάδοσης δίνεται η κίνηση από το δρομέα (χαμηλές στροφές), στην ηλεκτρογεννήτρια (υψηλές στροφές). Συνδέει τον άξονα χαμηλής ταχύτητας με τον άξονα υψηλής ταχύτητας και αυξάνει την ταχύτητα περιστροφής από 30 - 60 περιστροφές το λεπτό (rpm) σε 1200 - 1500 rpm, δηλαδή την ταχύτητα περιστροφής που απαιτείται από τις περισσότερες γεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Το σύστημα μετάδοσης αποτελεί ένα ακριβό και βαρύ δομικό στοιχείο της ανεμογεννήτριας. Ανεμογεννήτριες μέχρι 150 kW έχουν σύστημα μετάδοσης δύο επιπέδων, ενώ ανεμογεννήτριες 300 kW έχουν σύστημα τριών επιπέδων (δύο επίπεδα και ένας ενδιάμεσος άξονας) και αυτές άνω των 450 kW έχουν σύστημα μετάδοσης δύο επιπέδων σε συνδυασμό με ένα οδοντωτό τροχό. Οι μηχανικοί ερευνούν προς την κατεύθυνση ανεμογεννητριών «άμεσης ώθησης» (“direct-drive”) οι οποίες λειτουργούν σε χαμηλότερες ταχύτητες περιστροφής και δεν χρειάζονται κιβώτιο ταχυτήτων.



Εικόνα 3.2.2: Κιβώτιο Ταχυτήτων της Bosch.

- **Διαφορικό υψηλών ταχυτήτων:** Ο άξονας υψηλής ταχύτητας συνδέεται μεταξύ του συστήματος μετάδοσης και της γεννήτριας. Το σύστημα μετάδοσης κινεί τον άξονα και αυτός με τη σειρά του κινεί τη γεννήτρια παρέχοντάς της υψηλή ταχύτητα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το διαφορικό είναι εξοπλισμένο με ένα δισκόφρενο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Το μηχανικό φρένο χρησιμοποιείται σε περίπτωση που το αεροδυναμικό φρένο υποστεί βλάβη ή η ανεμογεννήτρια επισκευάζεται.
- **Ηλεκτρική γεννήτρια:** Ο μηχανισμός αυτός παράγει την ηλεκτρική ενέργεια όταν υπάρχει ικανοποιητικός αέρας για να περιστρέψει τα πτερύγια. Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στο επόμενο στάδιο (είτε για αποθήκευση, είτε στο σύστημα διανομής, είτε για άμεση χρήση) χρησιμοποιώντας καλωδίωση. Υπάρχουν δύο δυνατές λύσεις, σύγχρονη ή ασύγχρονη γεννήτρια, η οποία συνδέεται με την έξοδο του κιβωτίου πολλαπλασιασμού των στροφών μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Η θέση τοποθέτησης της είναι στην κορυφή του πύργου της ανεμογεννήτριας. Συνήθως χρησιμοποιείται η ασύγχρονη γεννήτρια λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει όσον αφορά στο κόστος, στο βάρος, στην απλότητα κατασκευής, στην αξιοπιστία, στις ανάγκες συντήρησης, στην καλύτερη ποιότητα ισχύος και στις μεμονωμένες μηχανικές καταπονήσεις. Η σύγχρονη γεννήτρια, η οποία μειονεκτεί στα παραπάνω, χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπου δεν υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο, δηλαδή σε αυτόνομα συστήματα με συσσωρευτές για την αποθήκευση της ενέργειας, αφού η προτιμώμενη ασύγχρονη γεννήτρια χρειάζεται να παίρνει ρεύμα μαγνήτισης από το δίκτυο.
- **Σύστημα πέδησης:** Αποτελεί ένα δισκόφρενο, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί μηχανικά, ηλεκτρικά ή υδραυλικά με σκοπό να σταματήσει το στροφέα σε καταστάσεις που ενέχουν κίνδυνο έκτακτης ανάγκης. Ο έλεγχος της υπερβολικής ταχύτητας στις ανεμογεννήτριες εξασφαλίζεται με δύο τρόπους: αεροδυναμικά ή με μηχανική πέδηση. Ο έλεγχος της υπερβολικής ταχύτητας αεροδυναμικά αποτελεί την καλύτερη μέθοδο για την επιβράδυνση της ανεμογεννήτριας. Το φρενάρισμα της ανεμογεννήτριας μπορεί να επιτευχθεί με τη μεταφορά ενέργειας από τη γεννήτρια, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια της περιστροφής του στροφέα σε θερμότητα. Αυτή η μέθοδος είναι χρήσιμη στις περιπτώσεις που η

κινητική ενέργεια στη γεννήτρια μειώνεται ξαφνικά ή είναι πολύ μικρή για να διατηρήσει την ταχύτητα του στροφέα στα επιτρεπτά επίπεδα. Το κυκλικό επαναλαμβανόμενο φρενάρισμα μειώνει σταδιακά και ελεγχόμενα την ταχύτητα των πτερυγίων. Με αυτόν τον τρόπο, η περιστροφή του στροφέα διατηρείται σε ασφαλή ταχύτητα, ακόμα και στις περιπτώσεις ανέμων υψηλών ταχυτήτων, διατηρώντας ταυτόχρονα, την παραγωγή ενέργειας σε κανονικά επίπεδα. Σε περιπτώσεις εργασιών συντήρησης, ο στροφέας σταματά να περιστρέφεται με τη βοήθεια ενός μηχανικού δισκόφρενου. Τα δισκόφρενα εφαρμόζονται αφού έχει μειωθεί ήδη η ταχύτητα του στροφέα με ηλεκτρομαγνητική πέδηση, καθώς τα μηχανικά φρένα θα φθαρθούν εύκολα εάν εφαρμοστούν για να σταματήσουν τον στροφέα από τη πλήρη ταχύτητα.

- **Ελεγκτής:** Η βασική λειτουργία του ελεγκτή είναι να δίνει εντολές στον κινητήρα παρεκτροπής σχετικά με το πόσο και προς τα που να στρέψει τη νασέλλα, έτσι ώστε ο στροφέας να βρίσκεται πάντα κόντρα στη ροή του ανέμου. Ανάλογα με τα δεδομένα που λαμβάνει από το ανεμόπτερο, ενεργοποιεί τη λειτουργία του στροφέα για ταχύτητες ανέμου 8-16 μιλίων την ώρα, ενώ για ταχύτητες μεγαλύτερες από 65 μίλια ανά ώρα σταματά τη λειτουργία του στροφέα, λόγω κινδύνου υπερθέρμανσης της γεννήτριας. Επιπλέον ο ελεγκτής καταγράφει διάφορες παραμέτρους της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας όπως είναι η τάση, το ρεύμα, η συχνότητα, η θερμοκρασία της νασέλλας και της γεννήτριας, το επίπεδο υδραυλικής πίεσης και το επίπεδο δόνησης. Σε κάθε περίπτωση επιπλοκής, π.χ. υπερθέρμανση του κιβωτίου ταχυτήτων ή της γεννήτριας, σταματά αυτόματα την ανεμογεννήτρια και καλεί τον υπολογιστή του ελεγκτή της ανεμογεννήτριας μέσω μιας τηλεφωνικής σύνδεσης.
- **Μηχανισμός και κινητήρας περιστροφής:** Ο μηχανισμός περιστροφής της ανεμογεννήτριας ή αλλιώς yaw drive είναι η αιτία που στρέφεται ο δρομέας της ανεμογεννήτριας απέναντι στον αέρα. Η ανεμογεννήτρια θεωρείται ότι έχει σφάλμα περιστροφής, αν ο δρομέας δεν είναι κάθετος στη διεύθυνση του ανέμου. Το σφάλμα περιστροφής έχει ως συνέπεια η ανεμογεννήτρια να μπορεί να εκμεταλλευτεί μικρότερο μέρος της ενέργειας του ανέμου. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός στρέφει το στροφέα και επομένως ολόκληρη τη νασέλλα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι βρίσκεται κόντρα στην κατεύθυνση του ανέμου. Κάτω από τον τροχό του μηχανισμού περιστροφής βρίσκεται ο μηχανισμός περιστροφής, ο

οποίος τον θέτει σε κίνηση. Ο μηχανισμός περιστροφής ελέγχεται από ηλεκτρονικό ελεγκτή ο οποίος αντιλαμβάνεται τη διεύθυνση του ανέμου χρησιμοποιώντας τον ανεμοδείκτη.

- **Ανεμόμετρο και ανεμοδείκτης:** Το ανεμόμετρο και ο ανεμοδείκτης χρησιμοποιούνται για να μετρούν την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου. Τα ηλεκτρικά σήματα του ανεμόμετρου χρησιμοποιούνται από τον ηλεκτρονικό ελεγκτή της ανεμογεννήτριας για να αρχίσει την λειτουργία της όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει μια ελάχιστη τιμή. Ο υπολογιστής σταματά τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας αυτόματα αν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί ένα ανώτατο όριο προκειμένου να προστατεύσει την ανεμογεννήτρια και το περιβάλλον αυτής. Τα σήματα του ανεμοδείκτη χρησιμοποιούνται από τον ηλεκτρονικό ελεγκτή της ανεμογεννήτριας για να στρέφει αυτήν απέναντι στον άνεμο, μέσω του μηχανισμού περιστροφής.
- **Πύργος:** Ο πύργος είναι το τμήμα της ανεμογεννήτριας πάνω στον οποίο στηρίζεται η νασέλλα και ο στροφέας. Το ύψος της ανεμογεννήτριας αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα κατά το σχεδιασμό των ανεμογεννητριών του τύπου του οριζόντιου άξονα. Καθώς η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει με το ύψος, οι πιο υψηλοί πύργοι επιτρέπουν την παραγωγή περισσότερου ηλεκτρικού ρεύματος. Η μεταβολή της ταχύτητας με το ύψος, που ονομάζεται διάτμηση του ανέμου είναι εντονότερη κοντά στην επιφάνεια της γης. Χαρακτηριστικά κατά τη διάρκεια της ημέρας η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου είναι ανάλογη με την έβδομη ρίζα του ύψους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο διπλασιασμός του ύψους του πύργου αυξάνει τις αναμενόμενες ταχύτητες του ανέμου κατά 10% και την αντίστοιχη παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κατά 34%. Ο διπλασιασμός του ύψους του πύργου απαιτεί βέβαια και αντίστοιχο διπλασιασμό της διαμέτρου και επομένως και των κατασκευαστικών υλικών που απαιτούνται, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο και το κόστος κατασκευής. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν η ατμόσφαιρα είναι περισσότερο σταθερή, η ταχύτητα του ανέμου κοντά στο έδαφος μειώνεται σε αντίθεση με το ύψος που βρίσκεται ο στροφέας της ανεμογεννήτριας στο οποίο μπορεί ακόμα και να αυξηθεί. Επομένως, καθώς η ανεμογεννήτρια θα παράγει περισσότερη ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας, με το διπλασιασμό του ύψους του πύργου, η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει κατά 20%-60%. Για τις ανεμογεννήτριες του τύπου του οριζόντιου άξονα η επιλογή

του κατάλληλου ύψους γίνεται με βάση το συνδυασμό της αύξησης της παραγωγής ενέργειας και της αντίστοιχης αύξησης του κόστους κατασκευής. Η συνθήκη αυτή επιτυγχάνεται για ύψη διπλάσια ή τριπλάσια του μήκους των πτερυγίων.

Μέσα στον οποίο στερεώνεται η ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως μεταλλικός, σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα (μπετόν), ενώ το ύψος του είναι τέτοιο, ώστε ο αέρας που προσπίπτει στα πτερύγια της ανεμογεννήτριας να έχει ομαλή ροή και όχι τυρβώδη. Έτσι, μειώνεται ο θόρυβος στο ελάχιστο.

Δύο είναι οι κύριοι τύποι πύργων που έχουν επικρατήσει, ο σωληνωτός κι ο τύπου δικτυώματος. Ο δικτυωτός είναι ευκολότερος στην συναρμολόγηση κι ανάρτηση, ελαφρύτερος και φθηνότερος. Ο σωληνωτός, από την άλλη, είναι αισθητικά καλύτερος και το εσωτερικό του όταν πρόκειται για μεγάλες ανεμογεννήτριες είναι δυνατό να αποτελέσει και το θάλαμο στέγασης όλων των οργάνων της ανεμογεννήτριας, ενώ μπορεί να έχει εσωτερική σκάλα ή ανελκυστήρα για την πρόσβαση στο κουβούκλιο (νασέλλα) στην κορυφή του.

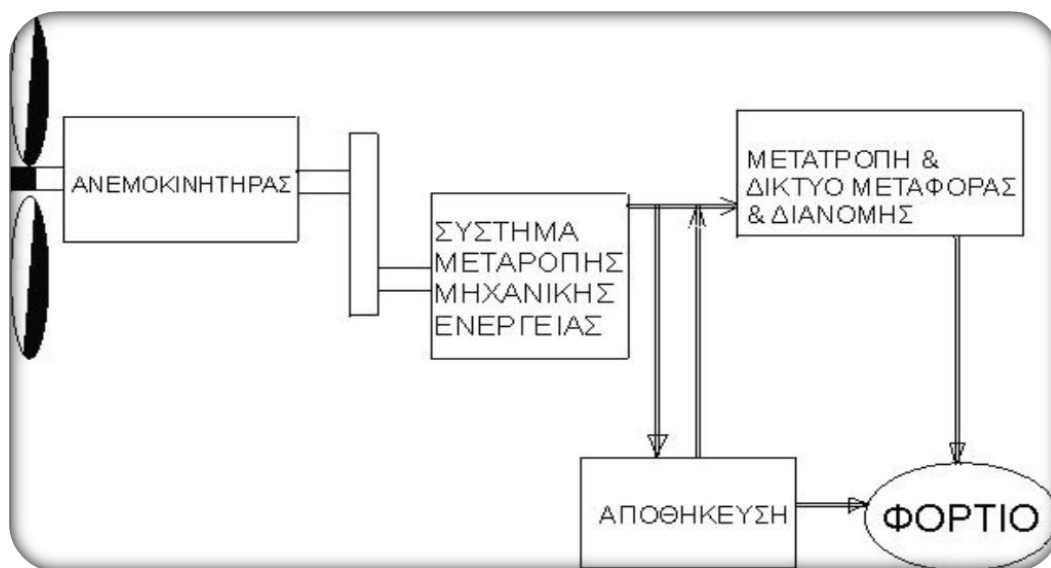


Εικόνα 3.2.3: Ανεμογεννήτριες με Χαλύβδινους και Δικτυωτούς πυλώνες αντίστοιχα.

- **Πίνακας ελέγχου:** Βρίσκεται συνήθως τοποθετημένος στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει κι ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη λειτουργία της.
- **Μονάδα ψύξης:** Η μονάδα ψύξης περιέχει ένα ηλεκτρικό ανεμιστήρα που χρησιμοποιείται για να ψύχει την ηλεκτρική γεννήτρια. Επιπλέον περιέχει μια μονάδα ψύξης με λάδι η οποία χρησιμοποιείται για να ψύχει το λάδι στο κιβώτιο ταχυτήτων. Μερικές ανεμογεννήτριες έχουν υδρόψυκτες γεννήτριες.
- **Υδραυλικό σύστημα:** Το υδραυλικό σύστημα χρησιμοποιείται για να επαναφέρει τα αεροδυναμικά φρένα της ανεμογεννήτριας.

3.3 Λειτουργία των Ανεμογεννητριών

Στην παρακάτω διάταξη βλέπουμε μια γενική περίπτωση όπου η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με τη βοήθεια αεροδυναμικής διάταξης (π.χ. μιας έλικας). Αυτό το μηχανικό έργο μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμο επί τόπου ή να χρειαστεί να μετατραπεί σε μια άλλη μορφή ενέργειας και να μεταφερθεί στον τόπο της ζήτησης.



Εικόνα 3.3.1: Σχηματική αναπαράσταση εγκατάστασης εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας.

Η ανεμογεννήτρια μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Καθώς ο άνεμος περνάει από τον ανεμοκινητήρα, μέρος της κινητικής του ενέργειας δεσμεύεται από τα πτερύγια και μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια. Αυτή η ενέργεια διοχετεύεται, μέσω του μηχανικού συστήματος οδήγησης, στο ρότορα της γεννήτριας και μετατρέπεται τελικά σε ηλεκτρική. Η ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτείται στο κύριο ηλεκτρικό δίκτυο (κατευθείαν στους καταναλωτές ή σε κάποιο μέσο αποθήκευσης ενέργειας) μέσω διακοπτικού εξοπλισμού, εξοπλισμού προστασίας, μετασχηματιστών και γραμμών μεταφοράς. Ο σταθμός διαθέτει και ένα σύστημα εποπτείας και ελέγχου, ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει σε περιπτώσεις μεταβολών του ανέμου και αλλαγών στη δομή του κύριου δικτύου στο οποίο συνδέεται. Συγκεκριμένα ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας τα οποία είναι συνδεδεμένα με ένα περιστρεφόμενο άξονα. Ο άξονας συνδέεται με ένα κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης, όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής, για να μεταφέρει με ένα νέο άξονα την κινητική ενέργεια σε μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Σε περίπτωση που η ένταση του ανέμου είναι ιδιαίτερα υψηλή, η φθορά και η καταστροφή της τουρμπίνας αποφεύγεται χάρη στην παρουσία μίας πέδης, που περιορίζει την υπερβολική αύξηση των στροφών των πτερυγίων.

Σκοπός της γεννήτριας είναι η μετατροπή της μηχανικής σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι γεννήτριες των ανεμογεννητριών είναι ασυνήθιστες, σε σχέση με άλλες μονάδες γεννητριών που βρίσκονται σε ηλεκτρικά πλέγματα. Ένας λόγος γι' αυτό είναι ότι οι γεννήτριες των ανεμογεννητριών πρέπει να λειτουργούν με πηγή ισχύος, το ρότορα της ανεμογεννήτριας, που παρέχει μηχανικό έργο που κυμαίνεται σε ένα εύρος. Οι περισσότερες σύγχρονες ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν μια αποκαλούμενη τριφασική ασύγχρονη γεννήτρια, που ονομάζεται επίσης και επαγωγική γεννήτρια, για να παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα. Αυτός ο τύπος γεννήτριας δε χρησιμοποιείται ευρέως. Εμφανίζεται μόνο στη βιομηχανία των ανεμογεννητριών και σε μικρές μονάδες υδροπαραγωγής.

Στις μεγάλες ανεμογεννήτριες, ισχύος τουλάχιστον 100-150 kW, η τάση που παράγεται είναι συνήθως 690V τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Στη συνέχεια το ρεύμα στέλνεται μέσα από ένα μετασχηματιστή δίπλα στην ανεμογεννήτρια, ή μέσα στον πύργο για να αυξηθεί η τάση μεταξύ 10.000 και 30.000 Volts, ανάλογα με το τοπικό ηλεκτρικό κύκλωμα. Οι μεγάλες κατασκευαστικές εταιρίες κατασκευάζουν ανεμογεννήτριες των 50Hz για τα ηλεκτρικά δίκτυα στα περισσότερα μέρη του κόσμου και των 60Hz για το ηλεκτρικό δίκτυο στην Αμερική. Οι γεννήτριες χρειάζονται ψύξη καθώς δουλεύουν.

Στις περισσότερες ανεμογεννήτριες, αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ενσωμάτωσης της γεννήτριας σε έναν αγωγό, με χρήση ενός μεγάλου ανεμιστήρα για την ψύξη, αλλά μερικοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν γεννήτριες που ψύχονται με νερό. Αυτές οι γεννήτριες μπορούν να κατασκευαστούν συμπαγώς, κάτι που επίσης δίνει κάποια πλεονεκτήματα ηλεκτρικής απόδοσης, αλλά απαιτούν ένα σώμα στο κέλυφος για να απαλλαγούν από τη θερμότητα στο σύστημα ψύξης του υγρού.

Αν συνδεθεί ή αποσυνδεθεί μια μεγάλη γεννήτρια ανεμογεννήτριας στο ηλεκτρικό κύκλωμα με έναν απλό διακόπτη, υπάρχει κίνδυνος για την ασφαλή λειτουργία της γεννήτριας και του κιβωτίου ταχυτήτων, καθώς και πρόβλημα κατά τη διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος στη γύρω περιοχή που ηλεκτροδοτείται από την ανεμογεννήτρια.

Οι περισσότεροι ελεγκτές των ανεμογεννητριών είναι προγραμματισμένοι να αφήνουν την ανεμογεννήτρια αδρανή χωρίς σύνδεση στο ηλεκτρικό κύκλωμα σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου. Αφού η ταχύτητα του ανέμου αυξηθεί αρκετά, ώστε να μπορεί να λειτουργεί ο ρότορας και η γεννήτρια, είναι σημαντικό η γεννήτρια να συνδεθεί στο ηλεκτρικό κύκλωμα τη σωστή στιγμή, διαφορετικά μόνο η μηχανική αντίσταση στο κιβώτιο ταχυτήτων και τη γεννήτρια θα μπορούν να σταματήσουν την επιτάχυνση του ρότορα και τελικά την υπερβολική ταχύτητα του.

Για να αποφευχθούν οι δυσάρεστες συνέπειες από την απότομη έναρξη λειτουργίας της ανεμογεννήτριας, οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες κάνουν μια ομαλή εκκίνηση, δηλαδή συνδέονται και αποσυνδέονται σταδιακά στο ηλεκτρικό κύκλωμα με τη χρήση ενός θυροστάτη, έναν τύπο ημιαγωγού συνεχών ανοιγμάτων-κλεισίματος που μπορεί να ελέγχεται ηλεκτρονικά. Οι θυροστάτες σπαταλούν περίπου 1 έως 2% της ενέργειας που τους διαπερνά. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες μπορούν να έχουν σχεδιαστεί με σύγχρονες ή ασύγχρονες γεννήτριες και με διάφορους τρόπους άμεσης ή έμμεσης σύνδεσης της γεννήτριας. Η άμεση σύνδεση σημαίνει ότι η γεννήτρια είναι κατευθείαν συνδεδεμένη στο, συνήθως τριφασικό, εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Η έμμεση σύνδεση σημαίνει ότι το ρεύμα από την ανεμογεννήτρια περνάει μέσα από μια σειρά ηλεκτρικών κυκλωμάτων που ρυθμίζουν το ρεύμα, ώστε να ταιριάζει στο ηλεκτρικό δίκτυο. Με τις ασύγχρονες γεννήτριες κάτι τέτοιο γίνεται αυτόματα.

Η αιολική ενέργεια είναι ιδιαίτερα αραιή μορφή ενέργειας και επίσης η παραγόμενη ισχύς από τις ανεμογεννήτριες εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, η οποία μεταβάλλεται συνεχώς.

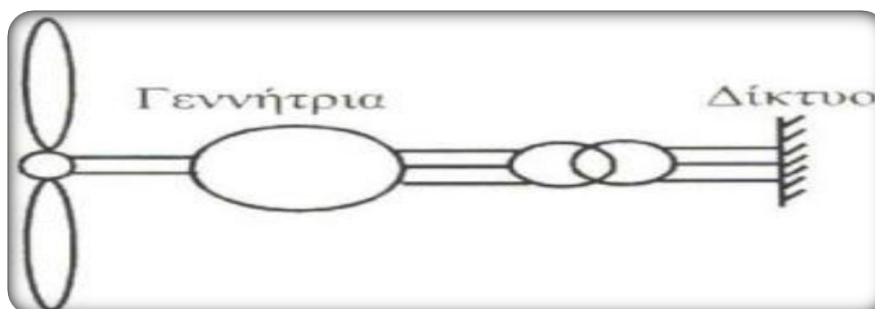
Συνεπώς η διαθεσιμότητα της αιολικής ενέργειας δεν είναι σταθερή. Αυτό αποτελεί και το βασικό πρόβλημα κατά τη λειτουργία σε σύνδεση με δίκτυο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, γιατί οι μηχανές ντίζελ καλούνται να μεταβάλουν την παραγωγή τους ανάλογα με τις διακυμάνσεις της διαθεσιμότητας της αιολικής ενέργειας. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε περιορισμό της παραγωγής των ανεμογεννητριών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το αιολικό πάρκο της Κύθνου, όπου οι ανεμογεννήτριες δε λειτουργούν όταν η ισχύς που παράγουν είναι μικρότερη από 4 kW και κατά συνέπεια σε αυτήν την περίπτωση η ζήτηση καλύπτεται αποκλειστικά από τη χρήση των συμβατικών μηχανών.

3.4 Τρόποι Λειτουργίας των Ανεμογεννητριών

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι λειτουργίας των συστημάτων μετατροπής της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική : η μέθοδος λειτουργίας σταθερής ταχύτητας (fixed speed) και η μέθοδος λειτουργίας μεταβλητής ταχύτητας (variable speed).

- **Σταθερής ταχύτητας ανεμογεννήτρια:**

Λειτουργία σταθερής ταχύτητας σημαίνει ότι ο δρομέας της ανεμογεννήτριας στρέφεται με σταθερό αριθμό στροφών ανεξάρτητα της ταχύτητας του ανέμου. Ο τρόπος σύνδεσης της γεννήτριας με το δίκτυο, είναι ο ίδιος με τον τρόπο σύνδεσης γεννητριών που τροφοδοτούνται από συμβατικές πηγές ενέργειας. Δηλαδή η σύνδεση γίνεται απευθείας, χρησιμοποιώντας ένα μετασχηματιστή προσαρμογής του επιπέδου τάσης της γεννήτριας, σε αυτό του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Εικόνα 3.4.1).



Εικόνα 3.4.1: Αναπαράσταση ανεμογεννήτριας σταθερών στροφών.

Στις ανεμογεννήτριες σταθερής συχνότητας, ανεξάρτητα από την ταχύτητα του ανέμου, η ταχύτητα του ρότορα είναι σταθερή και καθορίζεται από τη συχνότητα του συνδεδεμένου δικτύου, τη σχέση του κιβωτίου ταχυτήτων και το σχεδιασμό της γεννήτριας. Σχεδιάζονται ώστε να παρουσιάζουν βέλτιστη αεροδυναμική απόδοση σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου. Οι ανεμογεννήτριες σταθερής ταχύτητας αποτελούνται από μια επαγωγική γεννήτρια που συνδέεται κατευθείαν στο δίκτυο με μια διάταξη ομαλής εκκίνησης (soft starter) και μια συστοιχία πυκνωτών, για τη μείωση της κατανάλωσης έργου ισχύος.

Είναι απλές κατασκευαστικά, στιβαρές και αξιόπιστες. Επίσης το κόστος των ηλεκτρικών της μερών είναι χαμηλό. Τα μειονεκτήματά της είναι η έλλειψη ελέγχου της έργου ισχύος, οι μηχανικές καταπονήσεις και τα προβλήματα ποιότητας ισχύος. Επειδή λειτουργούν σε σταθερή ταχύτητα, όλες οι ταλαντώσεις της ταχύτητας του ανέμου μεταδίδονται ως ταλαντώσεις στη μηχανική ροπή και στη συνέχεια ως ταλαντώσεις στην ηλεκτρική ισχύ στο συνδεδεμένο δίκτυο.

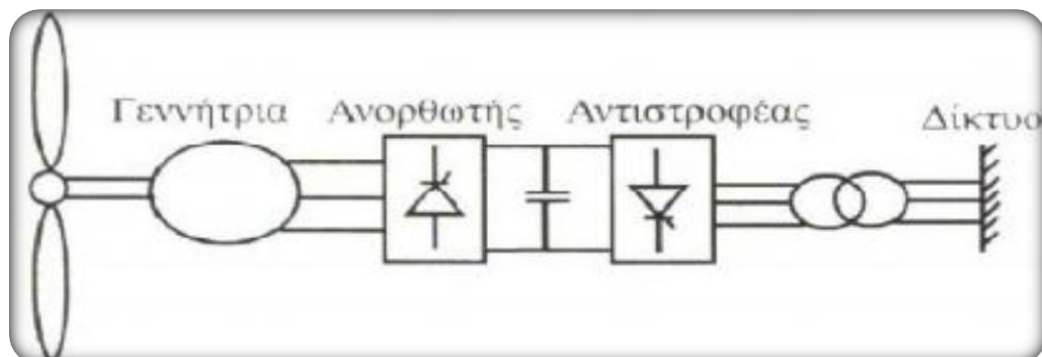
Πολλοί κατασκευαστές για να κάνουν πιο ελκυστικό τον τύπο αυτό τοποθέτησαν 2 γεννήτριες στις ανεμογεννήτριες. Μια για λειτουργία χαμηλών στροφών και μια για λειτουργία σε υψηλές στροφές, προσπαθώντας έτσι να πετύχουν έναν υψηλότερο βαθμό απόδοσης. Το σύστημα αυτό είναι γνωστό ως το δανέζικο μοντέλο Danish concept. Εξαιτίας των παραπάνω αδυναμιών, οι κατασκευάστριες εταιρείες ξεκίνησαν την παραγωγή ανεμογεννητριών μεταβλητών στροφών, οι οποίες δίνουν λύση σε μεγάλο βαθμό στα προβλήματα που παρουσιάζουν οι ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών.

- **Μεταβλητής ταχύτητας ανεμογεννήτρια:**

Στην λειτουργία μεταβλητής ταχύτητας, η ταχύτητα του δρομέα της ανεμογεννήτριας μεταβάλλεται κατά ελεγχόμενο τρόπο, ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Για την σύνδεση της ανεμογεννήτριας με το δίκτυο σταθερής συχνότητας χρησιμοποιείται μετατροπέας συχνότητας, με τον τρόπο αυτό η ταχύτητα περιστροφής αποδεσμεύεται από τη σταθερή συχνότητα του δικτύου και είναι δυνατή η μεταβολή της.

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα , στην έξοδο της γεννήτριας συνδέεται ένας τριφασικός ανορθωτής ελεγχόμενος ή μη, που μετατρέπει τα εναλλασσόμενα ηλεκτρικά μεγέθη σε συνεχή. Η σύνδεση στο δίκτυο γίνεται μέσω ενός αντιστροφέα, ο οποίος μετατρέπει τα συνεχή ηλεκτρικά μεγέθη σε εναλλασσόμενα, συχνότητας ίδιας με αυτήν του δικτύου.

Οι μετατροπείς αυτοί μπορούν να αποτελούνται είτε από θυρίστορ, είτε από ημιαγωγικά στοιχεία ελεγχόμενης έναυσης και σβέσης, όπως θυρίστορ με πύλη σβέσης (GTO) ή τρανζίστορ μονωμένης πύλης (IGBT).



Εικόνα 3.4.2: Αναπαράσταση ανεμογεννήτριας μεταβλητής ταχύτητας

Οι ανεμογεννήτριες μεταβλητής ταχύτητας σχεδιάζονται ώστε να επιτυγχάνουν βελτιστοποίηση της αεροδυναμικής συμπεριφοράς σε ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων του ανέμου. Μέσω της λειτουργίας με μεταβλητές στροφές γίνεται εφικτό να προσαρμόζεται η γωνιακή ταχύτητα του ρότορα της ανεμογεννήτριας σε κάθε ταχύτητα ανέμου. Με τον τρόπο αυτό, ο λόγος ταχύτητας ακροπερυγίου λ διατηρείται σταθερός σε μία προκαθορισμένη τιμή που αντιστοιχεί στον συντελεστή μέγιστης αεροδυναμικής απόδοσης. Σε αντίθεση με τη διάταξη σταθερών στροφών, η διάταξη μεταβλητών στροφών διατηρεί τη ροπή της γεννήτριας σχεδόν σταθερή και οι διακυμάνσεις του ανέμου αποσβένονται μέσω της αλλαγής της ταχύτητας της γεννήτριας. Το ηλεκτρικό σύστημα μιας ανεμογεννήτριας μεταβλητών στροφών είναι πιο πολύπλοκο από το αντίστοιχο των σταθερών στροφών. Συνήθως αποτελείται από μια επαγωγική ή σύγχρονη γεννήτρια που συνδέεται στο δίκτυο μέσω ενός μετατροπέα ισχύος.

Οι ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών προτιμούνται έναντι των σταθερών στροφών καθώς παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα. Το βασικό πλεονέκτημα της λειτουργίας μεταβλητής ταχύτητας είναι η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης της μηχανής, καθώς αυξάνεται το ποσοστό εκμετάλλευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου κυρίως κατά τις χαμηλές ταχύτητες ανέμου, σε σχέση με την λειτουργία σταθερής ταχύτητας. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι δυνατότητα ελέγχου της άεργου ισχύος ανάλογα με τον τύπο μετατροπέα που χρησιμοποιείται.

Σημαντικό επίσης πλεονέκτημα από την λειτουργία μεταβλητής ταχύτητας είναι η εξομάλυνση της μεταβλητότητας των μηχανικών ροπών και απόσβεση των συντονισμών του μηχανικού συστήματος μετάδοσης της κίνησης, τα οποία σημαίνουν μείωση των μηχανικών καταπονήσεων και αύξηση της διάρκειας ζωής του συστήματος. Επίσης έχουν μειωμένο ακουστικό θόρυβο, καλύτερη προσαρμογή στις τοπικές συνθήκες ανέμου και διευκόλυνση στη διαδικασία εκκίνησης.

Τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι καταρχήν η αυξημένη πολυπλοκότητα λόγω του μετατροπέα συχνότητας και η αντίστοιχη αύξηση του κόστους. Επίσης λόγω του ηλεκτρονικού μετατροπέα παρουσιάζεται αύξηση των ανώτερων αρμονικών που εισέρχονται στο δίκτυο, κάτι που κάνει αναγκαία την εγκατάσταση φίλτρων για τον περιορισμό τους.

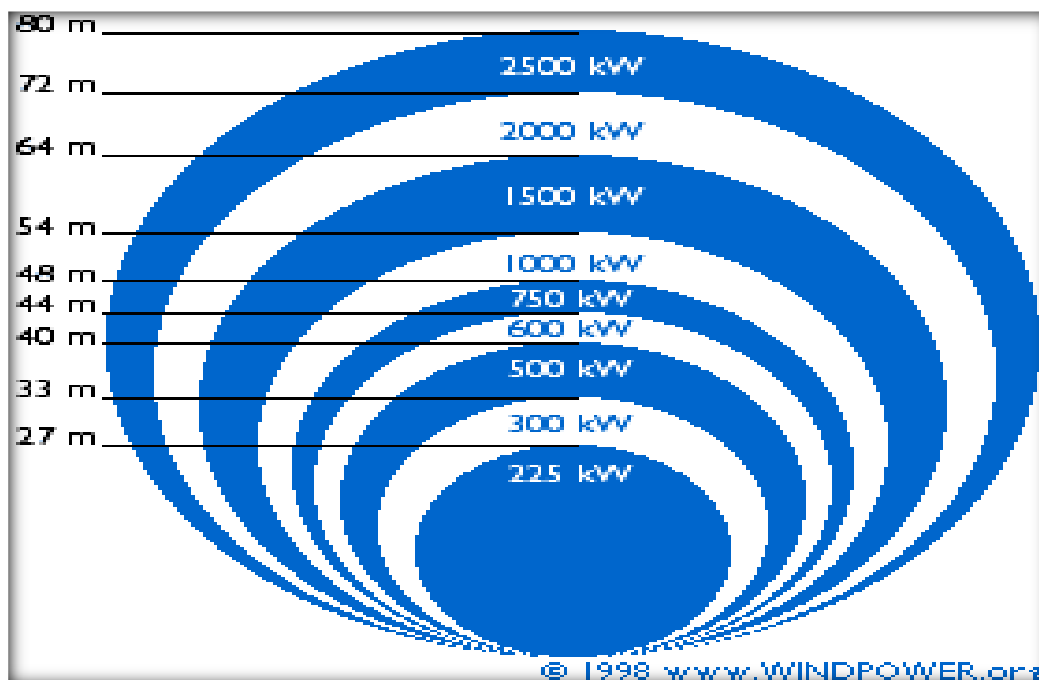
Με την πρόοδο της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών ισχύος, πολλά από τα παραπάνω προβλήματα αναμένεται να επιλυθούν, κάτι που θα κάνει τις Α/Γ μεταβλητών στροφών ακόμη πιο ελκυστικές.

3.5 Το Μέγεθος των Ανεμογεννητριών

Η μορφή των ανεμογεννητριών έχει περάσει από πολλά στάδια στην πάροδο των χρόνων, πριν φτάσουμε στην κλασική μορφή των ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούνται σήμερα. Σχεδόν σε όλες τις ανεμογεννήτριες έχουν δοκιμαστεί πολλές διαφορετικές λύσεις και όσον αφορά τον αριθμό των πτερυγίων αλλά και τον προσανατολισμό του άξονα.

Η ισχύς εξόδου αυξάνεται όσο αυξάνει η επιφάνεια που καλύπτει ο δρομέας της ανεμογεννήτριας. Όταν ένας αγρότης αναφέρεται στην έκταση που καλλιεργεί, θα περιγράψει την έκταση που καλλιεργεί σε τετραγωνικά μέτρα, σε στρέμματα. Με μια ανεμογεννήτρια είναι περίπου το ίδιο, μόνο που στην καλλιέργεια η επιφάνεια αναφέρεται σε οριζόντιο επίπεδο ενώ στην Α/Γ σε κάθετο.

Η επιφάνεια του δίσκου που καλύπτει ο ρότορας, καθώς και η ταχύτητα του ανέμου, φυσικά, καθορίζει την ενέργεια που παράγει η ανεμογεννήτρια. Η παρακάτω εικόνα 3.5.1 απεικονίζει τα συνήθη μεγέθη των ανεμογεννητριών: Μια τυπική ανεμογεννήτρια 600 kW θα έχει διάμετρο ρότορα 44 m. Αν διπλασιαστεί η διάμετρος του ρότορα, τετραπλασιάζεται η επιφάνεια που καλύπτει. Αυτό σημαίνει ότι τετραπλασιάζεται και η ισχύς εξόδου.



Εικόνα 3.5.1: Συνηθισμένα μεγέθη ανεμογεννητριών.

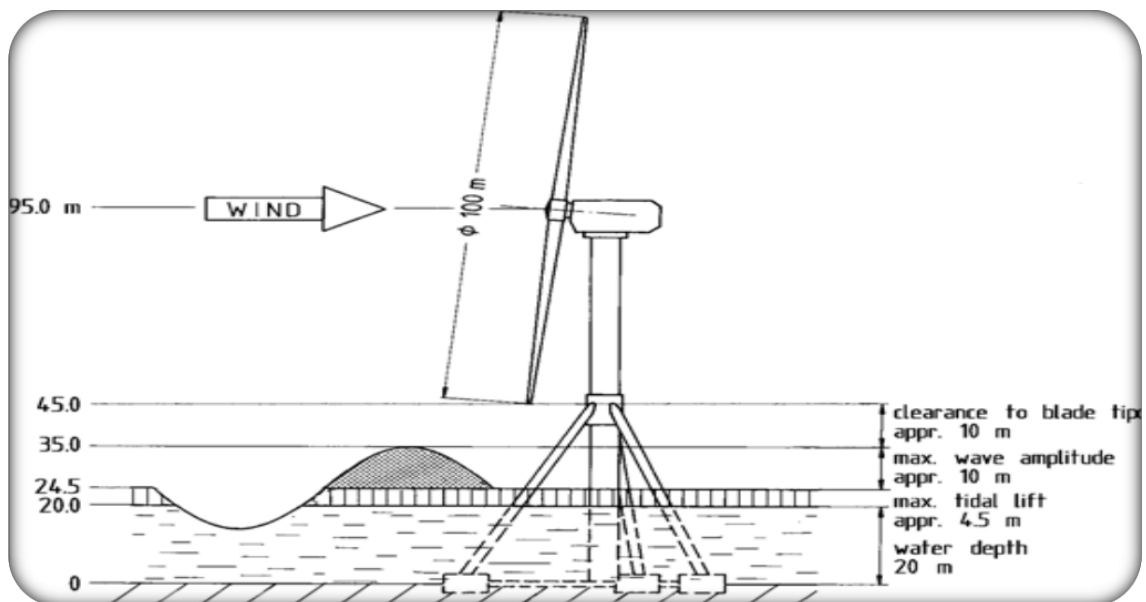
Η διάμετρος του ρότορα μπορεί να διαφέρει λίγο από τα μεγέθη που δίνονται στο σχήμα, γιατί αρκετοί κατασκευαστές προσαρμόζουν τις μηχανές τους στις αιολικές συνθήκες κάθε περιοχής: μια μεγάλη ανεμογεννήτρια, απαιτεί περισσότερη ισχύ (ισχυρότερους ανέμους) για να περιστραφεί. Αν λοιπόν εγκατασταθεί μια ανεμογεννήτρια σε μια περιοχή με χαμηλό αιολικό δυναμικό θα μεγιστοποιηθεί η ετήσια ενεργειακή παραγωγή αν για δεδομένο μέγεθος του ρότορα χρησιμοποιηθεί μια μικρότερη γεννήτρια (ή αντίστροφα για δεδομένη ισχύ γεννήτριας χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερος δρομέας). Για μηχανή 600 kW το μέγεθος του ρότορα μπορεί να κυμαίνεται από 39m ως 48m. Ο λόγος για τον οποίο θα αυξηθεί η παραγωγή ενέργειας από μια σχετικά μικρότερη μηχανή σε περιοχές με χαμηλό αιολικό δυναμικό είναι ότι η ανεμογεννήτρια θα δουλεύει για περισσότερες ώρες κατά τη διάρκεια του χρόνου.

3.6 Τεχνικές Απαιτήσεις Παράκτιων Ανεμογεννητριών

Η πρώτη προϋπόθεση για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας με επιτυχία είναι ο κατάλληλος σχεδιασμός και ο τεχνικός εξοπλισμός των ανεμογεννητριών. Οι υπάρχουσες ανεμογεννήτριες ήταν σχεδιασμένες για τοποθέτηση στη στεριά. Οι ανεμογεννήτριες που βρίσκονται στη θάλασσα υποβάλλονται σε διαφορετικές εξωτερικές συνθήκες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό.

➤ **Ύψος πύργου:**

Για να κάνουν χρήση της υψηλής ταχύτητας του ανέμου, οι πύργοι των υπεράκτιων ανεμογεννητριών δε χρειάζεται να είναι τόσο ψηλοί όσο αυτοί στις εσωτερικές περιοχές. Το προφίλ της ταχύτητας του ανέμου έχει περισσότερες από μία διόγκωση, έτσι ώστε το χαμηλότερο ύψος πύργου να επαρκεί για την επίτευξη της βέλτιστης οικονομικής αξίας. Το ύψος του πύργου επίσης καθορίζεται και από τις ωκεανογραφικές συνθήκες σε σχέση με τη διάμετρο του ρότορα διαμέτρου. Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι το βάθος του νερού, το παλιρροϊκό εύρος, το μέγιστο ύψος κύματος που αναμένεται και επαρκής χώρος για το στροφείο.



Εικόνα 3.6.1: Επίπεδα νερού στη Βόρεια Θάλασσα σε σχέση με το ύψος πύργου μιας ανεμογεννήτριας.

➤ **Φάσμα φορτίου:**

Τα φορτία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό της υπεράκτιας κατασκευής διαφέρουν σημαντικά από εκείνα στη στεριά:

- Η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη.
- Η ένταση της αναταραχής πάνω από την ανοιχτή θάλασσα είναι μικρότερη, αλλά αναμένεται υψηλότερη επαγόμενη αναταραχή ανάλογα με την απόσταση των ανεμογεννητριών.
- Η κυματική κίνηση του νερού είναι μία νέα σημαντική επίδραση. Αυτό ισχύει τόσο για τα ακραία φορτία όσο και για τη δυναμική απόκριση των περιοδικών κυμάτων.
- Η κίνηση των πάγων στη θάλασσα μπορεί να οδηγήσει σε πολύ υψηλά και ακραία φορτία, ιδίως στη Βαλτική. Επιπλέον επικάθηση πάγου στην ανεμογεννήτρια πρέπει να ληφθεί υπόψη.
- Η μεταβολή στο ύψος της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της παλίρροιας μπορεί να έχει επίδραση στο φάσμα του φορτίου.
- Σε ορισμένες θαλάσσιες περιφέρειες, τα ρεύματα μπορεί να είναι τόσο ισχυρά που παίζουν ρόλο στο φάσμα του φορτίου.
- Τα θαλάσσια ρεύματα μπορεί να επηρεάσουν τα θεμέλια της διάταξης.
- Η αυξημένη διάβρωση - αν δεν εμποδίζεται με κατάλληλα προστατευτικά μέτρα - διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και μειώνει την αντοχή των συστατικών της διάταξης.

Μια σημαντική πτυχή είναι η υπέρθεση των φορτίων ανέμου και κύματος στο φάσμα του φορτίου, αφού επηρεάζει την αντοχή στη δυναμική σχεδίαση της δομής. Έτσι το φορτίο του κύματος επηρεάζει κυρίως τον πύργο και τα θεμέλια, ενώ το φορτίο του ανέμου το ρότορα και το μηχανικό σύστημα κίνησης. Είναι αξιοσημείωτο ότι η υπέρθεση των φορτίων ανέμου και κύματος επηρεάζει λιγότερο τη δομή από ότι αν τα φορτία ήταν ανεξάρτητα. Ο λόγος έγκειται στην αεροδυναμική απόσβεση του κινούμενου ρότορα λόγω της κίνησης των κυμάτων κάτι παρόμοιο με τον τρόπο που τα πανιά του ιστιοφόρου υγραίνονται από την κίνηση του πλοίου όταν υπάρχουν κύματα.

➤ **Εξοπλισμός τουρμπίνας:**

Συγκριτικά με τις χερσαίες, οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες έχουν περισσότερες απαιτήσεις όσον αφορά τον τεχνικό τους εξοπλισμό. Οι κυριότερες διαφορές τους αφορούν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Πολύ μεγαλύτερη αντιδιαβρωτική προστασία σε όλα σχεδόν τα δομικά στοιχεία.
- Άτρακτοι με καλύτερη σφράγιση.
- Κλειστό σύστημα ψύξης για τη γεννήτρια.
- Συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου που μπορούν να επαναπρογραμματιστούν από τη στεριά.
- Ύπαρξη ειδικού γερανού επάνω στην άτρακτο για τη διευκόλυνση της συντήρησης και επισκευής.
- Ειδικά εργαλεία άρσης στην άτρακτο και στον πύργο για τα βαρέα στοιχεία και φορτία.
- Πλατφόρμες σύνδεσης για σκάφη συντήρησης με ειδικές ενισχύσεις πρόσβασης σε περίπτωση θαλασσοταραχής.
- Φωτισμό, σύμφωνα με τους κανόνες στη θάλασσα.



Εικόνα 3.6.2: Πλατφόρμα ελικοπτερου σε υπεράκτια ανεμογεννήτρια στο αιολικό πάρκο Horns Rev.

3.7 Θεμελίωση Παράκτιων Ανεμογεννητριών

Η πλέον δύσκολη προσαρμογή που απαιτείται για την έδραση της διάταξης αφορά τη σχεδίαση του πύργου και τη θεμελίωση του στον πυθμένα της θάλασσας. Η συγκεκριμένη θεμελίωση είναι προφανώς πιο πολύπλοκη από τις αντίστοιχες της στεριάς. Σε μεγαλύτερα βάθη υδάτων, οι απαιτούμενες εργασίες σχεδιασμού και κατασκευής ενδεχομένως να οδηγήσουν σε οικονομικές αποκλίσεις της συνολικής επένδυσης. Η βασική στατική αρχή της θεμελίωσης των ανεμογεννητριών βασίζεται στο κατά πόσον μπορεί να διασφαλιστεί η σταθερότητα λόγω του μεγέθους και του βάθους των θεμελίων ή αν θα χρειαστεί να τοποθετηθούν επιπλέον ενισχύσεις ή και αντιστηρίξεις στον πυθμένα.

Η πάκτωση των ανεμογεννητριών στον πυθμένα των περιοχών που πρόκειται να εγκατασταθούν είναι μια δουλειά που απαιτεί ιδιαίτερη μελέτη από πολλές πλευρές.

Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλές ιδιαιτερότητες που πρέπει να λάβουμε μια μελέτη τέτοιου είδους πολύ σοβαρά. Το κυριότερο θέμα που ισχύει σε κάθε τέτοια κατασκευή είναι η σεισμική πρόληψη. Η χώρα μας χαρακτηρίζεται ως μια αρκετά σεισμογενής περιοχή και αυτό επιφέρει μια ιδιαίτερη προσοχή σε οποιαδήποτε στατική μελέτη. Ένας λόγος που κάνει πιο συγκεκριμένη μια τέτοια μελέτη είναι και οι αλλαγές του υλικού του βυθού κάθε περιοχής. Πολλές φορές αλλάζουν τα υλικά που συνθέτουν το ανάγλυφο της υποθαλάσσιας περιοχής. Αυτό μπορεί να είναι από μια πεδινή περιοχή με άμμο μέχρι μια βραχώδη γεμάτη πετρώματα και ξέρες.

Η θεμελίωση ενός αιολικού πάρκου εξαρτάται από το βάθος του πυθμένα, το είδος του διαθέσιμου υπεδάφους αλλά και τη διαθεσιμότητα ειδικού εξοπλισμού για την κατασκευή μεταφορά αλλά και τοποθέτηση των διαφόρων τύπων θεμελιώσεων. Το βάρος της κάθε θεμελίωσης εξαρτάται κυρίως από το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή της (σκυρόδεμα ή χάλυβας) αλλά και τον τρόπο που θα στηριχθεί στον πυθμένα. Το τελευταίο κριτήριο για κάθε λύση είναι το κόστος. Μεταξύ των κριτηρίων που έχουν τεθεί για την προκαταρκτική χωροθέτηση αιολικών υπεράκτιων πάρκων στην Ελλάδα, είναι και το μέγιστο επιτρεπόμενο βάθος των 50 μέτρων το οποίο αποκλείει πλωτές ανεμογεννήτριες και μεγάλα θαλάσσια βάθη.

Παρόλα αυτά η τεχνολογία για μεγαλύτερα βάθη υπάρχει από την βιομηχανία άντλησης πετρελαίου και την γεφυροποιία αλλά και σε νέες μορφές οι οποίες εξελίσσονται αυτήν την περίοδο. Τα είδη των θεμελιώσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί σε αντίστοιχες εφαρμογές σε άλλες χώρες όπως η Δανία και το Ηνωμένο Βασίλειο παρουσιάζονται και εξηγούνται παρακάτω.

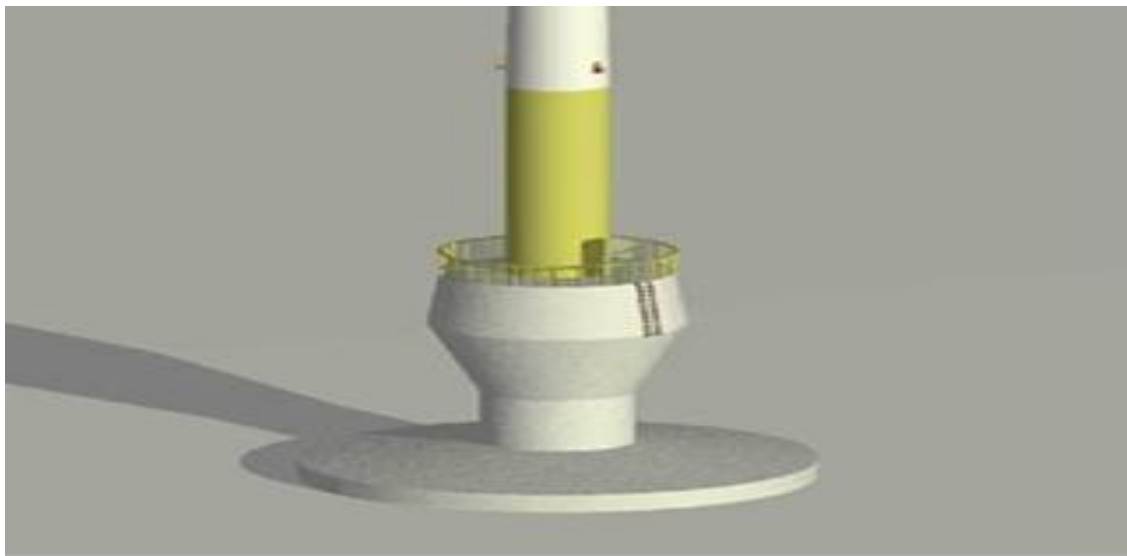


Εικόνα 3.7.1: Διαφορετικοί τύποι θεμελιώσεων.

3.7.1 Θεμέλια Βαρύτητας από Οπλισμένο Σκυρόδεμα

Αυτός ο τύπος θεμελίου χρησιμοποιήθηκε για τα αιολικά πάρκα της Δανίας για τις περιοχές Videby και Tunoe. Τυπικά, αποτελείται από κέλυφος οπλισμένου σκυροδέματος, το οποίο κατασκευάζεται στην στεριά και εν συνεχεία ρυμουλκείται στην τοποθεσία όπου και θα βυθιστεί με την γέμιση του σκύρα, πέτρα ή άμμο. Η μάζα ενός τέτοιου κιβωτίου για μία ανεμογεννήτρια των 2 MW είναι περίπου 1500 τόνοι συν τη μάζα του υλικού που τοποθετείται σε αυτό. Το θεμέλιο μπορεί να έχει ανοικτή ή κλειστή κορυφή, είναι κωνικό ή πυραμιδοειδές, κυκλικής ή πολυγωνικής κάτοψης με την κωνική διατομή προτιμώμενη για περιοχές με χιονοπτώσεις και παγετό και την κλειστή οροφή προτιμώμενη οικονομικά διότι μπορεί να γεμίσει με άμμο (φθηνότερη από την γέμιση με

πέτρες ή βράχο), χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να την απομακρύνει το νερό. Μετά την τοποθέτηση του στο νερό στηρίζονται πάνω του τα υπόλοιπα τμήματα της ανεμογεννήτριας, ο πυλώνας, ο μηχανισμός περιστροφής, οι λεπίδες και το ηλεκτρομηχανολογικό υλικό. Για την προστασία της κατασκευής από διάβρωση χρησιμοποιούνται περιμετρικοί μανδύες που εισχωρούν στον πυθμένα σε συνδυασμό με περιμετρική διάστρωση πετρωμάτων η οποία εξασφαλίζει την αποφυγή της απομάκρυνσης του εδάφους στήριξης.



Εικόνα 3.7.2: Θεμέλια βαρύτητας από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Η λειτουργία των απλών μορφών θεμελίων βαρύτητας στηρίζεται στη μεγάλη τους μάζα και στην άμεση μεταφορά φορτίων του πυλώνα της ανεμογεννήτριας αλλά και του ιδίου του βάρους τους στον πυθμένα ούτως ώστε να αποφευχθεί πιθανή ανατροπή ή και ολίσθηση της ανεμογεννήτριας. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο τα ανώτερα υποθαλάσσια στρώματα (συνήθως μεταφράζεται σε βάθη 1,5 φορά τη διάμετρο της βάσης του θεμελίου) να έχουν από μέτρια ως υψηλή αντοχή. Η αποδεκτή διάμετρος βάσης δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 30 – 40 μέτρα για να θεωρείται οικονομική ως λύση. Σε πολλές περιπτώσεις, για να μειωθεί η διάμετρος, γίνεται ενίσχυση του εδάφους του πυθμένα με επίστρωση πετρωμάτων και τοποθέτηση πασσάλων οι οποίοι φτάνουν σε χαμηλότερα στρώματα του πυθμένα πιθανώς και πιο ισχυρά από πλευράς φέρουσας ικανότητας.

Παρόλο που η λύση αυτή είναι απλή στην κατασκευή, έχει το μειονέκτημα ότι υστερεί σε περιοχές με υψηλή διαβρωσιμότητα λόγω του υψηλού κόστους των μέτρων προστασίας. Επιπλέον για βάθη μεγαλύτερα των 10 μέτρων, η απαίτηση μεγάλου βαρέως πλωτού γερανού καθιστά την λύση σε πολλές περιπτώσεις αντιοικονομική. Γενικά έχει υπολογιστεί ότι η δαπάνη για το τελειωμένο θεμέλιο είναι ανάλογη με το τετράγωνο του βάθους τοποθέτησης. Παρόλα αυτά η χρήση τους στην Βαλτική θάλασσα, όπου υπήρχε το απαιτούμενο βάθος, αποδείχθηκε οικονομική και γι αυτό συνιστώνται σε ανάλογες περιπτώσεις. Μία ακόμα παράμετρος είναι και η έκταση του αιολικού πάρκου καθώς αλλάζουν οι οικονομίες κλίμακας και είναι δυνατόν για πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις να καθίσταται συμφέρουσα. Τέλος, μπορεί να αφαιρεθεί χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία σε αντίθεση με τα βαθιά θεμέλια.

3.7.2 Θεμέλια Βαρύτητας από Χάλυβα

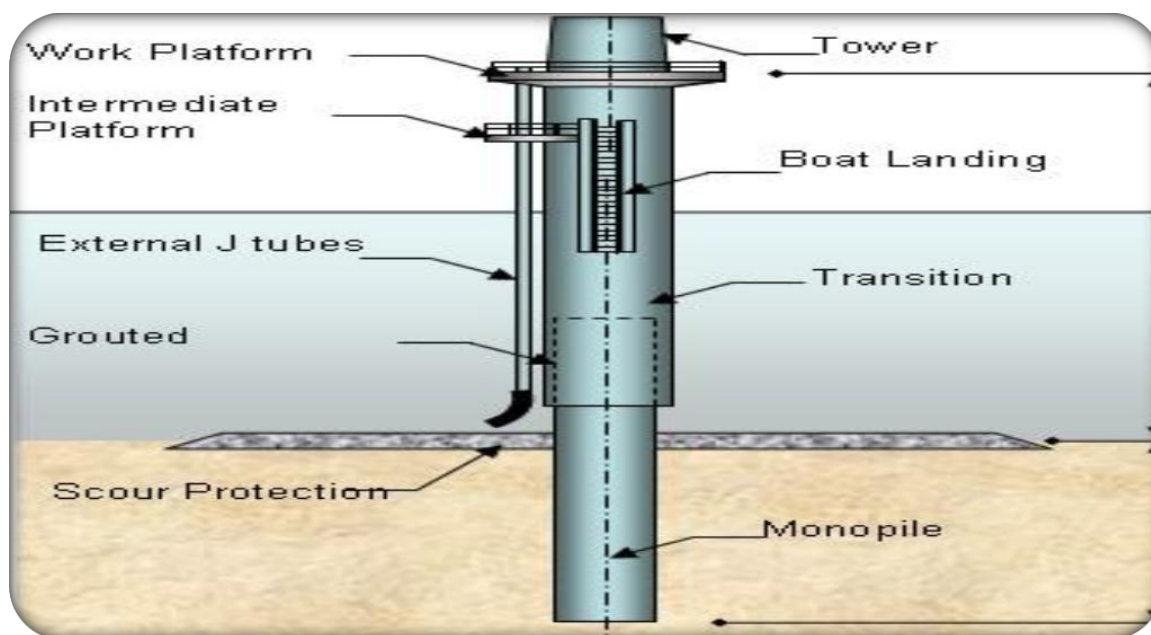
Η λειτουργία αυτής της θεμελίωσης είναι βασισμένη στις ίδιες αρχές με την προηγούμενη με την διαφορά ότι στην θέση του οπλισμένου σκυροδέματος, χρησιμοποιείται ένας χαλύβδινος κυλινδρικός σωλήνας ο οποίος βιδώνεται και συγκολλείται πάνω σε χαλύβδινη πρισματική ή κυλινδρική βάση η οποία ακυρώνεται στον πυθμένα μετά από κατάλληλη γεωτεχνική προετοιμασία. Η κατασκευή του γίνεται και σε αυτή την περίπτωση στην στεριά και στην συνέχεια μεταφέρεται με πλωτά μέσα στον τόπο εγκατάστασης. Για τα συνήθη βάθη που χρησιμοποιείται, δηλαδή 4 με 10 μέτρα, η διάμετρος του σωλήνα είναι γύρω στα 4 – 4,5 μέτρα στηριζόμενη σε βάση 14 επί 14 για τετραγωνική διατομή και περίπου και περίπου 15 μέτρα διάμετρο στην περίπτωση κυκλικής. Το χαλύβδινο θεμέλιο είναι σημαντικά ελαφρύτερο από το αντίστοιχο σκυρόδεμα. Ενδεικτικό είναι το βάρος της μεταλλικής κατασκευής ζυγίζει περίπου 80 με 100 τόνους εκεί που το τελικό βάρος του είναι γύρω στους 1000 τόνους. Αυτό επιτυγχάνεται με την γέμιση της βάσης έδρασης με ολιβίνη, ένα πολύ πυκνό ορυκτό.

Το μικρό αρχικό βάρος του θεμελίου έχει το πλεονέκτημα ότι η μεταφορά του και η τοποθέτηση του επιτόπιου, γίνεται πολύ πιο γρήγορα και εύκολα από τον προηγούμενο

τύπο θεμελίου, χωρίς να χρειάζονται ειδικοί γερανοί βαρέος τύπου αλλά με τη χρήση αυτών που χρησιμοποιούνται και για την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας. Εκτός αυτού, το επιπλέον κόστος για τα μεγαλύτερα βάθη είναι πολύ μικρότερο από αυτό που προκύπτει για το αντίστοιχο θεμέλιο από σκυρόδεμα διότι η αύξηση του μεγέθους του γίνεται σε πολύ μικρότερη αναλογία απ' ό,τι στην προηγούμενη περίπτωση. Εκεί που το χαλύβδινο θεμέλιο βαρύτητας υστερεί ως λύση, είναι στην περίπτωση που τοποθετείται σε περιοχές με έντονη διαβρωσιμότητα καθώς απαιτούνται τα ίδια μέτρα προστασίας με την προηγούμενη περίπτωση τα οποία είναι δαπανηρά.

3.7.3 Θεμελίωση με Πασσαλόπηξη Μεταλλικού Σωλήνα (Monopile)

Αυτή η περίπτωση θεμελίωσης είναι μια απλή κατασκευή ενός μεταλλικού χαλύβδινου σωλήνα, ο οποίος αφού κατασκευαστεί μεταφέρεται με φορτηγίδα ή ρυμουλκείται στον τόπο της εναπόθεσής του. Το θεμέλιο αυτό βυθίζεται 10 με 20 μέτρα από την επιφάνεια του πυθμένα ανάλογα με τον τύπο του υπεδάφους.



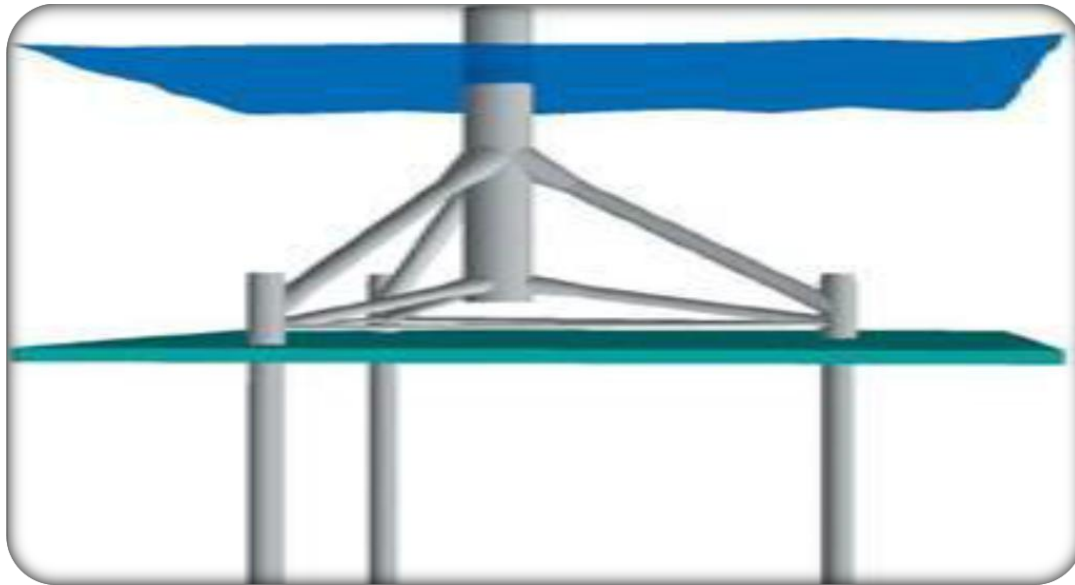
Εικόνα 3.7.3: Θεμελίωση με πασσαλόπηξη μεταλλικού σωλήνα.

Η συνήθης διάμετρός του κυμαίνεται από 3.5 έως 4.5 μέτρα και ζυγίζει γύρω στους 175 τόνους. Αυτή η περίπτωση θεμελίωσης είναι εφικτή οικονομικά για βάθη μέχρι 30 μέτρα και έχει επίσης χρησιμοποιηθεί σε αιολικά πάρκα στην Βαλτική και Βόρεια θάλασσα αλλά και σε άλλες περιοχές της Βρετανίας. Γενικά αυτός ο τύπος θεμελίωσης δεν έχει πρόβλημα με την διάβρωση του εδάφους και έτσι συνήθως δεν χρειάζονται επιπλέον μέτρα.

Αυτή η λύση έχει πολλά πλεονεκτήματα μεταξύ αυτών το μικρό βάρος που διευκολύνει την μεταφορά αλλά και την τοποθέτηση, αλλά και το γεγονός ότι δεν χρειάζονται ειδικές προετοιμασίες του πυθμένα για την θεμελίωση. Έτσι η τοποθέτηση γίνεται πολύ πιο γρήγορα και εύκολα απ' ό,τι αυτή των θεμελίων βαρύτητας και σε μεγαλύτερα βάθη (30μ). Παρόλα αυτά, στην περίπτωση που υπάρχει βραχώδες υπέδαφος η διαδικασία της πασσαλόπηξης μπορεί να είναι δύσκολη ως αδύνατη αφού θα απαιτεί βαρέως τύπου μηχανήματα αλλά και εκρηκτικά για να μπορέσει να φτάσει στο απαιτούμενο βάθος. Σε αυτήν την περίπτωση το κόστος μπορεί να είναι πολύ μεγάλο και έτσι η λύση να κριθεί αντιοικονομική.

