



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Μελέτη και
Κατασκευή
Ανεμογεννήτριας
Κατακόρυφου
Άξονα

20

20

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : Καρακωνσταντής Μάριος
Κουράκης Νικόλαος

ΑΜ:1837
ΑΜ:1832

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Κατσίγιαννης Ιωάννης

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	4
Abstract.....	5
Εισαγωγή	6
Σκοπός και δομή της εργασίας	7
Κεφάλαιο 1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ΑΠΕ	
1.1 Εισαγωγή στις Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας ΑΠΕ	8
1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ	10
1.3 Αναλυτικότερα οι ΑΠΕ	
1.3.1 Ενεργειακή απολαβή από τον ήλιο	11
1.3.2 Υλικά κατασκευής	12
1.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	15
1.5 Βιομάζα	16
1.6 Γεωθερμική ενέργεια	17
1.6.1 Τρόποι αξιοποίησης πηγών γεωθερμίας	18
1.7 Ωκεάνια ενέργεια	19
1.7.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω θαλάσσιων ρευμάτων	20
1.7.2 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω παλιρροιών	20
1.7.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω θαλάσσιων κυμάτων.....	20
1.7.4 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω θαλάσσιας θερμικής δύναμης.....	21
1.7.5 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω όσμωσης.....	21
Κεφάλαιο 2 Άνεμος	
2.1 Άνεμος	23
2.2 Χαρακτηριστικά τα οποία ορίζουν τον άνεμο	24
2.3 Αιολική ενέργεια	25
2.4 Ανεμόμετρο και Ανεμοδείκτης	27
2.5 Αιολικό δυναμικό	28

Κεφάλαιο 3 Ανεμογεννήτριες (Α/Γ)	
3.1 Ανεμογεννήτρια Α/Γ	30
3.1.1 Τύποι Α/Γ	30
3.2 Συντελεστής απόδοσης	32
3.3 Καμπύλη ισχύος	33
3.4 Συντελεστής χρησιμοποίησης	33
3.5 Αρχή και μέθοδοι λειτουργίας Α/Γ	34
3.6 Εξαρτήματα	35
3.7 Μέγεθος.....	37
3.8 Συντήρηση	38
3.9 Τοποθέτηση	40
Κεφάλαιο 4 Αιολικά Πάρκα	
4.1 Χερσαία-Παράκτια –Υπεράκτια αιολικά πάρκα	42
4.2 Εγκατάσταση-Κατασκευή	45
4.3 Συντήρηση	46
4.4 Τεχνοοικονομική ανάλυση	47
4.5 Τι ισχύει στην Ευρώπη για τα αιολικά πάρκα	48
4.6 Τι ισχύει στην Ελλάδα για τα αιολικά πάρκα	51
4.7 Κοινωνικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων	52
4.8 Νομοθετικά πλαίσια για τις ΑΠΕ σε Ευρώπη και Ελλάδα από το 1994-2020	53
Κεφάλαιο 5 Μελέτη και κατασκευή Α/Γ κατακόρυφου άξονα	
5.1 Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα	57
5.2 Διάφοροι τύποι Α/Γ κάθετου άξονα που έχουν κατασκευαστεί κατά καιρούς ...	58
5.3 Κατασκευή Α/Γ κατακόρυφου άξονα τύπου Savonius.....	60
6.Επίλογος- Συμπεράσματα	71
7. Βιβλιογραφία	72

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα, και κατά κύριο λόγο, την μελέτη-κατασκευή μιας ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα τύπου Savonius. Πιο συγκεκριμένα, η πτυχιακή εργασία που θα εκπονηθεί θα αναφέρεται εκτεταμένα στις τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και κυρίως θα εστιάζει στα φωτοβολταικά, στα υδροηλεκτρικά, στη βιομάζα και την γεωθερμία. Ειδικότερα στις ανεμογεννήτριες, συμπεριλαμβανομένου του κόστους αγοράς, εγκατάστασης, τοποθέτησης και συντήρησης αυτών. Στο πλαίσιο αυτό, θα ενταχθεί η μελέτη της κατασκευής και κάποια μέρη της εν λόγω ανεμογεννήτριας από το αρχικό στάδιο μέχρι το τελικό τα οποία κατασκευάστηκαν. Τα σχέδια δημιουργήθηκαν από τα σχεδιαστικά προγράμματα Autodesk Inventor και το Google Sketch-Up. Έγινε μια μελέτη ως προς την λειτουργικότητα του κιβωτίου ταχυτήτων και το αναμενόμενο βήμα, την θεωρητική απόδοση της σε εξιδανικευμένο περιβάλλον, καθώς και το βάρος της ανεμογεννήτριας.

ABSTRACT

This dissertation deals with the horizontal and vertical wind turbines - and mainly the design and construction of a Savonius vertical axis wind turbine. More specifically, the dissertation refers extensively to the technologies of Renewable Energy Sources (RES) which are addressed to photovoltaic, hydroelectric, biomass and geothermal energy. Especially for wind turbines, it includes the cost of purchasing, installing, operating and maintaining them. In this context, the design and the construction of some components of this wind turbine will be included; from the initial stage to the final which were constructed. The designs were created by the design programs Autodesk Inventor and Google Sketch-Up. A study was made on the functionality of the gearbox and the expected step, its theoretical performance in an idealized environment, as well as the weight of the wind turbine.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ήδη από τη δεκαετία του 1970, οι άνθρωποι στράφηκαν προς τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Οι πετρελαϊκές κρίσεις του 1973 και 1979 ήταν ο λόγος που πολλές ανεπτυγμένες χώρες αναθεώρησαν την πολιτική τους στον τομέα των καυσίμων θεωρώντας, ότι το μέλλον πλέον βρίσκεται στην εκμετάλλευση των ορυκτών καυσίμων. Πλην τούτου, η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη του σύγχρονου ανθρώπου να στρέψει το βλέμμα στο περιβαλλοντικό πρόβλημα του πλανήτη, που ο ίδιος δημιούργησε, καθώς και η συνεχής υποβάθμιση και καταστροφή στις χώρες που εκμεταλλεύονται ορυκτά κοιτάσματα, ήταν δύο από τους σπουδαιότερους λόγους της στροφής αυτής προς το μέλλον. Προβλήματα όπως το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» ή η διεύρυνση της «τρύπας του όζοντος» σε συνδυασμό με την ερημοποίηση εδαφών και την ολοκληρωτική καταστροφή τοπίων που επέφερε η ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση κοιτασμάτων σε χώρες όπως η Σαουδική Αραβία και τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, απλώς επέτειναν την ανησυχία του σύγχρονου ανθρώπου για το μέλλον της ανθρωπότητας και τον ανάγκασαν ουσιαστικά να στραφεί ολοκληρωτικά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι ήπιες μορφές ενέργειας και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας, που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες είτε με λίγη επεξεργασία είτε με την κατασκευή του κατάλληλου εξοπλισμού για την σωστή αξιοποίησή τους. Οι περισσότερες βασίζονται στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια από τις παλίρροιες, η οποία εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Βεβαίως, ο ήλιος διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο αλλά και ο άνεμος έχει εξίσου σημαντικό ρόλο τόσο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στη προσπάθεια μείωσης πολλών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Σε σχέση με τις άλλες ήπιες μορφές ενέργειας, η αιολική ενέργεια προσπαθεί να αντιμετωπίσει το αποκαλούμενο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» καθώς δεν απελευθερώνει ρύπους στην ατμόσφαιρα, που θα επιβάρυναν το φαινόμενο αυτό. Ακόμα και σε τοπικό επίπεδο, τα συστήματα αυτά δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα ή διάφορα θειικά και άλλα τοξικά μικροσωματίδια σε σχέση με τα κλασικά συμβατικά. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει, μια παραγόμενη kWh από ανεμογεννήτρια μειώνει 1kg διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με την παραγόμενη kWh της ΔΕΗ. Όσον αφορά την κατάσταση στην Ελλάδα, η αλήθεια είναι, ότι δεν είναι πρωτοπόρα σε τέτοιου είδους θέματα σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια αξίζει να σημειωθεί ότι κάνει μεγάλη προσπάθεια στον τομέα αυτό. Πιο συγκεκριμένα, την περίοδο 2006-2010 υπήρξε αύξηση της συμμετοχής ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση ενέργειας ύψους 2,2%, ήτοι από 7% σε 9,2%, ενώ στο σήμερα το 2020 η κατανάλωση ενέργειας έχει φτάσει στο 20% σύμφωνα με το υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας.

Σκοπός και δομή της εργασίας

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η κατασκευή μιας ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα και η σύνδεσή της στο δίκτυο για αποθήκευση ενέργειας. Πρωταρχικό μέλημα είναι να παρθούν μετρήσεις κατά τη λειτουργία της τόσο για την παραγωγή ρεύματος όσο και για την βελτιστοποίηση του μοντέλου ως προς την μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Φυσικά, στόχος είναι η καλύτερη χρήση της ανεμογεννήτριας σε πάροδο χρόνου. Πιο συγκεκριμένα, η επιβεβαίωση για την απόδοση που μπορεί να δώσει ένα μοντέλο ανεμογεννήτριας σαν και αυτό. Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί ότι επιθυμητή δεν είναι μόνο η ανίχνευση του ποσοστικού αριθμού επί της εκατό αλλά και οι πραγματικές μετρήσεις, όταν δηλαδή αυτή θα δοκιμαστεί σε αεροσήραγγα με αληθινές ταχύτητες ανέμου αλλά και τριβές που θα μειώνουν την απόδοσή της.

Η δομή της εργασίας είναι η εξής:

Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πως επεκτείνονται οι λειτουργίες τους στην ζωή μας, με ποιες τεχνολογίες και από ποιους πόρους. Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά τον άνεμο και τα χαρακτηριστικά του. Οι ανεμογεννήτριες έχουν ενταχθεί στο τρίτο κεφάλαιο της διπλωματικής, όπου περιλαμβάνονται η δομή, η κατασκευή η λειτουργία η τοποθέτηση και η συντήρηση τους. Το τέταρτο και προτελευταίο κεφάλαιο είναι τα αιολικά πάρκα, οι νομοθεσίες της Ελλάδας και Ευρώπης και το επιχειρηματικό πλάνο εγκατάστασης και συντήρησης αναφερόμενο στα κόστη και στο χρονοδιάγραμμα. Πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο είναι το πλάνο της κατασκευής – μοντέλο, όπου αναλύονται τα τρισδιάστατα μοντέλα καθώς και μια μικρή ιστορική αναδρομή, που αφορά την χρησιμότητα τέτοιου είδους κατασκευών στο παρελθόν .

Κεφάλαιο 1

1.1 Εισαγωγή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Όπως το λέει και η ίδια η λέξη, οι ΑΠΕ είναι κάποιες πηγές ενέργειας, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να ανανεώνονται φυσικά χωρίς καμία περαιτέρω διεργασία και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσεται ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι λίμνες αλλά και οργανικά υλικά, όπως το ξύλο. Ο άνθρωπος από την αρχή του 20 αιώνα, και αφού βρέθηκαν τα μεγάλα κοιτάσματα πετρελαίου στην ανατολή, είχε θέσει αποκλειστικά και μόνο το ενδιαφέρον του στην αναζήτηση άνθρακα και υδρογονάνθρακα.

Ο χρόνος, ωστόσο, έδειξε ότι η εξάρτηση του ανθρώπου από το πετρέλαιο και ουσιαστικά η απληστία του, εν συνεχεία τον έφερε αντιμέτωπο με δύο μεγάλα ζητήματα. Το πρώτο ζήτημα είναι οι πετρελαϊκές κρίσεις, που έλαβαν χώρα την δεκαετία του 1970, και ουσιαστικά οδήγησαν τις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες σε επαναπροσδιορισμό σκεπτικού σε σχέση με το πετρέλαιο αλλά και την εξάρτηση που είχε αυτό δημιουργήσει στον άνθρωπο. Ένας σημαντικός παράγοντας που οδήγησε στην αλλαγή αυτή ήταν και το γεγονός ότι οι χώρες που παράγουν πετρέλαιο δεν ήταν ποτέ αρκετά αξιόπιστες ως προς την πώλησή του. Το δεύτερο ζήτημα είναι «το φαινόμενο του θερμοκηπίου», το οποίο είχε αναχθεί σε νούμερο ένα προτεραιότητα της διεθνούς κοινότητας καθώς αναγνωρίστηκε ότι το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του πλανήτη γίνεται μέσω των επεξεργασμένων συμβατικών καυσίμων. Ο άνθρωπος ευαισθητοποιήθηκε σε σχέση με τις καταστροφές που γίνονταν στο περιβάλλον και ήθελε να βρει λύσεις για να αλλάξει την κατάσταση αυτή.

Στην έννοια ΑΠΕ εισάγονται οι παρακάτω κατηγορίες:

- **Ηλιακή ενέργεια:** Χρησιμοποιείται για θερμικές εφαρμογές αλλά τα τελευταία 10 χρόνια έχει μεγάλη αύξηση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών τόσο στην Ελλάδα όσο και στη Ευρώπη.
- **Αιολική ενέργεια:** Χρησιμοποιούταν από αρχαιοτάτων χρόνων με διάφορες εφαρμογές, αλλά πλέον τα τελευταία χρόνια έγινε ευρέως γνωστή στην ηλεκτροπαραγωγή μέσω των ανεμογεννητριών.
- **Υδραυλική ενέργεια:** Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα υδροηλεκτρικά έργα - μικρά ή μεγάλα - καθώς η ορμή του νερού με

τη χρήση κατάλληλων μέσων μπορεί να παράξει μεγάλα ποσά ενέργειας. Παραδείγματα υδραυλικής ενέργειας είναι κάποια τεχνητά φράγματα.

- **Βιομάζα:** Σαν βιομάζα ορίζουμε τα απόβλητα που λαμβάνονται από αστικές ή γεωργικές διαδικασίες, από τη βιομηχανία ξύλου ή και από τη βιομηχανία τροφών και ζωοτροφών. Για παράδειγμα, κατά την διάρκεια της «ζωής» του ένα φυτό, λόγω της φωτοσύνθεσης, έχει μετατρέψει διοξείδιο του άνθρακα σε οξυγόνο. Οπότε κατά την καύση του εκλύει διοξείδιο. Επομένως, το ισοζύγιο του προς το περιβάλλον ισούται με 0 .
- **Γεωθερμική ενέργεια:** Είναι η ενέργεια που παράγεται από την αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης. Αν και δεν είναι εκμεταλλεύσιμη 100%, ωστόσο παραμένει απόλυτα εκμεταλλεύσιμη εκεί που βγαίνει φυσικά πάνω στη γη, παραδείγματος χάρη σε θερμοπίδακες ή πηγές ζεστού νερού. Τέτοιου είδους τεχνολογία έχει αναπτύξει η Ισλανδία και έχει καλύψει το 90 % των αναγκών της σε θέρμανση αλλά και το 20% των αναγκών της σε ηλεκτρισμό.
- **Ωκεάνια ενέργεια:** Χωρίζεται σε τρεις υποκατηγορίες. Η πρώτη είναι η ενέργεια από παλίρροιας, στην οποία η βαρύτητα σε σχέση Ήλιου – Σελήνης γίνεται αντικείμενο εκμετάλλευσης, με αποτέλεσμα το νερό να αυξάνει ύψος και όταν κατεβαίνει να περνάει από μια τουρμπίνα και αυτή γυρνώντας παράγει ρεύμα. Η δεύτερη είναι η ενέργεια από τα κύματα, όπου χρησιμοποιείται η κινητική ενέργεια των κυμάτων. Τέλος, η τρίτη ενέργεια είναι από τους ωκεανούς, στην οποία χρησιμοποιείται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των διαφόρων στρωμάτων του ωκεανού με χρήση θερμικών κύκλων. Δυστυχώς, η ενέργεια αυτή είναι ακόμη σε πρώιμο-δοκιμαστικό στάδιο.
- **Οσμωτική ενέργεια:** Η ενέργεια αυτή δημιουργείται από την ανάμειξη του γλυκού νερού με το θαλασσινό και κατά την ένωση δημιουργούνται μεγάλα ποσά ενέργειας που είναι αξιοποιήσιμα .

1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

Πλεονεκτήματα των ΑΠΕ

Αναμφισβήτητα, το πιο σημαντικό πλεονέκτημα στη χρήση των ΑΠΕ είναι ο περιορισμός της χρήσης συμβατικών, μη ανανεώσιμων πόρων και κατά συνέπεια η ισορροπία και ομαλή λειτουργία του περιβάλλοντος. Εξίσου, όμως, σημαντικό είναι, ότι με τη χρήση ΑΠΕ μειώνεται σε μεγάλο βαθμό η εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) στην ατμόσφαιρα. Πλην τούτων, διευκολύνεται το ενεργειακό σύστημα λόγω της γεωγραφικής τους διασποράς. Με αυτόν τον τρόπο, υπάρχει κάλυψη τόσο σε τοπικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο κι ως εκ τούτου μειώνεται η επιβάρυνση των συστημάτων υποδομής αλλά και ελαττώνεται κατά πολύ το ρίσκο και η απώλεια από τη μεταφορά ενέργειας. Τέλος, ένας πολύ σημαντικός λόγος για την χρήση τέτοιων τεχνολογιών είναι, ότι δεν υπάρχουν μεγάλα λειτουργικά κόστη, κάτι που αυτομάτως τις καθιστά πιο προσιτές στη χρήση.

Μειονεκτήματα των ΑΠΕ

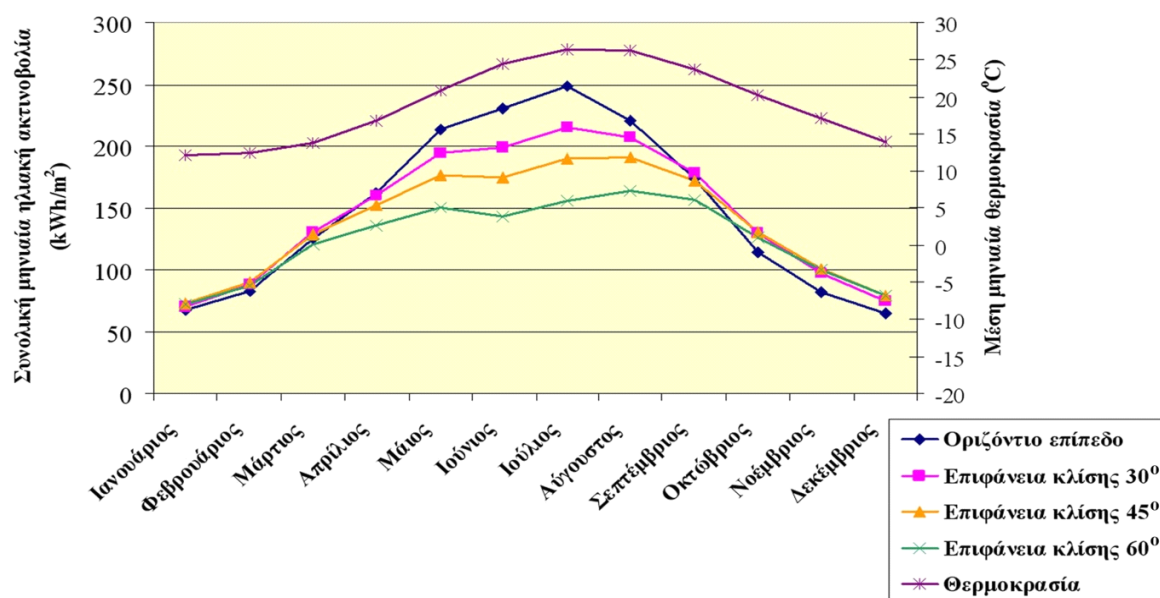
Αν και όπως ειπώθηκε παραπάνω, τα οφέλη και τα πλεονεκτήματα από τη χρήση ΑΠΕ είναι εμφανώς πολλά, ωστόσο δε λείπουν και τα μειονεκτήματα, που έχουν κατά καιρούς εμφανιστεί. Κατά κύριο λόγο, το σημαντικότερο μειονέκτημα της χρήσης ΑΠΕ έγκειται στη δυσκολία εύρεσης και τοποθέτησης κατάλληλων τοποθεσιών εγκατάστασής τους. Για παράδειγμα, πρέπει να αναζητήσουμε μια περιοχή με αρκετή ηλιοφάνεια (για Φ/Β), με υψηλή ταχύτητα ανέμου (για Α/Γ) ή με υψηλό παλιρροϊκό δίκτυο (ωκεάνια/κυματική ενέργεια), κάτι που όπως γίνεται σαφές δεν είναι πάντα εύκολο. Συν τοις άλλοις, είναι σημαντικό να διαφυλαχθεί και να προσεχθεί κατάλληλα το περιβάλλον που θα γίνει η εγκατάσταση των μονάδων ΑΠΕ, δηλαδή να μην γίνονται οικολογικές καταστροφές κατά την εγκατάσταση και λειτουργία των τεχνολογιών αυτών. Δεν είναι λίγες οι φορές που έχουν αναφερθεί αφανισμοί σμήνους πουλιών, τα οποία έπεσαν πάνω στους έλικες των ανεμογεννητριών καθώς και άλλα παρόμοια περιστατικά. Ακόμα, ένα αρνητικό στοιχείο, είναι ο αρκετά χαμηλός συντελεστής απόδοσης που μας προσφέρουν (της τάξης του 30%) σε σχέση με την τιμή τους. Το τελευταίο αλλά και πιο ουσιώδες των μειονεκτημάτων των ΑΠΕ έγκειται στο ότι είναι εξαρτημένες από την εποχή, το κλίμα, το γεωγραφικό μήκος και πλάτος και την περιοχή, όπου είναι εγκατεστημένες (κυρίως στην αιολική, υδροηλεκτρική και ηλιακή ενέργεια).

1.3 Αναλυτικότερα οι ΑΠΕ, ποιες είναι οι τεχνολογίες αυτές και πως λειτουργούν

Πρώτη και βασική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας είναι ο ήλιος. Ο ήλιος δεν είναι παρά ένα μεγάλο αστέρι στο κέντρο του σύμπαντος, το οποίο έχει ακτίνα 700.000 km ενώ οι εξωτερικές του θερμοκρασίες κυμαίνονται γύρω στους 5800 Kelvin (K) και οι εσωτερικές του θερμοκρασίες γύρω στα 15 εκατομμύρια K. Φωτίζει τη γη εδώ και αμέτρητα χρόνια ενώ οι επιστήμονες λένε ότι θα φωτίζει για άλλα 5 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια ανθρώπινης ζωής.

1.3.1 Ενεργειακή απολαβή από τον ήλιο

Η ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης μέσα σε μια μέρα, εξαρτάται από την κλίση της συλλεκτικής επίπεδης επιφάνειας, το γεωγραφικό πλάτος του κάθε τόπου, την μέρα του χρόνου (διαφορετικές εποχές) και από τις συγκεντρώσεις των διαφόρων αερίων, υγρών και στερεών συστατικών και αιωρημάτων της ατμόσφαιρας, κατά την ημέρα εκείνη. Οι συλλεκτικές επιφάνειες των μετρητικών οργάνων (αισθητήρων), μπορεί να προσανατολιστούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πειράματος και τις προδιαγραφές των οργάνων αυτών. Ένα πρόχειρο σχήμα (Εικόνα 1.1) θα μας δείξει την πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τους διάφορους μήνες του χρόνου, αλλά και τις διαφορετικές θερμοκρασίες του κάθε μήνα για τον νομό Ηρακλείου στην Κρήτη.



Εικόνα 1.1 Στο παραπάνω σχεδιάγραμμα παρουσιάζονται οι απολαβές από τον ήλιο, σε σύγκριση με τον μήνα, τις μέσες θερμοκρασίες αλλά και την ηλιακή ακτινοβολία, όπου τους ανοιξιάτικους-καλοκαιρινούς μήνες η ηλιακή ακτινοβολία ανεβαίνει καθώς ανεβαίνουν και οι θερμοκρασίες.

Τέλος, σημαντική είναι και η ηλιοφάνεια που έχει ο κάθε τόπος. Αυτή εξαρτάται βεβαίως από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και από τη θέση και τη διάταξη της περιοχής. Τα χαρακτηριστικά αυτά πιθανόν να ευνοούν την ανάπτυξη νεφώσεων, με αποτέλεσμα την μείωση των ηλιόλουστων ημερών, άρα και μείωση της ηλιοφάνειας. Η ηλιοφάνεια εκφράζεται σε πλήθος ωρών ανά μήνα και ανά έτος κατά τις οποίες ο ήλιος είναι ορατός στον ουρανό. Στην Ελλάδα, η περιοχή με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, είναι η περιοχή της Ιεράπετρας, στο νοτιοανατολικό μέρος της Κρήτης (3108 ώρες ετησίως). Επομένως, καταλήγουμε ότι για να ελέγξουμε το ηλιακό δυναμικό μιας περιοχής πρέπει να κοιτάξουμε παραπάνω από ένα παράγοντες.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί τον ήλιο για να παράξει ρεύμα είναι τα φωτοβολταϊκά. Έτσι, όταν διαπεράσει ηλιακή ακτινοβολία ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, αυτό θα έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει ρεύμα. Η απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του φωτοβολταϊκού στοιχείου και η απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία ρεύματος είναι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας υπό κατάλληλη γωνία (η γωνία έχει σχέση με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος κάθε περιοχής), δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο από τους αντιστροφείς (inverters) για να μοιραστεί στο δίκτυο ή το κρατείται σε συνεχές ρεύμα και αποθηκεύεται σε μπαταρίες για μεταγενέστερη χρήση του.

1.3.2 Υλικά κατασκευής

Η προσπάθεια να κατασκευαστεί το τέλειο Φ/Β στοιχείο είναι η συνιστώσα μεγαλύτερης απόδοσης ηλεκτρικής ενέργειας με το μικρότερο δυνατό κόστος παραγωγής, αλλά και πώλησης σε συνδυασμό με τη μικρότερη δυνατή πτώση απόδοσης σε σχέση με την υψηλότερη πτώση της ακτινοβολίας. Έτσι, ο καταναλωτής έχει την ευκαιρία να διαλέξει ανάμεσα σε 6 διαφορετικά υλικά κατασκευής ενός Φ/Β και να επιλέξει τι τον συμφέρει τόσο οικονομικά όσο και αποδοτικά.

- Φ/Β στοιχεία μόνο-κρυσταλλικού Πυριτίου

Το βασικό υλικό είναι το μονο-κρυσταλλικό Πυρίτιο και η απόδοσή τους κυμαίνεται από 13% έως 18% ενώ το κόστος παραγωγής τους είναι υψηλό.

- Φ/Β στοιχεία πολύ-κρυσταλλικού Πυριτίου

Το θετικό με το πολυ-κρυσταλλικό πλαίσιο είναι ότι υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής μεγάλων πλαισίων και η απόδοσή του κυμαίνεται από 10% έως 14%. Το πολυ-κρυσταλλικό πυρίτιο έχει υψηλή χρονική σταθερότητα ενώ το κόστος παραγωγής είναι πιο μικρό από το αντίστοιχο μονο-κρυσταλλικού τύπου Φ/Β.

