

**ΑΝΩΤΑΤΟ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Α.Τ.Ε.Ι.)
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΩΝ
ΠΟΡΩΝ**

Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΚΟΥΡΒΕΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΜΠΡΑΝΗΣ

ΜΑΪΟΣ 2007

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί μια μεγάλη προσπάθεια δημιουργίας προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ παράλληλα ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στις πραγματικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας, τις ήπιες και ανανεώσιμες. Συγκεκριμένα, έως το 1975 η παγκόσμια ενεργειακή πολιτική ήταν προσανατολισμένη προς το πετρέλαιο, τον άνθρακα, το φυσικό αέριο και την πυρηνική ενέργεια. Η πρώτη ενεργειακή κρίση το 1975, προβλημάτισε ιδιαίτερα την ανθρωπότητα και οδήγησε σε διαφορετική αντιμετώπιση των θεμάτων παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, τόσο απ' την πλευρά της ενεργειακής ανεξαρτησίας, όσο και από την άποψη της ποιότητας ζωής.

Η ανεμογεννήτρια από την εποχή της εμφάνισης της μέχρι σήμερα έχει περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης, τόσο ως προς τον τύπο της (οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα) όσο και ως προς τα υποσυστήματά της (περύγιο, κιβώτιο ταχυτήτων, πύργος, αυτοματισμοί, γεννήτρια κ.λ.π.). Παράλληλα, εξελίξεις έχουν σημειωθεί και στον τρόπο δέσμευσης, αξιοποίησης, αποθήκευσης ή μεταφοράς της ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από την ανεμογεννήτρια σε άλλη «αναβαθμισμένη» μορφή ενέργειας.

Η συμπεριφορά του ανέμου σε μια θέση, είναι αυτή που καθορίζει τη λειτουργική συμπεριφορά μιας ανεμογεννήτριας. Έτσι, η οικονομική βιωσιμότητα μιας συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας, σε ένα συγκεκριμένο τόπο δεν μπορεί να προβλεφθεί χωρίς την ακριβή γνώση της συμπεριφοράς του ανέμου στη θέση αυτή.

Η Ελλάδα, σε σύγκριση με άλλες χώρες που ήδη έχουν αναπτύξει τεχνολογία εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, μπορεί να χαρακτηριστεί χώρα με υψηλό αιολικό δυναμικό. Η έρευνα έδειξε ότι υπάρχουν περιοχές, κυρίως στο Αιγαίο Πέλαγος και τη Νοτιοανατολική Πελοπόννησο, που η μέση ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10 m υπερβαίνει τα 9 m/sec, ταχύτητα που δεν εμφανίζεται σε πολλά μέρη του κόσμου.

Η πυκνότητα της αιολικής ενέργειας είναι μικρή με αποτέλεσμα για να παραχθεί μια αξιόλογη ποσότητα ενέργειας, συγκρίσιμη με αυτή των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, να απαιτούνται εκατοντάδες αιολικές μηχανές. Λόγω προβλημάτων διαθεσιμότητας γης σε συνδυασμό με ύπαρξη καλού αιολικού δυναμικού, καθώς και την επιδίωξη της ελαχιστοποίησης του κόστους εγκατάστασης η σοβαρή ηλεκτροπαραγωγή από Α/Γ γίνεται σε Αιολικά Πάρκα, δηλαδή σε περιοχές λίγων τετραγωνικών χιλιομέτρων όπου εγκαθίστανται σε ορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους οι Α/Γ.

Η παραγόμενη αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα, δηλαδή σαν περιστροφική ταχύτητα του άξονα, είτε έμμεσα, με μετατροπή κυρίως σε ηλεκτρικό ρεύμα. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκεί όπου παράγεται ή να μεταφερθεί σε ευρύτερες περιοχές.

Ο χώρος της παραγωγής αιολικής ενέργειας αποτελεί ένα εξαιρετικού ενδιαφέροντος επενδυτικό κλάδο στην Ευρώπη, αφού μέχρι το 2010 πρέπει το 10% της παραγόμενης ενέργειας να προέρχεται από τις ΑΠΕ σύμφωνα με τη συνθήκη του Κιότο, την οποία υπέγραψε το καλοκαίρι του 2004 και η Ρωσία, αυξάνοντας πολύ τη σημασία της, αλλά και την αξία της αγοράς αιολικής ενέργειας. Στην Ελλάδα το 2010 πρέπει να λειτουργούν 2000 MW, τη στιγμή που σήμερα λειτουργούν 400 MW, ενώ πολλές χιλιάδες MW πρέπει να εγκατασταθούν σε Αγγλία και Γαλλία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΤΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	3
1.1. Ιστορική ανασκόπηση.....	3
1.2. Οι ανεμόμυλοι στην Ελλάδα.....	5
1.3. Οι ανεμόμυλοι της Μυκόνου.....	7
1.4. Άνεμοι.....	8
1.5. Εφαρμογές των ανεμογεννητριών σήμερα.....	12
2. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΔΙΕΠΟΥΝ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Α.Π.Ε.....	13
2.1. Εκμετάλλευση Αιολικής Ενέργειας παγκοσμίως και στην Ε.Ε. - Διεθνείς Τάσεις	13
2.2. Μεγάλο επενδυτικό ενδιαφέρον στην αφετηρία της απελευθέρωσης	15
2.3. Πώς θα λειτουργεί η αγορά ηλεκτρισμού.....	17
2.4. Τροποποιούμενες διατάξεις.....	22
2.5. Αιολική Ενέργεια - Έρευνα και Τεχνολογία.....	23
3. ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ.....	25
3.1. Αιολικό Δυναμικό της Ελλάδας.....	25
3.2. Εκτίμηση του αιολικού δυναμικού της Ελλάδας.....	25
4. ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	34
4.1. Γενικά.....	34
4.2. Τύποι συλλογής της αιολικής ενέργειας.....	35
4.3. Τυπικές μορφές ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα.....	36
4.4. Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα.....	39
4.4.1. Δρομέας.....	39
4.4.2. Σύστημα πέδησης άξονα δρομέα.....	41
4.4.3. Ελαστικοί σύνδεσμοι.....	41
4.4.4. Ηλεκτρική γεννήτρια.....	41
4.4.5. Σύστημα προσανατολισμού.....	42
4.4.6. Πύργος.....	42
4.5. Τυπική μορφή ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα.....	42
4.5.1. Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα τύπου Savonius..	43
4.5.2. Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα τύπου Darrieus..	43
4.6. Άλλοι τύποι ανεμογεννητριών.....	45
4.7. Στάδια μελέτης σχεδίασης ανεμογεννητριών.....	45

5. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ Α/Γ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	46
5.1. Γενικά.....	46
5.2. Συστήματα μετατροπής σε ηλεκτρική ενέργεια.....	48
5.2.1. Ασύγχρονες Γεννήτριες.....	48
5.2.2. Σύγχρονες Γεννήτριες (ΣΓ).....	49
5.3. Μηχανές Σ.Ρ.	49
5.4. Παράλληλη λειτουργία των Α/Γ με το ΣΗΕ.	50
5.5. Παράλληλη λειτουργία Α/Γ με νηξελογεννήτριες.	50
5.6. Μοντέλο της Α/Γ.....	51
6. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ	52
6.1. Γενικά.....	52
6.2. Συσσωρευτές ως συστήματα αποθήκευσης ενέργειας Α/Γ.....	52
6.3. Επαναφορτιζόμενη μπαταρία.....	53
6.4. Είδη Συσσωρευτών.....	53
6.5. Σύνδεση του Συσσωρευτή με το Αιολικό σύστημα.....	56
6.5.1. Εντελώς αυτοδύναμα συστήματα.....	56
6.5.2. Υβριδικά αυτοδύναμα συστήματα.....	56
6.6. Τρόπος σύνδεσης του Συσσωρευτή με το σύστημα.....	57
6.7. Η λειτουργία του Συσσωρευτή στο σύστημα.....	58
6.7.1. Η χωρητικότητα των συσσωρευτών.....	58
6.7.2. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των συσσωρευτών.....	59
6.7.2.1. Συνθήκες φόρτισης των συσσωρευτών.....	59
6.7.2.2. Ρεύμα αυτοεκφόρτισης.....	60
6.7.2.3. Συντήρηση.....	60
6.7.2.4. Συνθήκες λειτουργίας.....	61
6.8. Δομή – Εγκατάσταση.....	61
6.9. Κόστος Συσσωρευτών.....	61
7. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	63
7.1. Γενικά.....	63
7.2. Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή τοποθεσίας ανεμογεννήτριας.....	64
7.3. Συνοπτική περιγραφή της διαδικασίας επιλογής θέσης για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών.....	68
7.4. Δείκτες ύπαρξης Αιολικού Δυναμικού.....	72
8. ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ Α/Γ (κυρίως μικρών διαστάσεων για μικρές μονάδες)	76
8.1. Εκτίμηση ύπαρξης Αιολικού Δυναμικού.....	76
8.2. Θέση εγκατάστασης της Α/Γ.....	78
8.3. Εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών.....	80
8.4. Εκτίμηση γενικών διαστάσεων της Α/Γ.....	80
8.5. Επιλογή Α/Γ για την κάλυψη των αναγκών μιας κατοικίας.....	86

9. ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ	88
9.1. Γενικά	88
9.2. Χωροθέτηση μηχανών σε Αιολικά Πάρκα	90
9.3. Κριτήρια για την κατάλληλη θέση εγκατάστασης ενός Αιολικού Πάρκου	91
9.4. Επιλογή Α/Γ μεγάλων ή μικρών διαστάσεων	91
9.5. Ισχύς Αιολικού Συστήματος	92
9.6. Αιολικά Πάρκα στην Ελλάδα	94
10. ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	99
10.1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	99
10.2. Χρήση στη Γεωργία	101
11. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ Α/Γ	104
11.1. Προβλήματα στο περιβάλλον	104
11.2. Προβλήματα διασύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο	107
11.3. Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (Σ.Α.Π.)	108
12. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	110
12.1. Γενικά	110
12.2. Κόστος ανεμογεννητριών	110
12.3. Κόστος εγκατάστασης	112
12.4. Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	112
12.5. Τιμή αγοράς κιλοβατώρας	113
12.6. Αιολικό δυναμικό-Συντελεστής χωρητικότητας Α/Γ	114
12.7. Διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας	115
12.8. Κόστος χρήματος	115
12.9. Κόστος συντήρησης και λειτουργίας Α/Γ	116
12.10. Ειδική επένδυση	116
12.11. Θεσμικό και τιμολογιακό πλαίσιο	118
13. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	120
13.1. Η εξέλιξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια	120
13.2. Δημόσια Ενίσχυση των ΑΠΕ	121
13.3. Τομέας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	122
13.4. Συμπεράσματα – Προσέγγιση στόχου – Ανάγκη πρόσθετων μέτρων	124
13.4.1. Βασικό Σενάριο	124
13.4.2. Συντηρητικό Σενάριο	126
13.4.3. Αισιόδοξο Σενάριο με πρόσθετα μέτρα	127
14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	129
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α-ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ	132
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β-ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ	150
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	156

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία δέκα περίπου χρόνια γίνεται αρκετός λόγος για τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας και την αξιοποίησή τους. Η κρίση του πετρελαίου, η επικείμενη εξάντληση των ορυκτών καυσίμων, η αυξανόμενη μόλυνση του περιβάλλοντος, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η βούληση των κρατών για εθνική και ανεξάρτητη ενεργειακή πολιτική με την αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας, οδηγούν στην χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που δίνουν σε μεγάλο βαθμό λύση στα παραπάνω προβλήματα. Πηγές ενέργειας όπως η αιολική, η ηλιακή κ.α. έχουν ένα χαρακτηριστικό που τις δίνει την ονομασία **ανανεώσιμες**, ότι δηλαδή από τη φύση τους ανανεώνονται διαρκώς και προσφέρονται στον άνθρωπο δωρεάν για εκμετάλλευση. Τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που ονομάζονται και **εναλλακτικά ή ήπια συστήματα**, είναι δυνατόν να ταξινομηθούν σε πέντε κύριες κατηγορίες:

- **Αιολικά συστήματα**, εκείνα δηλαδή που αξιοποιούν την ενέργεια των ανέμων για την παραγωγή ενέργειας.
- **Ηλιακά συστήματα**, που αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει στην επιφάνεια της γης.
- **Υδροδυναμικά συστήματα**, που αξιοποιούν την ενέργεια των υδατοπτώσεων των ποταμών.
- **Γεωθερμικά συστήματα**, που αξιοποιούν θερμά ρευστά από τα έγκατα της γης.
- **Συστήματα βιομάζας**, που αξιοποιούν τη βιομάζα για παραγωγή ενέργειας.

Ένα δεύτερο ιδιαίτερα ευπρόσδεκτο χαρακτηριστικό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ότι οι τεχνολογίες εκμετάλλευσής τους βρίσκονται μέσα στις κατασκευαστικές δυνατότητες των αναπτυσσόμενων τεχνολογικά χωρών, συνεπώς, εκτός απ' τη συνεισφορά τους στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, συνεισφέρουν σημαντικά, αν αναπτυχθούν κατάλληλα, και στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Ένα τρίτο χαρακτηριστικό τους είναι ότι αυτές οι μορφές ενέργειας δεν είναι εξαγωγίμες, συνεπώς η εκμετάλλευσή τους πρέπει να γίνει στη θέση όπου εμφανίζονται, άρα πρόκειται για ένα αποκεντρωμένο σύστημα παραγωγής ενέργειας μέσα στην ανθρώπινη κλίμακα δραστηριότητας.

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό τους, και όχι το τελευταίο, είναι ότι δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον οπότε η εκμετάλλευσή τους είναι συνεπής προς μια οικολογικά σωστή αντιμετώπιση της σχέσης ανθρώπινη δραστηριότητα και περιβάλλον, μια σχέση που μόνο τα τελευταία χρόνια ο άνθρωπος συνειδητοποίησε ότι πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη σε όλα τα σενάρια οικονομικής και τεχνολογικής ανάπτυξης.

Η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση στο έτος 1987 εκτιμάται σε $8 \cdot 10^9$ Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου (Τ.Ι.Π.) και η ικανοποίηση της κυρίως γινόταν (και γίνεται) από μη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας όπως αναλυτικά φαίνεται στον πίνακα:

Κάρβουνο	$2,4 \cdot 10^9$ Τ.Ι.Π.
Πετρέλαιο	$2,9 \cdot 10^9$ Τ.Ι.Π.
Αέριο	$1,6 \cdot 10^9$ Τ.Ι.Π.
Υδροηλεκτρική	$0,5 \cdot 10^9$ Τ.Ι.Π.
Πυρηνική	$0,4 \cdot 10^9$ Τ.Ι.Π.
<u>Άλλες μορφές</u>	<u>$0,2 \cdot 10^9$ Τ.Ι.Π.</u>
Σύνολο	$8,0 \cdot 10^9$ Τ.Ι.Π.

Σύμφωνα με τα διάφορα σενάρια ενεργειακής πολιτικής προβλέπεται ότι το έτος 2020 η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση τουλάχιστον θα διπλασιαστεί. Έτσι προκύπτει «ξαφνικά» σοβαρότατο πρόβλημα κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης και διαπιστώνεται ότι οι συμβατικές ενεργειακές πηγές που διαθέτει ο πλανήτης μας δεν είναι απεριόριστες και ότι τα ενεργειακά αποθέματα εξαντλώνται.

Με την υπόθεση ότι μπορούμε να εκμεταλλευθούμε πλήρως τα ενεργειακά αποθέματα (συνήθως εκμεταλλευόμαστε το 50%) τότε με τον σημερινό ρυθμό κατανάλωσης αυτά επαρκούν για 260 χρόνια. Με αύξηση όμως της ετήσιας κατανάλωσης κατά 5% και ετήσια αύξηση πληθυσμού κατά 2% τα αποθέματα αυτά των καυσίμων θα εξαντληθούν σε 70 χρόνια!

Τα ενεργειακά αυτά αποθέματα χρειάστηκαν εκατομμύρια χρόνια για να δημιουργηθούν και ο άνθρωπος του 20^{ου} αιώνα θα τα εξαντλήσει μέσα σε 100 χρόνια.

Αναφορικά με την αιολική ενέργεια πρέπει να σημειωθεί ότι τα επιδεικτικά προγράμματα που υπάρχουν ανά τον κόσμο για την αιολική ενέργεια αποδεικνύουν ότι η τεχνολογία της ωριμάζει και ότι σήμερα το κόστος της παραγόμενης αιολικής kWh είναι μικρότερο του κόστους της kWh των συμβατικών σταθμών για περιοχές καλού αιολικού δυναμικού όπως είναι τα νησιά του Αιγαίου. Ενεργειακή μελέτη για την Ελλάδα αποδεικνύει ότι η χώρα μας μπορεί να καλύψει με 500 μεγάλες ανεμογεννήτριες τουλάχιστον το 10% των ενεργειακών της αναγκών, ενώ τα νησιά του Αιγαίου, που έχουν πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό, αν διασυνδεθούν με το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο μπορούν να αποτελέσουν αιολικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αντίστοιχους με τους θερμοηλεκτρικούς της ενδοχώρας. Αυτό που απαιτείται είναι σαφής πολιτική βούληση ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας, σαφές πρόγραμμα, αλλά κυρίως δέσμευση από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού σε ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα εγκατάστασης ανεμογεννητριών στη χώρα μας, συγκεκριμένων διαστάσεων και ελληνικής τεχνολογίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

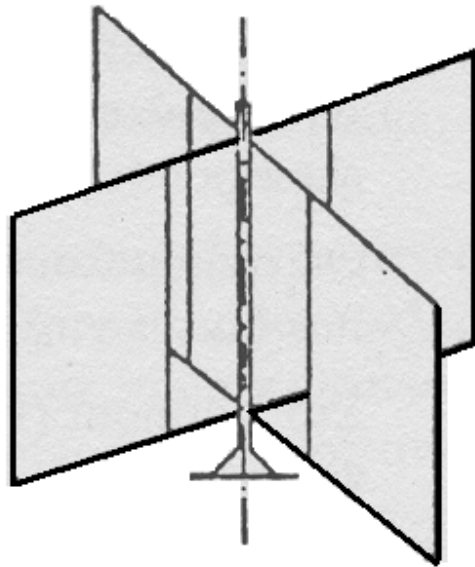
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

1.1. Ιστορική ανασκόπηση

Η αιολική ενέργεια είναι μια απ' τις πιο παλιές φυσικές πηγές ενέργειας που αξιοποιήθηκε σε μηχανική μορφή.

Η πρωτογενής αυτή μορφή ενέργειας που παρέχεται άμεσα από τη φύση, έπαιξε αποφασιστικό ρόλο στην εξέλιξη της ανθρωπότητας ιδιαίτερα με τη χρήση της στη ναυτιλία για συγκοινωνίες και εξερευνήσεις. Η σημασία της ενέργειας του ανέμου φαίνεται στην ελληνική μυθολογία όπου ο Αίολος διορίζεται από τους θεούς ταμίας των ανέμων.

Πρώτη χρήση της αιολικής ενέργειας από τον άνθρωπο έγινε για την κίνηση των πλοίων τους. Υπάρχουν επίσης ιστορικές και αρχαιολογικές μαρτυρίες ότι ανεμόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν από τους Κινέζους, τους Πέρσες και τους Αιγυπτίους πολλούς αιώνες πριν από τη γέννηση του Χριστού. Περισσότερα γνωρίζουμε σήμερα για τους ανεμόμυλους των Περσών, οι οποίοι ήταν κατακόρυφου άξονα όπως φαίνεται στο σχήμα (Σχήμα 1.1.).



Σχήμα 1.1. Ανεμόμυλος πλακών κατακόρυφου άξονα.

Στις χώρες της Ανατολής, στην Περσία, στη Μικρά Ασία, στο Αιγαίο, οι ανεμόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν από πολύ παλιά για την άλεση δημητριακών, μέχρι τη Βυζαντινή εποχή και μεταγενέστερα. Επιπλέον όμως χρησιμοποιήθηκαν και για άλλους σκοπούς, με σπουδαιότερο απ' αυτούς την άντληση υδάτων. Η μεγαλύτερη διάδοσή τους έγινε στην Ολλανδία, όπου εκεί με τη βοήθεια των ανεμόμυλων απορροφήθηκαν τα νερά των τεράστιων σε έκταση περιοχών της χώρας που βρίσκονται σε χαμηλή στάθμη, και διοχετεύθηκαν στη θάλασσα.

Στην Ελλάδα για την άντληση ποτιστικού νερού από πηγάδια χρησιμοποιήθηκαν οι ανεμόμυλοι κυρίως στην ανατολική Κρήτη. Υπολογίζεται ότι ο αριθμός τους είχε φθάσει προπολεμικά τους 6.000.

Μια σύντομη ιστορική αναδρομή στη χρησιμοποίηση των ανεμόμυλων δείχνει ότι κατά τους αρχαίους χρόνους χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για το άλεσμα του σιταριού. Μέχρι και το 900 μ.Χ. χρησιμοποιούνταν στην Περσία ακόμα ανεμόμυλοι κατακόρυφου άξονα για το πόντισμα κήπων. Στη συνέχεια αναφέρονται οι κυριότεροι χρονικοί σταθμοί της εξελικτικής πορείας του ανεμόμυλου.

- 1200 μ.Χ. Ανεμόμυλοι οριζόντιου άξονα χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη για το άλεσμα του σιταριού.
- 1500 μ.Χ. Στα πεδινά της Ολλανδίας εμφανίζονται οι πρώτοι ανεμόμυλοι. Ο Don Quixote τους φέρνει στην Ισπανία.
- 1600 μ.Χ. Άποικοι κατασκευάζουν ανεμόμυλους ευρωπαϊκού τύπου στα ανατολικά παράλια της Αμερικής.
- 1700 μ.Χ. Οι ατμομηχανές αρχίζουν να αντικαθιστούν τους ανεμόμυλους.
- 1860 Οι Αμερικανοί κατασκευάζουν πολυπτερυγούς ανεμόμυλους (multi bladed) για να χρησιμοποιηθούν για κίνηση αντλιών.
- 1870 Στο Σικάγο γίνεται κέντρο βιομηχανικής παραγωγής ανεμόμυλων.
- 1900 Οι Δανοί παράγουν ηλεκτρισμό απ' τον άνεμο.
- 1920 Ανεμόμυλοι μεταλλικής κατασκευής χρησιμοποιούνται στην Αμερική για ηλεκτροδότηση στα αγροτικά σπίτια.
- 1930 Οι ανεμόμυλοι στις αγροτικές περιοχές αντικαθίστανται από την επέκταση των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας.
- 1940 Στο Vermont (Η.Π.Α.) κατασκευάζεται για πρώτη φορά πειραματική ανεμογεννήτρια αρκετά μεγάλης ισχύος με δύο πτερύγια.
- 1950 Η ατομική ενέργεια μειώνει το ενδιαφέρον για χρησιμοποίηση της αιολικής ενέργειας.
- 1960 Η μόλυνση του περιβάλλοντος από τις υπάρχουσες πηγές ενέργειας (άνθρακας-πετρέλαιο) αρχίζει να γίνεται έντονη.
- 1970 Η έλλειψη καυσίμων αναζωογονεί το ενδιαφέρον για αξιοποίηση της ενέργειας του ανέμου.
- 1976 Τεχνολογικά ανεπτυγμένες χώρες διαθέτουν για πρώτη φορά μεγάλο ύψος χρημάτων για προγράμματα γύρω απ' την τεχνοοικονομική διερεύνηση των ανεμογεννητριών.
- 1983 Κατασκευή ανεμογεννητριών ισχύος 3 MW.
- 1990 Κατασκευή ανεμογεννητριών ισχύος 7 MW.

Η πρόσφατη ενεργειακή κρίση με τις αλλεπάλληλες αυξήσεις της τιμής του πετρελαίου, και η τεχνολογική πρόοδος που σημειώθηκε, έδρασαν ευνοϊκά ώστε σήμερα να δικαιολογείται η προσπάθεια κατασκευής μεγαλύτερων μονάδων για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, αλλά και της τυποποίησης στην κατασκευή των μικρότερων, για ορισμένες χρήσεις.

1.2. Οι ανεμόμυλοι στην Ελλάδα.

Στην Ελλάδα η άλεση των δημητριακών κατά τη Βυζαντινή εποχή, μετά την υποδούλωση στους Τούρκους, καθώς και αργότερα, κατά τον περασμένο αιώνα, στο ελεύθερο κράτος, γινόταν σχεδόν αποκλειστικά δια των ανεμόμυλων.

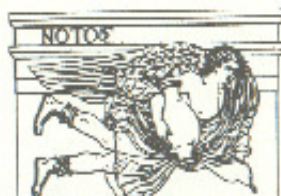
Ο αριθμός τους ήταν μεγάλος, προ παντός στις ανεμόδαρτες περιοχές, κυρίως στα νησιά του Αιγαίου, στα ανατολικά παράλια της ηπειρωτικής Ελλάδας και στις υψηλές ορεινές περιοχές της ενδοχώρας. Παρ' ότι η Μύκονος διατήρησε, για πολλούς λόγους, μια ξεχωριστή θέση με τους μύλους της στο θέμα της χρησιμοποίησης της αιολικής ενέργειας δεν αποτέλεσε φυσικά και τη μοναδική περίπτωση.

Δεν υπάρχει νησί του Αιγαίου που να μην είχε και να μη διατηρεί ακόμα σήμερα, πολλούς ανεμόμυλους.

Στη Ελλάδα δεν είναι γνωστό πότε άρχισαν να κατασκευάζονται ανεμόμυλοι. Ιστορικές μαρτυρίες δείχνουν την ύπαρξη ανεμόμυλων στην Ελλάδα πολλές εκατοντάδες χρόνια προ Χριστού. Κατά τη διάρκεια του 1^{ου} αιώνα π.Χ. χτίστηκε στην Αθήνα ένα αρχαίο Αστεροσκοπείο, ο «Πύργος των Ανέμων». Στις 8 πλευρές του, φέρει φιγούρες των οχτώ ανέμων που ο Αριστοτέλης διέκρινε τρεις αιώνες νωρίτερα (Φωτογραφία 1).



Ανατολικός Άνεμος (Απηλιώτης)



Δυτικός Άνεμος (Ζέφυρος)



Βόρειος Άνεμος (Βόρειας)



Νότιος Άνεμος (Νοτιάς)



Αιολικός Πύργος στην Αθήνα

Φωτογραφία 1

Ανεξάρτητα όμως απ' το πότε πρωτοεμφανίστηκαν οι ανεμόμυλοι στη χώρα μας, είναι βέβαιο ότι εδώ αναπτύχθηκε ένας τύπος ανεμόμυλου οριζόντιου άξονα,

διαφορετικός από εκείνους των άλλων χωρών, πολύ χαρακτηριστικός για την Ελλάδα και σύμφωνος με τις κλιματολογικές συνθήκες (Φωτογραφία 2).



Φωτογραφία 2: Τυπικός αιγαιοπελαγίτικος ανεμόμυλος



Φωτογραφία 3: Παλαιοί ανεμόμυλοι στη Χίο



Φωτογραφία 4: Ένας κατεστραμμένος ανεμόμυλος και μία σύγχρονη ανεμογεννήτρια. Η συνέχεια της ιστορίας του ανθρώπου και οι προσπάθειες εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας.

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείτο εντατικότερα στην περιοχή Λασιθίου όπου οι κατασκευαστές ανεμόμυλων ήταν ντόπιοι σιδηρουργοί. Το κόστος ενός ανεμόμυλου ήταν 5.000 (τιμή 1960). Ο ανεμόμυλος εργάζεται 9-10 ώρες ημερησίως αντλώντας 30 έως 50 m³ νερού από ένα μέσο βάθος 15 m (περίπου 1 lit/sec).

Η ικανότητα αλέσματος των ανεμόμυλων στις διάφορες θέσεις της χώρας κυμαίνεται από 20-70 kg σιτηρών την ώρα ανάλογα με τον προσανατολισμό της πτερύγωσης και την ταχύτητα του ανέμου.

Στη Σητεία αναφέρθηκε μια πρακτική αποθήκευση της αιολικής ενέργειας κατά την οποία αντλείται νερό με τη βοήθεια ανεμόμυλων, το οποίο αποθηκεύεται σε υψηλή δεξαμενή και κατόπιν χρησιμοποιείται ως υδατόπτωση στους νερόμυλους.

1.3. Οι ανεμόμυλοι της Μυκόνου.

Η ύπαρξη ανεμόμυλων στη Μύκονο είναι εξακριβωμένη από το 15^ο αιώνα. Σε σχεδιαγράφημα της Μυκόνου σημειώνεται στην εποχή εκείνη ανεμόμυλος στη θέση Κάστρο. Μέχρι προ ολίγων 10ετιών σώζονταν τα θεμέλια του μύλου αυτού που ονομαζόταν Καστρινός.

Ιστορικά η λειτουργία ανεμόμυλων μνημονεύεται με συγκεκριμένα στοιχεία από τον 16^ο αιώνα. Στο διάταγμα της Βενετίας της 8 Μαρτίου 1518 μεταξύ των αιτημάτων των Μυκονίων περιλαμβάνεται και η άρση της απαγόρευσης άλεσης από τους αλευρόμυλους κατά τις ημέρες Σάββατο και Κυριακή. Ο Tournefort το 1700 στο σχεδιάγραμμα του λιμανιού της Μυκόνου σημειώνει 10 ανεμόμυλους κατά παράταξη στην περιοχή που βρίσκονται και σήμερα, με την τοπωνυμία «Κάτω Μύλοι» ή «Πολλοί Μύλοι». Κατά το 1755 στο κτηματολόγιο της Μυκόνου μνημονεύονται 17 μύλοι. Η επίσημη απογραφική έκθεση του 1828 αναφέρει 29 ανεμόμυλους σύμφωνα δε με προφορικές παραδόσεις ο μέγιστος αριθμός των ανεμόμυλων του νησιού έφθανε τους 40.

Η δυναμικότητα ενός ανεμόμυλου με στρωτό άνεμο ανέρχεται περίπου σε ένα τόνο σιταριού σε ένα εργάσιμο 12ωρο, αν επομένως έχουμε σε λειτουργία 20 μύλους επί 60 ημέρες, όσοι το ελάχιστο υπολογίζονται για τη Μύκονο, τότε, η αλεστικότητα ανέρχεται σε 4.000 τόνους σιταριού το χρόνο. Σύμφωνα με ορισμένες πληροφορίες στο παρελθόν οι ανεμόμυλοι της Μυκόνου χρησιμοποιούνταν για να αλέθουν φλοιό πεύκου και στη βυρσοδεψία.

Οι ανεμόμυλοι της Μυκόνου στη θέση «Κάτω Μύλοι» (Φωτογραφία 5), είναι οικοδομημένοι επάνω στο έδαφος του «κοινού των Μυκονίων» και επομένως οι ιδιοκτήτες κατέχουν μόνο το κτίσμα και τις μέσα σ' αυτό τεχνικές εγκαταστάσεις και όχι τη γη. Απ' τους ανεμόμυλους της περιοχής αυτής σώζονται μόνο 7 πλήρεις ή ερειπωμένοι. Όσοι απ' αυτούς βρίσκονται σε καλή κτιριακή κατάσταση χρησιμοποιούνται ως κατοικίες. Ένας μόνο απ' αυτούς βρίσκεται σε καλή κτιριακή και λειτουργική κατάσταση και είναι σε θέση να λειτουργεί ακόμα και σήμερα. Είναι ο «Μύλος του Γεράνιμου», ο οποίος έχει ηλικία περίπου 300 ετών και δε σταμάτησε να λειτουργεί απ' την κατασκευή του. Σήμερα βέβαια χρησιμοποιείται αραιά και σε ορισμένες εποχές για να αλέσει λίγο στάρι ή κριθάρι.



Φωτογραφία 5: Ανεμόμυλος Μυκόνου στη θέση «Κάτω Μύλοι»

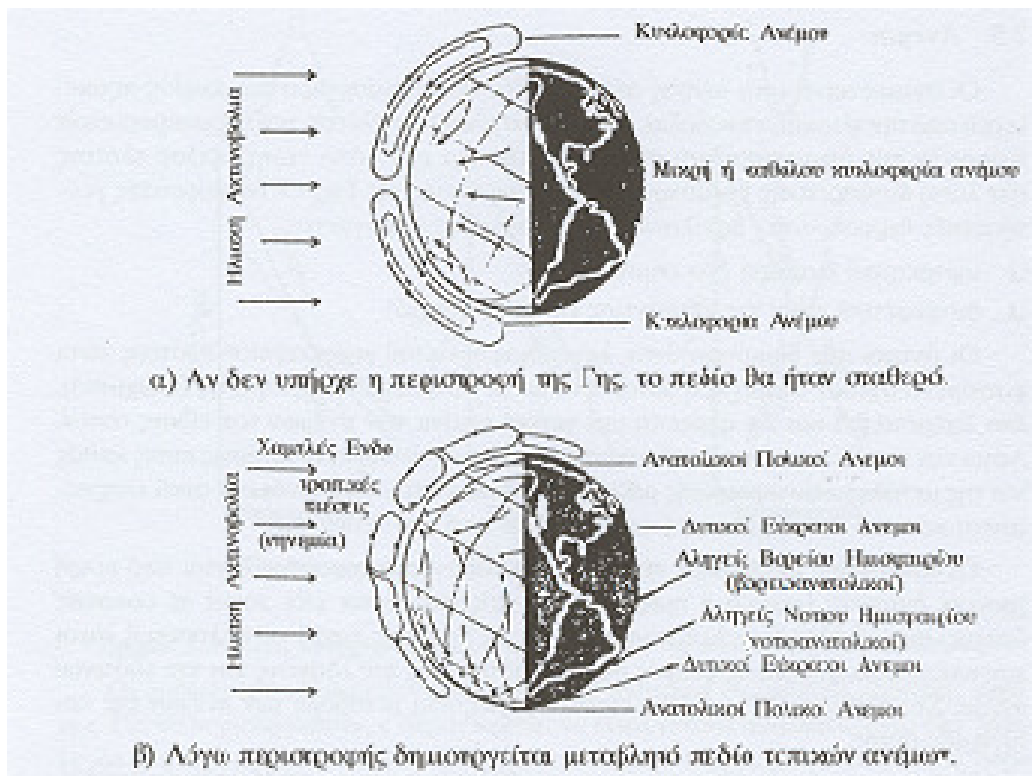
Οι ανεμόμυλοι αυτοί, λόγω της σχεδόν μίας κατεύθυνσης του ανέμου που επικρατεί κατά την αλεστική περίοδο είναι σταθερής κατεύθυνσης χωρίς ανέμης προσανεμισμού, όπως είχαν οι αντίστοιχοι ολλανδικοί ανεμόμυλοι. Η διάμετρος του δρομέα είναι από 6-10 μέτρα, η δε αλεστικότητα προσαρμοζόταν στην ένταση του ανέμου ξεδιπλώνοντας ή μαζεύοντας τα πανιά των αντενών του τροχού.

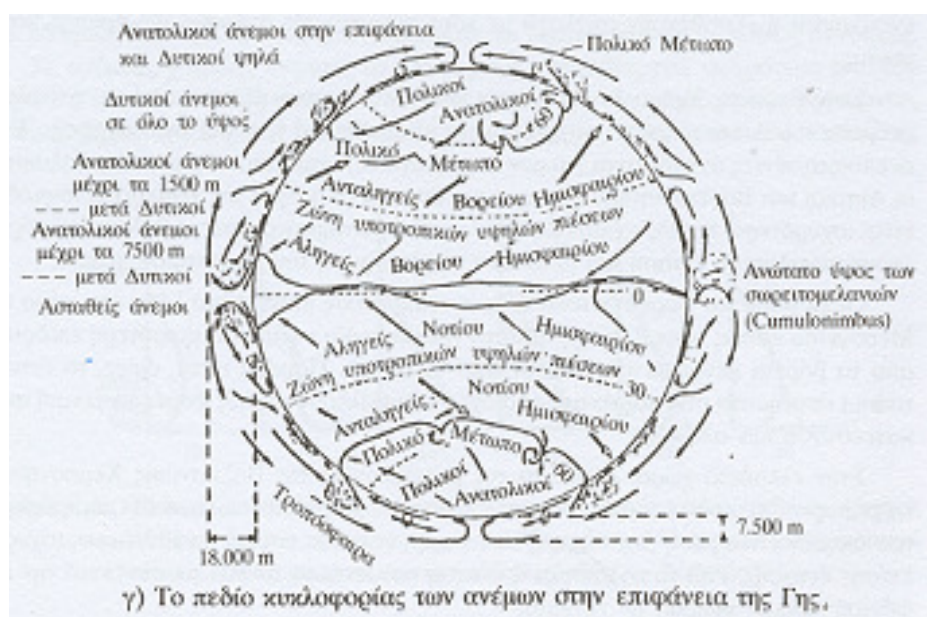
1.4. Άνεμοι.

Οι άνεμοι αποτελούν κίνηση αέριας μάζας στην ατμόσφαιρα που κυρίως προκαλείται από την ηλιακή ακτινοβολία. Πιο συγκεκριμένα είναι αποτέλεσμα των θερμοκρασιακών διαφορών που δημιουργούνται στην Τροπόσφαιρα είτε λόγω γεωγραφικού πλάτους είτε λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης. Οι διαφορετικές γεωγραφικές θερμοκρασίες οφείλονται σε δύο κυρίως παράγοντες:

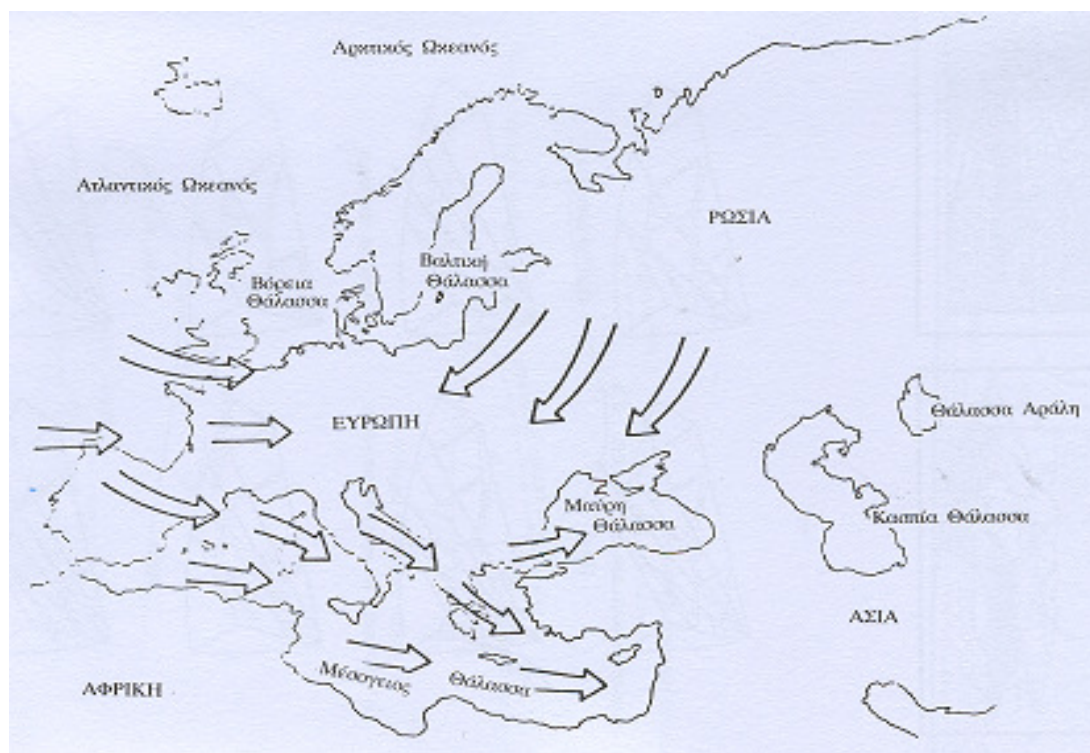
- Στην υψομετρική διαφορά δύο σημείων.
- Στη διαφορετική φύση της επιφάνειας (έδαφος ή νερό).

Οι άνεμοι που δημιουργούνται λόγω διαφορετικού γεωγραφικού πλάτους είναι φαινόμενα σχεδόν σταθερά ή μεταβλητά με μεγάλη περίοδο μεταβολής (εποχιακά). Στα Σχήματα 1.2. και 1.3. φαίνεται μια γενική εικόνα των ανέμων του είδους αυτού. Λόγω των μεγάλων γεωγραφικών αποστάσεων που καλύπτουν οι κινήσεις αυτές καθώς και της μεγάλης ατμοσφαιρικής μάζας που μετακινείται, τα φαινόμενα αυτά επηρεάζονται και από την περιστροφή της Γης γύρω απ' τον άξονά της.





Σχήμα 1.2. Άνεμοι λόγω περιστροφής της Γης και λόγω διαφορετικού γεωγραφικού πλάτους. Φαινόμενα σχεδόν μόνιμα (εποχιακά).



Σχήμα 1.3. Οι συνοπτικοί άνεμοι που κατά κύριο λόγο πνέουν στην Ευρώπη.