3.7.4 Θεμελίωση με Πασσαλόπηξη Μεταλλικού Τριπόδου (Tripod)

Ένα κεντρικός σωλήνας χάλυβα που υποστηρίζεται από τρία πόδια ονομάζεται τρίποδο. Αυτή η κατηγορία θεμελίωσης είναι μια εξέλιξη της προηγούμενης και έχει τις ρίζες στις κατασκευές που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία της άντλησης πετρελαίου. Γενικά αυτή η κατασκευή είναι ένα ελαφρύ σωληνωτό χωρικό δικτύωμα το οποίο αγκυρώνεται στον πυθμένα με τη χρήση τριών μεταλλικών πασσάλων διαμέτρου 0.9 μέτρα και μήκους 10 με 20 μέτρα. Το βάρος της κατασκευής είναι ακόμα ελαφρύτερο από αυτό του μονού σωληνωτού πασσάλου γύρω στους 125 τόνους. Η μεταφορά γίνεται με φορτηγίδα. Η εγκατάσταση του τριπόδου γίνεται σε δύο φάσεις με πρώτη την τοποθέτηση των πασσάλων και εν συνεχεία την στήριξη του τριπόδου πάνω τους.



Εικόνα 3.7.4: Θεμελίωση μεταλλικού τριπόδου.

Η θεμελίωση με τρίποδο έχει καλύτερη συμπεριφορά σε βάθη μέχρι 50 μέτρα, προσφέρει ικανοποιητική σταθερότητα αλλά και ανοχή στην διάβρωση του εδάφους γι' αυτό και δεν είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων για τέτοια προστασία. Επίσης, για την εγκατάστασή του χρειάζονται πολύ λίγες εργασίες για την προετοιμασία του πυθμένα. Όμως, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση θεμελίωσης με σωληνωτό πάσσαλο, η ύπαρξη βράχων στο υπέδαφος μπορεί να είναι απαγορευτική από οικονομικής πλευράς. Είναι ακατάλληλη για μικρά βάθη (6 – 7 μέτρα), αφού η ύπαρξη του δικτυώματος εμποδίζει την προσβασιμότητα πλωτών μέσων στην ανεμογεννήτρια και έτσι η συντήρηση ή η επισκευή της γίνεται από δύσκολη έως αδύνατη.

3.7.5 Θεμελίωση με Μεταλλικό Τετράποδο (Jacket)

Αυτή η περίπτωση θεμελίωσης “jacket” ανήκει στην ίδια οικογένεια με τις προηγούμενες και είναι δανεισμένη από τη βιομηχανία εξόρυξης πετρελαίου. Η κατασκευή αυτή στηρίζεται σε τέσσερις πασσάλους διαμέτρου 0.9 – 1.6 μέτρα και είναι αρκετά πιο δύσκαμπτη από αυτήν του τριπόδου. Χρησιμοποιείται για βάθη μεγαλύτερα των 50 μέτρων και πιο ισχυρά κύματα.

Η μεταφορά της και η εγκατάστασή της γίνεται όπως και στην προηγούμενη περίπτωση και τα πλεονεκτήματα όπως και τα μειονεκτήματά της είναι τα ίδια. Η μόνη διαφορά είναι λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειας του δικτυώματος διευκολύνεται η τοποθέτηση του πυλώνα της ανεμογεννήτριας.

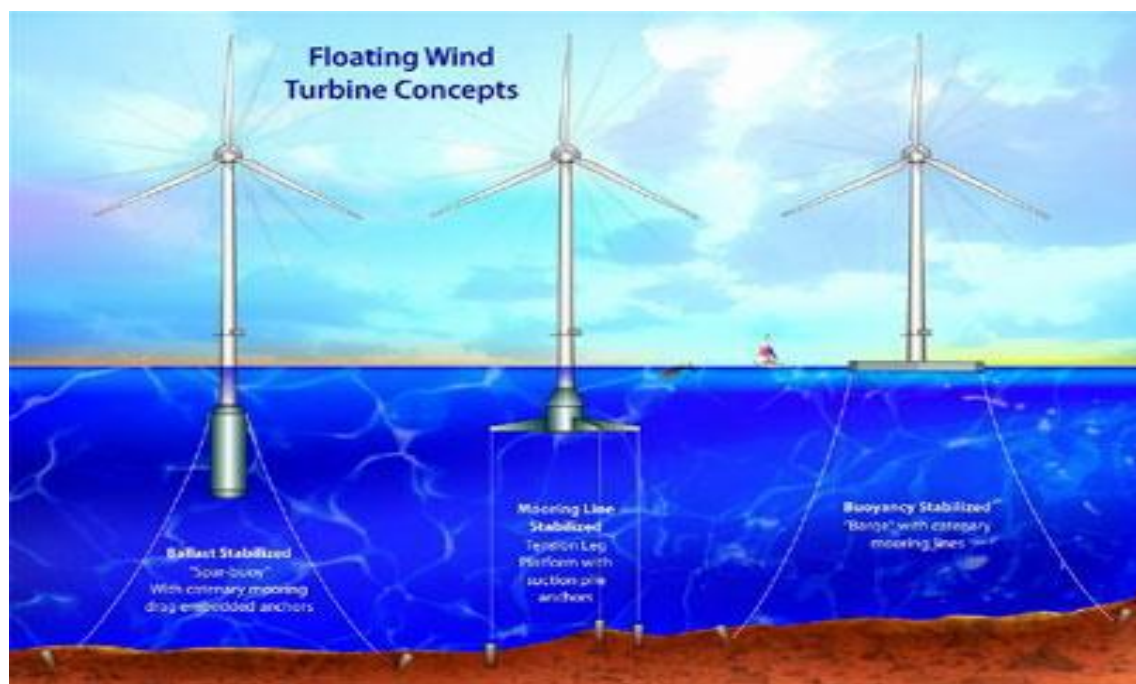


Εικόνα 3.7.5: Θεμελίωση με Μεταλλικό Τετράποδο.

3.7.6 Επιπλέουσα Θεμελίωση

Η επιπλέουσα θεμελίωση είναι κατά βάση ένα θεμέλιο του οποίου η λειτουργία στηρίζεται στην άνωση του ύδατος για να επιπλέει στο νερό και αγκυρώνεται στο βυθό. Το πλωτό αυτό θεμέλιο είναι συνήθως μερικώς βυθισμένο για την αποφυγή των διακυμάνσεων της θαλάσσιας επιφάνειας.

Παρόλο που αυτή η τεχνολογία δεν έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως και βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο για τις ανεμογεννήτριες, με την εξέλιξη της τεχνολογίας θα δώσει τελικά λύσεις για βάθη πολλαπλάσια των 50 μέτρων και συνεπώς αποστάσεις πολύ πιο μεγάλες από την στεριά. Αυτό έχει ως πλεονέκτημα τους ισχυρότερους ανέμους και άρα μεγαλύτερες αποδόσεις για τις ανεμογεννήτριες αλλά και την μειωμένη αντίθεση κοινοτήτων αλλά και μη κυβερνητικών περιβαλλοντικών οργανώσεων στην υλοποίηση ενός τέτοιου έργου.



Εικόνα 3.7.6: Επιπλέονσα Θεμελίωση.

3.8 Υλικά Κατασκευής Παράκτιων Ανεμογεννητριών

Σε έρευνες που έχουν γίνει για τη σύγκριση χάλυβα και οπλισμένου ή προεντεταμένου σκυροδέματος από δύο Δανέζικα group εταιριών ενέργειας και τρεις κατασκευαστικές εταιρείες το 1997 βρέθηκε ότι ο χάλυβας ήταν πολύ πιο οικονομικός από το σκυρόδεμα για μεγάλα αιολικά πάρκα. Επίσης φάνηκε ότι οι πιο νέες τεχνολογίες θεμελίωσης ότι ήταν πιο οικονομικές για τουλάχιστον 15 μέτρα βάθος. Σε κάθε περίπτωση η χρήση χάλυβα και οι θεμελιώσεις με πασσαλόπηξη έδειξαν ότι το κόστος τους ανέβαινε σε πολύ μικρότερη αναλογία σε σχέση με αυτό του θεμελίου βαρύτητας από σκυρόδεμα το οποίο όπως προαναφέρθηκε είχε κόστος ανάλογο με το τετράγωνο του βάθους θεμελίωσης. Ενδεικτικό είναι ότι το υπολογιζόμενο κόστος διασύνδεσης στο δίκτυο και της κατασκευής της θεμελίωσης για ανεμογεννήτριες της τάξης του 1.5 MW βρέθηκε μόνο 10 έως 20% μεγαλύτερο από αυτό των 450 KW που εγκαταστάθηκαν στις περιοχές Vindeby και Tunoe.

Στον αντίποδα, σε αντίστοιχες έρευνες που έγιναν από το Βρετανικό κέντρο σκυροδέματος το 2007 βρέθηκε ότι η θεμελίωση βαρύτητας από σκυρόδεμα για μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες της τάξης των 3.5 MW και για βάθη 20 με 30 μέτρα ήταν ανταγωνιστική με τις υπόλοιπες λύσεις από χάλυβα.

Πρέπει πάντως να σημειωθεί, ότι η αντίληψη ότι ο χάλυβας έχει μικρό χρόνο ζωής λόγω της διάβρωσης, αποδεικνύεται ανυπόστατη αφού η βιομηχανία άντλησης πετρελαίου με τη χρήση καθοδικής προστασίας χάλυβα, χρησιμοποιεί τέτοιες κατασκευές με προβλεπόμενο χρόνο ζωής 50 χρόνια. Παρόλα αυτά το σκυρόδεμα μπορεί με κατάλληλη επεξεργασία αλλά και συντήρηση να φτάσει τα 100 χρόνια ζωής. Αυτό θα σήμαινε σημαντική μείωση του κόστους αφού το θεμέλιο και ο πυλώνας που είναι το 40% του κόστους της κατασκευής θα χρειαστούν μια αντικατάσταση λιγότερη σε αυτήν την περίοδο. Επιπλέον, το σκυρόδεμα λόγω του βάρους του αλλά και της φύσης του δίνει γενικά μεγαλύτερες ιδιοπεριόδους και συντελεστές απόσβεσης που είναι και το ζητούμενο για αυτές τις κατασκευές.

Συμπερασματικά είναι εμφανές ότι η επιλογή του τύπου αλλά και του υλικού κατασκευής της θεμελίωσης είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων και πρέπει να προηγηθεί ειδική μελέτη για την εύρεση της βέλτιστης οικονομικής λύσης που θα λαμβάνει υπόψη τα μεγέθη των ανεμογεννητριών, τις οικονομίες κλίμακας, τα διαθέσιμα μέσα κατασκευής, μεταφοράς και εγκατάστασης των θεμελίων αλλά και το έδαφος, το βάθος, τη διάβρωση και γενικότερα τις συνθήκες που επικρατούν στη θάλασσα.

3.9 Μεταφορά & Εγκατάσταση Παράκτιων Ανεμογεννητριών

Η μεταφορά, η εγκατάσταση και η λειτουργία των ανεμογεννητριών στη θάλασσα έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις και κυρίως κοστίζουν πολύ περισσότερο από τις εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας στη στεριά. Οι πρώτες δυσκολίες εμφανίζονται στη μεταφορά του πύργου και του ρότορα, που ξεπερνούν σε μήκος τα 50 μέτρα, για τόσο μεγάλες αποστάσεις από την ξηρά (Εικόνα). Το ίδιο ισχύει και στις περιπτώσεις μεταφοράς πολύπλοκων δομών, όπως για παράδειγμα τα θεμέλια πολλών πυλώνων.



Εικόνα 3.9.1: Μεταφορά προσυναρμολογημένου στροφέα (70 μέτρα διάμετρος) για τοποθέτηση στο αιολικό πάρκο Yttre Stengrund.

Για οικονομικούς λόγους θα πρέπει να προκατασκευάζονται τμήματα των ανεμογεννητριών στη στεριά προκειμένου να αποφευχθούν οι κοστοβόρες εργασίες στη θάλασσα με τις αβεβαιότητες ως προς το χρόνο και τις καιρικές συνθήκες. Σε όλα αυτά πρέπει να συνυπολογιστεί και το μέγεθος τόσο του συνεργείου όσο και των μηχανημάτων που θα χρειαστούν. Στη θεμελίωση μονού πυλώνα απαιτείται ένα βαρύ-υδραυλικό σφυρί προκειμένου να τοποθετήσει τους σωλήνες από χάλυβα με διάμετρο 4 μέτρων στη θάλασσα σε βάθος περίπου 20 μέτρων. Η συναρμολόγηση του τρίποδου θεμελίου απαιτεί λιγότερο βαρύ εξοπλισμό. Ωστόσο είναι πιο δύσκολη η μεταφορά του προκατασκευασμένου τμήματος του θεμελίου. Οι καιρικές συνθήκες είναι ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου για τη συναρμολόγηση καθώς αυτή μπορεί να γίνει μόνο όταν η θάλασσα είναι ήρεμη. Το σημαντικότερο κριτήριο είναι το ύψος κύματος κατά τη διάρκεια της σύνδεσης. Οι εργασίες γίνονται εξαιρετικά δύσκολες έως αδύνατες, όταν το ύψος των κυμάτων ξεπερνούν το ένα μέτρο, με αποτέλεσμα την προσωρινή διακοπή τους. Κάτι τέτοιο συνεπάγεται και επιπλέον κόστος εργασιών.

Η μεταφορά στο χώρο πραγματοποιείται συνήθως μέσω μίας πλεούμενης πλατφόρμας και με τη βοήθεια ενός σκάφους ρυμούλκησης. Οι πλατφόρμες έχουν πυλώνες στήριξης που ακουμπούν στον πυθμένα για μεγαλύτερη σταθερότητα κατά την εργασία συναρμολόγησης.

Κατά τη μεταφορά οι πυλώνες στήριξης είναι προφανώς μαζεμένοι (Εικόνα). Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι η προσβασιμότητα των εργατών και των υπευθύνων στο χώρο του αιολικού πάρκου. Σε περίπτωση μεγάλης θαλασσοταραχής το πλοίο δε μπορεί να φτάσει στην αποβάθρα. Έτσι τελευταία γίνονται προσπάθειες πρόσβασης υποβρύχια ή μέσω αέρα, αντίστοιχα με υποβρύχια οχήματα ή ελικόπτερα.



Εικόνα 3.9.2: Μεταφορά τμημάτων υπεράκτιας Α/Γ.



Εικόνα 3.9.3: Εγκατάσταση Α/Γ στο αιολικό πάρκο Yttre Stengrund.

Ένα παράδειγμα τυπικού υπεράκτιου αιολικού πάρκου είναι το αιολικό πάρκο Horns Rev, στην δυτική ακτή της Δανίας. Στο έργο αυτό κατασκευής αιολικού πάρκου έχει επιλεγθεί η έδραση μονού πυλώνα. Η πρώτη φάση κατασκευής της έδρασης απαιτούσε την προετοιμασία του θαλάσσιου βυθού. Για ελαχιστοποίηση της διάβρωσης, τοποθετήθηκε ένα στρώμα από σκύρα για τη θεμελίωση. Κατόπιν, τοποθετήθηκε ο μονός πυλώνας στην απαιτούμενη θέση και στερεώθηκε μέσω του στρώματος στον πυθμένα. Η βύθιση του μονού πυλώνα στον πυθμένα της θάλασσας είναι περίπου 25 μέτρα.

Χρησιμοποιήθηκαν ειδικά σχεδιασμένες φορηγίδες, εξοπλισμένες με ενισχυμένο καταδυτικό έμβολο. Τα τεμάχια μεταβατικής ζεύξης ποντίστηκαν μαζί με τους μονούς πυλώνες, αναδεικνύοντας τις διατάξεις αποβίβασης του πλοίου και την καθοδική προστασία. Οι αγωγοί καλωδίων για τα υποβρύχια καλώδια σφραγίστηκαν με σκυρόδεμα και το στρώμα των σκύρων καλύφθηκε με χαλίκια και πέτρες. Για την ανέγερση των ανεμογεννητριών χρησιμοποιήθηκαν ειδικές ανυψωτικές εξέδρες με βυθιζόμενα υποστηρίγματα, εφοδιασμένες με ανυψωτικό εξοπλισμό για την ανύψωση όλων των τμημάτων των ανεμογεννητριών και την απευθείας συναρμολόγησή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ & ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ

Οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν ακολουθήσει μια ραγδαία αναπτυσσόμενη πορεία κατά τα τελευταία έτη, η οποία δεν ανεστάλη κατά τη διάρκεια της κρίσης. Τα συνολικά κεφάλαια που έχουν επενδυθεί ξεπερνούν τα 6 δισεκατομμύρια ευρώ εκ των οποίων πάνω από 3 δισεκατομμύρια ευρώ επενδύθηκαν την περίοδο 2011 - Οκτώβριος 2012.

Η εντυπωσιακή αυτή εικόνα πείθει ότι οι ΑΠΕ είναι μια ζωντανή αγορά που μπορεί να αποτελέσει την ατμομηχανή της ανάπτυξης της Ελληνικής οικονομίας.

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια εκτεταμένη αναφορά στο ισχύον θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού & Θερμότητας Υψηλής απόδοσης.

4.1 Εθνικό Θεσμικό Πλαίσιο ΑΠΕ

Η Ελλάδα ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης περισσότερο από 30 χρόνια, συμμετέχει ως κράτος - μέλος σε όλες τις σύγχρονες Οδηγίες με θέμα τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ενώ παράλληλα βρίσκεται υπό την αιγίδα της Ένωσης, σε αρκετά κομβικά ιστορικά σημεία, όπως η συνδιάσκεψη στο Ρίο και το Πρωτόκολλο του Κιότο. Έτσι, η εθνική νομοθεσία και τα σχέδια δράσης, εντάσσουν διαρκώς ένα μεγάλο τμήμα κοινοτικής πολιτικής, προσαρμοσμένο στα μέτρα, τις διαφοροποιήσεις και τις εκάστοτε συνθήκες της Ελλάδας.

Νόμος Ν. 1559/1985 «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις»:

Ο νόμος αυτός υπήρξε η απαρχή της εισόδου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα, που οδήγησε σε μια μικρής κλίμακας νέα εγκατεστημένη ισχύ από την ΔΕΗ και την τοπική αυτοδιοίκηση (24 και 3 MW αντίστοιχα), χωρίς την συνεισφορά του ιδιωτικού τομέα. Στο νόμο αυτό, έγινε μια αρχική συνοπτική «χαρτογράφηση» και

«οριοθέτηση» του τοπίου, πάνω στην αδειοδότηση, στην εκμετάλλευση, στην παραγωγή και στην διάθεση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Νόμος Ν. 2244/1994 «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις»: Ο νόμος αυτός βασίζεται στον τότε αντίστοιχο γερμανικό νόμο (Stromeinspeisungsgesetz), και αποτέλεσε σημαντική βάση για την ανάπτυξη και την εξέλιξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα. Αυτό επιτεύχθηκε με τον καθορισμό σταθερών τιμών πώλησης ανανεώσιμης ενέργειας, με την ανάλογη της χρονικής διαθεσιμότητας κλιμακωτή αποζημίωση, με την υποχρέωση στην ΔΕΗ να αγοράζει το πλεόνασμα ή το σύνολο, με διάφορους όρους στην αδειοδότηση και στην εγκατάσταση σταθμών αυτοπαραγωγής κ.α.

Νόμος Ν. 2773/1999 «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας-Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις»: Ο νόμος αυτός, σχεδόν δύο χρόνια μετά την αντίστοιχη Οδηγία (96/92/ΕΚ), ενσωματώνει αρκετά τμήματα, όπως η απελευθέρωση της αγοράς και η κρατική εποπτεία, η σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (Ρ.Α.Ε), καθώς και ο προσδιορισμός αντικειμένου και λειτουργίας της. Εκτός αυτών, ο νόμος θέτει ένα πλαίσιο στο δίκτυο και την μεταφορά ενέργειας, προσδιορίζοντας τη θέση της ΔΕΗ στο θέμα αυτό, ενώ παράλληλα διατηρεί το ευνοϊκό τιμολογιακό, αλλά και προτεραιότητας πρόσβασης στο δίκτυο, καθεστώς στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Νόμος Ν. 2941/2001 «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ και άλλες διατάξεις»: Ο νόμος αυτός, αποτέλεσε σημαντική προσθήκη στην πληρότητα του νομοθετικού πλαισίου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, απλοποιώντας και διορθώνοντας αρκετά εκ των αδειοδοτικών προβλημάτων της εποχής στον τομέα αυτό. Κάποιοι εκ των βασικών αξόνων ήταν οι εξής:

- Οι «σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και τα συνοδά αυτών έργα», συμπεριλαμβάνονται στις εξαιρέσεις του νόμου 2773/1999 για τα μεγάλα έργα υποδομής μέσα σε δάση ή δασικές περιοχές.
- «Για την εγκατάσταση ηλιακών σταθμών και ανεμογεννητριών δεν απαιτείται η έκδοση άδειας, αλλά θεώρηση, που χορηγείται από την αρμόδια πολεοδομική υπηρεσία». Σε αυτό δεν συμπεριλαμβάνονται τα όποια έργα πολιτικού μηχανικού.

- Τα «έργα σύνδεσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε με το Σύστημα ή το Δίκτυο μπορεί να κατασκευάζονται από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο κάτοχο άδειας εγκατάστασης», με τις όποιες προδιαγραφές του Διαχειριστή Συστήματος και Δικτύου.

Νόμος Ν. 3017/2002 «Κύρωση του Πρωτόκολλου του Κιότο στην Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή κλίματος»: Στο νόμο αυτό, έγινε η επίσημη επικύρωση από την Ελληνική Βουλή, των δεσμεύσεων που έλαβε η χώρα μερικά χρόνια νωρίτερα (περίπου 4 χρόνια), κατά την υπογραφή του Πρωτόκολλου του Κιότο, με στόχο την αντιμετώπιση της επιδείνωσης του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής γενικότερα.

Νόμος Ν. 3175/2003 «Αξιοποίηση γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις»: Στον νόμο αυτό, πραγματοποιείται μια εξειδικευμένη προσπάθεια ενός βασικού, σύγχρονου για την εποχή, πλαισίου, πάνω στον τομέα της Γεωθερμικής Ενέργειας στην Ελλάδα. Το πλαίσιο αυτό είναι συμβατό με το κοινοτικό δίκαιο και με αρκετές παγκόσμιες τακτικές και αναφέρεται σε τομείς όλου του εύρους της Γεωθερμικής Ενέργειας. Με ξεχωριστά άρθρα ορίστηκαν τα εξής:

- Δικαίωμα έρευνας και διαχείρισης γεωθερμικού δυναμικού.
- Όροι και αρμοδιότητα εκμίσθωσης διαχείρισης γεωθερμικών πεδίων.
- Υποχρεώσεις και δικαιώματα μισθωτών γεωθερμικών πεδίων.
- Εκχώρηση μισθωτικών διαχωμάτων.
- Κανονισμός γεωθερμικών εργασιών.
- Ποινικές και διοικητικές κυρώσεις.
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και γεωθερμία.
- Ενεργειακά συστήματα θέρμανσης ή ψύξης.
- Διανομή θερμικής ενέργειας σε τρίτους.

Νόμος Ν. 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις»: Στον νόμο αυτό, καταγράφεται ένα τμήμα του πλαισίου της αδειοδότησης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μόνο, αλλά και από υβριδικούς σταθμούς και την ένταξη αυτών στο Σύστημα ή το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ & ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κάθε μορφής, μπαίνει σε ένα τιμολογιακό πρότυπο, διαφοροποιημένο μερικώς, ανάλογα το αν απορροφάται στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ή τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. Για τους επενδυτές φωτοβολταϊκών σταθμών, στο συγκεκριμένο νομοσχέδιο, δίνονται συγκεκριμένα κίνητρα, με στόχο την διάδοση της Ηλιακής Ενέργειας στην Ελλάδα.

Νόμος Ν. 3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής»: Η Ελληνική κυβέρνηση, «με το Νόμο 3851/2010 προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε ανάγκες θέρμανσης-ψύξης και 10% στις μεταφορές». (Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2012).

Στο οικονομικό κομμάτι του παραπάνω νόμου, κατατέθηκε νέα τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία για τις βασικές κατηγορίες αναγράφεται στον πίνακα 3.1 παρακάτω. Ο νόμος αυτός στο σύνολό του, αποτέλεσε σημαντικό τμήμα του **Εθνικού Σχεδίου Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**, το οποίο στα πρότυπα της Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής, ετοιμάστηκε ώστε να μπορεί να «*διαδραματίζει το ρόλο ενός δυναμικού εργαλείου παρακολούθησης των εθνικών ενεργειακών στόχων*» (Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2012).

Πίνακας 3.1: Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας των βασικών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Ελλάδα (Πηγή: Νόμος 3851/2010).

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από:	Τιμή Ενέργειας (Ευρώ/ MWh)	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Αιολική Ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος μεγαλύτερης των 50kW.	87,85	99,45
Αιολική Ενέργεια που αξιοποιείται με εγκαταστάσεις ισχύος μικρότερης ή ίσης των 50kW.	250	250
Φωτοβολταϊκά έως 10kW στον οικιακό τομέα και σε μικρές επιχειρήσεις (σύμφωνα με ΚΥΑ 12323/ ΓΓ 175/ 4.6.2009 Β' 1079)	550	550

Υδραυλική Ενέργεια που αξιοποιείται από μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ έως 15MW.	87,85	87,85
Ηλιακή Ενέργεια που αξιοποιείται από ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.	264,85	264,85
Ηλιακή Ενέργεια που αξιοποιείται από ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με σύστημα αποθήκευσης τουλάχιστον 2 ωρών.	284,85	284,85
Γεωθερμική Ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας (Ν. 3175/ 2003).	150	150
Γεωθερμική Ενέργεια υψηλής ενθαλπίας (Ν. 3175/ 2003).	99,45	99,45
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς \leq 1MW.	200	200
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς $>$ 1MW και \leq 5MW.	175	175
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς $>$ 5MW.	150	150

Ακόμα, στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας η Ελλάδα είχε ήδη καταρτίσει το **1ο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Αποδοτικότητας**, «όπου προβλέπεται 9% εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική κατανάλωση μέχρι το έτος 2016 σύμφωνα και με την Οδηγία 2006/32/EK, ενώ πρόσφατα και με τον **Νόμο 3855/2010**, ο οποίος προστίθεται και στον πρόσφατο κανονισμό που αφορά την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων – ΚΕΝΑΚ, προχωρά στην ανάπτυξη μηχανισμών της αγοράς και εφαρμογής συγκεκριμένων μέτρων και πολιτικών που αποσκοπούν στην επίτευξη του συγκεκριμένου εθνικού στόχου». (Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2012).

Στα τέλη του 2010, με την **Υπουργική απόφαση Α.Υ/Φ1/οικ.19598/01.10.2010** τέθηκε η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και η κατανομή της στον χρόνο των διαφόρων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (πίνακας 3.2). Χαρακτηριστικό της Υπουργικής αυτής απόφασης, είναι η απελευθέρωση από περιορισμούς της Γεωθερμικής Ενέργειας, ως προς την συμμετοχή της στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας τα επόμενα χρόνια. Δύο μήνες αργότερα, η ερμηνευτική Εγκύκλιος **Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ. 26928/ 16.12.2010** είχε επίσης αντικείμενο τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και συγκεκριμένα σχετικά με την εξέταση αιτημάτων για την εγκατάσταση σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμη Πηγή σε γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας, συμπεριλαμβανομένης της κατηγορίας των επαγγελματιών αγροτών.

*Πίνακας 3.2: Όρια εγκατεστημένης ισχύος (MW) ανά τεχνολογία Ανανεώσιμων Πηγών
 Ενέργειας.*

Τεχνολογία Ανανεώσιμης Πηγής Ενέργειας	2014	2020
Υδροηλεκτρικά	3.700	4.650
Μικρά (0-15MW)	300	350
Μεγάλα (> 15MW)	3.400	4.300
Φωτοβολταϊκά	1.500	2.200
Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες (Ν. 3851/ 2010)	500	750
Λοιπές Εγκαταστάσεις	1.000	1.450
Ηλιοθερμικά	120	250
Αιολικά (περιλαμβανομένων θαλάσσιων)	4.000	7.500
Βιομάζα	200	350

Το 2011, με την κοινή διυπουργική απόφαση **Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.28287/ 12.12.2011**, των Υπουργών Εσωτερικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, τέθηκε ειδικό τέλος και παροχή κινήτρων στους οικιακούς καταναλωτές στις περιοχές όπου εγκαθίστανται τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Η πίστωση αυτή προέρχεται από ποσά ποσοστού 1% επί της προ φορολόγησης αξίας πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Τα ποσά αυτά, παρακρατούνται από τον αρμόδιο διαχειριστή και αποδίδονται στους κατόχους άδειας προμήθειας, με σκοπό να πιστωθούν τελικά στους δικαιούχους οικιακούς καταναλωτές μέσω των λογαριασμών κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ως δικαιούχοι ορίζονται, οι οικιακοί καταναλωτές εντός των διοικητικών ορίων των δημοτικών ή τοπικών κοινοτήτων όπου λειτουργούν σταθμοί Α.Π.Ε.

Συγκεκριμένα στις Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις, με τις πρόσφατες **Υπουργικές αποφάσεις Υ.Α.Π.Ε./Φ1/2262/ 31.01.2012** «Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς» και **Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.2266/ 30.01.2012** «Τροποποίηση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων» αναπροσαρμόστηκαν οι τιμές της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τιμές αυτές για την ηλεκτρική ενέργεια που εγχέεται στο δίκτυο για τα επόμενα επτά χρόνια από το έτος της δημοσίευσης των αποφάσεων αυτών, παρουσιάζεται στον πίνακα 3.3 παρακάτω.

Πίνακας 3.3: Τιμή παραγόμενης από φωτοβολταϊκό σύστημα, ηλεκτρικής ενέργειας εγγεόμενη στο δίκτυο.

Μήνας/ Έτος	Τιμή (Ευρώ/ MWh)	Μήνας/ Έτος	Τιμή (Ευρώ/ MWh)
Φεβρουάριος 2012	495,00	Φεβρουάριος 2016	328,39
Αύγουστος 2012	470,25	Αύγουστος 2016	311,97
Φεβρουάριος 2013	446,74	Φεβρουάριος 2017	296,37
Αύγουστος 2013	424,40	Αύγουστος 2017	281,56
Φεβρουάριος 2014	403,18	Φεβρουάριος 2018	267,37
Αύγουστος 2014	383,02	Αύγουστος 2018	254,10
Φεβρουάριος 2015	363,87	Φεβρουάριος 2019	241,40
Αύγουστος 2015	345,68	Αύγουστος 2019	229,33

Νόμος Ν. 4062/2012 «Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ – Προώθηση της χρήσης ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές (ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/28/ΕΚ) – Κριτήρια Αειφορίας Βιοκαυσίμων και Βιορευστών (ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/28/ΕΚ)»: Στον νόμο αυτό, γίνεται ειδική μνεία στο Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ, το οποίο είναι μια διεθνής συνεργασία ανάπτυξης, παραγωγής και εξαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ηλιακή ακτινοβολία, στην ελληνική επικράτεια. Ως ένα συνεργατικό πρόγραμμα, η συνολική τελική εγκατεστημένη ισχύς προβλέπεται από τον νόμο αυτό ότι δεν θα προσμετράται στους εθνικούς στόχους της Ελλάδας.

Παράλληλα, συστήνεται ως φορέας υλοποίησης, η ανώνυμη εταιρεία «ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΗΛΙΟΣ Α.Ε.», η οποία θα δύναται στο μέλλον να ιδρύει εταιρείες για την ίδρυση και λειτουργία ενός ή περισσότερων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. Τέλος, η εταιρεία απαλλάσσεται από κάθε δημόσιο, δημοτικό ή υπέρ τρίτου άμεσο ή έμμεσο φόρο, καθώς και από κάθε είδους τέλη υπέρ δημοσίου ή τρίτου, εκτός από τον φόρο προστιθέμενης αξίας, τον φόρο εισοδήματος, το φόρο ακίνητης περιουσίας και τον φόρο κληρονομιών και δωρεών. (Ν. 4062/ 2012).

Στο νόμο 4062/2012, υπάρχει ακόμα ο εναρμονισμός της Εθνικής Νομοθεσίας με τις διατάξεις των Οδηγιών 2009/28/ΕΚ και 2009/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου. Η διαδικασία αυτή, πραγματοποιείται με τεχνικές αναλύσεις και προσδιορισμούς, με το πλαίσιο συνεργασιών μεταξύ κρατών-μελών, αλλά και τρίτων χωρών όπως έγινε στο Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ, όπως επίσης πραγματοποιείται εναρμόνιση και στα κριτήρια

αειφορίας για τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά (π.χ. εκπομπές αερίων, σύσταση Γραφείου Εποπτείας κ.α.).

Τέλος, η Ελλάδα από το 2013 αποτελεί αναπληρωματικό μέλος στο συμβούλιο του Διεθνούς Οργανισμού Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας IRENA, ενώ από το 2014 θα αποτελεί πλήρες μέλος. Η Ελλάδα, από το σύνολο των 158 κρατών που συμμετέχουν, ανήκει στα 75 ιδρυτικά μέλη τα οποία έχουν επικυρώσει τον καταστατικό χάρτη λειτουργίας το 2009. Ο IRENA αποτελεί τον πρώτο παγκόσμιο διακυβερνητικό οργανισμό για την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

4.2 Ευρωπαϊκές Οδηγίες για Τεχνολογίες ΑΠΕ

Κομβικά σημεία για την Ευρωπαϊκή Ένωση, πάνω στην εξέλιξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, αποτέλεσαν οι διάφοροι σύνοδοι σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως η συνδιάσκεψη στο Ρίο το 1992, ή το Πρωτόκολλο του Κιότο το 1997, στα οποία συμμετείχε ενεργά, ακόμα και πρωτοστατώντας σε περιπτώσεις. Χαρακτηριστικό δείγμα γραφής πάνω στη νέα αυτή ενεργειακή πολιτική, αποτέλεσαν οι διάφοροι πράσινοι και λευκοί Βίβλοι που κατά περιόδους εκδόθηκαν δίνοντας και αποτυπώνοντας το στίγμα και τους προβληματισμούς των διαφόρων περιόδων.