- Φ/Β στοιχεία άμορφου πυριτίου

Η τεχνολογία λεπτών επιστρώσεων είναι θεωρητικά πολύ χαμηλού κόστους παραγωγής, εξαιτίας της μικρής χρησιμοποιούμενης μάζας υλικού. Το λεπτό επίστρωμα σχηματίζεται πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους. Η απόδοση αυτών των ΦΒ στοιχείων είναι αρκετά μειωμένη, στα επίπεδα του 6%-8% σε σχέση με τα άλλα.

- Φ/Β στοιχεία ταινίας

Στα στοιχεία αυτά δημιουργείται λεπτή ταινία, χρησιμοποιώντας πολυ-κρυσταλλικό πυρίτιο και η απόδοση τους είναι περίπου 13%. Η μέθοδος αυτή είναι υψηλού κόστους και προς το παρόν, περιορισμένης βιομηχανικής παραγωγής.

- Φ/Β στοιχεία άλλων υλικών, λεπτών επιστρώσεων

Αυτής της κατηγορίας τα πλαίσια γίνονται από συνδυασμό ημιαγωγικών υλικών έτσι ώστε να έχουν καλύτερο αποτέλεσμα στην αξιοποίηση του ηλιακού φάσματος. Αν και τα πλαίσια αυτά παρουσιάζουν εμφανή πλεονεκτήματα, δεν πολυχρησιμοποιούνται, διότι υπάρχουν δυσκολίες κατά τη μέθοδο χρησιμοποίησής τους. Ωστόσο, έχει τεθεί ως στόχος να διεισδύσουν στην αγορά μέχρι το 2020.

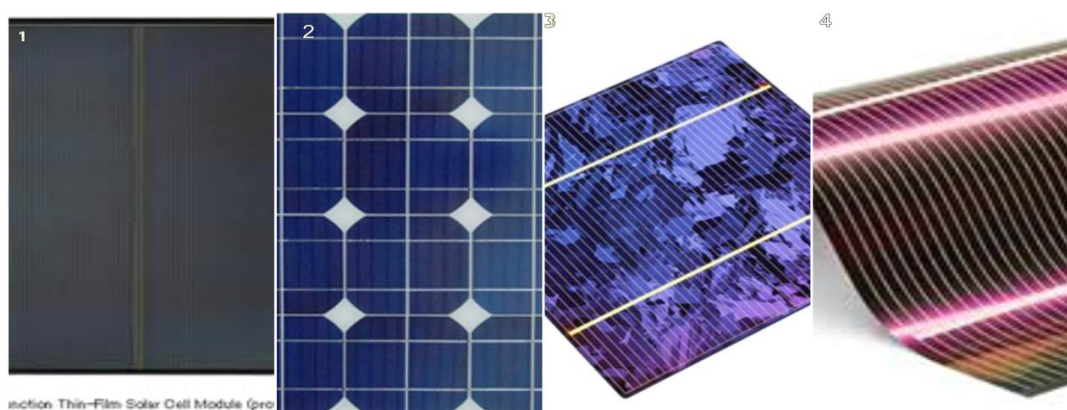
- Ηλεκτροχημικά ή Οργανικά Φωτοβολταϊκά στοιχεία

Όπως αναγράφει και ο τίτλος μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια με οργανικούς τρόπους (π.χ φωτοσύνθεση) και επομένως έχουν μεγάλο πρόβλημα ως προς την ευπάθειά τους από τον ήλιο ("πρόωρη καταστροφή"). Παρόλα αυτά, σε σχέση με τα άλλα πλαίσια είναι πιο οικονομικά και συμφέρουν περισσότερο αν και έχουν μικρότερο χρόνο ζωής.

Μια γενική επισκόπηση και σύγκριση των διαφόρων κατηγοριών με αναφορά σε κόστη - απόδοση - διάρκεια ζωής –ακτινοβολίες –βάρος δίνεται στον Πίνακα 1.1 και στην Εικόνα 1.2.

Πίνακας 1.1:Αναφορά σε διάφορους τύπους φωτοβολταϊκών

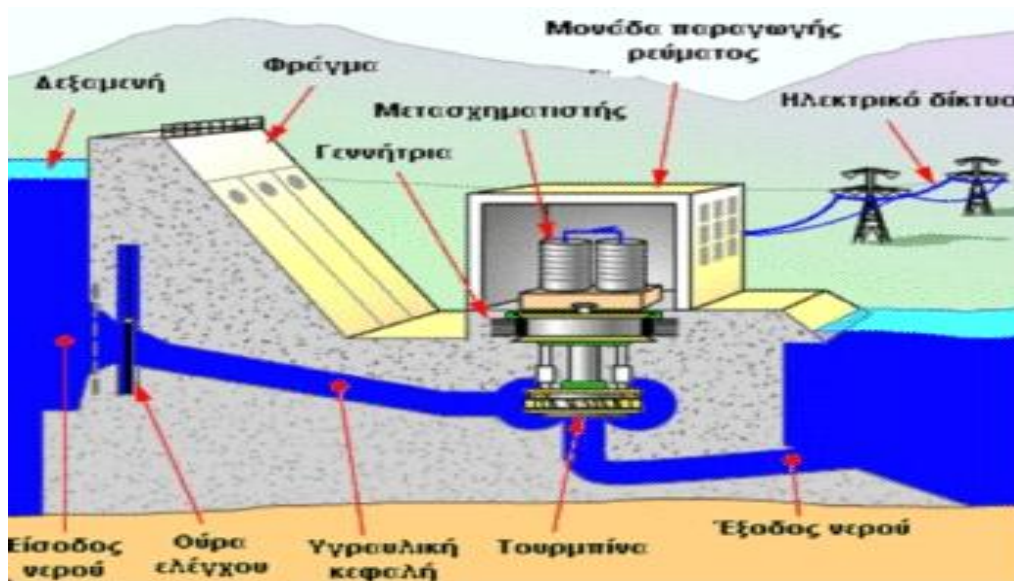
	mono-Si	poly-Si	a-Si	Άλλα
Απόδοση	15%-21%	14%-17%	7%-10%	13%-15%
Χαμηλή ακτινοβολία	Σημαντική μείωση απόδοσης	Σημαντική μείωση απόδοσης	Πολύ μικρή μείωση απόδοσης	Πολύ μικρή μείωση απόδοσης
Υψηλή ακτινοβολία	Μείωση της απόδοσης	Μείωση της απόδοσης	Πολύ μικρή μείωση απόδοσης	Πολύ μικρή μείωση απόδοσης
Κόστος	Ακριβότερα από τα poly-Si	Φθηνότερα από τα mono-Si/a-si/άλλα	Ακριβά	Ακριβά
Διάρκεια ζωής	Χωρίς μεγάλες απώλειες. Μεγάλη διάρκεια ζωής	Χωρίς μεγάλες απώλειες. Μεγάλη διάρκεια ζωής	Χωρίς μεγάλες απώλειες. Μεγάλη διάρκεια ζωής	Νέες τεχνολογίες. Δεν υπάρχουν πλήρη δεδομένα για διάρκεια ζωής
Βάρος	Υψηλό	Υψηλό	Υψηλό	Χαμηλό



Εικόνα 1.2 Οι κατηγορίες των Φ/Β: εικόνα (1)Φ/Β πάνελ άμορφου Si, εικόνα(2)Φ/Β πάνελ μονο-κρυσταλλικού Si, εικόνα (3)Φ/Β πάνελ πολυ-κρυσταλλικού Si , εικόνα (4)Φ/Β πάνελ λεπτών επιστρώσεων.

1.4. Υδροηλεκτρική ενέργεια

Σε αυτό το σημείο θα γίνει αναφορά στην υδροηλεκτρική ενέργεια, η οποία είναι αρκετά διαδεδομένη και άμεσα χρησιμοποιήσιμη. Αντιπροσωπεύει το 19% σε παγκόσμια κλίμακα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο είναι ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό. Όλα ξεκίνησαν τα αρχαία χρόνια και συγκεκριμένα στην περιοχή της Αιγύπτου, όπου κατασκεύασαν τα πρώτα μηχανήματα που λειτουργούσαν με την ορμή του νερού. Το πρώτο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο χτίστηκε το 1882 στο Appleton, Wisconsin και υπήρχε μια παραγωγή 12.5 kW τάξης μεγέθους.



Εικόνα 1.3 Λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου

Στην Εικόνα 1.3 απεικονίζεται η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενός υδροηλεκτρικού σταθμού. Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Για το σκοπό αυτό, κατασκευάζεται ένα φράγμα που συγκρατεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Κατά τη διέλευσή του από τον αγωγό πτώσεως κινεί έναν στρόβιλο, ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια. Η ποσότητα του ηλεκτρισμού που παράγεται καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες.

- Από τους σημαντικότερους παράγοντες είναι ο όγκος του νερού που ρέει μέσα στην τουρμπίνα.
- Η διαφορά μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας και του στρόβιλου.

Η ποσότητα ηλεκτρισμού που παράγεται είναι ανάλογη των δύο αυτών μεγεθών. Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού του

ταμειυτήρα. Για αυτό το λόγο, για τη δημιουργία ενός τέτοιου σταθμού πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή τόπου και περιοχής. Κι αυτό, γιατί η περιοχή αυτή πρέπει να είναι πλούσια σε νερό, κυρίως λόγω βροχοπτώσεων και να έχει κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση και υπόβαθρο. Συνήθως, η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, καλύπτοντας φορτία αιχμής.

Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος και την παραγόμενη ισχύ τους. Αρχικά, έχουμε τα εργοστάσια μικρής κλίμακας, πράγμα που σημαίνει, ότι εδώ διαχειριζόμαστε πολύ χαμηλά μεγέθη (από 1kw μέχρι 1MW). Αυτά τα χρειαζόμαστε κυρίως για την τροφοδότηση ηλεκτρισμού σε μικρούς οικισμούς. Έπειτα, έχουμε τα εργοστάσια μεσαίας κλίμακας, όπου αυτόματα ανεβαίνουν τα μεγέθη, δηλαδή μέχρι και στις 20 MW. Είναι σχετικά χαμηλού κόστους κατασκευής αλλά παράλληλα ανταποκρίνονται αρκετά καλά και σε μεγάλες απαιτήσεις. Τέλος, έχουμε της μεγάλης κλίμακας εργοστάσια, που πλέον παράγουν πάνω από 20 MW ισχύ. Ένα εντυπωσιακό υδροηλεκτρικό εργοστάσιο πρόκειται να κατασκευαστεί μέχρι το 2021 στην ήπειρο της Αφρικής. Το εντυπωσιακό με αυτή την κατασκευή είναι, ότι θα έχει διπλάσια ισχύ από το μεγαλύτερο αυτή τη στιγμή στον κόσμο. Δηλαδή μια τάξη μεγέθους γύρω στα 4.800 MW και αυτά στην πρώτη φάση. Το κόστος της συγκεκριμένης κατασκευής θα κυμανθεί από 9 δις μέχρι και 14 δις .

Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα

Μέσω των υδροταμειυτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν πολλές ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, αναψυχή, αθλητισμός ενώ συγχρόνως παρέχουν φτηνή υδροηλεκτρική ενέργεια. Το θετικότερο σε αυτή την τεχνολογία είναι ότι βοηθάει σε ένα ποσοστό στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επίσης, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί δεν απαιτούν χρόνο προετοιμασίας και έτσι εξοικονομείται χρόνος. Τέλος, με την κατάλληλη αξιοποίηση του σταθμού, μια υποβαθμισμένη περιοχή μπορεί να έχει οικονομική ανάπτυξη. Βέβαια, όπως σε κάθε τεχνολογία, έτσι και σε αυτή υπάρχει η αρνητική πλευρά. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί καταλαμβάνουν τεράστιες εκτάσεις γης με αποτέλεσμα να καλύπτουν γόνιμο κομμάτι της. Ακόμα, είναι συνδεδεμένα με την εξαφάνιση κάποιων από τα είδη ψαριών του γλυκού νερού και την ερημοποίηση των περιοχών αυτών λόγω μετακίνησης των ανθρώπων σε άλλες περιοχές. Τα μεγάλα φράγματα έχουν προκαλέσει και την απώλεια δασών. Εν κατακλείδι, μέχρι να ολοκληρωθεί το έργο απαιτείται μεγάλο κόστος κατασκευής και πολύς χρόνος.

1.5 Βιομάζα

Βιομάζα ονομάζεται η οργανική ύλη που προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Η βιομάζα είναι ένας όρος που περιλαμβάνει τα προϊόντα που αποτελούνται από οποιαδήποτε φυτική ύλη, προερχόμενη από τη γεωργία ή τη δασοκομία, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο προκειμένου να ανακτηθεί το ενεργειακό της περιεχόμενο αλλά και τα απόβλητά της. Ειδικότερα, περιλαμβάνει φυτικά απόβλητα από την γεωργία-δασοκομία αλλά και από βιομηχανίες τροφίμων. Βιομηχανίες από που μπορεί να αντληθεί η βιομάζα είναι ακόμα και οι ξυλοβιομηχανίες και οι βιομηχανίες χαρτιού. Όσον αφορά την επεξεργασία της βιομάζας, προκύπτουν χρήσιμα προϊόντα για διάφορες χρήσεις, όπως ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρισμού, ενέργεια με τη μορφή θερμότητας και καύσιμα μεταφοράς ή καύσιμα για αυτόνομη χρήση. Οι διεργασίες που γίνονται για να αξιοποιηθεί κατάλληλα η βιομάζα χωρίζονται σε θερμοχημικές, βιοχημικές και μηχανικές για παραγωγή βιοντίζελ. Η κάθε διαδικασία δίνει διαφορετικό αποτέλεσμα από τις υπόλοιπες.

Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα

Γενικότερα, η βιομάζα είναι ανανεώσιμο υλικό σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία εξαντλούνται. Ενώ υπάρχει η νοοτροπία ότι κατά την καύση της βιομάζας το ισοζύγιο του διοξειδίου του άνθρακα είναι μηδενικό, γιατί κατά την καύση παράγεται το διοξείδιο, ωστόσο η αλήθεια είναι ότι είναι τόσο όσο έχει απορροφηθεί από τα φυτά κατά την φωτοσύνθεση. Επίσης, δεν συμβάλλει στο φαινόμενο της όξινης βροχής, αφού οι ποσότητες θείου που περιέχει είναι σχεδόν μηδενικές. Όσον αφορά την οικονομία, συμβάλλει σημαντικά στο εμπορικό ισοζύγιο της χώρας. Η βιομάζα είναι εγχώριο προϊόν. Έτσι, μειώνεται η εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα και αυξάνεται η απασχόληση τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό τομέα, αφού ενισχύει την απασχόληση σε εναλλακτικούς τομείς και καλλιέργειες αλλά και τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες. Επιπλέον, δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας, συμβάλλοντας στην παραμονή του πληθυσμού στις εστίες τους και κατ' επέκταση στην ευημερία της περιοχής. Τέλος, σύμφωνα με στοιχεία της Greenpeace, ένας σύγχρονος καυστήρας λέβητα βιομάζας (pellet), ελευθερώνει περίπου 30 φορές λιγότερα σωματίδια, απ' ότι ένα παραδοσιακό τζάκι. Ωστόσο, δεν είναι ένα τόσο εύκολο καύσιμο, διότι η παραγωγική του μονάδα είναι πιο ακριβή από αυτήν των ορυκτών καυσίμων αλλά και πιο δύσκολη η συλλογή, μεταφορά και μετακίνησή της. Επιπλέον, η παραγωγή της δεν είναι μόνιμη αλλά είναι εποχιακή και περιέχει πολύ αυξημένα επίπεδα υγρασίας στο χώρο αποθήκευσής της.

1.6 Γεωθερμική ενέργεια

Γεωθερμία είναι η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης με μορφή νερών, ατμών, αερίων ή μιγμάτων αυτών ή ακόμα και ως ενέργεια από τα πετρώματα και αποτελεί μια σημαντική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Τα σημεία στα οποία λαμβάνουμε τέτοια ενέργεια τα ονομάζουμε γεωθερμικά πεδία. Τα γεωθερμικά πεδία ανάλογα με το θερμοκρασιακό επίπεδο τους διακρίνονται σε υψηλής ενθαλπίας, όπου η θερμοκρασία θα είναι πάνω από 150 °C, μέσης ενθαλπίας, όπου η θερμοκρασία θα κυμαίνεται από 80 °C έως 150 °C, χαμηλής ενθαλπίας, όπου η θερμοκρασία θα κυμαίνεται από 25 °C έως 80 °C και τέλος περιβαλλοντική (ή πολύ χαμηλής ενθαλπίας, κανονική, ομαλή ή αβαθής) η οποία κυμαίνεται σε μικρότερες θερμοκρασίες από 25 °C.

Υπάρχουν και τα γεωθερμικά συστήματα, τα οποία είναι οι μορφές με τις οποίες συναντάται η γεωθερμική ενέργεια.

1.6.1 Τρόποι αξιοποίησης πηγών γεωθερμίας

Από το παραπάνω σχήμα, γίνεται αντιληπτό, ότι υπάρχουν πέντε πηγές αξιοποίησης της γεωθερμίας. Αναλυτικότερα, η πρώτη εκ των πηγών ονομάζεται αβαθής γεωθερμία. Είναι η ενέργεια που προέρχεται από την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τη γήινη επιφάνεια. Υπάρχουν πολλά συστήματα εκμετάλλευσης αβαθούς γεωθερμίας, ένα από αυτά είναι ο *γεωεναλλάκτης*. Ο γεωεναλλάκτης λειτουργεί με υπόγειους αγωγούς μέσα από τους οποίους διέρχεται το ρευστό. Μια δεύτερη κατηγορία είναι η *γεωθερμική αντλία θερμότητας*, η οποία είναι μία μηχανή που προκαλεί τη ροή θερμότητας προς την αντίθετη κατεύθυνση από τη φυσική της τάση (από τις υψηλότερες στις χαμηλότερες θερμοκρασίες). Ως τρίτη κατηγορία, μπορεί να αναφερθεί το εσωτερικό σύστημα διανομής θερμότητας στο κτίριο, που είναι η *ενδοδαπέδια θέρμανση*. Το σύστημα αυτό είναι φιλικό προς το περιβάλλον και χρησιμοποιείται για ψύξη και θέρμανση του χώρου.

Η επόμενη πηγή είναι μέσω της **αξιοποίησης του μάγματος**. Τα πρωτύτερα κατέχει η Ισλανδία λόγω των πολλών και μεγάλων γεωτρήσεων. Πιο συγκεκριμένα, μια ερευνητική γεώτρηση, η οποία χτύπησε κατά λάθος έναν ηφαιστειακό θάλαμο μάγματος, οδήγησε τελικά στη δημιουργία του πρώτου γεωθερμικού συστήματος που αντλεί ενέργεια από τα λιωμένα πετρώματα του υπεδάφους. Τα σημερινά γεωθερμικά εργοστάσια διοχετεύουν νερό σε θερμές ρωγμές μέσα στον στερεό γήινο φλοιό. Ο ατμός, που παράγεται στο υπέδαφος, ανεβαίνει στην επιφάνεια και τροφοδοτεί γεννήτριες που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Με τη θερμοκρασία του μάγματος να υπερβαίνει τους 1.000 βαθμούς Κελσίου, ο ατμός έφτανε τους 450 βαθμούς και ξεπηδούσε από το φρεάτιο με μεγάλη πίεση, αρκετή για να προσφέρει ενέργεια επτά φορές περισσότερη από ότι σε ένα τυπικό γεωθερμικό φρεάτιο. Μία

τέτοια γεώτρηση, που μπορεί να αξιοποιήσει με επιτυχία αυτόν τον ατμό, μπορεί να παράγει ενέργεια 50 MW και να τροφοδοτεί περίπου 50.000 σπίτια.

Μια ακόμα πηγή είναι η **γεωπεπιεσμένη ενέργεια**. Λόγω του γεγονότος ότι η γη μέσα στον πυρήνα της έχει αποθηκευμένες τεράστιες ποσότητες πεπιεσμένου αέρα, εάν αυτή η ποσότητα αέρα περάσει από μία φτερωτή ενός μοτέρ, γυρνάει η φτερωτή, δουλεύει το μοτέρ και παράγει ρεύμα. Το ρεύμα αποθηκεύεται σε μπαταρίες ή περνάει στο δίκτυο.

Προτελευταία έχουμε ως πηγή την **υδροθερμική ενέργεια**. Εδώ έχουμε δυο κατηγορίες που μπορούν να αξιοποιηθούν: το νερό και τη θερμότητα. Τέτοια συστήματα τα χρησιμοποιούν για θέρμανση μέσω των καλοριφέρ σε σπίτια. Η φιλοσοφία είναι όσο περισσότερο βάθος τόσο μεγαλύτερη θερμοκρασία (καλύτερες σωληνώσεις, καλύτερη μόνωση).

Στην τελευταία πηγή του σχήματος είναι τα **προχωρημένα συστήματα**. Εδώ υπάρχουν τα θερμά πετρώματα που βρίσκονται σε βάθος 2 km έως 10 km από όπου μπορεί να ανακτηθεί ενέργεια. Μέσω γεωτρήσεων μεταφέρεται νερό από την επιφάνεια και καθώς το νερό περνάει από τα θερμά πετρώματα της γης θερμαίνεται ή ατμοποιείται και με αυτόν τον τρόπο ανακτάται ως θερμό νερό ή ως ατμός. Το σύστημα παραγωγής περιλαμβάνει την γεώτρηση, την αντλία και την κεφαλή της γεώτρησης. Ευρέως γνωστό σύστημα είναι το *δίπολο*, στο οποίο το σύνολο του γεωθερμικού ρευστού επανεισάγεται στον ταμιευτήρα και ακολουθεί το σύστημα μεταφοράς του γεωθερμικού ρευστού από την κεφαλή μέχρι το σύστημα εφαρμογής. Πολύ σημαντικό κομμάτι είναι και το *σύστημα εναλλαγής θερμότητας*, όπου εκεί υπάρχουν οι εναλλάκτες πλακών. Και, τέλος, έχουμε το *τελικό σύστημα μεταχείρισης των ρευστών*.

Με δεδομένο, ότι η γεωθερμία είναι διαθέσιμη 24 ώρες το 24ωρο και 365 μέρες το χρόνο, τα προτερήματα της σε σχέση με τα ελαττώματα είναι πολλά περισσότερα. Αρχικά, η τεχνολογία είναι αξιόπιστη και φιλική προς το περιβάλλον χωρίς εκπομπές αέριων ρύπων ή άλλων τοξικών ουσιών για τον άνθρωπο. Επιπλέον, υπάρχει δωρεάν άντληση ενέργειας από το υπέδαφος για θέρμανση και ψύξη κτιρίων, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες. Επιπρόσθετα, παρέχεται μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και δροσισμό-ψύξη ενός κτιρίου. Ακόμα, υπάρχει μεγάλη μείωση των δαπανών της κατοικίας για θέρμανση και κλιματισμό. Συν τοις άλλοις, υπάρχει πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης εγκατάστασης και εξοπλισμού και απουσία θορύβου κατά την λειτουργία της. Άλλο ένα θετικό είναι ότι χρειάζεται πολύ μικρότερος χώρος για την εγκατάσταση του εξοπλισμού σε σχέση με το συμβατικό λεβητοστάσιο. Τέλος, υπάρχει μεγαλύτερη ασφάλεια σε σχέση με μία εγκατάσταση πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Παρόλα αυτά το αρχικό κόστος ενός γεωθερμικού συστήματος είναι υψηλότερο από αυτό των συμβατικών συστημάτων. Πρέπει, επίσης, να υπάρχει παροχή καθαρού νερού (από γεώτρηση).

1.7 Ωκεάνια ενέργεια

Οι θάλασσες και οι ωκεανοί αποτελούν μια βασική πηγή ενέργειας, διότι δεν θα σταματήσουν να υπάρχουν ποτέ. Οι τεχνολογίες της ωκεάνιας ενέργειας κατασκευάζονται για να μπορέσουν να αξιοποιήσουν τα ρεύματα, τα κύματα, την διαφορά θερμοκρασίας και την αλατότητα. Οι τεχνολογίες αυτές χωρίζονται σε *παράκτιες και υπεράκτιες*. Οι διαφορές τους είναι ότι οι παράκτιες είναι κοντά στις ακτές "ορατές", ενώ οι υπεράκτιες στη μέση του πελάγους. Είναι κατασκευασμένες με την ίδια νοοτροπία αλλά προορίζονται για διαφορετική χρήση. Λέγοντας χρήση εννοείται, ότι άλλη κατασκευή θα γίνει για την εκμετάλλευση των κυμάτων, άλλη για τις παλίρροιες και τέλος διαφορετική για τη διαφορά θερμοκρασίας.

1.7.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω θαλάσσιων ρευμάτων

Παρόλο που δεν χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα, η ενέργεια μέσω θαλάσσιων ρευμάτων έχει σημαντικό δυναμικό για τη μελλοντική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα θαλάσσια ρεύματα είναι πιο προβλέψιμα από την αιολική και ηλιακή ενέργεια. Ο ήλιος ενεργεί ως πρωταρχική κινητήρια δύναμη, προκαλώντας τους ανέμους και τις διαφορές θερμοκρασίας. Επειδή υπάρχουν μικρές διακυμάνσεις στην τρέχουσα ταχύτητα και τη θέση του ρεύματος, χωρίς αλλαγές κατεύθυνσης, τα ωκεάνια ρεύματα μπορεί να είναι κατάλληλες τοποθεσίες για την εγκατάσταση μονάδων παραγωγής ενέργειας. Κατασκευασμένες τεχνολογίες για τέτοια χρήση είναι: α)υδατογεννήτρια οριζόντιου άξονα και β)γεννήτρια οριζόντιου άξονα.

1.7.2 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω παλιρροιών

Η παλιρροϊκή δύναμη, που ονομάζεται επίσης και η παλιρροϊκή ενέργεια, είναι μια μορφή της υδροηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπει την ενέργεια των παλιρροιών σε χρήσιμες μορφές ενέργειας, κυρίως ηλεκτρισμό. Παρά το γεγονός, ότι δεν χρησιμοποιείται ακόμη ευρέως, η παλιρροϊκή ενέργεια έχει, μελλοντικά, αρκετές πιθανότητες εφαρμογής της για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, "υπέφερε" από το σχετικά υψηλό κόστος και την περιορισμένη διαθεσιμότητα χώρων, με αρκετά υψηλό εύρος παλίρροιας ή ταχύτητες ροής, περιορίζοντας, έτσι, τη συνολική διαθεσιμότητα της. Τεχνολογίες για την χρήση αυτή είναι: α)οι παλιρροϊκοί φράκτες,β) οι παλιρροϊκοί στρόβιλοι και γ)η παλιρροϊκή τουρμπίνα.