Οι άνεμοι που οφείλονται στον δεύτερο παράγοντα χαρακτηρίζονται από μικρή χρονική διάρκεια (ωριαία ή ημερήσια) και παρατηρούνται είτε κοντά σε ορεινούς όγκους, σε κοιλάδες ή σε λεκανοπέδια, είτε σε περιοχές κοντά σε θάλασσα ή λίμνη που υπάρχει διαφορετικός ρυθμός θέρμανσης ή ψύξης του εδάφους και του υδάτινου όγκου.

Στον Ελλαδικό χώρο λόγω της μορφολογίας της Βαλκανικής Χερσονήσου, τη χειμερινή περίοδο επικρατούν τοπικοί Βόρειοι-Βορειοανατολικοί άνεμοι η ένταση των οποίων είναι μέση έως ισχυρή, την άνοιξη γίνονται νοτίων διευθύνσεων, ισχυρής επίσης έντασης, ενώ το καλοκαίρι η ένταση των ανέμων πέφτει με συνέπεια την εμφάνιση πολλών ημερών με νηνεμία.

Η ενέργεια που η αέρια μάζα λαμβάνει απ' τον ήλιο εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, που η διαφοροποίηση στη θέρμανση εδάφους οδηγεί στη δημιουργία κλίσεων πίεσης που μαζί με τις δυνάμεις Coriolis και τις φυγόκεντρες εξισορροπούν τις αδρανειακές δυνάμεις.

Από ιστορικούς λόγους έχει επικρατήσει στους μετεωρολόγους η μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου σε Beufort αντί του σωστού m/sec. Στον **Πίνακα 1.1** που ακολουθεί παρουσιάζεται η αντιστοιχία κλίμακας ταχυτήτων του ανέμου σε Beufort με το διάστημα ταχυτήτων ανέμου σε m/sec στο οποίο κάθε κλίμακα αντιστοιχεί. Επίσης στον πίνακα παρουσιάζονται και διάφορες ενδείξεις που χαρακτηρίζουν την ταχύτητα σε Beufort.

Beauf	Ταχύτητα (m/sec)	Μέση ταχ. (m/sec)	Ταχύτητα (knotts)	Ταχύτητα (mph)	Ταχύτητα (km/h)	Ονομασία	Ενδείξεις
0	0 - 0.2	0.1	κάτω του 1	κάτω του 1	κάτω του 2	Νηνεμία	Κάθετη άνοδος καπνού
1	0.3 - 1.5	0.9	1 - 3	1 - 3	2 - 6	Ελαφρός αέρας	Η διεύθυνση φαίνεται από καπνό. Όχι από ανεμοδείκτη
2	1.6 - 3.3	2.45	4 - 6	4 - 7	7 - 11	Ήπια αύρα	Γίνεται αισθητή στο πρόσωπο. Η διεύθυνση από ανεμοδείκτη
3	3.4 - 5.4	4.40	7 - 10	8 - 12	12 - 19	Μέτρια αύρα	Ξεδιαπλώνει λεπτό ύφρασμα (σημαία)
4	5.5 - 7.9	6.70	11 - 16	13 - 18	20 - 30	Δροσερή αύρα	Σηκώνει σκόνη. Τα μικρά κλαδιά κινούνται
5	8 - 10.7	9.35	17 - 21	19 - 24	31 - 40	Ισχυρή αύρα	Τα μικρά δένδρα ταλαντώνται
6	10.8 - 13.8	12.3	22 - 27	25 - 31	41 - 50	Μέτριος άνεμος	Μεγάλα κλωνάρια σε κίνηση. Σφαιρίζουν τα καλώδια του τηλεγράφου
7	13.9 - 17.1	15.5	28 - 33	32 - 38	51 - 60	Μέσος άνεμος	Όλα τα δένδρα κινούνται
8	17.2 - 20.7	18.95	34 - 40	39 - 46	62 - 74	Ισχυρός άνεμος	Μικρά κλαδιά σπάζουν, εμποδίζεται το βράδιμα
9	20.8 - 24.4	22.6	41 - 47	47 - 54	75 - 87		Κίνδυνος για ελαφρές κατασκευές
10	24.5 - 28.4	26.45	48 - 55	55 - 63	88 - 102		Ξεριζώνει δένδρα
11	28.5 - 32.6	30.55	56 - 65	64 - 75	103 - 120	Θύελλα	
12	32.7 - 36.9	34.8	> 65	> 75	> 120	Καταιγίδα	

Πίνακας 1.1: Μετατροπή της κλίμακας Beaufort.

1.5. Εφαρμογές των ανεμογεννητριών σήμερα.

Η κλιμάκωση των ανεμογεννητριών σύμφωνα με τις κατασκευές που έχουν γίνει σήμερα γίνεται βάσει της ισχύος τους και διακρίνονται σε:

- Ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος μέχρι 20 KW
- Ανεμογεννήτριες μέσης ισχύος 20-250 KW
- Ανεμογεννήτριες μεγάλης ισχύος >250 KW

Οι ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος χρησιμοποιούνται σε απομονωμένες περιοχές για κάλυψη αγροτικών ή κτηνοτροφικών αναγκών, ιδιαίτερα για άντληση και θέρμανση νερού, θέρμανση κατοικίας, φωτισμό και άλλες μικροεφαρμογές. Οι ανεμογεννήτριες του τύπου αυτού είναι ανεξάρτητες, μη συνδεδεμένες με δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και χρησιμοποιούν γεννήτρια συνεχούς ρεύματος που φορτίζει συσσωρευτές.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας με ανεμογεννήτριες μέσης και μεγάλης ισχύος μπορεί να γίνεται σε συνεργασία με δίκτυο παραγωγής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

α) Λειτουργία ανεμογεννήτριας για εξοικονόμηση καυσίμου. Ο τρόπος αυτός λειτουργίας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη νησιωτική Ελλάδα όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι, και το κόστος της παραγόμενης KWh είναι υψηλό λόγω του αυξημένου κόστους του kg καυσίμου λόγω της θαλάσσιας μεταφοράς και του μικρού μεγέθους του σταθμού.

β) Λειτουργία ανεμογεννήτριας ως σταθμού βάσης θεωρώντας ότι η εγκατεστημένη ισχύς της Diesel μειώνεται κατά ποσοστό της ονομαστικής ισχύος της ανεμογεννήτριας.

γ) Λειτουργία ως αντλητικού σταθμού για αποθήκευση νερού, και χρησιμοποίησή του στην υδροηλεκτρική εκμετάλλευση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΔΙΕΠΟΥΝ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Α.Π.Ε.

2.1. Εκμετάλλευση Αιολικής Ενέργειας παγκοσμίως και στην Ε.Ε. - Διεθνείς Τάσεις

Μέχρι το 1975 η παγκόσμια ενεργειακή πολιτική ήταν προσανατολισμένη προς το πετρέλαιο, τον άνθρακα, το φυσικό αέριο και την πυρηνική ενέργεια. Η πρώτη ενεργειακή κρίση το 1975, προβλημάτισε ιδιαίτερα την ανθρωπότητα και οδήγησε σε διαφορετική αντιμετώπιση των θεμάτων παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, τόσο απ' την πλευρά της ενεργειακής ανεξαρτησίας, όσο και από την άποψη της ποιότητας ζωής. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ παράλληλα δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στις πραγματικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας, τις ήπιες και ανανεώσιμες.

Ανέκαθεν η Ελληνική αγορά ενέργειας ήταν στενά εξαρτώμενη από τις εξελίξεις τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Τα τελευταία χρόνια η σύνδεση αυτή ενισχύθηκε και πλέον διαγράφεται καθαρά ένα μέλλον στο οποίο η ελληνική αγορά θα λειτουργεί σε ένα κοινό πλαίσιο με την ευρωπαϊκή αγορά. Οι εξελίξεις που επηρεάζουν άμεσα την ελληνική ενεργειακή πολιτική στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι οι ακόλουθες:

• Απελευθέρωση των Ενεργειακών Αγορών:

Η πλειοψηφία των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης προχωρεί με ταχύτατους ρυθμούς στην απελευθέρωση των ενεργειακών αγορών. Η Ε.Ε., εκτιμώντας τα οφέλη της υποστηρίζει τη δημιουργία υποδομών που θα διευκολύνουν την απελευθέρωση και θα υποστηρίξουν την ελεύθερη λειτουργία των αγορών, αρχικά σε εθνικό επίπεδο και στη συνέχεια σε ενιαίο επίπεδο εντός της Ε.Ε. Η Ελλάδα συνυπογράφει τις σχετικές αποφάσεις και ήδη από τον Φεβρουάριο του 2001 προχώρησε σε σταδιακή απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρισμού.

Σε ορισμένες χώρες μάλιστα, στα πλαίσια πολιτικής για την προώθηση εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας δόθηκαν ορισμένα κίνητρα οικονομικής κυρίως φύσης, προκειμένου να ευνοηθεί η διάδοση χρήσης των Α/Γ. Ορισμένα απ' αυτά είναι τα εξής:

1. Φορολογικές απαλλαγές σε επιχειρήσεις (στις Η.Π.Α. μέχρι 15% και μέχρι ποσού των $5 \cdot 10^6$ Ευρώ).
2. Ταχύτερη απόσβεση μηχανημάτων βιομηχανιών κατασκευής Α/Γ.
3. Δάνεια για αγορά Α/Γ χαμηλού επιτοκίου με περίοδο χάριτος.
4. Δάνεια χαμηλού επιτοκίου για μικρές επιχειρήσεις κατασκευής Α/Γ.
5. Σαφής ενεργειακή πολιτική αιολικής ενέργειας της χώρας και της ΔΕΗ.
6. Καθορισμός της τιμής αγοράς της αιολικής ΚWh που θα διοχετεύεται από αιολικά πάρκα στο δίκτυο της ΔΕΗ.

- **Αυξημένο ενδιαφέρον για την προστασία του περιβάλλοντος:**

Η επιθυμία για την προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων αποκτούν πλέον κεντρική θέση μεταξύ των προτεραιοτήτων των ανεπτυγμένων χωρών. Στην κατεύθυνση αυτή προβάλλονται ισχυρά θέματα όπως:

- Η προσπάθεια για τη μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από την καύση καυσίμων, όπως ο λιγνίτης και το μαζούτ, με την επιβολή φόρου σε εκπομπές CO₂ (Carbon tax).
- Η προσπάθεια για την εξοικονόμηση ενέργειας με τη βοήθεια των νέων τεχνολογιών, τη συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Η προσπάθεια για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον κατά την κατασκευή ή από τη λειτουργία μεγάλων έργων υποδομής.

- **Ανάπτυξη Ήπιων και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Πρωτοβουλίες Ε.Ε.:**

Η Παγκόσμια Συνδιάσκεψη του Ο.Η.Ε. για την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον (Earth Summit/Agenda 21) τον Ιούνιο του 1992 στο Ρίο, έθεσε νέους στόχους για εθνική και περιφερειακή πολιτική στο πλαίσιο της νέας θεώρησης των θεμάτων ενέργειας. Τον Ιανουάριο του 1996, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε το πέμπτο πρόγραμμα δράσης της Ένωσης για το περιβάλλον με τίτλο «Στόχος η αειφορία», με σκοπό να εξασφαλίσει την αποτελεσματικότερη εφαρμογή της περιβαλλοντικής στρατηγικής και των πολιτικών της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τα προγράμματα εξοικονόμησης και την ανάπτυξη των ήπιων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Γίνεται φανερό ότι για να επιτευχθούν οι στόχοι του Ρίο και της Ευρωπαϊκής Ένωσης απαιτείται εντονότερη εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Σε αυτά τα πλαίσια αναπτύχθηκαν πρωτοβουλίες και καταρτίστηκαν προγράμματα σε εθνικό, ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο, τα οποία συνοψίζονται παρακάτω:

- Δημιουργία μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων στόχων και στρατηγικών για τη μείωση της ρύπανσης και της κατανάλωσης ενέργειας (στόχος της Ε.Ε. για σταθεροποίηση των εκπομπών CO₂ στα επίπεδα του 1990 μέχρι το έτος 2000).
- Δημιουργία κινήτρων οικονομικού χαρακτήρα, μέσω χρηματοδοτήσεων και επιχορηγήσεων, για την ανάπτυξη των ήπιων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (πρόγραμμα JOULE-Thermie της Ε.Ε.).
- Νομοθετικές ρυθμίσεις προς την κατεύθυνση της απελευθέρωσης της παραγωγής ενέργειας και από ιδιώτες-ανεξάρτητους παραγωγούς.
- Προγράμματα για την ορθολογική χρήση της ενέργειας με στόχο την εξοικονόμηση (πρόγραμμα SAVE της Ε.Ε.).
- Προγράμματα έρευνας για τη δυνατότητα αξιοποίησης των εναλλακτικών μορφών ενέργειας (πρόγραμμα της Alternner Ε.Ε.).

2.2. Μεγάλο επενδυτικό ενδιαφέρον στην αφετηρία της απελευθέρωσης

Έτος σταθμός για τα ενεργειακά πράγματα της χώρας μπορεί να χαρακτηριστεί το έτος 2001, καθώς απ' τις 19 Φεβρουαρίου άρχισε να λειτουργεί η απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

Αποτέλεσμα ήταν η κατάθεση άνω των 900 αιτήσεων για μονάδες συνολικής ισχύος περίπου 19.000 MW, από την οποία τα 6.500 MW αντιστοιχούν σε μεγάλες θερμικές μονάδες και τα 760 MW σε μεγάλα υδροηλεκτρικά, τα 10.000 MW σε αιολικά και τα υπόλοιπα σε άλλους είδους μονάδες.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιγραφή λειτουργίας της νέας απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας, με βάση την επεξεργασία που έχει κάνει ο πλέον αρμόδιος φορέας, που είναι η **Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)**.

I. Θεσμική Οργάνωση της Αγοράς

Σύμφωνα με το νόμο 2773/99, ο Υπουργός Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της ΡΑΕ, χορηγεί τις άδειες παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τις άδειες του διαχειριστή του συστήματος μεταφοράς και της ΔΕΗ ως διαχειριστή του δικτύου διανομής. Επίσης εκδίδει, μετά από γνώμη της ΡΑΕ, τις κανονιστικές διατάξεις που περιλαμβάνουν τα εξής:

- Κανονισμό αδειών
- Κανονισμό προμήθειας σε πελάτες
- Κώδικας συναλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας
- Κώδικας διαχείρισης συστήματος μεταφοράς
- Κώδικας διαχείρισης δικτύου διανομής

Ο Υπουργός Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της ΡΑΕ, εγκρίνει και ρυθμίζει όλα τα θέματα τιμολογίων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας προς μη επιλέγοντες πελάτες και τα θέματα των τιμών και του κόστους σύνδεσης για το σύστημα, το δίκτυο και τις διασυνδέσεις.

➤ Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

Η ΡΑΕ είναι ανεξάρτητη διοικητική αρχή και λειτουργεί από την 1^η Ιουλίου 2000. Έχει γνωμοδοτικό, εισηγητικό και εποπτικό ρόλο σε όλους τους τομείς της ενέργειας.

Σκοπός της ΡΑΕ είναι να διευκολύνει τον ελεύθερο και υγιή ανταγωνισμό στην ενεργειακή αγορά, έτσι ώστε να εξυπηρετηθεί, σε τελευταία ανάλυση, καλύτερα και οικονομικότερα ο καταναλωτής (ιδιώτης και επιχείρηση). Φροντίζει επίσης, οι επιχειρήσεις του τομέα της ενέργειας να αναπτύσσονται με υγιή τρόπο, ώστε να είναι φορείς ανάπτυξης και απασχόλησης. Παρακολουθεί και εισηγείται για τις τιμές, τη λειτουργία της αγοράς και τις αδειοδοτήσεις.

Σκοπός της ΡΑΕ επίσης, είναι να εξυπηρετεί - στο πλαίσιο της απελευθερωμένης αγοράς - τους μακροχρόνιους στρατηγικούς στόχους της ενεργειακής πολιτικής και την εξυπηρέτηση του δημοσίου συμφέροντος. Τέτοιοι στόχοι είναι η επαρκής, αξιόπιστη και ισότιμη τροφοδοσία όλων των καταναλωτών, η ασφάλεια τροφοδοσίας της χώρας, το περιβάλλον, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι νέες τεχνολογίες, η αποτελεσματική χρήση και προμήθεια ενέργειας και η εξασφάλιση επαρκούς υποδομής

για την ενέργεια. Η ενσωμάτωση στην αγορά των στόχων του μακροχρόνιου ενεργειακού σχεδιασμού είναι ίσως το δυσκολότερο έργο της ΡΑΕ.

Η ΡΑΕ αναλαμβάνει επίσης διεθνείς συνεργασίες, τόσο με τις χώρες των Βαλκανίων και της Ευρασίας όσο και στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπου συντελούνται μεγάλες θεσμικές αλλαγές με στόχο την ενιαία ανταγωνιστική εσωτερική αγορά ενέργειας. Η ΡΑΕ φιλοδοξεί να αναπτύξει τους ίδιους μηχανισμούς στο πλαίσιο της Βαλκανικής αγοράς ενέργειας, στην οποία η Ελλάδα δίνει μεγάλη προτεραιότητα.

Η προώθηση της δημιουργίας προθεσμιακής αγοράς ενέργειας είναι ένας από τους πρώτους στόχους της ΡΑΕ, με σκοπό και την περιφερειακή αγορά, αλλά και την εξομάλυνση των απότομων διακυμάνσεων των τιμών και τις οικονομίες που αυτή θα επιφέρει, ώστε να εξυπηρετηθούν οικονομικότερα οι καταναλωτές, αλλά και να μειωθεί ο κίνδυνος που αναλαμβάνουν οι προμηθευτές ενέργειας.

➤ **Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας**

Ο διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς ιδρύθηκε με το προεδρικό διάταγμα 328/12/12/2000 και ήδη λειτουργεί. Ο διαχειριστής είναι ανώνυμη εταιρεία του Δημοσίου και είναι υπεύθυνος για το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας και των διασυνδέσεων, παρέχοντας ισότιμη πρόσβαση σε όλους τους παραγωγούς και χρήστες του συστήματος.

Ο διαχειριστής λειτουργεί, εκμεταλλεύεται, διασφαλίζει τη συντήρηση και μεριμνά για την ανάπτυξη του συστήματος σε ολόκληρη τη χώρα, καθώς και των διασυνδέσεων, με σκοπό να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια με τρόπο επαρκή, ασφαλή, οικονομικά αποδοτικό και αξιόπιστο. Επιπλέον, ο διαχειριστής του συστήματος καταρτίζει και δημοσιεύει – τουλάχιστον κάθε δύο έτη – τακτικές προβλέψεις όσον αφορά το δυναμικό παραγωγής και μεταφοράς που ενδέχεται να συνδεθεί με το σύστημα, τις ανάγκες διασύνδεσης με άλλα συστήματα ή δίκτυα, τις δυνατότητες μεταφοράς και τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι προβλέψεις αυτές καλύπτουν την επόμενη πενταετία.

Ο διαχειριστής εφαρμόζει τους κανονισμούς για την οικονομική κατανομή του φορτίου στις διαθέσιμες εγκαταστάσεις παραγωγής και εκκαθαρίζει τις οικονομικές δοσοληψίες όταν υπάρχουν αποκλίσεις στην προσφορά και στη ζήτηση, καθώς και σχετικά με τις πληρωμές για τις βοηθητικές υπηρεσίες και τις υπηρεσίες δημοσίου συμφέροντος. Πραγματοποιεί και διαχειρίζεται τις δημοπρασίες σχετικά με τη χρήση των διασυνδέσεων, την προσφορά βοηθητικών υπηρεσιών και τις έκτακτες αγορές που ενδεχομένως χρειάζεται το σύστημα.

➤ **Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού – ΔΕΗ Α.Ε.**

Από την αρχή του 2001, η ΔΕΗ λειτουργεί ως ανώνυμη εταιρεία και πρόκειται μερικά να χρησιμοποιηθεί. Παραμένει καθετοποιημένη επιχείρηση, αλλά διαχωρίζεται λογιστικά σε μονάδες παραγωγής, μεταφοράς, διανομής και ορυχείων.

Η ΔΕΗ, εκτός από εμπορική επιχείρηση που δραστηριοποιείται στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, έχει σημαντικό θεσμικό ρόλο ως αποκλειστικός ιδιοκτήτης του συστήματος μεταφοράς, ως αποκλειστικός ιδιοκτήτης και διαχειριστής του δικτύου διανομής.

2.3. Πώς θα λειτουργεί η αγορά ηλεκτρισμού

Εφαρμόζοντας την οδηγία 96/92, ο νόμος 2773/99 επιτρέπει:

- Ορισμένοι καταναλωτές (οι επιλέγοντες, που για το 2001 ήταν όσοι συνδέονταν με την υψηλή και τη μέση τάση, δηλαδή 6.500 πελάτες που κατανάλωναν το 34% της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα) μπορούν κατ' επιλογήν τους να προμηθεύονται εκτός ΔΕΗ την ηλεκτρική ενέργεια. Τους μη επιλέγοντες πελάτες (δηλαδή προς το παρόν χαμηλή τάση) προμηθεύει η ΔΕΗ.
- Η παραγωγή και η προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να γίνεται ελεύθερα από ιδιώτες, εφόσον λάβουν άδεια.
- Όλοι οι παραγωγοί και προμηθευτές μπορούν να χρησιμοποιούν το σύστημα μεταφοράς σε ισότιμη βάση, που διασφαλίζεται από το διαχειριστή, σύμφωνα με τους όρους και τις τιμές που ρυθμίζει ο Υπουργός Ανάπτυξης και η ΡΑΕ. Το ίδιο ισχύει και για τις διασυνδέσεις της χώρας.
- Στα μη διασυνδεδεμένα νησιά ρόλο διαχειριστή αναλαμβάνει η ΔΕΗ, όμως η παραγωγή μπορεί να είναι ιδιωτική κατά τα πρότυπα του BOO (Build, Own, Operate).

Παράγοντες της αγοράς

Παραγωγοί: Οι κατέχοντες μονάδα παραγωγής με άδεια. Η παραγωγή τους απορροφάται από το σύστημα, σύμφωνα με την οικονομική κατανομή φορτίου του διαχειριστή.

Προμηθευτές: Οι έμποροι, ιδιώτες, και ΔΕΗ, που μετά από άδεια μπορούν να συνάπτουν εμπορικά συμβόλαια πώλησης με επιλέγοντες πελάτες ηλεκτρικής ενέργειας και η ΔΕΗ για την προμήθεια σε μη επιλέγοντες πελάτες.

Παραγωγοί από ανανεώσιμες πηγές και συμπαραγωγή: Η ενέργεια που παράγουν απορροφάται υποχρεωτικά από το διαχειριστή, ο οποίος τους αμείβει σε σταθερή τιμή.

Το Εμπόριο Ηλεκτρικής Ενέργειας

Στην Ελλάδα οι εμπορικές πράξεις, στο πλαίσιο της ελεύθερης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, θα γίνονται μέσω των συμβολαίων προμήθειας που συνάπτουν οι πελάτες με προμηθευτές. Τα συμβόλαια αυτά έχουν εμπορικό χαρακτήρα, περιλαμβάνουν τίμημα, ποσότητα και άλλους όρους. Η φυσική παράδοση του ηλεκτρισμού γίνεται μέσω του συστήματος που λειτουργεί ο διαχειριστής.

Ο προμηθευτής ηλεκτρικής ενέργειας διαθέτει και αντίστοιχες μονάδες παραγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Είναι επομένως και παραγωγός. Ως παραγωγός προσφέρει κάθε ώρα ενέργεια στο διαχειριστή, ο οποίος την απορροφά - αν η προσφορά είναι ανταγωνιστική - στο πλαίσιο της οικονομικής κατανομής φορτίου που οργανώνει ο διαχειριστής. Ως προμηθευτής ζητάει από το διαχειριστή να τροφοδοτηθούν οι πελάτες του μέσω του συστήματος.

Η ωριαία κατανομή φορτίου από τον διαχειριστή περιλαμβάνει οικονομικές συναλλαγές μόνο για τις αποκλίσεις μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, καθώς και για τις βοηθητικές υπηρεσίες δημόσιου συμφέροντος. Αυτές λαμβάνουν χώρα στο πλαίσιο των

εμπορικών συμβολαίων των προμηθευτών με τους πελάτες. Μέσω αυτών των συμβολαίων, οι παραγωγοί ανακτούν το πλήρες κόστος τους (λειτουργικό, πάγιο, αποσβέσεις), γιατί συνήθως είναι και προμηθευτές, οπότε είτε παρέχουν ενέργεια σε άλλον προμηθευτή (ανακτώντας το πλήρες κόστος τους), είτε μόνο προς το σύστημα, οπότε όμως εισπράττουν μόνο οριακή τιμή του συστήματος, η οποία κατά τεκμήριο είναι μικρότερη του συνολικού κόστους.

Η Οικονομική Κατανομή Φορτίου

Χωριστά για κάθε ώρα της ημέρας, κάθε μονάδα παραγωγής προσφέρει στο διαχειριστή ισχύ (MW) σε μια οριακή τιμή (Euro/KWh). Η τιμή αυτή ελέγχεται από τη ΡΑΕ και αντανακλά το οριακό – λειτουργικό κόστος παραγωγής (δηλ. Αφαιρουμένων παγίων στοιχείων του κόστους).

Η συνολική ζήτηση την ίδια ώρα (φορτίο) είναι γνωστή στο διαχειριστή από τις δηλώσεις των προμηθευτών, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν τους καταναλωτές.

Ο διαχειριστής κατατάσσει τις προσφορές των μονάδων σε αύξουσα σειρά τιμής, μέχρις ότου καλύψει το συνολικό φορτίο της ώρας. Η προσφερόμενη τιμή της τελευταίας μονάδας, που εντάσσεται για να καλύψει το φορτίο, προσδιορίζει την οριακή τιμή του συστήματος (ΟΤΣ). Σ' αυτήν την τιμή ο διαχειριστής εκκαθαρίζει – πραγματοποιεί τις συναλλαγές, οι οποίες προσδιορίζονται ως αποκλίσεις μεταξύ προσφοράς και ζήτησης.

Όταν το φορτίο που απορροφάται από έναν παραγωγό ισούται με το φορτίο που ο ίδιος ως προμηθευτής προορίζει για τους πελάτες του, τότε δεν υπάρχει απόκλιση προσφοράς – ζήτησης και δεν απαιτείται συναλλαγή. Όταν όμως η παραγωγή είναι μικρότερη απ' το φορτίο, τότε η διαφορά πληρώνεται στην οριακή τιμή του συστήματος από τον προμηθευτή και εισπράττεται από τον παραγωγό.

Βοηθητικές Υπηρεσίες και Περιορισμοί

Για την ευσταθή και αξιόπιστη λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος απαιτούνται βοηθητικές υπηρεσίες, τις οποίες παρέχουν ορισμένες μονάδες παραγωγής. Τέτοιες βοηθητικές υπηρεσίες είναι η ρύθμιση της συχνότητας του ρεύματος, η άεργος ισχύς και τα διάφορα είδη εφεδρείας.

Ο διαχειριστής συνάπτει συμβόλαια με τις μονάδες παραγωγής για την παροχή των βοηθητικών υπηρεσιών. Οι τιμές των υπηρεσιών αυτών είτε θα ορίζονται από τη ΡΑΕ, είτε θα προκύπτουν αργότερα, μετά από μειοδοτικό διαγωνισμό μεταξύ των παραγωγών.

Κατά τη λειτουργία της ωριαίας κατανομής φορτίου, ο διαχειριστής μπορεί να χρειάζεται να δώσει εντολή λειτουργίας σε κάποια μονάδα παραγωγής για λόγους ευστάθειας του συστήματος, ακόμα και αν η μονάδα δεν εντάχθηκε στο πλαίσιο της οικονομικής κατανομής φορτίου. Σ' αυτήν την περίπτωση, η μονάδα θα εισπράττει ειδική αποζημίωση.

Το κόστος των βοηθητικών υπηρεσιών και οι αποζημιώσεις, λόγω περιορισμών κατανομής φορτίου μετακυλίνονται από το διαχειριστή σε όλους τους προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας και αποτελούν μέρος του κοινού ταμείου.

Υπηρεσίες Δημόσιου Συμφέροντος

Οι υπηρεσίες αυτές παρέχονται υποχρεωτικά από τους παράγοντες της αγοράς για λόγους δημόσιου συμφέροντος. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Την ενδεχόμενη ζημιά από την υποχρεωτική απορρόφηση ηλεκτρικής ενέργειας σε σταθερή τιμή, η οποία παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τη μικρή συμπαραγωγή. Όταν η σταθερή τιμή αποζημίωσης αυτής της ενέργειας είναι μεγαλύτερη της οριακής τιμής του συστήματος, τότε υπάρχει ζημιά την οποία υφίσταται ο διαχειριστής και την μετακυλύει στους προμηθευτές.
- Η ζημιά που ενδεχομένως υφίσταται η ΔΕΗ ως διαχειρίστρια των μη διασυνδεδεμένων νησιών. Σ' αυτά η ΔΕΗ πληρώνει όλες τις μονάδες παραγωγής (της ΔΕΗ ή ιδιωτών) με το συμφωνημένο κόστος παραγωγής, αλλά ενδεχομένως αναλογικά εισπράττει μέσω των τιμολογίων (που είναι ενιαία για όλη τη χώρα) ποσά μικρότερα από το κόστος. Τη ζημιά αυτή υφίσταται η ΔΕΗ, για την οποία αποζημιώνεται μέσω του κοινού ταμείου του διαχειριστή του συστήματος.
- Τη ζημιά που ενδεχομένως υφίσταται η ΔΕΗ όταν ειδικά τιμολόγια, όπως το αγροτικό και τα τιμολόγια πολύτεκνων, δεν αντανakλούν το κόστος παραγωγής. Για τη ζημιά αυτή η ΔΕΗ αποζημιώνεται μέσω του κοινού ταμείου του διαχειριστή του συστήματος.
- Την απώλεια εσόδων που υφίστανται υδροηλεκτρικές μονάδες όταν τροφοδοτούν με νερό αρδευτικές και υδρευτικές χρήσεις. Για τη ζημιά αυτή οι παραγωγοί με υδροηλεκτρικά αποζημιώνονται από το διαχειριστή μέσω του κοινού ταμείου.

Τιμές Ηλεκτρικής Ενέργειας

Κατ' αρχήν οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας διαμορφώνονται ελεύθερα στο πλαίσιο των εμπορικών συμβολαίων των προμηθευτών με τους πελάτες. Όμως για όσους πελάτες δεν υπάρχει δυνατότητα επιλογής άλλου προμηθευτή, οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας εγκρίνονται από τον Υπουργό Ανάπτυξης μετά από γνώμη της ΡΑΕ. Το ίδιο ισχύει και για τους επιλέγοντες πελάτες για όσο διάστημα δεν έχουν εμφανιστεί ανταγωνιστές της ΔΕΗ προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας.

Σε κάθε περίπτωση, οι προμηθευτές υποχρεούνται να ανακοινώνουν τα τιμολόγια, τη δομή τους και τις χρεώσεις που προσφέρουν κατά κατηγορία πελάτη.

Η Σύνδεση με το Σύστημα και η Χρήση του

Ο διαχειριστής του συστήματος οφείλει να παρέχει ισότιμη πρόσβαση σε όλους τους παραγωγούς και τους προμηθευτές που έχουν λάβει άδεια. Για το σκοπό αυτό προετοιμάζει μελέτες συνδέσεων και ανάπτυξης του συστήματος και παραγγέλλει στη ΔΕΗ Μεταφοράς την εκτέλεσή τους. Η ΡΑΕ εποπτεύει την όλη διαδικασία.

Για τη σύνδεση νέου χρήστη στο σύστημα (παραγωγού ή πελάτη) γίνεται τεχνοοικονομική μελέτη, η οποία προσδιορίζει το κόστος απευθείας σύνδεσης με το σύστημα, ώστε να ικανοποιηθεί ο βαθμός αξιοπιστίας που ζητάει ο χρήστης. Ο διαχειριστής μπορεί να παραγγείλει επιπλέον έργα ενίσχυσης του συστήματος, οπότε

όμως το σύστημα αναλαμβάνει το κόστος (βαθιά σύνδεση), το οποίο μετακυλύει σε όλους τους χρήστες του συστήματος.

Για τη χρήση του συστήματος κάθε χρήστης (παραγωγός ή καταναλωτής) πληρώνει ειδικό τέλος. Τα έσοδα συγκεντρώνει ο διαχειριστής στο πλαίσιο του κοινού ταμείου, απ' το οποίο εξοφλεί τη ΔΕΗ Μεταφοράς. Έτσι η τελευταία ανακτά το πλήρες κόστος για τη λειτουργία του συστήματος, τη συντήρηση και την επέκταση και εισπράττει κέρδος. Το συνολικό ποσό που εισπράττει η ΔΕΗ Μεταφοράς και το ποσοστό κέρδους ρυθμίζονται απ' τον Υπουργό Ανάπτυξης και τη ΡΑΕ.

Με σκοπό την παροχή κινήτρων για την άρση των ανισοροπιών του σημερινού συστήματος μεταφοράς και την προσέλκυση της παραγωγής κοντά στα κέντρα κατανάλωσης, έχει σχεδιαστεί τριγωνικό σύστημα τελών χρήσης του συστήματος μεταφοράς. Αυτό προβλέπει μηδενικό τέλος για τις μονάδες που βρίσκονται στην περιοχή Αττικής, Βοιωτίας και Εύβοιας.

Τα τέλη έχουν κατανεμηθεί κατά 30% στους παραγωγούς (αναλογικά με την ισχύ της μονάδας) και 70% στους καταναλωτές, για τους οποίους προβλέπεται ενιαίο τέλος για όλη την επικράτεια.

Αντίστοιχο είναι το σύστημα χρέωσης των απωλειών από τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιούνται συντελεστές απωλειών, που υπολογίζονται μέσω ειδικού μαθηματικού μοντέλου και οι οποίοι εξαρτώνται από τη γεωγραφική θέση της μονάδας παραγωγής. Μονάδες στην Αττική, Βοιωτία και Εύβοια θα έχουν μηδενικό συντελεστή απωλειών.

Εισαγωγές – εξαγωγές

Διασυνδέσεις είναι οι αγωγοί που συνδέουν τη χώρα με τα ηλεκτρικά συστήματα άλλων χωρών. Σύγχρονη σύνδεση με την Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχει μόνο μέσω Γιουγκοσλαβίας, η οποία όμως δεν λειτουργεί λόγω ζημιών από τον πόλεμο. Ασύγχρονη σύνδεση υπάρχει μέσω Βουλγαρίας, ενώ τέθηκε σε λειτουργία - στο τέλος του 2001 - σύνδεση 500 MW ασυνεχούς ρεύματος – DC, μέσω Ιταλίας.

Οι διασυνδέσεις έχουν περιορισμένη χωρητικότητα και ενδεχομένως θα υπάρχει στενότητα στο μέλλον για εμπορική χρήση. Για το λόγο αυτό προβλέπεται πλειοδοτικός διαγωνισμός για τη δέσμευση χωρητικότητας στις διασυνδέσεις, τον οποίο εκτελεί ο διαχειριστής με την εποπτεία της ΡΑΕ. Η δέσμευση της χωρητικότητας θα μπορεί να γίνει είτε σε μακροχρόνια βάση (κατά μέγιστο μέχρι 1 έτος) είτε βραχυχρόνια (κυλιόμενη κάθε 2-3 ημέρες). Ο διαχειριστής εξασφαλίζει ισότιμη πρόσβαση όλων των παραγωγών και προμηθευτών στους διαγωνισμούς αυτούς, ανεξαρτήτως ιδιοκτησίας και διασύνδεσης. Όταν κάποιος δε χρησιμοποιεί τη χωρητικότητα των διασυνδέσεων που δέσμευσε, τότε αυτή αυτόματα τίθεται στη διάθεση άλλων.

Δικαίωμα εισαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας έχουν οι προμηθευτές, οι οποίοι για να λάβουν άδεια προμηθευτή, έχουν δηλώσει μονάδες παραγωγής που είναι στην κυριότητά τους στην Ευρωπαϊκή Ένωση και εφεδρεία. Οι προμηθευτές, κατά τη λειτουργία του συστήματος, δεν υποχρεούνται να λειτουργούν μονάδες που έχουν δηλώσει, εκτός εάν δεν υπάρχει αρκετή ισχύς για την κάλυψη του φορτίου. Κατά τη λειτουργία του συστήματος, οι προμηθευτές μπορούν να εισάγουν ηλεκτρική ενέργεια αν το επιθυμούν και έχουν εξασφαλίσει δέσμευση χωρητικότητας στις διασυνδέσεις.

Δικαίωμα εξαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας έχουν οι παραγωγοί, οι οποίοι όμως έχουν το δικαίωμα να τροφοδοτούν και την Ελληνική αγορά.

Σχετικά με τη χρέωση της χρήσης του συστήματος μεταφοράς, οι εισαγωγές δεν χρεώνονται κατά το σκέλος που αντιστοιχεί στους καταναλωτές. Η αρχή αυτή εφαρμόζεται μόνο όταν η γειτονική χώρα επίσης εφαρμόζει παρόμοιο σύστημα χρεώσεων, πράγμα που θα αποτελούσε αντικίνητρο του διασυνοριακού εμπορίου ηλεκτρικής ενέργειας.

Εξασφάλιση Επαρκούς Ισχύος για τις Αιχμές του Συστήματος

Η χώρα έχει αυξημένο πρόβλημα επάρκειας ισχύος για την κάλυψη των αιχμών ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω κυρίως της μεγάλης χρήσης των κλιματιστικών τους καλοκαιρινούς μήνες. Επίσης η χώρα είναι απομακρυσμένη από τα πυκνά δίκτυα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για τους λόγους αυτούς η απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να λειτουργεί έτσι, ώστε το μέλλον να εξασφαλίζει επαρκή ισχύ παραγωγής, κυρίως εντός της επικράτειας. Για το σκοπό αυτό προβλέπονται τα εξής:

- Για να χορηγηθεί άδεια προμηθευτή πρέπει αυτός να έχει στην κυριότητά του επαρκές δυναμικό παραγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση και να έχει εξασφαλίσει εφεδρεία. Οι περιορισμοί αυτοί αποτελούν αντικίνητρο για την απλή εμπορία ηλεκτρικής ενέργειας (χωρίς δηλαδή καθόλου παραγωγή) και προστατεύουν τους επενδυτές σε μονάδες παραγωγής.
- Σε περίπτωση ανάγκης ο διαχειριστής μπορεί να εισάγει ενέργεια.
- Αν ένας πελάτης δεν βρίσκει προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας, τότε η ΔΕΗ πρέπει να τον καλύψει με δικαίωμα να ανακτήσει το κόστος.
- Επιπλέον, μελετάται να δοθούν κίνητρα και να δημιουργηθεί δευτερογενής αγορά, ώστε να γίνουν επενδύσεις σε μικρές μονάδες αιχμής, ιδιαίτερα από αυτοπαραγωγούς, παράλληλα με κίνητρα για μέτρα διαχείρισης φορτίου.

ΑΠΕ και Μικρή Συμπαρογωγή

Υπεύθυνος για τις συμβάσεις είναι πλέον ο διαχειριστής του συστήματος, ο οποίος αναλαμβάνει και όλες τις παλαιές συμβάσεις. Για τις νέες συνδέσεις υπεύθυνος είναι επίσης ο διαχειριστής, σύμφωνα με τις διαδικασίες αδειοδότησης παραγωγής που διεκπεραιώνει η ΡΑΕ. Οι άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας διέπονται από τις διατάξεις του νόμου 2244/94, όπως και πριν. Οι διαδικασίες επιδοτήσεων συνεχίζονται από το Υπουργείο Ανάπτυξης στο πλαίσιο των ΚΠΣ.

Η ενέργεια από ΑΠΕ και μικρή συμπαρογωγή στο διασυνδεδεμένο σύστημα απορροφάται υποχρεωτικά από το διαχειριστή και πληρώνεται σε σταθερή τιμή. Ανάκτηση του κόστους αυτού γίνεται στο πλαίσιο του κοινού ταμείου του διαχειριστή και είναι μέρος των υπηρεσιών δημοσίου συμφέροντος.

Για τη σύνδεση νέων εγκαταστάσεων το κόστος «ρηχής» σύνδεσης επιβαρύνει τον επενδυτή, αλλά το κόστος «βαθιάς» σύνδεσης επιβαρύνει το σύστημα και πληρώνεται απ' το κοινό ταμείο.

2.4. Τροποποιούμενες διατάξεις

Με την έναρξη ισχύος του ν. 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.) και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ Α'129) εισάγεται νέο νομοθετικό πλαίσιο για τη χορήγηση άδειας παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε και Σ.Η.Θ.Υ.Α.