Στο εσωτερικό της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτός από τον εκάστοτε καταμερισμό, όπως με το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Ρύπων, στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας οι Οδηγίες καθορίζουν τους στόχους που πρέπει να επιτύχουν τα κράτη-μέλη, φυσικά με την ευχέρεια επιλογής του μέσου επίτευξης. Γενικός στόχος είναι μια ενιαία ενεργειακή πολιτική, που εν καιρώ και σταδιακά να μειώσει όσο το δυνατόν περισσότερο τις εισαγωγές ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών της, γεγονός το οποίο αποτελεί οικονομικό πλήγμα για την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Οδηγία 96/92/ΕΚ «Κοινοί κανόνες για την εσωτερική αγορά ενέργειας»: Η Οδηγία αυτή ήταν η απαρχή, της σταδιακά, ενιαίας εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, που συνοδεύτηκε με την κατάργηση των δικαιωμάτων παραγωγής ενέργειας από τα κράτη-μέλη μόνο σε εθνικό επίπεδο, γεγονός που έκανε δυνατή την συμμετοχή ιδιωτών

στην αγορά ενέργειας. Παράλληλα υποχρεώθηκαν όλα τα κράτη-μέλη, να συστήσουν μια Ανεξάρτητη Διοικητική Αρχή που θα διαχειρίζεται το δίκτυο μεταφοράς της ενέργειας, με μόνη απομένουσα δικαιοδοσία επέμβασης στις εκάστοτε κυβερνήσεις πάνω στην νέα αγορά ενέργειας να είναι η επόπτευση ως προς την τιμή, την ποιότητα και σε περιβαλλοντολογικά θέματα.

Οδηγία 2001/77/ΕΚ «Προώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας, που παράγεται από ΑΠΕ, στην εσωτερική αγορά ενέργειας»: Η Οδηγία αυτή ήρθε ως συμπλήρωμα της Οδηγίας 96/92/ΕΚ, με βασικό στόχο την ενίσχυση της χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην συνολική ηλεκτροπαραγωγή της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτό έγινε με την θέσπιση κάποιων κανόνων-υποχρεώσεων προς τα κράτη-μέλη, που στο σύνολό τους οδηγούν στην προώθηση των ΑΠΕ ώστε να επιτευχθεί ο τότε στόχος της ΕΕ, που είναι κατά 22,1% χρήση Ανανεώσιμων Πηγών το 2010. Παράλληλα κάθε κράτος-μέλος ορίστηκε να φροντίζει την εγγύηση προέλευσης της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία παράγεται από εναλλακτικές μορφές με αντικειμενικά, διαφανή και αμερόληπτα κριτήρια.

Με βάση την ίδια Οδηγία, θεσπίστηκαν πενταετείς εκθέσεις με έτος εκκίνησης το 2002, όπου θα θέτονται στόχοι δεκαετίας για τα κράτη-μέλη πάνω στην κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ. Επίσης ορίστηκαν με ένα έτος εκκίνησης διαφορά (2003), διετείς εκθέσεις αξιολόγησης, με αναλυτική εξέταση των πεπραγμένων και της επίτευξης των εθνικών ενδεικτικών στόχων, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους πιθανούς παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την υλοποίηση αυτή. Η Επιτροπή με βάση αυτές τις εκθέσεις, ορίστηκε να αξιολογεί την πρόοδο και την εναρμόνιση των εθνικών στόχων με τους κοινοτικούς δημοσιεύοντας τα συμπεράσματά της σε διετή έκθεση, αρχίζοντας από το 2004.

Σημαντικές Οδηγίες για την Ευρωπαϊκή Ένωση, στο γενικό πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής, αλλά και στο συγκεκριμένο κλάδο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ήταν ακόμα η **Οδηγία 2002/91/ΕΚ** για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, η **Οδηγία 2003/30/ΕΚ** για την προώθηση των βιοκαυσίμων ή άλλων ήπιων μορφών ενέργειας για τις μεταφορές και η **Οδηγία 2003/54/ΕΚ** σχετικά με τους κοινούς κανόνες εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, που καταργεί παράλληλα την Οδηγία 96/92/ΕΚ που είχε αντίστοιχο αντικείμενο και έκλεισε το κύκλο της.

Στο ίδιο πλαίσιο με τις παραπάνω Οδηγίες, είναι και η **Ανακοίνωση της Επιτροπής Com (2004) 366**, όπου έγινε αξιολόγηση του αντίκτυπου των νομοθετικών πράξεων και άλλων κοινοτικών πολιτικών, στην εξέλιξη της συμβολής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, μαζί με προτάσεις για συγκεκριμένες δράσεις, καθώς και η **Ανακοίνωση της Επιτροπής Com (2006) 545 «Σχέδιο δράσης για την ενεργειακή απόδοση: αξιοποίηση του δυναμικού»**, στην οποία τέθηκε ο στόχος της βελτίωσης κατά 20% της ενεργειακής απόδοσης έως το 2020 με υπολογισμένα τεράστια οικονομικά οφέλη για την Ένωση και τα κράτη-μέλη της.

Ανακοίνωση της Επιτροπής Com (2006) 848 «Χάρτης πορείας για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας τον 21ο αιώνα: συμβολή στην ενίσχυση της αειφορίας»: Με το συγκεκριμένο οδικό χάρτη, η Επιτροπή όρισε ένα βασικό κομμάτι της ενεργειακής πολιτικής για τα επόμενα χρόνια, με τότε προοπτική νομοθέτησης, αρκετών προτάσεων του το 2007. Σημαντική επιδίωξη είναι η ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, με απώτερο στόχο το 20% για το 2020, η δημιουργία πραγματικής εσωτερικής αγοράς μέσω ρυθμίσεων και τέλος η αξιοποίηση του υψηλού επιπέδου της ευρωπαϊκής βιομηχανίας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Ανακοίνωση της Επιτροπής Com (2008) 30 «Δύο φορές το 20 έως το 2020. Η κλιματική αλλαγή και η ευκαιρία της Ευρώπης»: Στην Ανακοίνωση αυτή της Επιτροπής τον Ιανουάριο του 2008, παρουσιάστηκαν τα κύρια σημεία του πακέτου της κλιματικής αλλαγής και συγκεκριμένα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, που προτάθηκε τον Μάρτιο του 2007 από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. Αυτό το τελικό σχέδιο που παρουσιάστηκε, το επονομαζόμενο 20-20-20, προσβλέπει σε τρεις γενικούς στρατηγικούς στόχους που πρέπει να υλοποιηθούν μέχρι το έτος 2020. Αυτοί είναι, η κατά 20% αύξηση της προσφοράς των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, η βελτίωση κατά 20% της ενεργειακής αποδοτικότητας και μείωση κατά 20% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στα τέλη του ίδιου έτους, εγκρίθηκε το νομοθετικό πακέτο της τελικής υλοποίησης του σχεδίου αυτού, με βασικά μέτρα τα εξής:

- Βελτίωση του Ευρωπαϊκού Συστήματος Εμπορίας Εκπομπών.
- Επιμερισμό της προσπάθειας μείωσης των αερίων θερμοκηπίου.
- Προώθηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.
- Γεωλογική αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα.
- Περιορισμό εκπομπών CO₂ από επιβατικά αυτοκίνητα.

- Αυστηρότερες προδιαγραφές για τα καύσιμα.

Ανακοίνωση της Επιτροπής Com (2008) 768 «Υπεράκτια Αιολική Ενέργεια: Ανάγκη ανάληψης δράσης για την επίτευξη των στόγων ενεργειακής πολιτικής με ορίζοντα

το 2020 και έπειτα: Στην Ανακοίνωση αυτή, γίνεται εξειδικευμένη αναφορά στην Υπεράκτια Αιολική Ενέργεια και στις βιομηχανικές και τεχνολογικές προκλήσεις του ξεχωριστού αυτού τομέα, καθώς ορίσθηκε ως μια αναδύομενη αγορά πολλών ευκαιριών που με σωστή στρατηγική προσέγγιση-συντονισμό θα συμβάλει αρκετά στην επίτευξη των στόγων της Ένωσης πάνω στην ενέργεια.

Οδηγία 2009/28/ΕΚ «Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές»: Η

Οδηγία αυτή, θέτει πλαίσια διεξαγωγής στατιστικών μεταβιβάσεων μεταξύ κρατών μελών, καθώς και συνεργασία τους ανά δύο ή περισσότερα (ακόμα και με χώρες εκτός Ένωσης) σε κοινά έργα οποιουδήποτε τύπου σε σχέση με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Παράλληλα, στην ίδια Οδηγία γίνεται αναφορά στον υπολογισμό της επίδρασης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά κατά την χρήση τους.

Ανακοίνωση της Επιτροπής Com (2010) 2020 «Ευρώπη 2020 Στρατηγική για έξυπνη, διατηρήσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη»: Στην Ανακοίνωση αυτή

που είχε ως κεντρικό θέμα την ανάπτυξη, εκτός από στόχους όπως η καταπολέμηση της ανεργίας και η ενίσχυση της εκπαίδευσης, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έκανε ιδιαίτερη μνεία πάνω στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και την κλιματική αλλαγή για την δεκαετία που διανύουμε, με το τρίπτυχο προτεραιοτήτων για το 2020 να είναι έξυπνη, πράσινη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη.

Ανακοίνωση της Επιτροπής Com (2011) 31 «Η πρόοδος προς την επίτευξη του στόγου για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές το 2020»: Στην Ανακοίνωση αυτή, η

Επιτροπή αξιολογεί την πρόοδο ως προς τους στόχους που τέθηκαν για το 2020, παροτρύνοντας τα κράτη-μέλη μέσα από ένα πιο σύγχρονο πρίσμα των συνθηκών που διέπουν την Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και τον κόσμο γενικότερα. Η επιτροπή στην παρούσα ανακοίνωση κάλεσε τα κράτη-μέλη:

- να υλοποιήσουν τα εθνικά σχέδια δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας,
- να περιορίσουν τις καθυστερήσεις στις διαδικασίες προγραμματισμού της υποδομής, τηρώντας όμως την ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία της ΕΕ, και να προσπαθούν να συμμορφώνονται με τις βέλτιστες πρακτικές,

- να επιταχύνουν την πρόοδο ανάπτυξης του διασυνδεδεμένου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να εξισορροπούνται υψηλότερα μερίδια ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές,
- να αναπτύξουν μηχανισμούς συνεργασίας και να αρχίσουν να ενσωματώνουν στην ευρωπαϊκή αγορά την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές,
- να διασφαλίζουν ότι τυχόν μεταρρυθμίσεις των υφιστάμενων εθνικών καθεστώτων στήριξης θα εγγυώνται τη σταθερότητα για τους επενδυτές, αποφεύγοντας αναδρομικές αλλαγές.

Πράσινη Βίβλος Com (2013) 169 «Το πλαίσιο για το κλίμα και την ενεργειακή πολιτική για το 2030»: Στην σύγχρονη αυτή Πράσινη Βίβλο, η Επιτροπή θέτει σε «διαβούλευση» τους γενικούς στόχους, τους αντιπαραβάλλει με αυτούς για το 2020 και τα συμπεράσματα του «χάρτη πορείας για την ενέργεια με ορίζοντα το 2050», αποβλέποντας σε μια τελική συμφωνία, ένα πλαίσιο για το κλίμα και την ενεργειακή πολιτική για το 2030. Όπως αναφέρεται, το τρίπτυχο της επιδίωξης για το 2030 είναι ίδιο με αυτό για το 2020 του «σχεδίου 20-20-20»: Μείωση αερίων του θερμοκηπίου, αύξηση της αποδοτικότητας και αύξηση της χρήσης ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές.

Η έγκαιρη τελική συμφωνία που προσβλέπει η Πράσινη Βίβλος, παρά το μακροπρόθεσμο της τελικής ημερομηνίας, επιβάλλεται βάσει αρκετών λόγων, όπως το ότι οι μακροπρόθεσμες επενδύσεις θα είναι εν ενεργεία ως το 2030 και θα είναι μια σημαντική μείωση και σταθερότητα του μεταβλητού κινδύνου. Ακόμα η ασφάλεια που προβλέπεται να προσδώσει η αποσαφήνιση, θα έχει οικονομικά οφέλη με τόνωση της έρευνας, της καινοτομίας και της ανάπτυξης, καθώς και κατ' επέκταση νέες δυνατότητες στην απασχόληση.

4.3 ΑΠΕ & Χωροταξικός Σχεδιασμός

Στο πλαίσιο της ενιαίας πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Κιότο που έχει κυρωθεί στη χώρα μας με το ν. 3017/2002 και σύμφωνα και με το Δεύτερο Εθνικό Πρόγραμμα Μείωσης των Εκπομπών που εγκρίθηκε

με την ΠΥΣ 5/27.2.2003, η Ελλάδα έχει αναλάβει την υποχρέωση συγκράτησης της αύξησης των εκπομπών της, προωθώντας μεταξύ άλλων, για το σκοπό αυτό και τη χρήση ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας ή ψύξης.

Για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων, η Ελλάδα οφείλει να καθορίσει μέτρα υποστήριξης των ΑΠΕ, μεριμνώντας, μεταξύ άλλων, τόσο για την απλοποίηση των διαδικασιών αδειοδότησής τους όσο και για την προσαρμογή του κανονιστικού πλαισίου εγκατάστασής τους προς τις εθνικές νομοθετικές και κανονιστικές διατάξεις που αφορούν στον χωροταξικό σχεδιασμό και τις χρήσεις γης.

Κρίσιμο από της απόψεως αυτής αποδεικνύεται το ζήτημα της χωροθέτησης των έργων Α.Π.Ε. και τούτο διότι αν και τα έργα Α.Π.Ε. μπορεί να χαρακτηρισθούν κατ' αρχήν ως δραστηριότητες φιλικές προς το περιβάλλον, εν τούτοις δεν στερούνται παντελώς επιπτώσεων σε αυτό. Οι επιπτώσεις αυτές διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος της εκάστοτε χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας Α.Π.Ε. (αιολική, υδροηλεκτρική, γεωθερμική, ηλιακή ενέργεια κ.λπ.), ενώ μπορεί να εκτείνονται τόσο στο ανθρωπογενές (πόλεις, οικισμούς και εν γένει οικιστικές περιοχές) όσο και στο φυσικό περιβάλλον (τοπίο, γλωρίδα και πανίδα, κ.λπ.) των περιοχών εγκατάστασης, καθώς και στις γειτνιάζουσες παραγωγικές δραστηριότητες (τουρισμό, γεωργία κ.λπ.). Για την πρόληψη, την άμβλυνση και την αποτροπή των επιπτώσεων αυτών απαιτείται η καθιέρωση σαφών κανόνων χωροθέτησης των έργων Α.Π.Ε., ώστε αφενός να μειωθούν οι αβεβαιότητες και οι συγκρούσεις χρήσεων γης που συχνά αναφύονται επί του πεδίου και αφετέρου να ικανοποιηθούν οι ευρύτερες ανάγκες προστασίας του περιβάλλοντος και η αειφόρος ανάπτυξη των περιοχών υποδοχής τους.

Έτσι, δημιουργήθηκε η ανάγκη κατάρτισης Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου για τη διείσδυση των ΑΠΕ στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα που θα έδινε συγκεκριμένες χωροταξικές κατευθύνσεις.

Το ΕΧΠ θεσμοθετήθηκε το 2008 και εκτός των άλλων θέτει τις κατευθύνσεις στα κατώτερα επίπεδα σχεδιασμού (Περιφερειακά Πλαίσια, Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια, Σχέδια Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτών Πόλεων, Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου κ.λπ.), τα οποία αν υπάρχουν πρέπει να προσαρμοστούν με αυτό.

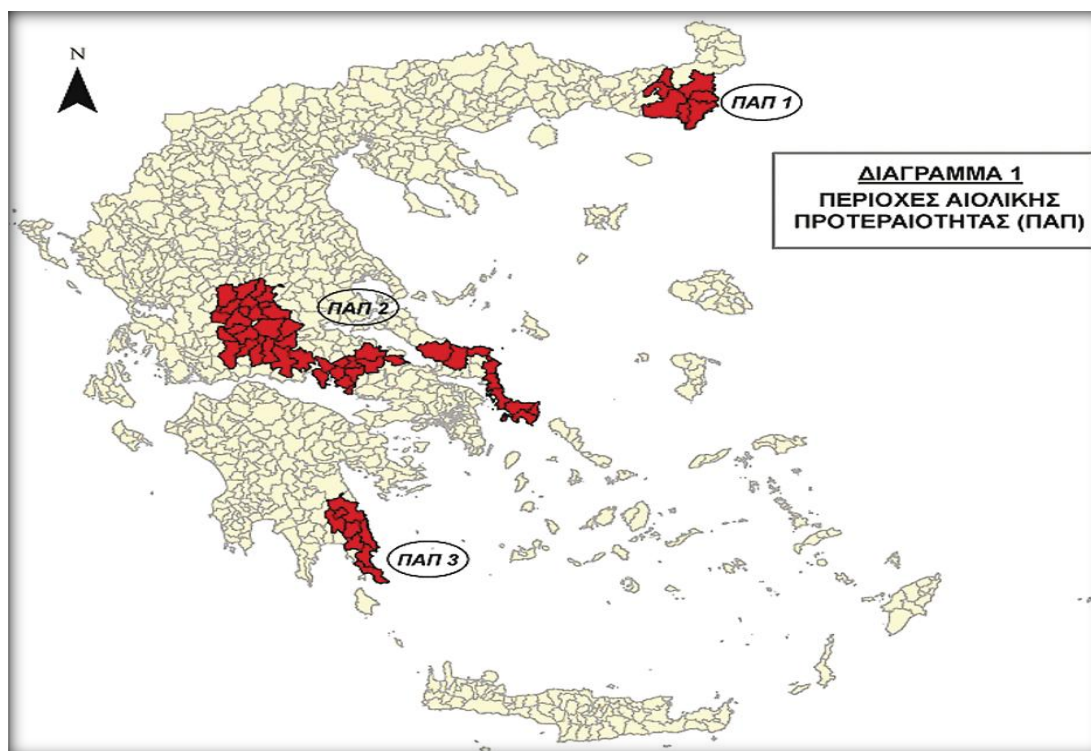
Το ΕΠΧ για τις ΑΠΕ αποτελείται από 28 άρθρα. Τα περισσότερα αφορούν τις αιολικές εγκαταστάσεις που εξηγεί το γεγονός ότι η πλειοψηφία των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν στη νομολογία πριν από το ΕΧΠ αφορούσαν τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων. Επίσης, εξηγεί το γεγονός ότι στα πλαίσια των εθνικών πολιτικών για την επίτευξη των στόχων, η παραγόμενη από αιολικές εγκαταστάσεις ενέργεια καλύπτει περίπου το 50% της παραγόμενης από ΑΠΕ ενέργειας.

Συγκεκριμένα, στα άρθρα 1-3, προσδιορίζονται ο σκοπός, οι ορισμοί και η έκταση εφαρμογής του Ειδικού Πλαισίου. Στα άρθρα 4-11, ορίζονται οι κανόνες χωροθέτησης των αιολικών εγκαταστάσεων. Ο εθνικός χώρος διακρίνεται σε κατηγορίες, καθορίζονται οι περιοχές αποκλεισμού και οι ζώνες ασυμβατότητας. Σε κάθε μία από τις κατηγορίες του εθνικού χώρου θέτονται ειδικά κριτήρια χωροθέτησης με βάση τις μέγιστες επιτρεπόμενες πυκνότητες και την ένταξη των αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο.

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

Στην **ηπειρωτική χώρα**, όπου εντοπίζονται Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ) και Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ). Ως ΠΑΠ ορίζονται οι περιοχές της ηπειρωτικής χώρας που διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών, ενώ ταυτόχρονα προσφέρονται από απόψεως επίτευξης των χωροταξικών στόχων. Σε αυτές τις ΠΑΠ, εκτιμάται η μέγιστη δυνατότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων, ήτοι η φέρουσα ικανότητα.

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι περιοχές αιολικής προτεραιότητας (ΠΑΠ), όπως αποτυπώνονται στο ειδικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ. Σύμφωνα με υποστηρικτική μελέτη του ειδικού πλαισίου οι ΠΑΠ καθορίστηκαν με βάση το αιολικό δυναμικό και το επενδυτικό ενδιαφέρον.



Εικόνα 4.3.1: Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008)

Ως ΠΑΚ χαρακτηρίζονται όλοι οι υπόλοιποι οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) που δεν περιλαμβάνονται στις ΠΑΠ και κρίνονται ενεργειακά αποδοτικές κατά περίπτωση, από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας.

Όσον αφορά τη χωροθέτηση μιας αιολικής εγκατάστασης, καθορίζονται τέσσερα είδη κριτηρίων:

- Το πρώτο κριτήριο αφορά τις αποστάσεις για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και απόδοσης των εγκαταστάσεων αιολικών εγκαταστάσεων.
- Έπειτα, προσδιορίζονται οι κατηγορίες ζωνών ασυμβατότητας/αποκλεισμού, εντός των οποίων απαγορεύεται η χωροθέτηση αιολικών μονάδων. Οι ζώνες αυτές περιλαμβάνουν τις ασύμβατες χρήσεις και τις ελάχιστες αποστάσεις που πρέπει να τηρούν οι αιολικές εγκαταστάσεις από συγκεκριμένες δραστηριότητες και περιοχές και είναι κοινές για το σύνολο των κατηγοριών του εθνικού χώρου με ορισμένες ιδιαιτερότητες που αφορούν τις θαλάσσιες περιοχές.

- Με το τρίτο κριτήριο καθορίζονται μέγιστες επιτρεπόμενες πυκνότητες αιολικών εγκαταστάσεων σε επίπεδο πρωτοβάθμιου ΟΤΑ ανά κατηγορία χώρου (φέρουσα ικανότητα).
- Τέλος, καθορίζονται, κατά κατηγορία χώρου κανόνες ένταξης των αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο ώστε να αμβλύνονται οι δυσμενείς οπτικές παρεμβολές στο περιβάλλον.

Κατά το άρθρο 24 του ν. 3468/2006, που συμπληρώνει το ν. 2971/2001 «Αιγιαλός, Παραλία και άλλες διατάξεις», ‘...επιτρέπεται η παραχώρηση του δικαιώματος χρήσης αιγιαλού, παραλίας, συνεχόμενου ή παρακείμενου θαλάσσιου χώρου ή πυθμένα θάλασσας για την εκτέλεση εργασιών εγκατάστασης σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ... τοποθέτησης υποσταθμών και κατασκευής καθώς και η κατασκευή κάθε έργου που κρίνεται αναγκαίο για τη σύνδεση του σταθμού με το Σύστημα ή το Δίκτυο’.

Έτσι παρέχεται σαφής θεσμική δυνατότητα παραχώρησης και κατά συνέπεια χωροθέτησης ΑΠΕ σε αιγιαλούς, παραλίες, νησιά και ακατοίκητες νησίδες και σε συνεχόμενο ή παρακείμενο θαλάσσιο χώρο ή πυθμένα θάλασσας.

Επίσης, ισχύει η παραχώρηση για τα έργα ενίσχυσης του Συστήματος Μεταφοράς αλλά και για έργα Διασύνδεσης Νήσων με το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς, τα οποία θα εξυπηρετούν και την αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ. Για την παραχώρηση του ανωτέρω δικαιώματος, ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση προς την αρμόδια Κτηματική Υπηρεσία και ακολουθείται η ορισμένη από το νόμο τυπική διαδικασία. Οι όροι και οι προϋποθέσεις της επέμβασης καθορίζονται στα πλαίσια της έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

5.1 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Ανάπτυξης Παράκτιων Α/Π

Τα παράκτια αιολικά πάρκα δεν είναι πανάκεια, έχουν πλεονεκτήματα όπως και μειονεκτήματα. Πλεονέκτημα είναι ότι στη θάλασσα πνέουν εντονότεροι άνεμοι και επίσης, δεδομένου ότι η παραγόμενη ενέργεια μεταβάλλεται ανάλογα με τον κύβο της ταχύτητας του ανέμου, εκτιμάται ότι κάθε θαλάσσια ανεμογεννήτρια παράγει αρκετή ενέργεια σε έναν χρόνο, ώστε να καλύψει τις ανάγκες περίπου 1.500 νοικοκυριών, ενώ ταυτόχρονα περιορίζει κατά 35.000 τόνους την παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα.

Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι εν πλω η αναταραχή είναι χαμηλότερη απ' ό,τι στο έδαφος. Αυτό οφείλεται στις μικρότερες παραλλαγές της θερμοκρασίας στο κάθετο επίπεδο απ' ό,τι στο έδαφος. Η χαμηλότερη αναταραχή μπορεί να οδηγήσει στην πιο μακροχρόνια διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας και συνεπώς οικονομικά βιώσιμη κατασκευής. Η χαμηλότερη αναταραχή επίσης σημαίνει ότι τα πτερύγια χρονοτριβούν με μια ταχύτητα υψηλότερη απ' ό,τι στο έδαφος. Οι παράκτιοι πόροι αέρα με την χαμηλή τους αναταραχή αυξάνουν την διάρκεια ζωής των ανεμογεννητριών σε μια πιθανή κλίμακα των 25 έως 30 ετών. Εάν υποθέσουμε μια διάρκεια ζωής προγράμματος, για παράδειγμα, 25 ετών αντί 20, αυτό κάνει τις δαπάνες συντήρησης περίπου 9% χαμηλότερα. Επομένως αν συνυπολογιστεί και ο χρόνος ζωής της, που στη θάλασσα είναι μεγαλύτερος κατά 25 χρόνια, προκύπτει η μεγάλη σημασία της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας για την προστασία του περιβάλλοντος.

Ένα άλλο κίνητρο ανάπτυξης παράκτιων πάρκων είναι η δυσκολία εύρεσης αρκετών κατάλληλων περιοχών αιολικών πάρκων στο έδαφος, ειδικά στην πυκνά ενοικημένη και σχετικά επίπεδη επαρχία μιας χώρας. Επίσης η παρουσία συστοιχίας δένδρων έχει σαν αποτέλεσμα το μηδενισμό της ταχύτητας του ανέμου μέχρι και το ύψος της κορυφής των δένδρων.

Τέλος και τα παρακείμενα κτίρια αποτελούν ένα άλλο είδος εμποδίων, δεδομένου ότι η παρουσία τους διαταράσσει σε σημαντική έκταση το πεδίο ροής του ανέμου. Ξέροντας λοιπόν ότι για τη σωστή αεροδυναμική συμπεριφορά μιας αιολικής μηχανής είναι σκόπιμο η πτερωτή της ανεμογεννήτριας να βρίσκεται εκτός του πεδίου επιρροής τυχόν επιφανειακών εμποδίων, συμπεραίνουμε ότι κατά την λειτουργία θαλάσσιου Α/Π έχουμε μεγιστοποίηση της διαθέσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου, το πεδίο ροής είναι ελεύθερο και η τύρβη του ανέμου είναι η ελάχιστη δυνατή. Είναι συνεπώς σκόπιμο να επιλέγουμε θαλάσσιες περιοχές για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων χωρίς το πρόβλημα επιρροής επιφανειακών εμποδίων.

Η ποιότητα του αέρα παράκτια μπορεί να εξασφαλίσει συνεπώς καλύτερες προδιαγραφές λειτουργίας στο Α/Π που αυτό συνεπάγεται λιγότερες ώρες εκτός αλλά και οικονομικότερο κόστος συντήρησης των ανεμογεννητριών. Μπορεί το κόστος της εγκατάστασης του Α/Π να είναι επιβαρημένο λόγω του θαλάσσιου της περιοχής αλλά η απόσβεση του κόστους των εργασιών θεωρητικά θα είναι στο ίδιο, ίσως και χαμηλότερο επίπεδο, με το χερσαίο αφού η ποιότητα της λειτουργίας του παράκτιου Α/Π είναι σαφώς καλύτερη από εκείνη του χερσαίου.

Η διαδικασία σχεδιασμού, δημιουργίας και λειτουργίας των θαλάσσιων αιολικών πάρκων και αντίστοιχα των φορέων διαχείρισης, δημιουργούν τις παρακάτω δραστηριότητες οι οποίες με τη σειρά τους δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας.

Η παράκτια ενέργεια αέρα είναι λίγο ακριβότερη από τη συμβατική δύναμη. Αλλά εάν αναλογιστούμε τις περιβαλλοντικές δαπάνες των απολιθωμένων καυσίμων και τις εσωτερικοποιήσουμε θα ανακαλύψουμε ότι τέτοια προγράμματα είναι πολύ ανταγωνιστικά.

Στα μειονεκτήματά τους περιλαμβάνεται το υψηλότερο κόστος κατασκευής τους, συντήρησης και λειτουργίας τους. Στη θάλασσα η κατασκευή του έργου στοιχίζει κατά 50% περισσότερο σε σχέση με ένα αιολικό πάρκο παρόμοιας ισχύος στην ξηρά, καθώς απαιτούνται μεγάλα κεφάλαια τόσο για την εγκατάστασή του (τοποθέτηση στον βυθό) όσο και για τη σύνδεσή του μέσω υποβρύχιου καλωδίου με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό σύστημα.

Οι ανεμογεννήτριες πρέπει να είναι ανθεκτικές σε θύελλες, στα πανύψηλα κύματα και στο αλμυρό νερό. Ακριβώς λόγω του κόστους, έχει προβλεφθεί υψηλότερη τιμή πώλησης του παραγόμενου ρεύματος προς τον ΔΕΣΜΗΕ, η οποία είναι 93 ευρώ/MWh.

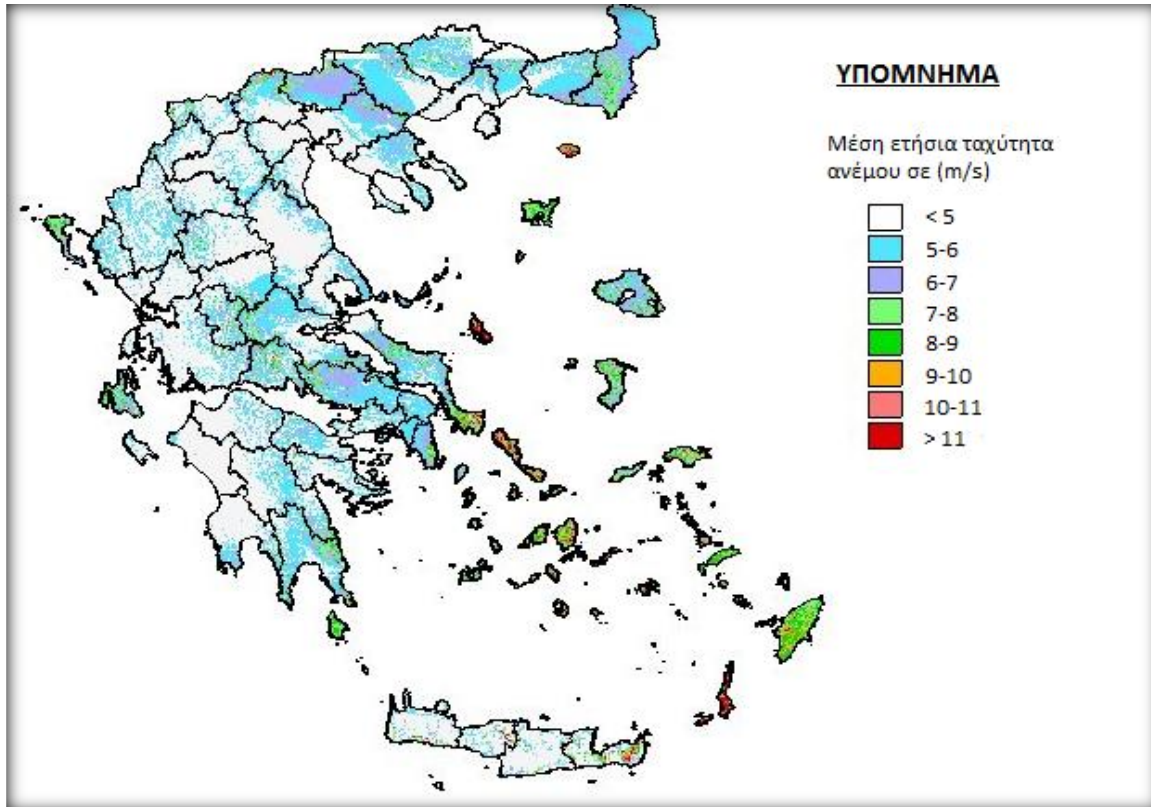
Στα ηπειρωτικά αιολικά πάρκα αυτή η τιμή είναι 75,82 ευρώ/MWh για όσα βρίσκονται στο διασυνδεδεμένο σύστημα και 87,42 ευρώ/MWh για όσα βρίσκονται σε νησιά.