1.7.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω θαλάσσιων κυμάτων

Η κυματική ενέργεια είναι διαφορετική από την ημερήσια ροή της παλιρροϊκής ενέργειας και της σταθερής δίνης των ωκεάνιων ρευμάτων. Η παραγωγή κυματικής ενέργειας δεν χρησιμοποιείται ευρέως ως εμπορική τεχνολογία σε σχέση με τις άλλες ωκεάνιες τεχνολογίες. Τα κύματα παράγονται από το πέρασμα του άνεμου

πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Όσο τα κύματα διαδίδονται πιο αργά από την ταχύτητα του ανέμου, ακριβώς πάνω από τα κύματα, υπάρχει μια μεταφορά ενέργειας από τον άνεμο προς τα κύματα. Βέβαια, η διάρκεια που θα φυσάει ο άνεμος, η ταχύτητα του, η γωνία, η θερμοκρασία και άλλα πολλά μπορούν να καθορίσουν το κύμα (δύναμη, διάρκεια, ύψος, ταχύτητα). Κατασκευές τέτοιου είδους είναι: α)ο μετατροπέας θαλάσσιων κυμάτων, β)η συσκευή Wave Dragon και γ) το σύστημα Mighty Whale.

1.7.4 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω θαλάσσιας θερμικής δύναμης

Η μετατροπή της θαλάσσιας θερμικής ενέργειας χρησιμοποιεί τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των ψυχρών βαθών και των θερμότερων ρηχών ή επιφανειακών υδάτων των ωκεανών, για να δημιουργήσει μια θερμική μηχανή και να παράξει χρήσιμο έργο, συνήθως με τη μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας. Σχετικά η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των στρωμάτων ανάλογα του ύψους δεν θα είναι μεγάλη. Άρα, η απόδοση της μηχανής θα είναι μικρή, αλλά θα είναι μια μηχανή που θα δουλεύει συνεχώς 365 μέρες το χρόνο χωρίς να σταματάει. Υπάρχουν αρκετά οφέλη από τέτοιου είδους κατασκευές, όπως ότι η ενέργεια είναι δωρεάν καθώς δεν χρησιμοποιείται κανένα είδος καύσιμης ύλης. Σημαντικό, επίσης, είναι ότι η λειτουργία και η συντήρηση των μονάδων παραγωγής δεν είναι ακριβή και είναι φιλικά προς το περιβάλλον καθώς κατά τη λειτουργία της μονάδας δεν παράγονται απόβλητα. Τα αποθέματα της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται υπάρχουν σε αφθονία παγκόσμια, οπότε υπάρχει η δυνατότητα παράγωγης ενός μεγάλου ποσού ενέργειας. Η έρευνα και η εγκατάσταση μίας τέτοιας μονάδας απαιτούν μικρό χρονικό διάστημα και με τη δημιουργία τέτοιων εγκαταστάσεων δημιουργούνται προστατευμένες υδάτινες περιοχές, οι οποίες είναι ελκυστικές για διάφορα είδη ψαριών και υδρόβιων πουλιών. Όμως, η τεχνολογία αυτή εξαρτάται από τη δύναμη των κυμάτων, όπου άλλες φορές προκύπτουν μεγάλα πόσα ενέργειας και άλλες φορές μηδενικά. Για τον λόγο αυτό, απαιτείται προσεκτική επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης της μονάδας, καθώς θα πρέπει να υπάρχουν δυνατά κύματα. Τέτοιες εγκαταστάσεις πρέπει να κατασκευάζονται με ειδικό τρόπο, ώστε να αντέχουν στις δύσκολες καιρικές συνθήκες, που θα αντιμετωπίσουν. Οι περισσότερες κατασκευές από αυτές είναι αρκετά ακριβές αλλά και θορυβώδεις. Τέλος, το κόστος μεταφοράς της παραγόμενης ενέργειας στη στεριά είναι πολύ υψηλό.

1.7.5 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω όσμωσης

Ως οσμωτική ενέργεια ισχύος ή αλατότητα, ορίζεται η διαθέσιμη κλίση από τη διαφορά στη συγκέντρωση άλατος μεταξύ ενέργειας θαλασσινού νερού και ποτάμιου νερού. Υπάρχουν δύο τακτικές που ακολουθούμε για να επιτύχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρώτη είναι μέσω αντίστροφης

ηλεκτροδιάλυσης και η δεύτερη είναι μέσω επιβραδυνόμενης πίεσης όσμωσης. Υπάρχουν, ακόμη, πάρα πολλοί μέθοδοι που ακολουθούνται από τις οποίες πολλές βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Ωστόσο, οι πιο χαρακτηριστικές είναι αυτή της αργής πίεσης όσμωση, της αντίστροφης ηλεκτροδιάλυσης, η χωρητική μέθοδος, η εξάτμιση διαφοράς πίεσης ανοικτού κύκλου και κύκλου ψύξης με απορρόφηση ηλιακής λίμνης και η μέθοδος με νανοσωλήνες νιτριδίου του βορίου.

Κεφάλαιο 2

2.1 Άνεμος

Άνεμος ονομάζεται η όποια αισθητή «οριζόντια κίνηση» του αέρα. Αιτία του ανέμου είναι, ότι ο αέρας (οι αέριες μάζες της ατμόσφαιρας), που περιβάλλει την Γη, βρίσκεται σε συνεχή «οριζόντια» και «κατακόρυφη» κίνηση. Οι παράγοντες γένεσης των ανέμων είναι η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα της, η ηλιακή ενέργεια, που απορροφά η ατμόσφαιρα και η επιφάνεια του και τέλος η ανομοιομορφία του γήινου ανάγλυφου. Τα αίτια δημιουργίας του ανέμου είναι η διαφορά της θερμοκρασίας του αέρος που με τη σειρά της δημιουργεί, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, διαφορές βαρομετρικής πίεσης μεταξύ παρακείμενων τόπων. Αν σε δύο συνεχόμενες περιοχές συμβεί να μην έχουν την ίδια θερμοκρασία, τότε η ατμοσφαιρική πίεση της περισσότερο ψυχρής θα είναι μεγαλύτερη από της θερμότερης περιοχής, με αποτέλεσμα να μετακινείται αέρια μάζα από τη ψυχρότερη προς την θερμότερη περιοχή. Ο άνεμος δημιουργείται, όταν μία μάζα αέρα θερμαίνεται και κατ'επέκτασιν γίνεται πιο αραιή και πιο ελαφριά από τις άλλες μάζες που βρίσκονται γύρω της και τείνει να ανέβει ψηλότερα από εκείνες (ανοδική κίνηση). Επομένως, άλλες πιο ψυχρές και βαριές αέριες μάζες θα κινηθούν και θα πάρουν τη θέση της. Αντίθετα, όταν μια μάζα αέρα ψύχεται γίνεται πιο πυκνή και πιο βαριά και τείνει να κατέβει (καθοδική κίνηση). Για να το πετύχει «σπρώχνει» τις άλλες τις πιο θερμές και πιο αραιές μάζες του αέρα και παίρνει τη θέση τους.

Υπάρχουν 3 ειδών διαφορετικοί άνεμοι. Αρχικά είναι οι μόνιμοι άνεμοι, που έχουν κατεύθυνση από τους πόλους προς τον ισημερινό. Επιπλέον, υπάρχουν κι άλλοι που έχουν κατεύθυνση από την επιφάνεια της γης προς τον ισημερινό και τέλος είναι οι κυκλώνες – αντικυκλώνες που έχουν ίδια νοοτροπία αλλά λειτουργούν αντίστροφα. Οι κυκλωνικοί άνεμοι περιστρέφονται αριστερόστροφα στο βόρειο ημισφαίριο, γύρω από ένα κέντρο χαμηλής πίεσης και συγκλίνουν προς αυτό. Ενώ οι αντικυκλωνικοί άνεμοι περιστρέφονται κατά την αντίστροφη φορά των κυκλωνικών ανέμων, δηλαδή δεξιόστροφα, στο βόρειο ημισφαίριο και αριστερόστροφα, στο νότιο, γύρω από ένα κέντρο υψηλής πίεσης αποκλίνοντας από αυτό. Τέλος, οι τοπικοί άνεμοι έχουν δυο κατηγορίες. Στην πρώτη είναι η θαλάσσια αύρα. Η στεριά ζεσταίνεται περισσότερο από τη θάλασσα στη διάρκεια της μέρας και έτσι ο αέρας της στεριάς υψώνεται ενώ ο αέρας της θάλασσας έρχεται και τον καταλαμβάνει. Στην δεύτερη κατηγορία είναι η απόγειος αύρα που είναι η αντίστροφη κατάσταση της μέρας. Η στεριά ψύχεται περισσότερο στη διάρκεια την νύχτας από τη θάλασσα και έτσι ανοδικά ρεύματα δημιουργούνται πάνω από το νερό, έτσι ώστε ο ψυχρός κρύος αέρας πνέει από τη στεριά προς τη θάλασσα, δημιουργώντας την απόγειο αύρα.

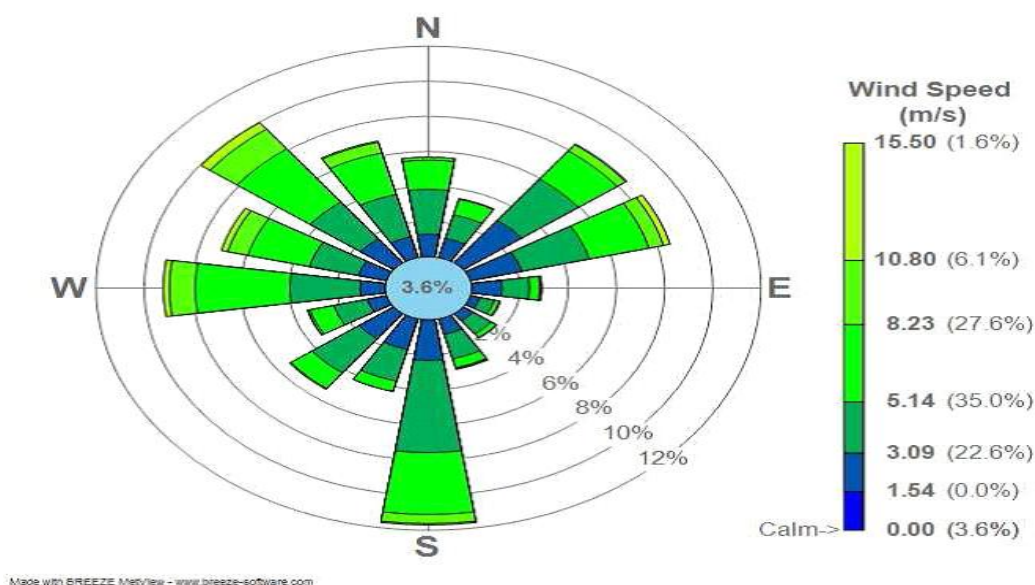
2.2 Χαρακτηριστικά τα οποία ορίζουν τον άνεμο

Ταχύτητα

Η ταχύτητα είναι ένα μεταβαλλόμενο μέγεθος, του οποίου η διακύμανση εμφανίζεται σε δευτερόλεπτα ακόμα και σε διάστημα ωρών, θεωρώντας τις διακυμάνσεις τυχαίες και φυσιολογικές.

Κατεύθυνση

Η κατεύθυνση του ανέμου σε ένα σημείο είναι μεταβαλλόμενη, καθορίζεται με βάση το σημείο που πνέει ο άνεμος και εκφράζεται σε μοίρες. Έχει σημείο αναφοράς πάντα τον Βορρά. Απεικονίζεται σε ροδόγραμμα (Εικόνα 2.1), από το οποίο απορρέουν πληροφορίες για την κατεύθυνση του ανέμου αλλά και την μέση ταχύτητα σε μια περιοχή. Η μέση ταχύτητα λαμβάνεται από το μήκος των γραμμών ενώ η κατεύθυνση από το προς τα που δείχνει η γραμμή.



Εικόνα 2.1 Ροδόγραμμα για την περιοχή του Ηρακλείου Κρήτης, απεικονίζει τις ταχύτητες του ανέμου και την κατεύθυνσή τους.

Στροβιλισμός

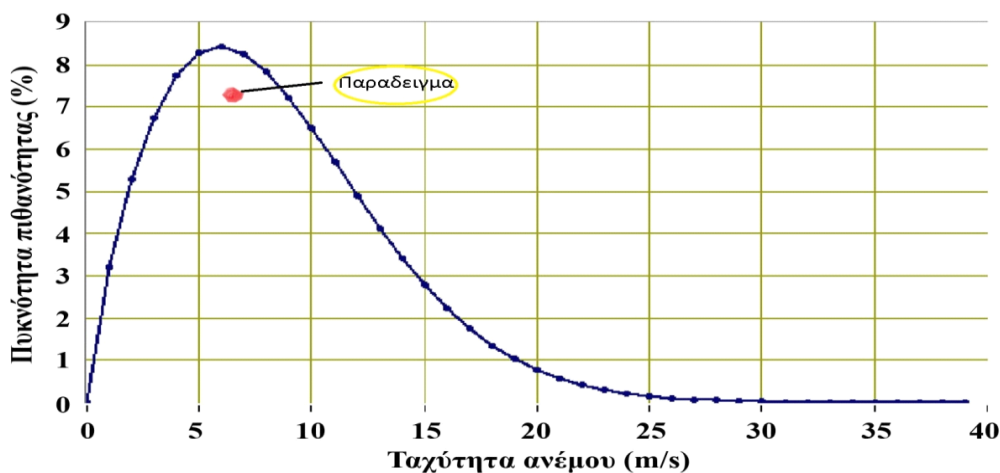
Είναι ένα χαρακτηριστικό, το οποίο δεν αφορά εκατό τοις εκατό τον άνεμο, αλλά μειώνει την αποδοτικότητά του καθώς έχει σχέση με το τι θα βρίσκεται κάθε φορά στο διάβα του, όπως για παράδειγμα σπίτια, δέντρα, εμπόδια, ανωμαλίες εδάφους και άλλα πολλά.

Επικρατούσα ανατάραξη ανέμου

Η ανατάραξη του ανέμου καθορίζεται από την τραχύτητα του εδάφους. Είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, γιατί δεν έχει επίδραση μόνο στον άνεμο αλλά και στην εγκατάσταση του έργου.

Κατανομή του αέρα

Η κατανομή του ανέμου καθορίζει τις μεταβολές του αέρα καθ' ύψος. Ορίζεται από την παρακάτω καμπύλη, η οποία είναι γνωστή ως κατανομή Weibull (Εικόνα 2.2). Στοιχεία που λαμβάνουμε από το παρακάτω σχήμα είναι τα εξής: α) την ταχύτητα του ανέμου, β) την πυκνότητα εμφάνισης μιας συγκεκριμένης ταχύτητας ανέμου.



Εικόνα 2.2 Το παραπάνω σχήμα είναι γνωστό ως κατανομή Weibull. Χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει την ταχύτητα του ανέμου με το ποσοστό εμφάνισής του.

2.3 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μια από τις πρώτες, εάν όχι η πρώτη, που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για την επίτευξη κάποιων στόχων –σκοπών. Αιολική ενέργεια ονομάζεται η κινητική ενέργεια των ανέμων, η οποία χρησιμοποιείται απευθείας ή μετασχηματίζεται σε μηχανική ενέργεια προς όφελος μας, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό.

Στα αρχαία χρόνια, μία από τις πρώτες κατασκευές, με άμεση χρήση αιολικής ενέργειας, ήταν τα καράβια, που χρησιμοποιούσαν τον αέρα για την ώθηση των σκαφών. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνταν απευθείας η κινητική ενέργεια των ανέμων. Από την άλλη, η πρώτη κατασκευή, που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο με μετασχηματισμό της αιολικής ενέργειας σε μηχανική ήταν ο ανεμόμυλος, για την άλεση σιτηρών.

Η ονομασία της αιολικής ενέργειας προέρχεται από την ελληνική μυθολογία. Εκεί ο Αίολος αναφέρεται ως ο θεός και διαχειριστής των ανέμων. Η αιολική ενέργεια είναι ευρέως γνωστή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές περιπτώσεις, όπως για παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές συνδεδεμένες στο δίκτυο, για κάλυψη δικών τους αναγκών ή για πώληση. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση (θερμοκήπιο) ή ακόμα και σε παραδοσιακές χρήσεις όπως άλεση, άντληση και άρδευση.

Στην Ευρώπη από τον 12^ο έως τον 19^ο αιώνα όλα αυτά ήταν γνωστά. Το 1698 κατασκευάστηκε η πρώτη ατμομηχανή και ο πρώτος ατμοστρόβιλος, με συνεχή βελτιστοποίησή του στο επόμενο μοντέλο, το 1712. Έτσι μέχρι τις αρχές του 19^{ου} αιώνα είχε αρχίσει η εξάλειψή τους ενώ η οριστική τους «διαγραφή» έγινε στον Ά Παγκόσμιο Πόλεμο, παράλληλα με τη δημιουργία του κινητήρα εσωτερικής καύσης και τη διάδοση του ηλεκτρισμού. Μετά από κάμποσα χρόνια, στη δεκαετία του 1970, ξαναήρθε στη επιφάνεια δριμύτερη και κατασκευάστηκαν οι πρώτες ανεμογεννήτριες.

Παράλληλα με την Ευρώπη, και άλλοι πολιτισμοί χρησιμοποιούσαν την αιολική ενέργεια. Ήδη από το 3.500 π.Χ. ο άνθρωπος χρησιμοποίησε την ενέργεια του ανέμου στις θαλάσσιες μεταφορές, φτιάχνοντας ιστιοφόρα πλοία. Λέγεται ότι με αυτά οι Αιγύπτιοι βοηθούσαν τους εργάτες, που έσερναν τεράστιες σχεδίες κατά μήκος του Νείλου. Ο άνεμος χρησιμοποιήθηκε και για την ύδρευση και άρδευση, αλλά και για την άλεση δημητριακών και σπόρων, με την κατασκευή ανεμόμυλων. Οι πρώτοι ανεμόμυλοι εμφανίστηκαν στην Περσία περίπου το 3.000 π.Χ. Γύρω στο 700 π.Χ. στη Μεσοποταμία και την Κίνα άρχισαν να χρησιμοποιούνται ανεμόμυλοι κατακόρυφου άξονα περιστροφής.



Εικόνα 2.3 Διάφορες κατασκευές σε χώρες ανά τον κόσμο

Στην Εικόνα 2.3 παρουσιάζονται διάφορες κατασκευές ανεμόμυλων. Πιο συγκεκριμένα, στην εικόνα νούμερο (1), διακρίνεται ο μεσογειακός ανεμόμυλος.

Στην εικόνα νούμερο (2) ο αρχαίος Περσικός ανεμόμυλος, στην εικόνα νούμερο (3) ο Ολλανδικός ανεμόμυλος. Στην (4^η) εικόνα απεικονίζεται ο Αμερικάνικος ανεμόμυλος, στην (5^η) ο Αγγλικός ανεμόμυλος και τέλος στην (6^η) ο Δανικός ανεμόμυλος.

Από τη χρήση αιολικής ενέργειας απορρέουν πάρα πολλά οφέλη. Αυτό συμβαίνει κατά κύριο λόγο γιατί είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία παρέχεται δωρεάν από τη φύση. Άλλοι λόγοι είναι ότι είναι ώριμη και πολλή φιλική προς το περιβάλλον και ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία. Βοηθάει στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος και η παραγωγή της δεν εμπεριέχει επικίνδυνους αέριους ρύπους. Τέλος, προστατεύει τη γη, κατά κάποιο τρόπο, καθώς κάθε μια κλοβατόρα που παράγεται αντικαθιστά μια που παράγεται από συμβατικούς σταθμούς, οι οποίοι μολύνουν το περιβάλλον. Υπάρχουν σημαντικοί λόγοι για να προωθηθεί η παραγωγή αιολικής ενέργειας καθώς η αιολική ενέργεια είναι άκρως αποδοτική, ενεργειακά και επιχειρηματικά και η χώρα μας έχει γενναϊόδωρο αιολικό δυναμικό. Επίσης, συνεισφέρει σοβαρά στην εθνική οικονομία, καθώς υπάρχει απεξάρτηση από τα ακριβά συμβατικά εισαγόμενα καύσιμα. Στα πλεονεκτήματα της αιολικής ενέργειας είναι, επίσης, το γεγονός ότι συμβάλλει στην ηλεκτρική ενέργεια με ταυτόχρονη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων, πράγμα το οποίο σημαίνει μείωση επικίνδυνων αέριων ρύπων, οπότε με αυτό τον τρόπο βοηθάει στη μη επιβάρυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και με την αξιοποίηση της δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας με αποκορύφωμα τη λειτουργία αιολικών πάρκων με τα οποία δημιουργούνται έσοδα στους δήμους και στις κοινότητες.

Από την άλλη πλευρά, όμως, υπάρχει αρκετά μικρός συντελεστής απόδοσης σε σχέση με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ως τώρα χρησιμοποιείται ως συμπληρωματική πηγή ενέργειας, αφού δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την συνολική κάλυψη των αναγκών. Επίσης, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική μεταβάλλεται ανάλογα με την εποχή του έτους.

2.4 Ανεμόμετρο και Ανεμοδείκτης

Επειδή ο άνθρωπος ήθελε να προσδιορίσει τα χαρακτηριστικά του ανέμου έφτιαξε τα ανεμομετρικά όργανα, τα οποία είναι το ανεμόμετρο και ο ανεμοδείκτης. Αρχικά, το ανεμόμετρο μετρά την ταχύτητα του ανέμου. Υπάρχουν δύο είδη ανεμόμετρων: ανεμόμετρα κυπέλλων και ανεμόμετρα έλικας. Το ανεμόμετρο κυπέλλου αποτελείται από μικρά κύπελλα τα οποία είναι στερεωμένα στις άκρες οριζόντιων ακτινωτών βραχιόνων, που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120 μοιρών. Το ανεμόμετρο έλικας αποτελείται από μία μικρή έλικα και από ένα μικρό πτερύγιο στο πίσω μέρος. Από την ταχύτητα περιστροφής της έλικας μπορεί να υπολογιστεί η

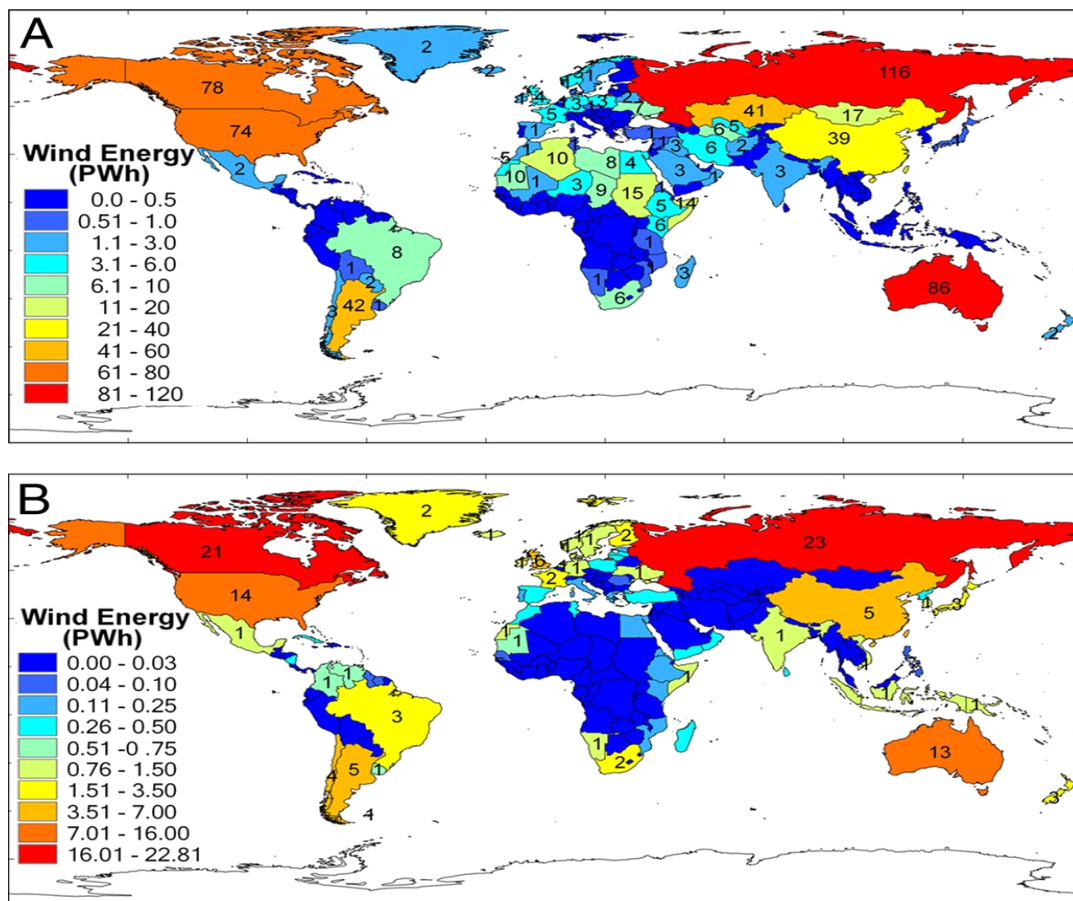
ταχύτητα του ανέμου. Σήμερα, υπάρχουν τα φορητά και τα μόνιμα ανεμόμετρα. Τα πλεονεκτήματα των φορητών είναι ότι μπορούμε να μεταφερθούν παντού, δεν χρειάζεται κάποια εγκατάσταση στο σκάφος και λειτουργούν μόνο όταν χρειαστούν, συνεπώς η διάρκεια ζωής τους είναι μεγαλύτερη. Το μειονέκτημα τους όμως, είναι ότι μετρούν τον σχετικό άνεμο στο επίπεδο του καταστρώματος και δεν μπορούν να δώσουν την πραγματική ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου, κατά την κίνηση. Τα μόνιμα ανεμόμετρα, από την άλλη, μετρούν τον άνεμο από ψηλά, και συγκεκριμένα από την κορυφή του καταρτιού, όπου η ταχύτητα του ανέμου είναι σαφώς μεγαλύτερη απ' ό,τι στο κατάστρωμα, δίνοντας έτσι καλύτερη περιγραφή της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου, γιατί δεν υπάρχουν εμπόδια, όπως αντικείμενα στον χώρο ή μεγάλα κύματα. Το μειονέκτημα είναι ότι τα κινούμενα μέρη τους, με την πάροδο του χρόνου χρειάζονται συντήρηση ή και αλλαγή, οπότε είναι κάτι που κοστίζει. Ο άνεμος εξαναγκάζει το σύστημα σε περιστροφή και από την ταχύτητα περιστροφής του ανεμομέτρου, μπορεί να υπολογιστεί η ταχύτητα του ανέμου. Οι ανεμοδείκτες χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες, ίσως και χιλιετίες. Πολλοί από αυτούς έχουν τη μορφή ενός κόκορα, ένα παλιό σύμβολο το οποίο σχετίζεται με τη χρήση τους στα καμπαναριά των χριστιανικών εκκλησιών, ώστε όλοι οι πιστοί να γνωρίζουν προς τα πού φυσά ο άνεμος. Δείχνουν την διεύθυνση του ανέμου. Ο ανεμοδείκτης αποτελείται από ένα κατακόρυφο άξονα, όπου στο πάνω μέρος του περιστρέφεται ένας οριζόντιος με ένα ή δύο ελάσματα στο ένα άκρο του. Όταν το έλασμα του ανεμοδείκτη ισορροπήσει, ο δείκτης του ανεμοδείκτη κατευθύνεται προς το μέρος από το οποίο φυσά ο άνεμος.