Για την προστασία των συμφερόντων των τρίτων, τη διασφάλιση της αρχής της διαφάνειας και της ίσης μεταχείρισης και την εναρμόνιση, κατά την μεταβατική περίοδο, των σχετικών διαδικασιών με τις διατάξεις του νέου νομοθετικού πλαισίου, η ΡΑΕ αποφάσισε, σύμφωνα με τη παράγραφο 4 του άρθρου 5 του ν. 3468/2006, τα ακόλουθα:

1. Όλες οι αιτήσεις για χορήγηση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. που κατατέθηκαν μέχρι σήμερα στην Αρχή και για τις οποίες δεν έχει εκδοθεί η σχετική γνωμοδότησή της, θεωρούνται στο εξής μη πλήρεις, σύμφωνα με τη παράγραφο 1 του άρθρου 27 του ανωτέρω νόμου. Οι αιτήσεις αυτές πρέπει να συμπληρωθούν και με τα επιπλέον στοιχεία που απαιτούνται, σύμφωνα με τις διατάξεις του νέου νόμου (περίπτωση δ της παρ. 1 και παράγραφος 2 του άρθρου 3), εφόσον αυτά δεν έχουν ήδη υποβληθεί στην Αρχή.

2. Ειδικότερα, για τις αιτήσεις που υποβλήθηκαν κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ της 4^{ης} Ιουνίου 2006 και της 4^{ης} Ιουλίου 2006 (ημέρας της πραγματικής κυκλοφορίας του ΦΕΚ Α'129, στο οποίο δημοσιεύθηκε ο ν. 3468/2006), ισχύουν και τα ακόλουθα:

α) Για τη συγκριτική αξιολόγηση των ως άνω αιτήσεων με αιτήσεις που κατατέθηκαν σε χρόνο προγενέστερο από το χρόνο κατάθεσης αυτών, η προθεσμία των τριάντα (30) ημερών, που καθορίστηκε με την από 30.09.2005 σχετική ανακοίνωση της ΡΑΕ, υπολογίζεται με βάση την ημερομηνία της κατάθεσής τους, όπως αυτή προκύπτει από τον αριθμό γενικού πρωτοκόλλου της ΡΑΕ. Για τις αιτήσεις στις οποίες, έως σήμερα, δεν έχει χορηγηθεί αριθμός ειδικού πρωτοκόλλου της ΡΑΕ, η ημερομηνία χορήγησης του αριθμού αυτού, αποτελεί το χρονικό σημείο εκκίνησης για τη δημοσίευση στον τύπο των αιτήσεων και των σχετικών ανακοινώσεων, σύμφωνα με τη διάταξη του άρθρου 6 του Κανονισμού Αδειών.

Οι δημοσιεύσεις που έλαβαν χώρα σύμφωνα με τα οριζόμενα στη διάταξη του άρθρου 6 του Κανονισμού Αδειών δεν επαναλαμβάνονται.

β) Για τη συγκριτική αξιολόγηση των ανωτέρω αιτήσεων (ήτοι, των αιτήσεων που κατατέθηκαν κατά το χρονικό διάστημα από 4-6-2006 έως 4-7-2006) με αιτήσεις που θα κατατεθούν σε χρόνο μεταγενέστερο από τον χρόνο κατάθεσης αυτών, ως έναρξη της προθεσμίας των τριάντα (30) ημερών (σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις του Κανονισμού Αδειών και την από 30.09.2005 ανακοίνωση της ΡΑΕ), λογίζεται η ημέρα της συμπλήρωσης της αίτησης με τα στοιχεία που απαιτούνται κατά τις διατάξεις του ν. 3468/2006.

Για τις αιτήσεις οι οποίες αναφέρονται στην παρούσα παράγραφο, σχετική μνεία της ημερομηνίας συμπλήρωσης των φακέλων θα γίνεται στην Ιστοσελίδα της Αρχής.

3. Μετά την έναρξη ισχύος του ν. 3468/2006 είναι αναγκαία η μεταβολή της εσωτερικής διαδικασίας που συνδέεται με την παραλαβή και αξιολόγηση των αιτήσεων.

Για το λόγο αυτό η ΡΑΕ δεν θα δέχεται αιτήσεις για τη χορήγηση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή τη χορήγηση εξαιρέσης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ κατά το διάστημα από 5.7.2006 ως και 21.7.2006.

Κατά τα λοιπά, εξακολουθούν και ισχύουν όλες οι προηγούμενες ανακοινώσεις της Αρχής.

2.5. Αιολική Ενέργεια - Έρευνα και Τεχνολογία

Στον τομέα της αιολικής ενέργειας, πολλές χώρες έχουν καταρτίσει εθνικά προγράμματα αξιοποίησής της και έχουν αρχίσει σοβαρές προσπάθειες για τη συστηματική μελέτη, μέτρηση και καταγραφή του αιολικού δυναμικού (αιολικοί χάρτες), την κατασκευή ανεμογεννητριών και τη διασύνδεσή τους με τα ηλεκτρικά δίκτυα, καθώς και την προώθηση εγχώριων βιομηχανικών ανεμογεννητριών μικρού και μεσαίου μεγέθους για εγκατάσταση στο εσωτερικό και για την εξαγωγή στο εξωτερικό. Η τεχνολογία στην κατασκευή των ανεμογεννητριών έχει κάνει άλματα τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα να δημιουργούνται οικονομίες κλίμακας με τη χρήση μεγαλύτερων γεννητριών εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας, καθώς και ολοκληρωμένων συστημάτων ελέγχου που τελικά μειώνουν σημαντικά το κόστος παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και καθιστούν οικονομικά ανταγωνιστική και συμφέρουσα την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Η έρευνα και η τάση πλέον αφορούν την κατασκευή ανεμογεννητριών μεγάλης ισχύος, ενώ ήδη έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν επιτυχώς ανεμογεννήτριες ισχύος 2 MW.

Στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η εγκατάσταση έως το 2010 μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ισχύος 60.000 MW. Στον Πίνακα 1, που ακολουθεί, δίνεται αναλυτικά η εγκατεστημένη ισχύ σε αιολικά πάρκα στην Ευρώπη (Απρίλιος 2001).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Εγκατεστημένη ισχύς σε Αιολικά Πάρκα στην Ευρώπη (Απρίλιος 2001)

<u>ΧΩΡΑ</u>	<u>ΙΣΧΥΣ (MW)</u>
Γερμανία	6.410
Ισπανία	2.567
Δανία	2.346
Ιταλία	506
Ολλανδία	460
Ηνωμένο Βασίλειο	413
Σουηδία	258
Ελλάδα	208
Ιρλανδία	118
Πορτογαλία	105
Αυστρία	77
Γαλλία	66
Φιλανδία	38
Βέλγιο	20
Λουξεμβούργο	14
Σύνολο Ε.Ε.	13.606
<u>ΛΟΙΠΕΣ ΧΩΡΕΣ</u>	
Τουρκία	19
Νορβηγία	13
Τσεχία	12
Πολωνία	10
Ελβετία	3
Ρουμανία	1
Γενικό Σύνολο	13.664

Σύμφωνα, πάντως, με τελευταία στοιχεία που δημοσιεύθηκαν στην εφημερίδα «ΤΑ ΝΕΑ» στις 4 Φεβρουαρίου 2007, στην Ελλάδα βρίσκονται σήμερα εγκατεστημένα αιολικά πάρκα ισχύος **746 MW** όταν η Ισπανία εμφανίζει **11.615 MW**, ενώ η Γερμανία κατέχει την πρωτοκαθεδρία με **20.622 MW** εγκατεστημένης ισχύος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

3.1. Αιολικό Δυναμικό της Ελλάδας

Η χώρα μας, σε σύγκριση με άλλες χώρες που ήδη έχουν αναπτύξει τεχνολογία εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, μπορεί να χαρακτηριστεί χώρα με υψηλό αιολικό δυναμικό. Η έρευνα έδειξε ότι υπάρχουν περιοχές, κυρίως στο Αιγαίο Πέλαγος και τη Νοτιοανατολική Πελοπόννησο, που η μέση ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10 m υπερβαίνει τα 9 m/sec, ταχύτητα που δεν εμφανίζεται σε πολλά μέρη του κόσμου. Πρέπει να σημειωθεί ότι στη Γερμανία θεωρούνται εκμεταλλεύσιμες οι περιοχές με μέση ταχύτητα ανέμου ακόμα και 5 m/sec.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα και με ιδιαίτερα συντηρητικές εκτιμήσεις η αιολική ενέργεια έχει τη δυνατότητα να καλύψει μέχρι και το 15% των ηλεκτρικών ενεργειακών αναγκών της χώρας, δηλαδή 6,46 Twh/έτος.

Εκμεταλλεύσιμο Αιολικό Δυναμικό Ελλάδος

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Twh/έτος)
Κυκλάδες	3,15
Κρήτη	0,74
Εύβοια	1,61
Ηπειρωτική Χώρα	0,96
ΣΥΝΟΛΟ	6,46

Η πιο πάνω μελέτη έδειξε ακόμη ότι η διείσδυση της αιολικής ενέργειας σε ποσοστό 10% (περίπου 1.200 MW αιολικής ισχύος) στο ηλεκτρικό σύστημα της χώρας είναι οικονομικά βιώσιμη και για την ίδια τη ΔΕΗ, ενώ οποιαδήποτε μικρότερη διείσδυση είναι οικονομικά επικερδής.

3.2. Εκτίμηση του αιολικού δυναμικού της Ελλάδας

Μεθοδολογία

Το αιολικό δυναμικό της χώρας εκτιμήθηκε για πρώτη φορά από το Εργαστήριο Αεροδυναμικής του Ε.Μ.Π. Στην έρευνα αυτή, το πρώτο βήμα αποτέλεσε η χάραξη καμπύλων ισοταχυτήτων ανέμου σε ολόκληρο τον ελλαδικό χώρο και σε κλίμακα χάρτου 1:100.000. Κατόπιν θεωρήθηκε μέση απόσταση θέσεων εγκατάστασης ανεμογεννητριών μεγάλου μεγέθους τα 5 km, οπότε οι κορυφές των Ισόπλευρων τριγώνων αποτελούσαν πιθανές θέσεις εγκατάστασης ανεμογεννητριών. Στη συνέχεια πάνω στο χάρτη χαράχθηκαν οι γραμμές μέσης τάσης του εθνικού ηλεκτρικού δικτύου και σημειώθηκαν οι θέσεις εκείνες εγκατάστασης των ανεμογεννητριών που γειτνιάζουν με το δίκτυο. Οι θέσεις αυτές εγκατάστασης Α/Γ είναι οι οικονομικότερες από άποψη κόστους για διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου παρουσιάζονται πιο κάτω.

Χάραξη καμπυλών ισοταχυτήτων ανέμου

Για τη χάραξη των καμπυλών μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου στον ελλαδικό χώρο χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας και οι μετρήσεις της ΔΕΗ, **Πίνακας 3.1α** και **3.1β**.

Ορισμένα αποτελέσματα της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας βασίζονται σε παρατηρήσεις 20-40 ετών και προέρχονται από 100 μετεωρολογικούς σταθμούς. Σε 40 απ' αυτούς οι μετρήσεις γίνονται με ανεμογράφο ή με ανεμόμετρο χειρός 8 φορές την ημέρα. Τα αποτελέσματα της εργασίας βασίστηκαν στη στατιστική επεξεργασία μετρήσεων 20 μετεωρολογικών σταθμών της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από 150 km και καλύπτουν έτσι ικανοποιητικά την περιοχή του Αιγαίου πελάγους και επαρκούν για τη χάραξη ισοταχυτήτων ανέμου στην περιοχή αυτή.

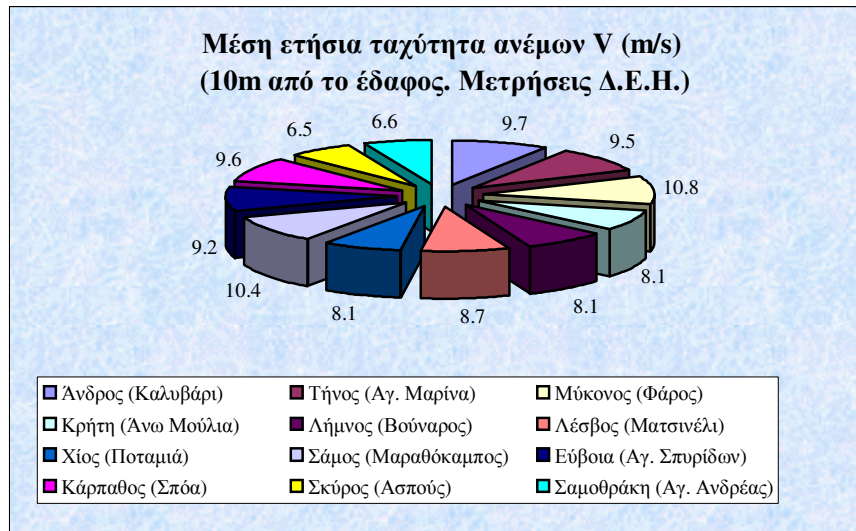
Στο εσωτερικό της χώρας όμως δεν υπάρχει επαρκές δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών για την ακριβή χάραξη των ισοταχυτήτων ανέμου. Έτσι τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται βασίστηκαν σε ανεπαρκή αριθμό μετεωρολογικών σταθμών.

Πρέπει να τονιστεί ότι σχεδόν όλες οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών είναι ακατάλληλες για την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού επειδή είναι διαφορετικοί οι σκοποί που οι σταθμοί αυτοί εξυπηρετούν (π.χ. συνήθως θέσεις αεροδρομίων που είναι κατά κανόνα υπήνεμες θέσεις). Γι' αυτό για τη σωστή εκτίμηση του αιολικού δυναμικού απαιτείται η ακριβής γνώση της μορφολογίας του εδάφους, της παραμέτρου τραχύτητας και κατά συνέπεια του εκθέτη a αναγωγής ταχυτήτων με το ύψος από το έδαφος.

Για ανεμογεννήτριες διαμέτρου δρομέα 50 m το τυπικό ύψος απ' το έδαφος εγκατάστασής τους είναι 50 m. Στο ύψος αυτό η ταχύτητα είναι κατά 31% μεγαλύτερη της ταχύτητας στο ύψος μετρήσεως 10 m. Ο εκθέτης a λήφθηκε ίσος με 0,17 τυπική τιμή για την τοπογραφία του ελλαδικού χώρου.

Πίνακας 3.1α: Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμων (10 m από το έδαφος. Μετρήσεις ΔΕΗ).

A/a	Περιοχή	V (m/s) Περίοδος μετρήσεων
1	Άνδρος (Καλυβάρι)	9,7 (1981-90)
2	Τήνος (Αγ. Μαρίνα)	9,5 (1987-90)
3	Μύκονος (Φάρος)	10,8 (1983-90)
4	Κρήτη (Ανω Μούλια)	8,1 (1981-83)
5	Λήμνος (Βούναρος)	8,1 (1986-90)
6	Λέσβος (Ματσινέλι)	8,7 (1987-90)
7	Χίος (Ποταμιά)	8,1 (1986-89)
8	Σάμος (Μαραθόκαμπος)	10,4 (1986-90)
9	Εύβοια (Αγ. Σπυρίδων)	9,2 (1989-90)
10	Κάρπαθος (Σπία)	9,6 (1983-89)
11	Σκύρος (Ασπούς)	6,5 (1987-89)
12	Σαμοθράκη (Αγ. Ανδρέας)	6,6 (1986-89)



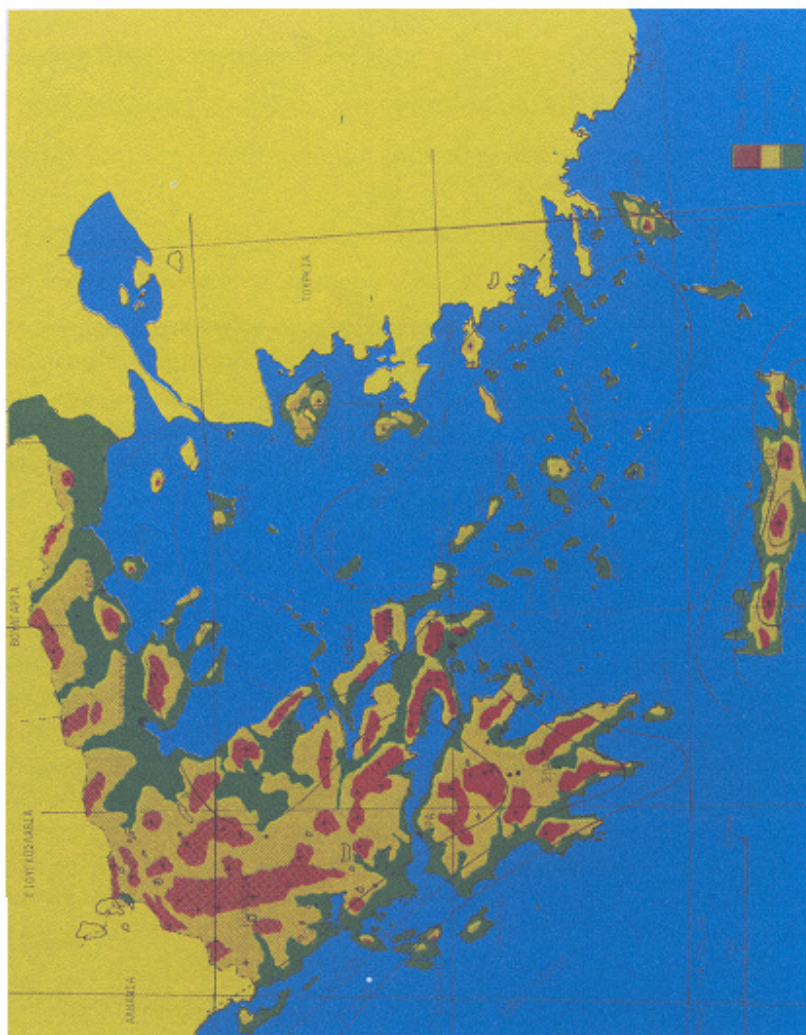
Πίνακας 3.1β: Μέσες ταχύτητες ανέμου.

Θέση	Μέση ταχύτητα (τυπική απόκλιση)			Ετησίως δεσμευομένη αιολική ενέργεια kwh/m2
	(3) (ΔΕΗ)	(4) (ΕΜΥ)	(5)	
Αθήνα		4.0 (± 0.2)		141
Αθήνα (Αστεροσκοπείο)		2.3 (± 0.1)		27
Αλεξανδρούπολη		3.5 (± 0.5)		94
Άνδρος		–	6.7	662
Βόλος		3.9 (± 0.4)		130
Ζάκυνθος		–	6.6	632
Ηράκλειο		4.6 (± 0.8)		14
Θεσσαλονίκη		2.90 (± 0.6)		54
Θήρα		6.6 (± 0.8)		632
Καβάλα		1.6 (± 0.2)		9
Κύθηρα	6.2	5.4 (± 0.4)		429
Κύθνος		–	6.8	691
Κύμη		2.5 (± 0.1)		34
Κως	6.2	6.2 (± 0.5)		524
Λαύριο		–	6.4	576
Λήμνος	6.0	5.2 (± 0.4)		386
Μήλος		6.3 (± 0.4)		550
Μυτιλήνη	5.2	5.0 (± 0.6)		291
Νάξος	7.0	7.2 (± 0.6)		787
Ναύπλιο		3.9 (± 0.7)		130
Ρόδος		5.3 (± 0.6)	5.7	366
Σάμος	6.0	6.3 (± 0.5)		511
Σκύρος	7.0	6.5 (± 0.8)		677
Σητεία		3.3 (± 0.5)		79
Χανιά		2.4 (± 0.8)		30
Χίος		4.0 (± 0.3)	6.2	524

Ο Πίνακας 3.1 συνοψίζει τα αποτελέσματα που χρησιμοποιήθηκαν στη χάραξη των ισοταχυτήτων που φαίνονται στο Σχήμα 3.1. Ο Πίνακας 3.1 δείχνει επίσης την παντελή έλλειψη ανεμολογικών στοιχείων για το εσωτερικό του ελλαδικού χώρου.

ΧΑΡΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

Μέσος ημέσ παχυντήτων ανέμου σε ύψος 10 m.



Σχήμα 3.1: Μέση ετήσια παχυντήρα ανέμου στον ελληνικό χώρο.

(Ο αερολογικός χάρτης συντάχθηκε από τους Γ. Μπαργιλέ και Ν. Αθανασιάδη).

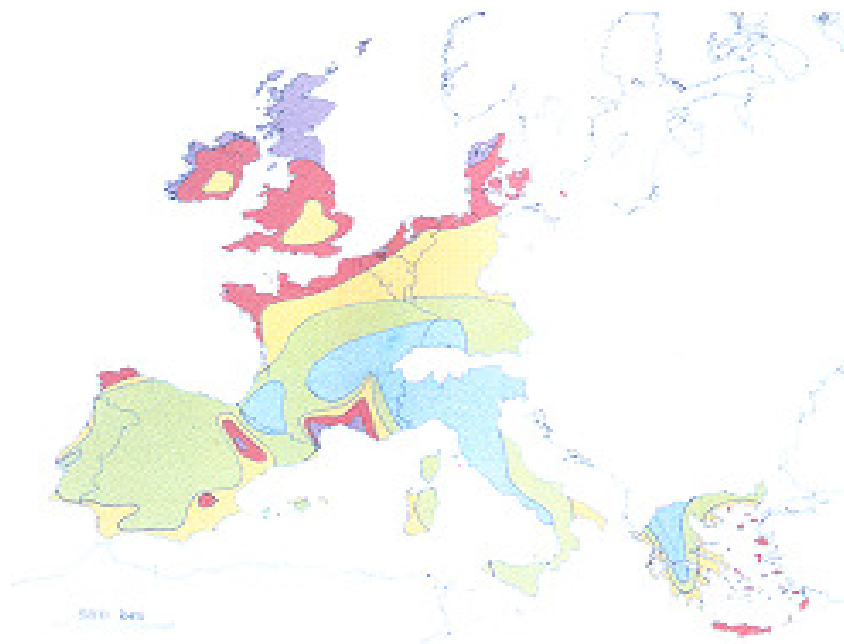
Στο Σχήμα 3.2. παρουσιάζεται το αιολικό δυναμικό της χώρας καθώς και το αιολικό δυναμικό των άλλων μελών κρατών των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

Από την απλή εξέταση των ισοταχυτήτων του Σχήματος 3.1. και απ' το Σχήμα 3.2 συνάγεται το ασφαλές συμπέρασμα της ύπαρξης υψηλού αιολικού δυναμικού στο νησιωτικό χώρο. Για την περιοχή αυτή η πυκνότητα πιθανότητας διανομής ταχύτητας εκφράζεται ικανοποιητικά με την καμπύλη διανομής Weibull και ότι η παράμετρος k είναι περίπου σταθερή και ίση με $k=2$. Παραμετρική μελέτη αναφορικά με την επίδραση του k στο ετήσιο δεσμευμένο αιολικό δυναμικό από ανεμογεννήτρια δείχνει ότι η παράμετρος αυτή έχει μικρή επίδραση και ότι οι ετήσιες δεσμευμένες αιολικά kWh στο ύψος των 10 m δίνονται από την έκφραση:

$$E = 10,5 \cdot \bar{V}^3 \text{ kWh} / \text{ετησίως} / \text{m}^2$$

όπου \bar{V} η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου σε m/sec.

Με τις ισοταχείς καμπύλες του Σχήματος 3.1. και με τη βοήθεια της παραπάνω σχέσης μπορεί να εκτιμηθεί το αιολικό δυναμικό που μπορεί να δεσμευτεί από ανεμογεννήτριες σε μια περιοχή. Ενδεικτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1



Wind resources at 50 meters above ground level for five different topographic conditions										
	Sheltered terrain		Open plain		At a sea coast		Open sea		Hills and ridges	
	m s ⁻¹	W m ⁻²	M s ⁻¹	W m ⁻²	m s ⁻¹	W m ⁻²	m s ⁻¹	W m ⁻²	m s ⁻¹	W m ⁻²
	> 6,0	>250	> 7,5	> 500	> 8,5	> 700	> 9,0	> 800	> 11,5	> 1800
	5,0-6,0	150-250	6,5-7,5	300-500	7,0-8,5	400-700	8,0-9,0	600-800	10,0-11,5	1200-1800
	4,5-5,0	100-150	5,5-6,5	200-300	6,0-7,0	250-400	7,0-8,0	400-600	8,5-10,0	700-1200
	3,5-4,5	50-100	4,5-5,5	100-200	5,0-6,0	150-250	5,5-7,0	200-400	7,0-8,5	400-700
	< 3,5	< 50	< 4,5	< 100	< 5,0	< 150	< 5,5	< 200	< 7,0	< 400

Σχήμα 3.2: Ευρωπαϊκός αιολικός χάρτης.

Πρέπει να τονιστεί ότι οι καμπύλες ισοταχυτήτων είναι απλώς ενδεικτικές του αιολικού δυναμικού της χώρας και πρέπει να χρησιμοποιούνται ως πρώτη ένδειξη ότι σε μία περιοχή υπάρχει ή δεν υπάρχει ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό γιατί η ακριβής τιμή του αιολικού δυναμικού σε κάθε θέση είναι ισχυρή συνάρτηση της τοπογραφίας της περιοχής.

Εκτίμηση του αριθμού των Α/Γ

Η εκτίμηση του αριθμού των θέσεων εγκατάστασης ανεμογεννητριών μεγάλου μεγέθους βασίστηκε στις ακόλουθες παραδοχές:

Μέση απόσταση ανεμογεννητριών 5 km

Μία θέση θεωρείται κατάλληλη για εγκατάσταση εάν:

1. Η περιοχή έχει μέση ετήσια ταχύτητα (στα 10 m από το έδαφος), μεγαλύτερη των 4 m/sec.
2. Η θέση βρίσκεται σε υψόμετρο μικρότερο των 1000 m και μεγαλύτερο των -10 m.
3. Η θέση απέχει απόσταση μεγαλύτερη των 500 m από τα όρια μεγάλης πόλης.
4. Δεν υπάρχουν ιδιαίτεροι λόγοι μη εγκατάστασης, ως αρχαιολογικοί χώροι, ασταθή εδάφη, κεραιές αναμετάδοσης, στρατιωτικές εγκαταστάσεις.

Επίσης μεταξύ των ισοταχυτήτων μετρήθηκε και ο αριθμός των χωριών με κατοίκους της τάξεως των 1000 ώστε να εκτιμηθεί και ο αριθμός του μικρού μεγέθους ανεμογεννητριών που μπορούν να εγκατασταθούν.

Για το σκοπό της εκτίμησης του αριθμού των θέσεων χρησιμοποιήθηκε τριγωνικός κλίμακας που επιτέθηκε πάνω σε χάρτη του ελλαδικού χώρου με κλίμακα 1:100.000 και 1:500.000. Στο χάρτη σημειώθηκαν οι θέσεις εγκατάστασης ανεμογεννητριών (Α/Γ). Η εργασία καθορισμού του πλήθους των θέσεων εγκατάστασης Α/Γ έγινε σε χάρτες με διαφορετικές κλίμακες για να εκτιμηθεί έτσι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας. Διαπιστώθηκε ότι η εργασία πάνω σε χάρτη με κλίμακα 1:100.000 έδωσε κατά μέσο όρο 5-10% περισσότερες θέσεις εγκατάστασης Α/Γ και έδειξε παράλληλα ότι σε μικρές περιοχές (π.χ. νησιά) ο αριθμός των θέσεων εξαρτάται από τον ιδιαίτερο προσανατολισμό του τριγωνικού πλέγματος χωρίς βέβαια σημαντικές αλλαγές στο σύνολο.

Με βάση το γεγονός ότι οι μεγάλες ανεμογεννήτριες έχουν διάμετρο 50 m με τυπική ισχύ 750 kW και με ύψος πύργου 50 m είναι δυνατό να εκτιμηθεί σε πρώτη προσέγγιση η εγκατεστημένη αιολική ισχύς, η ετήσια δεσμευμένη αιολική ενέργεια, κατά τόπους και συνολικά στον ελλαδικό χώρο. Στον **Πίνακα 3.2** παρουσιάζεται επίσης για σύγκριση και εξαγωγή συμπερασμάτων η εγκατεστημένη ισχύς του αυτόνομου νηζελοηλεκτρικού σταθμού σε κάθε νησί ως και η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Μελετώντας τον Πίνακα 3.2 συμπεραίνεται ότι στον ελλαδικό χώρο μπορούν να εγκατασταθούν τουλάχιστον 2160 μονάδες ανεμογεννητριών μεγάλου μεγέθους και 479 μονάδες μικρού μεγέθους, εκ των οποίων 1300 είναι εγκατεστημένες στην ηπειρωτική Ελλάδα. Έτσι η συνολικά εγκατεστημένη αιολική ισχύς στον ηπειρωτικό χώρο είναι της τάξης των 970 MW, τάξη μεγέθους που αποτελεί περίπου το 20% της σημερινής εγκατεστημένης ισχύος της ΔΕΗ.

Πίνακας 3.2: Πλήθος Α/Γ και ενεργειακή απόδοση.

Περιοχή ή νησί	Α/Γ μεγάλου μεγέθους	Α/Γ μικρού μεγέθους	Εγκατεστημένη ισχύς (MW)		Ενέργεια ετησίως (MWH)	
			Αιολική (kw)	Ηλεκτρική (kw)	Αιολική (ΑΓ)	Ηλεκτρική
Πελοπόννησος πλην Βορείου τμήματος	479	98	369000	—	1213	—
Βόρειος Πελοπόννησος	311	54	238650	—	613	—
Στερεά Ελλάδα	66	22	51700	—	872	—
Εύβοια	47	25	35250	—	1213	—
Θεσσαλία	264	42	202200	—	613	—
Ήπειρος	19	4	14650	—	875	—
Χαλκιδική - Θεσσαλονίκη Πιερία	106	14	80900	—	1197	—
Κρήτη	240	86	188000	—	1213	—
Κάσος	4	2	3200	400	2666	528
Κάρπαθος	15	5	11750	3144	2666	3313
Κύθηρα	14	5	11000	—	1892	2076
Φολέγανδρος	2	1	1600	185,6	1894	140
Μήλος	9	3	1050	3400	2428	4402
Σίφνος	4	2	3200	1328	2666	1510
Αμοργός	7	3	1350	707	3330	469
Τος	7	—	5250	1192	3330	1394
Ανάφη	1	1	850	139,2	3330	92
Θήρα	6	3	4800	3200	2792	5227
Σίκινος	2	1	1600	196	2666	147
Κάλυμνος	4	2	3200	18224	3330	23202
Αστυπалаία	5	1	3850	400	3330	568
Ρόδος	46	16	36100	11168	1614	7770
Κως	10	5	7900	—	2311	6395
Καστελόριζο	1	—	750	86,4	1213	—
Ζάκυνθος	20	5	15500	1000	2787	—
Σπέτσες	1	—	750	—	143	—
Πόρος	3	—	2250	—	143	—
Αίγινα	4	—	3000	—	143	—

Από τον Πίνακα 3.2 διαπιστώνουμε ότι στα νησιά οι Α/Γ μπορεί να αποδώσουν περισσότερη ενέργεια από τις ετήσιες ανάγκες ηλεκτρικής κατανάλωσης του νησιού. Το μέγεθος της παρεχόμενης στο ηλεκτρικό δίκτυο του νησιού αιολικής ενέργειας θα εξαρτηθεί από τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού δικτύου του νησιού και του σταθμού παραγωγής. Από τον Πίνακα 3.2 συμπεραίνεται ότι οι ενεργειακές ανάγκες των νησιών μπορούν τουλάχιστον κατά 25% να ικανοποιηθούν από μετατροπή αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική μέσω ανεμογεννητριών.

Στον ηπειρωτικό ελλαδικό χώρο όπου το εθνικό δίκτυο είναι διασυνδεδεμένο θα μπορούσε να γίνει δεκτό ότι ολόκληρη η δεσμευμένη αιολική ενέργεια μπορεί να απορροφηθεί απ' το ηλεκτρικό δίκτυο. Στην περίπτωση αυτή η παρεχόμενη στο ηλεκτρικό δίκτυο αιολική ενέργεια ανέρχεται σε 1200 GWh το χρόνο που αποτελεί το 5% της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Για τον ηπειρωτικό χώρο υπολογίστηκαν επίσης οι θέσεις εκείνες των ανεμογεννητριών που βρίσκονται κοντά σε γραμμές μεταφοράς της ΔΕΗ μέσης τάσης και οι οποίες απέχουν λιγότερο από 5 km. Οι θέσεις αυτές προσφέρονται οικονομικότερα για εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας αφού μπορούν χωρίς μεγάλες δαπάνες διασύνδεσης να παρέχουν την ενέργειά τους στο διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3.3**.

Από τον Πίνακα συμπεραίνεται ότι για την τυπική ανεμογεννήτρια διαμέτρου 50 m ισχύος 750 kW, η συνολική αιολική ισχύς ανέρχεται σε 447 MW δηλαδή ισχύς της τάξεως μεγέθους ενός μεγάλου θερμοηλεκτρικού σταθμού της χώρας με ετήσια παρεχόμενη στο ηλεκτρικό δίκτυο αιολική ενέργεια ίση με 403 GWh.

Πίνακας 3.3: Θέσεις Α/Γ κοντά σε γραμμή ΔΕΗ.

Θέση	Αριθμός μονάδων	(GWh)
Πελοπόννησο	200	190
Στερεά Ελλάδα	56	49
Θεσσαλία	104	64
Χαλκιδική	26	31
Κέρκυρα	14	12
Εύβοια	47	57
Σύνολο	447	403

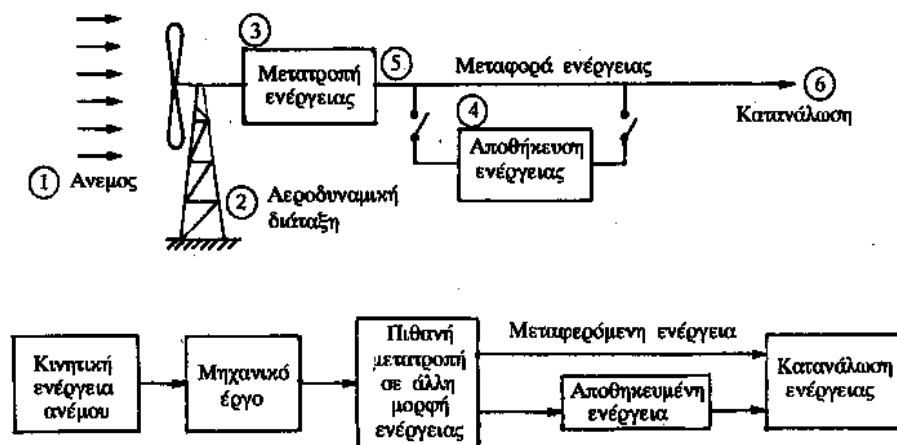
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

4.1. Γενικά

Η ανεμογεννήτρια από την εποχή της εμφάνισης της μέχρι σήμερα έχει περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης, τόσο ως προς τον τύπο της (οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα) όσο και ως προς τα υποσυστήματά της (περύγια, κιβώτιο ταχυτήτων, πύργος, αυτοματισμοί, γεννήτρια κ.λ.π.). Εξελίξεις έχουν επίσης σημειωθεί και στον τρόπο δέσμευσης, αξιοποίησης, αποθήκευσης ή μεταφοράς της ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από την ανεμογεννήτρια σε άλλη «αναβαθμισμένη» μορφή ενέργειας.

Μια εικόνα των βασικών μερών που αποτελούν μια διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας καθώς και της ροής ενέργειας παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1: Διάταξη εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας.

Η διάταξη αυτή είναι μια γενική περίπτωση όπου η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με τη βοήθεια μιας αεροδυναμικής διάταξης (π.χ. μιας έλικας). Αυτό το μηχανικό έργο μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμο επί τόπου (π.χ. άντληση νερού). Στη γενικότερη όμως περίπτωση απαιτείται η μετατροπή του σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας, είτε γιατί δεν χρειαζόμαστε μόνο μηχανικό έργο, είτε γιατί ο τόπος της κατανάλωσης δεν συμπίπτει με τον τόπο που είναι εγκατεστημένη η Α/Γ, δηλαδή απαιτείται η μεταφορά της δεσμευμένης αιολικής ενέργειας. Σ' αυτήν την περίπτωση η πιο πρόσφορη διάταξη είναι εκείνη που μετατρέπει το μηχανικό έργο σε άλλη μορφή ενέργειας, που μπορεί να μεταφέρεται εύκολα και αποδοτικά στον τόπο κατανάλωσης. Εδώ και πολύ καιρό οι περισσότερες έρευνες στρέφονται προς την κατεύθυνση της μετατροπής του μηχανικού έργου του δρομέα της ανεμογεννήτριας σε ηλεκτρική ενέργεια, λόγω της εύκολης μεταφοράς της ή της παραγωγής επί τόπου υδρογόνου (με ηλεκτρόλυση) που μπορεί να αποθηκευτεί ή να μεταφερθεί και να καεί ως αέριο καύσιμο. Η τελευταία περίπτωση αποτελεί ίσως και τη βέλτιστη από πολλές απόψεις

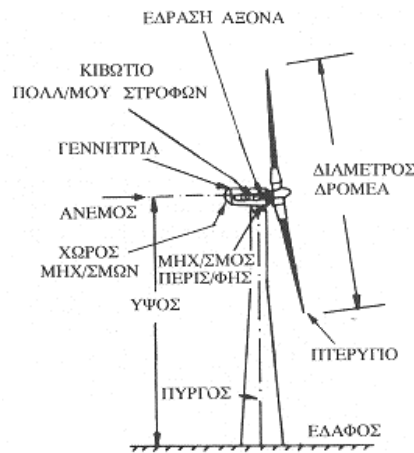
πρόταση αξιοποίησης γενικότερα των Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας, δεδομένου ότι είναι οικολογικά αποδεκτή διότι με την καύση του υδρογόνου παράγεται μόνο νερό.

4.2. Τύποι συλλογής της αιολικής ενέργειας

Μέχρι σήμερα έχουν επινοηθεί και εφαρμοστεί στην πράξη περισσότεροι τύποι ανεμογεννητριών από οποιοδήποτε άλλο τύπο εφεύρεσης.

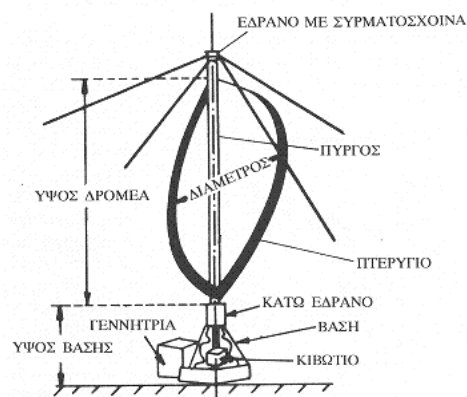
Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου σε:

- Οριζόντιου άξονα, στους οποίους ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου, Σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα.

- Οριζόντιου άξονα, (Cross-Wind), στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της γης αλλά κάθετος στην κατεύθυνση της ροής του ανέμου.
- Καθέτου άξονα στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στην επιφάνεια της γης και κάθετος στη ροή του ανέμου, Σχήμα 4.3.

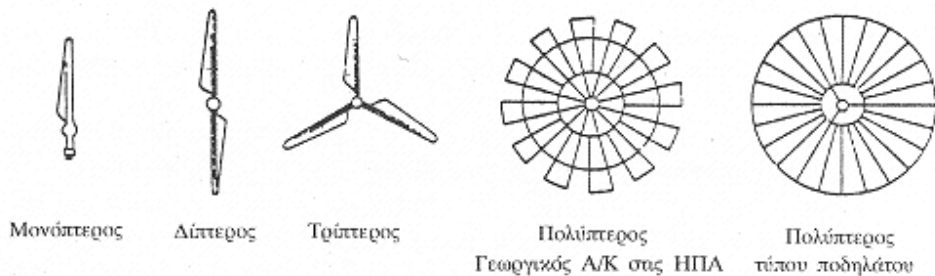


Σχήμα 4.3: Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα.

Επίσης έχουν επινοηθεί και άλλοι τύποι ανεμομηχανών, όπως του τύπου μεταφοράς, στον οποίο υπάρχουν «μικρά» οχήματα που κινούνται σε μια καθορισμένη διαδρομή (τύπου σιδηροδρομικών βαγονιών) και είναι συνδεδεμένα με ηλεκτρογεννήτρια κ.λ.π.

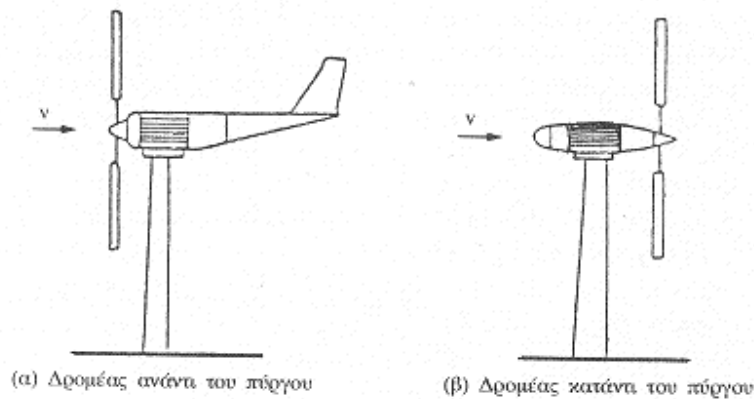
4.3. Τυπικές μορφές ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα

Ο περιστρεφόμενος μηχανισμός τέτοιων μηχανών, που καλείται δρομέας, μπορεί να έχει από ένα πτερύγιο (μονόπτερος) μέχρι 30 ή και περισσότερα (πολύπτερος), Σχήμα 4.4.