Στην Ελλάδα λίγες θαλάσσιες περιοχές πληρούν τις προδιαγραφές, που είναι το μικρό βάθος σε απόσταση λίγων χιλιομέτρων από την ακτή. Επιπλέον σοβαρό εμπόδιο στην χώρα μας αποτελεί και η υποδομή του ηλεκτρικού συστήματος, η έλλειψη σοβαρού χωροταξικού πλαισίου και η διαδικασία αδειοδότησης.

Τέλος ένα ακόμα μειονέκτημα είναι οι περιβαλλοντικές επιδράσεις. Οι επιπτώσεις των παράκτιων αιολικών πάρκων στο περιβάλλον διαφέρουν σημαντικά, ανάλογα με τη θέση, τον αριθμό, τη διάταξη των ανεμογεννητριών, το είδος θεμελίωσης και τα χρησιμοποιούμενα κατασκευαστικά υλικά. Βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις θα προκύψουν κατά τα στάδια κατασκευής και απεγκατάστασης του αιολικού πάρκου, ενώ μικρότερες, αλλά μεγαλύτερης διάρκειας κατά την φάση λειτουργίας του. Παρόλα αυτά μελέτες βρίσκονται σε εξέλιξη σχετικά με την παρακολούθηση και την διαπίστωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν υποδείξεις για τα περιβαλλοντικά οφέλη που μπορεί να προκύψουν από την υπεράκτια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

5.2 Κριτήρια Χωροθέτησης Παράκτιων Αιολικών Πάρκων

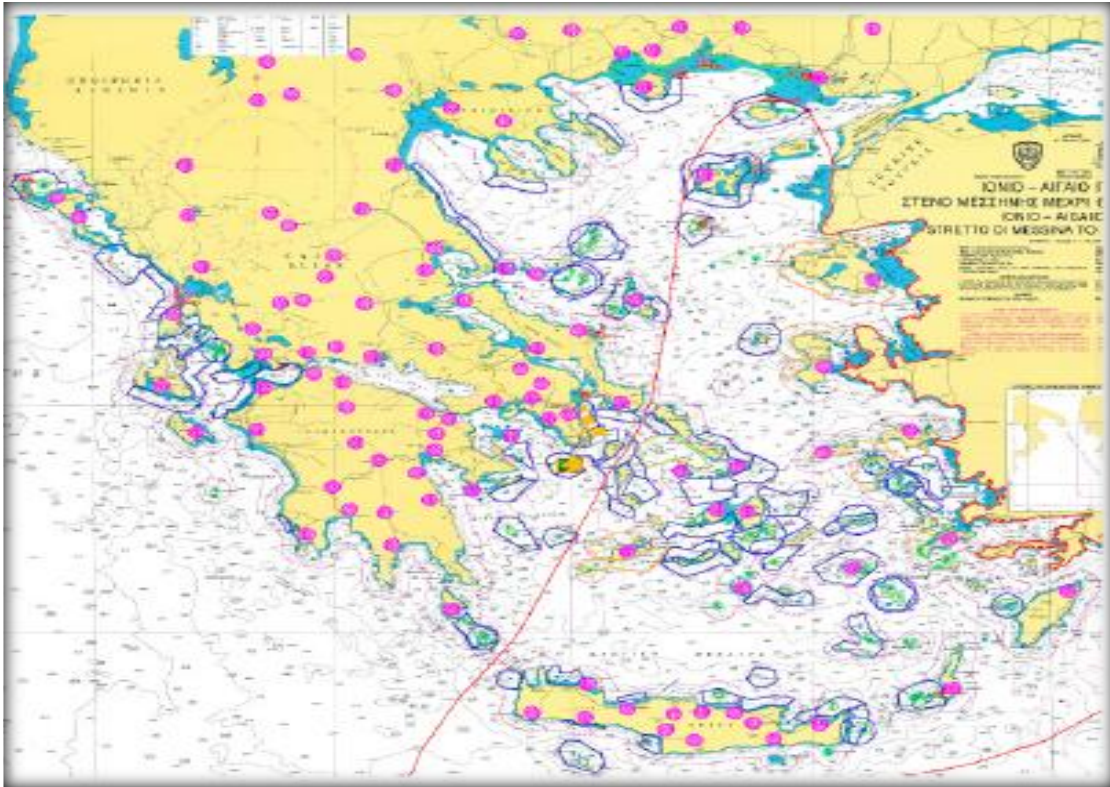
Βασικό κριτήριο στην επιλογή μιας περιοχής που να μπορεί να φιλοξενήσει ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο είναι τα αιολικά δεδομένα που τη χαρακτηρίζουν. Με μια πρώτη σκέψη οδηγούμαστε στην ανάγνωση του αιολικού χάρτη της χώρας. Αυτός μας δίνει τη δυνατότητα να κρίνουμε που μπορεί να στηθεί μια τέτοια εγκατάσταση και να αποφέρει κέρδη. Ταυτόχρονα με την αναζήτηση της κατάλληλης τοποθεσίας με βάση τα αιολικά χαρακτηριστικά, προσπαθούμε να μην απομακρυνθούμε από τις ακτές. Στην ακόλουθη εικόνα (**Εικόνα 5.2.1**) απεικονίζεται το αιολικό δυναμικό της Ελλάδος με δεδομένα ιστών του ΚΑΠΕ και μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου στα 40μ. από το έδαφος.



Εικόνα 5.2.1: Αιολικός Χάρτης Ελλάδος σε m/s (ΚΑΠΕ, 2013).

Αναζητώντας τις περιοχές που να είναι δυνατή η εγκατάσταση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου στο θαλάσσιο σύνολο της χώρας συναντούμε μια σημαντική διαφορά σε σχέση με αντίστοιχα πάρκα της Γερμανίας, Δανίας, και άλλων χωρών της Ευρώπης, τοποθετούνται σε περιοχές όπου το βάθος δεν ξεπερνά τα 40 μέτρα. Κάτι τέτοιο στον ελληνικό χώρο είναι ιδιαίτερα δύσκολο αν σκεφτεί κανείς πως τέτοια βάθη βρίσκονται πολύ κοντά στις ακτές και δεν είναι διαθέσιμα σε τέτοιου είδους χρήσεις. Βέβαια περιοχές που να πληρούν τις προϋποθέσεις για την κατασκευή ενός τέτοιου πάρκου υπάρχουν σε αρκετά σημεία αλλά δεν είναι μεγάλες σε έκταση ώστε να δικαιολογήσουν μια επένδυση όπως ενός αιολικού πάρκου.

Τεχνολογικά έχουν δοθεί λύσεις και για μεγαλύτερα βάθη. Πακτώσεις μέχρι και στα 200 μέτρα βυθού είναι δυνατές αλλά υπό ορισμένες συνθήκες. Το κύριο μέλημα για μια τοποθέτηση σε τέτοια βάθη είναι το είδος του πυθμένα και το υλικό που τον χαρακτηρίζει. Το ίδιο ισχύει και για μικρότερα βάθη. Όμως εκεί υπάρχουν και πολλές διαφορετικές βάσεις ανάλογα με την περίπτωση.



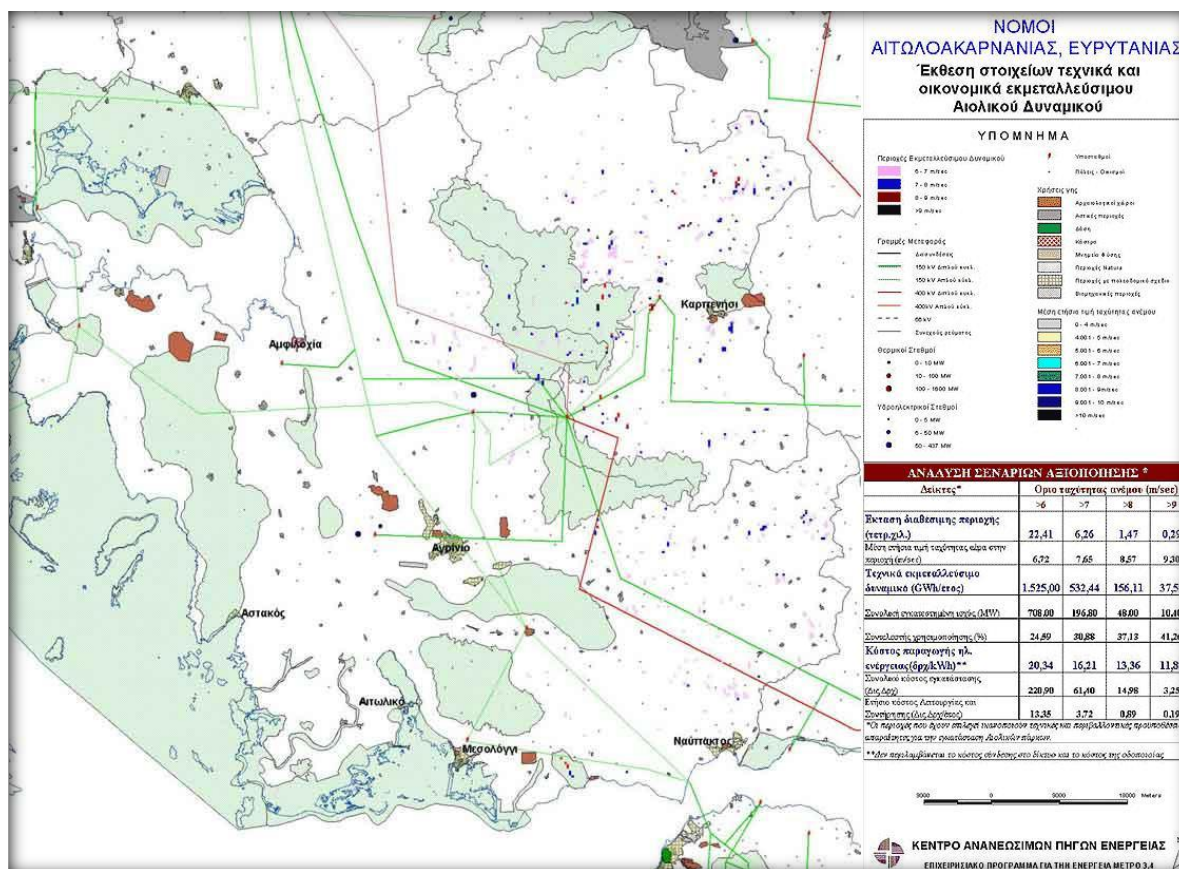
Εικόνα 5.2.2: Χάρτης Αξιοποιήσιμων Θαλάσσιων Περιοχών του ελληνικού θαλάσσιου συμπλέγματος.

Στην **εικόνα 5.2.2** δίδεται υδρογραφικός χάρτης της Ελλάδας με χαραγμένα τα όρια των χωρικών υδάτων. Επί του χάρτη έχουν σημειωθεί οι θαλάσσιες περιοχές, εντός χωρικών υδάτων, με βάθη νερού έως 40 μέτρα (πράσινη γραμμή), καθώς και οι περιοχές με βάθη έως 200 μέτρα (μπλε γραμμή). Επίσης με κόκκινη γραμμή έχουν σημειωθεί οι περιοχές υπεράκτιων αιολικών πάρκων που έχουν ήδη θεσμοθετηθεί από το ΥΠΕΚΑ.

Παρατηρώντας τους χάρτες και αξιόνοντας τα δεδομένα τους συμπεραίνουμε ότι υπάρχουν αρκετές περιοχές που προσφέρονται για την εγκατάσταση τέτοιων αιολικών πάρκων. Μάλιστα επιλογές υπάρχουν και στη νησιωτική χώρα αλλά και κοντά στις ακτές της ηπειρωτικής. Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται από μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου στα 7-9 m/s. Είναι μια ακόμα βασική διαφορά με τα μεγάλα υπεράκτια αιολικά πάρκα που υπάρχουν στο εξωτερικό. Συνήθως, η μέση ταχύτητα εκεί υπερβαίνει τα 10 m/s και έχουν εξελίξει κατάλληλες ανεμογεννήτριες για να εκμεταλευτούν αυτή την πηγή.

Βέβαια αυτό δεν αποκλείει μια συμφέρουσα και οικονομική πρόταση για την εκμετάλλευση τόσων περιοχών που υπάρχουν στον ελλαδικό χώρο και μένουν ανεκμετάλλευτες. Για το λόγο αυτό μια μελέτη πάνω στην εκμετάλλευση τέτοιων περιοχών θα προσέφερε λύσεις στο μεγαλύτερο κομμάτι της χώρας.

Μια τέτοια περιοχή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και η περιοχή που καλύπτει το θαλάσσιο χώρο μεταξύ Κρουονερίου Αιτωλοακαρνανίας και Λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου. Στην περιοχή αυτή έχουν εδώ και καιρό αναπτυχθεί αιολικά πάρκα στο χερσαίο τμήμα και κυρίως στα ορεινά της Ναυπάκτου. Το δίκτυο έχει προσαρμοστεί στις ανάγκες σύνδεσης μεγάλων παραγωγών λόγω των υπάρχοντων εγκαταστάσεων. Επιπλέον είναι μια περιοχή με μικρό σχετικά βάθος τυθμένα και προσφέρεται για πάρκα μιας και δεν αποτελεί τουριστικό προορισμό ή περιοχή προστατευόμενη λόγω σπάνιων θαλάσσιων ειδών. Διακρίνεται όμως για τη βιοποικιλότητά της και της ιδιαιτερότητα μιας μεγάλης λιμνοθάλασσας που δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να χάσει την ομοιομορφία και τη φυσική σημασία του βιότοπου που φιλοξενεί.



Εικόνα 5.2.3: Χαρακτηριστικά Εκμεταλλεύσιμου Αιολικού Δυναμικού στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας (ΚΑΠΕ, 2013).

Η τοποθεσία αυτή έχει χαρακτηριστικά τέτοια που επιτρέπουν και βάση της νομοθεσίας να ελεγχθεί ως πιθανή περιοχή εγκατάστασης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου.

Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, ένα από τα βασικά κριτήρια για την επιλογή κατάλληλων τοποθεσιών για την ανάπτυξη θαλάσσιων αιολικών πάρκων είναι η ύπαρξη αρκετά μεγάλων περιοχών με βάθη που επιτρέπουν την εγκατάσταση χωρίς υπέρογκο κόστος, όπου διακρίνονται στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Εγκατάσταση μόνο σε μικρά βάθη (< 30m): Είναι η λύση για την οποία υπάρχει η μεγαλύτερη τεχνική εμπειρία, καθώς σε τέτοια βάθη λειτουργούν τα περισσότερα υφιστάμενα αιολικά πάρκα.
- Εγκατάσταση σε μεσαία βάθη (< 50m): Παρουσιάζει μεγαλύτερες τεχνικές δυσκολίες αλλά θεωρείται σχετικά βαθιά τεχνολογία που σίγουρα θα μπορεί να εφαρμοστεί στον χρονικό ορίζοντα ενδιαφέροντος μας χωρίς ιδιαίτερα τεχνικά προβλήματα.
- Εγκατάσταση σε μεγάλα βάθη (> 50m): Η αντίστοιχη τεχνολογία είναι ακόμη σε επίπεδο ανάπτυξης και επίδειξης στη χώρα μας.

Η περίπτωση περιορισμού των εγκαταστάσεων σε μικρά μόνο βάθη (20-30 μέτρων) εξετάστηκε, αλλά διαπιστώθηκε ότι περιόριζε σημαντικά τις περιοχές στις οποίες ήταν δυνατή η χωροθέτηση. Δεδομένης της μορφολογίας του ελληνικού εδάφους και, κατ' επέκταση, του θαλάσσιου πυθμένα στις περισσότερες περιοχές υπάρχει γρήγορη αύξηση του βάθους και η επιφάνεια των αξιοποιήσιμων περιοχών είναι μικρή. Σε σχέση με το δίλημμα που θέτει το κριτήριο οπτικής όχλησης επιτρέποντας είτε μικρότερες εγκαταστάσεις πλησιέστερα στην ακτογραμμή ή μεγαλύτερες σε μεγαλύτερη απόσταση, προκρίνεται η δεύτερη εκδοχή καθώς εξασφαλίζει οικονομία κλίμακας (και, πιθανά, καλύτερο αιολικό δυναμικό).

Η ανάπτυξη αιολικών πάρκων στη θάλασσα είναι ακριβότερη από την ανάπτυξη χερσαίων αιολικών πάρκων και έχει νόημα μόνο όταν εξασφαλίζονται πρόσθετα οφέλη, κυρίως περιβαλλοντικά και χωροταξικά. Συνεπώς, δεν υπάρχει λόγος να χωροθετούμε υπεράκτια αιολικά πάρκα σε περιοχές NATURA αναγνωρίζοντας, βεβαίως, ότι αυτό δεν απαγορεύεται εκ προοιμίου από την νομοθεσία.

Βασικό κριτήριο χωροθέτησης των ανεμογεννητριών για σύσταση υπεράκτιου αιολικού πάρκου είναι η μεταξύ τους απόσταση που πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 5 διαμέτρους

ρότορα, λαμβάνοντας υπόψη βεβαίως και τα στοιχεία για τις επικρατούσες διευθύνσεις του ανέμου, ώστε να μειώνονται οι απώλειες ομόρρου μεταξύ των ανεμογεννητριών. Σε περίπτωση που οι ανεμογεννήτριες τοποθετηθούν σε σειρά μεταξύ τους, και ο ρότορας είναι κάθετος στην κυρίαρχη διεύθυνση του ανέμου, τότε η απόσταση μεταξύ τους πρέπει να είναι τουλάχιστον 4 φορές η διάμετρος του ρότορα.

Από τις περιοχές που ικανοποιούν τα βασικά κριτήρια επιλογής εγκατάστασης παράκτιων πάρκων, η τελική επιλογή γίνεται βάσει των ακόλουθων κριτηρίων αξιολόγησης:

- Εκτίμηση για το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό, που προσδιορίζει τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας στη συγκεκριμένη περιοχή.
- Ευκολία σύνδεσης με το δίκτυο (υφιστάμενο, συμπεριλαμβανομένων των υπό διερεύνηση επεκτάσεων του) αλλά χωρίς περιορισμούς στην εγγεόμενη ισχύ.
- Εξασφάλιση κατά το δυνατόν υψηλής συγκέντρωσης ισχύος.
- Συμβατότητα της ανάπτυξης των πάρκων με άλλες χρήσεις του συγκεκριμένου χώρου.
- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η οπτική όχληση.
- Η τεχνική δυνατότητα εγκατάστασης στη συγκεκριμένη θέση.

5.2.1 Αιολικό Δυναμικό Παράκτιου Αιολικού Πάρκου

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

- την ταχύτητα του ανέμου,
- τη διεύθυνση του ανέμου,
- την επικρατούσα στην περιοχή τύρβη,
- την καθ' ύψος μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου (κατανομή του ανέμου),
- τις ακραίες τιμές ταχύτητας ανέμου (ριπές).

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά συνθέτουν το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής και μπορεί να γίνουν γνωστά μόνο με μετρήσεις. Οι μετρήσεις του ανέμου είναι υψηλής ποιότητας

και σύμφωνα με προδιαγραφές που εφαρμόζονται και αφορούν τη σωστή εγκατάσταση του ιστού και των οργάνων παίρνουμε πιστοποιημένα δεδομένα για την ορθή αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού σε περίοδο τουλάχιστον ενός έτους.

Όσον αφορά τις μετρήσεις αιολικού δυναμικού παράκτιων αιολικών πάρκων, δεν ισχύει ο περιορισμός της μέγιστης απόστασης των επτά (7) χιλιομέτρων από τις προτεινόμενες θέσεις εγκατάστασης των ανεμογεννητριών, που προβλέπεται στο εδάφιο 12 του 3ου μέρους του παραρτήματος 1 του Κανονισμού Αδειών Παραγωγής για τις χερσαίες αιολικές εγκαταστάσεις.

Παραμένουν όμως οι γενικές απαιτήσεις ως προς την αντιπροσωπευτικότητα της θέσης (αναφοράς), στην οποία έχουν διενεργηθεί οι μετρήσεις που προσκομίζονται με την ενεργειακή μελέτη, ως προς τη θέση εγκατάστασης του σταθμού, εν προκειμένω του θαλάσσιου χώρου, δηλαδή να είναι πλήρως εκτεθειμένη στις επικρατούσες διευθύνσεις του ανέμου, και κατά το δυνατόν απαλλαγμένη από την επίδραση της τοπογραφίας. Πέραν της ιδανικής περίπτωσης, δηλ. η θέση των μετρήσεων να βρίσκεται εντός του θαλάσσιου χώρου όπου χωροθετείται ο αιολικός σταθμός, είναι αποδεκτό η μέτρηση να προέρχεται από θέση σε ακτή πλησίον του θαλάσσιου χώρου όπου προτείνεται η ανάπτυξη του έργου με όσο το δυνατόν επίπεδη τοπογραφία. Στην περίπτωση αυτή ωστόσο στην ενεργειακή μελέτη που συνοδεύει την αίτηση θα πρέπει να υπάρχει μέριμνα με τη βοήθεια κατάλληλων υπολογιστικών εργαλείων, για την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων λόγω μεταφοράς των μετρήσεων από τη σύνθετη τοπογραφία στην επίπεδη επιφάνεια της θάλασσας.

Επιπροσθέτως, σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν ενδείξεις διαφοροποίησης του αιολικού κλίματος μεταξύ της θέσης των μετρήσεων και του υπεράκτιου αιολικού, θα πρέπει στη σχετική ενεργειακή μελέτη να γίνεται συνδυασμένη χρήση και άλλων μετεωρολογικών δεδομένων από επίγειες ή ανώτερης ατμόσφαιρας παρατηρήσεις και βάσεις δεδομένων για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων της ενεργειακής αποδοτικότητας.

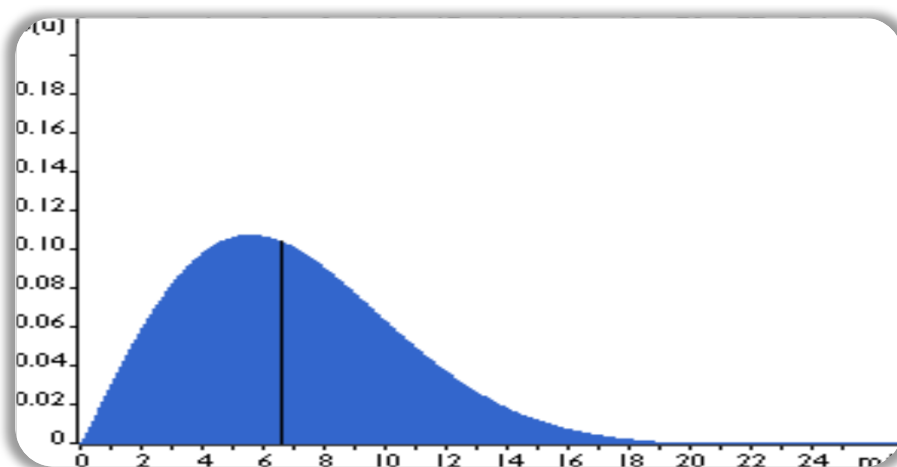
Από την ανάλυση και επεξεργασία ανεμολογικών δεδομένων της ΕΜΥ από 43 συνολικά παράκτιους μετεωρολογικούς σταθμούς προέκυψε ότι η παράκτια ζώνη της Ελλάδος μπορεί να διακριθεί στις εξής περιοχές, από απόψεως αιολικού δυναμικού:

- Στο Βόρειο και Νοτιοανατολικό Αιγαίο υπάρχει ομαλή μεταβολή του αιολικού δυναμικού, και κυμαίνεται από 6.000 kWh/m² έως 12.000 kWh/m².

- Στην Κρήτη υπάρχει σταθερότητα του αιολικού δυναμικού, περίπου 6.000 kWh/m^2 .
- Στις Κυκλάδες υπάρχει έντονα ανομοιόμορφη κατανομή του αιολικού δυναμικού, με μέγιστη κομβική θέση τον μετεωρολογικό σταθμό Πάρου (17.000 kWh/m^2).
- Στην Πελοπόννησο και τη Στερεά Ελλάδα υπάρχει χαμηλό αιολικό δυναμικό, με ήπια μεταβολή από 2.000 kWh/m^2 έως 5.000 kWh/m^2 .
- Στο Βόρειο Ιόνιο υπάρχει σχετικά υψηλό αιολικό δυναμικό, με έντονη όμως μεταβολή. Στις περιοχές των μετεωρολογικών σταθμών Κέρκυρας και Πρεβέζης επικρατεί υψηλό αιολικό δυναμικό από 6.000 kWh/m^2 έως 10.000 kWh/m^2 . Ενώ στο Νότιο Ιόνιο και συγκεκριμένα στους μετεωρολογικούς σταθμούς Ζακύνθου και Κεφαλονιάς, επικρατεί χαμηλό αιολικό δυναμικό της τάξεως των 4.000 kWh/m^2 .

Η στατιστική ανάλυση είναι χρήσιμη για τον προσδιορισμό του αιολικού δυναμικού μιας δεδομένης τοποθεσίας και την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης μιας γεννήτριας στην υπό μελέτη περιοχή.

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της ταχύτητας του ανέμου δίνει την πιθανότητα η ταχύτητα του ανέμου να βρίσκεται μεταξύ κάποιου εύρους τιμών, π.χ. U_a & U_b . Η πιο συνήθης κατανομή που χρησιμοποιείται για την περιγραφή των μεταβολών της ταχύτητας του ανέμου σε κάποια τοποθεσία είναι η κατανομή Weibull και ο προσδιορισμός των παραμέτρων μορφής (k) και κλίμακας (C) της κατανομής που μετριέται σε (m/s). Οι παράμετροι αυτοί είναι συναρτήσεις της μέσης τιμής ταχύτητας του ανέμου \bar{U} και της τυπικής απόκλισης σ_U .



Εικόνα 5.2.4: Κατανομή Πυκνότητας Πιθανότητας των ταχυτήτων του ανέμου.

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε ακριβώς την μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου κατά την διάρκεια του έτους, η οποία παριστάνεται με την βοήθεια της κατανομής Weibull (Εικόνα 5.2.4). Για τα νησιά του Αιγαίου η παράμετρος μορφής κυμαίνεται από 1,4 ως 2, ενώ σε ορισμένα νησιά παίρνει μικρότερες τιμές όπως 1,22 (Ηράκλειο) και 1,33 (Αραξός). Όσο μικρότερη είναι η τιμή της παραμέτρου τόσο η κατανομή γίνεται πιο ομοιόμορφη και οι ταχύτητες κοντά στην μέση είναι συχνότερες. Για να σχηματιστεί η καμπύλη της εικόνας 5.2.4 απαιτείται πειραματικός προσδιορισμός της συχνότητας των ταχυτήτων του ανέμου και γνώση της μορφολογίας της περιοχής (roughness class) έτσι ώστε οι ταχύτητες να αναχθούν από το ύψος των μετεωρολογικών μετρήσεων στο ύψος του ρότορα της Α/Γ. Αυτή η αναγωγή γίνεται με την βοήθεια της σχέσης:

$$\frac{U_1}{U_2} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^{\alpha}$$

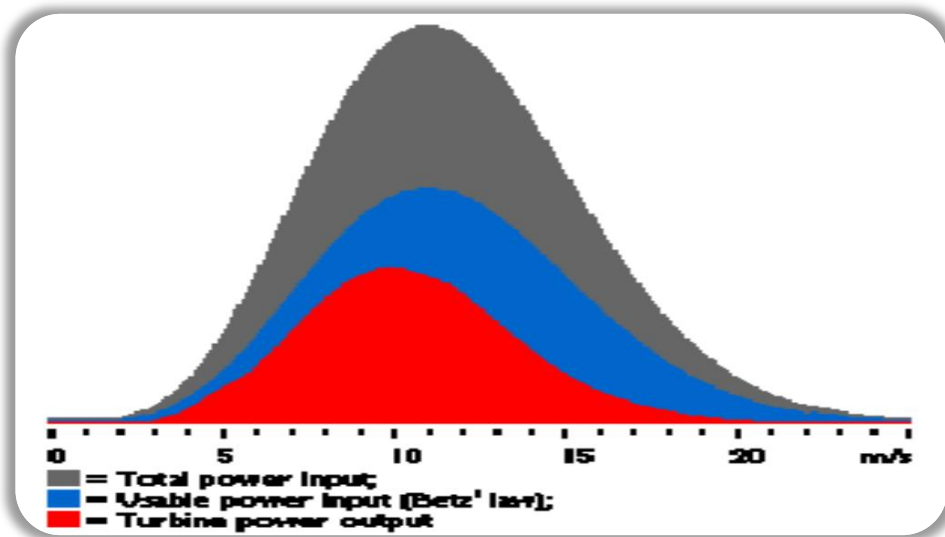
όπου: α : η παράμετρος που αυξάνεται όσο πιο έντονη γίνεται η μορφολογία και η τραχύτητα του εδάφους. Συνήθως, στα παράκτια αιολικά, η παράμετρος " α " είναι μεγαλύτερη.

5.2.2 Ενεργειακή Παραγωγή Παράκτιου Α/Π & Θέματα διαθεσιμότητας

Παρατηρώντας την εικόνα 5.2.4 φαίνεται ότι οι υψηλές ταχύτητες ανέμου σπανίζουν αλλά η συνεισφορά τους στην παραγόμενη ενέργεια είναι πολύ μεγάλη. Για τον υπολογισμό της αιολικής ισχύος δεν λαμβάνουμε υπόψη την μέση ταχύτητα αλλά πολλαπλασιάζουμε κάθε πιθανότητα μιας ορισμένης ταχύτητας ανέμου (από την Weibull) με την ισχύ που παράγεται σε αυτή την ταχύτητα. Έτσι σχηματίζεται η θεωρητική κατανομή της αιολικής ισχύος για κάθε ταχύτητα (Εικόνα 5.2.5, γκρι καμπύλη). Μια Α/Γ δεν μπορεί να παραλάβει όλη αυτή την ισχύ γιατί τότε ο αέρας που θα περνούσε πίσω από την έλικα της ανεμογεννήτριας δεν θα απομακρύνονταν διότι θα είχε μηδενική κινητική ενέργεια στην έξοδο. Έτσι, δεν θα παραλάμβανε καθόλου ενέργεια επειδή ο στάσιμος αέρας στην έξοδο δεν θα επέτρεπε να εισαχθεί νέος.

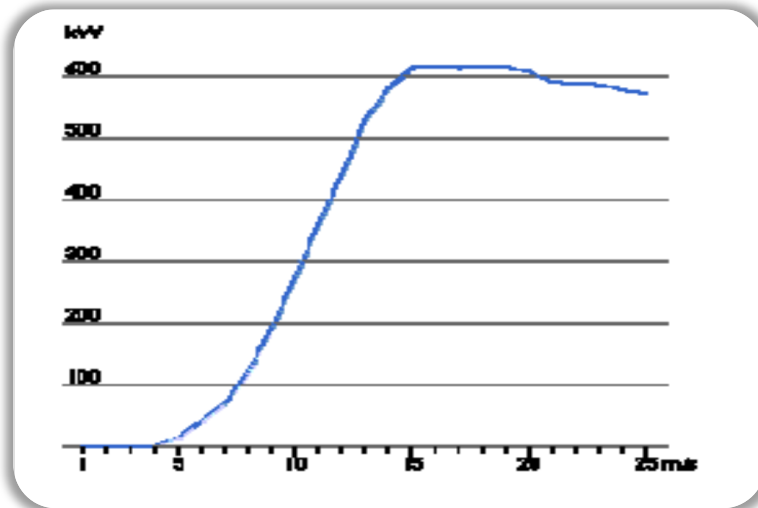
Στην αντίθετη περίπτωση θα διέρχονταν ο αέρας χωρίς καμία αντίσταση και δεν θα παράγονταν έργο. Έχει αποδειχτεί ότι μια ιδανική ανεμογεννήτρια θα πρέπει να μειώσει την αρχική ταχύτητα του αέρα κατά τα 2/3 της. Επιπλέον σύμφωνα με τον νόμο του Albert Betz (1919) "Η μέγιστη μηχανική ισχύς που μπορεί να παραχθεί από αιολική είναι ίση με 59,3% αυτής".

Η περιοχή κάτω από την μπλε καμπύλη αποτελεί το 59,3% της θεωρητικής ενώ η κόκκινη περιοχή εκφράζει την πραγματική ηλεκτρική ισχύς που παράγεται από την Α/Γ. Συγκρίνοντας την μορφή των εικόνων 5.2.4 και 5.2.5 συμπεραίνουμε ότι το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας από την Α/Γ κατά την διάρκεια ενός έτος παραλαμβάνεται σε ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες της μέσης (για αυτό άλλωστε δεν μπορούμε να υπολογίσουμε το αιολικό δυναμικό από την μέση ταχύτητα).



Εικόνα 5.2.5: Συνάρτηση πυκνότητας ισχύος ανέμου & Α/Γ.

Για να γίνει ο προσδιορισμός της κόκκινης περιοχής πρέπει να λάβουμε υπόψη την καμπύλη ισχύος (power curve) της ανεμογεννήτριας. Η καμπύλη αυτή καθορίζει την απόδοση της ανεμογεννήτριας συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου και είναι διαφορετική για κάθε Α/Γ. Μια τυπική καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας 600 kW Δανικής κατασκευής φαίνεται στην εικόνα 5.2.6.



Εικόνα 5.2.6: Τυπική Καμπύλη Ισχύος Α/Γ 600kW.