2.5 Αιολικό δυναμικό

Υπάρχει ακόμα μια ασάφεια γύρω από τη δημιουργία των ανέμων, ωστόσο όλες οι θεωρίες έχουν μια βασική αρχή. Όταν μια αέρια μάζα θερμανθεί, εκτονώνεται, γίνεται ελαφρύτερη και κινείται προς τα πάνω, αφού ο θερμός αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα από τον ψυχρό. Έτσι, η δημιουργία ανέμων οφείλεται σε ορισμένες διεργασίες της φύσης. Μια από τις θεωρίες είναι η λεγόμενη κατακόρυφη μεταφορά, όπου ένα στρώμα αέρα έρχεται σε επαφή με τη γήινη επιφάνεια, θερμαίνεται και ανέρχεται σε υψηλότερα στρώματα και τη θέση του παίρνουν ψυχρότερες αέριες μάζες. Άλλη, πάλι, θεωρία αναφέρεται στην κίνηση και περιστροφή της γης. Υπάρχουν πάντα και οι τοπικοί παράγοντες (θάλασσα, ξηρά, πεδιάδα, βουνά).

Στην Εικόνα 2.4 παρουσιάζεται το αιολικό δυναμικό σε παγκόσμια κλίμακα σε Ρwh(πετα-βατόρες). Διακρίνονται από το χρωματισμό οι διαφορές του αιολικού δυναμικού ανά χώρα. Σύμφωνα με την κλίμακα, στα πλάγια γίνεται φανερό ποια περιοχή έχει μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό και ποια το μικρότερο. Γίνεται κατανοητό, λοιπόν, ότι ανεπτυγμένες χώρες όπως Αμερική, Ρωσία, Καναδάς και

Αυστραλία θα μπορούσαν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες τους από την αιολική ενέργεια. Αντίθετα, η Ελλάδα είναι πολύ χαμηλά στη σχετική λίστα. Αν ενταχθούν στο παιχνίδι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω αιολικών πάρκων και άλλες μεγάλες χώρες όπως Κίνα, Ιαπωνία και άλλες, που είναι φανερό πια ότι έχουν αρχίσει να δραστηριοποιούνται, τότε οι στόχοι μείωσης εκπομπών ενέργειας που έχουν θέσει μέχρι το 2020 θα φαίνονται πολύ εύκολα επιτεύξιμοι.



Εικόνα 2.4 Παγκόσμιος χάρτης που απεικονίζει την ενέργεια την οποία μπορεί να παράγει κάθε χώρα μέσω της αιολικής ενέργειας.

Κεφάλαιο 3

3.1 Ανεμογεννήτρια

Ο James Blyth στα τέλη του 19ου αιώνα έκανε την πρώτη προσπάθεια για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω μιας αιολικής μηχανής, κατασκευάζοντας μια ανεμογεννήτρια συνεχούς ρεύματος 12kW. Το 1922, ο Σουηδός Sigurd Johannes Savonius κατασκευάζει την Savonius, η οποία ήταν μια ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα. Είναι μια από τις πιο απλές ανεμογεννήτριες, αφού αποτελείται από δυο ημικυκλικά πτερύγια με κενό ανάμεσα τους και η κάτοψή τους έχει το σχήμα "S". Το 1931 ο Darrieus κατασκευάζει μια ανεμογεννήτρια καθέτου άξονα, η οποία είχε καμπυλωτά πτερύγια. Οι Smith-Putman κατασκεύασαν το 1941 τη μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα σε παραγωγή ρεύματος, η οποία ήταν σε θέση να παράγει MW. Από εκεί και πέρα έγιναν κάποιες προσπάθειες για τη χρήση της αιολικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος αλλά εγκαταλείφθηκαν. Ωστόσο, τη δεκαετία του '70 και λόγω της απότομης αύξησης του πετρελαίου, ξαναστράφηκαν στην αιολική ενέργεια και μέσω κάποιων χρηματοδοτήσεων από τις κυβερνήσεις οι ανεμογεννήτριες είχαν ξανά μεγάλη ανάπτυξη, και σιγά σιγά σε πολλές χώρες ξεκίνησε η δημιουργία αιολικών πάρκων. Γενικά, η ανεμογεννήτρια είναι η τεχνολογία που κατασκευάστηκε για να αξιοποιεί τον άνεμο και να παράγεται ρεύμα από αυτόν. Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν τις δυνάμεις που αναπτύσσονται στις αεροτομές τους, ώστε να πετύχουν την παραγωγή ισχύος από τον άνεμο.

Όμως, υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην αρχή λειτουργίας ανάμεσα στους δύο τύπους ανεμογεννητριών, αυτές του οριζοντίου και του κατακόρυφου άξονα. Στις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, ο άξονας περιστροφής της φτερωτής βρίσκεται συνεχώς ευθυγραμμισμένος με την κατεύθυνση του ανέμου. Για τη δεδομένη ταχύτητα ανέμου και τη δεδομένη ταχύτητα περιστροφής, η γωνία πρόσπτωσης σε δεδομένη θέση πτερυγίου, παραμένει σταθερή σε όλο τον κύκλο περιστροφής. Στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, υπό τις ίδιες συνθήκες η γωνία πρόσπτωσης σε δεδομένο σημείο του πτερυγίου συνεχώς μεταβάλλεται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου περιστροφής.

3.1.1 Τύποι ανεμογεννητριών

Τα τελευταία χρόνια, η βιομηχανία παραγωγής ανεμογεννητριών παρουσιάζει μεγάλη οικονομική άνθηση. Για αυτό τον λόγο, έχουν κατασκευαστεί δεκάδες ανεμογεννήτριες για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Αυτές οι ανεμογεννήτριες μπορούν να τις χωριστούν ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων, ανάλογα με την κατεύθυνση του δρομέα αλλά κατά κύριο λόγο ανάλογα με τη θέση

του άξονα περιστροφής τους ως προς τη Γη. Ανάλογα με την θέση του άξονα υπάρχουν οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα (οι μηχανές τους κοιτάνε προς την κατεύθυνση του ανέμου) και οι καθέτου άξονα (οι μηχανές τους κοιτάνε αντίθετα από την κατεύθυνση του ανέμου).

Αρχικά, υπάρχουν οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, που έχουν τον άξονα τους παράλληλα προς την επιφάνεια της γης και συνήθως παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου. Συνήθως έχουν 2 ή 3 πτερύγια. Τα πτερύγια αυτά έχουν μεγάλο αεροδυναμικό βαθμό απόδοσης. Ο σκοπός του άξονα είναι να μετατρέπει τη γραμμική κίνηση του ανέμου σε περιστροφική, έτσι ώστε να είναι πολύ πιο εύκολο να χρησιμοποιηθεί για να κινήσει μια γεννήτρια και σαν αποτέλεσμα να παράξει ηλεκτρική ενέργεια. Όλες οι ανεμογεννήτριες, που υπάρχουν αυτήν την στιγμή στο εμπόριο προς αγορά και που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο για παραγωγή ενέργειας, βασίζονται σε δρομέα σαν προπέλα που στηρίζεται πάνω σε έναν οριζόντιο άξονα. Στον Πίνακα 3.1 δίνεται η βασικές κατηγορίες ταξινόμησης των ανεμογεννητριών ανάλογα με το μέγεθός τους.

Πίνακας 3.1: Αντιστοιχία ανεμογεννήτριας σε σχέση με την απόδοση

Μέγεθος Α/Γ	Ισχύς εξόδου (kw)	Ύψος πύργου (m)	Διάμετρος ρότορα(m)	Επιφάνεια σάρωσης()
micro	<1 kw	-m	<1 m	<1
Μικρό	Απο 1-50 kw	Απο 5-30 m	Απο 1-16 m	Απο 1-200
Μεσαίο	Απο 50-1000kw	Απο 30-70 m	Απο 16-55 m	Απο 200-2400
Μεγάλο	> 1000 kw	>70 m	>55 m	>2400

Έπειτα, όσον αφορά τις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, αυτές μοιάζουν με υδραυλικούς τροχούς. Η μόνη ανεμογεννήτρια τέτοιου τύπου, η οποία έχει κατασκευαστεί και κυκλοφορεί στο εμπόριο προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είναι η μηχανή του Darrieus, η οποία ονομάστηκε έτσι από τον Γάλλο κατασκευαστή της που έφερε το ίδιο όνομα. Άλλη μια κατηγορία που συναντάμε είναι η Savonius.



Εικόνα 3.1 (Αριστερά) Α/Γ οριζόντιου άξονα, (Δεξιά) Α/Γ κατακόρυφου άξονα.

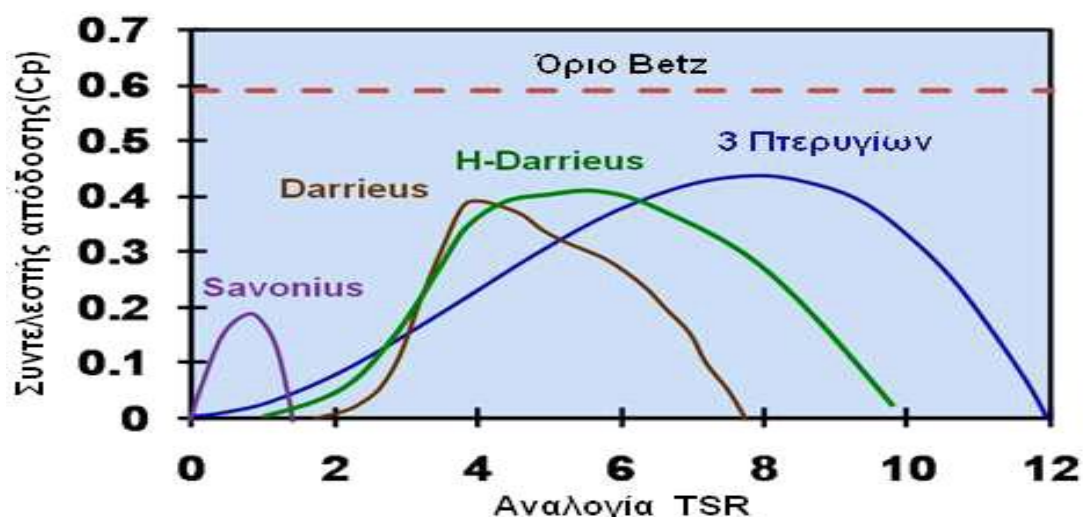
3.2 Συντελεστής απόδοσης

Η πραγματική ισχύς που συλλαμβάνεται από το ρότορα της τουρμπίνας του ανέμου και συμβολίζεται με P_R , αποτελεί ένα πολύ μικρό ποσοστό από την ολική διαθέσιμη ισχύ που εμπεριέχει ο άνεμος και ορίζεται από τον συντελεστή απόδοσης C_p , ο οποίος είναι ουσιαστικά ένας τύπος μετατροπής της αποδοτικότητας ισχύος. Μέγιστη θεωρητική τιμή του συντελεστή απόδοσης είναι 0.593. Βέβαια, για να εξηγήσουμε τον συντελεστή απόδοσης, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την συνολική ισχύ που είναι διαθέσιμη στον αέρα.

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

(εδώ φαίνεται ο τύπος που μας δίνει την συνολική ισχύ του αέρα που είναι διαθέσιμη). Όπου A εμβαδόν διατομής, ρ πυκνότητα αέρα, V ταχύτητα αέρα)

$$C_p = P_R / P$$



Σχήμα 3.2 Απεικονίζει σχηματικά τις αποδόσεις των διάφορων τύπων των Α/Γ.

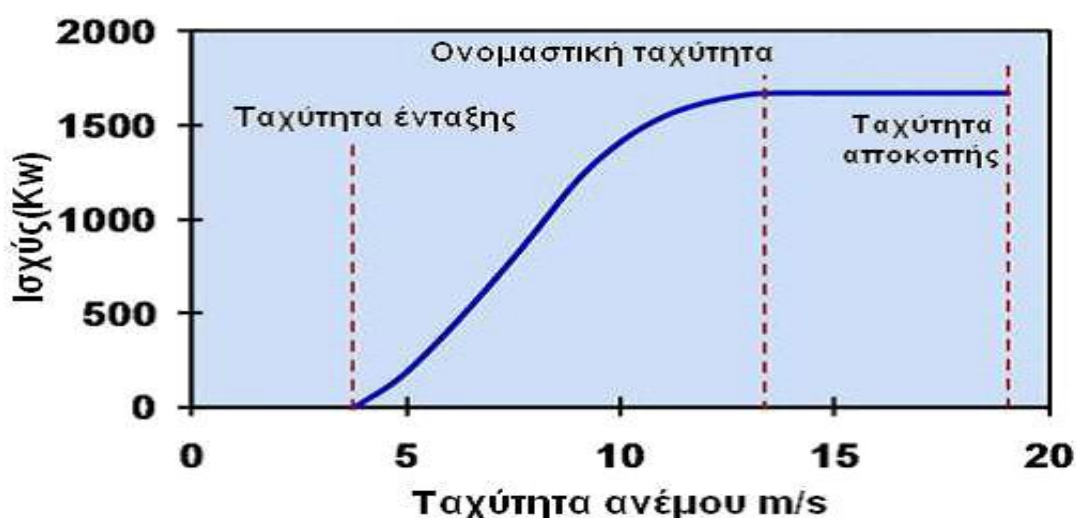
Στο Σχήμα 3.2 ορίζονται οι διάφοροι τύποι ανεμογεννητριών και ο συντελεστής απόδοσής τους. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από το σχήμα, η Α/Γ Savonius είναι λιγότερο αποτελεσματική σε σχέση με τις υπόλοιπες. Οι τύποι Darrieus, σε σχέση με τις άλλες ανεμογεννήτριες οριζώντιου άξονα, μπορεί να έχουν παρόμοιο συντελεστή απόδοσης αλλά πιάνουν πιο υψηλές τιμές TSR και αυτό συμβαίνει γιατί έχουν πτερύγια και έτσι επιτυγχάνουν γρηγορότερη ταχύτητα περιστροφής ή πετυχαίνουν απόδοση σε χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου.

3.3 Καμπύλη ισχύος

Η καμπύλη ισχύος μιας ανεμογεννήτριας (Σχήμα 3.3) δείχνει την καθαρή ισχύ εξόδου σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου και παρέχεται από τους κατασκευαστές για κάθε ανεμογεννήτρια. Η παρακάτω εικόνα διαθέτει τρία οριακά σημεία. Αρχικά, η ταχύτητα στην οποία η Α/Γ αρχίζει την παραγωγή ενέργειας είναι γνωστή ως ταχύτητα ένταξης. Σε δεύτερη φάση είναι η ονομαστική ταχύτητα, όπου πρόκειται για την μέγιστη ταχύτητα στην οποία η Α/Γ φτάνει στο μέγιστο της παραγωγής ενέργειας. Τέλος, είναι και η ταχύτητα αποκοπής. Πρόκειται για την υψηλότερη ταχύτητα του ανέμου που μπορεί να λειτουργήσει η ανεμογεννήτρια. Πάνω από αυτήν την ταχύτητα η γεννήτρια σταματάει, για να αποτραπεί πιθανή βλάβη στα πτερύγια.

$$P_T = C_p n_g n_b \left(\frac{1}{2} A \rho V^3 \right)$$

Όπου n_g και n_b είναι ο ηλεκτρικός και μηχανικός βαθμός απόδοσης, P_T η ισχύς εξόδου, A το εμβαδόν διατομής πτερυγίων, ρ η πυκνότητα αέρα, V η ταχύτητα αέρα και τέλος C_p είναι ο συντελεστής απόδοσης.



Σχήμα 3.3 Το παραπάνω σχήμα δίνει πληροφορίες της τάξεως από την ταχύτητα έναρξης της Α/Γ έως την ταχύτητα αποκοπής σε σχέση με την παραγωγή ενέργειας.

3.4 Συντελεστής χρησιμοποίησης Ανεμογεννήτριας

Ένα άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος μιας ανεμογεννήτριας, που εξαρτάται από την κατανομή της ταχύτητας του ανέμου κατά την διάρκεια του έτους, τον τόπο εγκατάστασής της και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της, είναι ο συντελεστής εκμετάλλευσής της. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το λόγο της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας προς αυτήν που θα παράγονταν αν η ανεμογεννήτρια

λειτουργούσε στην ονομαστική ισχύ της συνεχώς κατά την διάρκεια του έτους. Ο συντελεστής χρησιμοποίησης έχει ιδιαίτερη σημασία, αφού σχετίζεται άμεσα με τη βιωσιμότητα μίας ενεργειακής επένδυσης και εκφράζει πόσο αξιοποιείται η ανεμογεννήτρια στον τόπο εγκατάστασής της. Εκτιμάται, ότι η ελάχιστη τιμή του εν λόγω συντελεστή, ώστε να εξασφαλίζεται η οικονομική βιωσιμότητα ενός αιολικού σταθμού στα μη διασυνδεδεμένα νησιά είναι 27,5%. Συνήθεις τιμές του είναι 25%-35%, δίχως να αποκλείονται χαμηλότερες τιμές. Είναι προφανές, ότι εάν προκύπτουν τιμές χαμηλότερες αυτού του διαστήματος, τότε η επένδυση αποτυγχάνει και δύσκολα αποσβήνεται το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης. Επιπλέον, οι μεγαλύτερες τιμές προκύπτουν, όπως γίνεται αντιληπτό, για περιοχές με μεγάλη ετήσια ταχύτητα ανέμου, αλλά εξαρτάται, επίσης, από τη μορφή της καμπύλης ισχύος της Α/Γ και από τη διαθεσιμότητα της.

$$\Sigma.X. = \frac{E}{8760 * P_{\pi}}$$

(Όπου E η παραγόμενη ενέργεια, το 8760 είναι οι ώρες που έχει ο 1 χρόνος και το P_{π} η ονομαστική ισχύς εξόδου της Α/Γ)

3.5 Αρχή και μέθοδοι λειτουργίας ανεμογεννήτριας

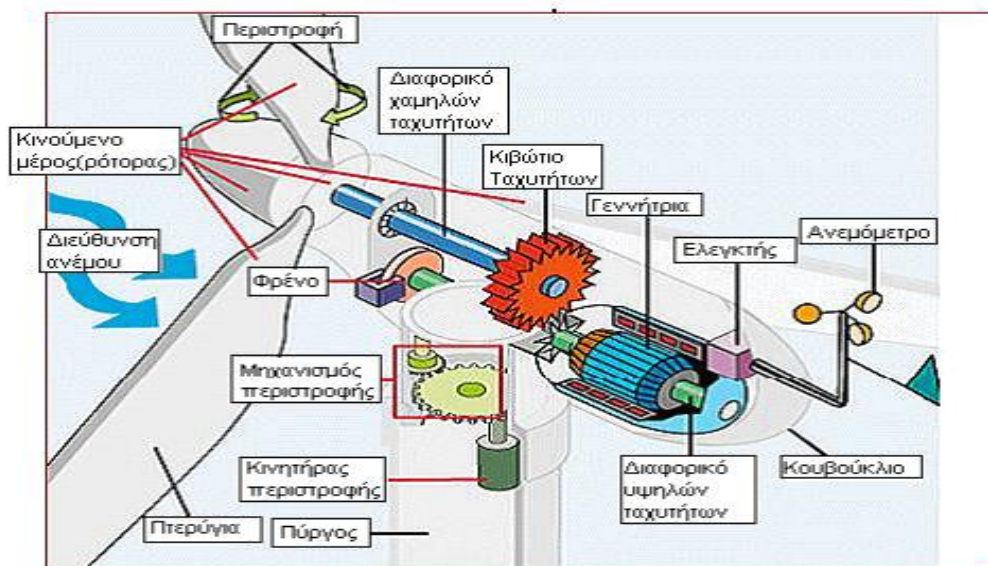
Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν τις δυνάμεις που αναπτύσσονται στις αεροτομές τους, ώστε να πετύχουν την παραγωγή ισχύ από τον άνεμο. Υπάρχουν, ωστόσο, αρκετές διαφορές στην αρχή λειτουργίας ανάμεσα σε ανεμογεννήτριες κατακόρυφου και οριζόντιου άξονα. Για παράδειγμα, στις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, ο άξονας περιστροφής της φτερωτής βρίσκεται συνεχώς ευθυγραμμισμένος με την κατεύθυνση του ανέμου. Για τη δεδομένη ταχύτητα ανέμου και τη δεδομένη ταχύτητα περιστροφής, η γωνία πρόσπτωσης σε δεδομένη θέση πτερυγίου, παραμένει σταθερή σε όλο τον κύκλο περιστροφής. Από την άλλη μεριά, οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, υπό τις ίδιες συνθήκες, η γωνία πρόσπτωσης σε δεδομένο σημείο του πτερυγίου συνεχώς μεταβάλλεται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου περιστροφής.

Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι λειτουργίας των συστημάτων μετατροπής της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η μέθοδος λειτουργίας σταθερής ταχύτητας και η μέθοδος λειτουργίας μεταβλητής ταχύτητας. Η πρώτη κατηγορία σημαίνει ότι υπάρχει ο δρομέας της ανεμογεννήτριας, ο οποίος στρέφεται με σταθερό αριθμό στροφών, ανεξάρτητα από την ένταση και την ταχύτητα ανέμου. Η σύνδεση γίνεται απευθείας, χρησιμοποιώντας ένα μετασχηματιστή προσαρμογής του επιπέδου τάσης της γεννήτριας σε αυτό του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το σύστημα σταθερών στροφών παρουσιάζει το πλεονέκτημα της εξαιρετικής απλότητας και αξιοπιστίας και των μηδενικών αναγκών συντήρησης, γεγονός που

συνέβαλε στην καθιέρωσή του. Πέραν, όμως του πλεονεκτήματος ότι είναι εξαιρετικά οικονομικά συστήματα, έχουν και αρκετά μειονεκτήματα, όπως το ότι σχετίζονται αφ' ενός με την σταθερότητα των στροφών και αφ' ετέρου με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της μηχανής επαγωγής. Επίσης, άλλο ένα αρνητικό στοιχείο είναι ότι εμφανίζονται έντονες ταλαντώσεις στο σύστημα ισχύος αλλά και στην ισχύ εξόδου της γεννήτριας. Αυτό συμβαίνει, όταν μεταβαλλόμενη αεροδυναμική ροπή περιέχει αρμονικές συνιστώσες, που βρίσκονται κοντά στις συχνότητες συντονισμού του μηχανικού συστήματος μετάδοσης της ισχύος.

Από την άλλη μεριά, εντοπίζονται οι ανεμογεννήτριες μεταβλητής ταχύτητας. Εδώ η ταχύτητα του δρομέα της ανεμογεννήτριας μεταβάλλεται κατά ελεγχόμενο τρόπο, ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Σε αυτή τη λειτουργία, το πλεονέκτημα είναι η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης της μηχανής, καθώς αυξάνεται το ποσοστό εκμετάλλευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου, κυρίως κατά τις χαμηλές ταχύτητες ανέμου. Ένα από τα μειονεκτήματα εδώ είναι ότι υπάρχει αυξημένη πολυπλοκότητα λόγω του μετατροπέα συχνότητας και αντίστοιχη αύξηση του κόστους.

3.6 Εξαρτήματα



Εικόνα 3.4 Τα λειτουργικά μέρη μιας Α/Γ

Τα βασικά μέρη μια ανεμογεννήτριας δείχνονται στην Εικόνα 3.4. Πιο αναλυτικά:

Κουβούκλιο (Άτρακτος): Μέσα σε αυτό περιλαμβάνονται όλα τα βασικά στοιχεία της ανεμογεννήτριας.

Πτερύγια: Τα πτερύγια μεταφέρουν την ισχύ στον ρότορα που συλλέγουν από τον αέρα.

Κεφαλή: Εδώ καταλήγει η ισχύ του συλλεγόμενου αέρα από τα πτερύγια

Διαφορικό χαμηλών ταχυτήτων: Εδώ έχουμε την σύνδεση της κεφαλής με το κιβώτιο ταχυτήτων. Περιέχει, επίσης, σωλήνες για το υδραυλικό σύστημα, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει το φρένο.

Κιβώτιο ταχυτήτων: Στο κιβώτιο ταχυτήτων έχουμε από αριστερά το διαφορικό χαμηλών στροφών και μεταφέρει την κίνηση στα δεξιά στο διαφορικό υψηλών στροφών, εκεί όπου επιτυγχάνουμε περιστροφή ταχύτητας 50 φορές μεγαλύτερη από αυτή στο χαμηλό διαφορικό.

Διαφορικό υψηλών ταχυτήτων: Εδώ έχουμε ταχύτητα περιστροφής γύρω στις 1500 στροφές ανά λεπτό. Σε αυτό θα βρούμε, επίσης, και ένα δισκόφρενο σε περίπτωση ανάγκης (θα χρειαστεί όταν ξεπεράσει η ταχύτητα ανέμου την ταχύτητα αποκοπής). Ακόμη, ένα μηχανικό φρένο θα έρθει να συμπληρώσει την αποφυγή κάποιας καταστροφής σε περίπτωση που το αεροδυναμικό φρένο υποστεί κάποια βλάβη.

Ηλεκτρική γεννήτρια: Η ηλεκτρική γεννήτρια μπορεί να είναι είτε σύγχρονη είτε ασύγχρονη γεννήτρια. Η μέγιστη ισχύς της εντοπίζεται μεταξύ 600kw και 3000kw.

Μηχανισμός περιστροφής: Εδώ παρουσιάζεται ο μηχανισμός περιστροφής. Χρησιμοποιεί ηλεκτρικές μηχανές για να στρέψει το κουβούκλιο στον άνεμο, ελέγχεται μέσω ηλεκτρονικού ελεγκτή ο οποίος μέσω ανεμοδείκτη βλέπει από που προέρχεται ο άνεμος.

Ηλεκτρονικός ελεγκτής: Περιέχει έναν υπολογιστή, ο οποίος παρακολουθεί διαρκώς την κατάσταση της ανεμογεννήτριας, σε περίπτωση βλάβης ή κάποιας επιπλοκής, ο υπολογιστής δίνει εντολή να σταματήσει η λειτουργία της ανεμογεννήτριας και καλεί τον υπολογιστή του ελεγκτή μέσω τηλεφωνικής σύνδεσης.

Ανεμόμετρο η ανεμοδείκτης: Χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της έντασης – διεύθυνσης του ανέμου. Όταν η τιμή της έντασης του ανέμου ξεπεράσει την ελάχιστη τιμή, τότε δίνει σήμα στον ηλεκτρονικό ελεγκτή της ανεμογεννήτριας να ξεκινήσει την λειτουργία της. Αν από την άλλη, όταν η ένταση ανέμου υπερβεί ένα όριο το οποίο θέτει σε κίνδυνο την ανεμογεννήτρια, δίνει πάλι σήμα στον ελεγκτή να σταματήσει τη λειτουργία της.