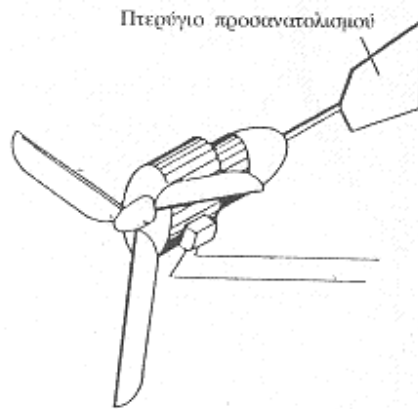
Σχήμα 4.4: Τύποι δρομέα ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων.

Σε σχέση με τη θέση του δρομέα ως προς τον πύργο στήριξης και τη διεύθυνση του ανέμου, οι ανεμοκινητήρες αυτού του τύπου μπορούν να έχουν το δρομέα μπροστά από τον πύργο (ανάντη) ή πίσω (κατάντη), Σχήμα 4.5 (α, β). Για τη μεγιστοποίηση δέσμευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου απαιτείται όπως το επίπεδο του δρομέα της Α/Γ να



Σχήμα 4.5: Θέση δρομέα ως προς τον πύργο.

είναι κάθετο στην κατεύθυνση του ανέμου. Για το σκοπό αυτό, στις μεν μικρής ισχύος Α/Γ (και στον ανάντη τύπο) υπάρχει συνήθως πτερύγιο που ευθυγραμμίζει τον άξονα του δρομέα στον άνεμο (Σχήμα 4.6), στις δε μεγάλες Α/Γ εφαρμόζονται συστήματα αυτόματης ρύθμισης της σωστής θέσης του δρομέα ως προς τον άνεμο μέσω σερβομηχανισμού. Στις «μικρές» Α/Γ με το δρομέα κατάντη δεν τοποθετείται πτερύγιο προσανατολισμού γιατί το κουβούκλιο που καλύπτει τα εξαρτήματα της διάταξης μετατροπής της ενέργειας του δρομέα έχει τέτοιο σχήμα ώστε το ίδιο να αποτελεί



Σχήμα 4.6: Α/Γ με πτερύγιο προσανατολισμού.

πτερύγιο προσανατολισμού, Σχήμα 4.5β. Ο πύργος στήριξης της Α/Γ μπορεί να είναι σωληνωτού τύπου (Σχήμα 4.7), τύπου δικτυώματος (Σχήμα 4.8) ή τύπου λεπτής κολώνας (Σχήμα 4.9), που απαιτεί πρόσδεση με συρματόσχοινα. Οι δύο πρώτοι τύποι είναι αυτοστηριζόμενοι.



Σχήμα 4.7α: Α/Γ με σωληνωτό πύργο.



Σχήμα 4.7β: Πύργοι Α/Γ σωληνωτού τύπου, σε Αιολικό Πάρκο στην Ισπανία.

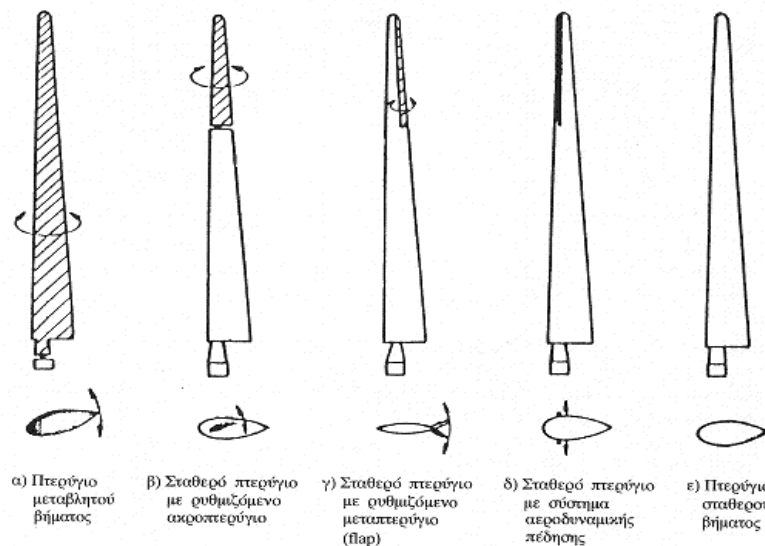


Σχήμα 4.8: Α/Γ με πύργο δικτύωματος.



Σχήμα 4.9: Α/Γ με στήριξη με συρματοσχοίνα.

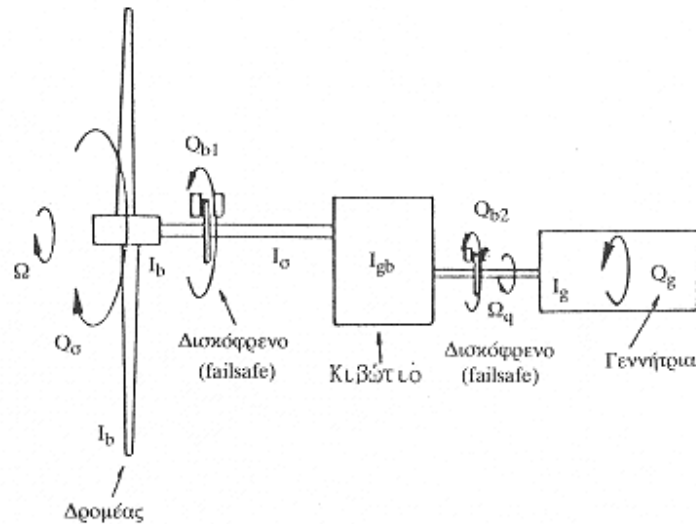
Ο δρομέας της ανεμογεννήτριας δεν πρέπει να ξεπερνάει κάποια μέγιστη γωνιακή ταχύτητα για λόγους προστασίας των πτερυγίων από μηχανικές καταπονήσεις που προέρχονται από φυγόκεντρες δυνάμεις. Για την προστασία έναντι υπερτάχυνσης έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αυτοματισμοί, όπως λειτουργία αεροπέδης στα ακροπτερύγια του



Σχήμα 4.10: Μέθοδοι ρύθμισης βήματος-ισχύος Α/Γ.

δρομέα, γωνιακή στροφή του δρομέα ως προς τη διεύθυνση πνοής του ανέμου κ.λ.π., (Σχήματα 4.10α και 4.10β). Στην περίπτωση ανάγκης πέδησης του δρομέα είτε γιατί

υπερταχύνθηκε ο δρομέας (π.χ. δεν λειτούργησε η αεροπέδη των ακροπερυγίων) ή υπερβολική ταχύτητα ανέμου ή μηδενική ενεργειακή ζήτηση (π.χ. διακοπή ΔΕΗ), χρησιμοποιείται αυτόματης ενέργειας πέδη (fail safe) ασφαλείας αστοχίας τύπου δίσκου που ενεργεί είτε στον χαμηλόστροφο άξονα του δρομέα (πριν από το κιβώτιο ταχυτήτων) είτε στον υψηλόστροφο (μετά το κιβώτιο ταχυτήτων), σχήμα 4.11.



Σχήμα 4.11: Τυπική διάταξη κουβούκλιου Α/Γ.

Το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας του δρομέα σε άλλη μορφή ενέργειας, το οποίο στεγάζεται μέσα στο κουβούκλιο της μηχανής, συνήθως βρίσκεται πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας, ενώ στις περιπτώσεις απ' ευθείας χρήσης της μηχανικής ενέργειας του δρομέα π.χ. για άντληση νερού, το κιβώτιο ταχυτήτων βρίσκεται κάτω στη βάση του πύργου και από την κορυφή του πύργου μέχρι κάτω κατεβαίνει ο άξονας κίνησης, συνήθως σε υψηλότερες στροφές απ' αυτές του δρομέα.

4.4. Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα

4.4.1. Δρομέας

Ο σχεδιασμός του δρομέα είναι ίσως το πιο βασικό ζήτημα στη σχεδίαση του όλου συστήματος.

Στόχος είναι να βρεθεί ένας βέλτιστος συνδυασμός των διαφόρων παραμέτρων που συνθέτουν τον δρομέα: ταχύτητα περιστροφής, διάμετρος δρομέα, αριθμός περυγίων, κατανομή πλάτους περυγίου, κατάλληλη αεροτομή ή αεροτομές, συστρόφη, μέσο γεωμετρικό βήμα. Η διάμετρος του δρομέα θα εξαρτηθεί από την απαιτούμενη ονομαστική ισχύ της μηχανής και το αιολικό δυναμικό της περιοχής εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας. Η γωνιακή ταχύτητα λειτουργίας του δρομέα επιλέγεται έτσι ώστε ο λόγος ταχύτητας ακροπερυγίου προς την ονομαστική ταχύτητα του ανέμου να βρίσκεται στην περιοχή της βέλτιστης τιμής συντελεστή ισχύος της ανεμογεννήτριας. Η κατανομή του πλάτους των περυγίων θα προκύψει από τη βελτιστοποίηση της αεροδυναμικής

σχεδίασης του δρομέα ενώ το πλήθος των πτερυγίων θα εξαρτηθεί από το είδος της εφαρμογής της ανεμογεννήτριας.

Ανάλογα με τη μορφή του δρομέα διακρίνουμε δύο διαφορετικούς τύπους:

i) Δρομείς με πολλά λεπτά πτερύγια (πολυπτέρυγους)

Χαρακτηριστικό των δρομέων αυτών είναι η μικρή διάμετρος, η μικρή περιφερειακή ταχύτητα και η μεγάλη ροπή. Η κατασκευή Α/Γ με τέτοιους δρομείς τείνει να εγκαταλειφθεί, κυρίως λόγω του μικρού συντελεστή ισχύος και της μικρής διαμέτρου που μπορούν να κατασκευαστούν.

ii) Δρομείς με λίγα πτερύγια

Οι δρομείς αυτοί έχουν συνήθως δύο ή τρία πτερύγια (τελευταία κατασκευάστηκαν δρομείς με ένα πτερύγιο, μονόπτερος). Έχουν τη μορφή των πτερυγίων των ελίκων των αεροσκαφών με αρκετή συστροφή από τη βάση μέχρι το ακροπτερύγιο και μεταβαλλόμενη χορδή με λέπτυνση προς το ακροπτερύγιο. Τα βασικά χαρακτηριστικά του δρομέα είναι ο μεγάλος συντελεστής ισχύος και η βέλτιστη λειτουργία του σε μεγάλο σχετικά λόγο ταχυτήτων ακροπτερυγίου λ.

Οι δρομείς αυτοί είναι πιο ταχύστροφοι από τους πολυπτέρυγους δρομείς και ελαφρώς οικονομικότεροι, παρουσιάζουν δε ευκολία στην επιτόπου συναρμολόγηση του Α/Κ. Γενικά ο τρίπτερος δρομέας είναι κατά 5% περισσότερο αποδοτικός από τον δίπτερο και τα φορτία που ενεργούν σε κάθε πτερύγιο είναι μικρότερα. Το κόστος του όμως είναι μεγαλύτερο. Αντίθετα ο μονόπτερος δρομέας είναι φθηνότερος, έχει 10% μικρότερη ενεργειακή απόδοση από τον δίπτερο, αλλά έχει θορυβώδη λειτουργία και η ζυγοστάθμισή του παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα.

Μέγεθος ανεμογεννήτριας

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα κατασκευάζονται από ισχύ μερικών 100άδων W μέχρι πάνω από 1 MW. Έτσι έχουμε τις εξής κατηγορίες:

- Μικρά μεγέθη (έως λίγα KW), με διάμετρο έως 10 m.
- Μεσαία μεγέθη (50-250 KW), με διάμετρο έως 25 m.
- Μεγάλα μεγέθη (500-2500 KW).

Είναι δύσκολο να ξεπεράσουμε την ισχύ των 2500 KW, γιατί απαιτείται κατασκευή δρομέων πολύ μεγάλης διαμέτρου (άνω των 80 m), κατασκευή που συνεπάγεται μεγάλα προβλήματα.

Υλικά πτερυγίων

Τα υλικά κατασκευής των πτερυγίων των δρομέων δεν έχουν ακόμα ξεκαθαρίσει εντελώς. Στις μικρές Α/Γ χρησιμοποιούνται κυρίως πολυουρεθάνη, υαλόνημα και ξύλο, υλικά που δεν υποφέρουν από διάβρωση αλλά έχουν όμως άγνωστη συμπεριφορά σε εναλλασσόμενη φόρτιση, φόρτιση που οδηγεί σε πρόωρη γήρανση του υλικού. Στους μεσαίου μεγέθους δρομείς χρησιμοποιούνται υαλονήματα με εναλλαγή της κατεύθυνσης των υαλονημάτων σε πολλαπλές στρώσεις ενώ στις μεγάλου μεγέθους Α/Γ χρησιμοποιείται η τεχνολογία των ελίκων των αεροσκαφών (ανθρακονήματα με μηχανές αυτόματου τυλίγματος) ή ακόμα και ξύλο ή και τεχνολογία πτερυγίων αεροσκαφών.

Το βήμα του πτερυγίου

Υπάρχουν δρομείς με πτερύγια μεταβλητού βήματος και με πτερύγια σταθερού βήματος. Η μηχανική ρύθμιση ισχύος σε μια ανεμογεννήτρια έχει ως σκοπό να

εξισορροπεί, για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από την ονομαστική, την ισχύ την παραγόμενη από την πτερύγωση με την ονομαστική ισχύ της εγκατάστασης (π.χ. γεννήτριας), ώστε η εγκατάσταση να μην υπερφορτίζεται.

Τρόποι μηχανικής ρύθμισης ισχύος

α) Είναι δυνατόν να μειωθεί από την πτερύγωση, το μέγεθος της παραγόμενης ισχύος με την *αλλαγή προσανατολισμού ολόκληρου του πτερυγίου ή μέρους αυτού*. Ο τρόπος αυτός αποτελεί ύπαρξη ειδικού μηχανισμού (σερβομηχανισμού) και έχει εφαρμογή στις ανεμογεννήτριες μικρής αλλά κυρίως μεγάλης ισχύος.

β) Ένας άλλος τρόπος ρύθμισης της ισχύος μπορεί να γίνει *με τη βοήθεια αεροδυναμικών φρένων στα άκρα των πτερυγίων*. Η διάταξη αυτή αποτελεί περισσότερο μέσο προστασίας της ανεμογεννήτριας έναντι υπερτάχυνσής της και τίθεται σε λειτουργία όταν η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα υπερβεί την επιτρεπόμενη τιμή.

4.4.2. Σύστημα πέδησης άξονα δρομέα

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ακινητοποίησης του δρομέα της Α/Γ.

- Μεταβολή του βήματος του πτερυγίου ή του ακροπτερυγίου ή και ενεργοποίησης της αεροπέδης στο ακροπτερύγιο.
- Στροφή του ίδιου του δρομέα ώστε να γυρίσει παράλληλα προς τον άνεμο.
- Αύξηση της αεροδυναμικής αντίστασης του πτερυγίου με την ενεργοποίηση αεροπέδης (τύπου spoiler).

Ο προτιμότερος τρόπος ακινητοποίησης της μηχανής είναι η σταδιακή μείωση των αεροδυναμικών φορτίων στη μηχανή με παράλληλη αύξηση της αντιρροπής. Με τον τρόπο αυτό δεν αναπτύσσονται κρουστικά φορτία στη φάση πέδησης της μηχανής. Σε περίπτωση αστοχίας των μηχανισμών ρύθμισης του βήματος του πτερυγίου ή των άλλων μεθόδων ρύθμισης ισχύος απαιτείται η πέδηση του άξονα του δρομέα. Η πέδηση αυτή γίνεται συνήθως με δισκόφρενο τύπου ασφάλειας αστοχίας που ενεργεί αυτόματα στον άξονα.

4.4.3. Ελαστικοί σύνδεσμοι

Για τη σύνδεση αξόνων μεταξύ τους (π.χ. άξονας δρομέα με κιβώτιο ή δισκόφρενο με γεννήτρια κ.λ.π.) απαιτείται ελαστικός σύνδεσμος απορρόφησης κραδασμών. Συνήθως οι σύνδεσμοι αυτοί βασίζονται στην απορροφητική ικανότητα του καουτσούκ. Σε ακριβές κατασκευές χρησιμοποιείται και υδραυλικού τύπου συμπλέκτης ο οποίος συγχρόνως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως μέσο προσαρμογής των στροφών του δρομέα στις στροφές της γεννήτριας και έτσι η μηχανή να δουλεύει σε σταθερές σύγχρονες στροφές ή σε στροφές μέγιστου συντελεστή ισχύος.

4.4.4. Ηλεκτρική γεννήτρια

Υπάρχουν δύο δυνατές λύσεις:

- Ασύγχρονη γεννήτρια
- Σύγχρονη γεννήτρια

Το πλεονέκτημα της ασύγχρονης γεννήτριας είναι η απλότητα της κατασκευής και η ευκολία με την οποία συνδέεται στο δίκτυο. Όμως η ανάγκη να παίρνει ρεύμα μαγνήτισης από το δίκτυο δημιουργεί προβλήματα όταν η ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι συγκρίσιμη με την ισχύ του ηλεκτρικού δικτύου. Υπάρχει η δυνατότητα να

χρησιμοποιηθεί και γεννήτρια συνεχούς ρεύματος, μόνο που οι γεννήτριες αυτές είναι ογκώδεις και ακριβές.

4.4.5. Σύστημα προσανατολισμού

Έχει ήδη αναφερθεί ότι ο δρομέας μπορεί να βρίσκεται πριν από τον πύργο ή μετά από αυτόν (ανάντη και κατάντη μηχανές). Στις Α/Γ με ανάντη τοποθέτηση του δρομέα απαιτείται σύστημα προσανατολισμού του δρομέα. Στις μικρού ή και μεσαίου μεγέθους ανεμογεννήτριες για τον προσανατολισμό χρησιμοποιείται καθοδηγητικό περύγιο. Στις ανεμογεννήτριες μεγάλου μεγέθους χρησιμοποιείται σερβοκινητήρας ο οποίος ελέγχεται από τον ανεμοδείκτη του ανεμογράφου και προσανατολίζει το δρομέα κάθετα στην κατεύθυνση του ανέμου.

Η τοποθέτηση του δρομέα κατάντη οδηγεί σε απλούστερη κατασκευή Α/Γ γιατί δεν απαιτείται σύστημα προσανατολισμού, αλλά στην περίπτωση αυτή η Α/Γ είναι περισσότερο θορυβώδης στη λειτουργία του λόγω της σκίασης του πύργου πάνω στον δρομέα. Τέλος απαιτείται κάποιο είδος αποσβεστήρα για τον περιορισμό των άσκοπων μετακινήσεων του κουβουκλίου λόγω πλευρικής «τύρβης» του ανέμου.

4.4.6. Πύργος

Κριτήρια επιλογής του είδους του πύργου είναι το κόστος του, η ευκολία μεταφοράς του στον τόπο εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας και η ευκολία ανέγερσής του. Σχετικό με το τελευταίο είναι και η διαδικασία στησίματος της μηχανής, ιδιαίτερα σε μεγάλες μονάδες, πράγμα που πράγμα που εξαρτάται από την ευκολία οδικής πρόσβασης στη θέση, την ύπαρξη ικανοποιητικού ανυψωτικού μέσου τόσο σε ανυψωτική ικανότητα όσο και σε ύψος ανύψωσης. Το ύψος του πύργου της Α/Γ θα εκτιμηθεί, επίσης, από τη μορφολογία του εδάφους και ιδιαίτερα απ' τα επιφανειακά εμπόδια. Φυσικά το ύψος του πύργου είναι σημαντική παράμετρος του κόστους επένδυσης, δεν επιτρέπεται όμως ο πύργος να είναι χαμηλότερος από 6-7 μέτρα. Οι τύποι των πύργων που έχουν επικρατήσει είναι δύο, ο σωληνωτός και ο τύπου δικτυώματος.

Ο πύργος τύπου δικτυώματος είναι ευκολότερος στην επιτόπου συναρμολόγηση και ανάρτηση, ελαφρότερος και φθηνότερος. Επειδή έχει πολλά μικρά κομμάτια είναι ευκολότερο να υποστεί ψυχρό γαλβανισμό σε μικρά γαλβανιστήρια.

Ο σωληνωτός πύργος είναι αισθητικά καλύτερος. Το εσωτερικό του πύργου μπορεί να αποτελεί και το θάλαμο στέγασης όλων των οργάνων της ανεμογεννήτριας και να έχει εσωτερική σκάλα ή και ασανσέρ πρόσβασης στο κουβούκλιο στην κορυφή του. Παρουσιάζει όμως δυσκολία στη μεταφορά του, ιδίως από κάποιο ύψος και πάνω, δυσκολία στην ανέγερσή του (απαιτείται οπωσδήποτε γερανός), και αν είναι μεγάλος πρέπει να γαλβανισθεί σε κομμάτια και να συγκολληθεί επί τόπου, αλλά τότε καταστρέφεται το γαλβάνισμα τοπικά.

4.5. Τοπική μορφή ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα

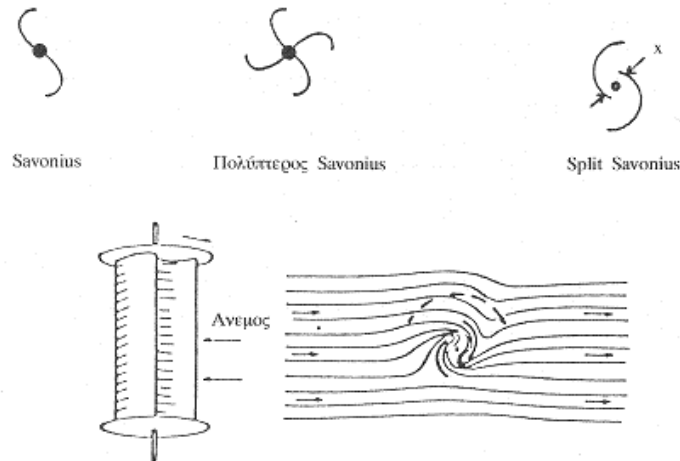
Οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου είναι κατασκευαστικά απλούστερες της ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα για τους εξής κυρίως λόγους:

- Δεν απαιτούν περύγιο ή σύστημα αυτοματισμού για τον προσανατολισμό του δρομέα στη διεύθυνση πνοής του ανέμου.
- Το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας του δρομέα σε άλλη μορφή ενέργειας βρίσκεται στο έδαφος, στη βάση της ανεμογεννήτριας.

Έτσι λοιπόν τα έξοδα αυτοματισμού, συντήρησης ή επισκευών είναι σαφώς μικρότερα σε σύγκριση με την ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα.

4.5.1. Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα τύπου Savonius

Οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου, όπως παρουσιάστηκαν το 1931 από τον Savonius, έχουν την χαρακτηριστική μορφή του σχήματος που ακολουθεί (Σχήμα 4.12).

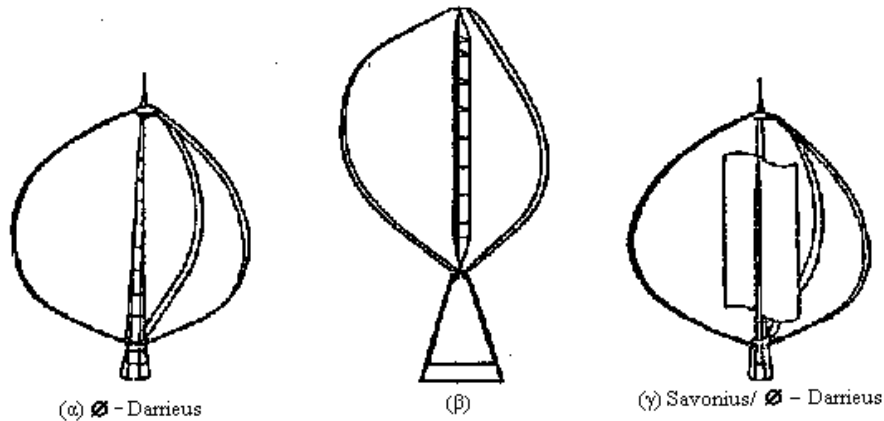


Σχήμα 4.12: Α/Γ τύπου Savonius.

Τα βασικά χαρακτηριστικά τους είναι ο χαμηλός συντελεστής ισχύος, η μικρή ακραία περιφερειακή ταχύτητα, το περιορισμένο μέγεθος και η εξαιρετική απλότητα και οικονομικότητα της κατασκευής. Η απλότητα κατασκευής του δρομέα Savonius φθάνει μέχρι το σημείο να μπορεί να κατασκευαστεί με ερασιτεχνικά μέσα, ακόμα και από βαρέλια πετρελαίου, έχει λοιπόν άμεσες δυνατότητες εφαρμογής για οικιακή χρήση ή για χρήση σε απομακρυσμένες περιοχές (π.χ. άντληση νερού από πηγάδια).

4.5.2. Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα τύπου Darrieus

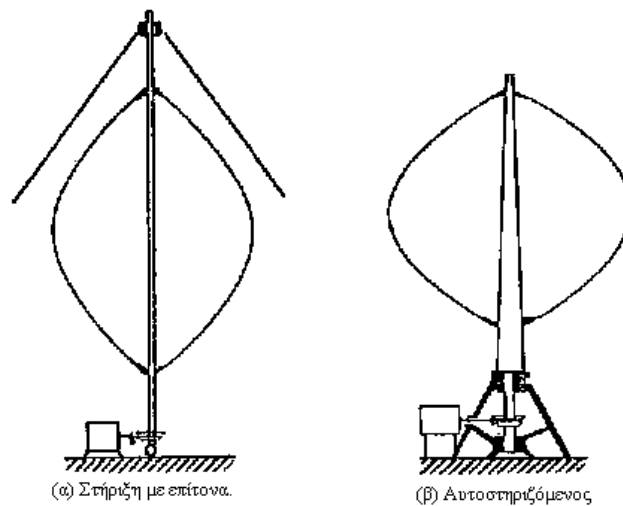
Η Α/Γ τύπου DARRIEUS (Σχήμα 4.13), επινοήθηκε από τον Γάλλο G.J.M. Darrieus γύρω στα 1920. Αποτελεί μια μηχανή που χαρακτηρίζεται από καμπυλωτά πτερύγια (Egg beater). Έχει σχετικά χαμηλή αρχική ροπή εκκίνησης γεγονός που συνεπάγεται ότι έχει το μειονέκτημα να μην ξεκινάει μόνη της όταν φυσάει ο άνεμος. Συνδυασμός όμως Α/Γ Darrieus και ενός μικρού Savonius επιλύει το τεχνολογικό αυτό πρόβλημα (Σχήμα 4.13γ.)



Σχήμα 4.13: Α/Γ τύπου Darrieus.

- Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μορφές Α/Γ Darrieus, όπως:
- Με δύο ή τρία πτερύγια, (Σχήματα 4.13α και 4.13β).
 - Με ευθύγραμμο πτερύγια.
 - Με σπαστά πτερύγια, για ρύθμιση ισχύος.

Ο άξονας περιστροφής του δρομέα αποτελεί συνήθως και τον πύργο στήριξης της αιολικής μηχανής. Συνηθέστερα ο πύργος αυτός προσδένεται και με συρματόσχοινα, ενώ τώρα τελευταία κατασκευάζονται πύργοι αυτοστηριζόμενοι (Σχήμα 4.14). τα υπόλοιπα υποσυστήματα της Α/Γ κατακόρυφου άξονα, δε διαφέρουν ως προς το σκεπτικό επιλογής τους από τα υποσυστήματα της Α/Γ οριζόντιου άξονα.



Σχήμα 4.14: Στήριξη Α/Γ κατακόρυφου άξονα Darrieus.

Οι προηγούμενοι τρεις τύποι Α/Γ είναι αυτοί που ουσιαστικά έχουν επιβληθεί για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Πρωταρχικός παράγοντας για τη βελτιστοποίηση της αιολικής διάταξης είναι το ποσό της ενέργειας ανά μονάδα κόστους του συστήματος, το οποίο παράγεται σε μια δεδομένη ταχύτητα του ανέμου και αυτό είναι ίσως το μοναδικό κριτήριο επιλογής του βέλτιστου τύπου Α/Γ.

4.6. Άλλοι τύποι ανεμογεννητριών

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός αεροδυναμικών διατάξεων που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανικό έργο. Η εφαρμογή των διατάξεων αυτών δεν είναι μεγάλη, είτε γιατί είναι πρόσφατες επινοήσεις, είτε γιατί παρουσιάστηκαν μειονεκτήματα ή δυσκολίες κατά την υλοποίηση των σχεδίων στην πράξη. Για το λόγο αυτό δεν γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στις διατάξεις αυτές.

4.7. Στάδια μελέτης σχεδίασης ανεμογεννητριών

Τα στάδια μελέτης που ακολουθούνται στη σχεδίαση των Α/Γ είναι τα εξής:

1. Βελτιστοποίηση αεροδυναμικής σχεδίασης του δρομέα.
2. Συμπεριφορά του δρομέα σε ειδικές καταστάσεις όπως εκκίνηση, επιτάχυνση, επιβράδυνση, απότομο φρενάρισμα και άλλα δυναμικά φαινόμενα. Σχεδίαση για αποφυγή φαινομένων συντονισμού.
3. Επιλογή είδους ρύθμισης βήματος πτερυγίων και επιλογή αυτοματισμών που αφορούν τη ρύθμιση ισχύος, την έναρξη και παύση λειτουργίας της Α/Γ.
4. Σύστημα προσανατολισμού του άξονα του δρομέα προς την κατεύθυνση του ανέμου.
5. Επιλογή υποσυστημάτων της ανεμογεννήτριας.
6. Μελέτη αντοχής υλικών που αφορούν την κατασκευή και την τοποθέτηση των πτερυγίων, των αξόνων, του κουβουκλίου κ.λ.π.
7. Επιλογή ύψους δρομέα πάνω από το έδαφος.
8. Σχεδίαση και θεμελίωση πύργου στήριξης. Έλεγχος αντοχής της κατασκευής σε σεισμό. Μελέτη ταλαντώσεων πύργου.
9. Αντιδιαβρωτική προστασία.
10. Αντικεραυνική προστασία.
11. Επίδραση της Α/Γ στο περιβάλλον.
12. Τοποθέτηση Α/Γ σε αιολικό πάρκο, αλληλεπίδραση.
13. Επιλογή τελικής θέσης εγκατάστασης Α/Γ.

Για τη μηχανολογική σχεδίαση της Α/Γ απαιτείται η γνώση των δυνάμεων και των ροπών που εφαρμόζονται στα πτερύγια, στην κορυφή του πύργου (κουβούκλιο), στον πύργο και στη θεμελίωσή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ Α/Γ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

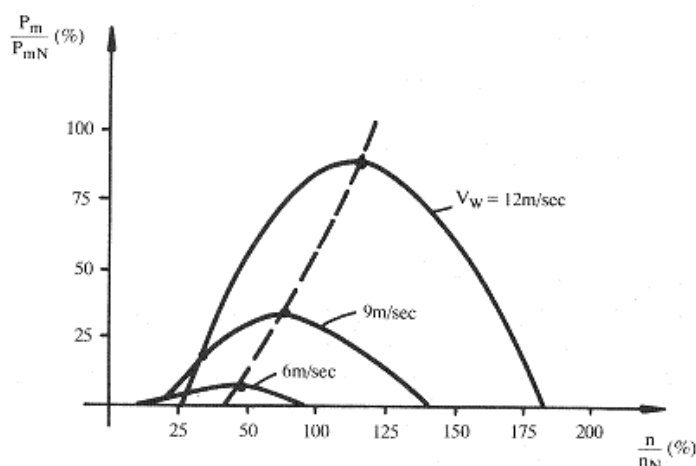
5.1. Γενικά

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι γνωστό ότι αποτελεί την προσφορότερη για χρήση μορφή ενέργειας. Για το λόγο αυτό πρωταρχική επιδίωξη για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας ήταν απ' την αρχή η μετατροπή της σε ηλεκτρική. Η παραγόμενη απ' τον άνεμο ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιείται σε «Αυτόνομα Συστήματα», όπως για την ηλεκτροδότηση ενός αγροκτήματος. Τότε όμως προκύπτει θέμα είτε αποθήκευσης, που δεν ενδείκνυται οικονομικά για μεγάλες ισχύς, είτε συνεργασίας με άλλες συμβατικές πηγές (π.χ. ντιζελογεννήτριες) ώστε να υπάρχει η δυνατότητα συνεχούς κάλυψης των αναγκών. Συνήθως όμως η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο «Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας» (ΣΗΕ), δεδομένου ότι στις ανεπτυγμένες τουλάχιστον χώρες, τα ΣΗΕ καλύπτουν με τα δίκτυά τους το σύνολο σχεδόν της επιφάνειάς τους.

Η χρήση όμως της ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί την παραγωγή της, υπό σταθερή (εντός ορίων) τάση και συχνότητα, ενώ ο άνεμος παρουσιάζει συνεχή αστάθεια. Επίσης, όταν οι μετατροπείς αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική (Α/Γ) λειτουργούν παράλληλα με τα ΣΗΕ συνδεδεμένες συνήθως στο Δίκτυο Διανομής αυτών, δεν πρέπει να δημιουργούν ανεπιτρεπτες διαταραχές στην τάση (ή και την συχνότητά τους). Επομένως, είναι γενικά αναγκαίο, οι Α/Γ να επιτυγχάνουν την παραγωγή σταθερής (εντός ορίων) τάσης και συχνότητας, παρά τη μεταβλητότητα της ταχύτητας του ανέμου, δηλαδή της διατιθέμενης προς μετατροπή ισχύος.

Η σταθερότητα της συχνότητας στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές πηγές, επιτυγχάνεται με τον έλεγχο των στροφών της κινητήριας μηχανής, μέσω του ελέγχου της παροχής καυσίμου, με κατάλληλους «ρυθμιστές στροφών». Στις Α/Γ αντίθετα, είναι επιθυμητό να προσαρμόζονται οι στροφές έτσι ώστε να είναι δυνατή η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη μετατροπή απ' τη διατιθέμενη ενέργεια του ανέμου και ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπό σχετικά σταθερή συχνότητα και τάση.

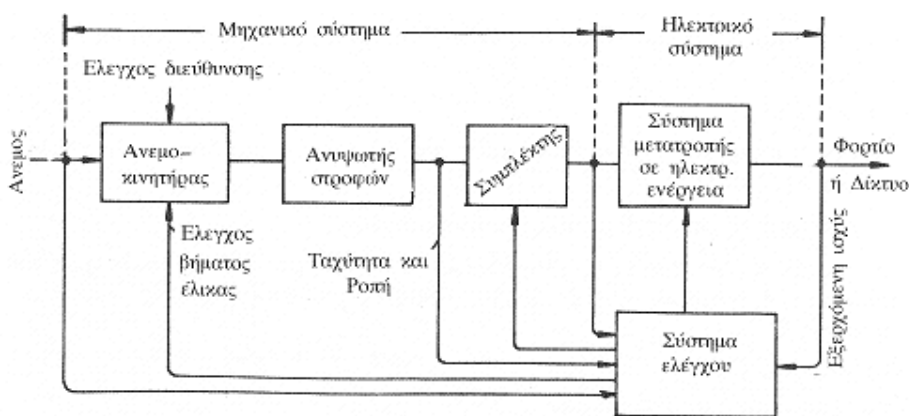
Στο Σχήμα 5.1 φαίνεται μια τυπική ομάδα καμπυλών μεταβολής της παραγόμενης μηχανικής ισχύος μιας Α/Γ, με P_m , με τις στροφές της n , για τρεις ταχύτητες ανέμου 6m/sec, 9m/sec και 12m/sec. Αυτές οι καμπύλες προκύπτουν απ' τις αντίστοιχες καμπύλες μεταβολής του συντελεστή ισχύος C_p , ο οποίος δίδεται απ' τους κατασκευαστές των Α/Γ, συνήθως ως συνάρτηση της ταχύτητας του άκρου του πτερυγίου της έλικας με παράμετρο το βήμα της έλικας.



Σχήμα 5.1: Μεταβολή της μηχανικής ισχύος της Α/Γ με τις στροφές για διάφορες ταχύτητες ανέμου.

Απ' το πιο πάνω σχήμα προκύπτει ότι για να επιτυγχάνεται η μέγιστη εκμετάλλευση του ανέμου, η Α/Γ θα πρέπει να ακολουθεί την καμπύλη που φαίνεται με διακεκομμένη γραμμή, δηλαδή οι στροφές n της Α/Γ να προσαρμόζονται στην αντίστοιχη ταχύτητα ανέμου v_w . Άρα, η προσαρμογή της ταχύτητας περιστροφής οδηγεί σε καλύτερη εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού. Ταυτόχρονα όμως πρέπει να επιτυγχάνεται και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (εντός ορίων) υπό σταθερή τάση και συχνότητα. Ειδικότερα στην περίπτωση που οι Α/Γ συνδέονται στο ΣΗΕ η σταθερή συχνότητα, και μερικώς η τάση, επιβάλλονται απ' αυτό.

Στο Σχήμα 5.2 φαίνονται τα βασικά στοιχεία μιας Α/Γ και οι δυνατοί τρόποι ελέγχου. Απ' τους ελέγχους του μηχανικού συστήματος, ο σημαντικότερος και ευρύτερα χρησιμοποιούμενος είναι ο έλεγχος του βήματος της έλικας. .



Σχήμα 5.2: Διάγραμμα στοιχείων και ροή σημάτων ελέγχου μιας Α/Γ.

5.2. Συστήματα μετατροπής σε ηλεκτρική ενέργεια

Με τον όρο αυτό εννοούμε το σύνολο των μηχανών (συνήθων γεννητριών) και λοιπών διατάξεων μετατροπής και ελέγχου (π.χ. μετατροπείς AC-AC) με τα οποία επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής ροής που λαμβάνεται απ' το Μηχανικό Σύστημα, (Σχήμα 5.2) σε ηλεκτρική. Τα συστήματα αυτά ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας και ελέγχου, καθώς και τα χαρακτηριστικά της εξόδου τους, μπορούν να καταταγούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- α) Συστήματα Σταθερής Ταχύτητας – Σταθερής Συχνότητας.
- β) Συστήματα Μεταβλητής Ταχύτητας – Σταθερής Συχνότητας.

5.2.1. Ασύγχρονες Γεννήτριες

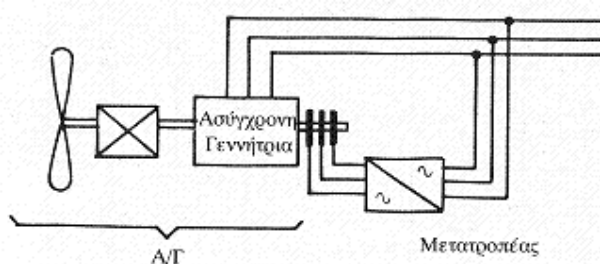
Οι ασύγχρονες γεννήτριες είναι πιο οικονομικές και πιο απλές στην κατασκευή. Συνδέονται χωρίς προβλήματα με το ηλεκτρικό δίκτυο (δεν υπάρχει κίνδυνος ταλαντώσεων συχνότητας). Οι ασύγχρονοι ηλεκτροκινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα είναι οι πλέον διαδεδομένοι και απλούστεροι ηλεκτροκινητήρες. Συγκριτικά έχουν χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης. Με την χρήση των αντιστροφέων (inverters) επιτυγχάνεται πλήρως η ρύθμιση των στροφών και επιπλέον επιτυγχάνεται [Τζεβελέκας 1999]:

- ομαλή και ρυθμιζόμενη εκκίνηση με μικρή κατανάλωση
- ομαλή πέδηση
- αύξηση της ροπής εκκίνησης
- δυνατότητα αυτόματης ή προγραμματιζόμενης ρύθμισης
- εξοικονόμηση ενέργειας
- αυξημένη προστασία του κινητήρα
- δυνατότητα χρησιμοποίησης ως πηγή τροφοδοσίας το δίκτυο των 50 Hz για κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα με ταχύτητα περιστροφής πάνω από 3000 στρ/λεπτό.

Οι ασύγχρονες μηχανές δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτόνομη λειτουργία (δηλαδή χωρίς να είναι συνδεδεμένες με το ηλεκτρικό δίκτυο) αλλά μόνο για λειτουργία παράλληλα με το δίκτυο και με την προϋπόθεση ότι η ισχύς τους είναι μικρή σε σχέση με την ισχύ του δικτύου.