Για τον προσδιορισμό της μέσης ετήσιας ισχύς πρέπει να πολλαπλασιαστούν οι αντίστοιχες τιμές των εικόνων 5.2.4 και 5.2.6 που ισχύουν για κάθε ταχύτητα ανέμου και να αθροιστούν τα γινόμενα. Δηλαδή με το πολλαπλασιασμό της πιθανότητας εμφάνισης μιας ταχύτητας ανέμου (Εικόνα 5.2.4) με την ισχύ που αποδίδει η ανεμογεννήτρια σε αυτή την ταχύτητα (Εικόνα 5.2.6) προσδιορίζεται η συνεισφορά της κάθε ταχύτητας του ανέμου στην μέση ετήσια ισχύ της ανεμογεννήτριας. Στην συνέχεια το άθροισμα αυτών των γινομένων (μέση ετήσια ισχύς) πολλαπλασιάζεται με την διαθεσιμότητα της ανεμογεννήτριας και με τις 8760 ώρες του έτους. Η διαθεσιμότητα των σύγχρονων Α/Γ είναι τουλάχιστον 98%. Επιπλέον πρέπει να λάβουμε υπόψη την μέση θερμοκρασία της περιοχής που εξετάζουμε διότι κάθε καμπύλη ισχύος Α/Γ έχει υπολογιστεί για 15°C. Μια αύξηση της θερμοκρασίας θα οδηγούσε σε μείωση της πυκνότητας του αέρα άρα και της ισχύος της Α/Γ διότι τότε μετατοπίζεται η καμπύλη 20 προς τα κάτω σύμφωνα με τη σχέση ισχύος της Α/Γ:

$$P = 0.5 * \rho * A * u^3 * C_p * \eta_t$$

όπου: C_p : ο αεροδυναμικός συντελεστής ισχύος, που εξαρτάται από τη γωνία βήματος της έλικας και από το λόγο της ταχύτητας του άκρου της έλικας προς την ταχύτητα του ανέμου,

η_t : η αποδοτικότητα της Α/Γ,

ρ : η πυκνότητα του αέρα (kg/m^3),

A : η επιφάνεια απ' όπου διέρχεται ο άνεμος (m^2),

u : η ταχύτητα του ανέμου (m/s).

5.3 Διαδικασία Χορήγησης Αδειών

Κατά την έναρξη της συζήτησης σχετικά με τη χωροθέτηση ανεμογεννητριών στη θάλασσα, η επικρατούσα άποψη ήταν ότι για την ανοιχτή θάλασσα θα μπορούσε κανείς να ξεφύγει από τα δεσμά της αδειοδότησης της χρήσης αιολικής ενέργειας που υπάρχουν για τη στεριά. Όταν τα πρώτα σχέδια έγιναν γνωστά και ξεκίνησε η δημόσια συζήτηση αμέσως έγινε σαφές ότι αυτό ήταν μία λάθος ελπίδα. Έτσι υπάρχουν γεωγραφικές και περιβαλλοντικές συνθήκες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, ενώ και η νομική κατάσταση διαφέρει σε κάθε χώρα.

5.3.1 Νομική Κατάσταση

Η νομική κατάσταση όσον αφορά τη χορήγηση αδειών καθορίζεται κυρίως από το αν η σχετική θαλάσσια περιοχή βρίσκεται εντός της περιοχής των χωρικών υδάτων, δηλαδή εντός της ζώνης των 12 μιλίων, ή πέρα από αυτό το όριο. Φυσικά οι νομοθετικές ρυθμίσεις διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Συγκεκριμένα κάθε σχέδιο πρέπει να ακολουθεί τους εκάστοτε εθνικούς κανονισμούς. Σε ορισμένες χώρες, όπως στη Γερμανία, προαπαιτούνται τα ίδια κριτήρια αδειοδότησης και νομικών αρχών όπως στη στεριά. Την ίδια στιγμή πρέπει να υπάρχει και η σύμφωνη γνώμη και άδεια από τις αντίστοιχες οργανώσεις που αφορούν τη χλωρίδα και την πανίδα καθώς και την προστασία περιοχών με υπό εξαφάνιση πουλιά. Οι περιφερειακές αρχές είναι τυπικά υπεύθυνες για την έκδοση οικοδομικών αδειών όπως και στην ξηρά.

Για τις κατασκευαστικές επιχειρήσεις στον πυθμένα της θάλασσας (θεμελίωση, θαλάσσια καλώδια), υπάρχουν επίσης κανονισμοί που πρέπει να τηρούνται. Η νομική κατάσταση στην αποκλειστικά οικονομική ζώνη της είναι πολύ λιγότερο σαφής και οδηγεί σε μια συζήτηση για τις αρχές του διεθνούς δικαίου, ανεξάρτητα από τη χωροθέτηση των ανεμογεννητριών. Όλοι οι εθνικοί και ευρωπαϊκοί νόμοι έχουν ισχύ αυστηρά μέχρι το όριο των χωρικών υδάτων. Ορισμένες χώρες έχουν την τάση να καταστεί δυνατή η απλοποίηση της μεθόδου χορήγησης αδειών στην αποκλειστική οικονομική ζώνη.

5.3.2 Κριτήρια Αδειοδότησης

Τα κριτήρια βάσει των οποίων η αίτηση άδειας για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών εξετάζεται είναι τα εξής:

- Η ασφάλεια στην κυκλοφορία για τις πλωτές και εναέριες μεταφορές
- Οικολογικές επιπτώσεις
- Παράβαση των οικονομικών συμφερόντων των τρίτων.

Η αίτηση πιστοποιητικού πρέπει να γίνει με τα συνήθη έγγραφα στις σχετικές αρχές, ανάλογα με το εάν η τοποθεσία βρίσκεται εντός των χωρικών υδάτων ή εκτός της ζώνης των 12 μιλίων. Οι αρχές θα ζητήσουν από τα αρμόδια γραφεία και από τις ενώσεις που εμπλέκονται μια πρώτη παρατήρηση. Κατά την εξέταση των περιβαλλοντικών συνθηκών, η αίτηση πρέπει να περιέχει τις απαραίτητες αξιολογήσεις και εξετάσεις από αναγνωρισμένα πρόσωπα ή οργανισμούς. Με βάση την κατάσταση αυτή, η αρμόδια αρχή θα αποφασίσει για την πληρότητα της αίτησης και, αν η απόφαση είναι θετική, θα χορηγήσει την απαραίτητη άδεια οικοδόμησης, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία ανέγερσης κτιρίων. Τα αναγκαία κριτήρια για την άδεια είναι τα παρακάτω:

- **Ασφάλεια κυκλοφορίας για πλωτές και εναέριες μεταφορές:**

Τις περισσότερες φορές οι περιοχές κοντά στις ακτές αποτελούν διαδρομές διέλευσης πλοίων. Προσοχή πρέπει να δοθεί όχι μόνο στις πολιτικές πλωτές μεταφορές αλλά και στη χρήση των περιοχών από το στρατό για τις ασκήσεις ή εγκαταστάσεις.

Η πολιτική αεροπορία είναι μικρότερο πρόβλημα, αλλά πιθανά απαιτούνται περιορισμοί ύψους των ανεμογεννητριών καθώς και οπτικά - ηλεκτρονικά προειδοποιητικά σήματα.

- **Οικολογικές επιπτώσεις:**

Οι λέξεις κλειδιά σύμφωνα με τις οποίες εξετάζονται οι οικολογικές επιπτώσεις είναι: Πτηνά: μετανάστευση των πουλιών, συγκρούσεις με πουλιά, περιοχές αναπαραγωγής, πηγές τροφής για τα πουλιά, κ.λπ.

Θαλάσσια θηλαστικά (μικρές φάλαινες, φώκιες): διαταραχές των ζώων από τον υποβρύχιο ήχο των εκπομπών και, ενδεχομένως, από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που προέρχονται από τις ανεμογεννήτριες.

Ψάρια: επίδραση των τόπων αναπαραγωγής και διατροφής τους, αλλαγές στα ωκεάνια ρεύματα και στη φύση του βυθού λόγω των θεμελίων και πιθανή επιρροή στη συμπεριφορά των ψαριών.

Μικρές μορφές ζωής στον βυθό της θάλασσας: αρνητικές επιπτώσεις στον εκάστοτε βιότοπο ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των εργασιών του κτιρίου.

Διατήρηση του τοπίου: η προβολή των ανεμογεννητριών από τη γη (οπτική όχληση).

Εν τω μεταξύ, η ορατότητα από τη στεριά, φαίνεται πως έχει απασχολήσει τους οικολογικούς οργανισμούς και την τουριστική βιομηχανία σε μεγάλο βαθμό. Στη Δανία, για παράδειγμα, λόγω της απόστασης από την ακτή η ορατότητα είναι ελάχιστη και μάλιστα όταν η ατμόσφαιρα είναι αρκετά καθαρή. Η κατάσταση είναι παρόμοια και στη Γερμανία. Θα πρέπει να τονισθεί ότι, λόγω της καμπυλότητας της γης, οι ανεμογεννήτριες θα εξαφανίζονται από τον ορίζοντα σε απόσταση 20 με 30 χιλιόμετρα, σε κάθε περίπτωση.

- **Οικονομικό ενδιαφέρον:**

Όταν ένα νέο πεδίο εμφανίζεται, πρέπει να οριοθετηθεί με τα υφιστάμενα οικονομικά συμφέροντα. Ειδικότερες περιπτώσεις είναι οι εξής:

- Παρεμπόδιση της αλιείας
- Παρεμπόδιση κάθε πιθανής εκμετάλλευσης του ορυκτού πλούτου
- Παρατήρηση των ήδη υφιστάμενων εγκαταστάσεων υποδομής (αγωγοί πετρελαίου και φυσικού αερίου, θαλάσσια ηλεκτρικά καλώδια κ.λπ.).

5.4 Πλάνο Ανάπτυξης Παράκτιων Αιολικών Πάρκων

Η έρευνα της περιοχής εγκατάστασης είναι το αρχικό στάδιο στη φάση διερεύνησης της ανάπτυξης ενός αιολικού πάρκου. Σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να γίνει μια πρώτη επαφή με τις τοπικές αρχές (δήμους & περιφέρειες) για τη διερεύνηση των αναγκών της τοπικής κοινωνίας και την εκτίμηση αποδοχής του προβλεπόμενου έργου.

Η μελέτη σκοπιμότητας ενός υπό ανάπτυξη αιολικού πάρκου συνδέεται με την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού στην υπό μελέτη περιοχή, την χωροθέτηση των ανεμογεννητριών και κατ' επέκταση την εκτίμηση της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής, καθώς και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις για την αξιολόγηση της επένδυσης ως αποδοτική ή μη αποδοτική κατά τη φάση ανάπτυξης. Η διάρκεια του καθορισμού των τεχνικών χαρακτηριστικών του έργου είναι 1 έως 3,5 έτη. Στη συνέχεια υλοποιούνται οι οριστικές μελέτες εφαρμογής για το υπό ανάπτυξη αιολικό πάρκο, οι οποίες χρησιμοποιούνται στην υποβολή του φακέλου για την αίτηση και έκδοση διαφόρων αδειών.

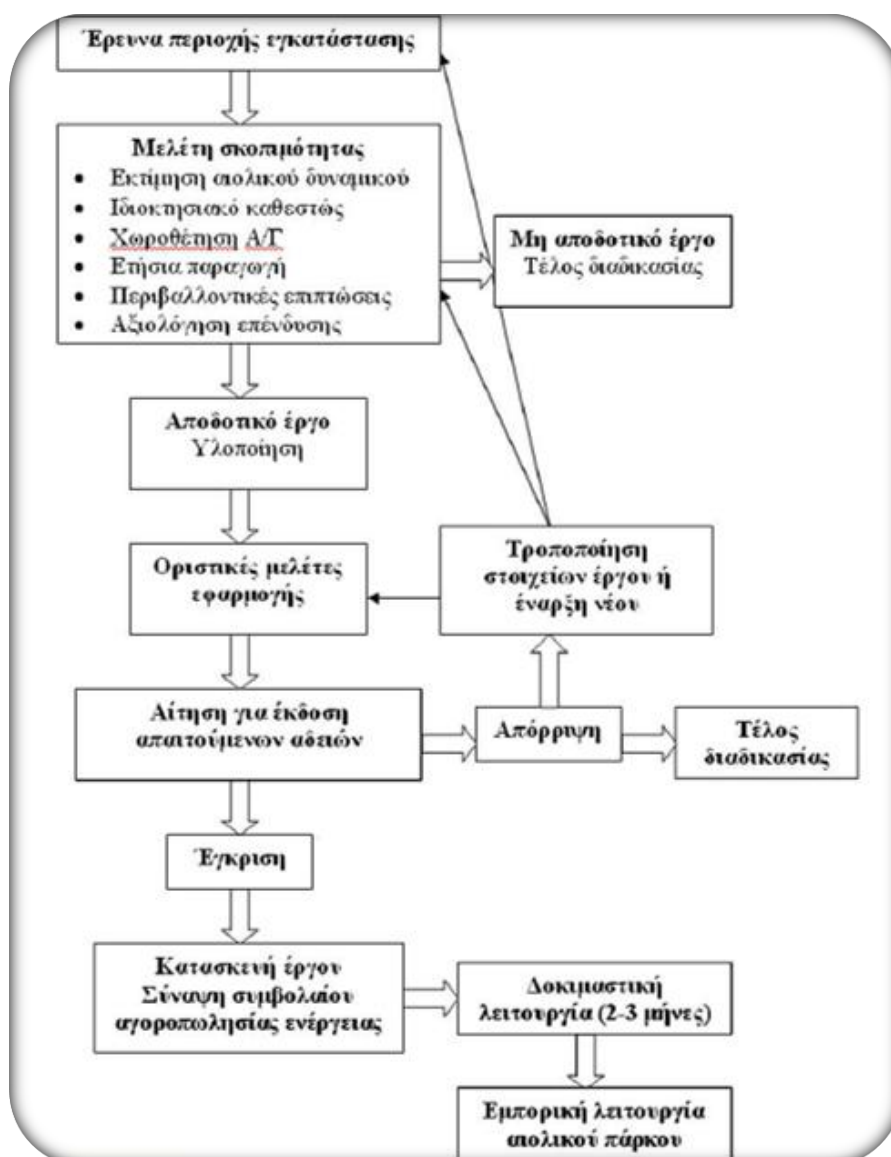
Η διαδικασία της φάσης αδειοδότησης διαρκεί 6 έως 18 μήνες από την υποβολή του φακέλου και εφόσον εγκριθεί η κατασκευή του υπό μελέτη αιολικού πάρκου προχωράμε σε φάση προ – κατασκευής και σύναψης διαφόρων συμβολαίων με προμηθευτές. Σε περίπτωση απόρριψης της αίτησης αδειοδότησης, ο επενδυτής προβαίνει σε τροποποίηση κάποιων στοιχείων του έργου ή έναρξης νέου έργου όπου απαιτείται η επανάληψη της διαδικασίας επιλογής τοποθεσίας και μελέτης σκοπιμότητας του έργου.

Στη φάση προ-κατασκευής γίνεται η επιλογή των πόρων (ανεμογεννήτριες, μηχανικοί, εργολάβοι, κλπ) και οι διαπραγματεύσεις των συμβολαίων κατασκευής με διάρκεια που προσεγγίζει τους 12 με 18 μήνες. Στη συνέχεια, ο επενδυτής προβαίνει στην υπογραφή των συμβολαίων κατασκευής και αγοραπωλησίας της παραγόμενης ενέργειας τηρώντας τον προϋπολογισμό και το χρονοδιάγραμμα του έργου κατά τη φάση κατασκευής του.

Ακολουθεί ο έλεγχος και η διασφάλιση ότι ο σταθμός τηρεί τις προδιαγραφές ώστε να γίνει έγκαιρος εντοπισμός τυχόν προβλημάτων λειτουργίας του σταθμού. Η διάρκεια της δοκιμαστικής αυτής λειτουργίας του σταθμού είναι 2 με 3 μήνες.

Τέλος, ο σταθμός είναι έτοιμος να τεθεί σε εμπορική λειτουργία όπου σε αυτό το στάδιο οι διαχειριστές αναλαμβάνουν τον αιολικό σταθμό και υπογράφουν σύμφωνο αποδοχής. Οι όροι και οι συνθήκες πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρουν από χώρα σε χώρα και δε διασφαλίζονται πάντα από μακροχρόνια συμβόλαια. Θα πρέπει να διασφαλίζεται η υψηλή διαθεσιμότητα του σταθμού και η προσβασιμότητα της περιοχής εγκατάστασης κατά τις περιόδους συντήρησης του σταθμού.

Στην ακόλουθη εικόνα απεικονίζεται το πλάνο ανάπτυξης ενός αιολικού πάρκου (**Εικόνα 5.4.1**).



Εικόνα 5.4.1: Πλάνο Ανάπτυξης υπό μελέτη Αιολικού Πάρκου.

5.5 Λειτουργία και διαχείριση παράκτιου αιολικού πάρκου

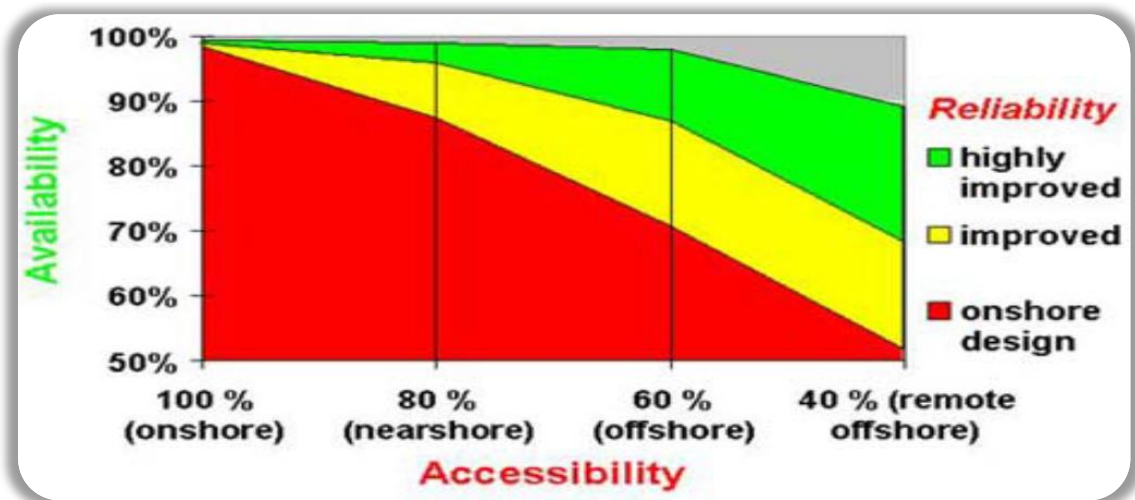
Η καθημερινή λειτουργία ενός αιολικού πάρκου παρακολουθείται και ελέγχεται με τη χρήση ενός συστήματος εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων (SCADA). Αυτό διασυνδέει όλα τα συστατικά μέρη (ανεμογεννήτριες, μετεωρολογικούς σταθμούς και υποσταθμούς) του αιολικού πάρκου σε έναν κεντρικό υπολογιστή που παρέχει τη δυνατότητα στο χειριστή να παρακολουθεί και να ελέγχει τη λειτουργία του αιολικού πάρκου. Το σύστημα παρέχει και αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του αιολικού πάρκου και έτσι μπορούν να εντοπιστούν αστοχίες ή προβλήματα λειτουργίας συγκεκριμένων ανεμογεννητριών.

Η διαδικασία συντήρησης των υπεράκτιων ανεμογεννητριών απαιτεί τεχνογνωσία παρόμοια με αυτή των χερσαίων ανεμογεννητριών λόγω του ότι χρησιμοποιούν παρόμοιες συνιστώσες. Ωστόσο, οι συνιστώσες είναι συνήθως μεγαλύτερου μεγέθους στην περίπτωση των υπεράκτιων ανεμογεννητριών. Επειδή η λειτουργία και συντήρηση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων είναι πιο δύσκολη και μεγαλύτερου κόστους από τις ισοδύναμες δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε παράκτια αιολικά πάρκα. Οι συνθήκες των υπεράκτιων περιοχών καθιστούν το έργο της συναρμολόγησης και τις διαδικασίες προμηθειών επαχθές. Η προσβασιμότητα δε για το καθιερωμένο σέρβις και συντήρηση των μηχανημάτων καθίσταται μεγάλο ζήτημα.

Κατά τη διάρκεια των δριμείων περιόδων του χειμώνα, ένα ολοκληρωμένο αιολικό πάρκο μπορεί να μην είναι προσβάσιμο για αρκετές ημέρες λόγω την θάλασσα, του αέρα και της κακής ορατότητας. Ακόμα όμως και κατά τη διάρκεια των περιόδων που οι καιρικές συνθήκες είναι καλές, το έργο της λειτουργίας και συντήρησης είναι πιο ακριβό από εκείνο που λαμβάνει χώρα στις παράκτιες περιοχές επειδή επηρεάζεται από την απόσταση που έχουν τα Παράκτια Συστήματα Μετατροπής Αιολικής Ενέργειας (OWECS) από την ακτή και το λιμάνι, την έκθεση της τοποθεσίας, το μέγεθος των Παράκτιων Συστημάτων Μετατροπής Αιολικής Ενέργειας (OWECS), την αξιοπιστία των ανεμογεννητριών και τη στρατηγική συντήρησης κάτω από την οποία καθίστανται λειτουργικά.

Το παρακάτω σχήμα επιδεικνύει το πόσο σημαντική είναι η ύπαρξη αξιόπιστων ανεμογεννητριών, ιδίως για τις απομακρυσμένες υπεράκτιες τοποθεσίες, που μερικές

φορές απέχουν 14-20 χλμ. από την ακτή, όπως στην περίπτωση του αιολικού πάρκου Horns Rev, το οποίο είναι εγκατεστημένο στη Δανία.



Εικόνα 5.5.1: Διαθεσιμότητα και αξιοπιστία χερσαίων και υπεράκτιων Α/Γ.

Συγκεκριμένα παρατηρούμε ότι η διαθεσιμότητα και η αξιοπιστία των Α/Γ χερσαίας σχεδίασης (φαίνεται στην εικόνα με κόκκινο χρώμα) μειώνεται καθώς απομακρυνόμαστε από τη στεριά και πέφτει στο 50% όταν εγκαθίστανται σε πολύ απομακρυσμένα από την ακτή αιολικά πάρκα. Αντίθετα, οι βελτιωμένες τεχνολογίας Α/Γ (φαίνονται με κίτρινο χρώμα) και οι ακόμη περισσότερο βελτιωμένες τεχνολογικές Α/Γ (φαίνονται με πράσινο χρώμα) είναι πιο αξιόπιστες και έχουν αυξημένα ποσοστά λειτουργικής διαθεσιμότητας και επομένως το υπεράκτιο αιολικό πάρκο αν και έχει μεγαλύτερο κόστος από ένα χερσαίο, εφόσον λειτουργεί συνεχώς θα αντισταθμίζει το αρχικό κεφαλαιακό κόστος από τα αυξημένα έσοδα λόγω της μεγαλύτερης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι ανεμογεννήτριες σχεδιάζονται έτσι ώστε να απαιτούνται περιοδικοί έλεγχοι μία έως τρεις φορές κατ' έτος. Στην περίπτωση του αιολικού πάρκου Horns Rev, στη Δανία, οι ανεμογεννήτριες σχεδιάστηκαν για δύο ετήσιες επισκέψεις συντήρησης. Οι περιοδικοί έλεγχοι συντήρησης διαφέρουν ασφαλώς ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και την τεχνολογία που χρησιμοποιεί η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια. Η μη προγραμματισμένη συντήρηση μπορεί να αυξήσει σημαντικά το κόστος συντήρησης (δηλαδή τις δαπάνες λειτουργίας και διαχείρισης, συνεπώς το κόστος ανά κιλοβατώρα).

Εξίσου σημαντική είναι και η έγκαιρη ανίχνευση βλάβης σε οποιοδήποτε σημείο του αιολικού πάρκου, έτσι ώστε οι εργασίες αποκατάστασης να προγραμματιστούν για τις ημέρες που οι καιρικές συνθήκες είναι ευνοϊκές. Στόχος πρέπει να είναι η μεγιστοποίηση του συντελεστή “MTBF” (μέσος όρος χρόνου μεταξύ βλαβών, mean time between failures). Η μη προγραμματισμένη συντήρηση που πραγματοποιείται στις βλάβες μπορεί να αυξήσει σημαντικά το κόστος συντήρησης, δηλαδή τις δαπάνες λειτουργίας και διαχείρισης, συνεπώς και το κόστος ανά κιλοβατώρα. Οι στρατηγικές και τα τεχνικά μέτρα που είναι κατάλληλα για το σκοπό αυτό έχουν ακόμα πολλά περιθώρια βελτίωσης στον τομέα της αιολικής ενέργειας. Περισσότερο φιλόδοξες ιδέες προβλέπουν τη χρήση συστήματος τηλε – ελέγχου. Εκφράζεται η ελπίδα ότι αυτή η τεχνολογία θα καταστήσει δυνατή τουλάχιστον την απλή συντήρηση και έλεγχο του πάρκου από την ξηρά.

Ο προσδοκώμενος χρόνος ζωής των Α/Γ είναι γενικά 20 χρόνια. Καθώς προορίζονται για εγκατάσταση σε απομακρυσμένα μέρη, εκτεθειμένα στον καιρό και σε δυνατούς ανέμους, η συντήρησή τους είναι γενικά δύσκολη και ακριβή. Περιλαμβάνει επιτόπιους ελέγχους των εξαρτημάτων και των συνδέσεων με το δίκτυο σε τακτική βάση, επιδιόρθωση βλαβών και αντικατάσταση των εξαρτημάτων που συμπλήρωσαν τον χρόνο ζωής τους ή αστόχησαν.

Οι δονήσεις που δέχονται, κυρίως τα πτερύγια αλλά και άλλα μέρη μιας ανεμογεννήτριας από τον άνεμο είναι ο παράγοντας που καθορίζει κατά το μέγιστο την πιθανότητα λειτουργικής αστοχίας ή ατυχήματος. Οι δονήσεις μπορούν να προκαλέσουν τη μετατόπιση υλικών, την αποκόλληση κάποιων συνδέσμων ακόμα και το μερικό ή ολικό σπάσιμο των πτερυγίων.

Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε μία πιθανή βλάβη στην ανεμογεννήτρια είναι η σκόνη. Η σκόνη (με τη μορφή γύρης, χνουδιών, σπόρων, εντόμων, κλπ.) παρεμποδίζει τη ροή του αέρα και μειώνει την ψύξη και κατά συνέπεια αυξάνεται η θερμοκρασία των διαφόρων μηχανικών και ηλεκτρικών εξαρτημάτων, όπως είναι η γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, το κιβώτιο ταχυτήτων, κλπ.

Κάθε κατασκευαστής ανεμογεννητριών παρέχει το δικό του εγχειρίδιο και πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης. Η **ετήσια προληπτική συντήρηση** περιλαμβάνει διάφορες εργασίες, ελέγχους, και δραστηριότητες στα διαφορετικά μέρη των ανεμογεννητριών. Η συντήρηση, η επισκευή τα έξοδα και η διαθεσιμότητα είναι αλληλοεξαρτώμενα μεγέθη. Με αυξανόμενη την προληπτική συντήρηση τα έξοδα συντήρησης αλλά και τα έξοδα

επισκευής ελαττώνονται αλλά και δημιουργούνται λιγότερες απρόβλεπτες βλάβες. Δεν μπορεί βέβαια κάποιος να κάνει λόγο για περισσότερη προληπτική συντήρηση διότι σε τελευταία ανάλυση και για την προληπτική συντήρηση χρειάζεται χρόνο ο οποίος αφαιρείται από τον χρόνο παραγωγής. Για το λόγο αυτό και τα τελευταία 20 χρόνια η προσοχή στρέφεται όλο και ποιο πολύ στο να έχουν οι μηχανές εκ των προτέρων μεγάλη διαθεσιμότητα και όχι να αποκτά η μηχανή διαθεσιμότητα με μέτρα διαρκούς συντήρησης.

Η προληπτική συντήρηση είναι σημαντική εκτός των άλλων και για τη βελτίωση της λειτουργίας των ανεμογεννητριών. Για παράδειγμα, η λίπανση των κινούμενων μερών που περιλαμβάνεται στην προληπτική συντήρηση εάν δεν εκτελεστεί, μπορεί να προκαλέσει σοβαρές συνέπειες ακόμα και σε βραχυπρόθεσμες λειτουργίες.

Εκτός της προληπτικής συντήρησης, υπάρχει και η «**έγκαιρη**» συντήρηση. Οι στόχοι της είναι οι ίδιοι, δηλαδή να βελτιωθεί η αξιοπιστία εξαλείφοντας πιθανές βλάβες. Ωστόσο, έχει ορισμένες ιδιαιτερότητες. Αυτού του τύπου η συντήρηση βασίζεται στην ανάλυση συγκεκριμένων στοιχείων για μία έγκαιρη ανίχνευση των μεταβολών στις συνθήκες λειτουργίας. Η συντήρηση αυτή επίσης εκτελείται τακτικά, αναλύοντας ορισμένα δεδομένα, τα οποία οι τεχνικοί καταχωρούν και προσφέρουν τη δυνατότητα ανάλυσης και σύγκρισης τους. Έτσι προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με την εξέλιξη κάποιων μεταβλητών. Η εκτίμηση αυτή επιτρέπει τον προγραμματισμό διορθωτικών εργασιών με την ελάχιστη δυνατή επίδραση στην παραγωγικότητα της κάθε ανεμογεννήτριας.

Ένα άλλο είδος συντήρησης, για τις ανεμογεννήτριες, είναι η **προαιρετική** (proactive) συντήρηση. Η προαιρετική συντήρηση ασχολείται κυρίως με την ανάλυση των υπαρχόντων βλαβών και την προέλευσή τους.

Εστιάζει στην αναγνώριση και διόρθωση των αιτιών των βλαβών τόσο στα εξαρτήματα της κάθε ανεμογεννήτριας όσο και στην διαδικασία εγκατάστασής της. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την πρόληψη αυτού του είδους των σφαλμάτων. Τροποποιήσεις στο σχεδιασμό, βελτίωση των διαδικασιών συντήρησης, και βελτιώσεις στην εκπαίδευση και την εμπλοκή του προσωπικού συντήρησης, είναι κάποιοι από αυτούς.

Σε οποιαδήποτε φάση συντήρησης η πρώτη εργασία που εκτελείται αμέσως με την άφιξη στο αιολικό πάρκο είναι ο έλεγχος της κατάστασης κάθε ανεμογεννήτριας. Εάν μία

ανεμογεννήτρια δεν λειτουργεί εξαιτίας βλάβης, τότε απαιτείται διορθωτική ενέργεια (**διορθωτική συντήρηση**). Η διορθωτική συντήρηση σε μία ανεμογεννήτρια είναι η εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών συντήρησης με στόχο την διόρθωση πιθανών σφαλμάτων, την αντικατάσταση εξαρτημάτων ή τη διόρθωση οποιασδήποτε ανωμαλίας ανιχνεύθηκε κατά τη διάρκεια οποιουδήποτε είδους συντήρησης που προηγήθηκε. Η διορθωτική συντήρηση μπορεί να είναι αρκετά πολύπλοκη και χρονοβόρα ανάλογα με το είδος βλάβης που εντοπίζεται.

Ορισμένοι ειδικοί έλεγχοι πιθανόν να μην μπορούν να γίνουν επί τόπου, και να χρειάζεται να μεταφερθεί το εξάρτημα στο εργοστάσιο κατασκευής (παράδειγμα το κιβώτιο ταχυτήτων). Ιδιαίτερα δύσκολη είναι η συντήρηση του ρότορα και των πτερυγίων καθώς απαιτείται πρόσβαση σε μεγάλο ύψος, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις είναι αναγκαία η αφαίρεση τους και η επισκευή από τον κατασκευαστή. Στις επισκευές περιλαμβάνονται οι αναλώσιμες εργασίες, οι επιδιορθώσεις βλαβών που οφείλονται σε μετεωρολογικές συνθήκες, όπως υγρασία, πάγος, υπερθέρμανση και σε φυσική φθορά ορισμένων τμημάτων του εξοπλισμού (σκουριά και διάβρωση) ή σε καταστροφές από πτώσεις κεραυνών, καταστροφές ηλεκτρολογικού εξοπλισμού από ανωμαλίες δικτύου, ενώ 10.000 ευρώ είναι το κόστος ασφάλισης των εγκαταστάσεων για αστική ευθύνη και ανωτέρα βία.

Από τις χαρακτηριστικές εργασίες συντήρησης είναι η σύσφιξη των κοχλιών των πτερυγίων με την πλήμνη που πρέπει να γίνεται κάθε χρόνο. Επίσης, κάθε χρόνο θα πρέπει να γίνεται και η επιθεώρηση των ακροπτερυγίων για ζημιά από τους κεραυνούς καθώς και έλεγχος του υδραυλικού συστήματος ενεργοποίησής τους.

Όσον αφορά τους πύργους στήριξης, πρέπει να γίνεται σύσφιξη των κοχλιών βάσεως, σύνδεσης ενδιαμέσων τμημάτων του πύργου και κλιμάκων κάθε χρόνο ή κάθε 500 ώρες λειτουργίας. Κάθε χρόνο θα πρέπει να γίνεται επίσης έλεγχος για ρωγμές στις συγκολλήσεις, διάβρωση και κατάσταση των θυρών.



Εικόνα 5.5.2: Μέθοδος πρόσβασης σε υπεράκτια Α/Γ.