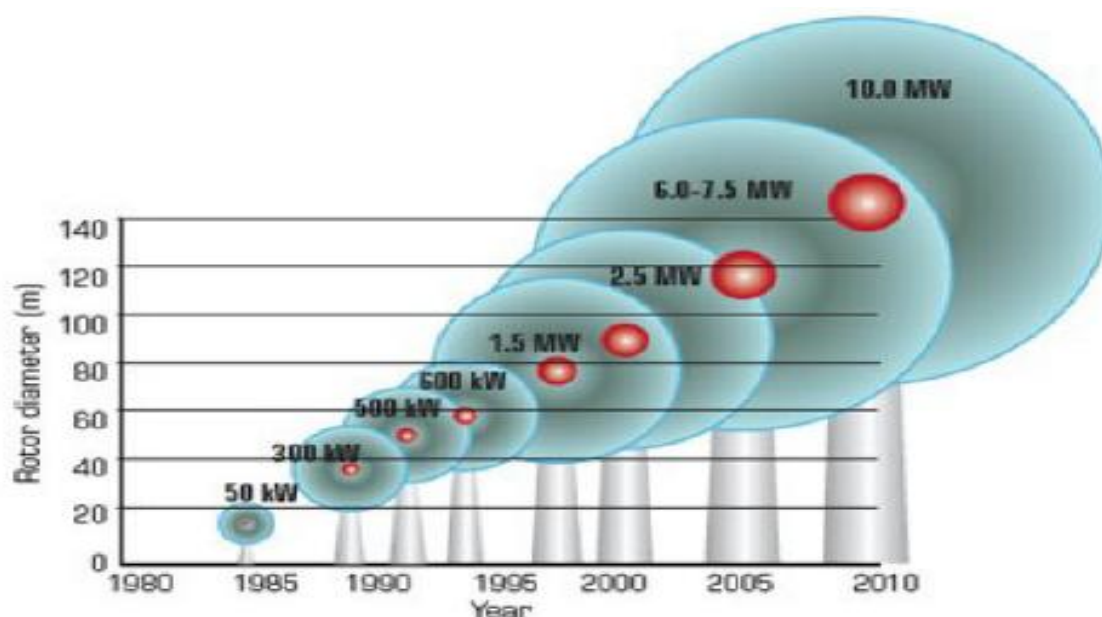
Πύργος: Στον πύργο οφείλεται η στήριξη του κουβουκλίου και των κινούμενων μερών της ανεμογεννήτριας. Ο πύργος οφείλει να είναι ψηλός, καθώς οι ταχύτητες ανέμου αυξάνονται όσο απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια του εδάφους.

Μονάδα ψύξης: Εδώ περιέχεται ένας ηλεκτρικός ανεμιστήρας, ο οποίος ψύχει την ηλεκτρική γεννήτρια. Υπάρχει και μια επιπρόσθετη μονάδα ψύξης με λάδι, ώστε να επεμβαίνει στην ψύξη στο κιβώτιο ταχυτήτων.

Υδραυλικό σύστημα: Χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο για να επαναφέρει τα αεροδυναμικά φρένα της ανεμογεννήτριας.

3.7 Μέγεθος ανεμογεννητριών

Η μορφή των ανεμογεννητριών έχει περάσει από πολλά στάδια στην πάροδο των χρόνων, πριν φτάσει 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.



Εικόνα 3.5 Παραγόμενη ισχύς εξόδου σε σχέση με την εξέλιξη των μηχανημάτων ανά πενταετίες.

Η Εικόνα 3.5 δίνει μια εικόνα από την εξέλιξη των Α/Γ κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Γίνεται μια ιστορική αναδρομή από την πρώτη Α/Γ που κατασκευάστηκε-χρησιμοποιήθηκε το 1985 με ισχύ εξόδου 50kW και εμβαδόν

σάρωσης πτερυγίων περίπου 314 m² μέχρι και την σημερινή που έχουν καταφέρει να έχει ισχύ εξόδου 10MW και εμβαδόν στα 15.000 m².

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. Ουσιαστικά, 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 69m 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.

3.8 Συντήρηση

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται οι σημαντικότερες διαδικασίες συντήρησης ενός αιολικού πάρκου, προκειμένου να αποφευχθούν τεχνικά προβλήματα, αστοχίες και ατυχήματα κατά τη λειτουργία του. Οι ανεμογεννήτριες είναι αρκετά πολύπλοκες μηχανές και η σωστή λειτουργία τους επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων, όπως είναι οι καιρικές συνθήκες, η ταχύτητα του ανέμου, οι δονήσεις των πτερυγίων κ.α. Επομένως, είναι πολύ σημαντική η ορθή και τακτική συντήρηση τους προκειμένου να προληφθούν καταστάσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπανόρθωτες ζημιές. Οι δονήσεις, που δέχονται κυρίως τα πτερύγια αλλά και άλλα μέρη μιας ανεμογεννήτριας από τον άνεμο, είναι ο παράγοντας που καθορίζει κατά το μέγιστο τη 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.

Για την εξάλειψη αυτών των προβλημάτων και την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας λειτουργικής αστοχίας ή ατυχήματος είναι απαραίτητη η εκτέλεση της κατάλληλης προληπτικής συντήρησης. 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 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 – 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 συντήρηση. Η προαιρετική συντήρηση ασχολείται κυρίως με την ανάλυση των υπάρχοντων 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 μετά 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. Ένα 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.

Ένα άλλο σημαντικό θέμα του κεφαλαίου είναι η ανάλυση των δεδομένων που λαμβάνονται από τις ανεμογεννήτριες. Με ειδικά όργανα οι ανεμογεννήτριες δύνανται να καταγράψουν ποικίλες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση τους, την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου, την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κλπ. Αυτά τα δεδομένα πρέπει αφενός να αποθηκεύονται και αφετέρου να αναλύονται συστηματικά. Ο αριθμός των ωρών λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας, η παραγωγική της ικανότητα, ο μέσος χρόνος μεταξύ των παρατηρούμενων βλαβών και ο μέσος χρόνος επιδιόρθωσης αποτελούν επίσης πολύ σημαντικές πληροφορίες που πρέπει πάντα να καταγράφονται για κάθε αιολικό πάρκο.

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 και τα ωράρια εργασίας του προσωπικού.

Πίνακας 3.2: Πλάνο εγκατάστασης –τοποθέτησης

<i>Επιλογή πιθανών θέσεων</i>
<i>Μελέτη κάθε προεπιλεγμένης θέσης</i>
<i>Καθορισμός συγκεκριμένης ενδιαφέρουσας περιοχής</i> <i>Μελέτη των αιολικών δεδομένων</i> <i>Επιλογή τύπου Α/Γ</i> <i>Μελέτη των επιπτώσεων στο περιβάλλοντα χώρο</i>
<i>Κόστος εγκατάστασης</i> <i>Κόστος λειτουργίας</i>
<i>Ταξινόμηση των διαφόρων θέσεων</i> <i>Σύγκριση πλεονεκτημάτων - μειονεκτημάτων αυτών</i>
<i>Επιλογή τελικής θέσης</i>

3.9 Τοποθέτηση

Δύο πολύ σημαντικοί παράγοντες για την επιλογή μέρους τοποθέτησης των Α/Γ είναι η ταχύτητα που πνέει και η ενέργεια που μπορεί να δώσει. Η διαδικασία επιλογής (Πίνακας 3.2) χωρίζεται σε 4 βήματα. Αρχικά, υπάρχει επιλογή διαφόρων θέσεων. Σε αυτές τις θέσεις γίνονται αιολικές μετρήσεις. Το επόμενο βήμα είναι η επεξεργασία των δεδομένων της κάθε θέσης και οικονομικοτεχνική ανάλυση και τέλος, η επιλογή της οριστικής θέσης με βάση τη βέλτιστη λύση του προηγούμενου

βήματος. Γενικά, οι ανεμογεννήτριες συνηθίζεται να τοποθετούνται σε περιοχές με ικανοποιητικές μέσες ταχύτητες ανέμου.

Υπολογίζεται, ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1m/s, 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. Ένα πάρκο ανεμογεννητριών, με ταχύτητα ανέμου 8m/s αποδίδει 1600kW, ενώ με 4m/s αποδίδει μόνο 200kW. Η ύπαρξη ανωμαλιών του εδάφους, κτιρίων, δέντρων ή εμποδίων γενικά μπορεί να δημιουργήσει στροβιλισμούς και να μειώσει την αποδοτικότητα.

Κεφάλαιο 4

4. Αιολικά πάρκα

Αιολικό πάρκο ή Αιολικός Σταθμός Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας ονομάζεται η χερσαία ή θαλάσσια έκταση στην οποία έχει τοποθετηθεί ένας αριθμός ανεμογεννητριών με σκοπό τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική. Συγκεκριμένα, είναι βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίες αποτελούνται από τις ανεμογεννήτριες, τα καλώδια μεταφοράς ρεύματος, τους μετεωρολογικούς ιστούς, τους σταθμούς μετασχηματισμού και βοηθητικές υποδομές συμπεριλαμβανομένων των δρόμων. Ειδικότερα, αποτελούνται από Α/Γ με πυλώνες, ύψους 50-75m, με πτερωτή διαμέτρου 40m και με τελικό ύψος που φτάνει στα 70-95m, όσο δηλαδή ένας ψηλός λόφος. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους δε ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα με τη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα ή άλλων αερίων, που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

4.1 Χερσαία-Παράκτια-Υπεράκτια αιολικά πάρκα

Ανάλογα με την τοποθεσία όπου εγκαθίστανται οι συστοιχίες των ανεμογεννητριών, τα αιολικά πάρκα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, σε χερσαία, υπεράκτια και παράκτια (Εικόνα 4.1). Χερσαία είναι αυτά τα οποία η εγκατάσταση τους γίνεται στην στεριά και αποτελούν περίπου το 98% των εν λειτουργία αιολικών πάρκων στον πλανήτη ενώ υπεράκτια αυτά τα οποία εγκαθίστανται στις θάλασσες. Τέλος, τα παράκτια τοποθετούνται κοντά στη στεριά.

Χερσαία αιολικά πάρκα

Χερσαία αιολικά πάρκα ονομάζονται αυτά που κατασκευάζονται στις κορυφογραμμές περιοχών με μεγάλο σχετικά υψόμετρο, τουλάχιστον τρία χιλιόμετρα προς το εσωτερικό από την πλησιέστερη ακτογραμμή. Αυτό συμβαίνει για την εκμετάλλευση της λεγόμενης τοπογραφικής επιτάχυνσης, την επιτάχυνση δηλαδή του ανέμου καθώς διασχίζει μια κορυφογραμμή. Η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου οδηγεί και σε αύξηση της παραγόμενης ενέργειας. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην ακριβή τοποθέτηση των ανεμογεννητριών, η οποία γίνεται μετά από αναλυτική παρακολούθηση των τοπικών ανέμων για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα πριν την εγκατάσταση. Ένα από τα πλεονεκτήματα των χερσαίων αιολικών πάρκων είναι το χαμηλότερο κόστος παραγωγής από τα παράκτια αιολικά πάρκα και η εύκολη πρόσβαση για την συντήρηση αυτών. Κάτι ακόμα είναι ότι υπάρχει αρκετά εύκολη σύνδεση με το δίκτυο. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν και κάποιες ανησυχίες,

όπως για θόρυβο (από τους έλικες), οπτική ρύπανση του τόπου (μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και για γεωργικές και για κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις) και προβληματισμοί για την αστάθεια συνθηκών ανέμου (για μέρες ολόκληρες μπορεί να μην φυσάει καθόλου).

Παράκτια αιολικά πάρκα

Πρόκειται για αιολικά πάρκα εγκατεστημένα σε απόσταση από την ακτογραμμή μικρότερη των τριών χιλιομέτρων προς το εσωτερικό ή μικρότερη των δέκα χιλιομέτρων προς τη θάλασσα. Το πλεονέκτημά τους έγκειται στους ισχυρούς ανέμους, που δημιουργούνται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Τα παράκτια πάρκα, που βρίσκονται εγκατεστημένα στην ξηρά, θεωρούνται εξίσου διαδεδομένα και ώριμα, καθώς χρησιμοποιούν όμοια τεχνολογία. Επίσης, ένα από τα κυριότερα οφέλη, σε σχέση με τα χερσαία, είναι η απόδοση του ανέμου, που είναι πιο σταθερή από την ξηρά αλλά και η μικρότερη οπτική ενόχληση. Αντίθετα, τα παράκτια πάρκα εντός της θαλάσσης, παρουσιάζουν δυσκολίες παρόμοιες με των υπεράκτιων, αναφορικά με τη στήριξη των ανεμογεννητριών και την κατασκευή, που είναι πιο ακριβή και καθορίζεται ανάλογα με το βάθος της. Ωστόσο, τα βάθη κοντά στις ακτές παραμένουν, συνήθως, μικρά περιορίζοντας το πρόβλημα. Καθότι οι παράκτιες περιοχές συγκεντρώνουν μεγάλο μέρος πληθυσμού και χρήσεων γης, παγκοσμίως, τα παράκτια πάρκα αντιμετωπίζουν προβλήματα. Η αξία της γης των παραθαλάσσιων περιοχών είναι υψηλή, επιβαρύνοντας την επένδυση. Επιπλέον, αντιδράσεις παρουσιάζονται με αφορμή την υποβάθμιση του τουριστικού προϊόντος και την ασφάλεια των λουόμενων. Τέλος, οι εγκαταστάσεις εντός της θάλασσας κατηγορούνται για παρεμπόδιση της αλιείας, υποβάθμιση της ποιότητας και ποσότητας του αλιευτικού προϊόντος και δυσκολίες στη ναυσιπλοΐα.

Υπεράκτια αιολικά πάρκα

Υπεράκτια πάρκα αποκαλούνται εκείνα που βρίσκονται τοποθετημένα εντός της θαλάσσης και σε απόσταση μεγαλύτερη των δέκα χιλιομέτρων από την ακτή. Αποτελούν την τελευταία εξέλιξη στον τομέα της χωροθέτησης της αιολικής ενέργεια, ενώ οι λεπτομέρειες της κατασκευής τους εξακολουθούν να μελετώνται. Η κατασκευή υπεράκτιων ανεμογεννητριών απαιτεί σημαντική εφαρμοσμένη μηχανική όσον αφορά την υποδομή, τοποθέτηση, συντήρηση, ηλεκτρική σύνδεση και τη χρήση υλικών, τα οποία αντέχουν στο διαβρωτικό θαλάσσιο περιβάλλον. Το ότι το θαλάσσιο περιβάλλον δίνει περισσότερη ελευθερία στην εύρεση κατάλληλης περιοχής για εγκατάσταση αιολικού πάρκου δεν σημαίνει ότι η επιλογή της περιοχής γίνεται αυθαίρετα. Για να επιλεγεί κάποια περιοχή, πρέπει να πληροί κάποια βασικά κριτήρια, τα οποία θέτονται από την εκάστοτε χώρα. Συνήθως, τα

κριτήρια αυτά έχουν να κάνουν με το βάθος (συνήθως έως 50 μέτρα), την απόσταση από την ακτή (συνήθως μέχρι 10 χιλ.), την οπτική όχληση από την ακτή, το αν η περιοχή είναι προστατευόμενη, η ύπαρξη ικανοποιητικής ταχύτητας ανέμου και άλλα. Τα πλεονεκτήματα αυτών των αιολικών πάρκων έναντι των χερσαίων είναι η αύξηση της ταχύτητας των ανέμων στις θάλασσες και τους ωκεανούς σε σχέση με την στεριά. Δεδομένου ότι η ενέργεια που φέρει ο άνεμος είναι ανάλογη της ταχύτητας του υψωμένη στον κύβο, μπορεί να αυξηθεί περίπου 73% καθώς απομακρυνόμαστε από την στεριά. Επίσης, στη θάλασσα περίοδοι απόλυτης νηνεμίας είναι εξαιρετικά σπάνιες και διαρκούν πολύ λίγο. Έτσι είναι προφανές ότι ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο θα λειτουργεί με καλύτερη απόδοση από ένα αντίστοιχης δυναμικότητας στην στεριά. Υπάρχουν λιγότερες αναταράξεις στον άνεμο, δηλαδή η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στην επιφάνεια του νερού και στον αέρα από πάνω της είναι κατά πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη στην στεριά, ειδικότερα κατά την διάρκεια της ημέρας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο άνεμος να παρουσιάζει λιγότερες αναταράξεις στη θάλασσα. Έτσι, έχουμε μικρότερα μηχανικά φορτία και μικρότερη καταπόνηση στις ανεμογεννήτριες. Υπολογίζεται, ότι μια ανεμογεννήτρια κατασκευασμένη ώστε να έχει 20 χρόνια διάρκεια ζωής τοποθετημένη στην στεριά, στη θάλασσα μπορεί να έχει 25-30 χρόνια.

Πλωτή Α/Γ

Πρόκειται για μια πλωτή ανεμογεννήτρια, θα υψώνεται πάνω σε μια κούφια σφαίρα από τσιμέντο και θα μπορεί να μετατρέπει το θαλασσινό νερό σε ηλεκτρική ενέργεια. Σύμφωνα με τους επιστήμονες, η σφαίρα αυτή λειτουργεί και ως αποθηκευτικός χώρος της πλεονάζουσας ενέργειας για τις ημέρες χωρίς άνεμο. Η ιδέα πίσω από τη σφαίρα, όπως αναπτύσσεται στην επιθεώρηση, είναι αρκετά απλή: καθώς οι πλωτές ανεμογεννήτριες περιστρέφονται, διοχετεύουν το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που παράγουν στο δίκτυο. Λίγη από αυτή η ενέργεια, ωστόσο, προορίζεται για την άντληση θαλασσινού νερού από τις σφαίρες διαμέτρου 25 μέτρων, οι οποίες είναι τοποθετημένες στον πυθμένα. Καθώς η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται, οι αντλίες παύουν να λειτουργούν και το θαλασσινό νερό επιστρέφει με ορμή στη σφαίρα μέσω ενός στροβίλου, ο οποίος με τη σειρά του περιστρέφεται παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Οι ερευνητές υπολόγισαν ότι μια τέτοια σφαίρα μπορεί να αποθηκεύσει έως και 6 μεγαβατώρες, ενώ χίλιες σφαίρες θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν ένα πυρηνικό εργοστάσιο. Οι επιστήμονες κατασκεύασαν ένα δοκιμαστικό μοντέλο της σφαίρας διαμέτρου 76 εκατοστών και αναζητούν χρηματοδότηση για να δημιουργήσουν ένα πραγματικό πρωτότυπο, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί σε δοκιμές. Οι έρευνες τους εστιάζονται στον καθορισμό του σωστού πάχους των τοιχωμάτων της σφαίρας, ώστε να μπορεί

να αντέξει στην υδροστατική πίεση και παράλληλα να είναι αρκετά σταθερή για να υποστηρίξει την ανεμογεννήτρια. Εκτιμούν ότι, με τα σημερινά δεδομένα, η κατασκευή και εγκατάσταση μόνο μίας τέτοιας σφαίρας θα στοίχιζε περίπου 9 εκατομμύρια ευρώ. Υπολογίζουν, ωστόσο, ότι υπεράκτια αιολικά πάρκα αποτελούμενα από ανεμογεννήτριες με δυνατότητα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα μπορούσαν κάποτε να καλύπτουν πάνω από το 1/5 των ενεργειακών μας αναγκών.

Μια τέτοια εγκατάσταση βρίσκεται στο Λονδίνο στην περιοχή του Πίτερχεντ, στη Σκωτία. Η λύση που επιλέχθηκε ήταν η εγκατάσταση των πρώτων πλωτών τουρμπινών, που μπορούν να λειτουργήσουν σε νερά βάθους μέχρι 1.000 μέτρων. Οι πλωτές ανεμογεννήτριες κατασκευάστηκαν στη Νορβηγία από την κατασκευαστική εταιρία Statoil και ρυμουλκούνται τώρα στην τελική τους θέση, το υπεράκτιο αιολικό πάρκο Hywind, 25 χιλιόμετρα από τις ακτές. Οι συνολικά πέντε τουρμπίνες θα προσφέρουν αρκετή ισχύ για την ηλεκτροδότηση 20.000 κατοικιών. Το έργο στοίχισε 190 εκατομμύρια λίρες ή 212 εκατομμύρια ευρώ.



Εικόνα 4.1 Πρώτη εικόνα: υπεράκτιο αιολικό πάρκο. Δεύτερη εικόνα: χερσαίο αιολικό πάρκο. Τρίτη εικόνα: υπεράκτιο αιολικό πάρκο. Τέταρτη εικόνα: πλωτό αιολικό πάρκο.

4.2 Εγκατάσταση-κατασκευή

Η πρώτη φάση στην κατασκευή ενός αιολικού πάρκου είναι η επιλογή θέσης. Είναι από τα πιο σημαντικά βήματα, αφού πρέπει να επιλεγθεί μια περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό. Μια δεύτερη παράμετρος είναι η ταχύτητα του ανέμου, η οποία ορίζεται από χαμηλή ή υψηλή βλάστηση, πυκνοκατοικημένες περιοχές ή πιο αραιοκατοικημένες. Απλή διασύνδεση στο δίκτυο χωρίς μεγάλο κόστος (έλεγχος περιοχής για αποφυγή επιπρόσθετων δαπανών), με διάνοιξη δρόμων για εύκολη

πρόσβαση στην τοποθεσία του αιολικού πάρκου. Ενθάρρυνση των τριγύρω κατοίκων σε σχέση με τις ΑΠΕ και επίλυση όλων των ενδοιασμών τους. Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί 1 - 3 μέρες. Αρχικά, ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Η κατασκευή της θεμελίωσης γίνεται αυστηρά από οπλισμένο σκυρόδεμα, αλλά η άνω δομή μπορεί να είναι και μεταλλική ή σύμμικτη κατασκευή. Στην συνέχεια, τοποθετείται η άτρακτος κίνησης στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείται ο ρότορας ή δρομέας (οριζόντιου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής (γεννήτρια) της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια, ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο. Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις που διαμορφώνουν και τις διόδους εξόδου προς το δίκτυο το οποίο θα τροφοδοτεί η ανεμογεννήτρια.

4.3 Συντήρηση

Στη συντήρηση γίνεται έλεγχος και αντικατάσταση κάποιων υλικών στα ηλεκτρικά και μηχανολογικά μέρη της Α/Γ. Τα προγράμματα συντήρησης αποτελούνται από 4 επισκέψεις συντήρησης. Η πρώτη είναι η τρίμηνη συντήρηση, που γίνεται τρεις μήνες μετά την παράδοση της Α/Γ και αφορά έλεγχο στα ηλεκτρικά μέρη και έλεγχο στην κάθε βίδα, που με βάση τα χαρακτηριστικά της σφίγγεται και με την ανάλογη δύναμη, πραγματοποιούνται ηλεκτρικά τεστ και οπτικός έλεγχος σε όλα τα μπουλόνια. Ο έλεγχος αυτός διαρκεί περίπου 7 ώρες από 2 άτομα. Η επόμενη είναι μετά από 6 μήνες και επαναλαμβάνεται μετά από έναν χρόνο και σκοπό έχει τον έλεγχο στα ηλεκτρικά μέρη και στα μηχανικά μέρη, γρασάρισμα στα ρουλεμάν και έλεγχο στην πίεση της υδραυλικής. Αυτή δεν περιλαμβάνει συσφίξεις αλλά πραγματοποιούνται ηλεκτρικά τεστ τα όποια είναι τα ίδια με την τρίμηνη. Το κόστος των υλικών υπολογίζεται στα 400 ευρώ. Έπειτα, ακολουθεί η ετήσια, που γίνεται ένα χρόνο μετά την παράδοση της Α/Γ. Τότε επαναλαμβάνονται οι εργασίες που γίνονται στην εξάμηνη και επιπλέον γίνεται αλλαγή κάποιων υλικών όπως φίλτρα και ελέγχονται όλοι οι πιεσοστάτες. Το κόστος των υλικών υπολογίζεται στα 1000 ευρώ. Η τελευταία είναι στα 4 έτη και περιλαμβάνει την τρίμηνη και την ετήσια συντήρηση μαζί.

4.4 Τεχνοοικονομική ανάλυση

Η οικονομικότητα των επενδύσεων σε Α/Γ εξαρτάται από πληθώρα παραμέτρων που καθορίζονται, αρχικά από το ενεργειακό περιβάλλον και στη συνέχεια από την πολιτική προώθησης που διέπει επενδύσεις ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, το

υφιστάμενο δίκτυο μεταφοράς/διανομής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και το αιολικό δυναμικό. Επίσης, το κόστος, η διάρκεια ζωής και τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας είναι πολύ σημαντικά. Τέλος, είναι το χρηματοοικονομικό περιβάλλον και τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής.

Κόστος αιολικού πάρκου

Το αρχικό κόστος ίδρυσης μιας αιολικής μονάδας εξαρτάται από το κόστος αγοράς των ανεμογεννητριών καθώς και από το κόστος εγκατάστασης. Στο κόστος εγκατάστασης συμπεριλαμβάνεται το κόστος μεταφοράς και εκτελωνισμού, το κόστος θεμελίωσης και ανέγερσης των μηχανών, το κόστος διασύνδεσης με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο ή τις καταναλώσεις, τα κόστη μελέτης, επίβλεψης, διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου, το κόστος των απαραίτητων αδειών και εγκρίσεων, τα πιθανά χρηματοοικονομικά έξοδα, καθώς και το κόστος αγοράς ή ενοικίασης του οικοπέδου του υπό κατασκευή αιολικού σταθμού.

Τα έξοδα που περιλαμβάνονται στο αρχικό κόστος του αιολικού πάρκου και αφορούν την κατασκευή και την εγκατάσταση του είναι τα παρακάτω:

- Μετεωρολογικός Ιστός: Περιλαμβάνει το κόστος αγοράς και εγκατάστασης του ιστού στην θέση του πάρκου.
- Αγορά Α/Π: Το κόστος των μηχανών, συμπεριλαμβανόμενου και του κόστους των πύργων ή του κόστους κατασκευής τους, εφόσον δεν αγοραστούν από την εταιρεία παραγωγής των ανεμογεννητριών.
- Μεταφορά και Ασφάλιστρα: Μεταφορά των ανεμογεννητριών από την εταιρεία παραγωγής στη θέση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου.
- Συναρμολόγηση και Εγκατάσταση: Όλα τα έξοδα που απαιτούνται για την ανέγερση του αιολικού πάρκου.
- Μετρητικές Διατάξεις: Καλωδιώσεις και λογισμικά για την παρακολούθηση της λειτουργίας του πάρκου.
- Ειδικός Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός: Επιπλέον εξοπλισμός για κάθε ανεμογεννήτρια. Μετασχηματιστές, γειώσεις, αντικεραυνική προστασία, σύστημα διόρθωσης.
- Έργα Πολιτικού Μηχανικού: Εκσκαφές, επιχώσεις, διαμόρφωση πλατειών για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών, διάνοιξη δρόμων, κτίριο έλεγχου.
- Γενικός Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός: Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός που απαιτείται για όλο το αιολικό πάρκο.
- Σύνδεση με το Δίκτυο: Γραμμή μεταφοράς ενέργειας και κόστος υποσταθμού.