Οι Α/Γ (με ασύγχρονες γεννήτριες) που χρησιμοποιούνται στα αιολικά πάρκα δεν μπορούν να τεθούν σε λειτουργία από μόνες τους. Αρχικά το ηλεκτρικό δίκτυο παρέχει την απαιτούμενη ισχύ έτσι ώστε οι Α/Γ να φτάσουν την ταχύτητα λειτουργίας τους. Μετά το σύστημα μπορεί να αρχίσει να παράγει ηλεκτρική ενέργεια που διοχετεύεται στο δίκτυο.

Οι ασύγχρονες γεννήτριες, χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις μικρού ή μέσου μεγέθους Α/Γ (π.χ. μέχρι 300 KW), λόγω κυρίως της στιβαρότητας και του μικρού τους κόστους. Συχνά μάλιστα έχουν χρησιμοποιηθεί συνήθως ασύγχρονοι κινητήρες του εμπορίου. Για Α/Γ μεγάλης ισχύος (1MW και άνω) χρησιμοποιούνται συχνά ασύγχρονες γεννήτριες με δακτυλίους, μέσω των οποίων γίνεται και ο έλεγχος των στροφών.



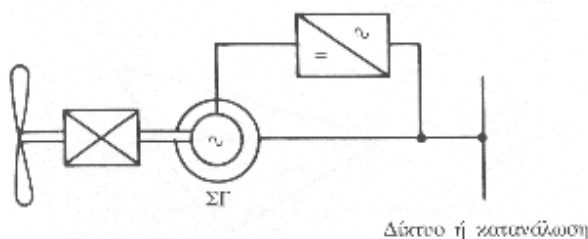
Σχήμα 5.3: Σχηματική παράσταση Α/Γ με ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης.

5.2.2. Σύγχρονες Γεννήτριες (ΣΓ)

Οι σύγχρονες γεννήτριες είναι κατά κανόνα λιγότερο οικονομικές και λιγότερο απλές στην κατασκευή τους απ' ό,τι οι ασύγχρονες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για αυτόνομη λειτουργία, είτε παράλληλα με ηλεκτρικό δίκτυο ακόμα και στην περίπτωση που η ισχύς τους είναι συγκρίσιμη με αυτή του δικτύου, αφού οι μηχανές αυτές αυτοδιεγείρονται. Για τη σύνδεσή τους όμως με το ηλεκτρικό δίκτυο απαιτείται ρυθμιστής ισχύος.

Η χρησιμοποίηση σύγχρονων γεννητριών παρουσιάζει μεν το πλεονέκτημα ότι παράγει την άεργο ισχύ που απαιτείται για τη διέγερσή της και για τις καταναλώσεις που τροφοδοτεί, αλλά έχει το σοβαρό - για τη συγκεκριμένη χρήση - μειονέκτημα ότι οι διακυμάνσεις των στροφών που προκαλούνται κατά τις απότομες μεταβολές του ανέμου μεταφέρονται απ' ευθείας στο δίκτυο, εκτός αν συνδέονται μέσω μετατροπέα AC-AC.

Στο Σχήμα 5.4 δείχνεται η σχηματική διάταξη ΣΓ της οποίας η διέγερση, όπως συνήθως συμβαίνει για σχετικά μικρά μεγέθη, τροφοδοτείται μέσω ανορθωτή.



Σχήμα 5.4: Σχηματική διάταξη Α/Γ με ΣΓ.

5.3. Μηχανές Σ.Ρ.

Οι μηχανές Σ.Ρ. είναι πολύ περισσότερο εύκολο να ελεγχθούν απ' ό,τι οι μηχανές ΕΡ και συνεπώς από την πλευρά αυτή προσφέρεται να χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο. Όμως παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα όπως είναι η ευπάθεια (ιδίως του συστήματος ψηκτρών-συλλέκτη), το μεγάλο σχετικά κόστος, κ.α. Επιπλέον δεν υπάρχει η δυνατότητα παράλληλης λειτουργίας με τα δίκτυα αλλά και αδυναμία τροφοδότησεως συσκευών που είναι κατάλληλες μόνο για ΕΡ, και οι οποίες κυρίως σήμερα παράγονται. Για τους παραπάνω λόγους χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη έκταση, σε μικρές κυρίως μονάδες και ιδίως όταν πρόκειται να φορτίζουν συσσωρευτές.

5.4. Παράλληλη λειτουργία των Α/Γ με το ΣΗΕ.

Η σύνδεση και παράλληλη λειτουργία των Α/Γ στα δίκτυα των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ), μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στους καταναλωτές τους, δηλαδή στην σταθερότητα και συνέχεια της τάσεως τροφοδοτήσεως. Επίσης μπορεί να έχει επιπτώσεις στην ασφάλεια των καταναλωτών και του προσωπικού εκμεταλλεύσεως που εργάζεται στα δίκτυα.

Για το λόγο αυτό διεθνώς το θέμα αποτελεί αντικείμενο μελέτης με στόχο την έκδοση κανονισμών που θα καθορίζουν τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες είναι επιτρεπτή η σύνδεση των μονάδων αυτών. Παράλληλα επιδιώκεται να καθοριστούν και τα στοιχεία εκείνα που πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους οι κατασκευαστές των Α/Γ ώστε να επιτυγχάνεται η ομαλή λειτουργία τους σε παράλληλη σύνδεση με το δίκτυο. Η ανάλυση των προβλημάτων αυτών αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για τη διάδοση των Α/Γ.

5.5. Παράλληλη λειτουργία Α/Γ με ντιζελογεννήτριες.

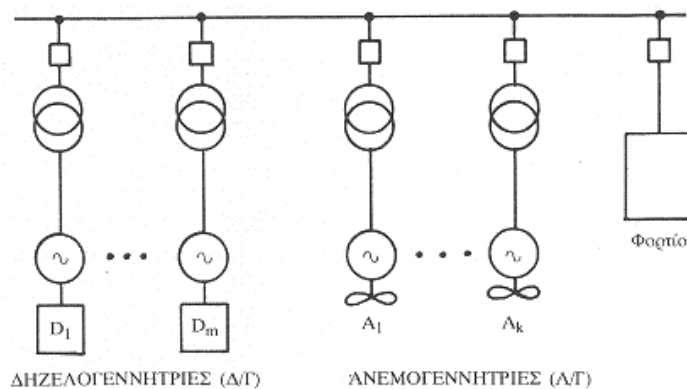
Η παράλληλη λειτουργία Α/Γ με Ντιζελογεννήτριες (ή Διζελογεννήτριες-ΔΓ) παρουσιάζεται στην πράξη σε δύο περιπτώσεις:

α) Όταν μια ή περισσότερες Α/Γ εγκαθίστανται σε νησιά (ή σε άλλες απομονωμένες περιοχές) που κανονικά ηλεκτροδοτούνται από μικρούς Διζελοηλεκτρικούς Σταθμούς (ΔΗΣ), μέσω δικτύου Διανομής περιορισμένης συνήθως έκτασης.

β) Όταν πρόκειται για αυτόνομες εγκαταστάσεις, στις οποίες υπάρχει πάντα εκτός των Α/Γ και μια ΔΓ ή άλλες μονάδες (βραχυχρόνιας ή μακροχρόνιας) αποθήκευσης ενέργειας.

Και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η τάση στο δίκτυο και η συχνότητα του ΔΓ-Α/Γ θα παραμένει εντός των επιτρεπόμενων ορίων κατά τη διάρκεια των διάφορων διαταραχών, όπως π.χ. κατά τη μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου, τη διακύμανση του τροφοδοτούμενου φορτίου κ.λπ.

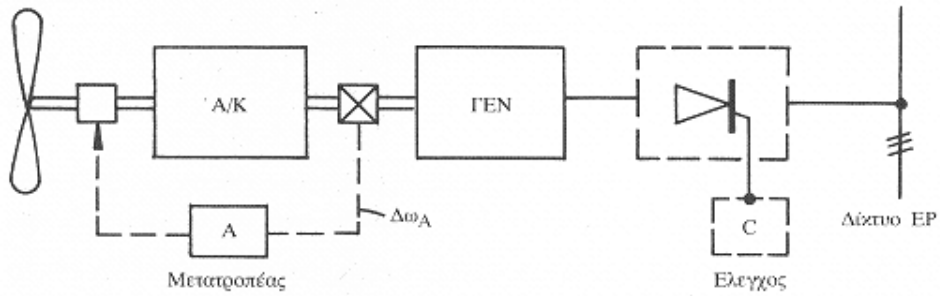
Στα αυτόνομα συστήματα αλλά και στα μικρά ηλεκτρονικά συστήματα, όπως είναι αυτά των μικρών νησιών, το δίκτυο διανομής που ενδεχομένως μεσολαβεί μεταξύ ΔΗΣ και Α/Γ, μπορεί να παραλείπεται χωρίς ουσιαστικό σφάλμα. Επομένως, η γενική μορφή του συστήματος αυτού θα είναι αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 5.5. Επιπλέον στα αυτόνομα συστήματα περιλαμβάνονται συχνά και στοιχεία αποθήκευσης της ενέργειας (μηχανικής ή ηλεκτρικής), τα οποία δεν φαίνονται στο Σχήμα 5.5.



Σχήμα 5.5: Παρουσίαση του συστήματος.

5.6. Μοντέλο της Α/Γ

Στο Σχήμα 5.6 παρουσιάζεται σχηματικά μια Α/Γ, η οποία, όπως συμβαίνει συνήθως για τις μέσου μεγέθους Α/Γ, αποτελείται από τον ανεμοκινητήρα (Α/Κ) και τη Γεννήτρια (ΓΕΝ). Με διακοπτόμενη γραμμή δείχνεται ο μηχανικός έλεγχος στροφών που τυχόν υπάρχει στον Α/Κ (π.χ. έλεγχος βήματος της έλικας) καθώς και η τυχόν υπάρχουσα ενδιάμεση διάταξη σύνδεσης της ΓΕΝ με το δίκτυο (π.χ. μετατροπέα AC-DC-AC).



Σχήμα 5.6: Σχηματική διάταξη Α/Γ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

6.1. Γενικά

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα τελευταία χρόνια οι ανάγκες για εξοικονόμηση ενέργειας και πρώτης ύλης, καθώς και το ενδιαφέρον για την προστασία του περιβάλλοντος έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη και στην προσπάθεια για εκτεταμένη εφαρμογή των συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), με διαρκώς ελαττούμενο κόστος και σε ολοένα υψηλότερα επίπεδα διείσδυσης εγκατεστημένης ισχύος.

Σε πολλές από τις εφαρμογές αυτές είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός συστήματος αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας και που για κάποιο χρονικό διάστημα δεν μπορεί ή δεν πρέπει να διατεθεί στην κατανάλωση. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι αποθήκευσης της ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται μπορεί με νέα μετατροπή να αποθηκευτεί σε ηλεκτρική ή μη μορφή, όπως για παράδειγμα η αποθήκευση υπό μορφή θερμικής ενέργειας (π.χ. θέρμανση νερού), δυναμικής ή κινητικής ενέργειας (π.χ. δεξαμενές, σφόνδυλοι), ηλεκτροχημικής ενέργειας (π.χ. ηλεκτρόλυση, συσσωρευτές) καθώς και παραγωγή Υδρογόνου. Οι περισσότερες όμως απ' αυτές τις μεθόδους παρουσιάζουν πολυπλοκότητα ως προς τη σύνθεση των συστημάτων με τα οποία υλοποιούνται και είναι δαπανηρές. Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας από μικρές Α/Γ επιτεύχθηκε από το 1940. Όμως, η πιο αντιπροσωπευτική εφαρμογή των συσσωρευτών είναι η χρήση τους σε Φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα, όπου αρχικά μετατρέπεται η ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική μέσω Φ/Β γεννητριών και κατόπιν αποθηκεύεται μέσω κατάλληλων διατάξεων σε συσσωρευτές.

6.2. Συσσωρευτές ως συστήματα αποθήκευσης ενέργειας Α/Γ

Οι ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές αποτελούν την επικρατέστερη λύση και στο πρόβλημα της αποθήκευσης ενέργειας από αιολικά συστήματα. Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου αποθήκευσης έγκειται στο ότι δεν χρησιμοποιείται μηχανολογική υποδομή (όπως για τα συστήματα άντλησης, νερού, παραγωγής υδρογόνου ή συμπίεσης αέρος) για τη μετατροπή της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε κάποια άλλη μορφή. Αυτό έχει ως άμεσο αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του κόστους εγκατάστασης και συντήρησης του συστήματος. Εξάλλου, με τη μέθοδο της ηλεκτροχημικής συσώρευσης εξασφαλίζεται η παροχή σχεδόν σταθερής τάσης στο φορτίο, παρά τις μεταβολές της τάσης και του ρεύματος της Α/Γ.



Η αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται από ένα αιολικό σύστημα σε ηλεκτροχημική μορφή, προσφέρει ακόμη πολλά πλεονεκτήματα, όπως:

1. Δυνατότητα ισοστάθμισης του φορτίου (load leveling).
2. Δυνατότητα άμεσης παροχής της απαιτούμενης ενέργειας σε περίπτωση αυξημένης στιγμιαίας ζήτησης, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της δυναμικής συμπεριφοράς του συστήματος και προφανώς και της αξιοπιστίας του.
3. Έλεγχο της εναλλασσόμενης τάσης και συχνότητας, που παράγεται με τη βοήθεια ενός αντιστροφέα.

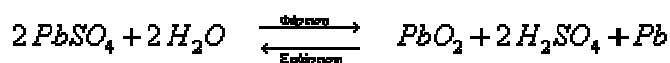
Ωστόσο, το αρχικό κόστος και τα λειτουργικά έξοδα των ηλεκτροχημικών συσσωρευτών πολλές φορές ξεπερνούν κατά πολύ το κόστος του ίδιου του αιολικού συστήματος, πράγμα που οφείλεται στον συντομότερο, σε σύγκριση με την Α/Γ, χρόνο ζωής τους. Η εμπειρία ως τώρα έχει δείξει ότι η διάρκεια ζωής μιας μπαταρίας (για τις επικρατέστερες μπαταρίες οξέως-μολύβδου) κυμαίνεται από τρία ως δέκα χρόνια, επηρεάζεται όμως σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες κάτω από τις οποίες λειτουργεί.

6.3. Επαναφορτιζόμενη μπαταρία

Το είδος της μπαταρίας που θα μας απασχολήσει εδώ είναι η επαναφορτιζόμενη μπαταρία, που είναι σχεδιασμένη έτσι, ώστε να φορτίζεται ξανά μετά από κάθε εκφόρτιση, να μπορεί, δηλαδή, να λειτουργεί ως δεξαμενή που λαμβάνει ηλεκτρική ενέργεια από μια εξωτερική πηγή και την αποθηκεύει για μελλοντική χρήση.

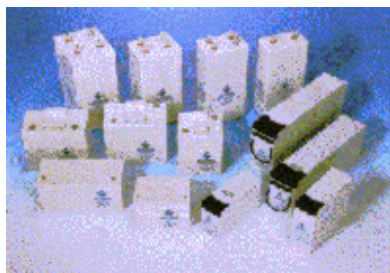
Η εκφόρτιση δηλαδή είναι η μετατροπή της χημικής ενέργειας της μπαταρίας σε ηλεκτρική. Η επαναφόρτιση είναι η αντίστροφη διαδικασία, η μετατροπή δηλαδή της ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική ενέργεια στα κύτταρα της μπαταρίας και πραγματοποιείται με την εφαρμογή στα άκρα της μπαταρίας ρεύματος με αντίθετη φορά απ' αυτή της φόρτισης. Το ρεύμα της φόρτισης παρέχεται από πηγή με τάση ελαφρώς υψηλότερη από την τάση της μπαταρίας. Η πολικότητα της τάσης στους ακροδέκτες της μπαταρίας είναι πάντοτε η ίδια κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας.

Η λειτουργία ενός συσσωρευτή μολύβδου, για παράδειγμα, στηρίζεται στην αντιστρεπτή ηλεκτροχημική διαδικασία που περιγράφεται από την παρακάτω χημική αντίδραση:



6.4. Είδη Συσσωρευτών

Διάφορα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ηλεκτροχημικών ζευγών και συνεπώς συσσωρευτών ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, λίγοι τέτοιοι συνδυασμοί έχουν βρει πρακτική εφαρμογή σε αποτελεσματικές και εμπορικά διαθέσιμες μπαταρίες, όπως υπαγορεύουν διάφοροι οικονομικοί και τεχνικοί παράγοντες.



Το πιο γνωστό και ευρέως διαδεδομένο ηλεκτροχημικό ζεύγος από πλευράς χωρητικότητας) είναι η μπαταρία οξέως-μολύβδου. Τα ενεργά στοιχεία μιας πλήρως φορτισμένης μπαταρίας οξέως-μολύβδου αποτελούνται από μόλυβδο (Pb) και οξείδιο του μολύβδου (PbO_2) για το αρνητικό και θετικό ηλεκτρόδιο αντίστοιχα. Τα δύο ηλεκτρόδια είναι τοποθετημένα μέσα σε ηλεκτρολυτικό διάλυμα που αποτελείται από θεικό οξύ (H_2SO_4) και νερό. Ένας άλλος, αρκετά διαδεδομένος επίσης τύπος συσσωρευτή είναι η μπαταρία νικελίου-καδμίου με ηλεκτρόδια από νικέλιο και κάδμιο. Άλλα είδη συσσωρευτών είναι οι μπαταρίες ρέοντος ηλεκτρολύτη (π.χ. ψευδαργύρου-χλωρίου), οι μπαταρίες νικελίου-ψευδαργύρου, αργύρου-ψευδαργύρου, νικελίου-σιδήρου, ψευδαργύρου-χλωρίου, κ.λπ.

Το ενδιαφέρον που υπάρχει τα τελευταία χρόνια για την επιλογή του καταλληλότερου τύπου συσσωρευτή και κατά συνέπεια για τη βέλτιστη λειτουργία μιας αιολικής εγκατάστασης έχει οδηγήσει σε εκτεταμένες μελέτες των χαρακτηριστικών λειτουργίας διαφόρων συσσωρευτών. Έτσι, διάφοροι τύποι συσσωρευτών τέθηκαν σε λειτουργία για μεγάλο χρονικό διάστημα σε τυπικές αιολικές εφαρμογές και κυρίως υπό τις ίδιες συνθήκες λειτουργίας, ώστε να είναι δυνατή η σύγκρισή τους.

Στον Πίνακα 6.1 δίνεται μια σύγκριση των σπουδαιότερων χαρακτηριστικών δύο τύπων συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον στις διάφορες πρακτικές εφαρμογές, των συσσωρευτών οξέως-μολύβδου και νικελίου-καδμίου. Κάθε ένας απ' αυτούς τους τύπους έχει τα δικά του πλεονεκτήματα, η δε τελική επιλογή εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης αιολικής εφαρμογής.

Πίνακας 6.1: Σύγκριση συσσωρευτών οξέως-μολύβδου και νικελίου-καδμίου

	ΟΞΕΩΣ-ΜΟΛΥΒΔΟΥ	ΝΙΚΕΛΙΟΥ ΚΑΔΜΙΟΥ
Δυναμικό κατάρτου	2.1 V	1.25 V
Αριθμός κατάρτων σε κάθε μπαταρία	6	10
Υλικό περιβλήματος	Πολυπροπυλένιο	Επινικελωμένο ατσάλι
Συμπεριφορά της χωρητικότητας όταν έχουμε συνεχή φόρτιση	Πολύ καλή	Καλή ως πολύ καλή για ηλεκτρόδια τηγμένου νικελίου. Κακή για ηλεκτρόδια συμπαγούς υλικού.
Σύνδεση σε σειρά	Επιτρέπεται	Δεν επιτρέπεται για μικρές χωρητικότητες. Δεν συνιστάται για μεγάλες χωρητικότητες.
Παράλληλη σύνδεση	Επιτρέπεται	Επιτρέπεται
Διάρκεια ζωής όταν έχουμε πλήρη φόρτιση	Από μερικές εβδομάδες ως ένα χρόνο ανάλογα με τη θερμοκρασία.	Από μερικές εβδομάδες ως ένα χρόνο ανάλογα με τη θερμοκρασία.
Περιοχή θερμοκρασιών κατά τη φόρτιση	-30 ως +50 °C	0 ως +45 °C για συμπαγή ηλεκτρόδια. -30 ως +50 °C για ηλεκτρόδια τηγμένου νικελίου.
Περιοχή θερμοκρασιών κατά την εκφόρτιση	-45 ως +50 °C	-20 ως +45 °C για συμπαγή ηλεκτρόδια. -40 ως +50 °C για ηλεκτρόδια τηγμένου νικελίου.
Μέθοδος φόρτισης	Με περιορισμό της τάσης	Με περιορισμό του ρεύματος
Ελάχιστος χρόνος φόρτισης	1 ώρα περίπου	Για συμπαγή ηλεκτρόδια 3 ώρες με ελεγχόμενη τάση Για πλακίδια τηγμένου νικελίου 1.5 λεπτά της ώρας για μερική φόρτιση με έλεγχο θερμοκρασίας και τάσης.
Φορτιστές	Απαιτούν έλεγχο τάσης.	Για κυκλική λειτουργία δεν απαιτείται έλεγχος.
Αριθμός κύκλων φόρτισης εκφόρτισης	Περισσότερες από 500 βαθιές εκφορτίσεις και 1000 ρηχές εκφορτίσεις.	Για συμπαγή ηλεκτρόδια 300 ρηχές εκφορτίσεις Για ηλεκτρόδια τηγμένου νικελίου 500-1000 βαθιές εκφορτίσεις και περισσότερες από 15000 ρηχές εκφορτίσεις.

Σε γενικές γραμμές οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου παρουσιάζουν μικρότερο βαθμό απόδοσης από τις μπαταρίες οξέως-μολύβδου. Παράλληλα, η χωρητικότητά τους υφίσταται γρήγορη μείωση από τους πρώτους κίολας μήνες λειτουργίας τους. Γι' αυτό η χρήση τους ενδείκνυται σε ορισμένες μόνο ειδικές εφαρμογές κατά τις οποίες, λόγω χάρη, εμφανίζονται χαμηλές θερμοκρασίες.

Η τελική απόφαση για την επιλογή του κατάλληλου συσσωρευτή πρέπει να λαμβάνει υπόψη ακόμη, ότι οι συσσωρευτές οξέως-μολύβδου είναι φθηνότεροι (σχέση κόστους 1 προς 3), αλλά οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου έχουν μεγαλύτερη αποθηκευμένη ενέργεια (σχέση ενέργειας 1 προς 2,3). Αν λοιπόν το κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο του χώρου εγκατάστασης είναι ιδιαίτερα υψηλό, τότε ενδείκνυται η χρησιμοποίηση συσσωρευτών νικελίου-καδμίου, που παρουσιάζουν μεγαλύτερο λόγο ενέργειας ανά βάρος και όγκο του συσσωρευτή.

Τέλος, τα τελευταία χρόνια η έρευνα στο χώρο των συσσωρευτών έχει αποφέρει πιο εξελιγμένους τύπους συσσωρευτών μολύβδου, όπως είναι οι συσσωρευτές στεγανού τύπου που δεν έχουν ανάγκη από συνεχή προσθήκη νερού στο ηλεκτρολυτικό τους διάλυμα, και οι οποίοι αποκλείουν τη διαρροή οξέων και άλλων ουσιών επικίνδυνων για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

6.5. Σύνδεση του Συσσωρευτή με το Αιολικό σύστημα

6.5.1. Εντελώς αυτοδύναμα συστήματα

Είναι τα συστήματα που λειτουργούν ανεξάρτητα από συμβατικές ενεργειακές εφεδρείες, και συνεπώς αποτελούν τη μοναδική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για το φορτίο. Σε εφαρμογές όπου η διακοπή της τροφοδοσίας με ηλεκτρική ενέργεια σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή είναι ανεπίτρεπτη, οι μπαταρίες αποσκοπούν στην εξασφάλιση της συνέχειας της τροφοδοσίας. Η χωρητικότητα σ' αυτή την περίπτωση μπορεί να κυμαίνεται από μία ή δύο μέρες έως και ένα μήνα ή περισσότερο.



Για τις μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε τέτοιου είδους συστήματα ο κύκλος φόρτισης-εκφόρτισης χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλούς μέγιστους βαθμούς φόρτισης και εκφόρτισης. Ταυτόχρονα, παρατηρούνται σχετικά μικρές μεταβολές στο επίπεδο φόρτισής τους σε καθημερινή βάση.

6.5.2. Υβριδικά αυτοδύναμα συστήματα

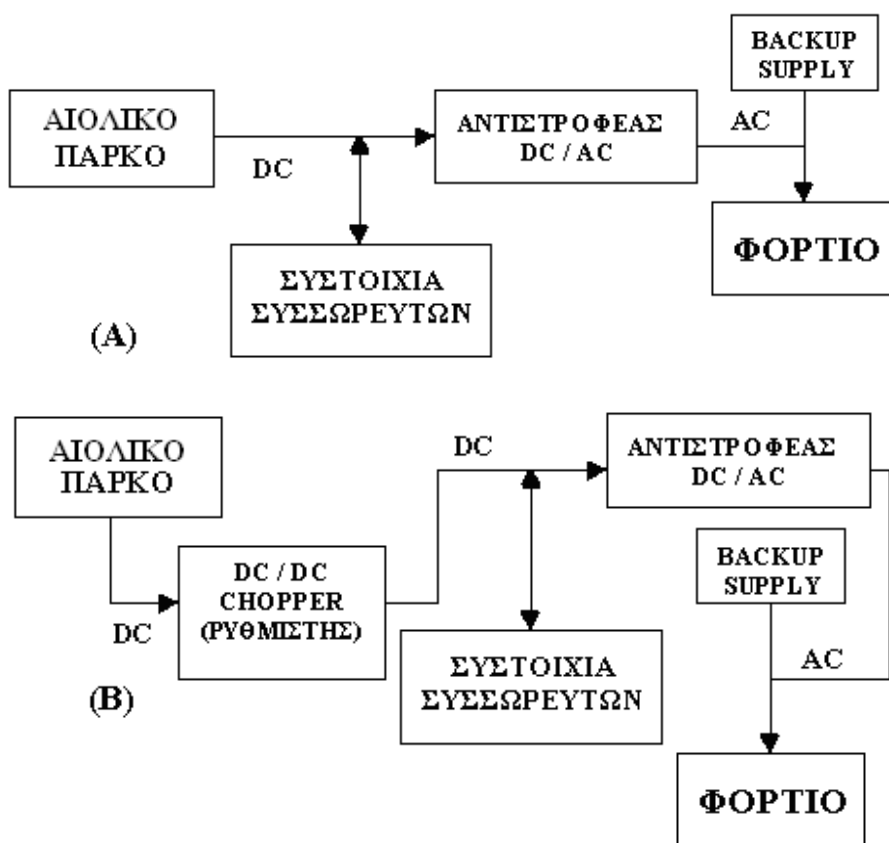
Σε αυτά τα συστήματα η έξοδος του αιολικού πάρκου συμπληρώνεται από μια εφεδρική μη αιολική πηγή ενέργειας, όπως μια νηξελογεννήτρια, χωρίς όμως να υπάρχει σύνδεση με το υπόλοιπο δίκτυο της περιοχής. Αν το μεγαλύτερο μέρος ενός τέτοιου συστήματος είναι αιολικό, είναι επιθυμητό να γίνεται αποθήκευση της αιολικής ενέργειας κυρίως για τις περιόδους που πνέουν χαμηλής εντάσεως άνεμοι ή όταν είναι

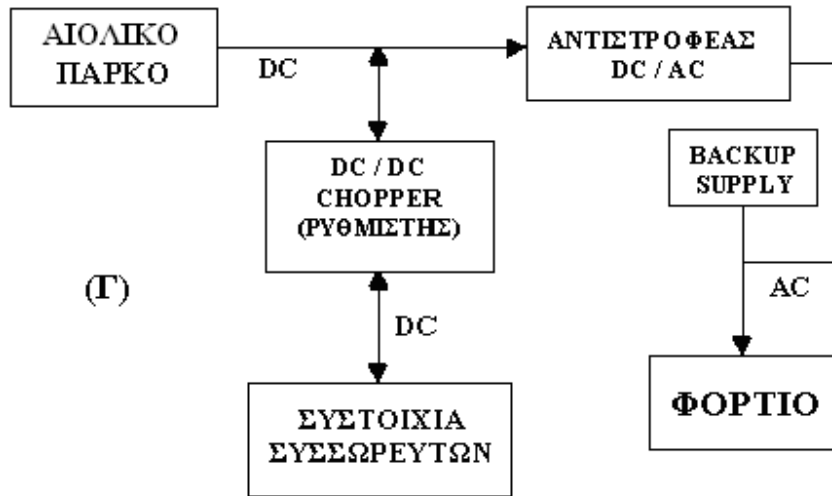
αυξημένη η ζήτηση φορτίου. Η χωρητικότητα του συσσωρευτή κυμαίνεται από μερικές ώρες έως μερικές μέρες, ανάλογα με το ποσοστό της ζήτησης φορτίου που εξυπηρετείται από την αιολική ενέργεια.

Για τις μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε αυτού του είδους τα συστήματα ο κύκλος φόρτισης-εκφόρτισης χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλότερους μέγιστους βαθμούς φόρτισης και εκφόρτισης. Επίσης, ο κύκλος φόρτισης-εκφόρτισης είναι συντομότερος, συγκριτικά με αυτόν της προηγούμενης περίπτωσης

6.6. Τρόπος σύνδεσης του συσσωρευτή με το σύστημα

Στο Σχήμα 6.1 παρουσιάζονται τρία γενικά μοντέλα υβριδικών αυτοδύναμων αιολικών συστημάτων, πρακτικά δηλαδή τρεις τρόποι σύνδεσης του συσσωρευτή στο σύστημα της αιολικής γεννήτριας. Η βασική διαφορά των τριών αυτών περιπτώσεων είναι ο βαθμός του ελέγχου της τάσης και του ρεύματος στους ακροδέκτες της μπαταρίας.





Σχήμα 6.1: Γενικευμένα μπλοκ διαγράμματα αιολικών συστημάτων.

Στο πρώτο μοντέλο (Α) η μπαταρία συνδέεται απ' ευθείας στον αγωγό συνεχούς ρεύματος που συνδέει το αιολικό πάρκο με τον αντιστροφέα. Σ' αυτό το μοντέλο έχουμε τον ελάχιστο δυνατό έλεγχο της τάσης και των βαθμών φόρτισης και εκφόρτισης της μπαταρίας.

Στο δεύτερο μοντέλο (Β), η τάση της μπαταρίας ελέγχεται από κάποιον ρυθμιστή σε συνδυασμό με τον αντιστροφέα.

Στο τρίτο μοντέλο (Γ), που μοιάζει αρκετά με το δεύτερο, ο ρυθμιστής συνδέεται ανάμεσα στη μπαταρία και τον αγωγό συνεχούς ρεύματος που παρέχει η Α/Γ. Το πλεονέκτημα αυτού του τρόπου σύνδεσης είναι ότι από το ρυθμιστή διέρχεται μόνο εκείνο το μέρος της τάσης που χρειάζεται για να φορτιστεί η μπαταρία.

Φυσικά είναι δυνατοί κι άλλοι τρόποι σύνδεσης της μπαταρίας στο σύστημα.

6.7. Η λειτουργία του συσσωρευτή στο σύστημα

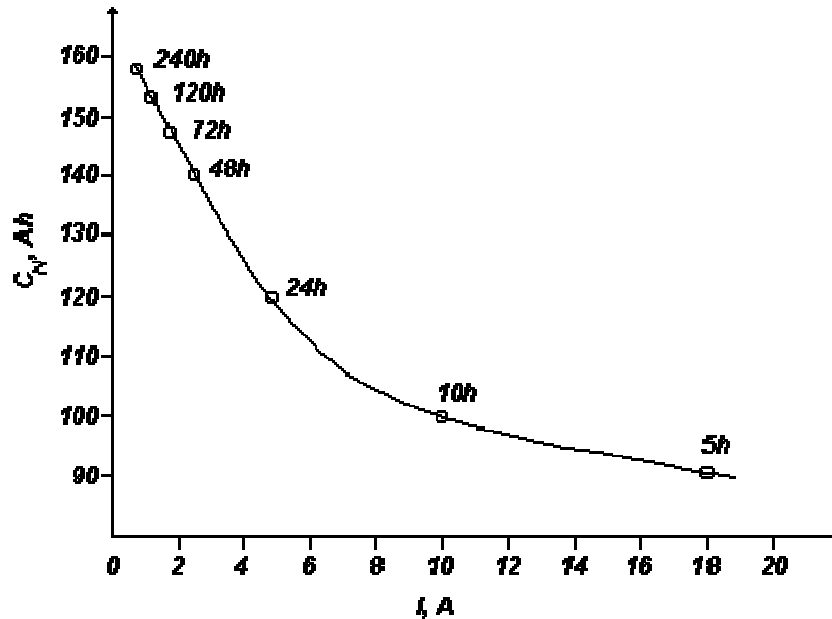
Σε αντίθεση με την κλασική χρήση των μπαταριών, κατά την εφαρμογή τους σε ένα αιολικό σύστημα προκύπτει μια σειρά από ειδικούς όρους λειτουργίας. Πρώτα απ' όλα, η ζήτηση φορτίου δεν συμπίπτει πάντα με την διαθεσιμότητα της αιολικής ενέργειας. Ανάλογα λοιπόν με τη σχέση ζήτησης και προφοράς μπορεί να προκύψουν μεγάλα χρονικά διαστήματα, κατά τα οποία η κατάσταση φόρτισης κυμαίνεται από την πλήρη φόρτιση ως την απόλυτη εκφόρτιση, πράγμα που καθιστά δύσκολη την εκτίμηση της πραγματικής κατάστασης φόρτισης της μπαταρίας.

6.7.1 Η χωρητικότητα των συσσωρευτών

Με τη χρήση, η χωρητικότητα των συσσωρευτών μειώνεται λόγω διάβρωσης των πλακών, σχηματισμού επικαθίσεων στα ηλεκτρόδια κτλ. Γενικά, η χωρητικότητα των συσσωρευτών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ισχύ ($P = V \cdot I$) με την οποία γίνεται η εκφόρτισή τους, δηλαδή από την ένταση του ρεύματος που δίνουν προς κατανάλωση.

Στο Σχήμα 6.2 φαίνεται η εξάρτηση της ονομαστικής χωρητικότητας ενός συσσωρευτή μολύβδου, από την ένταση του ρεύματος εκφόρτισης. Π.χ. ένας συσσωρευτής ονομαστικής χωρητικότητας 100Ah θα εξαντληθεί σε 10 ώρες, αν το

ρεύμα εκφόρτισης είναι 10Α, ενώ αν το ρεύμα εκφόρτισης είναι 18Α, ο ίδιος συσσωρευτής θα εξαντληθεί σε 5 ώρες και η χωρητικότητά του θα πέσει στα 90 Ah.



Σχήμα 6.2: Εξάρτηση της ονομαστικής χωρητικότητας από το ρεύμα εκφόρτισης. Ο συσσωρευτής του παραδείγματος έχει ονομαστική χωρητικότητα 100Ah για ένταση ρεύματος 10Α και εξάντληση σε 10 ώρες, που λαμβάνεται συνήθως ως συμβατικό χρονικό διάστημα εκφόρτισης των συσσωρευτών για τον χαρακτηρισμό της χωρητικότητάς τους.

Επίσης η χωρητικότητα των συσσωρευτών αυξάνει με τη θερμοκρασία. Συγχρόνως, όμως, επιταχύνονται οι μηχανισμοί διάβρωσης και μειώνεται η διάρκεια ζωής του.

6.7.2 Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των συσσωρευτών

Η επιτυχής και αποτελεσματική συνεργασία ενός συστήματος συσσωρευτών με μία εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η βέλτιστη απόδοση των συσσωρευτών και η μέγιστη δυνατή διάρκεια ζωής τους είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων. Πέρα από την επιλογή του καταλληλότερου για την εκάστοτε εφαρμογή τύπου συσσωρευτή, οι παράμετροι αυτές επιγραμματικά είναι:

- Οι συνθήκες φόρτισης των συσσωρευτών.
- Το ρεύμα αυτοεκφόρτισης του συσσωρευτή.
- Οι παρασιτικές απώλειες.
- Το κόστος συντήρησης του όλου συστήματος αποθήκευσης.
- Το προφίλ της ζήτησης φορτίου και το βάθος εκφόρτισης.
- Οι συνθήκες λειτουργίας – θερμοκρασία.

6.7.2.1 Συνθήκες φόρτισης των συσσωρευτών

Ο τρόπος φόρτισης των συσσωρευτών είναι καθοριστικός για την αποδοτική λειτουργία της μπαταρίας και για τον ωφέλιμο χρόνο ζωής της. Γενικά, για την φόρτιση κάθε κυττάρου ενός συσσωρευτή, απαιτείται τάση μεγαλύτερη από την τάση που αυτό

αποδίδει κατά την εκφόρτίσή του. Για τους συσσωρευτές μολύβδου η τάση αυτή είναι περίπου 2,4 V.

Όταν η φόρτιση ολοκληρωθεί, πρέπει να διακοπεί η τροφοδότηση του συσσωρευτή, διότι η υπερφόρτιση των κυττάρων προκαλεί τη θέρμανση του ηλεκτρολυτικού διαλύματος, την εξάτμιση του νερού του και τελικά την πρόωρη φθορά του συσσωρευτή. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να χρησιμοποιούνται ρυθμιστές, οι οποίοι, μετά την ολοκλήρωση της φόρτισης, διοχετεύουν την περίσσεια του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται από τη Α/Γ προς κατάλληλες αντιδράσεις ή προς τη γη, ώστε να προστατεύονται οι συσσωρευτές από τους κινδύνους της υπερφόρτισης.

Στις αιολικές διατάξεις, είναι επιθυμητό να ανεξαρτητοποιούμε εντελώς την τάση φόρτισης των συσσωρευτών από την τάση εξόδου της Α/Γ, με την παρεμβολή ενός μετατροπέα συνεχούς ρεύματος. Αυτός παραλαμβάνει τη τάση που δίνει η Α/Γ, που είναι αναγκαστικά ασταθής λόγω των διακυμάνσεων της έντασης του ανέμου, τη μετατρέπει στην ευνοϊκή τάση για τη φόρτιση των συσσωρευτών και τη σταθεροποιεί, ώστε να εξασφαλίζονται οι βέλτιστες συνθήκες φόρτισης.

6.7.2.2 Ρεύμα αυτοεκφόρτισης

Τα κύτταρα μιας μπαταρίας υφίστανται αναπόφευκτα μείωση της χωρητικότητάς τους λόγω του φαινομένου της αυτοεκφόρτισης. Το ρεύμα αυτοεκφόρτισης, που οφείλεται σε χημικές αντιδράσεις στο εσωτερικό των κυττάρων και δεν έχει καμιά χρησιμότητα, οδηγεί σε μια μηνιαία μείωση της ονομαστικής χωρητικότητας μιας ολοκαίνουριας μπαταρίας της τάξης του 2% έως 5%, που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και το 10%. Ο ρυθμός αυτοεκφόρτισης αυξάνει με την ηλικία του συσσωρευτή. Επομένως κατά το σχεδιασμό συστημάτων συσσωρευτών πρέπει να επιλέγονται μπαταρίες με όσο το δυνατό μικρότερες ή έστω αποδεκτές ενεργειακές απώλειες λόγω αυτοεκφόρτισης.

6.7.2.3 Συντήρηση

Γενικά μια διάταξη συσσωρευτών που εξυπηρετεί ένα αιολικό σύστημα έχει ανάγκη από περιοδική συντήρηση, προκειμένου να λειτουργεί με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα, καθώς και για να εξαντλήσει το χρόνο ζωής που δίνεται από τους κατασκευαστές.

Η συντήρηση περιλαμβάνει περιοδική οπτική επιθεώρηση, έλεγχο των ηλεκτρικών συνδέσεων, αντικατάσταση των φίλτρων αέρα, καθώς και άλλων τμημάτων των βοηθητικών συστημάτων που ενδεχομένως έχουν υποστεί βλάβες. Στα πλαίσια της συντήρησης πρέπει να γίνονται ακόμη τακτικές μετρήσεις του ειδικού βάρους του ηλεκτρολυτικού διαλύματος και προσθήκη νερού.

Η σωστή και τακτική συντήρηση των συσσωρευτών συνοδεύεται από, αρκετές φορές, υψηλό κόστος που αυξάνει και το συνολικό κόστος λειτουργίας της αιολικής εγκατάστασης. Αυτό συμβαίνει κυρίως στις περιπτώσεις απομακρυσμένων και μη εύκολα προσβάσιμων αυτοδύναμων συστημάτων ή σε περιπτώσεις που δεν είναι διαθέσιμο ειδικευμένο προσωπικό. Τα τελευταία χρόνια όμως εντείνονται οι έρευνες για την εξεύρεση μεθόδων μείωσης του κόστους συντήρησης, όπως η ανάπτυξη νέων τύπων συσσωρευτών που δεν έχουν ανάγκη από, λόγου χάρη, συχνή προσθήκη νερού.