Η κόπωση των εξαρτημάτων είναι ιδιαίτερα έντονη και οδηγεί πολλές φορές σε αστοχία των υλικών. Επιβαρύνεται από το γεγονός ότι, ιδιαίτερα σε περιοχές με έντονη τυρβώδη ροή του ανέμου, οι καταπονήσεις από τις ροπές και τις δυνάμεις που αναπτύσσονται ακολουθούν την στοχαστική κατανομή του ανέμου. Η μεταβλητότητα του ανέμου εξαναγκάζει επίσης την εγκατάσταση συστήματος ελέγχου της παραγόμενης ισχύος, ώστε να μην επιτρέπεται να υπερβαίνει τα όρια αντοχής της Α/Γ. Αυτός ο έλεγχος γίνεται είτε με αλλαγή της κλίσης των πτερύγων στο σύνολο τους, είτε με αλλαγή της κλίσης μόνον του άκρου των πτερύγων, είτε με κατάλληλο σχεδιασμό των πτερύγων που να εξαναγκάζει σε στολάρισμα πάνω από ορισμένη ταχύτητα του ανέμου, και σαν συνέπεια να τίθεται εκτός λειτουργίας.

Οι διαδοχικοί σχεδιασμοί των Α/Γ κατά την διάρκεια των τελευταίων χρόνων εξέλιξης τους έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι μεγάλης σημασίας είναι η απλότητα της κατασκευής του ρότορα ώστε να κερδίζει σε αξιοπιστία και ευκολία συντήρησης. Υπάρχει έτσι η διάχυτη πεποίθηση ότι όσο περισσότερο πολύπλοκο είναι ένα εξάρτημα (ώστε να μπορεί να εκμεταλλεύεται καλύτερα τον άνεμο) τόσο λιγότερο αξιόπιστο είναι και δύσκολο να συντηρηθεί. Το μεγαλύτερο ποσοστό βλαβών το παρουσιάζει το ηλεκτρικό σύστημα ελέγχου. Στην περίπτωση που η βλάβη επέλθει στο δίκτυο, πράγμα όχι σπάνιο, η Α/Γ τίθεται εκτός λειτουργίας. Σπάνιες είναι οι περιπτώσεις αστοχίας του πύργου όπως αυτή που συνέβη τον Απρίλιο 2004 στο αιολικό πάρκο της Κρατήγου (Μυτιλήνη) όταν ο πύργος λύγισε και καταστράφηκε με αποτέλεσμα να καταστραφεί η Α/Γ.

Οι κυριότερες αιτίες για μειωμένη παραγωγή προκύπτουν από κακή εκτίμηση και επιλογή της θέσης εγκατάστασης της Α/Γ (σε επίπεδο μικροκλίμακας), αλλά και από την βροχή και την σκόνη που επικάθονται στα πτερύγια και προκαλούν προβλήματα στην καλή ροή του ανέμου γύρω από αυτά.

Ένας πλήρες και λεπτομερές πρόγραμμα συντήρησης απαιτείται για τη βελτίωση της απόδοσης ενός αιολικού πάρκου. Η καθυστέρηση πραγματοποίησης μιας συντήρησης μπορεί να προκαλέσει προβλήματα λειτουργίας αλλά δεν είναι πάντα εύκολο να αποφευχθεί καθώς η συντήρηση εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, το μέγεθος των παρατηρούμενων βλαβών κλπ.

Πέρα από τις τεχνικές εργασίες, υπάρχει και η ανάγκη διατήρησης εγγράφων σχετικά με τις διάφορες λειτουργίες και εργασίες στο αιολικό πάρκο. Σχεδόν όλα τα τεχνικά έγγραφα στα αιολικά πάρκα είναι εγχειρίδια συντήρησης, τα οποία περιλαμβάνουν ένα σύνολο εργασιών προληπτικής συντήρησης που πρέπει να εκτελεστούν. Υπάρχουν επίσης έγγραφα και προτεινόμενες διαδικασίες που καθορίζουν τον τρόπο διασφάλισης της ποιότητας, την πρόληψη ατυχημάτων, τη διαχείριση των πιθανών απορριμμάτων, τα ωράρια εργασίας του προσωπικού, κλπ.

Για παράδειγμα το πρόγραμμα της εταιρείας Vestas περιλαμβάνει τα παρακάτω τέσσερα στάδια στα οποία γίνεται έλεγχος και αντικατάσταση κάποιων υλικών στα ηλεκτρικά και μηχανολογικά μέρη της ανεμογεννήτριας.

- **Τρίμηνη συντήρηση** (Γίνεται τρεις μήνες μετά την παράδοση της Α/Γ και αφορά έλεγχο στα ηλεκτρικά μέρη και έλεγχο στις βίδες).
- **Εξάμηνη συντήρηση** (Η πρώτη εξάμηνη συντήρηση γίνεται έξι μήνες μετά την παράδοση της Α/Γ και επαναλαμβάνεται μετά από ένα χρόνο. Αφορά έλεγχο στα ηλεκτρικά μέρη και στα μηχανικά μέρη γρασάρισμα στα ρουλεμάν έλεγχο στην πίεση της υδραυλικής).
- **Δωδεκάμηνη συντήρηση** (Γίνεται ένα χρόνο μετά την παράδοση της Α/Γ ή έξι μήνες μετά την εξάμηνη συντήρηση. Επαναλαμβάνονται οι εργασίες που γίνονται στην εξάμηνη και επιπλέον γίνεται αλλαγή κάποιων υλικών όπως φίλτρα και ελέγχονται όλοι οι πιεσοστάτες).
- **Συντήρηση 4 ετών** (Γίνεται τέσσερα χρόνια μετά την παράδοση της Α/Γ και περιλαμβάνει την τρίμηνη και την ετήσια συντήρηση μαζί).

5.6 Οικονομικοί Παράγοντες

Όταν αναφερόμαστε σ'ένα τέτοιου είδους αναπτυξιακό έργο δεν πρέπει ποτέ να αφαιρούμε από τη μελέτη το οικονομικό σκέλος. Όπως και να θέλει κάποιος μελετητής να σχεδιάσει μια εγκατάσταση το αποτέλεσμα θα πρέπει να αποδεικνύει ότι πρόκειται για μια πρόταση που θα επιφέρει κέρδη και η απόσβεση της θα γίνει σε πάρα πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Έχει γίνει αναφορά ότι για υπεράκτιες κατασκευές περίπου στα 150MW ο προϋπολογισμός είναι κάπου κοντά στα 300 εκατομμύρια ευρώ (€). Δεδομένου ότι οι εγκαταστάσεις αυτές εξελίσσονται όλο και περισσότερο και αυτό επηρεάζει πτωτικά το κόστος, κάνουν όλο και πιο ελκυστική την πρόταση για μια τέτοια μονάδα παραγωγής. Ποτέ όμως δεν γίνεται να υπολογίζεται μια εργασία με βάση τον προϋπολογισμό της. Αυτό είναι κάτι το οποίο πολλές φορές επιτυγχάνει το στόχο του, άλλες όμως βγαίνει εκτός πραγματικότητας και αποτελεί βραχνάς για την ολοκλήρωση του. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού κόστους ενός αιολικού πάρκου (χερσαίου ή υπεράκτιου) οφείλεται στην αγορά των ανεμογεννητριών και είναι της τάξης του 70% και 75%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ

6.1 Ηλεκτρικές Υποδομές Παράκτιων Α/Π

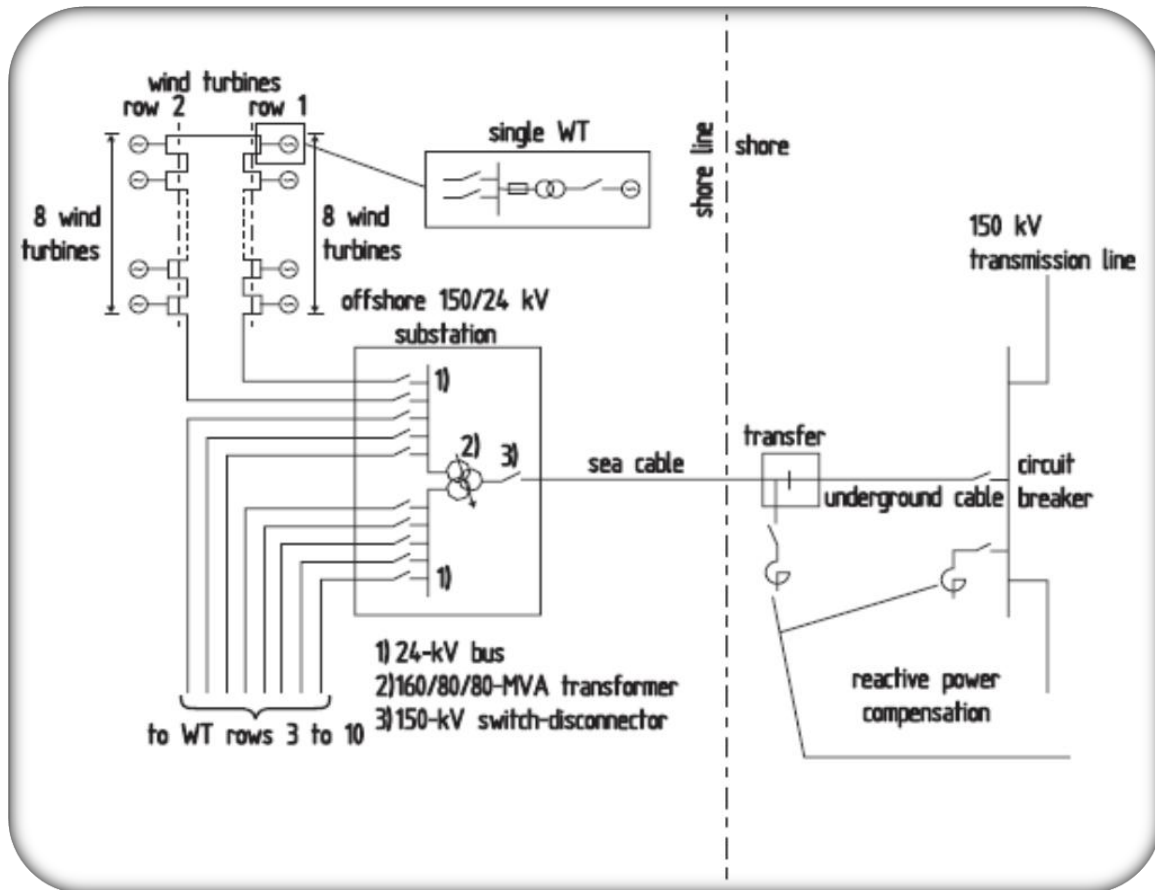
Σε μεγάλα υπεράκτια αιολικά πάρκα, η ηλεκτρική υποδομή αποτελεί ένα ανεξάρτητο και συγκριτικά πιο πολύπλοκο σύστημα από την αντίστοιχη εγκατάσταση σύνδεσης των ανεμογεννητριών στην ξηρά. Υπάρχουν τρεις πτυχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη πολύ περισσότερο από ό, τι στη στεριά. Είναι η αξιοπιστία των συστημάτων, το υψηλότερο κόστος των υλικών και της εγκατάστασης στη θάλασσα καθώς και η πολύ μεγαλύτερη απόσταση για τη μεταφορά της ενέργειας με τη γη. Οι ηλεκτρικές υποδομές μπορούν να υποδιαιρεθούν σε τέσσερις τομείς:

- Το εσωτερικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας του αιολικού πάρκου.
- Ο υπεράκτιος σταθμός μετατροπής τάσης.
- Το καλώδιο διασύνδεσης από τη θάλασσα στη στεριά.
- Σύνδεση με το διασυνδεδεμένο δίκτυο στη στεριά.

➤ *Εσωτερικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας:*

Η εσωτερική καλωδίωση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου είναι ένα μέσης τάσης τριφασικό σύστημα με εύρος 20 έως 40 kV. Τα υποθαλάσσια καλώδια είναι 3-πυρήνα καλώδια με ενσωματωμένες οπτικές ίνες. Το κόστος των σημερινών πλαστικών καλωδίων με μανδύα στη θάλασσα είναι περίπου 20 έως 40% υψηλότερο από εκείνων της γης. Επίσης και η τοποθέτησή τους έχει μεγαλύτερο κόστος. Τα καλώδια υψηλής τάσης (110 έως 150 kV) έχουν υπερδιπλάσιο κόστος από αυτά της μέσης, συμπεριλαμβανομένης της τοποθέτησης. Τα καλώδια οδηγούνται στον πυθμένα της θάλασσας και ενταφιάζονται σε βάθος ενός μέτρου. Οι ανεμογεννήτριες είναι συνδεδεμένες με έναν κεντρικό υποσταθμό μετασχηματισμού μέσω του δικού τους μετασχηματιστή.

Εκεί είναι κατάλληλη μία σειρά συνδέσεων δακτυλίου για ένα συγκεκριμένο αριθμό ανεμογεννητριών από 30 έως και 40 MW ανά δακτύλιο σύμφωνα με τη μέγιστη ικανότητα μετάδοσης του καλωδίου, ανάλογα με τη διατομή που έχει επιλεγεί. Οι συνδέσεις αυτές έχουν το πλεονέκτημα ότι, σε περίπτωση καταστροφής του καλωδίου, οι ανεμογεννήτριες δεν βγαίνουν εκτός του δικτύου αλλά μέσω του δακτυλίου αλλάζουν σύνδεση και συνεχίζουν να λειτουργούν. (Εικόνα 6.1.1).



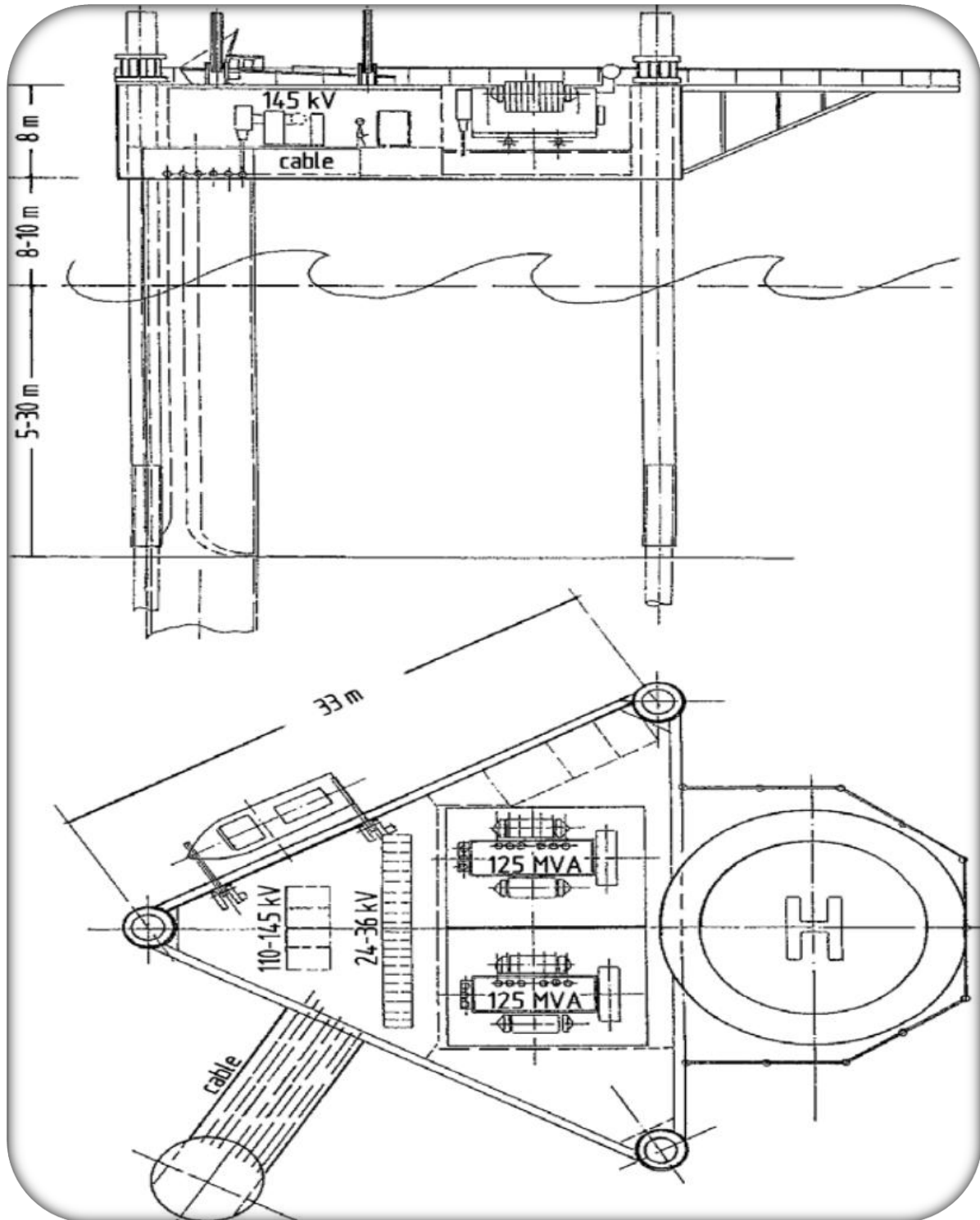
Εικόνα 6.1.1: Ηλεκτρική εγκατάσταση στο υπεράκτιο αιολικό πάρκο Horns Rev.

➤ **Υπεράκτιος Υποσταθμός:**

Όταν υπάρχουν μεγάλες αποστάσεις από την ηπειρωτική χώρα προτιμάται η μεταφορά της ενέργειας από το θαλάσσιο πάρκο σε επίπεδο υψηλής τάσης. Αυτό απαιτεί έναν υποσταθμό μετασχηματισμού στην περιοχή του αιολικού πάρκου. Σε αυτόν τον υποσταθμό καταλήγουν σε ένα κεντρικό σημείο όλες οι γραμμές από τις ανεμογεννήτριες και εκεί η ενέργεια μετασχηματίζεται σε υψηλής τάσης.

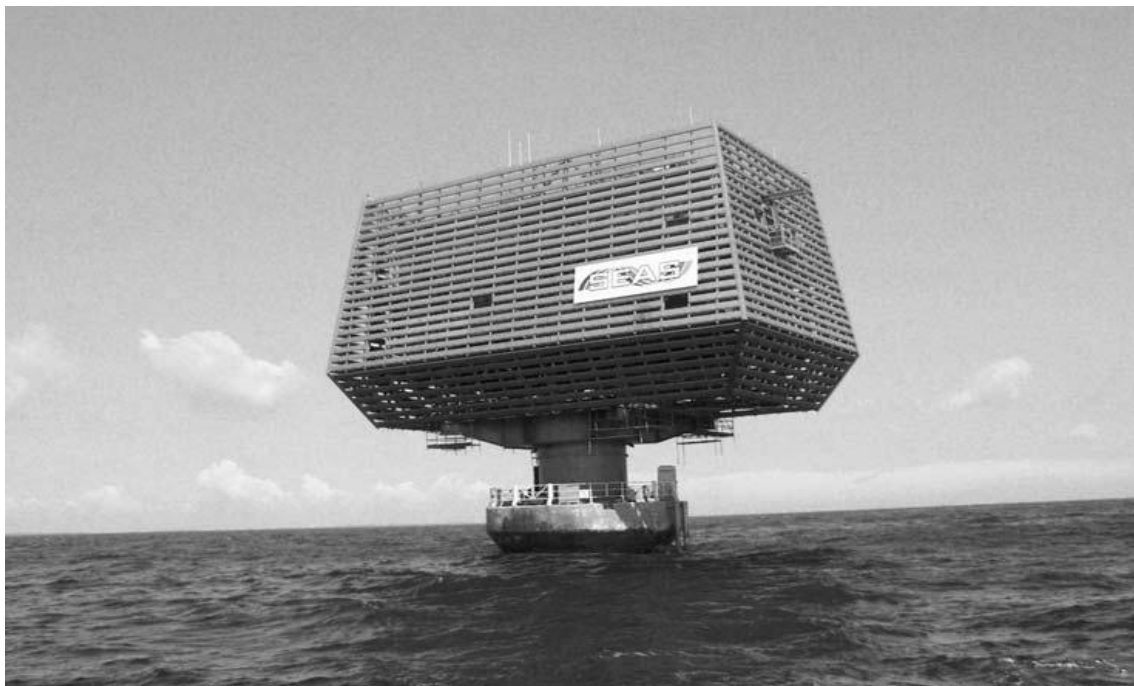
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ Α/Π ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ

Εκτός από αυτό ο υποσταθμός περιέχει όλους τους απαραίτητους πίνακες μεταγωγής και άλλες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις όπως, για παράδειγμα, συστήματα διόρθωσης του συντελεστή ισχύος.



Εικόνα 6.1.2: Σχέδιο του υπεράκτιου υποσταθμού που χρησιμοποιείται και ως κεντρική πλατφόρμα υπηρεσιών.

Οι μετασχηματιστές υψηλής τάσης είναι συνήθως ελαιόψυκτοι. Οι πίνακες μεταγωγής πρέπει να έχουν μόνωση αερίου (SF6). Η εικόνα παρουσιάζει το σχεδιάγραμμα ενός κεντρικού υπεράκτιου υποσταθμού μετασχηματισμού. Ο υποσταθμός στηρίζεται σε τρεις πυλώνες και χρησιμοποιείται ταυτόχρονα ως σταθμός υπηρεσιών του αιολικού πάρκου με αποβάθρα για βάρκα και μια πλατφόρμα προσγείωσης ελικοπτέρων. Μία διαφορετική και εντυπωσιακή άποψη όσον αφορά τον υποσταθμό υπάρχει στο αιολικό πάρκο Nysted Rodsand.



Εικόνα 6.1.3: Υπεράκτιος υποσταθμός του αιολικού πάρκου Nysted Rodsand.

➤ **Θαλάσσιο καλώδιο διασύνδεσης με την ξηρά:**

Σε περίπτωση που οι αποστάσεις και η μεταφερόμενη ενέργεια είναι αρκετά μεγάλες, η καλωδίωση μέσης τάσης δεν είναι πλέον επαρκής. Η τάση πρέπει να μετατραπεί στο επόμενο υψηλότερο επίπεδο (110 έως 150 kV). Υψηλής τάσης τριφασικά καλώδια είναι γενικά διαθέσιμα και η δομή τους δεν διαφέρει από αυτά της μέσης τάσης (Εικόνα 6.1.4). Η τοποθέτηση καλωδίων απαιτεί ειδικό εξοπλισμό, ο οποίος είναι ήδη γνωστός (Εικόνα 6.1.5). Ωστόσο, η μεταφορά εναλλασσόμενου ρεύματος σε μεγάλες αποστάσεις παρουσιάζει προβλήματα από μόνη της. Τα καλώδια δρουν σαν μεγάλος πυκνωτής, δηλαδή ηλεκτρικά παρουσιάζουν χωρητικά χαρακτηριστικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ Α/Π ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ

Πάνω από μία ορισμένη απόσταση (περίπου 100 χλμ), η άεργος ισχύς είναι τέτοιου μεγέθους που πλέον δεν μπορεί να μεταφερθεί ενεργός ισχύς. Για το λόγο αυτό συνδέονται παράλληλα πηνία που εκμηδενίζουν το άεργο ρεύμα.



Εικόνα 6.1.4: Θαλάσσιο καλώδιο διασύνδεσης.



Εικόνα 6.1.5: Τοποθέτηση καλωδίων με ειδικό εξοπλισμό.

Δεδομένου ότι η άεργος ισχύς αυξάνεται με το τετράγωνο της τάσης, είναι σκόπιμο να περιοριστεί το επίπεδο της τάσης. Στην περίπτωση των μεγάλων ισχύων, μπορεί να είναι αναγκαίο να τοποθετηθούν ορισμένες γραμμές παράλληλα. Η πτώση τάσης λόγω της απόστασης και οι συνακόλουθες απώλειες στην απόδοση είναι αρκετά σημαντικές. Η απόδοση στη μεταφορά ισχύος για ένα τριφασικό θαλάσσιο καλώδιο των 145 kV ανάλογα με το μήκος της απόστασης έχει τον εξής συντελεστή:

Μήκος	Συντελεστής μεταφοράς
20 χλμ.	0.88
50 χλμ.	0.70
100 χλμ.	0.40

Αυτές οι δυσμενείς επιπτώσεις επηρεάζουν σημαντικά την οικονομική επένδυση στη μετάδοση ενός τριφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος για αποστάσεις μεγαλύτερες των 50 χλμ. και προτιμάται εναλλακτικά η DC μετάδοση (HVDC). Το σύστημα HVDC αποφεύγει τα μειονεκτήματα που σχετίζονται με το συντελεστή ισχύος και τη μείωση της απόδοσης. Ωστόσο, όλα τα συστήματα και τα κατασκευαστικά στοιχεία όπως οι διακόπτες, κ.λπ. είναι πολύ πιο ακριβά σε αυτήν την περίπτωση. Ένα περαιτέρω μειονέκτημα συνίσταται στο γεγονός του μετασχηματισμού σε άλλο επίπεδο τάσης που είναι δυνατό μόνο μέσω μιας δαπανηρής επένδυσης (ανύψωση / υποβιβασμός τάσης). Στα τρέχοντα συστήματα HVDC, χρησιμοποιούνται θυρίστορ που όμως παρουσιάζουν διάφορα μειονεκτήματα (αρμονικές κ.α.). Για το λόγο σιγά σιγά τα θυρίστορ αντικαθίστανται από μετατροπείς IGBT. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται “HVDC light systems”.

➤ **Σύνδεση με το διασυνδεδεμένο δίκτυο στη στεριά:**

Τα πρώτα υπεράκτια αιολικά πάρκα ισχύος 100 ή 200 MW ενώνονταν με το διασυνδεδεμένο δίκτυο μέσω δικτύου υψηλής τάσης στην ξηρά (π.χ. 110 kV). Μελλοντικά όμως υπεράκτια αιολικά πάρκα ισχύος 1000 MW θα πρέπει να συνδέονται

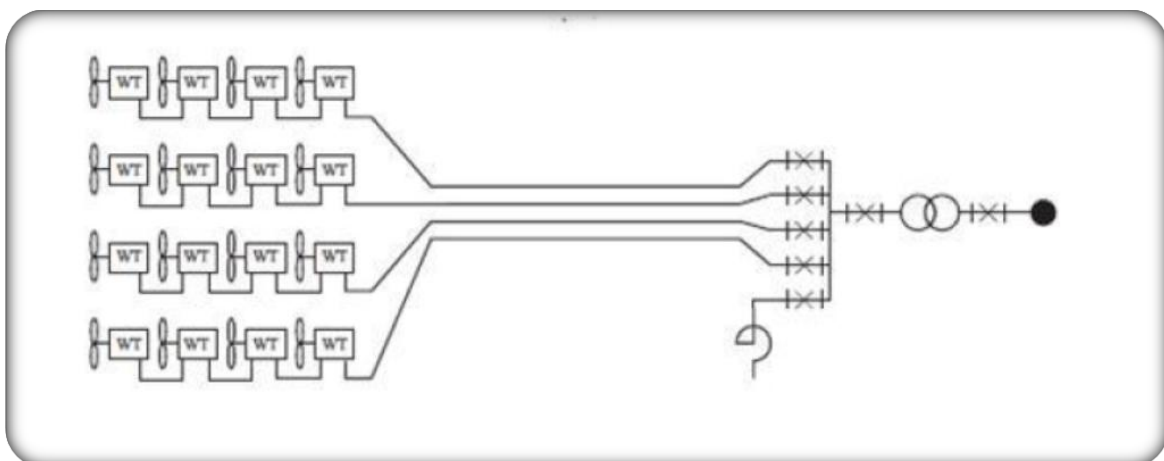
μέσω δικτύου υπερυψηλής τάσης (220 έως 380 kV). Επί του παρόντος, εναέριες γραμμές μεταφοράς υπερυψηλής τάσης μπορούν να βρεθούν μόνο κοντά στους μεγάλους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή στους μεγάλης ισχύος καταναλωτές.

6.2 Βασικοί Τρόποι Διασύνδεσης των Α/Γ

Λόγω των ιδιοτήτων των περισσότερων πάρκων αλλά και την ανάγκη για μια σύνδεση στο δίκτυο ενός παραγωγού χωρίς αναταραχές και διακυμάνσεις στη λειτουργία του, αναπτύχθηκαν πολλά είδη σύνδεσης. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά αυτές οι συνδεσμολογίες.

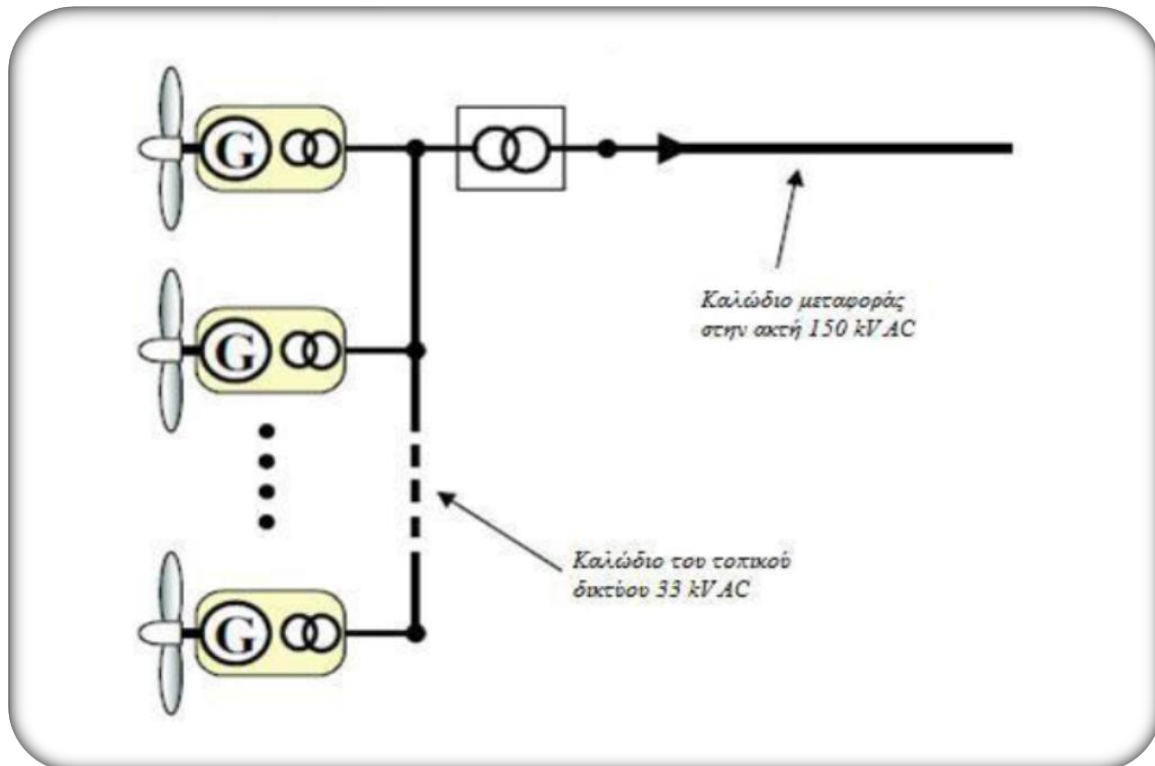
6.2.1 Αιολικά Πάρκα με Σύνδεση AC

Τα περισσότερα αιολικά πάρκα και κυρίως τα πάρκα στην ξηρά έχουν λειτουργήσει με το AC σύστημα διασύνδεσης. Λόγω κόστους της κατασκευής υπάρχουν δύο διαφορετικές τακτικές που ακολουθούνται, άλλη στα μεγάλης ισχύς πάρκα και άλλη στα μικρής.



Εικόνα 6.2.1: Τοπολογία μικρού πάρκου AC.

Σε ένα πάρκο με μικρό αριθμό ανεμογεννητριών χρησιμοποιούμε ένα δίκτυο (ακτινικό) για να συνδέσουμε τις ανεμογεννήτριες μεταξύ τους αλλά και για τη διασύνδεση με το δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό τοποθετείται ένα καλώδιο σε σειρά με όλες τις ανεμογεννήτριες της γραμμής και ο κόμβος φθάνει στο μετασχηματιστή. Έτσι έχουμε ταυτόχρονη σύνδεση των γεννητριών μεταξύ τους αλλά και με το δίκτυο. Πρόκειται για μια αρκετά συμφέρουσα λύση σε μικρά δίκτυα.