- Μελέτες και Άδειες: Όλες οι μελέτες, οι άδειες και τα παράβολα που απαιτούνται μέχρι και την άδεια λειτουργίας του πάρκου.
- Εκπαίδευση Προσωπικού: Το κόστος εκπαίδευσης του προσωπικού που θα αναλάβει τη συντήρηση και την επίβλεψη του αιολικού πάρκου.

Στο κόστος αυτό εμπεριέχονται όλα τα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται μια ανεμογεννήτρια, όπως ο πύργος, τα πτερύγια που αντιστοιχούν 3 σε κάθε ανεμογεννήτρια, έπειτα βρίσκεται το κιβώτιο ταχυτήτων και το σύστημα μετάδοσης ισχύος στη φυγοκεντρική αντλία. Εν συνεχεία, τα μηχανικά συστήματα πέδησης και το σύστημα ελέγχου της ανεμογεννήτριας. Τέλος, υπάρχει το κάλυμμα και ο κύριος άξονας και τα συστήματα κίνησης.

Οι δαπάνες μεταφοράς και εγκατάστασης εξαρτώνται από τον αριθμό των ανεμογεννητριών που μεταφέρονται, τη διαδρομή που ακολουθείται και από τη δυσκολία εγκατάστασης. Πρώτη «δουλειά» είναι η κατασκευή της κύριας μονάδας στην οποία περιλαμβάνονται η προετοιμασία της πλήμνης, η τοποθέτηση του κώνου και το κλείδωμα του ρότορα. Στην συνέχεια, είναι η εγκατάσταση των εξωτερικών τμημάτων, όπως η προετοιμασία της ατράκτου, η συναρμολόγηση πύργων και η τοποθέτηση ανεμομέτρων και ανεμοδεικτών. Εν κατακλείδι, κάτι που αφορά την σύνδεση με το δίκτυο είναι η τοποθέτηση καλωδίων στους πύργους και η εγκατάσταση του ελεγκτή και εγκατάσταση μετασχηματιστή.

Δαπάνες ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού αιολικού πάρκου (προμήθεια-μεταφορά- εγκατάσταση). Ο εξοπλισμός αυτός ενός αποτελείται από τα καλώδια οπτικών ινών, τις γειώσεις και τους αγωγούς.

Επιπλέον, οι δράσεις ενός πολιτικού μηχανικού που απαριθμούνται σε πλατείες ανέγερσης των ανεμογεννητριών, θεμελιώσεις βάσεων των ανεμογεννητριών, τάφροι όδευσης καλωδίων κατά μήκος του αιολικού πάρκου και για τη σύνδεση με τον υποσταθμό και δωμάτιο ελέγχου αιολικού πάρκου.

Οι διάφορες μελέτες που πραγματοποιούνται για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου αντιστοιχούν σε πιο θεωρητικές-γραφειοκρατικές πράξεις, όπως η μελέτη άδειας παραγωγής, εκτίμηση παραγωγής και αιολικού δυναμικού, αίτηση στον αναπτυξιακό νόμο οικονομικής χρηματοδότησης μέσω του κοινοτικού πλαισίου στήριξης και χάρτες ψηφιοποίησης. Ακολουθεί μελέτη άδειας εγκατάστασης, γεωτεχνικές μελέτες αιολικού πάρκου καθώς και γεωφυσικές μελέτες αιολικού πάρκου. Υπάρχουν μελέτες τοπογραφικές, οδοποιίας, για πολεοδομικές άδειες και μελέτες έργων πολιτικού μηχανικού αιολικού πάρκου. Τέλος, έμεινε η τεχνοοικονομική μελέτη και οι νομικοί-οικονομικοί σύμβουλοι.

4.5 Τι ισχύει στην Ευρώπη για τα αιολικά πάρκα

Σε αντίθεση με την Ελλάδα και τη χωρίς σχέδιο επέκταση των ΑΠΕ, στο εξωτερικό η πράσινη ανάπτυξη γίνεται με διαφορετικούς όρους, σαφώς πιο φιλικούς προς το περιβάλλον. Τα περισσότερα αιολικά πάρκα κατασκευάζονται σε θαλάσσιες περιοχές και όχι σε βουνοκορφές πανέμορφων τοπίων. Τα «Επίκαιρα» σήμερα παρουσιάζουν την κατάσταση που επικρατεί σε μια σειρά από χώρες του εξωτερικού, όπου γίνεται σαφές πως η πράσινη ανάπτυξη γίνεται οργανωμένα και στα πλαίσια του απόλυτου σεβασμού του περιβάλλοντος.

Δανία

Με την πρωτεύουσά της την Κοπεγχάγη να είναι στην κορυφή των «πράσινων» πόλεων στην Ευρώπη (στοιχείο στατιστικής έρευνας που παρουσίασε η εταιρεία Siemens στη Σύνοδο των Ηνωμένων Εθνών που διεξήχθη στην πόλη Δανία) ενστερνίστηκε από νωρίς την πράσινη ανάπτυξη και δη την αιολική ενέργεια. Σύμφωνα με την ίδια έρευνα, μέχρι το 2020 θα υπάρχουν στο θαλάσσιο χώρο της Δανίας περίπου 2.000 ανεμογεννήτριες. Η αναμενόμενη ενεργειακή παραγωγή τους θα αγγίζει τα 6.000 MW. Μέχρι στιγμής στη Βόρεια Θάλασσα υπάρχουν δύο αιολικά πάρκα αποτελούμενα από 1200 περίπου ανεμογεννήτριες και παραγωγή 2400 MW. Επιπλέον, η Δανία καλύπτεται και από επίγειες ανεμογεννήτριες που παράγουν 4 GW ετησίως. Βάσει αυτών των στοιχείων, το 2020 η χώρα καλύπτει το 20% των αναγκών της μόνον από την αιολική ενέργεια.

Γερμανία

Στη Γερμανία, η αιολική ενέργεια συνεισφέρει το 7% στη συνολική ανάγκη και κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος. Αν και οι ανεμογεννήτριές της ξεπερνούν τις 21.000, η χώρα έχει σκοπό να συνεχίσει με την τοποθέτηση ακόμα περισσότερων. Και σ' αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί πως ένας από τους κύριους λόγους είναι η δημιουργία θέσεων εργασίας και όχι μόνο η στρόφη προς ηπιότερες μορφές ενέργειας. Ο κλάδος απασχολεί 100.000 εργαζόμενους στους τομείς τοποθέτησης, λειτουργίας και συντήρησης των γεννητριών. Επιπροσθέτως, η Γερμανία είναι μία από τις εξαγωγίμες δυνάμεις στις αιολικές τουρμπίνες. Το 2009, οι εξαγωγές ανεμογεννητριών έφτασαν το 80% με τζίρο μεγαλύτερο των 8 δις ευρώ. Τέλος, το 2006, το Βρανδεμβούργο έγινε «κατοικία» της υψηλότερης ανεμογεννήτριας παγκοσμίως που αγγίζει τα 160 μέτρα, ενώ η διάμετρος της τουρμπίνας της είναι 90 μέτρα. Σήμερα, το 2020, η Γερμανία έχει καταφέρει το 7% να το φτάσει στο 19.2% .

Μεγάλη Βρετανία

Εδώ τα νούμερα αυξάνονται αισθητά, με τη Μεγάλη Βρετανία να μπορεί να υπερηφανευτεί για την παραγωγή παραπάνω από 5 GW ετησίως. Βέβαια, η υπερηφάνεια σχετίζεται και με την πρωτιά που κατάφερε να «κλέψει» η χώρα από τη Δανία, όταν το 2008 έγινε το κράτος με τις περισσότερες θαλάσσιες

ανεμογεννήτριες παγκοσμίως – το μεγαλύτερο θαλάσσιο πάρκο βρίσκεται στα ανοιχτά του Κεντ. Τα πράγματα άλλαξαν προς το καλύτερο από τον Απρίλιο του 2010, όταν στα ήδη υπάρχοντα αιολικά πάρκα προστέθηκαν ακόμα τρία. Στη Βρετανία είναι πολλά τα επίγεια αιολικά πάρκα, με μεγαλύτερα αυτά της Κορνουάλης, της Σκωτίας και της Βόρειας Ιρλανδίας. Παρ’ όλα αυτά, οι τοπικές Αρχές διατηρούν επιφυλακτική στάση, δίνοντας άδεια δημιουργίας πάρκων μόλις στο 40% των αιτούντων. Κι αυτό διότι ακόμα υπάρχουν ζητήματα υγείας, βιορυθμών, αλλά και επηρεασμού του τουρισμού στις ανάλογες περιοχές, που παραμένουν άλυτα ή θεωρούνται επιζήμια. Τα θαλάσσια πάρκα, πάντως, είναι ιδιαίτερα επιτυχή και προσοδοφόρα. Ως αποτέλεσμα, η Βρετανία έχει αυτήν την στιγμή πάνω από 7.500 ανεμογεννήτριες, το 2020 έχει παραγωγή για την κάλυψη της 15.4% των ετήσιων ενεργειακών αναγκών της. Κι αυτό ώστε να ικανοποιήσει τα κριτήρια που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση σε χώρες της που ενεργοποιούνται στην παραγωγή αιολικής ενέργειας.

Ολλανδία

Η θέση της Ολλανδίας και οι δυνατοί άνεμοι που τη χτυπούν καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους βοήθησαν στο να αναδειχτεί σε ευρωπαϊκή δύναμη στην παραγωγή αιολικής ενέργειας. Με 200 τουρμπίνες στη Βόρεια Θάλασσα, 75 χιλιόμετρα μακριά από την ακτή του Callantssoog, η Ολλανδία προσβλέπει στον τίτλο της χώρας με το μεγαλύτερο θαλάσσιο αιολικό πάρκο στον κόσμο. Τίτλος που, επίσης, διεκδικούν η Μεγάλη Βρετανία, η Νότια Κορέα και οι ΗΠΑ στη Βόρεια Καρολίνα. Σίγουρα, ασχέτως εάν θα «κερδίσει» ή όχι, η Ολλανδία είναι μία από τις ευρωπαϊκές χώρες που σέβονται πολύ τόσο την αιολική ενέργεια όσο και το ηπειρωτικό κομμάτι της χώρας τους. Έτσι, έχει οδηγηθεί στην εκμετάλλευση της θαλάσσιας περιοχής της πολύ περισσότερο απ’ ό,τι η Βρετανία παρόλο που αριθμητικά –σε σχέση με τα θαλάσσια αιολικά πάρκα– κερδίζει η δεύτερη.

Ισπανία

Αν και η Ισπανία κατέχει την τέταρτη θέση στην παραγωγή αιολικής ενέργειας παγκοσμίως, τα «Επίκαιρα» την αναφέρουν τελευταία λόγω δύο σημαντικών ιδιαιτεροτήτων της. Η πρώτη έχει να κάνει με το ότι είναι η μόνη από τις ευρωπαϊκές χώρες που έχει δώσει μεγαλύτερη βαρύτητα στα ηπειρωτικά, αιολικά πάρκα. Η δεύτερη έρχεται να συμπληρώσει την προαναφερθείσα διότι, αν και γίνονται μελέτες για θαλάσσια αιολικά πάρκα, οι πολίτες και οι τοπικές Αρχές αντιτίθενται στη δημιουργία τους. Η τοποθέτηση θαλάσσιων ανεμογεννητριών προσκρούει σε επιχειρήματα που μιλούν για μείωση του τουρισμού στις παράλιες περιοχές, για ενοχλητικό θόρυβο που θα προκληθεί από τη λειτουργία των γεννητριών, αλλά και για παρενόχληση των αποδημητικών πτηνών και των παρατηρητών τους. Βάσει των παραπάνω, η Ισπανία είναι η μοναδική χώρα

πανευρωπαϊκά που... φέρνει αντιρρήσεις στη δημιουργία θαλάσσιων αιολικών πάρκων. Αντιρρήσεις που συνήθως «πάνε πακέτο» με τα επίγεια πάρκα του είδους.

Πίνακας 4.1: Παραγόμενη ισχύς Α/Γ στην Ευρώπη

Ελλάδα	13 GW
Κύπρος	0.5GW
Τουρκία	2.2 GW
Ιταλία	98.5 GW
Κροατία	0.5 GW
Φιλανδία	10 GW
Δανία	55.7GW
Μεγάλη Βρετανία	105 GW
Νήσοι Φερόε	0.2 MW
Ισπανία	207.7 GW
Πορτογαλία	30 GW
Ιρλανδία	33.7 GW
Γερμανία	244.3 GW
Ολλανδία	18.8 GW
Γαλλία	70.2 GW
Πολωνία	25.6 GW
Ρουμανία	15.7 GW
Τσεχία	0.3 GW
Αυστρία	23.9 GW
Σλοβενία	0 GW
Μάλτα	0 GW
Βουλγαρία	0.6 GW
Σκόπια	0 GW
Ουκρανία	0.2 GW
Ελβετία	0.1 GW
Λιθουανία	0.7 GW
Λετονία	0.1 GW
Ρωσία	8.1GW
Εσθονία	1 GW
Νορβηγία	22.4 GW
Σουηδία	3 GW
Σλοβακία	0.7 GW
Ουγγαρία	3.6GW
Λουξεμβούργο	0.2GW

4.6 Τι ισχύει στην Ελλάδα για τα αιολικά πάρκα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ακτογραμμή και τεράστιο πλήθος νησιών. Ως εκ τούτου, οι ισχυροί άνεμοι που πνέουν στις νησιωτικές και παράλιες περιοχές προσδίδουν ιδιαίτερη σημασία στο ρόλο της αιολικής ενέργειας για τη χώρα. Το εξαιρετικό αιολικό δυναμικό της χώρας κατατάσσεται μεταξύ των πλέον ελκυστικών στην Ευρώπη και μπορεί να καλύψει σε σημαντικό βαθμό την ελληνική ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια. Επομένως, η αιολική ενέργεια πρωταγωνιστεί στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η αξιοποίηση της θα ενισχύσει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Στην Ελλάδα, οι πρώτες προσπάθειες για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρισμού ξεκίνησαν από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού στις αρχές της δεκαετίας του 1980 με την εγκατάσταση του πρώτου αιολικού πάρκου (έτος 1982). Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα ουσιαστικά ξεκινάει το 1999. Με δειλά βήματα και συγκριτικά μικρότερους ρυθμούς ανάπτυξης σε σχέση με την Ευρώπη, η Ελλάδα έχει καταφέρει να φτάσει σχεδόν τα 1800 MW εγκατεστημένης ισχύος αιολικών πάρκων, τα οποία καλύπτουν ένα μέρος των ετήσιων αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια. Παρόλο που η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, είναι γεγονός ότι η αύξηση αυτή είναι πολύ μικρή, αν λάβουμε υπόψη τις μεγάλες ποσότητες αιολικού δυναμικού που υπάρχουν στην ελληνική επικράτεια. Η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού σε πλήρη βαθμό είναι ιδιαίτερη δύσκολη λόγω της ανυπαρξίας διασυνδεδεμένου δικτύου μεταξύ των νησιωτικών περιοχών όπου επικρατούν οι υψηλότερες μέσες ταχύτητες ανέμου. Ακόμη, η διαφοροποίηση που εμφανίζει η αιολική ενέργεια ανάλογα με την εποχή οδηγεί σε μείωση των διαθέσιμων ποσοτήτων της και σε αύξηση του κόστους παραγωγής ανά kWh. Για το 2020, σύμφωνα με τους προγραμματισμούς που έχουμε ως χώρα, αναμένεται η εγκατεστημένη ισχύς από ανεμογεννήτριες να φθάσει τα 5500 MW, δηλαδή αναμένεται να καλύπτει το 25% της εγκατεστημένης ισχύος της Ελλάδας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται ότι θα φθάσει τις 13700 GWh το χρόνο, δηλαδή μια συμμετοχή της τάξης του 17% στη συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στον ελληνικό χώρο. Σύμφωνα με τα φαινομενικά ποσοστά η Ελλάδα το 2020 έχει 13GWh ετήσια παραγωγή και καλύπτει μόνο το 11.1 % της ετήσιας κατανάλωσης ρεύματος από τα αιολικά πάρκα.

4.7 Κοινωνικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων

Η αιολική ενέργεια, ως μια «καθαρή» και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στο παγκόσμιο πλαίσιο της αυξανόμενης κοινωνικής ανησυχίας για την κλιματολογική

αλλαγή και την παροχή ενέργειας, είναι παραδοσιακά συνδεδεμένη με ισχυρή και σταθερή δημόσια υποστήριξη. Τα πιο πρόσφατα εμπειρικά στοιχεία κοινωνικών απόψεων αναφορικά με την αιολική ενέργεια επικυρώνουν την αντίληψη υπέρ αυτής της μορφής ενέργειας μεταξύ των Ευρωπαίων πολιτών. Υπάρχουν, όμως, ιδιομορφίες κοινωνικής αντιπαράθεσης γύρω από την αιολική ενέργεια. Όπως τα υψηλά και σταθερά επίπεδα της γενικής δημόσιας αποδοχής σε εθνικό επίπεδο καθώς και οι άμεσες, γρήγορες και ολοένα αυξανόμενες αποφάσεις που πρέπει να λαμβάνονται, σχετικά με τις υποψήφιες τοποθεσίες για την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων, εξαιτίας της περιορισμένης σε κλίμακα εφαρμογής αυτής της πηγής ενέργειας. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει η ορατότητα των μηχανισμών αιολικής ενέργειας και η εγγύτητά τους στην καθημερινή ζωή των πολιτών. Τέλος, η κοινωνική αντιπαράθεση και η δημόσια εναντίωση σε τοπικό επίπεδο. Συνεπώς, η κοινωνική αντιπαράθεση γύρω από την αιολική ενέργεια εμπεριέχει τη γενικότερη θετική στάση προς την τεχνολογία, σε συνδυασμό με τον αυξανόμενο αριθμό αποφάσεων με ορατό αντίκτυπο που οφείλουν να ληφθούν σε τοπικό επίπεδο. Τα «τεχνικά» χαρακτηριστικά της αιολικής ενέργειας αλληλεπιδρούν με την καθημερινή ζωή των ατόμων, καθώς και με τα κοινωνικά και θεσμικά πλαίσια των κοινοτήτων που φιλοξενούν τέτοιες εξελίξεις. Σε γενικές γραμμές, έχει αποδειχθεί ότι η μεγάλη πλειοψηφία των ατόμων που ζουν κοντά σε περιοχές με συγκροτήματα ανεμογεννητριών είναι υπέρ των αιολικών πάρκων. Ωστόσο, αυτές οι γενικά θετικές συμπεριφορές δε συνδέονται άμεσα με την τοπική αποδοχή των αναπτυξιακών έργων αιολικής ενέργειας. Όπως προσημειώθηκε, η πραγματικότητα δείχνει ότι ο αιολικός σχεδιασμός και οι σχετικές διεργασίες αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα σε κάποιες ευρωπαϊκές χώρες. Μέσα σε όλα αυτά γίνεται και μια κοινωνική έρευνα σχετικά με την αποδοχή των παράκτιων αιολικών πάρκων, η οποία εστιάζει σε δύο βασικούς στόχους. Ο πρώτος είναι η αξιολόγηση (τεκμηρίωση) των υψηλών και σταθερών επιπέδων δημόσιας υποστήριξης (μέσω σφυγμομετρήσεως της κοινής γνώμης) και ο δεύτερος είναι η αναγνώριση και κατανόηση των διαστάσεων που αποτελούν θεμέλιο της κοινωνικής αντιπαράθεσης σε τοπικό επίπεδο (μέσω μελετών).

4.8 Νομοθετικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ σε Ευρώπη και Ελλάδα από το 1994 έως το 2020

Ευρώπη

Το πρώτο νομοθετικό πλαίσιο συντάχθηκε το 1996 και αποτελεί τη λεγόμενη «Πράσινη Βίβλο». Στόχος της ήταν η χρήση των ΑΠΕ στο ενεργειακό πλαίσιο της ΕΕ μέχρι το 2010 στο 12%. Επιπλέον, η ενθάρρυνση συνεργασίας των κρατών-μελών COM(96), ο καθορισμός βασικού πλαισίου ρύθμισης της απελευθερωμένης αγοράς

καθώς και η αύξηση συμμετοχής των ΑΠΕ από 5.4% το 1997 στο 12% επί του συνόλου της ενεργειακής κατανάλωσης πρωτογενών πηγών ενέργειας για το 2010 ήταν κάποιοι από τους σημαντικότερους στόχους αυτής.

Το δεύτερο νομοθετικό πλαίσιο συντάχθηκε το 2001 και τέθηκαν συγκεκριμένοι δεσμευτικοί κανονισμοί για κάθε κράτος-μέλος της ΕΕ. Το ποσοστό της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής ορίστηκε ότι πρέπει να φτάνει το 22.1% ενώ η καλύτερη πρόσβαση και σύνδεση στα δίκτυα όπως και η διευκόλυνση στην αδειοδοτική διαδικασία ήταν μερικοί από τους σημαντικότερους σκοπούς της δεύτερης αυτής νομοθετικής ρύθμισης.

Το 2006, το επόμενο πλαίσιο έρχεται αναφέροντας ως στόχο το 9% εξοικονόμησης ενέργειας τα επόμενα 9 χρόνια και υποχρέωση εκπόνησης Σχεδίων Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης. Υποχρεωτικό ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας ως 2020 κάθε κράτους μέλους.

Εντωμεταξύ, το 2010 αποφασίζεται το καινούργιο πλαίσιο το οποίο στόχο έχει την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών και για κάποιες άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του υπουργείου περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει πλαίσιο για την ανάπτυξη έργων Α.Π.Ε και καθορισμός των τιμών πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τη χρήση Α.Π.Ε. Τροποποιείται ο νόμος του 2006 σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τη χρήση Α.Π.Ε και τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης. Το Πρωτόκολλο του Κιότο στοχεύει σε συνολική μείωση των εκπομπών τουλάχιστον κατά 5% την πενταετία 2008-2012 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Για την επίτευξή του, τα ανεπτυγμένα κράτη - μέλη του Πρωτοκόλλου καλούνται να εξασφαλίσουν ότι οι εκπομπές τους, για 6 συνολικά αέρια, δεν θα υπερβούν τα όρια που τους τίθενται με το Πρωτόκολλο αυτό.

Από την άλλη, για το 2030 η παρούσα έκθεση περιγράφει τρία πιθανά σενάρια για τις εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας, βάσει της ανάλυσης του WindEurope για τις πιθανές συνθήκες που καθορίζουν την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας μετά το 2020. Σύμφωνα με το κεντρικό σενάριο της WindEurope, 323 GW αθροιστικής αιολικής ενέργειας θα εγκατασταθούν στην ΕΕ έως το 2030, 253 GW στην ξηρά και 70 GW στην ανοικτή θάλασσα. Αυτό θα ήταν περισσότερο από το διπλάσιο της εγκατεστημένης ισχύος στα τέλη του 2016 (160 GW). Με αυτή την ικανότητα, η αιολική ενέργεια θα παράγει 888 TWh ηλεκτρικής ενέργειας, που αντιστοιχεί στο 30% της ζήτησης ισχύος της ΕΕ. Η βιομηχανία αιολικής ενέργειας θα επενδύσει 239 δισ. ευρώ έως το 2030 και θα προσφέρει απασχόληση σε 569.000 άτομα. Το Υψηλό Σενάριο της WindEurope προϋποθέτει ευνοϊκές συνθήκες αγοράς και πολιτικής, συμπεριλαμβανομένης της επίτευξης ενός στόχου της ΕΕ για ανανεώσιμες πηγές

ενέργειας που ανέρχεται σε 35%. Σε αυτό το σενάριο, θα εγκατασταθούν 397 GW αιολικής ενέργειας στην ΕΕ έως το 2030, 298,5 GW στην ξηρά και 99 GW υπεράκτια. Αυτό θα ήταν κατά 23% περισσότερη χωρητικότητα από ό,τι στο κεντρικό σενάριο και δύομισι φορές μεγαλύτερη από αυτή που έχει εγκατασταθεί στην ΕΕ. Ωστόσο, στο χαμηλό σενάριο, θα υπάρξουν 256,4 GW αιολικής δυναμικότητας το 2030, 207 GW στην ξηρά και 49 GW ανοικτής θάλασσας, που παράγουν το 21,6% της ζήτησης ισχύος της ΕΕ το 2030. Αυτό είναι κατά 20% λιγότερη χωρητικότητα από ό,τι στο κεντρικό σενάριο. Η έκθεση υπογραμμίζει τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις κάθε σεναρίου και συνιστά την πολιτική και τα άλλα μέτρα που απαιτούνται για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας με στόχο τη διατήρηση της τεχνολογικής ηγετικής θέσης της Ευρώπης στον άνεμο.