6.7.2.4 Συνθήκες λειτουργίας

Οι συνθήκες κάτω από τις οποίες λειτουργεί μια μπαταρία επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση και τη ζωή της. Το βασικότερο ρόλο παίζει η θερμοκρασία. Χαμηλές θερμοκρασίες οδηγούν σε δραστική μείωση της χωρητικότητας και μόνιμες βλάβες, ενώ υψηλότερες από τις προβλεπόμενες θερμοκρασίες έχουν ως αποτέλεσμα περιορισμό του χρόνου ζωής. Επίσης, ο άνεμος, η βροχή, το χιόνι και οι τιμές της υγρασίας στο περιβάλλον επηρεάζουν την απόδοση της μπαταρίας και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό του συστήματος.

6.8. Δομή - Εγκατάσταση

Στις μικρές και μέσου μεγέθους παρεχόμενης ισχύος αυτοδύναμες διατάξεις, οι διατάξεις αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας χρειάζεται να έχουν αρκετά σημαντική χωρητικότητα και να σχηματίζονται από ομάδες μεγάλου πλήθους συσσωρευτών. Αυτή η δομή επιτρέπει την εύκολη προσαρμογή της συνολικής χωρητικότητας της διάταξης όταν οι μεταβαλλόμενες, με την πάροδο του χρόνου και την αύξηση της κατανάλωσης συνθήκες το επιβάλλουν.

Από την άλλη πλευρά, ορισμένα φυσικά ή λειτουργικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών εγείρουν συγκεκριμένες απαιτήσεις για την τοποθέτηση και τη διάταξη τους στο χώρο. Συνήθως οι μπαταρίες μολύβδου τοποθετούνται απ' ευθείας στο δάπεδο ή σε σκαλωτά ράφια.

Όταν το σύστημα των συσσωρευτών πρόκειται να εγκατασταθεί σε σεισμογενή περιοχή, πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την προστασία του υπόλοιπου εξοπλισμού και των ανθρώπων, σε περίπτωση ενδεχόμενου σεισμού. Τέλος, οι τοίχοι και το δάπεδο των χώρων, όπου εγκαθίστανται οι συσσωρευτές πρέπει να προστατεύονται από την ενδεχόμενη διαρροή υγρών της μπαταρίας με ειδικά προστατευτικά καλύμματα και οι ίδιοι οι χώροι πρέπει να αερίζονται καλά.

6.9. Κόστος Συσσωρευτών

Επιγραμματικά, οι παράγοντες που επηρεάζουν το συνολικό κόστος ενός συστήματος συσσωρευτών μίας μικρής ή μέσου μεγέθους παρεχόμενης ισχύος αυτοδύναμης διάταξης είναι οι εξής:

- Το αρχικό κόστος προμήθειας, που εξαρτάται από το είδος της μπαταρίας.
- Το κόστος εγκατάστασης και οι απαιτήσεις για επιπρόσθετο βοηθητικό εξοπλισμό.
- Τα έξοδα συντήρησης και αντικατάστασης, που εξαρτώνται από το είδος της μπαταρίας, τις συνθήκες λειτουργίας, την περιοχή που είναι εγκατεστημένο το σύστημα καθώς και οικονομικούς παράγοντες, όπως ο πληθωρισμός.
- Ο ωφέλιμος χρόνος ζωής της μπαταρίας.
- Ο βαθμός απόδοσης ενέργειας, επίσης συνάρτηση του είδους της μπαταρίας, του κύκλου φόρτισης-εκφόρτισης και των συνθηκών λειτουργίας.

Λόγω της κατασκευής τους οι συσσωρευτές χαρακτηρίζονται από σχετικά μεγάλο βάρος και κόστος. Ανάλογα με τον τύπο τους, η χωρητικότητα ενέργειας των συσσωρευτών μολύβδου είναι περίπου 20 Wh ανά kg, και το κόστος τους είναι περίπου 20.000 δρχ. ανά kWh χωρητικότητας, ενώ το κόστος των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου φτάνει τις 100.000/ kWh. Γι' αυτό, άλλωστε, συχνά είναι οικονομικότερο να

μην επιδιώκεται η πλήρης ικανοποίηση των αναγκών του συστήματος με αποθήκευση της αιολικής ενέργειας σε συσσωρευτές, αλλά να προτιμάται η τοποθέτηση μιας βοηθητικής ενεργειακής πηγής, συνήθως ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ντίζελ, για την αντιμετώπιση των αιχμών της ζήτησης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

7.1. Γενικά

Η επιλογή θέσης εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας παρουσιάζει τα ίδια προβλήματα με την επιλογή της θέσης εγκατάστασης οποιουδήποτε συστήματος παραγωγής ενέργειας. Διαφέρει όμως σε ένα βασικό σημείο: είναι αδύνατο να προσδιοριστεί η καθαρή παραγωγή ενέργειας ή το κατά προσέγγιση κόστος αυτής, αν δεν είναι γνωστή η ακριβής θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας. Η συμπεριφορά του ανέμου σε μια θέση, είναι αυτή που καθορίζει τη λειτουργική συμπεριφορά μιας ανεμογεννήτριας. Έτσι, η οικονομική βιωσιμότητα μιας συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας, σε ένα συγκεκριμένο τόπο δεν μπορεί να προβλεφθεί χωρίς την ακριβή γνώση της συμπεριφοράς του ανέμου στη θέση αυτή. Συνεπώς, η ένταση του ανέμου και οι διακυμάνσεις στο μέτρο και τη διεύθυνση είναι οι βασικές παράμετροι για την επιλογή της θέσης της ανεμογεννήτριας όχι όμως και οι μοναδικές. Ανεμογεννήτριες τοποθετημένες σε βιώσιμες θέσεις πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Η παραγωγή ενέργειας να είναι συμφέρουσα οικονομικά (το κόστος της παραγόμενης KWh να είναι μικρό).
- Η εγκατάσταση να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας να είναι συμβατή με τη λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου.
- Να έχουν ληφθεί υπόψη ότι κατά το σχεδιασμό της ανεμογεννήτριας οι πιθανές ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες της συγκεκριμένης θέσης (παγετοί, εξαιρετικά ισχυροί άνεμοι κλπ.).
- Η επιλεγμένη θέση να είναι αποδεκτή απ' το κοινό.

Η διαδικασία επιλογής θέσης εγκατάστασης ανεμογεννήτριας μπορεί να χαρακτηριστεί επιτυχής, όταν είναι δυνατός, μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, ο προσδιορισμός περιοχής με υψηλό αιολικό δυναμικό. Έπειτα, αφού γίνει προσεκτικός έλεγχος της περιοχής αυτής, επιλέγονται οι θέσεις που ικανοποιούν τις υπόλοιπες παραμέτρους που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Ένας πρωταρχικός παράγοντας που σχετίζεται με την οικονομική βιωσιμότητα της εγκατάστασης είναι το μέγεθος και οι περιοδικές διακυμάνσεις της έντασης του ανέμου. Η συμπεριφορά όμως του ανέμου κοντά στην επιφάνεια της γης είναι περίπλοκη και η ταχύτητά του μπορεί να μεταβληθεί απότομα, τόσο στο οριζόντιο όσο και στο κατακόρυφο επίπεδο. Οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για να ανάγουμε υπάρχοντα δεδομένα, σε θέσεις που μας ενδιαφέρουν δεν είναι ακριβείς. Έτσι, δεν μπορούμε να σχεδιάσουμε ένα δίκτυο μετρήσεων ταχυτήτων του ανέμου που να μπορεί να μας δώσει το αιολικό δυναμικό σε κάθε θέση μιας μεγάλης περιοχής. Επίσης οι μετρήσεις χρειάζονται χρόνο και χρήματα για να τακτοποιηθούν.

Η πιο πρακτική λύση στο πρόβλημα επιλογής θέσης ανεμογεννήτριας, είναι να χρησιμοποιήσουμε υπάρχουσες πληροφορίες για τον προσδιορισμό περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό, τέτοιο που να δικαιολογεί την οικονομική βιωσιμότητα της εγκατάστασης. Έπειτα, μέσα στις περιοχές αυτές, επιλέγονται τοποθεσίες στις οποίες η

εγκατάσταση ανεμογεννήτριας είναι πρακτικώς εφικτή. Τέλος εκτελούνται μετρήσεις των ανέμων στις συγκεκριμένες πλέον θέσεις.

7.2. Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή τοποθεσίας ανεμογεννήτριας

Προσδιορίζοντας μια τοποθεσία στην οποία πνέουν δυνατοί άνεμοι, δε συνεπάγεται ότι βρήκαμε και τη βέλτιστη θέση για την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας. Ο μηχανικός προκειμένου να καταλήξει στην οριστική θέση εγκατάστασης πρέπει να λάβει υπόψη του και να αξιολογήσει και κάποιες άλλες παραμέτρους, αρκετά σημαντικές. Αυτές είναι:

Οικονομική αξία

Ο σημαντικότερος στόχος μιας ανεμογεννήτριας είναι να μειώσει το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας γι' αυτό η οικονομική βιωσιμότητα είναι η πρωταρχική ιδιότητα για την αποδοχή ή όχι μίας θέσης. Επειδή η ανεμογεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια μόνο όταν φυσάει άνεμος, χρησιμοποιείται συνήθως σαν εξοικονομητής καυσίμου. Συνεπώς το κόστος της παραγόμενης ενέργειας ποικίλει ανάλογα με την ώρα της ημέρας και την εποχή του έτους. Για να κρίνουμε επομένως την οικονομική βιωσιμότητα μιας θέσης ανεμογεννήτριας, χρειαζόμαστε πληροφορίες για το μέγεθος και τις διακυμάνσεις του ανέμου μέσα σε ένα έτος.

Ένας άλλος οικονομικός παράγοντας πρωταρχικού ενδιαφέροντος είναι το κόστος εγκατάστασης. Αυτό είναι αισθητά μειωμένο αν η εγκατάσταση γίνει κοντά σε υπάρχοντες δρόμους και γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Επιδράσεις στο περιβάλλον

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

Οπτικοαισθητική επίδραση

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

Επιδράσεις στα πουλιά

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

Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση

Το πρόβλημα της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης δημιουργείται από την ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια της

πτερωτής. Στις Η.Π.Α. έχουν λάβει ευρεία δημοσιότητα τελευταία οι παρεμβολές στις τηλεοπτικές μεταδόσεις.

Γενικοί κανονισμοί και περιορισμοί στη χρησιμοποίηση της γης

Όταν προσπαθούμε να βρούμε κατάλληλες θέσεις για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών, πρέπει να έχουμε υπόψη μας κανονισμούς και νόμους που πιθανόν να εμποδίζουν τη χρησιμοποίηση γης για εγκατάσταση μεγάλων ανεμογεννητριών. Τέτοιοι νόμοι μπορεί να είναι σχετικοί με την προστασία του περιβάλλοντος, με την προστασία ιστορικών μνημείων, με γειτνίαση σε Αεροδρόμια ή Στρατιωτικές εγκαταστάσεις.

Μετεωρολογικά προβλήματα

Κατά την επιλογή θέσεων για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών πρέπει να ληφθούν υπόψη πιθανές ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες. Ορισμένες απ' αυτές μπορεί πράγματι να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στην κατασκευή. Άλλες πάλι απλώς επηρεάζουν, το κόστος συντήρησης και τη διάρκεια ζωής της μηχανής.

Παγετός

Η δημιουργία παγετού μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία ανεμογεννήτριας με διάφορους τρόπους. Πρώτα απ' όλα η επικάλυψη στις κατασκευές αυξάνει τα στατικά και δυναμικά τους φορτία. Για το λόγο αυτό, όλα τα συστήματα της ανεμογεννήτριας και οι γραμμές μεταφοράς πρέπει να έχουν υπολογιστεί ώστε να αντέχουν αυτά τα φορτία. Όταν επικάθονται σημαντικές ποσότητες πάγου στα πτερύγια, εκτός του ότι αυξάνεται το φορτίο τους, υπάρχει και ο κίνδυνος να εκτοξευθεί κάποιο κομμάτι πάγου καθώς τα πτερύγια περιστρέφονται. Σε περίπτωση, λοιπόν, παγετού θα πρέπει να σταματάμε τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας και να καθαρίζουμε τα πτερύγια. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στην παραγωγή ενέργειας, ιδιαίτερα όταν η περιοχή που έχουμε επιλέξει εμφανίζει συχνά φαινόμενα παγετού. Ακόμα υπάρχει ο κίνδυνος, με το πάγωμα των ανεμόμετρων, να χαλάσουν τα συστήματα ελέγχου της ανεμογεννήτριας. Καλό είναι κατά την εκλογή θέσης ανεμογεννήτριας να εκτιμάται από μετεωρολόγο η πιθανότητα και η συχνότητα εμφάνισης παγετών.

Πρέπει να αποφεύγεται επίσης η επιλογή περιοχών που παρουσιάζουν υπερβολικές χιονοπτώσεις, γιατί αυξάνεται σημαντικά το κόστος λειτουργίας και συντήρησης της ανεμογεννήτριας, ιδιαίτερα όταν η περιοχή αποκλείεται συχνά απ' τα χιόνια.

Υπερβολικά ισχυροί άνεμοι

Η συχνότητα με την οποία παρουσιάζονται θυελλώδεις άνεμοι σε μια περιοχή, καθώς και η έντασή τους, μπορεί να υπολογιστεί από υπάρχοντα κλιματολογικά δεδομένα. Αυτή η πληροφορία είναι χρήσιμη για το σχεδιασμό κατάλληλης ανεμογεννήτριας που να λειτουργεί όταν επικρατούν τέτοιοι θυελλώδεις άνεμοι. Βλέπουμε λοιπόν ότι ανάλογα με τη θέση που επιλέγουμε μεταβάλλεται και ο τύπος της ανεμογεννήτριας που θα εγκαταστήσουμε. Επομένως μεταβάλλεται και το κόστος κατασκευής αλλά και το κόστος της παραγόμενης ενέργειας.

Τύρβη

Σε μια τυρβώδη ροή, το άνυσμα της ταχύτητας σε κάθε σημείο του ρευστού, υφίσταται διακυμάνσεις στο μέτρο και τη διεύθυνση. Αυτές οι διακυμάνσεις εκτείνονται σε μέγεθος και διάρκεια και μπορεί να προκαλέσουν κόπωση της κατασκευής.

Η τύρβη μπορεί να επηρεάσει τη διάρκεια ζωής ή το κόστος συντήρησης της μηχανής. Οι επιστήμονες γνωρίζουν ότι η τύρβη σε ροή πάνω από τραχύ, ανώμαλο έδαφος (βουνά, κοιλάδες, λόφοι κλπ.) είναι διαφορετική απ' αυτήν που παρατηρείται στη ροή πάνω από επίπεδο ομαλό έδαφος. Ωστόσο υπάρχουν ελάχιστα δεδομένα που να αποσαφηνίζουν αυτές τις διαφορές.

Η μεγάλη πλειοψηφία των μετρήσεων έχει γίνει πάνω από επίπεδο έδαφος, όπου μπορούν να αναπτυχθούν απλές θεωρίες για να περιγράψουν τη συμπεριφορά της ροής. Αλλά και αν είχαμε μετρήσεις της τύρβης πάνω από ανώμαλο έδαφος, θα ήταν δύσκολο να εκτιμήσουμε την επίδρασή της στη διάρκεια ζωής και το κόστος συντήρησης της μηχανής. Κάτι τέτοιο απαιτεί περισσότερη εμπειρία, από τη λειτουργία μεγάλης ποικιλίας ανεμογεννητριών κάτω από ένα ευρύ φάσμα κλιματολογικών και τοπογραφικών συνθηκών.

Προς το παρόν, θα ήταν επιθυμητό, να διαλέγουμε θέσεις με όσο το δυνατό χαμηλότερο επίπεδο τύρβης.

Υλικά μεταφερόμενα απ' τον αέρα

Ανεμογεννήτριες που πρόκειται να εγκατασταθούν σε παραθαλάσσιες περιοχές υπόκεινται σε διάβρωση επειδή ο αέρας σε αυτές τις περιοχές περιέχει σημαντικές ποσότητες αλάτων. Πρέπει λοιπόν ορισμένα τμήματα της κατασκευής να προστατευθούν ώστε να διαθέτουν αντισκωρική προστασία.

Αν μια ανεμογεννήτρια είναι τοποθετημένη σε άγονη περιοχή, είναι πιθανό ο αέρας να μεταφέρει επάνω της σκόνη, άμμο, ψιλό χαλίκι κλπ. Τέτοια τραχιά υλικά μπορούν να προξενήσουν ζημιές στα πτερύγια, τα προστατευτικά καλύμματα, τα λιπαντικά και άλλου. Προκειμένου να επιτύχουμε ικανοποιητική συντήρηση της μηχανής κάτω από τέτοιες συνθήκες, απαιτούνται σχεδιαστικές τροποποιήσεις και ειδικές διαδικασίες συντήρησης. Τέτοιες διαδικασίες και τροποποιήσεις αυξάνουν το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

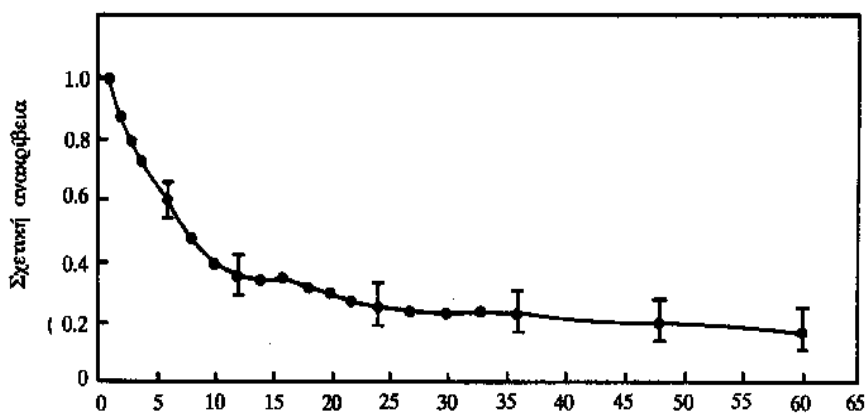
Η σταθερότητα των ανέμων

Οι διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου κατά το χρονικό διάστημα μιας ώρας, σαφώς επηρεάζουν τη λειτουργία της μηχανής, ενώ μπορούν να επιδράσουν και στη διάρκεια ζωής της. Αλλά και οι αλλαγές στην κατεύθυνση του ανέμου, στη διάρκεια μιας ώρας, επηρεάζουν τη λειτουργία και τη συμπεριφορά της μηχανής. Μια μελέτη της NASA πάνω στο μοντέλο Ανεμογεννήτριες Clayton MOD-OA έδειξε ότι με την περιστροφή της μηχανής γύρω απ' τον κατακόρυφο άξονά της (yawing), προκειμένου αυτή να παρακολουθεί τις αλλαγές της κατεύθυνσης του ανέμου, αναπτύσσονται σημαντικά καμπτικά φορτία στα πτερύγια της μηχανής. Η λειτουργία μιας μηχανής σε μια θέση που παρουσιάζει συχνές αλλαγές στη διεύθυνση ανέμου θα είναι μειονεκτικότερη μιας άλλης που είναι τοποθετημένη σε περιοχή με σταθερότερους ανέμους.

Ένα άλλο ενδιαφέρον αιολικό χαρακτηριστικό είναι η διαχρονική μεταβλητότητα δηλαδή η μεταβολή των αιολικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής από χρόνο σε χρόνο. Βέβαια από χρόνο σε χρόνο οι μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου είναι συνήθως πολύ μικρότερες απ' τις εποχιακές ή ημερήσιες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια ενός δεδομένου έτους. Όμως η διαχρονική μεταβλητότητα επηρεάζει οπωσδήποτε το μέσο κόστος της ενέργειας που παράγεται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της μηχανής. Ας μην ξεχνάμε ότι η μέση διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας είναι 30 χρόνια, διάστημα μέσα στο οποίο η διαχρονική μεταβλητότητα μπορεί να είναι σημαντική. Έτσι, η διαχρονική μεταβλητότητα μπορεί να αποδειχθεί επικίνδυνη αν οι αποφάσεις για την επιλογή τοποθεσίας στηριχτούν σε δεδομένα ενός «άσχημου ή πολύ καλού αιολικού έτους».

Αξιοπιστία αιολικών δεδομένων-διάρκεια παρατηρήσεων

Τα αιολικά δεδομένα που διαθέτουμε για έναν τόπο πρέπει να είναι αξιόπιστα. Δηλαδή να έχουν προκύψει έπειτα από μακροχρόνιες μετρήσεις. Αυτό είναι εμφανές στο Σχήμα 7.1, όπου φαίνεται η μεταβολή της σχετικής ανακρίβεια της ταχύτητας του ανέμου σαν συνάρτηση του χρόνου παρατήρησης.



Σχήμα 7.1. Διάρκεια μετρήσεων προγράμματος (μήνες).

Αποδοχή από την πλευρά του κοινού

Σε τελευταία ανάλυση, η επιτυχής επιλογή μιας τοποθεσίας για την εγκατάσταση ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την αποδοχή της από την κοινή γνώμη. Το κοινό πρέπει να νιώσει ότι τα έργα υποδομής που θα γίνουν για την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας δε θα αλλοιώσουν το τοπίο και η ανεμογεννήτρια που θα εγκατασταθεί θα ταιριάζει με το σκηνικό των γύρω περιοχών. Η στάση του κοινού επηρεάζεται τόσο από τις αντιλήψεις του για τις ανεμογεννήτριες γενικά, όσο και από τις αντιλήψεις του για τα οικονομικά οφέλη που θα προκύψουν από την εγκατάσταση ανεμογεννήτριας στην συγκεκριμένη θέση.

Προς το παρόν οι αντιλήψεις του κοινού για τις ανεμογεννήτριες είναι θετικότερες αφού αυτές δε μολύνουν το περιβάλλον, χρησιμοποιούν σαν πρώτη ύλη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και εξοικονομούν καύσιμα.

Τελειώνοντας να αναφέρουμε ότι όλες σχεδόν οι παράμετροι που εκθέσαμε παραπάνω, έχουν επίδραση στην οικονομική βιωσιμότητα της όλης κατασκευής γι' αυτό και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή θέσης εγκατάστασης ανεμογεννητριών.

Θα πρέπει όμως να έχουμε υπόψη μας ότι υπάρχει πάντα το στοιχείο του ρίσκου στην εκλογή θέσεων ανεμογεννητριών. Τα μετεωρολογικά φαινόμενα βρίσκονται σε μια κατάσταση διαρκούς μεταβολής. Όσο προσεκτικές μετρήσεις και αν έχουμε πάρει, όσο και αν έχουν γίνει σοβαρές μελέτες των τοπογραφικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής, είναι πιθανό η απόφαση που θα παρθεί για τη θέση της εγκατάστασης να μην είναι ορθή. Η πιθανότητα όμως αυτή είναι μικρή, σκοπός μας δε είναι να την εξαλείψουμε.

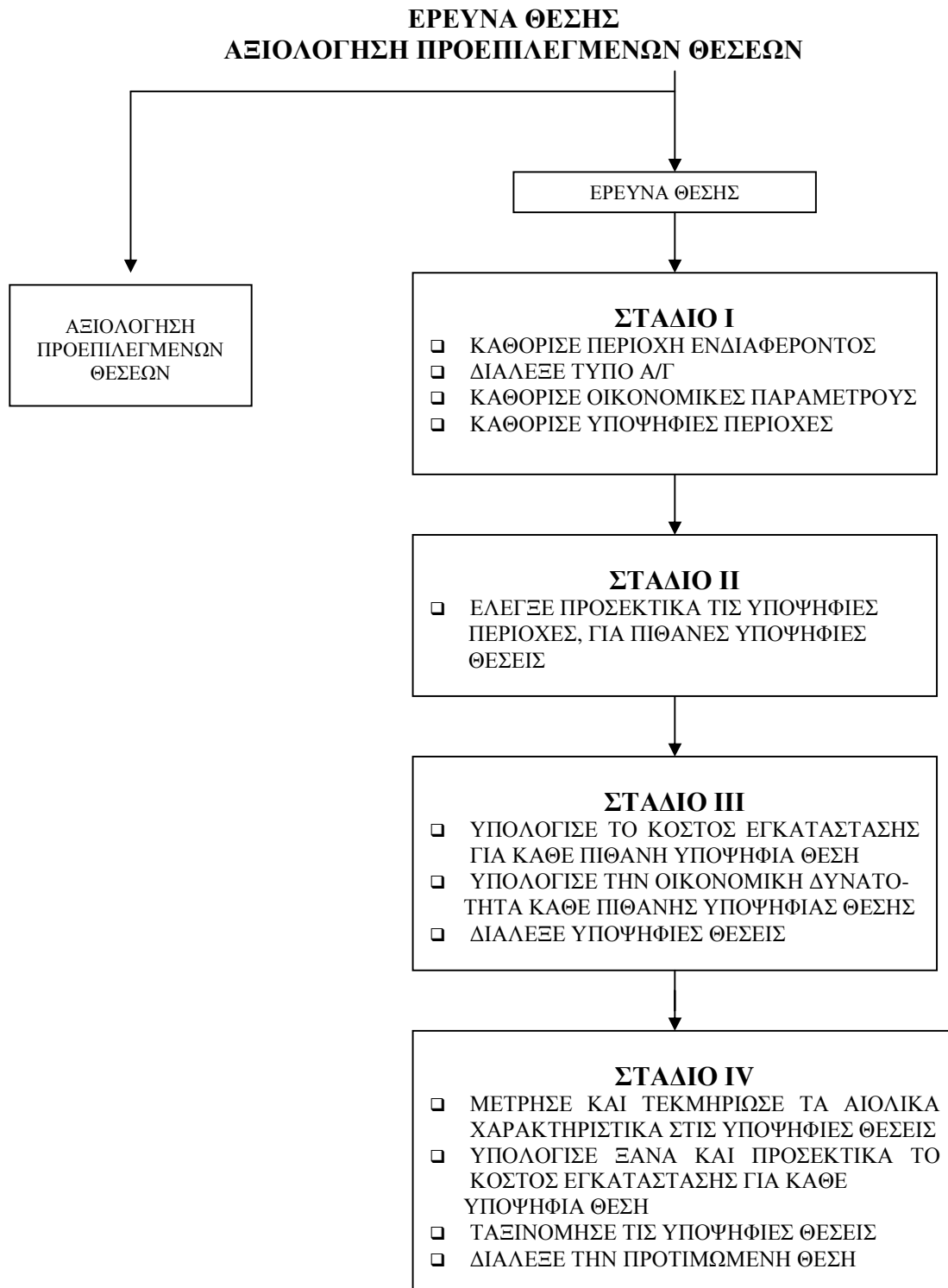
7.3. Συνοπτική περιγραφή της διαδικασίας επιλογής θέσης για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών

Ο αντικειμενικός σκοπός της διαδικασίας επιλογής θέσης ανεμογεννήτριας είναι να προσδιοριστούν θέσεις που έχουν τη μέγιστη πιθανότητα να είναι οικονομικά βιώσιμες και αποδεκτές απ' το κοινό. Ο προσδιορισμός δε αυτός, πρέπει να γίνει σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρονικό διάστημα. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται όταν πρόκειται να εκλέξουμε θέση για την εγκατάσταση είτε μιας ανεμογεννήτριας, είτε ομάδας πολλών ανεμογεννητριών (συστοιχία ανεμογεννητριών). Η διαδικασία είναι γενική, έτσι ώστε να μπορεί να ακολουθηθεί τόσο για μεγάλες όσο και για μικρές εγκαταστάσεις. Επειδή οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών του ανέμου είναι πολυέξοδες και χρονοβόρες, η διαδικασία είναι τέτοια που να απαιτεί εκτεταμένη χρήση των δεδομένων και πληροφοριών που ήδη υπάρχουν. Η εκτέλεση μετρήσεων σε συγκεκριμένες θέσεις έχει προγραμματιστεί να γίνεται όσο το δυνατόν πιο αργά, δηλαδή κατά τα τελευταία στάδια της διαδικασίας.

Ένα διάγραμμα ροής της διαδικασίας φαίνεται στο Σχήμα 7.2. Η όλη διαδικασία διαιρείται σε τέσσερα στάδια. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, μπορούμε αντί να ερευνούμε για κάποια θέση, να εκλέξουμε εκ των προτέρων ορισμένες θέσεις και να τις αξιολογήσουμε. Η μέθοδος αυτή διαφέρει από τη διαδικασία μόνο ως προς το ότι παρακάμπτει τα δύο πρώτα στάδια.

Κατά την περιγραφή της μεθοδολογίας εισάγεται μια ορολογία που μπορεί να μην είναι και τόσο οικεία. Ορισμένοι απ' τους σημαντικούς όρους είναι οι ακόλουθοι:

- **Περιοχή ενδιαφέροντος:** Μία μεγάλη έκταση γης στην οποία ψάχνουμε για θέσεις εγκατάστασης ανεμογεννήτριας.
- **Υποψήφια περιοχή:** Μία υποδιαίρεση της Περιοχής Ενδιαφέροντος, που διαθέτει αρκετά υψηλό αιολικό δυναμικό, ώστε να εμφανίζεται οικονομικά βιώσιμη.
- **Προτεινόμενη θέση:** Εκείνη η Υποψήφια θέση που παρουσιάζει τις περισσότερες δυνατότητες για εγκατάσταση ανεμογεννήτριας, έπειτα από επί τόπου επαλήθευση του μεγέθους του αιολικού δυναμικού, και ανάλυση τεχνικών οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων.



Σχήμα 7.2: Διαδικασία επιλογής θέσης εγκατάστασης Α/Γ

Στο **Στάδιο I**, εφαρμόζεται μια διαδικασία έρευνας μέσα στην Περιοχή Ενδιαφέροντος, προκειμένου να καθοριστούν οι Υποψήφιες Περιοχές που παρουσιάζουν υψηλό αιολικό δυναμικό. Η Περιοχή Ενδιαφέροντος μπορεί να περιλαμβάνει ολόκληρη ή τμήμα της περιοχής που πρόκειται να τροφοδοτεί η ανεμογεννήτρια, καθώς επίσης και γειτονικές περιοχές. Η έκταση της Περιοχής Ενδιαφέροντος μπορεί να κυμαίνεται από λίγα μέχρι ορισμένες χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα. Αφού τελειώσει η διαδικασία έρευνας, η οποία χρησιμοποιεί υπάρχουσες πληροφορίες παραμένει μια πολύ μικρότερη περιοχή μέσα στην οποία η εγκατάσταση ανεμογεννητριών φαίνεται να είναι οικονομικά βιώσιμη και κοινωνικά αποδεκτή. Αυτή η παραμένουσα περιοχή υποδιαιρείται σε Υποψήφιες Περιοχές.

Κάθε Υποψήφια περιοχή πληρεί τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Επαρκές αιολικό δυναμικό για δυνατή οικονομική βιωσιμότητα.
- Σταθερούς ανέμους σε καλά εκτεθειμένες θέσεις (ανοιχτές θέσεις, αυχένες, όχι δένδρα κλπ.).
- Ομογενή τοπογραφικά χαρακτηριστικά.
- Προσιτό μέγεθος.

Το μέγεθος αυτών των περιοχών ποικίλει. Εξαρτάται από το πόσες λεπτομέρειες διαθέτουμε για τις υπάρχουσες πληροφορίες για το αιολικό δυναμικό από την υποκειμενική κρίση του ερευνητή. Όταν τοποθετηθούν οι Υποψήφιες Περιοχές, ταξινομούνται ανάλογα με τις δυνατότητές τους να περιέχουν μία ή περισσότερες οικονομικά βιώσιμες θέσεις.

Κατά το **Στάδιο II** γίνεται έλεγχος στις Υποψήφιες Περιοχές, για Πιθανές Υποψήφιες θέσεις. Διακρίνουμε δύο τρόπους ελέγχου:

Τρόπος Α

2. Προσδιορίζουμε τις καλύτερες αιολικές ζώνες μέσα στην Υποψήφια Περιοχή.
3. Ερευνούμε αυτές τις ζώνες χρησιμοποιώντας μη μετεωρολογικές παραμέτρους και επιλέγουμε τις Πιθανές Υποψήφιες θέσεις.

Τρόπος Β

1. Ερευνούμε την Υποψήφια Περιοχή χρησιμοποιώντας μη μετεωρολογικά κριτήρια.
2. Προσδιορίζουμε τις τοποθεσίες με τα υψηλότερα αιολικά δυναμικά και επιλέγουμε τις Πιθανές Υποψήφιες θέσεις.

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος είναι αυτός που αποκλείει το μεγαλύτερο κομμάτι γης από το πρώτο κιάλας βήμα. Έτσι ο τρόπος Α ακολουθείται όταν οι περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό (οι καλύτερες αιολικές ζώνες) αποτελούν μικρό τμήμα της Υποψήφιας Περιοχής. Ο τρόπος Β ακολουθείται αν το αιολικό δυναμικό είναι περίπου το ίδιο σε όλη την Υποψήφια Περιοχή, και οι μη μετεωρολογικοί παράγοντες (όπως περιορισμοί στη χρησιμοποίηση της γης) είναι πιο σημαντικοί ώστε να μας καθοδηγούν σε οικονομικά βιώσιμες θέσεις.

Στο **Στάδιο III** γίνεται εξοικονόμηση των Πιθανών Υποψήφιων θέσεων που προσδιορίστηκαν στο Στάδιο II και επιλέγεται ένας μικρότερος αριθμός Υποψήφιων Θέσεων για περισσότερη ανάλυση. Μια ομάδα που περιέχει ειδικούς μηχανικούς και

μετεωρολόγους επισκέπτεται τις Πιθανές Υποψήφιας θέσεις. Συγκεντρώνονται επαρκή δεδομένα προκειμένου να γίνουν χονδρικοί υπολογισμοί του κόστους για έργα υποδομής, εγκατάσταση και συντήρηση των μηχανών. Οι μετεωρολόγοι συγκεντρώνουν πληροφορίες για το πώς η τοπογραφία της περιοχής μπορεί να επηρεάσει τη ροή του ανέμου στην Πιθανή Υποψήφια θέση και υπολογίζουν την πιθανότητα εμφάνισης μετεωρολογικών προβλημάτων (τυφώνες, παγετοί κλπ.). Χρησιμοποιώντας αυτές τις πληροφορίες και υπολογίζοντας την πιθανότητα της θέσης να εμφανίζει αιολικό δυναμικό μεγαλύτερο μιας οριακής τιμής, αξιολογείται η οικονομική δυνατότητα κάθε θέσης. Η οριακή τιμή που αναφέρουμε δεν είναι πάντα η ίδια. Εξαρτάται απ' τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας, το κόστος εγκατάστασης ανεμογεννήτριας στη συγκεκριμένη θέση και το κόστος παραγωγής ενέργειας από άλλες μονάδες. Αφού καθοριστούν οι περισσότεροι βιώσιμες οικονομικά θέσεις, εξετάζονται τα πιθανά μετεωρολογικά προβλήματα και άλλοι μη μετεωρολογικοί παράγοντες (όπως η αποδοχή του κοινού) που μπορούν να επηρεάσουν την καταλληλότητα των Υποψήφιων Θέσεων. Οι πιο αποδεκτές από τις οικονομικά βιώσιμες θέσεις διαλέγονται σαν Υποψήφιας θέσεις.

Το **Στάδιο IV** απαιτεί πιο ακριβείς μελέτες για την οικονομική δυνατότητα κάθε Υποψήφιας Θέσης. Η ανάλυση που έγινε στο Στάδιο III για τον καθορισμό των Πιθανών Υποψήφιων Θέσεων με τις μεγαλύτερες οικονομικές δυνατότητες δεν είναι επαρκής. Σε πολλές περιπτώσεις, η ανάλυση αυτή δεν στηρίζεται σε επί τόπου μετρήσεις των αιολικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον, το κόστος για έργα υποδομής, εγκατάσταση λειτουργία και συντήρηση ανεμογεννήτριας υπολογίζεται χονδρικά.

Οι αναλύσεις κατά το Στάδιο IV σκοπεύουν σε μεγαλύτερη ακρίβεια και δίνουν μια πιο σωστή εικόνα όσον αφορά την οικονομική αξία ανεμογεννητριών σε κάθε Υποψήφια θέση. Οι μελέτες κατά το τέταρτο στάδιο απαιτούν αιολικά δεδομένα από κάθε Υποψήφια θέση. Τα δεδομένα αυτά πρέπει να είναι ακριβή για να προβλέψουμε τη συμπεριφορά των ανεμογεννητριών καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους και την επίδρασή τους στο κόστος της μελλοντικής ενεργειακής παραγωγής. Προκειμένου να καθορίσουμε το ακριβές κόστος των έργων υποδομής και εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας, είναι απαραίτητα τα τοπογραφικά σχέδια της Υποψήφιας θέσης. Ακολούθως γίνονται λεπτομερείς οικονομικές αναλύσεις. Αυτές στηρίζονται σε μοντέλα, που ερμηνεύουν την επίδρασή της από τον άνεμο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο κόστος παραγωγής. Μπορούν επίσης να συγκεντρωθούν συμπληρωματικές πληροφορίες, για μετεωρολογικά προβλήματα και μη μετεωρολογικές παραμέτρους, που επηρεάζουν την εκλογή θέσεις. Τελικά γίνεται ταξινόμηση των Υποψήφιων θέσεων και επιλέγεται η Προτεινόμενη θέση σαν η καταλληλότερη για την εγκατάσταση ανεμογεννήτριας. Τα πρώτα δύο στάδια της διαδικασίας επιλογής θέσης ολοκληρώνονται πολύ γρήγορα, αφού στηρίζονται σε υπάρχοντα δεδομένα. Τα δύο αυτά στάδια δεν διαρκούν περισσότερο από λίγες εβδομάδες. Μετά το τέλος του δεύτερου σταδίου ο μελετητής έχει μια καλή ιδέα για τον αριθμό των Πιθανών Υποψήφιων θέσεων. Τα τελευταία δύο στάδια της διαδικασίας χρειάζονται περισσότερο χρόνο να ολοκληρωθούν, αφού απαιτούν επί τόπου μετρήσεις. Ο ελάχιστος χρόνος για την ολοκλήρωση των σταδίων III και IV είναι 15 με 18 μήνες. Παρ' όλα αυτά όμως μπορεί να χρειαστούν και μερικά χρόνια, αν ο μελετητής θέλει σίγουρες αποδείξεις για το αιολικό δυναμικό των Υποψήφιων Θέσεων, προκειμένου να αποφασίσει για την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας.

7.4. Δείκτες ύπαρξης Αιολικού Δυναμικού

Μερικές φορές η ίδια η φύση μπορεί να δώσει στοιχεία για μια πρώτη εκτίμηση που θα μας βοηθήσει στην επιλογή θέσης για την εγκατάσταση μιας Α/Γ. Η ύπαρξη δένδρων που έχουν παραμορφωθεί λόγω της συστηματικής και για πολλά χρόνια πνοής ανέμου αποτελούν ασφαλείς δείκτες ύπαρξης Αιολικού Δυναμικού.



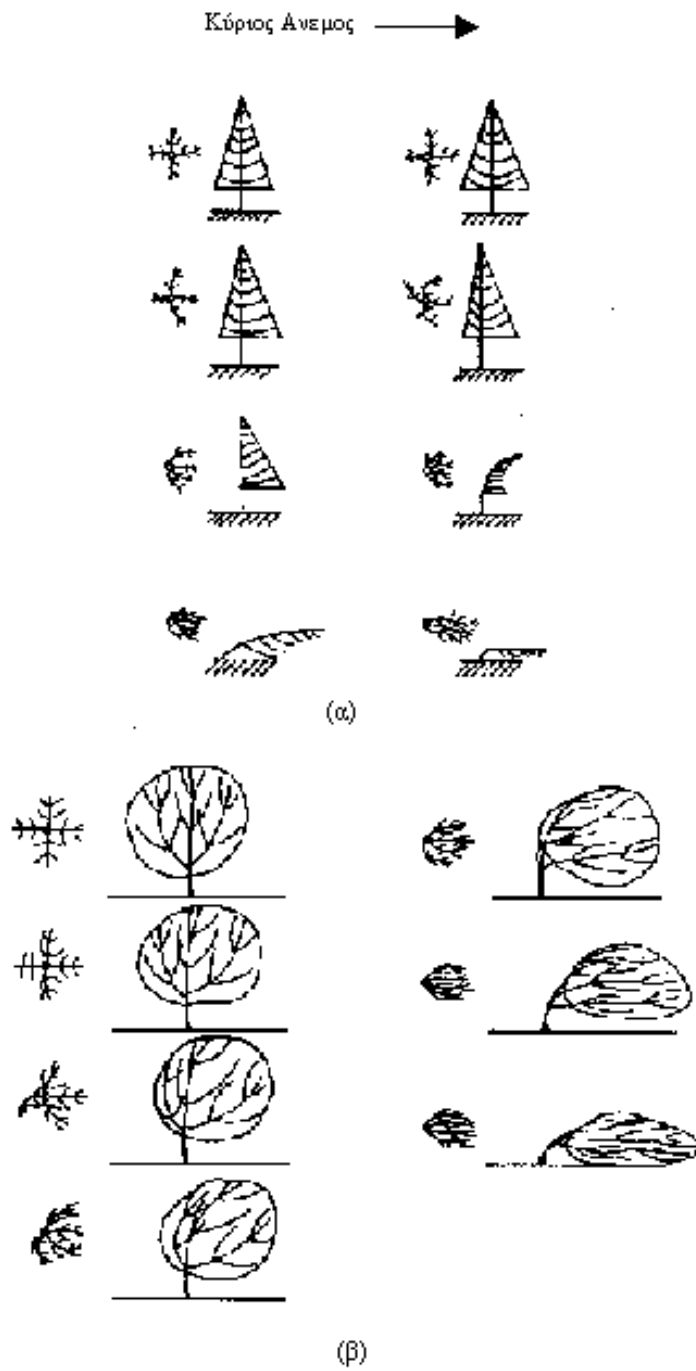
Φωτογραφία 7.1: Η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου αποτυπώνεται από τα δένδρα που υπάρχουν στην περιοχή.