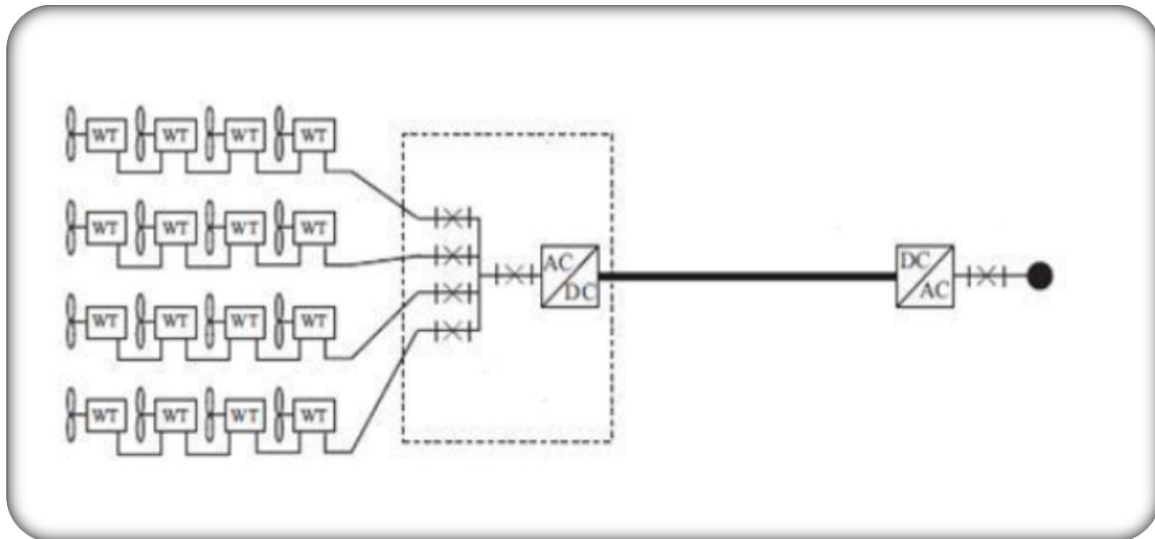


Εικόνα 6.2.2: Τοπολογία μεγάλων αιολικών πάρκων AC.

Στην εγκατάσταση μεγάλων πάρκων ακολουθούμε ένα πιο παραδοσιακό τρόπο σύνδεσης. Εκεί κάθε στήχος από ανεμογεννήτριες συνδέεται σε έναν κόμβο πάλι, με τη διαφορά ότι κάθε γεννήτρια επικοινωνεί ξεχωριστά. Έτσι έχουμε ένα εσωτερικό δίκτυο που λειτουργεί με μικρότερη τάση μέχρι τον κόμβο και στη συνέχεια ένα μετασχηματιστή που ανεβάζει την τάση για τη σύνδεση όλων των εσωτερικών δικτύων πριν τη διασύνδεση με το δίκτυο διανομής.

6.2.2 Αιολικά Πάρκα με Σύνδεση AC/DC

Η πρόταση αυτή είναι σχεδόν παρόμοια με τη προηγούμενη, αλλά αφορά κυρίως πάρκα τα οποία μεταφέρουν την ενέργεια τους σε σημείο αρκετά απομακρυσμένο ή αν το τοπικό δίκτυο είναι ανίσχυρο.

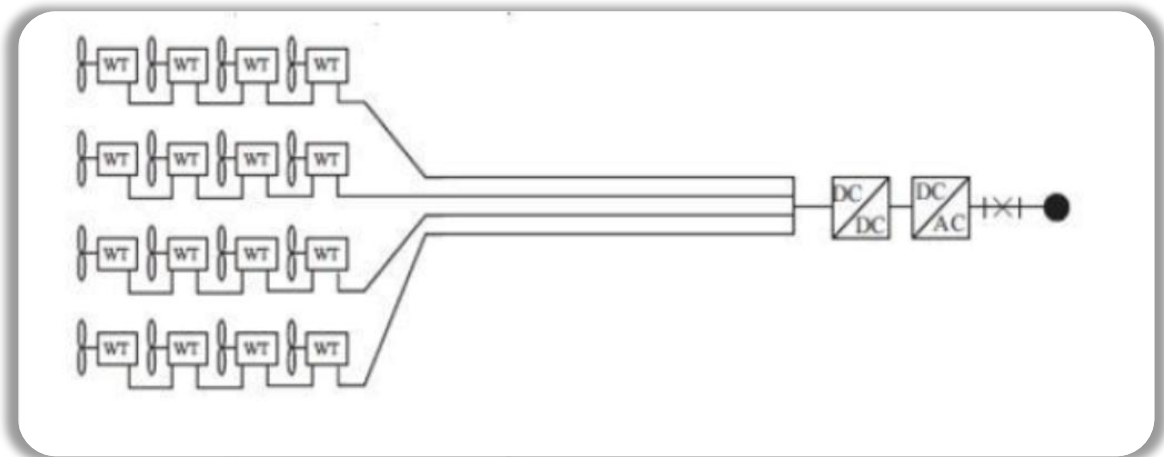


Εικόνα 6.2.3: Τοπολογία αιολικού πάρκου AC/DC.

Η βασική διαφορά είναι στο δίκτυο AC σύνδεσης των ανεμογεννητριών που είναι τελείως ανεξάρτητο από αυτό του δικτύου διανομής. Μεταξύ τους παρεμβάλλεται μια γραμμή DC, προσφέροντας δυνατότητες ελέγχου στα μεγέθη που μεταφέρονται με σκοπό την καλύτερη και ποιοτικότερη μεταφορά ισχύος. Το κόστος εγκατάστασης είναι ίδιο με τη προηγούμενη τοπολογία μιας και χρησιμοποιείται ένα διπολικό καλώδιο DC με μόνο εξτρά κόστος τους μετατροπείς.

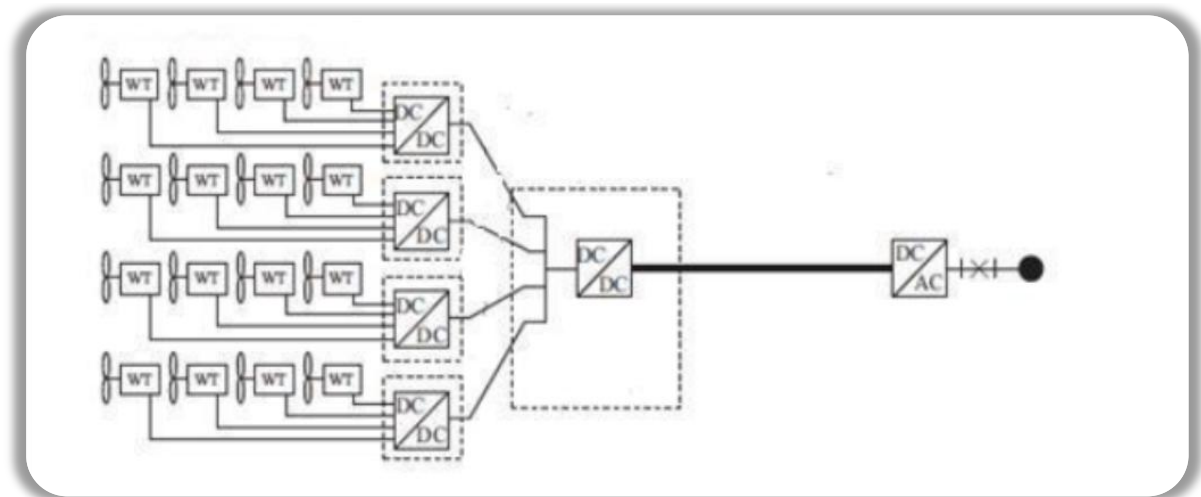
6.2.3 Αιολικά Πάρκα με Σύνδεση DC

Στην τοπολογία αυτή των συστημάτων μεταφοράς DC υπάρχουν δυο είδη εγκατάστασης για μικρά και μεγάλα πάρκα, αλλά και μια τρίτη, με σύνδεση αιολικών πάρκων σε σειρά.



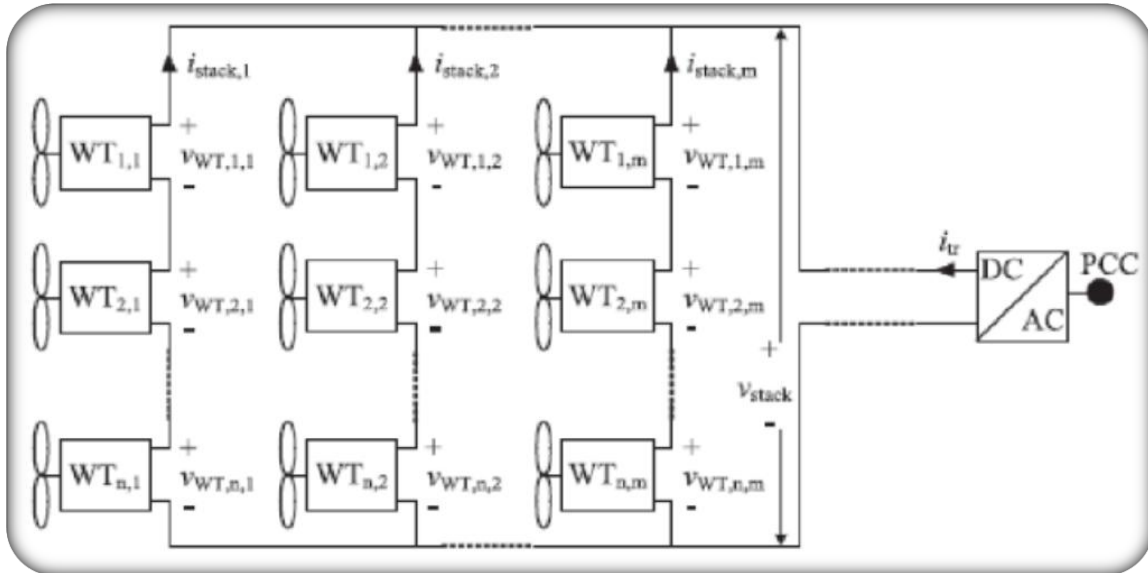
Εικόνα 6.2.4: Τοπολογία μικρού αιολικού πάρκου DC.

Στη πρώτη κατηγορία των μικρών πάρκων η σύνδεση DC δεν διαφέρει καθόλου από την αντίστοιχη σύνδεση AC, με τη διαφορά, στη θέση του μετασχηματιστή να υπάρχει ένας μετατροπέας DC και ένας αντιστροφέας στη συνέχεια. Βεβαίως είναι απαραίτητη η χρήση ενός ανορθωτή στη κάθε ανεμογεννήτρια. Το κόστος εγκατάστασης δεν διαφέρει από αυτό της AC τοπολογίας.



Εικόνα 6.2.5: Τοπολογία μεγάλων αιολικών πάρκων DC.

Στα μεγάλα πάρκα η διαφορά είναι στις βαθμίδες DC που μπορεί να χρειαστούν ώστε να φτάσουμε στο τελικό στάδιο του αντιστροφέα. Αυτή είναι και η κύρια διαφορά από το αντίστοιχο AC. Έτσι μόνο όταν ένας μετατροπέας φτάνει τα 20 – 40 KV μπορεί να συνδεθεί στον αντιστροφέα. Για τιμές κοντά στα 5 KV είναι αναγκαίο άλλο ένα στάδιο μετατροπής.



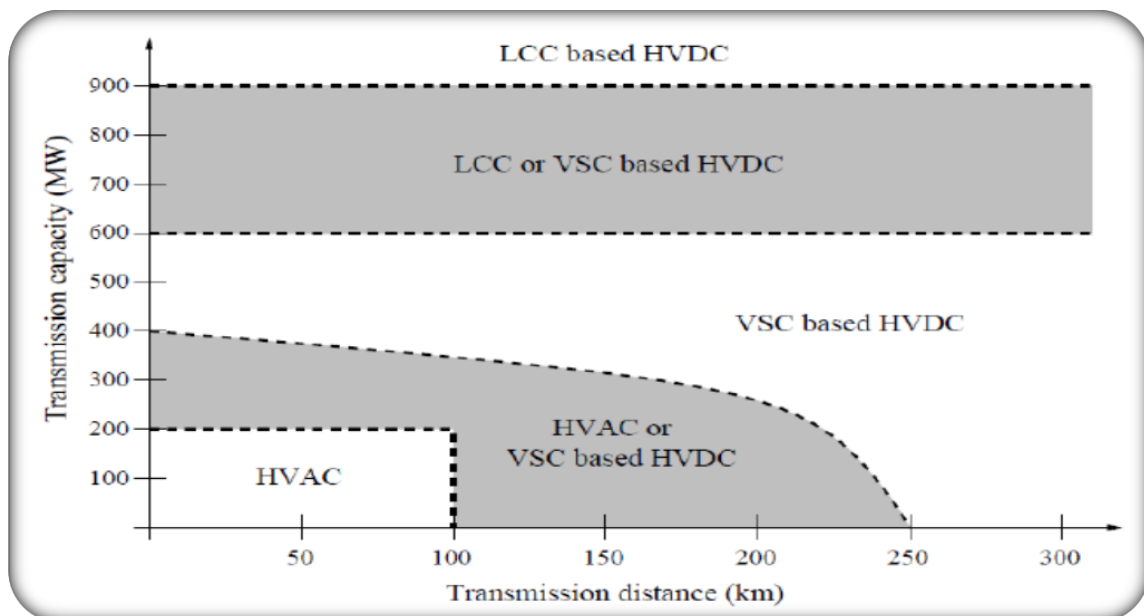
Εικόνα 6.2.6: Τοπολογία αιολικού πάρκου DC με σύνδεση των ανεμογεννητριών σε σειρά.

Τέλος η συνδεσμολογία με τη λογική των πάρκων σε σειρά λειτουργεί τοποθετώντας σε σειρά όσες ανεμογεννήτριες αρκούν για να φτάσουν την ονομαστική τάση του αντιστροφέα. Το κέρδος από αυτή τη σύνδεση είναι η απαλλαγή από ενδιάμεσα στάδια μετατροπής και το κόστος μειώνεται σημαντικά. Προφανώς εδώ έχουμε έναν τελικό αντιστροφέα που πρέπει να έχει μεγάλο εύρος λειτουργίας μέχρι την ονομαστική του τιμή για να καλύψει όλες τις ανάγκες. Από την άλλη μεριά οι μετατροπείς στη μεριά των ανεμογεννητριών πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να δουλέψουν σε μεγάλες τάσεις για να καλύπτουν την περίπτωση βλάβης μιας γεννήτριας από τη σειρά και να συνεχίζεται ομαλά η λειτουργία του πάρκου.

6.3 Συστήματα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας από υπεράκτιο αιολικό πάρκο προς το πλησιέστερο ηπειρωτικό δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί μείζων ζήτημα. Πρόκειται για ένα σύστημα ευέλικτο λόγω της αυξομείωσης στο ποσό ενέργειας που μεταφέρει, όσο και αξιόπιστο λόγω του μεγέθους και της δυσκολίας του όλου έργου (εμπότιση καλωδίων, υποθαλάσσιες συνδέσεις, κ.α.). Η κατασκευή ενός συστήματος εναλλασσόμενου ρεύματος παρόμοιο με αυτό του δικτύου παρέχει μια λύση στο εγχείρημα, αλλά η υλοποίηση της αντιμετωπίζει πολλά αδιέξοδα.

Έκτος από τη λύση του τριφασικού συστήματος AC σε υποθαλάσσια μορφή, κάτι τέτοιο θα ήταν οικονομικά και κατασκευαστικά ασύμφορο, σοβαρή υποψηφιότητα έχει το σύστημα μεταφοράς συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης HVDC. Αυτή η εναλλακτική και ενδιαφέρουσα λύση παρέχει εξίσου καλή ποιότητα ισχύος και ευστάθεια στο σύστημα με την επιπλέον ιδιαιτερότητα της οικονομικότερης πλευράς της. Σχεδόν το κόστος για μια τέτοια κατασκευή μειώνεται κατά 1/3 μιας και πρόκειται για σύστημα μεταφοράς 2 φάσεων και όχι 3 όπως ένα AC. Πλεονέκτημα αποτελεί ο δυναμικός τρόπος απόσβεσης των ταλαντώσεων από τις μετατροπές AC/DC και DC/AC αλλά και ο συγχρονισμός πολλών και διαφορετικών συχνοτήτων από τις διάφορες πηγές μέσω μιας γραμμής μεταφοράς.



Εικόνα 6.3.1: Χαρακτηριστικό διάγραμμα χρήσης συστημάτων υψηλής τάσης.

Ας εξετάσουμε αναλυτικότερα τις επιλογές διασύνδεσης.

6.3.1 HVAC Μεταφορά

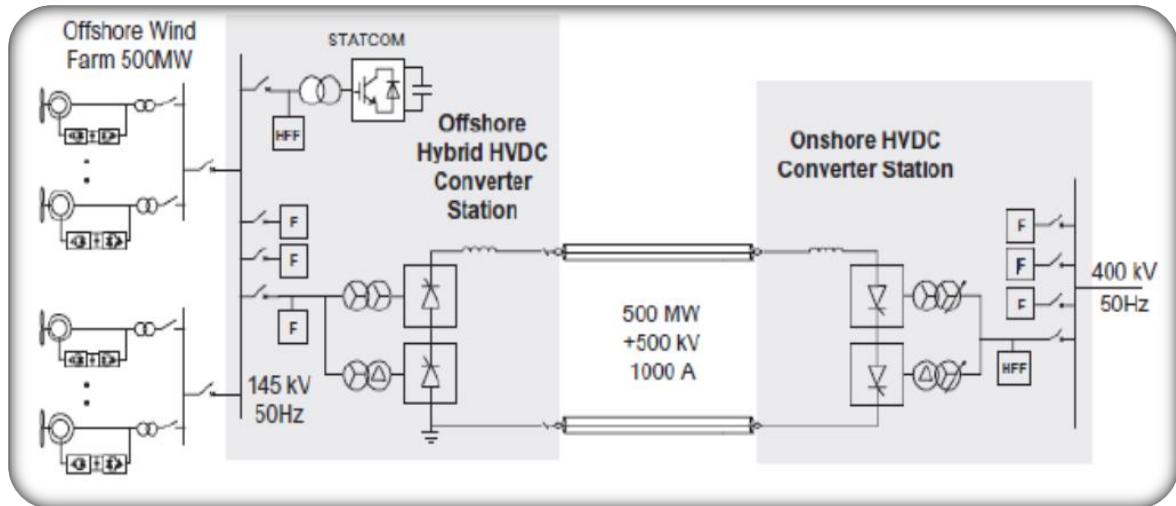
Τα συστήματα Υψηλής Τάσης Εναλλασσόμενου Ρεύματος (HVAC) αποτελούν την πιο απλή και οικονομικά εφικτή λύση για ένα αιολικό πάρκο. Έχουν χρησιμοποιηθεί για πολλές εφαρμογές υπεράκτιων αιολικών πάρκων κυρίως μικρής κλίμακας και έχουν παρατηρηθεί αρκετοί περιορισμοί. Υπάρχει μία άμεση σχέση του μήκους της γραμμής με το ποσό ενέργειας που μεταφέρεται αλλά και της άεργου ισχύς που παράγουν τα ίδια τα καλώδια. Έτσι τέτοιου είδους συστήματα μεταφοράς περιορίζονται σε μικρά πάρκα μέγιστης ισχύς 200 MW. Επίσης το μήκος της συνολικής γραμμής δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 100 km. Στο τέλος της γραμμής κοντά στις ακτές τοποθετούνται αντισταθμιστές άεργου ισχύος με σκοπό την καλύτερη ποιότητα παρεχόμενης ισχύς και την αποφυγή εισχώρησης ανώτερων αρμονικών στο δίκτυο.

6.3.2 HVDC Μεταφορά βασισμένη σε LCC

Είναι το κλασικό σύστημα μεταφοράς ενέργειας με χρήση Υψηλής Τάσης Συνεχούς Ρεύμα (HVDC) που χρησιμοποιεί μετατροπείς πηγών ρεύματος (LCC). Αποτελείται από γέφυρες θυρίστορ και αυτό είναι ένα βασικό μειονέκτημα σε ένα σύστημα μεταφοράς ενέργειας μεταξύ 2 δικτύων AC, διότι σε τέτοιες κατασκευές τα θυρίστορ είναι οδηγούμενα από τα δίκτυα και δεν μπορούμε να ελέγξουμε την ενεργό και άεργο ισχύ που μεταφέρεται. Σαν αποτέλεσμα είναι η μεταφορά ανώτερων αρμονικών στο δίκτυο και η χρήση τεράστιων φίλτρων αντιστάθμισης. Το πρόβλημα αυτό προέρχεται από την διαδικασία έναυσης και σβέσης των θυρίστορ που καθυστερούν σε σχέση με τα IGBT και GTO.

Μια λύση στο παραπάνω πρόβλημα βρέθηκε με την τοποθέτηση ενός στατικού αντισταθμιστή που ονομάστηκε STATCOM. Το κέρδος που πέτυχαν με αυτό στην διάταξη ήταν διπλό. Κατά τη διαρκή και σταθερή λειτουργία του συστήματος

περιορίζεται η άεργος ισχύς που παράγεται από την μετατροπή του εναλλασσόμενου σε συνεχές και ταυτόχρονα διατηρεί σταθερή την συνεχής τάση μεταφοράς κατά την διάρκεια που το αιολικό πάρκο παρουσιάζει στιγμιαίες βυθίσεις ή μεταβολές.



Εικόνα 6.3.2: Σύστημα μεταφοράς με μετατροπής πηγών ρεύματος LCC.

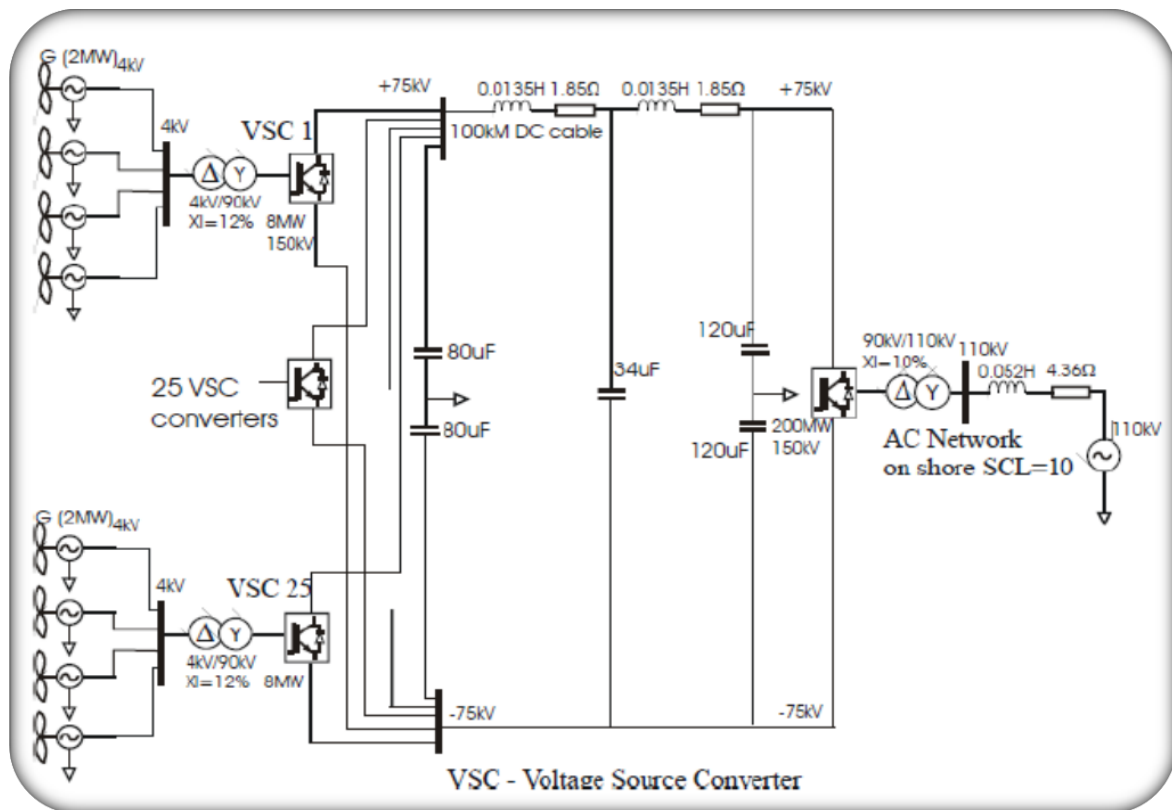
Η χρήση τέτοιων συστημάτων μεταφοράς ισχύς είναι γνωστή για παραπάνω από μισό αιώνα. Μάλιστα πολλές χώρες διασυνδέονται πλέον με αυτόν τον τρόπο για να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας μεταξύ τους (π.χ. ο αγωγός Ελλάδα – Ιταλίας). Μετά από τις μελέτες και αρκετές εγκαταστάσεις παρατηρήθηκε ότι ένα τέτοιο σύστημα μεταφοράς αφορά μεγάλα ποσά ενέργειας και σε μεγάλες αποστάσεις. Έτσι συνήθως χρησιμοποιείται για να συνδέσει σταθμούς ή πάρκα που απέχουν μεγάλες αποστάσεις (πάνω από 100 km) και κυρίως μεταφορά ενέργειας από 600 MW και παραπάνω.

6.3.3 HVDC Μεταφορά βασισμένη σε VSC

Πρόκειται για την εξελιγμένη μορφή μιας γραμμής μεταφοράς ενέργειας Υψηλής Τάσης Συνεχούς Ρεύματος (HVDC) η οποία κερδίζει όλο και περισσότερο μερίδιο της αγοράς για κατασκευές υπεράκτιων αιολικών πάρκων.

Η διαφορά αυτής της γραμμής μεταφοράς έγκειται στους μετατροπής πηγών τάσης (VSC). Τη θέση των θυρίστορ εδώ έχουν πάρει στοιχεία IGBT με μεγαλύτερες συχνότητες λειτουργίας και πλήρως ελεγχόμενες διακοπτικές διαδικασίες. Το αποτέλεσμα είναι να έχουμε μια γραμμή που λειτουργεί ανεξάρτητα από τη διαφορά δυναμικότητας των δύο άκρων της, δηλαδή χωρίς να θέλει κάποιον σταθεροποιητή είτε από τη μεριά του πάρκου, είτε από την μεριά του δικτύου. Αυτή τη στιγμή στην αγορά υπάρχουν τέτοιες διατάξεις έτοιμες από μεγάλες εταιρίες και διακινούνται με διάφορα ονόματα. Η ABB έχει ονομάσει μία διάταξη HVDC με VSC ως “HVDC light”, ενώ η Siemens της έχει δώσει την ονομασία “Plus HVDC”.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της γραμμής είναι πολλά. Με αυτό το σύστημα επιτυγχάνεται καλύτερος και άμεσος έλεγχος της ενεργού και άεργου ισχύος χωρίς να απαιτούνται αντισταθμιστές, ενώ ταυτόχρονα σταθεροποιεί το δίκτυο στις ενώσεις με το εναλλασσόμενο δίκτυο. Λόγω της μεγάλης συχνότητας λειτουργίας των ημιαγωγικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται στη διάταξη, έχουμε τη μείωση των αρμονικών που εισέρχονται στο δίκτυο μειώνοντας τα φίλτρα που θα ήταν αναγκαία σε άλλες συνθήκες. Βέβαια η μεγάλη συχνότητα στη Διαμόρφωση Πλάτους Παλμών (PWM) επιφέρει μεγάλες απώλειες ισχύος αλλά παραμένει μικρότερο το ποσοστό σε σχέση με το σύστημα LCC. Τέλος το κόστος κατασκευής των VSC σε σχέση με άλλους μετατροπείς είναι μεγαλύτερο, όμως στο σύνολο της κατασκευής μιας γραμμής HVDC με VSC είναι συγκρίσιμο, ίσως και χαμηλότερο από την αντίστοιχη με LCC.



Εικόνα 6.3.3: Σύστημα μεταφοράς με μετατροπείς πηγών τάσης VSC.

Βάση μελετών αλλά και από τις εγκαταστάσεις που ήδη υπάρχουν έχει παρατηρηθεί ότι οι γραμμές μεταφοράς HVDC με VSC χρησιμοποιούνται για κατασκευές άνω των 100 km και για μεταφορά ισχύος μεταξύ 200 και 900 MW, με την ιδιαιτερότητα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πέρα από αυτά τα όρια αν οι συνθήκες το επιτρέπουν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλεξιάκης Αλέξανδρος Σ., 2001, *Αιολική ενέργεια (Φύση και Πολιτισμός)*, Αθήνα.
- Βασιλάκος Ν., 1992, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Τα θέματα αιχμής των επενδύσεων ΑΠΕ στην ελληνική αγορά*, Αθήνα.
- Βατάλης, 2007, *Εισαγωγή στο δίκαιο ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*, Εκδόσεις Σάκκουλα, Αθήνα.
- Βοβός Ν., Γιανακόπουλος Γ.Β., 2008, *Ανάλυση Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας*, Πάτρα.
- Βραχίμης Μιχαήλ, Ξωνίκης Αχιλλέας, Παπιγκιώτης Μιχαήλ., 2010, *Υπεράκτιες ανεμογεννήτριες, ζητήματα διασύνδεσης τους στο δίκτυο*, Πανεπιστήμιο ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Δασκαλάκης Α., 2011, *Πλωτά υπεράκτια αιολικά πάρκα σε βαθιά νερά και υβριδικά συστήματα προσωρινής αποθήκευσης και ανάκτησης ενέργειας*.
- Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας., 2010, *Η αιολική ενέργεια ενισχύεται συνέχεια*.
- Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 1997, *Ενέργεια για το μέλλον: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Λευκή Βίβλος για κοινοτική στρατηγική και σχέδιο δράσης*, Βρυξέλλες.
- Ζερβός Αρθούρος, Βουτσινάς Σπύρος, Κάραλης Γεώργιος, 2005, *Σημειώσεις Αιολικής Ενέργειας*, Αθήνα.
- Ζερβός Α., 1998, *Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα, Εθνικό Συνέδριο: Η εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας - Εθνικές προτεραιότητες και ευρωπαϊκή στρατηγική*, Αθήνα.
- Καλδέλλης, Ιωάννης Κ., 1999, *Διαχείριση της αιολικής ενέργειας*, Αθήνα.
- Καλδέλλης Ι., Καψάλη Μ., *Shifting towards offshore wind energy – Recent activity and future development*, ΤΕΙ Πειραιά, SeaLab, Αθήνα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

Καρατσώρης Φοίβος, 2013, *Η Εξέλιξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε Ευρωπαϊκή Ένωση και Ελλάδα*, Διπλωματική Εργασία του Πανεπιστημίου Μακεδονίας (Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής), Θεσσαλονίκη.

Κατσαπρακάκης Αλ. Δημήτρης, 2008, *Μαθήματα Αιολικής Ενέργειας και Ανάπτυξης Αιολικών Πάρκων*.

Κατσαπρακάκης Αλ. Δημήτρης, 2011, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Αιολική Ενέργεια*, ΤΕΙ Κρήτης, Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας.

Κορωνάιος, Χριστοφής Ι., 2012, *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*, Αθήνα.

Λαδακάκος Π.Δ., Ιωαννίδου Μ.Γ., *Χρήση των ηλεκτρονικών ισχύος σε συστήματα αιολικής ενέργειας*, ΕΜΠ, Τμήμα ΗΜΜΥ, Αθήνα.

Λευθεριώτης Γ., Τηνιακός Λ., 2010, *Αιολική Ενέργεια – που υπάρχει ενδιαφέρον στην Ελλάδα*.

Μελισσάς Κ., *Ειδικό Χωροταξικό για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*, Αθήνα.

Μπεργελές Γ., 2005, *Ανεμοκινητήρες*, Εκδόσεις Συμewών.

Νομίδης Δημήτριος, 1999, *Αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στα νησιά του νοτίου Αιγαίου*.

Παλαιοκρασιά Σταμάτη Ν., 1997, *Τεχνολογία μεταφορών ενέργειας και ισχύος*, εκδόσεις Ευγενίδη, Αθήνα.

Παπαδόπουλος Μ.Π., 1997, *Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές*, Αθήνα.

Σιούτα Χρυσή, 2011, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας & Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης στην Ελλάδα (MSc)*, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Φλάμος Αλέξανδρος, 2011, *Μελέτη Περίπτωσης – Αιολικό Πάρκο (Τεχνοικονομική Αξιολόγηση)*, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας.

Φραγκούλης Α., 1994, *Αιολική ενέργεια, δυνατότητες, ανάπτυξη, προοπτικές*, Επιθεώρηση παραγωγικότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

Φυτιλής Δημήτριος, 2012, *Εκτίμηση Αιολικού Δυναμικού στον Ελληνικό Θαλάσσιο Χώρο και προτάσεις για Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα (MSc Thesis)*, Ε.Μ.Π, Αθήνα.

Χασικίδη Ειρήνη – Φωτεινή, 2010, *Αιολική Ενέργεια σε Ελλάδα και Ευρώπη (MBA Thesis)*, Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Διοίκησης & Οικονομίας, Πάτρα.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

ΕΛΕΤΑΕΝ, 2012, *Το Αναπτυξιακό Πακέτο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας με έμφαση στην αιολική ενέργεια 2013-2014* (<http://www.eletaen.gr/>), Αθήνα.

Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε., Τιμολόγηση Ενέργειας από ΑΠΕ (www.desmie.gr/)

ΚΑΠΕ, 2009, *Υπεράκτιοι Αιολικοί Σταθμοί ΙΕΝΕ 2009* (www.cres.gr/), Αθήνα.

ΡΑΕ, 2012, Απόφαση Ρ.Α.Ε. (υπ' αριθμόν 54/ 2012), Οδηγός Αξιολόγησης Αιτήσεων για χορήγηση άδειας παραγωγής σε υπεράκτιους αιολικούς σταθμούς ως προς το κριτήριο της ενεργειακής αποδοτικότητας (<http://www.rae.gr/>), Αθήνα.

Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2012, *Αναπτυξιακός Προγραμματισμός Τομέα Ενέργειας – Περίοδος 2014-2020* (<http://www.ypeka.gr/>), Αθήνα.

EWEA, 2013, *Wind in Power: 2012 European Statistics*, (<http://www.ewea.org/>).

EWEA, 2013, *The European offshore wind industry – Key Trends and Statistics 1st half 2013*, (<http://www.ewea.org/>).