Ελλάδα

Ένας από τους πρώτους νόμους που αναφέρθηκαν στις ΑΠΕ θεσμοθετήθηκε το 1994 και αφορούσε τη ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και αποσυμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις. Ο νόμος αυτός άλλαξε σημαντικά το τοπίο επιχειρώντας να δώσει ισχυρά οικονομικά κίνητρα για την ανάπτυξη αυτών στην Ελλάδα με την προσέλκυση ιδιωτικών κεφαλαίων. Η βασική κατεύθυνση του εναρμονίζεται με τα μέτρα και τις διατάξεις που ισχύουν σχεδόν σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. με σκοπό την αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο. Τα κύρια σημεία του μπορούν να συνοψιστούν σε παραγωγή και διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας από τους ανεξάρτητους παραγωγούς. Την ενέργεια αυτή θα την αγοράζει η ΔΕΗ σε σχετικά σταθερές και ελκυστικές τιμές με 10ετές συμβόλαιο, που θα υπογράφει με τον παραγωγό. Στην επόμενη νομοθεσία του 2001 με 2003 ορίστηκε η απλούστερη διαδικασία ίδρυσης εταιρειών και αδειοδότησης έργων με ΑΠΕ. Επίσης, καθορίστηκε ποια έργα θα χρειάζονται περιβαλλοντικές μελέτες και ποια η διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησής τους. Η επόμενη αλλαγή του νομοθετικού πλαισίου έγινε το 2005 με 2006. Ορίστηκε η επιτάχυνση διαδικασίας για την απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και η προώθηση στην εσωτερική αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και μονάδες ΣΥΘΥΑ. Το 2010 αποτελεί ένα ιστορικό ορόσημο για την Ευρωπαϊκή νομοθεσία καθώς ορίζει υποχρεωτικούς εθνικούς στόχους για κάθε κράτος μέλος. Θέτει εθνικό στόχο για τις ΑΠΕ το 20% ως το 2020 και αλλαγές στη διαδικασία αδειοδότησης έργων ΑΠΕ και στην τιμολόγηση έργων. Τέλος, ορίζει και τροποποιεί σημαντικά σημεία των διαδικασιών αδειοδότησης. Το πιο πρόσφατο πλαίσιο του 2016 με τίτλο «Νέο καθεστώς στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης - Διατάξεις για το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των κλάδων προμήθειας και διανομής στην αγορά του

φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις». Σε επίπεδο νομοθετικού πλαισίου, η Ελλάδα έχει ενσωματώσει στο εθνικό δίκαιο τη σχετική Οδηγία 2009/28/ΕΚ, αναμορφώνοντας παράλληλα το θεσμικό πλαίσιο που προϋπήρχε για την προώθηση των Α.Π.Ε. κυρίως στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού Α.Π.Ε. αποτελεί κεντρικό εθνικό ενεργειακό στόχο καθώς συμβάλλει τόσο στη διαφοροποίηση του εθνικού ενεργειακού μίγματος όσο και στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού ενώ ταυτόχρονα ενισχύει και την ανάπτυξη της εθνικής οικονομίας. Στο πλαίσιο αυτό, σημαντική παράμετρος στο σχεδιάσμα του ενεργειακού συστήματος, ειδικά για την περαιτέρω ανάπτυξη των τεχνολογιών Α.Π.Ε., είναι η εγκαθίδρυση ενός ασφαλούς επενδυτικού περιβάλλοντος με συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα υλοποίησης και υποστήριξης της παραγόμενης ενέργειας από τις τεχνολογίες αυτές, ενώ η εφαρμογή του σχήματος υποστήριξης μέσω αγορακεντρικών μηχανισμών, επιτυγχάνει και τη βέλτιστη σχέση κόστους- οφέλους για το κοινωνικό σύνολο. Στόχος είναι το νέο καθεστώς να επιτρέπει τόσο την υλοποίηση νέων επενδύσεων που θα αξιοποιούν το σημαντικό εγχώριο δυναμικό για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ όσο και τη σταδιακά μεγαλύτερη συμμετοχή και ανάληψη υποχρεώσεων από τους νέους αυτούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. σε επίπεδο αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και την παρακολούθηση του σταθμισμένου κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αυτές, ώστε να αποφεύγονται μη απαραίτητες ενισχύσεις στη λειτουργία τους. Το νέο καθεστώς στήριξης λαμβάνει υπόψη και υιοθετεί τις απαιτήσεις που περιγράφονται ειδικά στην ενότητα 3.3 των «Κατευθυντήριων γραμμών για τις κρατικές ενισχύσεις στον τομέα του περιβάλλοντος και της ενέργειας για την περίοδο 2014-2020» και έχει ως στόχο να υποστηρίξει την περαιτέρω ανάπτυξη των μονάδων ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα στο πλαίσιο επίτευξης των εθνικών ενεργειακών στόχων, όπως προβλέπονται και από την Οδηγία 2009/28/ΕΚ, με το βέλτιστο τρόπο σε επίπεδο κόστους-οφέλους για την κοινωνία. Ειδικότερα, βασίζεται στην ανάπτυξη ενός νέου μηχανισμού ενίσχυσης της λειτουργίας των μονάδων αυτών (operating aid), ο οποίος προβλέπει προσαύξηση (premium) επιπλέον της τιμής όπως αυτή διαμορφώνεται στη χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Η προσαύξηση αυτή θα χορηγείται για το χρόνο ισχύος της στήριξης της εκάστοτε μονάδας ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, σε επίπεδο τεχνολογίας ΑΠΕ, και είναι της μορφής μιας διαφορικής τιμής (FiP), λαμβάνοντας υπόψη τα έσοδα από τη συμμετοχή στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Στο πλαίσιο του ενεργειακού σχεδιασμού για τη βέλτιστη, με οικονομικούς όρους, υλοποίηση των στόχων για το 2020 η Σ.Η.Θ.Υ.Α. αναμένεται να συνεισφέρει ως ένα βαθμό μέσω της εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας στην επίτευξη των σχετικών στόχων.

Κεφάλαιο 5

5. Μελέτη και Κατασκευή Α/Γ Κατακόρυφου Άξονα

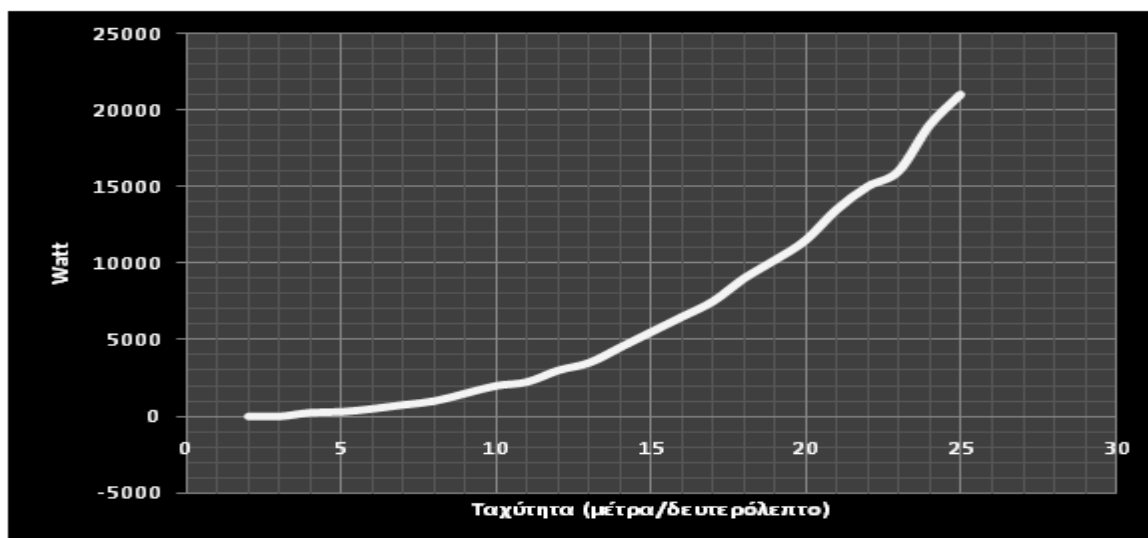
Ειδικότερα σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθεί πιο εκτεταμένα η λειτουργία της κατακόρυφης Α/Γ, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της (τόσο στην κατασκευή όσο και στην παραγωγή ενέργειας). Καθώς και οι διάφοροι τύποι που έχουν κατασκευαστεί ανα δεκαετίες, που είτε έχουν βελτιώσει τους παλιούς, είτε έχουν κατασκευαστεί υπό νέες βάσεις. Όμως το κύριο κομμάτι του κεφαλαίου είναι να διατυπωθεί η δική μας εμπειρία με την κατασκευή μιας Α/Γ τύπου Savonius, η μελέτη, η κατασκευή και η σχεδίαση της οποίας έγινε εξ ολοκλήρου από εμάς.

5.1 Θετικά και αρνητικά Α/Γ Κατακόρυφου Άξονα

Θετικά

1. Ανάλογα με τον τύπο ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα, υπάρχει πολύ μεγαλύτερη ευκολία κατασκευής σε σχέση με την κατασκευή ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα. Κυρίως όσον αφορά την ευκολότερη κατασκευή (ιδιοκατασκευή) των πτερυγίων και την έλλειψη της ανάγκης για μηχανισμό φρεναρίσματος της ανεμογεννήτριας σε υψηλές ταχύτητες ανέμου.
2. Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα δεν χρειάζεται να προσανατολίζονται κάθε φορά ως προς την κατεύθυνση του ανέμου. Λόγω κατασκευής "πιάνουν" τον αέρα από όλες τις κατευθύνσεις. Αυτό τις κάνει καταλληλότερες σε τοποθεσίες όπου ο αέρας δεν είναι σταθερός ή όπου περιβάλλονται από κάποια μικρά εμπόδια (με σημαντικά μειωμένη απόδοση όμως).
3. Το κόστος κατασκευής τους είναι χαμηλότερο από το κόστος κατασκευής μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα λόγω απλούστερου σχεδιασμού.
4. Είναι ασφαλέστερες διότι δεν υπάρχει ο κίνδυνος να σπάσει κάποιο πτερύγιο, δεν κινούνται με την μεγάλη ταχύτητα στροφών που κινούνται οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα. Η κατακόρυφη ανεμογεννήτριά μας, θα μπορούσε να ξεκινήσει τη λειτουργία για 1.5 m / s (3,4 μίλια/ώρα), έχει ισχύ μετατροπέα για $2,5\text{ / s}$ και φτάνει την σχετική ισχύ για 10 m / s (22,3 μίλια/ώρα). Μια χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος δείχνεται στην Εικόνα 5.1. Η ετήσια παραγωγή ενέργειας είναι 40% περισσότερη από ό, τι της ανεμογεννήτριας με περικοπή $3,5\text{ m / s}$ ή 4.5 m / s ταχύτητα ανέμου.

5. Ο μέσος όρος του θορύβου είναι μικρότερος από 45 dB (A) για ταχύτητα ανέμου 8 m / s. Είναι πολύ κατάλληλη για την τοποθέτηση σε οροφές, σε σχολεία, σε σούπερ μάρκετ, σε πάρκα και σε άλλες αστικές περιοχές.



Εικόνα 5.1 Καμπύλη ισχύος μιας κατακόρυφης Α/Γ σχέση με την δύναμη του αέρα σε (m/s) με την παραγωγή ισχύος σε W.

Αρνητικά

1. Το πρώτο και σημαντικότερο μειονέκτημα είναι ότι οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα έχουν πολύ χαμηλή απόδοση. Αυτό ισχύει σε μεγάλο βαθμό για τον τύπο "savonius" όπου δεν ξεπερνούν το 15%, αλλά και στους άλλους τύπους σε μικρότερο βαθμό (μια καλή μικρή ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα έχει μέση απόδοση 30%-40%).
2. Από το προηγούμενο προκύπτει ότι για να έχει μια ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα την ίδια περίπου παραγωγή με μια οριζόντιου άξονα, θα πρέπει η κάθετου άξονα να έχει μέχρι και τριπλάσια επιφάνεια επαφής με τον αέρα. Αυτό συνεπάγεται μεγάλο όγκο και βάρος της κατασκευής.
3. Λόγω χαμηλότερων στροφών περιστροφής ανά λεπτό, χρειάζονται πιο ισχυρούς ανέμους για να ξεκινήσουν την φόρτιση των συσσωρευτών (με δεδομένο το ίδιο μοτέρ σε οριζόντιου άξονα ανεμογεννήτρια)

5.2 Διάφοροι τύποι Α/Γ κατακόρυφου άξονα που έχουν κατασκευαστεί

Στην Εικόνα 5.2 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι Α/Γ κατακόρυφου άξονα. Οι βασικότερες τεχνολογίες αναλύονται στη συνέχεια.

Ανεμογεννήτρια Darrieus

Ο Γάλλος εφευρέτης Ζορζ Ντάρριους κατασκεύασε ένα τύπο ανεμογεννήτριας η οποία πήρε το όνομά του. Έχουν καλή απόδοση, αλλά δημιουργούν πολλούς στροβιλισμούς και ασκούν κυκλική πίεση στον πύργο υποστήριξης. Μπορεί να χρειάζονται μία εξωτερική πηγή ενέργειας να ξεκινήσει η περιστροφή της γεννήτριας, καθώς έχει πολύ χαμηλή ροπή εκκίνησης. Οι στροβιλισμοί μειώνονται με τη χρήση τριών ή περισσότερων κυρτών πτερυγίων, που προσφέρουν μεγαλύτερη σταθερότητα στο ρότορα. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες Darrieus δεν έχουν σχοινιά υποστήριξης, αλλά μία εξωτερική υπερκατασκευή που συνδέεται με ρουλεμάν.

Gyromill

Μία δευτερεύουσα ανεμογεννήτρια Darrieus, με τη διαφορά ότι έχει ίσια πτερύγια και όχι κυρτά. Τα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου είναι η υψηλή αρχική ροπή, σταθερή καμπυλότητα και έχουν υψηλότερο συντελεστή απόδοσης. Είναι επίσης πιο αποδοτικά όταν λειτουργούν μέσα σε θύελλα και τα πτερύγια μπορούν να καμφθούν ευκολότερα.

Ανεμογεννήτρια savonius

Αυτή η ανεμογεννήτρια αποτελείται από δύο η περισσότερες «κουτάλες» ενωμένες αντικριστά τοποθετημένες σε κάθετο άξονα. Ο άνεμος ασκεί δύναμη να περιστραφούν αυτές οι «κουτάλες» και κατ' επέκταση τον άξονα της γεννήτριας. Υπάρχει και η αντεστραμμένη ανεμογεννήτρια savonius, η οποία χρησιμοποιείται σε σκάφη.

Πλωτές ανεμογεννήτριες

Τον Ιούλιο του 2017 έγινε στο Πίτερχεντ η εγκατάσταση ενός πλωτού αιολικού πάρκου. Οι ανεμογεννήτριες επιπλέουν χάρη σε μία πλατφόρμα βάθους 78 μέτρων, γεμισμένη με σιδηρομετάλλευμα για να διατηρηθεί η όρθια θέση στο νερό. Το αιολικό πάρκο αναμένεται να παρέχει ρεύμα για 20.000 σπίτια. Κατασκευάζεται από την Statoil και οι πλωτές ανεμογεννήτριες μπορούν να βρίσκονται στο νερό μέχρι και ένα χιλιόμετρο βάθος.

Ανεμογεννήτρια τουρμπίνα

Η τεχνολογία ανεμογεννητριών άλλαξε και έφερε μαζί της τις νέες ανεμογεννήτριες με σχήμα τουρμπίνας. Είναι η πιο πρόσφατη σαν κατασκευή Α/Γ κάθετου άξονα οπότε και πιο βελτιωμένη από άποψη κατασκευής υλικών και παραγωγής ενέργειας και με μεγάλη διάρκεια ζωής που εκτείνεται στα 30 χρόνια. Αυτές οι ανεμογεννήτριες είναι πολύ εύκολες στην κατασκευή και στην τοποθέτηση (οι οποίες τοποθετούνται σε μόλις 1 μέρα) και παράγουν πολύ ενέργεια έως και 30%

περισσότερη ενέργεια από τις άλλες Α/Γ τέτοιου είδους. Μπορούν να παράγουν ηλεκτρισμό ακόμα και με μικρότερη ταχύτητα περιστροφής, σε σύγκριση με τις κλασσικές ανεμογεννήτριες αλλά έχουν και μεγαλύτερη ανοχή σε δυνατότερο αέρα που μπορεί να αγγίξει και τα 150 km/h .

Ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα (STATOEOLIEN)

Η γαλλική εταιρεία GUAL INDUSTRIE κατασκεύασε μια Α/Γ διαφορετικού τύπου (καθέτου άξονα) η οποία είναι κατάλληλη και για κατοικημένες περιοχές. Η συμμετρία της ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα, της παρέχει τη δυνατότητα να είναι ανεξάρτητη από τη κατεύθυνση του ανέμου, γεγονός που συντελεί στην χρήση της σε οικιστικές περιοχές όπου οι αλλαγές στην διεύθυνση του ανέμου είναι συχνές. Η κατασκευή είναι τέτοια που επιτρέπει τον εγκιβωτισμό της σε σωληνωτό πλαίσιο, με αποτέλεσμα να γίνεται ιδιαίτερα ανθεκτική σε ισχυρούς ανέμους. Παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα θορύβου. Αντίθετα με τις κλασσικές ανεμογεννήτριες η STATOEOLIEN συνεχίζει να παράγει ενέργεια με σχεδόν σταθερό ρυθμό αύξησης μέχρι και τα 40m/s ταχύτητας ανέμου.



Εικόνα 5.2 1: Α/Γ τύπου Darrieus 2: Α/Γ τύπου Gyromill Darrieus 3 : Α/Γ τύπου Savonius 4: Α/Γ τύπου Statocoolien 5: Α/Γ τύπου turbine (ελικοειδές)

5.3 Κατασκευή Α/Γ κατακόρυφου άξονα τύπου Savonius

Γενικότερα για την Α/Γ τύπου Savonius, εφευρέθηκε το 1922 από τον Φιλανδό μηχανικό S.J.Savonius. Πρόκειται για μία πολύ απλή ανεμογεννήτρια που λειτουργεί

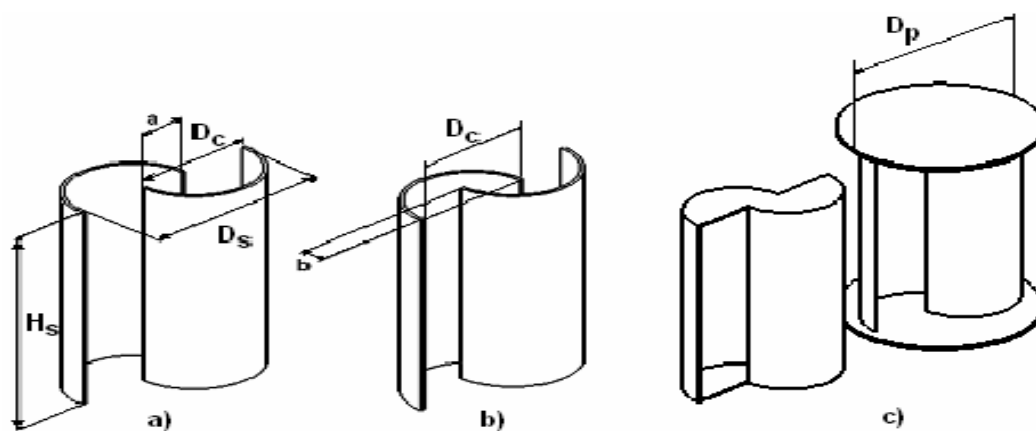
με βάση την αντίσταση, αφού αποτελείται από τα δύο μισά ενός κυλίνδρου τοποθετημένα σε αντίθετες κατευθύνσεις, σε σχήμα S πάνω στον ίδιο κατακόρυφο άξονα περιστροφής. Το πεδίο ταχυτήτων γύρω από την πτερωτή του Savonius είναι χρονικά μεταβαλλόμενο, με περίοδο μεταβολής διπλάσια της γωνιακής ταχύτητας του δρομέα και συνεπώς εμφανίζει ιδιαίτερη δυσκολία κατά τη μελέτη του. Λόγω της καμπυλότητας, το πτερόγιο συναντά μικρότερη αντίσταση όταν περιστρέφεται ενάντια στον αέρα, παρά όταν περιστρέφεται με αυτόν. Η διαφορά αυτή στην αντίσταση είναι και η δύναμη που προκαλεί την περιστροφή του ρότορα. Παρόλο που οι τυπικές τιμές του μέγιστου συντελεστή απόδοσης κυμαίνονται στο 30% με 45% για άλλες ανεμογεννήτριες, στη Savonius περιορίζονται μόλις στο 25%.

Με κάποιους υπολογισμούς μεταβλητών μπορούμε να παραμετροποιήσουμε την αρχή λειτουργίας μια τέτοιας Α/Γ .

Λόγος Όψης (Aspect Ratio-AR): $HS = \frac{H_S}{D_S}$

Λόγος Επικάλυψης (Overlap Ratio-OR): $OR = \frac{a}{D_C}$

Διαφορά Διαχωρισμού (Separation Gap-GP): $GP = -\frac{b}{D_C}$



Εικόνα 5.3: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας Savonius

Στις εξισώσεις, D_C είναι η διάμετρος του ημικυκλικού φτερού, D_S είναι η συνολική διάμετρος του ρότορα της ανεμογεννήτριας Savonius, H_S το ύψος του πτερόγιου (ή αλλιώς του ημικυκλικού), a είναι η επικάλυψη του ρότορα Savonius και b είναι το χάσμα διαχωρισμού των πτερυγίων της Savonius. Ο λόγος επικάλυψης (OR) όταν έχει θετικό αποτέλεσμα δείχνει ότι υπάρχει επικάλυψη στα περιγράμματα των πτερυγίων. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.3 όταν η διαφορά διαχωρισμού (GP) έχει θετικό αποτέλεσμα σημαίνει ότι το περίγραμμα της επιφάνειας ενός πτερυγίου δεν διεισδύει στην διάμετρο του απέναντι ημικυκλικού πτερυγίου. Επομένως, ο ρότορας που παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.3.a μπορεί να περιγραφεί με μια θετική

επικάλυψη και μηδενική διαφορά ενώ στην Εικόνα 5.6.b με αρνητική διαφορά. Πολυάριθμα πειράματα έδειξαν ότι η βέλτιστη απόδοση όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση επιτυγχάνεται για AR=4, OL=20-25% και GP=0-(-5)%.

Η ισχύς καθορίζεται από τον τύπο:

$$P = \frac{1}{2} \times A(m^2) \times \rho(kg/m^3) \times U^3(m/s) \times c_p \times n_{τρ}$$

Όπου

$$A = 70cm \times 80cm = 5600cm^2 \text{ ή } 56 m^2$$

$$\rho = 1,23 kg/m^3$$

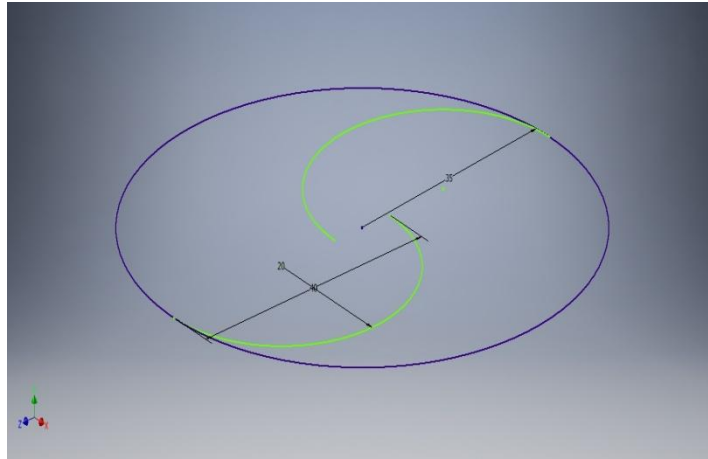
$$U = 3 m/s \quad c_p = 0,3$$

$n_{τρ}$ = τριβές του συστήματος (μηχανικές και ηλεκτρολογικές) αμελητέες για την περίπτωση μας .

$$P = 0.5 \times 56 m^2 \times 1.23 kg/m^3 \times 27 m/s \times 0.3 \times 1 \Rightarrow$$

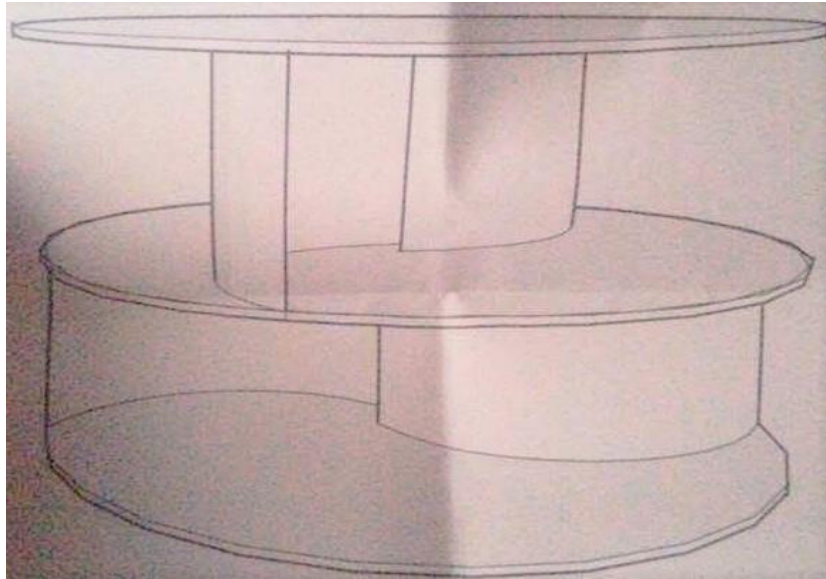
$$P = 279,9 W$$

Η τιμή της ισχύος είναι θεωρητική και έχει μεγάλη απόκλιση από την πραγματική. Υπάρχουν απώλειες μηχανολογικού τύπου όπως τριβών, ρουλεμάν, κιβωτίου ταχυτήτων τόσο και ηλεκτρολογικής συνδεσμολογίας, απώλειες καλωδίων και γεννήτριας. Επίσης αυτή η ισχύς απευθύνεται σε βέλτιστο περιβάλλον του αέρα χωρίς στροβιλισμούς και αναταράξεις και χωρίς κάποιο άλλο καιρικό φαινόμενο. Όλη η κατασκευή ξεκίνησε από μια ιδέα το πώς μπορούμε να φτιαχτεί μια Α/Γ εύκολα και θεωρητικά γρήγορα. Το εύκολο και το γρήγορο βέβαια επιφέρει ένα χαμηλό αποτέλεσμα παραγωγής σε W. Οπότε ξεκίνησε η αναζήτηση στις Α/Γ, σύμφωνα με τους πόρους που ήταν διαθέσιμοι δεν μπορούσαν να γίνουν και πολλά. Εν κατακλείδι η επιλογή κατέληξε στην Α/Γ κάθετου-κατακόρυφου άξονα τύπου Savonius. Η κατασκευή ξεκινάει με τον σχεδιασμό της στο πρόγραμμα INVENTOR της AutoDesk.



Εικόνα 5.4 Κάτοψη σχέδιο δυο διαστάσεων της ανεμογεννήτριας

Το σχέδιο στην Εικόνα 5.4 δίνει τη βάση της κατασκευής και σύμφωνα με αυτό, ξανασχεδιάζεται στο πρόγραμμα XILOG στο οποίο παρέχεται η δυνατότητα σχεδίου σε ξύλο. Σε αυτό το σημείο αρχίζει να υπάρχει μια υπόσταση της κατασκευής διότι τοποθετούνται τα κομμάτια στο CNC (κέντρο κατεργασίας). Τα κομμάτια αυτά αποτελούνται από 3 κομμάτια κόντρα πλακέ θαλάσσης (ανθεκτικά σε νερό και υγρασία εξού και η ονομασία) διαστάσεων 900x900 mm και πάχους 150mm. Ως τελικό σχέδιο θα έχουν αυτό του σχήματος, κύκλος ακτίνας 350 mm και 2 αυλακίες πάχους 4mm και βάθους 10mm. Η μόνη διαφορά είναι ότι το ένα από τα 3 κομμάτια θα έχει και από τις 2 πλευρές τέτοια αυλάκια με μόνη διαφορά ότι από την πάνω την πλευρά σε σχέση με την κάτω θα έχουν 45°. Η διαδικασία αυτή γίνεται για να έχει διαφορετική γωνία εισαγωγής του αέρα, δηλαδή από όποια μεριά φυσάει να περνάει από μέσα ο αέρας και να έχει την δυνατότητα να γυρνάει. Το τελικό σχέδιο είχε μορφή όπως η διπλανή εικόνα και είναι σχέδιο 3D από το πρόγραμμα INVENTOR .