Συστηματική μελέτη της παραμόρφωσης των δένδρων σε συσχέτιση με την μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου οδήγησε στη δημιουργία δεικτών και πινάκων συσχέτισης της παραμόρφωσης των δένδρων και της μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου στην περιοχή. Συγκεκριμένα ο βαθμός παραμόρφωσης των δένδρων καθορίζεται απ' τους πίνακες Griggs-Putnam και Barsch (Σχήμα 7.3). Στους πίνακες αυτούς έχουμε δύο όψεις του δένδρου, για να είναι εμφανής η παραμόρφωση τόσο του κορμού όσο και των κλάδων. Ο πίνακας των Griggs-Putnam αναφέρεται σε δένδρα κωνικού σχήματος όπως: πεύκα, κυπαρίσσια κλπ. Ο πίνακας Barsch αναφέρεται σε φυλλοβόλα δένδρα (Σχήμα 7.3β).

Έτσι προκύπτει ο Πίνακας 7.1 που μας δίνει τη μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου, ανάλογα με το είδος του δένδρου και το βαθμό παραμόρφωσής του. Βέβαια οι τιμές του πίνακα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για χονδρικές μόνο εκτιμήσεις του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής.

Πίνακας 7.1: Δείκτες παραμόρφωσης

Είδος (Popular Name)	Δείκτης	Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (m/s) και 95% όριο αξιοπιστίας (\pm m/s)							
		Index Value							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Έλατο	Griggs-Putnam	6,0 \pm 2,0	6,7 \pm 1,9	7,4 \pm 1,8	8,1 \pm 1,8	8,8 \pm 1,8	9,5 \pm 1,8	10,2 \pm 1,9	10,9 \pm 2,0
Άρκενθος (είδος πεύκου)	Griggs-Putnam	4,4 \pm 2,1	5,0 \pm 2,0	5,6 \pm 1,9	6,2 \pm 1,9	6,8 \pm 2,0	7,4 \pm 2,1	8,0 \pm 2,2	8,6 \pm 2,5
Έλατο	Griggs-Putnam	3,0 \pm 2,8	4,2 \pm 2,6	5,4 \pm 2,5	6,6 \pm 2,4	7,8 \pm 2,5	9,0 \pm 2,6	10,2 \pm 2,8	11,4 \pm 3,0
Πεύκο	Griggs-Putnam	3,3 \pm 1,9	4,0 \pm 1,8	4,7 \pm 1,7	5,4 \pm 1,8	6,11,8	6,8 \pm 2,0	7,5 \pm 2,1	8,2 \pm 2,3
Pseudotsuga (Dougals Fir)	Griggs-Putnam	3,3 \pm 1,7	4,1 \pm 1,6	4,9 \pm 1,5	5,7 \pm 1,5	6,5 \pm 1,5	7,3 \pm 1,6	8,1 \pm 1,8	8,9 \pm 1,9
Σφένδαμος	Barsch	3,4 \pm 1,5	4,3 \pm 1,0	5,2 \pm 1,4	6,1 \pm 2,2	7,0 \pm 3,1	7,9 \pm 4,1	8,8 \pm 5,1	9,7 \pm 6,1
Βελανιδιά	Barsch	3,0 \pm 1,8	4,1 \pm 1,7	5,21,7	6,3 \pm 1,8	7,4 \pm 1,9	8,5 \pm 2,1	9,6 \pm 2,3	10,7 \pm 2,5
Ακακία	Barsch	3,7 \pm 1,2	4,4 \pm 1,0	5,1 \pm 1,0	5,8 \pm 1,3	6,5 \pm 1,7	7,2 \pm 2,1	7,9 \pm 2,5	8,6 \pm 3,0
Πτελέα	Barsch	3,3 \pm 1,5	4,4 \pm 1,4	5,5 \pm 1,4	6,6 \pm 1,6	7,7 \pm 2,0	8,8 \pm 2,4	9,9 \pm 2,9	11,0 \pm 3,4



Σχήμα 7.3: Χρήσιμοι ποιοτικοί δείκτες παραμόρφωσης δένδρων.

Η καλύτερη βέβαια πηγή πληροφορίας είναι μετεωρολογικές μετρήσεις, ιδιαίτερα στη μορφή του ροδογράμματος υπολογισμένου βάσει μετρήσεων 30 ετών. Τέτοιου είδους δεδομένα όμως δεν είναι συνήθως διαθέσιμα. Χρειάζεται όμως ιδιαίτερη προσοχή στη χρήση μετεωρολογικών δεδομένων που προέρχονται από σταθμούς που δεν βρίσκονται στην περιοχή που προβλέπεται να γίνει η εγκατάσταση, αφού τα τοπικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής μπορεί να αλλοιώσουν τα ανεμολογικά στοιχεία. Εάν υπάρχουν ήδη εγκατεστημένες Α/Γ στην περιοχή, στοιχεία απ' τις αποδόσεις τους αποτελούν πολύ καλή πηγή πληροφοριών σχετικά με τις επικρατούσες τοπικές συνθήκες ανέμου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ Α/Γ (κυρίως μικρών διαστάσεων για μικρές μονάδες)

Στο Κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν ορισμένες οδηγίες προκαταρκτικής επιλογής των στοιχείων των Α/Γ.

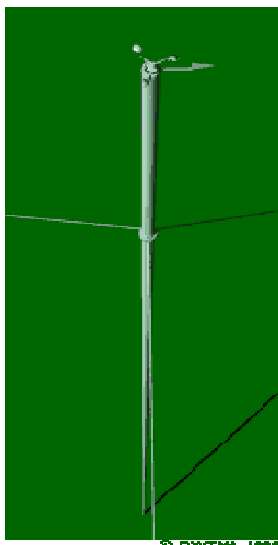
8.1. Εκτίμηση ύπαρξης αιολικού δυναμικού

Οι βέλτιστες διαστάσεις της Α/Γ που πρόκειται να εγκαταστήσουμε εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από την καλή εκτίμηση του αιολικού δυναμικού της περιοχής. Ο ιδιώτης, που είναι ο άμεσα ενδιαφερόμενος για την εγκατάσταση Α/Γ, πρέπει να προσφύγει σε υπάρχουσες πληροφορίες ή σε πληροφορίες που μπορούν να συλλεχθούν σύντομα από μετεωρολογικούς σταθμούς, που είναι εγκατεστημένοι στην περιοχή και απ' τους οποίους μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες για την ύπαρξη αιολικού δυναμικού. Ασφαλέστερη μέθοδος για την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού είναι και η εγκατάσταση για 1-6 μήνες ανεμογράφου και η στατιστική σύγκριση των μετρήσεων του ανεμογράφου με τις αντίστοιχες την ίδια χρονική στιγμή, μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού της περιοχής.

Μια άλλη ένδειξη καλού αιολικού δυναμικού στην περιοχή είναι η ύπαρξη παλαιών ή καινούριων Α/Γ στην περιοχή. Σε αυτήν την περίπτωση μια επίσκεψη στις παλαιές Α/Γ και συζήτηση με τους ιδιοκτήτες τους σχετικά με τη λειτουργική συμπεριφορά τους δίνει πολύ χρήσιμα συμπεράσματα για την ποιότητα και την ποσότητα του αιολικού δυναμικού.

Τέλος, όπως ήδη έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, παρατηρώντας τη μορφή των δένδρων στην περιοχή μπορεί να αντιληφθεί κανείς από το σχήμα τους την κύρια κατεύθυνση της ροής του ανέμου καθώς επίσης και την ένταση αυτού.

Μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου στην πράξη



Ο καλύτερος τρόπος μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου σε μια πιθανή τοποθεσία εγκατάστασης Α/Γ είναι η εγκατάσταση ενός ανεμόμετρου στο υψηλότερο σημείο ενός ιστού, ο οποίος έχει το ίδιο ύψος με την πλήμνη της Α/Γ που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Για την προσαρμογή διατάξεων μέτρησης του αιολικού δυναμικού, προτιμώνται κυλινδρικοί πάσσαλοι, στερεωμένοι με σκοινί έναντι των δικτυωτών πύργων, προκειμένου να περιοριστεί η ανεμοσκίαση απ' τους πύργους αυτούς.



Τα δεδομένα που συλλέγονται απ' τα ανεμόμετρα για τις ταχύτητες των ανέμων και τις διευθύνσεις αυτών, συγκεντρώνονται σε ηλεκτρονικά τσιπς μικρών Η/Υ, οι οποίοι λειτουργούν με μπαταρία για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ένα τέτοιο παράδειγμα Η/Υ είναι αυτό που φαίνεται αριστερά. Μια φορά το μήνα, περίπου, πρέπει να συλλέγονται τα ηλεκτρονικά τσιπς και να αντικαθίστανται από καινούρια κενά, προκειμένου να καταγραφούν εκεί τα δεδομένα του επόμενου μήνα.

NRG data logger Photograph by

Soren Krohn © 1998 DWIA

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



Data logger



Ανεμοδείκτης



Ανεμόμετρο

8.2. Θέση εγκατάστασης της Α/Γ

Στην περίπτωση που η θέση εγκατάστασης της Α/Γ είναι σε μια εκτεταμένη επίπεδη περιοχή χωρίς επιφανειακά εμπόδια (κτίρια, δένδρα) τότε η θέση εγκατάστασης της Α/Γ δεν αποτελεί πρόβλημα. Εάν όμως υπάρχουν επιφανειακά εμπόδια ακόμα και σε επίπεδη επιφάνεια τότε πρέπει να εκτιμηθεί το ύψος τους και ανάλογα με το είδος των εμποδίων να επιλεγεί η θέση εγκατάστασης της Α/Γ. Ιδιαίτερα δύσκολη είναι η περίπτωση όταν το έδαφος είναι ανώμαλο.

Εμπόδια στη ροή του ανέμου όπως κτήρια, δένδρα, διατάξεις των πετρωμάτων κ.α., μειώνουν σημαντικά τις ταχύτητες του ανέμου και συχνά δημιουργούν στροβιλισμούς στην περιοχή. Η μείωση στην ταχύτητα του ανέμου εξαρτάται απ' το πορώδες του εμποδίου, για παράδειγμα απ' το πόσο «ανοιχτό» είναι το εμπόδιο. (Το πορώδες ορίζεται ως την ακάλυπτη περιοχή διαιρεμένη απ' την συνολική επιφάνεια του αντικειμένου στην οποία προσπίπτει ο άνεμος).



Σχήμα 8.1

i) Ανεμοσκίαση

Επιπλέον τα εμπόδια που μπορεί να υπάρχουν στο έδαφος σε απόσταση μικρότερη από 700 m από τις Α/Γ, μπορεί να επηρεάσουν την κατανομή της ταχύτητας του ανέμου. Στο Σχήμα 8.2 φαίνεται μια εκτίμηση του ποσοστού μείωσης της ταχύτητας του ανέμου πίσω από ένα εμπόδιο, όπως για παράδειγμα ένα κτίριο 7 ορόφων, 20 m ύψος και 60 m πλάτος σε απόσταση 300 m από μια Α/Γ με ύψος πύργου 50 m (περιοχή στο σχήμα με κίτρινο χρώμα). Η ανεμοσκίαση φαίνεται με το γκρι χρώμα. Τα νούμερα εκφράζουν την ταχύτητα του ανέμου σαν ποσοστό της ταχύτητας του ανέμου χωρίς εμπόδιο.

Wind Energy in per cent of Wind Energy Without Obstacle

	m height																			
75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	99	99	99	98	98	98	98
73	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	99	99	99	98	98	98	98	98
70	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	98	98	98	98	98	98	98	98	98
68	100	100	100	100	100	100	99	99	99	98	98	98	98	98	97	97	97	97	97	97
65	100	100	100	100	100	99	99	99	98	98	98	97	97	97	97	97	97	97	97	97
63	100	100	100	100	100	99	99	98	98	97	97	97	96	96	96	96	96	96	96	96
60	100	100	100	100	99	99	98	98	97	96	96	96	96	95	95	95	95	95	95	95
58	100	100	100	100	99	98	98	97	96	95	95	95	95	94	94	94	94	94	95	95
55	100	100	100	99	99	98	97	96	95	94	94	93	93	93	93	93	93	94	94	94
53	100	100	100	99	98	97	95	94	93	92	92	92	92	92	92	92	92	93	93	93
50	100	100	100	98	97	95	93	92	91	90	90	90	90	90	91	91	91	91	92	92
48	100	100	99	97	95	93	91	89	88	88	88	88	88	88	89	89	90	90	91	91
45	100	100	98	96	93	90	88	86	85	85	85	85	86	87	87	88	88	89	89	90
43	100	99	97	93	90	86	84	82	81	81	82	83	84	84	85	86	87	87	88	89
40	100	99	95	90	85	82	79	78	77	77	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
38	100	98	91	85	79	76	74	72	72	73	75	76	78	80	81	82	83	85	86	87
35	100	95	86	78	72	69	67	67	67	68	71	73	75	77	79	80	82	83	84	85
33	99	91	78	69	63	61	60	60	61	64	67	70	72	74	77	78	80	82	83	84
30	98	83	67	57	53	52	52	53	55	59	63	66	69	72	75	77	79	80	82	83
28	96	71	53	45	42	43	44	47	50	54	59	63	67	70	73	75	77	79	81	83
25	89	53	36	31	31	34	37	40	44	50	55	60	64	68	71	74	76	78	80	82
23	74	31	20	19	22	26	30	35	40	46	52	58	62	66	70	73	76	78	80	82
20	47	11	8	10	14	19	25	30	36	43	50	56	61	65	69	72	75	78	80	82
18	14	1	1	4	8	14	20	27	33	41	48	55	60	65	69	73	76	78	80	82
15				1	5	11	18	25	32	40	48	55	61	66	70	73	76	79	81	83
13					3	10	17	25	33	42	50	57	63	68	72	75	78	80	83	84
10					3	10	19	28	36	45	54	60	66	71	75	78	80	83	85	86
8					5	15	25	34	43	52	60	66	71	75	79	82	84	86	87	89
5				3	13	26	37	47	55	62	69	74	78	82	84	87	88	90	91	92
3		5	21	37	50	60	67	73	78	82	86	88	90	91	93	94	94	95	96	96

21 43 64 86 107 129 150 171 193 214 236 257 279 300 321 343 364 386 407 429 450 m



= Obstacle height 20 m



= Hub height 50 m

Roughness length = 0.055; Porosity = 0; Obstacle width = 60 m

Note: Vertical and horizontal scales are different. Horizontal scale shows distance from obstacle.

© 1998, 2003 Danish Wind Industry Association

Σχήμα 8.2: Wind Energy in per cent of Wind Energy Without Obstacle

Η ανεμοσκίαση μπορεί να εκτείνεται μέχρι και πέντε φορές το ύψος του εμποδίου.

ii) Απόσταση μεταξύ Εμποδίου και Ανεμογεννήτριας

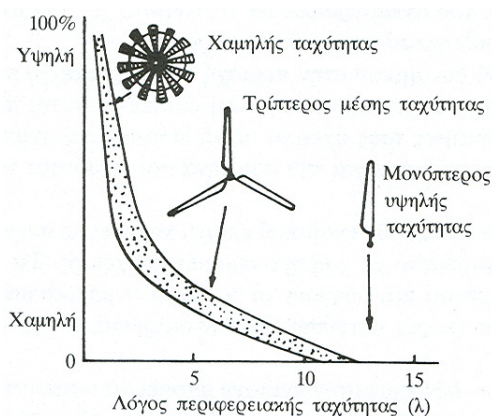
Η απόσταση μεταξύ του εμποδίου και της ανεμογεννήτριας έχει ιδιαίτερη σημασία. Όσο μεγαλώνει η απόσταση τόσο εξασθενεί η επίδραση που έχει το εμπόδιο στην ταχύτητα του ανέμου. Στην περίπτωση που η επιφάνεια έχει πολύ μικρό συντελεστή τραχύτητας (π.χ. στην επιφάνεια του νερού) η επίδραση του εμποδίου (π.χ. ένα νησί) μπορεί να γίνεται αισθητή μέχρι και 20 km μακριά απ' το εμπόδιο.

8.3. Εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών

Βασική παράμετρος του μεγέθους της Α/Γ και του κόστους της επένδυσης αποτελεί η σωστή εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών του ενδιαφερόμενου. Η Α/Γ σε καμία περίπτωση δεν αντικαθιστά τη ΔΕΗ (δηλαδή δεν παρέχει όση ενέργεια απαιτείται

και όποτε αυτή χρειάζεται), συνεπώς οι ενεργειακές ανάγκες πρέπει να εκτιμηθούν με προσοχή. Για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών πρέπει να γίνει καταγραφή των ηλεκτρικών συσκευών με τα ονομαστικά τους στοιχεία τάσεως και ρεύματος. Στη συνέχεια να γίνει αξιολόγηση των ωρών το μήνα που προβλέπεται να λειτουργούν οι συσκευές αυτές, καθώς επίσης να εκτιμηθεί η μέγιστη ηλεκτρική ζήτηση για ταυτόχρονη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών.

Στην επιλογή της Α/Γ έχει σημασία και το είδος των ενεργειακών καταναλώσεων. Ιδιαίτερα προβλήματα παρουσιάζονται όταν η Α/Γ δεν χρησιμοποιείται μόνο για παραγωγή ρεύματος αλλά και για άντληση νερού. Στην περίπτωση αυτή γίνεται επιλογή της Α/Γ ανάλογα με την απαιτούμενη ροπή εκκίνησης.



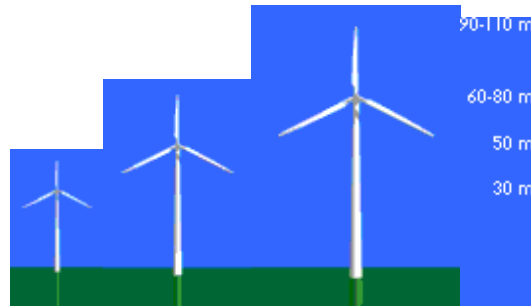
Σχήμα 8.3: Σχετική ροπή εκκίνησης

8.4. Εκτίμηση γενικών διαστάσεων της Α/Γ

Ύψος του πύργου

Το ύψος του πύργου της Α/Γ εκτιμάται απ' τη μορφολογία του εδάφους και απ' τα επιφανειακά εμπόδια. Στις μικρές Α/Γ προτιμάται ο τρίποδος ή τετράποδος δικτυωτός πύργος ή ο σωληνωτός με παράλληλο δέσιμο με τρία συρματόσχοινα. Το ύψος του πύργου είναι σημαντική παράμετρος του κόστους εγκατάστασης, δεν επιτρέπεται όμως ο πύργος να είναι χαμηλότερος από 6-7 μέτρα.

Οι μεγαλύτερες μηχανές τοποθετούνται σε μεγαλύτερο ύψος. Στο Σχήμα 8.4 παρουσιάζονται τρία μεγέθη Α/Γ 225 kW, 600 kW και 1500 kW με διάμετρο πτερωτής 27, 43 και 60 m, αντίστοιχα, με διαφορετικά ύψη πύργου. Το μέγεθος της πτερωτής προσδιορίζει το ελάχιστο ύψος του πύργου. Ένας δρομέας με διάμετρο 60 m δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθεί σε ένα πύργο με ύψος μικρότερο από 30 m. Επιπλέον, μεγάλες μηχανές τοποθετούνται σε υψηλούς πύργους αφού πρέπει να εκμεταλλευτούμε με τη μεγάλη μηχανή τις όσο δυνατόν μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου. Μικρού ύψους μηχανές πλεονεκτούν μερικές φορές, από αισθητικής άποψης.



Σχήμα 8.4: Τρία μεγέθη Α/Γ και αντίστοιχα ύψη πύργου (Πηγή: windpower.dk)

Κάθε επιπλέον μέτρο του πύργου στοιχίζει. Συνεπώς, η επιλογή του μέγιστου ύψους του πύργου είναι συνάρτηση των εξής:

- Κόστος κατασκευής του πύργου ανά μέτρο (10 m επιπλέον κοστίζουν περίπου 12.000 EURO).
- Διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος λόγω της μεταβολής του συντελεστή τραχύτητας του εδάφους (π.χ. για υψηλή τραχύτητα προτιμάται ένας υψηλότερος πύργος).
- Τιμή της επιπλέον kWh που θα πάρει ο ιδιοκτήτης της Α/Γ.

Ονομαστική ταχύτητα V_R , Ταχύτητα έναρξης V_{min} και Ταχύτητα αποσύνδεσης V_{max}

Οι ανεμογεννήτριες χαρακτηρίζονται από τρεις τιμές ταχύτητας:

- **Ταχύτητα έναρξης:** Η ταχύτητα έναρξης (V_{min} -cut-in speed) είναι η ελάχιστη ταχύτητα ανέμου (v) για την οποία θα αρχίσει να λειτουργεί μια συγκεκριμένη Α/Γ.

$$\text{Εάν } v < V_{min} \text{ τότε Ισχύς} = 0$$

- **Ταχύτητα Ονομαστικής Ισχύος:** Η ταχύτητα ονομαστικής ισχύος ή ονομαστική ταχύτητα (V_R – rated speed) είναι η ταχύτητα ανέμου για την οποία η ισχύς που επιτυγχάνει η Α/Γ γίνεται ίση με την ονομαστική της ισχύ (P_R).

$$\text{Εάν } v = V_R \text{ τότε Ισχύς} = P_R$$

Η ετήσια συλλεγόμενη ενέργεια είναι μέγιστη όταν η ονομαστική ταχύτητα της Α/Γ είναι 1,5-2 φορές μεγαλύτερη από τη μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου σε μια περιοχή.

- **Ταχύτητα αποσύνδεσης:** Η ταχύτητα αποσύνδεσης (V_{max} – cut-out speed) είναι η μέγιστη ταχύτητα ανέμου για την οποία η Α/Γ λειτουργεί χωρίς σοβαρό κίνδυνο βλάβης. Εάν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει αυτό το όριο, τότε η μηχανή ακινητοποιείται για λόγους ασφαλείας.

$$\text{Εάν } V_R < v < V_{max} \text{ τότε Ισχύς} = P_R$$

$$\text{Εάν } v > V_{max} \text{ τότε Ισχύς} = 0$$

Στην πράξη, εάν $V_R < v < V_{max}$ τότε μεταβάλλεται η κλίση των πτερυγίων της μηχανής ή περιστρέφεται όλη η άτρακτος ως προς τη διεύθυνση του ανέμου, ώστε να μειωθεί ο συντελεστής ισχύος και η μηχανική ισχύς με την οποία στρέφεται η γεννήτρια να μην είναι μεγαλύτερη από την επιθυμητή.

Διάμετρος του δρομέα

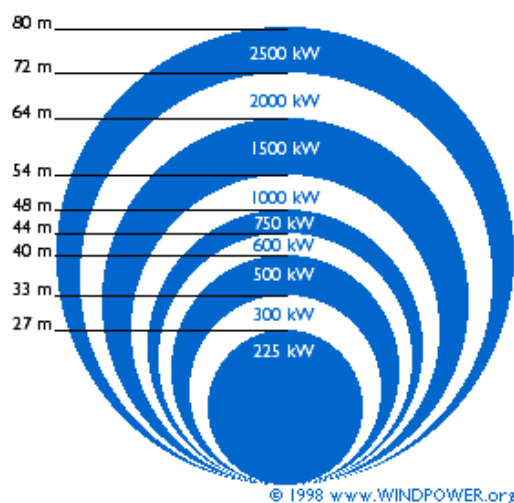
Οι παράγοντες που επιδρούν στον καθορισμό της διαμέτρου του δρομέα είναι αρκετοί. Μερικοί απ' αυτούς είναι το κόστος, οι κατασκευαστικές δυσκολίες, οι ανάγκες τις οποίες θα εξυπηρετεί η Α/Γ, η εγκατεστημένη ισχύς του δικτύου με το οποίο θα παραλληλιστεί η γεννήτρια κ.α.

Ο δρομέας των μεγάλων Α/Γ με ισχύ εκατοντάδων kW ή ακόμη και πάνω από 1MW, καλύπτει μεγάλες επιφάνειες. Ο σχεδιασμός τους και η μελέτη στατικής και αεροδυναμικής της μηχανής είναι αποτέλεσμα πολυετούς έρευνας.



Σχήμα 8.5: Ομάδα εργατών που ασχολούνται με τη συντήρηση και επισκευή δρομέα με διάμετρο 32 m, μιας μηχανής 1,5 MW.

Η αποδιδόμενη ισχύς μιας Α/Γ αυξάνεται με την επιφάνεια που καλύπτει ο δρομέας της μηχανής (Σχήμα 8.6). Συνεπώς, αφού η επιφάνεια του δρομέα αυξάνεται με το τετράγωνο της διαμέτρου του, μια Α/Γ που είναι δύο φορές μεγαλύτερη θα δεχτεί $2^2 = 4$ φορές περισσότερη ενέργεια.



Σχήμα 8.6: Αποδιδόμενη ισχύς αιολικών μηχανών σε συνάρτηση με την διάμετρο του δρομέα (Πηγή: windpower.dk).

Παράδειγμα

Για την κατασκευή μιας Α/Γ συνολικής ισχύος 600 kW, υπολογίστε πόσο θα πρέπει να είναι η διάμετρος του δρομέα. Αν διπλασιαστεί η διάμετρος, υπολογίστε την αποδιδόμενη ισχύ.

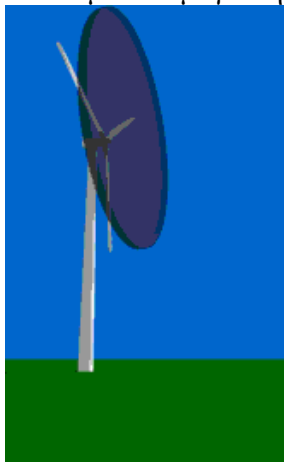
Από το Σχήμα 8.6 μπορούμε να έχουμε μια εκτίμηση του μεγέθους του δρομέα. Για μια μηχανή με ισχύ 600 kW θα απαιτηθεί μια διάμετρος 43 m. Εάν διπλασιαστεί η διάμετρος του δρομέα, θα έχουμε μια επιφάνεια που θα είναι τέσσερις φορές πιο μεγάλη. Αυτό σημαίνει ότι η αποδιδόμενη ισχύς θα είναι επίσης τέσσερις φορές μεγαλύτερη.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι για μηχανή 600 kW η διάμετρος του δρομέα μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 39-48 m. Η διάμετρος του δρομέα μπορεί να διαφέρει από τα πιο πάνω νούμερα, επειδή οι κατασκευαστές των μηχανών μπορεί να βελτιστοποιήσουν τις μηχανές τους σύμφωνα με τις επικρατούσες συνθήκες (ταχύτητα ανέμου) της περιοχής. Μια μεγάλη μηχανή χρειάζεται υψηλότερες ταχύτητες ανέμου για να λειτουργήσει. Συνεπώς, εάν εγκατασταθεί μια Α/Γ σε μια περιοχή με χαμηλές ταχύτητες ανέμου, θα μεγιστοποιηθεί η ετήσια απόδοση χρησιμοποιώντας μικρότερες σχετικά γεννήτριες για δεδομένο μέγεθος δρομέα (ή ένα μεγαλύτερο μέγεθος πτερωτής για δεδομένο μέγεθος της μηχανής).

Μια μικρότερη Α/Γ μπορεί να αποδώσει περισσότερο σε συνθήκες χαμηλών ταχυτήτων ανέμου επειδή η Α/Γ θα λειτουργεί περισσότερες συνολικά ώρες κατά τη διάρκεια του έτους.

Επιφάνεια Δρομέα

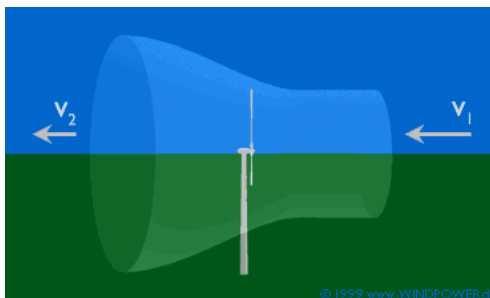
Η επιφάνεια του δρομέα (Σχήμα 8.7) καθορίζει τη ποσότητα της αιολικής ενέργειας που μπορεί να εκμεταλλευτεί μια ανεμογεννήτρια. Καθώς ο άνεμος πλησιάζει



© 1998 www.WINDPOWER.org

Σχήμα 8.7: Επιφάνεια σάρωσης του δρομέα της Α/Γ.

προς την ανεμογεννήτρια, παρατηρείται μια απόκλιση της διεύθυνσής του, αρκετά μέτρα πριν από τον δρομέα. Αυτό σημαίνει (σύμφωνα με το νόμο του Benz) ότι δεν θα είναι δυνατόν να εκμεταλλευθούμε όλη την αιολική ενέργεια που μεταφέρεται από τον άνεμο τη δεδομένη χρονική στιγμή. Στο Σχήμα 8.8 ο άνεμος πλησιάζει την Α/Γ από τα αριστερά, με μια ταχύτητα V_1 . Η πίεση του αέρα μειώνεται πίσω ακριβώς από τον δρομέα (φαίνεται στο σχήμα δεξιά). Κατόπιν σταδιακά αυξάνεται μέχρι να επανέλθει στην ατμοσφαιρική πίεση.



© 1998 www.WINDPOWER.org

Σχήμα 8.8: Ροή του αέρα πριν και μετά το δρομέα της Α/Γ.

Πυκνότητα του αέρα

Η κινητική ενέργεια του αέρα είναι ανάλογη της μάζας του αέρα. Συνεπώς, η διαθέσιμη κινητική ενέργεια του ανέμου εξαρτάται από την πυκνότητα του αέρα, δηλαδή τη μάζα του αέρα ανά μονάδα όγκου (κυβικά μέτρα).

Όσο πιο «βαρύς» είναι ο αέρας τόσο περισσότερη αιολική ενέργεια είναι διαθέσιμη στην ανεμογεννήτρια.

Σε κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες και 15°C , ο αέρας ζυγίζει $1,225 \text{ Kg}$ ανά κυβικό μέτρο, αλλά η πυκνότητα του αέρα μειώνεται κατά ένα ποσοστό αυξανόμενης

υγρασίας. Ο αέρας έχει μεγαλύτερη πυκνότητα όταν η θερμοκρασία του είναι χαμηλή απ' ότι όταν ο αέρας είναι ζεστός. Σε μεγάλο υψόμετρο (π.χ. ο αέρας στο βουνό) η ατμοσφαιρική πίεση είναι χαμηλότερη και ο αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα.

Τραχύτητα εδάφους

Ο σχεδιασμός της Α/Γ πρέπει να λαμβάνει υπόψη την κατανομή της ταχύτητας του ανέμου. Για παράδειγμα, μια μηχανή με ύψος πύργου 40 m και διάμετρο πτερωτής 40 m, θα είναι εκτεθειμένη σε 9,3 m/sec όταν το άκρο του πτερυγίου είναι στην κορυφή της περιστροφής και 7,7 m/sec όταν το άκρο του πτερυγίου είναι πλέον στο κατώτερο σημείο της περιστροφικής του κίνησης. Αυτό σημαίνει ότι οι δυνάμεις που θα ασκούνται στα πτερύγια όταν βρίσκονται στην πάνω θέση θα είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από αυτές που ασκούνται στο κάτω μέρος. Αντιπροσωπευτικές τιμές για το ύψος του πύργου για μηχανές 600 και 1500 kW είναι συνήθως 40 και 80 m αντίστοιχα.

Η μείωση της ταχύτητας του ανέμου επηρεάζει και την ισχύ που μπορεί να αποδώσει. Για παράδειγμα, με δεδομένη την τραχύτητα του εδάφους, η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται κατά 10% από τα 100 m στα 50 m. Η διαθέσιμη ισχύς του ανέμου όμως μειώνεται κατά 27% (από 613 σε 447 W/m²). Συγκρίνοντας την ταχύτητα του ανέμου κάτω απ' τα 100 m για διαφορετική τραχύτητα εδάφους για το ίδιο ύψος η ταχύτητα του ανέμου είναι πάντα μικρότερη στην περίπτωση που το έδαφος έχει μεγαλύτερη τραχύτητα.

Αποδιδόμενη Ενέργεια

Αφού μια ανεμογεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια από την αιολική ενέργεια, ο άνεμος αφού περάσει απ' την ανεμογεννήτρια πρέπει να έχει ένα μικρότερο ενεργειακό δυναμικό απ' αυτό που είχε πλησιάζοντας την αιολική μηχανή. Μια Α/Γ πάντα δημιουργεί ανεμοσκίαση στη διεύθυνση του ανέμου. Δημιουργείται ένας στρόβιλος πίσω απ' την αιολική μηχανή όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.9. Οι Α/Γ στα αιολικά πάρκα συνήθως τοποθετούνται σε απόσταση μεταξύ τους που είναι ισοδύναμη με τουλάχιστον τρεις φορές τη διάμετρο του δρομέα έτσι ώστε να αποφεύγεται η τυρβώδης ροή από τους στρόβιλους που δημιουργούνται. Οι Α/Γ που βρίσκονται στη διεύθυνση των ανέμων που κυριαρχούν σε μια περιοχή, τοποθετούνται ακόμη πιο μακριά η μια απ' την άλλη.



Σχήμα 8.9: Απεικόνιση του στρόβιλου πίσω απ' την Α/Γ.

8.5. Επιλογή Α/Γ για την κάλυψη των αναγκών μιας κατοικίας

Με τη βοήθεια της εταιρείας PHOTOVOLTAIC και συγκεκριμένα με τις συμβουλές του Κου Σιγάλα, έγινε κατανοητός ο πρακτικός τρόπος επιλογής μιας Α/Γ για ιδιωτική χρήση, σύμφωνα με τις απαιτήσεις σε ισχύ που πρέπει να καλυφθούν, π.χ. στην περίπτωση μιας κατοικίας.

Στον Πίνακα 8.1 που ακολουθεί αναφέρονται ορισμένα παραδείγματα ηλεκτρικών συσκευών ενός νοικοκυριού, καθώς επίσης και η ισχύς που αυτές καταναλώνουν.

Πίνακας 8.1

Ηλεκτρική συσκευή	Ισχύς σε W/hr
Ψυγείο	1.000 - 1.200 (24 ώρες λειτουργίας)
Τηλεόραση	40 – 60
Εστία ηλεκτρικής κουζίνας	2.000
Φούρνος	3.500
Πλυντήριο πιάτων ή ρούχων	2.500
Καφετιέρα	600
Τοστιέρα	1.500
Απορροφητήρας	120
Ηλεκτρική σκούπα	600
Θερμοσίφωνας (μικρός)	2.000

Μελετώντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Α/Γ που εμπορεύεται η εταιρεία PHOTOVOLTAIC, και που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη συγκεκριμένη περίπτωση, καταλήξαμε στην Α/Γ **Whisper H-180** (Αμερικής). Αυτή η Α/Γ διαθέτει εξωτερική διάταξη ανόρθωσης και ελέγχου τάσης – ρυθμιστή φόρτισης συσσωρευτών, καθώς επίσης και διπλή προστασία από ισχυρούς ανέμους. Επιπλέον χαρακτηριστικά της Α/Γ αναφέρονται πιο κάτω.

Ονομαστική ισχύς	1000 W
Ταχύτητα ονομαστικής ισχύος	10,5 m/s
Ταχύτητα έναρξης παραγωγής	3,1 m/s
Τάση συστήματος	12/24 V
Αριθμός πτερυγίων	3
Διάμετρος επιφάνειας σάρωσης	3,0 m/s
Βάρος	30,0 kg
Εγγύηση	1 χρόνος
Τιμή	4.220 €

Λαμβάνουμε υπ' όψιν ότι η Α/Γ είναι τύπου **Whisper H-180**, ονομαστικής ισχύος 1.000 W, η οποία θα λειτουργεί 4 hr το 24ωρο στο max, αποδίδοντας 4.000 W. Οι 4.000 Whr στα 24 V αποδίδουν 166 A το 24ωρο.

Επιπλέον θα χρειαστούν 12 συσσωρευτές των 2V για να αποθηκεύουμε την ενέργεια καθώς επίσης και ένας μετατροπέας (50 c/sec) που θα μετατρέπει το συνεχές

ρεύμα σε εναλλασσόμενο 220V. Οι συσσωρευτές που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι τύπου

OP2S 800 με διαστάσεις:

Ύψος: 712mm

Μήκος: 210mm

Πλάτος: 191mm

Συνοψίζοντας, λοιπόν, τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι στο συνολικό κόστος πρέπει να προστεθεί και ο ιστός στήριξης της Α/Γ, προκύπτει το εξής κοστολόγιο:

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΤΙΜΗ €	ΣΥΝ. ΤΙΜΗ €
Α/Γ Whisper H-80	1	4.220,00	4.220,00
Μετατροπέας	1	3.690,00	3.690,00
Συσσωρευτής OP2S 800	12	290,00	3.480,00
Ιστός στήριξης Α/Γ	1	700,00	700,00
ΣΥΝΟΛΟ:			12.090,00
Φ.Π.Α. 19%:			2.297,10
ΤΕΛ. ΤΙΜΗ:			14.387,10

Όπως αντιλαμβάνεται κανείς, με μια Α/Γ μπορούν να εργαστούν ταυτόχρονα περιορισμένες ηλεκτρικές συσκευές. Συνήθως για να καλυφθούν οι ανάγκες μιας κατοικίας, παράλληλα με την Α/Γ χρησιμοποιούνται και άλλα συστήματα, κυρίως φωτοβολταϊκά ή ακόμα και μια δεύτερη Α/Γ, γεγονός που ανεβάζει ακόμα περισσότερο το συνολικό κόστος μιας τέτοιας εγκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

9.1. Γενικά

Τα αιολικά πάρκα (ΑΠ) αποτελούνται από σειρές ανεμογεννητριών (ΑΓ) που μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική· έτσι γίνεται η εκμετάλλευση του τοπικού αιολικού δυναμικού που αποτελεί μια ανεξάντλητη φυσική πηγή. Η λειτουργία των ΑΓ δεν απαιτεί πρώτες ύλες, εκτός από την αιολική ενέργεια, και δεν εκπέμπει καμία μορφή ρύπου ή αποβλήτων. Επίσης, το παραγόμενο προϊόν μεταφέρεται απευθείας στο δίκτυο της ΔΕΗ προς κατανάλωση και, επομένως, δεν απαιτείται κανενός είδους μετατροπή πρώτης ύλης ή προϊόντος.



Φωτογραφία 9.1: Άποψη Αιολικού Πάρκου.

Η πυκνότητα της αιολικής ενέργειας είναι μικρή με αποτέλεσμα για να παραχθεί μια αξιόλογη ποσότητα ενέργειας, συγκρίσιμη με αυτή των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, να απαιτούνται εκατοντάδες αιολικές μηχανές. Λόγω προβλημάτων διαθεσιμότητας γης σε συνδυασμό με ύπαρξη καλού αιολικού δυναμικού, καθώς και την επιδίωξη της ελαχιστοποίησης του κόστους εγκατάστασης η σοβαρή ηλεκτροπαραγωγή από Α/Γ γίνεται σε Αιολικά Πάρκα, δηλαδή σε περιοχές λίγων τετραγωνικών χιλιομέτρων όπου εγκαθίστανται σε ορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους οι Α/Γ. Στη Φωτογραφία 9.2 παρουσιάζεται το αιολικό πάρκο του οροπεδίου του Λασιθίου ενώ στην Φωτογραφία 9.3 παρουσιάζεται ένα σύγχρονο αιολικό πάρκο με Α/Γ Howden εγκατεστημένο στο Altamont της Καλιφόρνιας.



Φωτογραφία 9.2: Αιολικό Πάρκο του οροπεδίου Λασιθίου Κρήτης.

Η θέση εγκατάστασης των αιολικών μηχανών, η διάταξη τόσο μεταξύ τους όσο και ως προς την επικρατούσα κατεύθυνση ανέμου, αποτελεί αντικείμενο ερευνητικής προσπάθειας σήμερα, με στόχο την ελαχιστοποίηση της αλληλεπίδρασης των Α/Γ που μπορούν να εγκατασταθούν στη διαθέσιμη γη και τέλος τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του αιολικού πάρκου.