Εικόνα 5.5 Σχέδιο σε φωτοτυπία κατασκευής της Α/Γ

Το πρακτικό-κατασκευαστικό κομμάτι έχει ως βήματα έχει την δημιουργία φτερών και τελική κατασκευή-μοντάρισμα της γεννήτριας. Η επιλογή του υλικού για τα φτερά έγινε ένα ειδικό κομμάτι ξύλου 4mm με μεγάλη ανοχή στο λύγισμα (αρκετά εύκαμπτο) και αδιάβροχο. Κόπηκε σε κομμάτια διαστάσεων 350 mm ύψος και 490 mm μήκος. Η νοοτροπία είναι ότι στην βάση με τις αυλακιές θα μπουν κατά μήκος τα φτερά και θα καπακωθούν από το πάνω το καπάκι (Εικόνα 5.6). Η εικόνα δίπλα απεικονίζει την τελική κατασκευή της. Λόγω αρκετού σφυξίματος στις άκρες τα φτερά έχουν την τάση τα ανοίγουν προς τα έξω, γι'αυτό κατασκευάστηκαν κάποια ειδικά κομμάτια να εφαρμόσουν ακριβώς στο ύψος και να έχουν την δύναμη να συγκρατούν τα φτερά. Μετά το σημείο αυτό, τρίφτηκε όλη η κατασκευή και περάστηκε ένα ειδικό υλικό το οποίο γεμίζει τα κενά στην επιφάνεια του ξύλου (Primer and Sealer Surfacer). Η διαδικασία έγινε για να αποκτήσει όσο περισσότερη λεία επιφάνεια το σώμα για να μειωθεί η στατική τριβή που θα δημιουργηθεί κατά την είσοδο του αέρα στα πτερύγια. Το χρώμα της βάφτηκε μαύρο (Satin 9005) .



Εικόνα 5.6 Κατασκευή της ανεμογεννήτριας



Εικόνα 5.7 Τελειωμένη κατασκευή

Στην Εικόνα 5.7 παρουσιάζεται η τελική μορφή της Α/Γ, έτοιμη για το επόμενο βήμα το οποίο είναι η μελέτη του κιβωτίου ταχυτήτων.

Πρωταρχικό ρόλο για το κιβώτιο ταχυτήτων είναι η επιλογή σωστής γεννήτριας. Η γεννήτρια αγοράστηκε από το διαδίκτυο (e-bay).



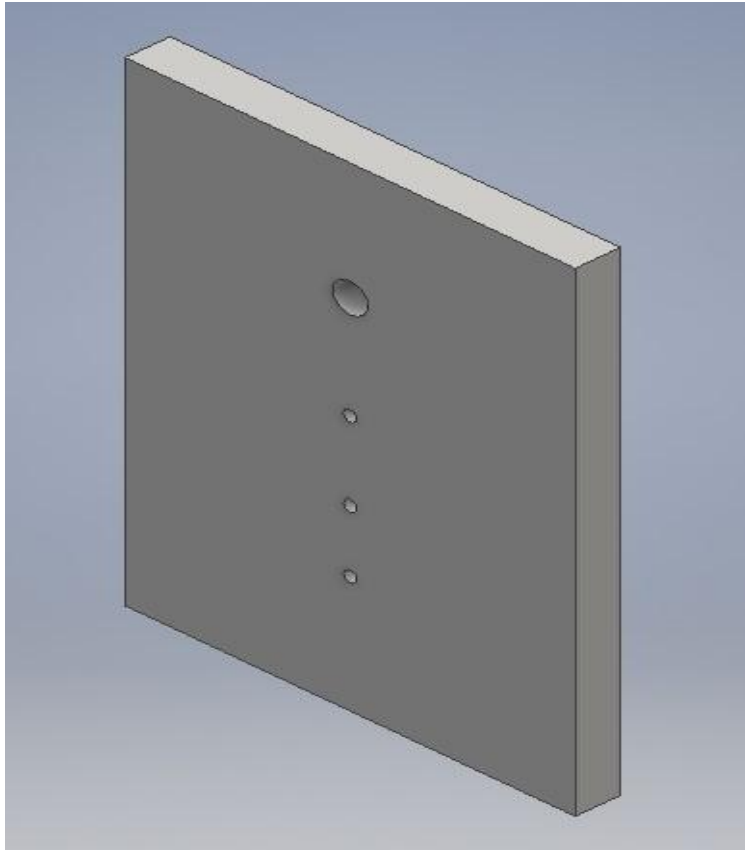
Εικόνα 5.8 Γεννήτρια της κατασκευής μαζί με τα γρανάζια

Είναι μια DC γεννήτρια 36W 12-24V ανεμογεννήτρια μόνιμο μαγνήτη. Παρέχει 4 διαφορετικά γρανάζια και έχει επιλογή ανάλογης συναρμολόγησης. Όταν στη γεννήτρια χρησιμοποιηθούν και τα 4 γρανάζια, όπως στη περίπτωση αυτή, η αναλογία είναι 1:18. Αυτό σημαίνει ότι μια φορά γυρίζει ο άξονας της Α/Γ δεκαοκτώ φορές γυρίζει ο άξονας του μοτέρ.

Πίνακας 5.1 Θεωρητικές μετρήσεις της γεννήτριας βάσει του κατασκευαστή

Rotating Speed /min	Load Capacity Test											
	Empty Load	Loading 10Ω			Loading 4Ω			Loading 1Ω				
500	DC4V	DC2.5V	0.25A	0.63W	DC1.8V	0.45A	0.8V	DC0.6V	0.6A	0.36W		
1000	DC8V	DC5.5V	0.55A	3V	DC3.8V	0.95A	3.6V	DC1.4V	1.4A	1.96W		
1500	DC12V	DC8.5V	0.85A	7.2V	DC5.8V	1.45A	8.4V	DC2.1V	2.1A	4.41W		
2000	DC16V	DC11.5V	1.15A	13.2V	DC7.8V	1.95A	15.2V	DC2.8V	2.8A	7.84W		
2500	DC20V	DC14.5V	1.45A	21V	DC10.8V	2.7A	29V	DC3.5V	3.5A	12.2W		

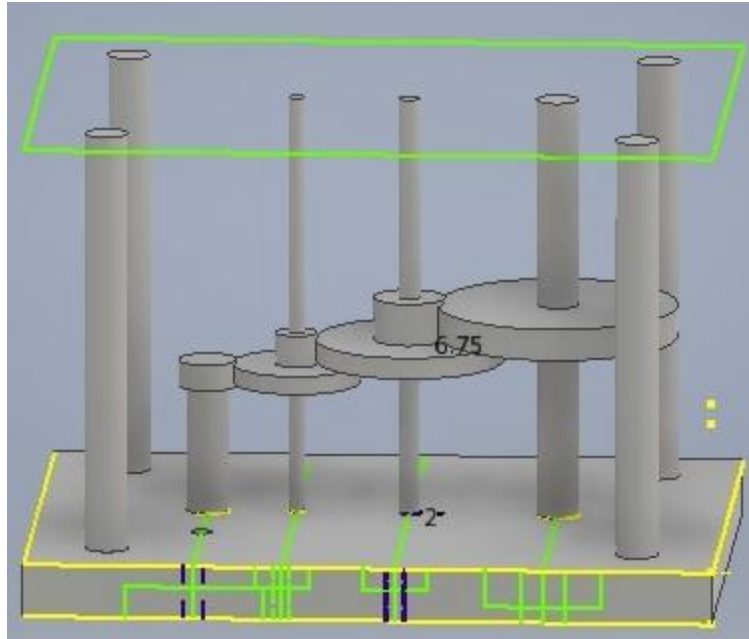
Στον Πίνακα 5.1 δίνονται οι μετρήσεις τάσεις και ρεύματος που δίνει ο κατασκευαστής για διάφορα φορτία και ταχύτητες περιστροφής. Αντίστοιχα με κάθε συνδεσμολογία και με την αντίστοιχη δύναμη του ανέμου παράγει και την αντίστοιχη ισχύ. Τα νούμερα αυτά είναι θεωρητικά δεν εισάγουν μέσα στις τιμές του σφάλματος της όλης κατασκευής.



Εικόνα 5.9 Πλάκα αλουμινίου (βάση για τους άξονες του μοτέρ) σε σχέδιο

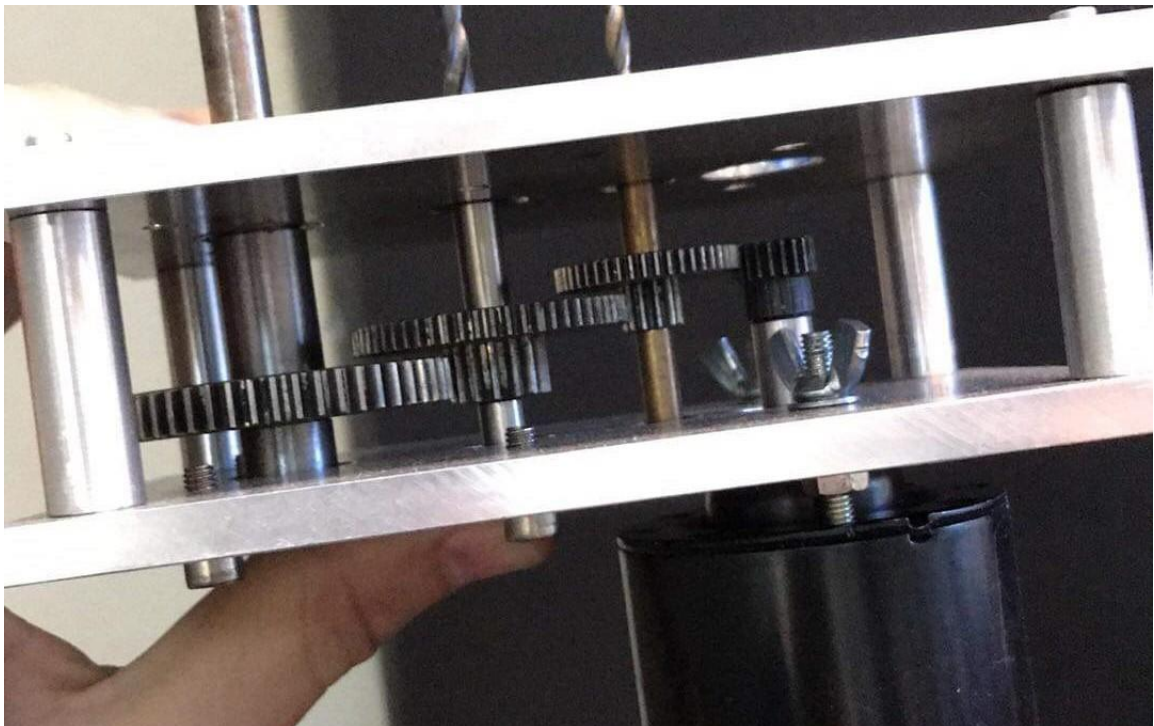
Στο κατασκευαστικό κομμάτι σχεδιάστηκε όλο το κιβώτιο ταχυτήτων με την βοήθεια του προγράμματος Inventor. Όλη η μελέτη ξεκίνησε από την βάση του μοτέρ και τις αποστάσεις για να μπουν οι άξονες των γραναζιών (Εικόνα 5.9). Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για όλη την κατασκευή είναι 2 πλάκες αλουμινίου διαστάσεων 130x100 mm, 4 άξονες στήριξης της κατασκευής μήκους 100 mm και διαμέτρου 8 mm και τέλος 3 διαφορετικά αξονάκια διάφορων διαμέτρων όπως 6 mm, 4mm και 3 mm, όλα έχουν το ίδιο μήκος 100 mm. Τέλος διάφορα ρουλεμάν κλειστού τύπου τα οποία θα ταιριάζουν στους αντίστοιχους άξονες.

Στην Εικόνα 5.10 φαίνεται μια διάτρυτη πλάκα αλουμινίου με τρύπες οι οποίες είναι τα κέντρα των αξόνων και ανάλογα των διαμέτρων των αξόνων, διότι κάθε γρανάζι έχει διαφορετική διάμετρο. Επίσης για την κατασκευή χρειάζονται αντίστοιχα ρουλεμάν τα οποία θα χρειαστούν για την στήριξη των αξόνων και για την λειτουργία του κιβωτίου. Η τελική μορφή του κιβωτίου σαν σχέδιο είναι η απεικόνιση της παρακάτω εικόνας που δείχνει έτοιμο το κιβώτιο με διαστάσεις, "γρανάζια", άξονες. Το μόνο που λείπει είναι η πλάκα αλουμινίου στο από πάνω μέρος αλλά αυτό έγινε εσκεμμένα για καλύτερη οπτική του σχεδίου.

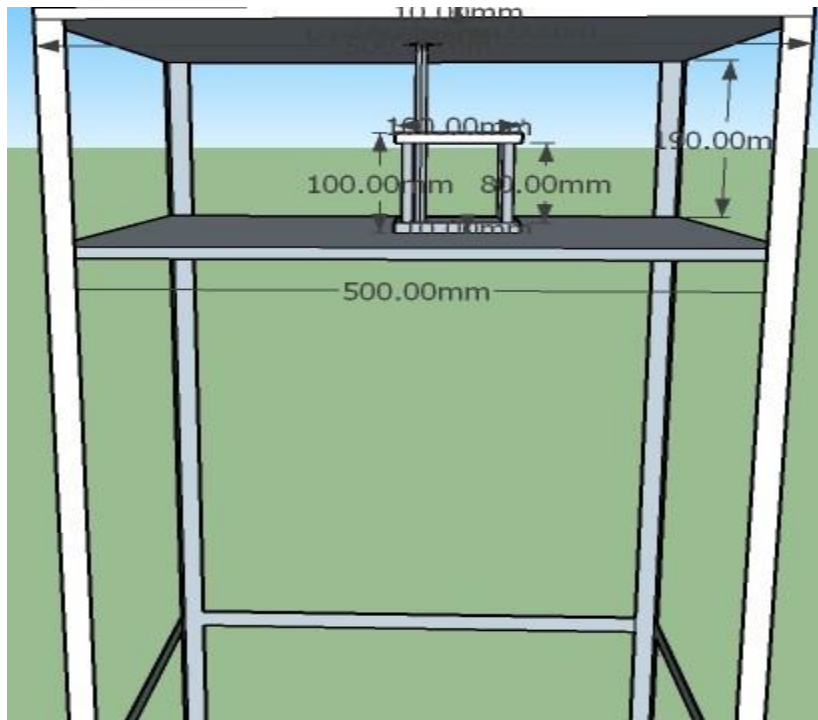


Εικόνα 5.10 Σχέδιο του κιβωτίου

Έχοντας όλα τα μέσα κατασκευάστηκε με την βοήθεια μηχανημάτων, όπως τόνου και φρέζας, και επιβλέποντα καθηγητή στο μηχανολογικό κομμάτι τον κ. Θεόδωρο Παπαδουλή και πήρε τελική μορφή όπως της Εικόνας 5.11.



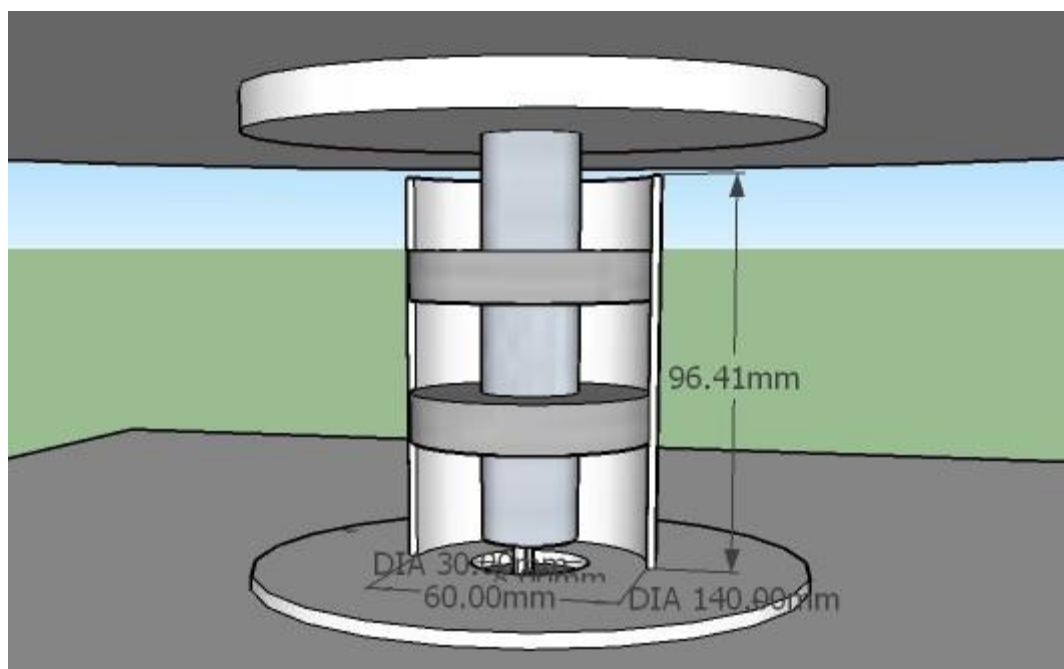
Εικόνα 5.11 Κατασκευή του κιβωτίου



Εικόνα 5.12 Βάση και κιβώτιο σε σχέδιο

Το επόμενο βήμα είναι η κατασκευή της βάσης (Εικόνα 5.12). Αυτό το κομμάτι έγινε με την βοήθεια του προγράμματος Sketch-Up, με πρώτο κομμάτι την βάση στήριξης που είχε την μορφή της από κάτω εικόνας. Είναι μια στιβαρή κατασκευή που έχει άμεση επαφή με το έδαφος χωρίς κάποιο ροδάκι από κάτω για κύλιση στο χώρο, για μείωση πιθανότητας πτώσης της κατασκευής λόγω μεγάλων αναταράξεων του πάνω μέρους. Έχει τετράγωνο σχήμα, διαστάσεων στο πλάτος 500 x500 mm και μήκος 1000x1000mm, δεσίματα στο κάτω μέρος για ενίσχυση. Το υλικό αυτό πιθανόν να είναι από σιδερογωνιά 40x40 mm και πάχους 4mm. Στην ουσία χρειάζεται μια βαρέως τύπου κατασκευή για να μπορεί να πατάει στο έδαφος, το βάρος της κατασκευής μόνο από τα σίδηρα υπολογίζεται πάνω από 15 κιλά. Η επόμενη κίνηση είναι η στερέωση του κιβωτίου στην βάση. Σύμφωνα με τα σχέδια θα αρκούσε ένα κομμάτι ξύλου τύπου mfd (Medium Density Fibreboard που στα Ελληνικά σημαίνει ινόπλακα μέτριας πυκνότητας) πάχους 19mm και διαστάσεων 49,1x49,1 mm. Βιδώνεται στις τέσσερις γωνίες της βάσης και έχει την δυνατότητα να στηρίξει πάνω του το κιβώτιο. Τελικό κομμάτι στο πρώτο μέρος της βάσης είναι το καπάκι που θα στηρίξει όλη την Α/Γ. Κατασκευάστηκε ένα κομμάτι ξύλου τύπου κόντρα πλακέ θαλάσσης, ένα αρκετά σκληρό ξύλο και βαρύ ξύλο για το μέγεθος του. Οι διαστάσεις είναι 500x500 mm και πάχους 25mm, είναι κατεργασμένο ξύλο πρεσαρισμένο το οποίο περιέχει φλοίδες και κόλλα και ένα είδος πλαστικού σκυροδέματος. Ένα ακόμα πλάνο για την ενίσχυση και την μείωση του κέντρου βάρους προς τα κάτω είναι η προσθήκη μίας πλάκας χάλυβα στις κάτω κολλημένες ενισχύσεις. Η ιδιαιτερότητα αυτή ίσως χρειαστεί μόνο για τις μεγάλες ταχύτητες του ανέμου επειδή θα υπάρχουν πολλές αναταράξεις και πιθανή μετατόπιση

κατασκευής. Αυτό θα κριθεί εμπειρικά μόνο κατά την ώρα της μέτρησης. Επειδή με το κομμάτι αυτό θα γίνει δύσχρηστη η μετακίνηση(λόγω επιπρόσθετου βάρους)της, θα αυξηθεί πολύ το κοστολόγιο.



Εικόνα 5.13 Τούμπο αλουμινίου με άξονα και ρουλεμάν

Τέλος, μελετήθηκε το τελευταίο κομμάτι το οποίο είναι μια βάση που θα τοποθετηθεί η Α/Γ επάνω και θα κάνει όλο το σύστημα να λειτουργεί (Εικόνα 5.13). Η τοποθέτηση του γίνεται στο κομμάτι από το καπάκι που βιδώνεται επάνω με βίδες. Έχει την μορφή της εικόνας. Αποτελείται από μια στρογγυλή πλάκα αλουμινίου πάχους 10mm με έναν χωνευτό σωλήνα βλέπε σχήμα μήκους 100 mm. Μέσα στον σωλήνα θα υπάρχουν δύο πρεσαριστά ρουλεμάν κλειστού τύπου και ένας άξονας διαμέτρου 30 mm με εσοχή από κάτω να μπορεί να κουμπώσει με ασφάλεια ο μικρότερος άξονας του κιβωτίου 6 mm. Ο άξονας αυτός θα είναι ενωμένος με την πάνω πλάκα αλουμινίου όπως απεικονίζεται στο σχήμα. Η πλάκα αυτή θα έχει διάμετρο 140 mm και πάχος 10 mm και θα είναι ένα μέρος με την Α/Γ (θα βιδωθεί επάνω) και τον άξονα των 30 mm. Όταν κατασκευαστεί η βάση με τα ρουλεμάν θα έρθει και εφαρμόσει από πάνω η Α/Γ με τον άξονα. Όλο αυτό γίνεται για να μειωθούν οι αναταράξεις λόγω περιστροφής προς το κιβώτιο, και γενικά δεν μπορεί να αντέξει ένας άξονας 6 mm ένα τόσο μεγάλο φορτίο και βάρος που έχει η κατασκευή. Για να γίνει πιο ασφαλής η λειτουργία της, σίγουρα τα πολλά ρουλεμάν φέρνουν και πολλές απώλειες οπότε δεν θα είναι κοντά στο θεωρητικό αποτέλεσμα που έχει υπολογιστεί. Τέλος η κατασκευή δεν έχει ολοκληρωθεί λόγω τεχνικών προβλημάτων και αυξημένου κόστους. Μια προσφορά που ζητήθηκε από την εταιρεία ΣΥΔΑΛ η οποία εδρεύει στα Χανιά έδωσε κοστολόγιο της τάξεως των 400 περίπου ευρώ εκτός των οι κοπτικών ακμών –εργαλείων που θα χρησιμοποιούνταν.

Επίλογος-Συμπεράσματα

Από την παρούσα εργασία διαπιστώθηκε η συμβολή της αιολικής ενέργειας στην αναβάθμιση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου, στην ενίσχυση της οικονομίας των κρατών και στην προστασία του περιβάλλοντος σε σχέση με τις απλές μεθόδους ενέργειας. Γενικά, το κομμάτι των ΑΠΕ θα είναι στο επίκεντρο την επόμενη εικοσαετία τόσο των επενδυτών τόσο και των αγοραστών της ενέργειας. Υπάρχει μεγάλη υποδομή στην χώρα μας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τόσο στους ανθρώπους που έχουν κατ' οίκον χρήση τόσο και σε μεγάλες κατασκευές. Το κράτος τόσο και η Ευρωπαϊκή ένωση συμβάλλουν σε όλο αυτό με την χορήγηση κονδυλίων για την αύξηση της πράσινης ενέργειας.

Όσον αφορά το επίκεντρο της πτυχιακής άσκησης την κατασκευή, λόγω του γεγονότος ότι μελετήθηκε από την αρχή, οι γνώσεις ήταν απεριόριστες. Υπήρξε μεγαλύτερη εξοικείωση με προγραμματιστικά μοντέλα απεικόνισης σχεδίων τριών διαστάσεων, και περισσότερος χρόνος εξάσκησης στο μηχανουργικό κομμάτι (τόρνου-φρέζας-CNC). Μελετήθηκε ο τύπος της ανεμογεννήτριας και προσαρμόστηκε ανάλογα με τις ανάγκες, για αυτό το λόγο προστέθηκε ένα δεύτερο κομμάτι από πάνω και έγινε διπλή Savonius. Η λογική της είναι από όποια πλευρά και γωνία να χτυπάει ο αέρας, αυτή να έχει την δυνατότητα να γυρίσει. Επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν ελαφριά υλικά (αλουμίνια και ξύλα χαμηλής πυκνότητας).

Προτάσεις για επέκταση της εργασίας

Λόγω του γεγονότος ότι η κατασκευή δεν έχει ολοκληρωθεί πλήρως, τα επόμενα βήματα θα είναι :

1. Ολοκλήρωση κατασκευής (δημιουργία βάσης και ένωση όλων των κομματιών).
2. Για την επίτευξη μεγαλύτερης απόδοσης θα χρειαστεί μελέτη και κατασκευή διαφορετικού βήματος μοτέρ άρα δημιουργία άλλων γριναζιών.
3. Δοκιμή σε ρεαλιστικές συνθήκες τόσο σε μια αεροσήραγγα όσο και σε εξωτερική τοποθεσία.
4. Συγκριτική μελέτη σε πειραματικές μετρήσεις από διαφόρους τύπους ανεμογεννητριών.
5. Ηλεκτρολογική εγκατάσταση σε ένα σύνολο με μία μπαταρία για αποθήκευση ενέργειας ή με ένα μετατροπέα για άμεση κατανάλωση.

Βιβλιογραφία

1. Ι. Κατσίγιαννης, «Βελτιστοποίηση ομής και Οικονομική Αξιολόγηση Απομονωμένου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας που Βασίζεται σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2008.
2. Καλδέλης Ιωάννης, «Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας», ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗ, 2005.
3. Εναλλακτικές μορφές ενέργειας ,Βασίλειος Δ. Μπιτζιώνης Δημήτριος Β. Μπιτζιώνης , Εκδόσεις Τζιόλα 2010 .
4. Ήπιες μορφές ενέργειας - Περιβάλλον & Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ,Καπλάνης Ν. Σωκράτης ,εκδόσεις ΙΩΝ 2003.
5. Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας τεχνολογία και περιβάλλον, Τσούτσος Ιωάννης και Κανάκης Ιωάννης .
6. Ο άνεμος και η ενέργεια(Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας).
7. Ανάλυση ανεμογεννήτριας(Εύα Παρασκευαδάκη, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.).
8. Εργαστηριακές σημειώσεις ΑΤΕΙ Χανίων στα μαθήματα “ Ήπιες Μορφές Ενέργειας “και “Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας “.

Διαδικτυακή Βιβλιογραφία

1. <https://eletaen.gr/category/statistics-hwea/>
2. <https://windeurope.org/about-us/new-identity/>
3. <https://www.energia.gr>
4. <https://www.anemogennitria.gr>
5. <https://www.cres.gr>

Για τις εικόνες χρησιμοποιήθηκε κατά κύριο λόγο η μηχανή αναζήτησης google και διάφορες εικόνες από το κατασκευαστικό κομμάτι που τραβήχτηκαν από εμάς (όπως και τα σχέδια).