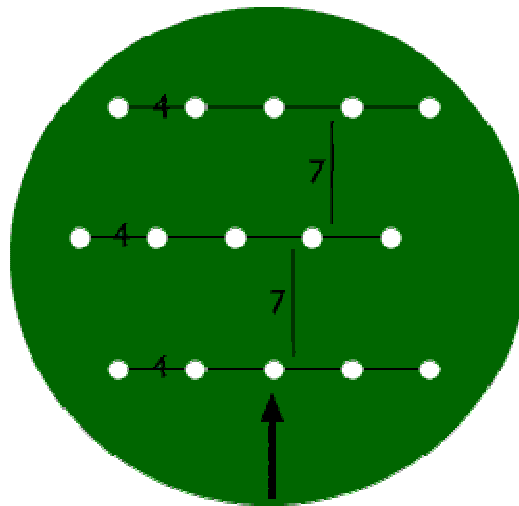
Φωτογραφία 9.3: Αιολικό Πάρκο στο Altamont στην Καλιφόρνια.

9.2. Χωροθέτηση μηχανών σε Αιολικά Πάρκα

Οι ανεμογεννήτριες θα έπρεπε να τοποθετούνται όσο το δυνατόν πιο μακριά η μία απ' την άλλη. Δεδομένου όμως ότι η αξία της γης είναι συνήθως μεγάλη και το κόστος διασύνδεσης και ελέγχου όλων των μηχανών απαιτεί τη συγκέντρωσή τους σε λογικές μεταξύ τους αποστάσεις, οι μηχανές συνήθως τοποθετούνται ως εξής:

- Σε απόσταση 5-9 διαμέτρους του δρομέα μακριά η μία απ' την άλλη όταν είναι τοποθετημένες στην επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου για τη δεδομένη περιοχή.
- Σε απόσταση μεταξύ τους 3-5 διαμέτρους του δρομέα μακριά η μία απ' την άλλη όταν είναι τοποθετημένες κάθετα με την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου.

Στο Σχήμα 9.1 φαίνονται τρεις σειρές με πέντε μηχανές η κάθε μια σειρά. Οι Α/Γ φαίνονται με τις άσπρες βούλες και τοποθετούνται σε απόσταση μεταξύ τους 7 διαμέτρων στην επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου και 4 διαμέτρους στην κατεύθυνση κάθετη στην επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου.



© 1998 www.WINDPOWER.org

Σχήμα 9.1. : Χωροθέτηση Α/Γ σε Αιολικό Πάρκο.

Η χωροθέτηση αποτελεί μία απαραίτητη προϋπόθεση για την έκδοση της άδειας εγκατάστασης για τον αιολικό σταθμό.

9.3. Κριτήρια για την κατάλληλη θέση εγκατάστασης ενός Αιολικού Πάρκου.

Το υψηλό αιολικό δυναμικό της εξεταζόμενης περιοχής δεν αποτελεί το μόνο κριτήριο για την επιλογή της. Άλλοι παράμετροι που θα πρέπει να συμπεριληφθούν στην εξέτασή της είναι:

- Τα γειτονικά δίκτυα με τη ΔΕΗ ανάλογης ισχύος και η ύπαρξη δρόμων πρόσβασης.
- Αποστάσεις από τις κοντινότερες κοινότητες.
- Το αρχαιολογικό ενδιαφέρον για την εξεταζόμενη περιοχή.
- Η θέση της Α/Γ σε σχέση με τους αναμεταδότες της ΕΡΤ και του ΟΤΕ.
- Αποστάσεις απ' τα αεροδρόμια.
- Ειδικά προγράμματα περιβαλλοντικής προστασίας (NATURA, RAMSAR, κλπ.)

9.4. Επιλογή Α/Γ μεγάλων ή μικρών διαστάσεων

Οι μηχανές 600 και 750 kW συνεχίζουν να είναι οι πλέον δημοφιλείς, όμως σιγά-σιγά αρχίζει να δημιουργείται ενδιαφέρον για τις μηχανές των megawatt.

Οι μεγάλες μηχανές είναι ιδανικές για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων στη θάλασσα και σε περιοχές όπου υπάρχει έλλειψη ελεύθερων εκτάσεων για την ανάπτυξη των αιολικών πάρκων.

Πλεονεκτήματα επιλογής μεγάλων Α/Γ.

1. Αρχικά υπάρχουν οικονομικοί λόγοι κατά την κλιμακωτή αύξηση του μεγέθους των Α/Γ. Για παράδειγμα οι μεγαλύτερες Α/Γ συνήθως είναι ικανές να διανέμουν ηλεκτρική ενέργεια με μικρότερο κόστος, απ' ότι μια Α/Γ μικρότερου μεγέθους. Ο λόγος είναι ότι το κόστος υποδομής, η κατασκευή δρόμων, η σύνδεση ηλεκτρικού δικτύου και επιπλέον ένας σημαντικός αριθμός συνιστωσών κατά την κατασκευή των Α/Γ (όπως το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου), είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητα απ' το μέγεθος της Α/Γ.
2. Οι μεγαλύτερες Α/Γ χρησιμοποιούνται ιδιαίτερος στην εγκατάσταση Αιολικών Πάρκων στη θάλασσα. Τα κόστη εγκατάστασης δεν αυξάνονται αναλογικά με το μέγεθος της Α/Γ και τα κόστη συντήρησης είναι και αυτά σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητα απ' το μέγεθος της Α/Γ.
3. Στις περιοχές όπου είναι δύσκολο να βρεθεί τοποθεσία για την εγκατάσταση περισσότερων από μιας Α/Γ, μια μεγάλη Α/Γ με μεγάλο ύψος πύργου εκμεταλλεύεται πιο αποτελεσματικά τους υπάρχοντες ανέμους.

Πλεονεκτήματα επιλογής μικρών Α/Γ.

1. Το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο μπορεί να είναι αρκετά αδύναμο στο να μεταχειριστεί την εξαγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μιας μεγάλης Α/Γ. Αυτό μπορεί να συμβεί στην περίπτωση των απομακρυσμένων περιοχών του ηλεκτρικού δικτύου με μικρή πυκνότητα πληθυσμού και μικρή ηλεκτρική κατανάλωση.
2. Η διακύμανση της εξαγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, που οφείλεται στις απρογραμμάτιστες διακυμάνσεις του ανέμου, είναι μικρότερη σε ένα αιολικό πάρκο που αποτελείται από Α/Γ μικρού μεγέθους, και μάλιστα τείνει να εξουδετερωθεί.

3. Το κόστος χρήσης μεγάλων γερανών και η κατασκευή δρόμων αρκετά στέρεων για να μεταφέρουν τα μέρη που αποτελούν μια Α/Γ, μπορεί να είναι μικρότερο στην περίπτωση των μικρότερων Α/Γ, σε ορισμένες περιοχές.
4. Η μελέτη αισθητικής του τοπίου μπορεί, ορισμένες φορές να υπαγορεύει τη χρήση μικρότερων Α/Γ. Παρ' όλα αυτά, οι μεγαλύτερες Α/Γ συνήθως έχουν πολύ μικρότερη περιστροφική ταχύτητα, που σημαίνει ότι μια μεγάλη Α/Γ προσελκύει λιγότερο την προσοχή απ' ότι πολλές μικρότερες Α/Γ που κινούνται γρηγορότερα.

9.5. Ισχύς Αιολικού Συστήματος.

Η ισχύς ενός αιολικού συστήματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Ισχύς} = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot \eta$$

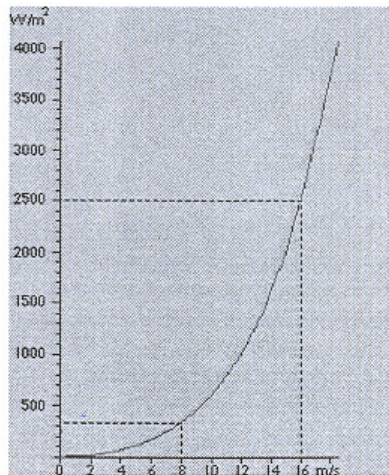
όπου ρ : η πυκνότητα του αέρα

A : η επιφάνεια που καλύπτει ο δρομέας

V : η ταχύτητα του ανέμου

η : η απόδοση του συστήματος

Μια αντιπροσωπευτική καμπύλη της μεταβολής της αποδιδόμενης ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας του δρομέα της Α/Γ σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου, παρουσιάζεται στο Σχήμα 9.2.



Σχήμα 9.2: Σχέση της ταχύτητας του ανέμου και της αποδιδόμενης ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας του δρομέα (Πηγή: DWTM Association).

Παράδειγμα

Μια μικρή ανεμογεννήτρια έχει ισχύ 6 W όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι 6 km/h. Υπολογίστε την ισχύ του ίδιου συστήματος όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι 20 km/h.

Έχουμε: $V_1 = 6 \text{ km/h} = 1,67 \text{ m/sec}$
και: $V_2 = 20 \text{ km/h} = 5,55 \text{ m/sec}$

Οπότε:

$$\left. \begin{aligned} I_{\sigma\chi\upsilon\varsigma_1} &= 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot V_1^3 \cdot \eta \\ I_{\sigma\chi\upsilon\varsigma_2} &= 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot V_2^3 \cdot \eta \end{aligned} \right\} \xrightarrow{(\text{c})} \frac{I_{\sigma\chi\upsilon\varsigma_1}}{I_{\sigma\chi\upsilon\varsigma_2}} = \frac{V_1^3}{V_2^3} \Rightarrow \frac{6W}{I_{\sigma\chi\upsilon\varsigma_2}} = \frac{(1,67 \text{ m/sec})^3}{(5,55 \text{ m/sec})^3} \Rightarrow I_{\sigma\chi\upsilon\varsigma_2} = 220W$$

Παράδειγμα

Θεωρούμε ότι ο άνεμος έχει διεύθυνση κάθετη με την επιφάνεια που σαρώνει ο δρομέας. Υπολογίστε την ισχύ για ταχύτητα ανέμου 8m/sec και 16m/sec.

Σύμφωνα με το Σχήμα 9.2 έχουμε:

$$\begin{aligned} \text{Για } V_1 &= 8 \text{ m/sec προκύπτει ότι } I_{\sigma\chi\upsilon\varsigma_1} = 320 \text{ W/m}^2 \\ \text{Για } V_2 &= 16 \text{ m/sec προκύπτει ότι } I_{\sigma\chi\upsilon\varsigma_2} = 2500 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

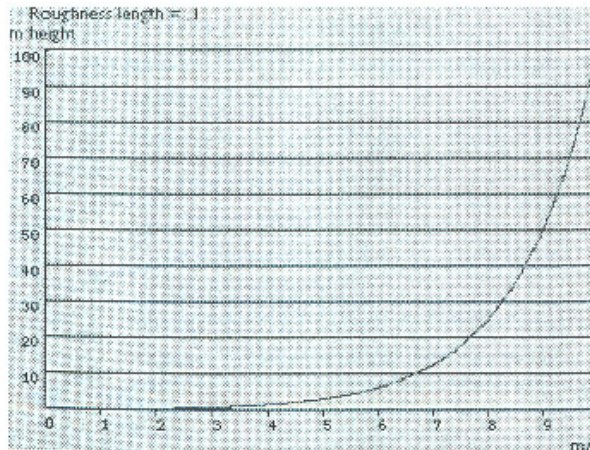
Μια απλοποιημένη σχέση που δίνει σχετικά καλά αποτελέσματα για μέσες συνθήκες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της θεωρητικά μέγιστης ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας του δρομέα (kW/m^2), και είναι η εξής:

$$I_{\sigma\chi\upsilon\varsigma} [\text{kW/m}^2] = 6,1 \cdot 10^{-4} \cdot V^3$$

Μέγιστη ισχύς

Σύμφωνα με τον Νόμο του Betz, χρησιμοποιώντας μια Α/Γ μπορούμε να εκμεταλλευτούμε μέχρι το 59% της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Δηλαδή η μέγιστη ισχύς μιας Α/Γ για δεδομένη τιμή της ταχύτητας του ανέμου υπολογίζεται με έναν συντελεστή ισχύος $C_p = 0,593$.

Ανάλογα με την τραχύτητα του εδάφους, αναπτύσσεται μια διαφορετική καθ' ύψος κατανομή της ταχύτητας του ανέμου. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 9.3, παρουσιάζεται η κατανομή της ταχύτητας σε μια αγροτική περιοχή με μερικά εμπόδια (π.χ. σπίτια και αποθήκες σε διαστήματα 500 m) υποθέτοντας ότι η ταχύτητα του ανέμου είναι 10 m/sec σε ύψος 100 m.



Σχήμα 9.3: Κατανομή της ταχύτητας του ανέμου σε αγροτική περιοχή με λίγα εμπόδια (Πηγή: windpower.dk).

9.6. Αιολικά Πάρκα στην Ελλάδα

Τον Οκτώβριο του 2001 τέθηκε σε λειτουργία ένα αιολικό πάρκο ισχύος 7,40MW από την εταιρεία «Διεθνής Αιολική Α.Τ.Ε.Β.Ε.», αποτελούμενο από 10 Α/Γ στη θέση «Ηλιόλουστη», που βρίσκεται περίπου 20 χλμ. βόρεια – βορειοανατολικά από το Μαρμάρι της Εύβοιας. Το αιολικό αυτό πάρκο παράγει ηλεκτρική ενέργεια την οποία διαθέτει στη ΔΕΗ, μέσω κατάλληλα κατασκευασμένου υποσταθμού. Στην ίδια περιοχή προγραμματίζεται σύντομα να εγκατασταθεί ως επέκταση και άλλο ένα αιολικό πάρκο ισχύος 10,5 MW.

Άλλες δύο θυγατρικές εταιρείες των *Damco Energy A.E.* και *Διεθνής Κατασκευαστική Α.Τ.Τ.Ν.Ε.*, έχουν κατασκευάσει και λειτουργούν απ' το Φεβρουάριο του 2003 τέσσερα αιολικά πάρκα στους Νομούς Ροδόπης και Έβρου, στη Θράκη, συνολικής ισχύος 51,75 MW και ύψους επένδυσης 62.000.000 ευρώ αποτελώντας το μεγαλύτερο ενοποιημένο πάρκο στην Ελλάδα. Τα τέσσερα αυτά αιολικά πάρκα, αποτελούμενα συνολικά από 59 Α/Γ, και συγκεκριμένα στις θέσεις «Άσπρη Πέτρα», «Σωρός», «Γεράκι» και «Μοναστήρι», έχουν διασυνδεθεί με το δίκτυο της ΔΕΗ μέσω εναέριων γραμμών μεταφοράς και Υποσταθμού Ανύψωσης 20/150 kV, για πρώτη φορά κατασκευασμένα από ιδιώτη. Επιπλέον έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή ενός ακόμα αιολικού πάρκου στη Θράκη, ισχύος 10,8 MW που λειτούργησε στα τέλη του 2004, καθιστώντας τις εταιρείες *Damco Energy A.E.* και *Διεθνής Κατασκευαστική Α.Τ.Τ.Ν.Ε.* να κατέχουν μερίδιο αγοράς που προσεγγίζει το 20% στο χώρο της αιολικής ενέργειας. Με στόχο την συνεχή και επιτυχή ανάπτυξη στο χώρο των Α.Π.Ε., στελέχη των προαναφερθέντων και άλλων εταιρειών, με πολυετή εμπειρία και γνώση, συλλέγουν και αναλύουν ανεμολογικά δεδομένα από πολλές κατάλληλες περιοχές της Ελλάδας και έχουν υποβάλει αιτήσεις με σκοπό την ανάπτυξη νέων Αιολικών Πάρκων εγκατεστημένης ισχύος που ξεπερνά τα 120 MW.

Ο υπουργός Ανάπτυξης Δημήτρης Σιούφας, εγκαινίασε στις 29/10/2006 αιολικό πάρκο στον Αχλαδόκαμπο του Ν. Αργολίδας. Σύμφωνα με τα λεγόμενά του, πρόκειται για ένα ακόμη σημαντικό έργο, που δημιουργείται στο πλαίσιο της Νέας Ενεργειακής Στρατηγικής για την ανάπτυξη των ανεξάντλητων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Η επένδυση φτάνει συνολικά τα 33 εκατ. ευρώ και επιχορηγήθηκε με 9,32 εκατ.

ευρώ, στο πλαίσιο του Αναπτυξιακού Νόμου. Στο Νομό Αργολίδας έχουν ήδη εκδοθεί (12) άδειες παραγωγής για νέα αιολικά πάρκα στο Νομό, εγκατεστημένης ισχύος 223 MW.

Το συγκεκριμένο Αιολικό Πάρκο στον Αχλαδόκαμπο, διαθέτει δέκα (10) ανεμογεννήτριες και η ηλεκτρική ενέργεια που θα παράγεται κάθε χρόνο εκτιμάται ότι θα φτάνει τις 69 γιγαβατώρες (GWh). Η ηλεκτρική αυτή ενέργεια ισοδυναμεί με την ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση 30.000 νοικοκυριών. Και αυτό σημαίνει εξοικονόμηση 15.000 τόνων πετρελαίου και κατ' επέκταση, προστασία του περιβάλλοντος, καθώς αποφεύγεται η εκπομπή 59.000 τόνων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Αυτή είναι η μεγάλη οικονομική, ενεργειακή και περιβαλλοντική διάσταση του έργου και της προώθησης των ΑΠΕ στο εγχώριο ενεργειακό ισοζύγιο

Επένδυση 700 εκατ. ευρώ για Αιολικά Πάρκα στις Κυκλάδες

Τον Ιούνιο του 1997 εκδόθηκε μια ιστορική απόφαση του 5^{ου} Τμήματος του ΣτΕ, που καθορίζει μέχρι και σήμερα τις εξελίξεις σχετικά με την ενεργειακή ανάπτυξη των Κυκλάδων. Με την απόφαση αυτή αποκλείστηκε η ανάπτυξη πυλώνων υψηλής τάσης στις Κυκλάδες και προκρίθηκαν οι ήπιες, τοπικές μορφές παραγωγής ενέργειας. Οι Κυκλάδες είναι προικισμένες με ένα εξαιρετικά υψηλό αιολικό δυναμικό, το οποίο σε περιόδους αιχμής μπορεί να υπερκαλύψει τις ενεργειακές ανάγκες όλου του συμπλέγματος σε βάθος χρόνου.

Δρομολογημένες τεχνικές παρεμβάσεις αύξησης μεταφορικής ικανότητας ηλεκτρικών δικτύων

Γνωρίζοντας άριστα τα δεδομένα αυτά, ο επιχειρηματίας Δημήτρης Κοπελούζος, οδηγήθηκε στο συμπέρασμα ότι το πρόβλημα ηλεκτροδότησης των νησιών αυτών μπορεί να λυθεί με τον αποτελεσματικότερο τρόπο, αξιοποιώντας το πλούσιο αιολικό δυναμικό. Αυτό που έλειπε ήταν η συνολική λύση, που θα περιελάμβανε και τη διασύνδεση των Κυκλάδων με το ηπειρωτικό σύστημα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αξιόπιστη ηλεκτροδότηση των νησιών ακόμα και σε περιόδους νηνεμίας. Με πρωτοβουλία του Δημήτρη Κοπελούζου και του Ομίλου του, σε συνεργασία με τον Όμιλο Σαμαρά, κατατέθηκε πρόσφατα αίτηση στη ΡΑΕ για την ανάπτυξη 12 αιολικών πάρκων συνολικής μέγιστης ισχύος 400 MW στα νησιά Άνδρος, Τήνος, Πάρος και Νάξος. Η πρόταση συνοδεύεται από ένα δίκτυο υποβρύχιων καλωδίων που αφενός συνδέουν τα νησιά αυτά και τη Σύρο μεταξύ τους, αφετέρου δε τη Σύρο με το Λαύριο μέσω ενός υποβρύχιου καλωδίου συνεχούς ρεύματος. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η πλήρης ασφάλεια τροφοδοσίας τόσο των νησιών αυτών όσο και μιας σειράς μικρότερων γειτονικών τους (Μύκονος, Ίος, Αντίπαρος, Κουφονήσια, Σίκινος, Φολέγανδρος). Με τη διασύνδεση προς το Λαύριο τα νησιά αυτά θα ηλεκτροδοτούνται κανονικά, ακόμα και όταν δε φυσάει καθόλου, ενώ παράλληλα μπορεί να απορροφάται όλη η αιολική παραγωγή όταν τα νησιά δεν έχουν υψηλή κατανάλωση. Η προτεινόμενη λύση δεν προβλέπει ούτε ένα μέτρο γραμμών υψηλής τάσης στα νησιά, μιας και όλο το δίκτυο αποτελείται μόνο από υποβρύχια καλώδια και απλές γραμμές μέσης τάσης σε ξύλινους στύλους.

Οι περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού (Νησιά Αιγαίου, Νότια Εύβοια, Ανατολική Πελοπόννησος, Θράκη) έχουν ήδη προσελκύσει μεγάλο αριθμό επενδυτών. Το κύριο χαρακτηριστικό των ιδιαίτερα ανεμωδών και συνήθως αραιοκατοικημένων

περιοχών είναι η ανεπάρκεια της υποδομής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας που κατασκευάστηκε πολύ πριν αναδυθεί η ανανεώσιμη ενέργεια ως βιώσιμη εναλλακτική λύση. Έτσι στις ηπειρωτικές περιοχές υψηλού φυσικού δυναμικού, οι δυνατότητες επενδύσεων αιολικής ενέργειας έχουν περιοριστεί από τις δυνατότητες διείσδυσης στο ηλεκτρικό δίκτυο και παρόμοιοι περιορισμοί υφίστανται και στα νησιά εμποδίζοντας περαιτέρω διείσδυση ανανεώσιμης ενέργειας.

Για τη **Νότια Εύβοια** προβλέπεται η σύνδεση του δικτύου της με τον υποσταθμό Νέας Μάκρης στην Αττική (συμπεριλαμβάνονται δύο υποβρύχια καλώδια 150 kV) μέσω νέου υποσταθμού στην περιοχή του Πολυποτάμου για την απορρόφηση της αιολικής ενέργειας της ευρύτερης περιοχής. Επίσης μελετάται η ενίσχυση-αναβάθμιση της γραμμής Αλιβέρι - Ψαχνά - Σχηματάρι και η κατασκευή δύο νέων ακτινικών γραμμών από τον νέο υποσταθμό στην περιοχή του Πολυποτάμου προς την Νότια Εύβοια με παράλληλη ανάπτυξη συνολικά 9 υποσταθμών 20/150 kV. Μέχρι σήμερα έχουν ολοκληρωθεί οι μελέτες όδευσης και οι περισσότερες μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το τμήμα των έργων επί της Νότιας Εύβοιας. Το σύνολο των ανωτέρω έργων θα επιτρέψει τη σύνδεση **530 MW** αιολικών πάρκων που θα εγκατασταθούν στην Εύβοια καθώς και τα νησιά των Κυκλάδων που είναι συνδεδεμένα με το διασυνδεδεμένο Σύστημα της ηπειρωτικής χώρας (Άνδρος - Τήνος). Στο υφιστάμενο δίκτυο λειτουργούν ήδη αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 203 MW.

Στην περιοχή της **Νοτιοανατολικής Πελοποννήσου** είναι δυνατή κατά την παρούσα στιγμή η σύνδεση 40 MW στον υποσταθμό Μολάων. Εξάλλου το Μάρτιο του 2005 άρχισε η κατασκευή της γραμμής μεταφοράς διπλού κυκλώματος 150 kV 'Αστρος-Μολάοι μήκους 80 χλμ. και ήδη έχει εκτελεστεί το 25% του έργου η ολοκλήρωση του οποίου προβλέπεται μέσα στο πρώτο εξάμηνο του 2006. Η αναβάθμιση της γραμμής μεταφοράς 'Αργος II-'Αστρος βρίσκεται σε στάδιο έγκρισης περιβαλλοντικών όρων και προβλέπεται ολοκλήρωση του έργου μέσα στο 2007. Μετά την ολοκλήρωση των έργων θα καταστεί δυνατή η σύνδεση επιπλέον **280 MW** αιολικών πάρκων.

Στην περιοχή της **Ανατολικής Μακεδονίας** και **Θράκης** έχουν ήδη συνδεθεί και λειτουργούν αιολικά πάρκα ισχύος 162,5 MW και βρίσκεται σε στάδιο κατασκευής ένα ακόμη ισχύος 34 MW. Η απορρόφηση περαιτέρω ισχύος εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο αύξησης της μεταφορικής ικανότητας του εθνικού συστήματος στην εν λόγω περιοχή και συγκεκριμένα με την κατασκευή α) της γραμμής 400 kV διπλού κυκλώματος στο τμήμα Φίλιπποι-Νέα Σάντα και απλού κυκλώματος στο τμήμα Νέα Σάντα-Τουρκία (Babaeski) που εκτιμάται ότι θα αρχίσει το Δεκέμβριο 2005 και θα ολοκληρωθεί το 2007 και β) του Κέντρου Υπερψηλής Τάσης Νέας Σάντας που βρίσκεται σε στάδιο περιβαλλοντικής αδειοδότησης με εκτιμώμενο χρόνο πλήρους ανάπτυξης το 2009 οπότε η συνολική απορρόφηση αιολικής ενέργειας θα αυξηθεί κατά **350 MW** περίπου.



Χάρτης 9.1.: Οδευση έργων ενίσχυσης συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στις περιοχές Ν. Εύβοιας και Ανατολικής Πελοποννήσου.

Στην **Κρήτη, Ρόδο, Λέσβο και τα άλλα μη διασυνδεδεμένα νησιά του Αιγαίου**, οι περιορισμοί που τίθενται σήμερα από τα τοπικά δίκτυα αντιστοιχούν σε δυνατότητα απορρόφησης αιολικής ενέργειας σε ποσοστό 30% της ζήτησης αιχμής ισχύος, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη δυνατότητες αποθήκευσης μέσω υβριδικών συστημάτων (βλ. παρ. 11.4), δηλαδή χονδρικά σε 300 MW. Από αυτά τα 210 MW διαθέτουν ήδη άδεια εγκατάστασης ή άδεια λειτουργίας. Σημειώνεται πάντως ότι τελεί υπό επεξεργασία, με τη συνεργασία της ΡΑΕ της ΔΕΗ ως διαχειρίστριας του Δικτύου, λεπτομερής μελέτη των δυνατοτήτων απορρόφησης ανανεώσιμης ενέργειας αυτών των νήσων. Ειδικότερα στην Κρήτη λειτουργούν ήδη αιολικά πάρκα ισχύος 87 MW ενώ η συνολική δυνατότητα απορρόφησης υπερβαίνει τα 120 MW.

Με βάση τα πιο πάνω, η ισχύς των επί πλέον αιολικών πάρκων που θα μπορεί να εγκατασταθούν στα νησιά ή στις περιοχές όπου έχει δρομολογηθεί η ανάπτυξη των δικτύων, συνοψίζεται στον Πίνακα 9.1..

Περιοχές δρομολογημένων παρεμβάσεων	Ισχύς (MW)
1. Εύβοια - Άνδρος – Τήνος	530
2. Νοτιοανατολική Πελοπόννησος	280
3. Ανατολική Μακεδονία – Θράκη	350
4. Κρήτη, Ρόδος και άλλα μη διασυνδεδεμένα νησιά	80
Σύνολο	1.240

Πίνακας 9.1.: Πρόσθετη αιολική ισχύς λόγω δρομολογημένων παρεμβάσεων



Σημειώνεται ότι από τα έργα του Πίνακα 9.1 συνολικής ισχύος 1.240 MW, έως τον Οκτώβριο του 2005 είχαν εκδοθεί άδειες παραγωγής για 970 MW.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η παραγόμενη αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα, δηλαδή σαν περιστροφική ταχύτητα του άξονα, είτε έμμεσα, με μετατροπή κυρίως σε ηλεκτρικό ρεύμα. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκεί όπου παράγεται ή να μεταφερθεί σε ευρύτερες περιοχές.

10.1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η μηχανική ενέργεια του δρομέα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κίνηση γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το παραγόμενο ρεύμα μπορεί να χρησιμοποιείται για τη φόρτωση συσσωρευτών (μικρές μονάδες), όπως έχει ήδη περιγραφεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, ή να διοχετεύεται απ' ευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο, οπότε στην περίπτωση αυτή γίνεται εξοικονόμηση καυσίμου από τον κεντρικό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής.

Μια άλλη δυνατότητα με πολύ καλές προοπτικές είναι η χρήση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρόλυση νερού και η αποθήκευση του παραγόμενου υδρογόνου. Το υδρογόνο θα μπορούσε να μεταφερθεί σε άλλες θέσεις για καύση (π.χ. κινητήρες αυτοκινήτων) με προϊόν καύσης το νερό.



Φωτογραφία 10.1: Α/Γ νέου τύπου, μικρών διαστάσεων.

Στην πιο πάνω εικόνα φαίνεται μια νέου τύπου Α/Γ, η οποία συναντάται ιδιαίτερα στην Αμερική και είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να λειτουργεί αθόρυβα και σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου. Η χρήση αυτού του τύπου Α/Γ βρίσκει εφαρμογή σε αγροτικές περιοχές, καθώς επίσης και σε περιοχές αποτελούμενες από κατοικίες και επιχειρηματικούς χώρους. Μικρά κατανεμημένα αιολικά συστήματα παρουσιάζουν σημαντική συνεισφορά στις εθνικές ενεργειακές απαιτήσεις.

Οι κτηνοτρόφοι, οι επιχειρηματίες και οι κάτοικοι της αγροτικής Αμερικής, χρησιμοποιώντας μικρές Α/Γ, μπορούν να μειώσουν το κόστος των εξόδων για

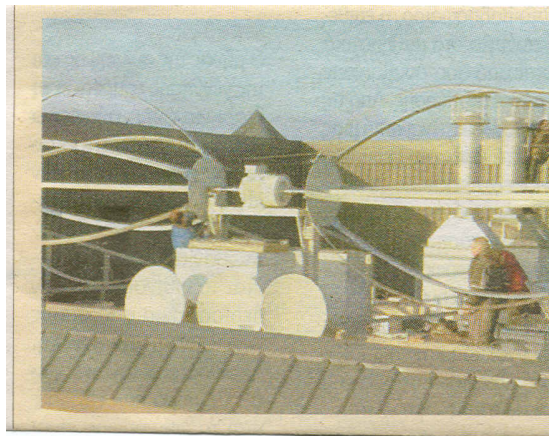
κατανάλωση ρεύματος και να σταθεροποιήσουν την κάλυψη των αναγκών τους με ηλεκτρικό ρεύμα, μειώνοντας, παράλληλα, σημαντικά την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα απ' τις συμβατικές πηγές καυσίμων. Προκειμένου να αυξηθεί η χρήση μικρών Α/Γ, οι μελετητές και κατασκευαστές εργάζονται για την κατασκευή πιο αποδοτικών Α/Γ, με λιγότερο θόρυβο και πιο καλαίσθητη εμφάνιση. Μια εταιρεία στην Αριζόνα, η Southwest Windpower, δουλεύει απ' το 2000 πάνω στην κατασκευή τέτοιων μικρών Α/Γ.

➤ *Αστική Αιολική Ενέργεια*

Η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από ιδιώτες. Για την εγκατάσταση Α/Γ απαιτείται μελέτη ειδικού ο οποίος θα υποδείξει τόσο το μέγεθός της όσο και το ακριβές μέρος που θα τοποθετηθεί.

Η Α/Γ θα συνδεθεί με κλιματιστικά που θα εγκατασταθούν στο εσωτερικό της οικίας, τα οποία θα θερμαίνουν το χειμώνα και θα ψύχουν το καλοκαίρι. Σύμφωνα με τους ειδικούς, η Α/Γ καλό θα ήταν να είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο της ΔΕΗ, ώστε σε περίπτωση άπνοιας να καλύπτεται το ενεργειακό κενό με ηλεκτρικό ρεύμα.

Η Α/Γ της φωτογραφίας που ακολουθεί (Ολλανδικής κατασκευής, αλλά εγκατεστημένη στην ταράτσα εργατικής πολυκατοικίας στη Γαλλία) έχει οριζόντια διάταξη, ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται σε αστικά κτίρια. Μοιάζει λιγάκι με «χτυπητήρι αβγών της κουζίνας», αλλά οι κατασκευαστές της βεβαιώνουν ότι μπορεί να παράγει 7.000 κιλοβατώρες το χρόνο. Τη γεννήτριά της τροφοδοτούν με ηλεκτρισμό δύο ρότορες μήκους 5 μέτρων και διαμέτρου 2,5 μέτρων που περιστρέφονται γύρω από οριζόντιο άξονα. Ο παραγόμενος ηλεκτρισμός είναι επαρκής για την κάλυψη των κοινόχρηστων αναγκών (θέρμανση, φωτισμός κλιμακοστασίου και διαδρόμων) των 40 περίπου διαμερισμάτων που στεγάζει το κτίριο.



Φωτογραφία 10.2: Α/Γ νέου τύπου, αστικής χρήσης

Στις μέρες μας το κόστος κατασκευής των Α/Γ έχει μειωθεί σημαντικά και οι ειδικοί επισημαίνουν ότι η αιολική ενέργεια διανύει την «πρώτη» περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας.

10.2. Χρήση στη Γεωργία

Η Γεωργία καταναλώνει μικρές ποσότητες ενέργειας, σε σχέση με άλλες βιομηχανίες, όπως είναι η χημική βιομηχανία. Στις περιπτώσεις των αγροκτημάτων, που βρίσκονται απομονωμένα και καλύπτουν πολύ μεγάλες εκτάσεις, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση μικρών μονάδων παραγωγής ενέργειας για κάθε αγρόκτημα. Η επέκταση της χρήσης της αιολικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι θέμα κόστους λειτουργίας των διάφορων εναλλακτικών λύσεων που διατίθενται σήμερα. Φαίνεται όμως ότι το κόστος της εναλλακτικής χρήσης πετρελαίου σε μερικές περιπτώσεις νησιών και άλλων απομακρυσμένων περιοχών, αφήνει περιθώρια για την εγκατάσταση αιολικών συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

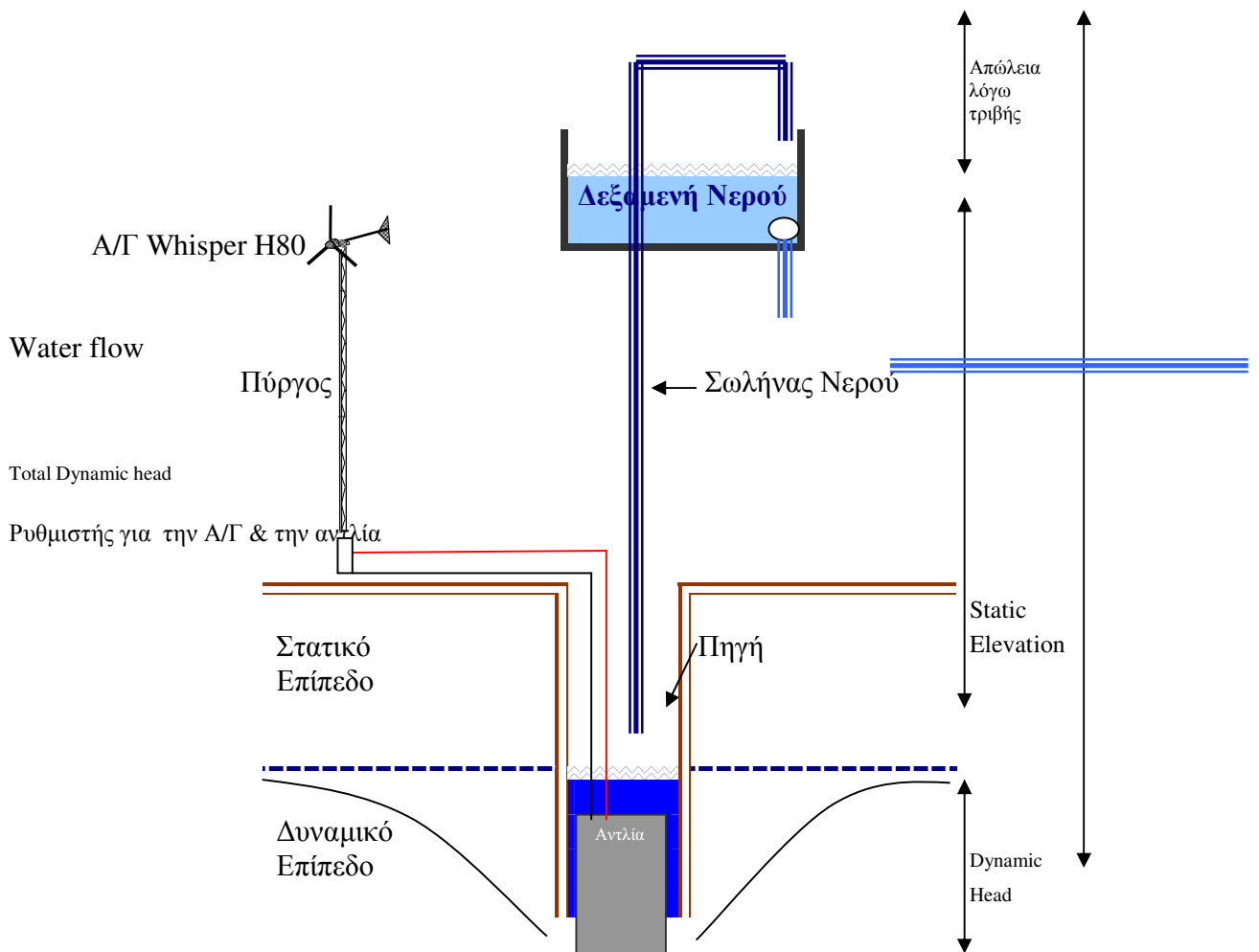
Παρ' όλο που οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο είναι ακόμα περιορισμένες στην Ελλάδα, προβλέπεται σύντομα επέκτασή τους. Στη χώρα μας υπάρχουν πολλές αιολικές εγκαταστάσεις παραγωγής μηχανικού έργου, για άντληση νερού κυρίως, αφού τώρα πλέον οι άλλοτε πολυάριθμοι ανεμόμυλοι για άλεση καρπών έχουν εγκαταλειφθεί. Δυστυχώς δεν υπάρχουν στοιχεία για το πόσες εγκαταστάσεις άντλησης νερού με τον άνεμο λειτουργούν σήμερα. Ο μεγαλύτερος αριθμός ανεμόμυλων για άντληση νερού υπάρχει στο οροπέδιο Λασιθίου (περίπου 10.000 μονάδες).

Οι δυνατές χρήσεις της αιολικής ενέργειας στη Γεωργία είναι οι ακόλουθες:

1. Άντληση νερού για ύδρευση, άρδευση ή αποστράγγιση.
2. Παραγωγή πόσιμου νερού με χρήση συστημάτων αφαλάτωσης.
3. Παραγωγή θερμού νερού για τις ανάγκες της αγροτικής οικογένειας και των άλλων αγροτικών εγκαταστάσεων.
4. Κλιματισμός κατοικίας.
5. Ψύξη προϊόντων.
6. Ξήρανση προϊόντων.
7. Θέρμανση κτηρίων, εγκαταστάσεων και προϊόντων.

Εφαρμογές άντλησης

Η περίπτωση αυτή αφορά τη μαζική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, όπου συστοιχία πολλών Α/Γ (αιολικό πάρκο) εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μια συγκεκριμένη θέση διοχετεύοντας το σύνολο της παραγωγής στο ηλεκτρικό σύστημα. Στην περίπτωση αυτή ο εγκαταστάτης έχει τη δυνατότητα είτε να πωλήσει το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας στο δημόσιο δίκτυο της ΔΕΗ (ανεξάρτητος παραγωγός), είτε να συμψηφίσει μέρος της δικής του κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με αυτοπαραγωγή από Α/Γ και την υπόλοιπη ενέργεια να πουλάει στη ΔΕΗ (αυτοπαραγωγός). Στο Σχήμα 10.1 που ακολουθεί φαίνεται ένα σχέδιο, σχετικό με την περίπτωση που μόλις αναφέρθηκε.



Σχήμα 10.1: Σχέδιο συστήματος άντλησης νερού με την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

Ο πιο πάνω μηχανισμός άντλησης νερού, αποτελείται από μια A/G υψηλής ροπής και χαμηλής ταχύτητας και συναντάται ιδιαίτερα σε αγροτικές περιοχές. Ο δρομέας έχει διάμετρο περίπου 2-5 m, ενώ απαρτίζεται από πλάγια περύγια ακτινικά συμμετρικά προς τον οριζόντιο άξονα. Το δε ύψος του πύργου είναι τέτοιο ώστε να «πιάνει» τον άνεμο. Επιπλέον ένα μεγάλο περύγιο προσανατολισμού, ευθυγραμμίζει τον άξονα του δρομέα στον άνεμο. Ο μηχανισμός περιστροφής της A/G είναι αυτός που καθορίζει τη λειτουργία του εμβόλου της αντλίας. Όταν η ταχύτητα του ανέμου γίνεται υπερβολική, μια διάταξη ασφαλείας θέτει αυτόματα εκτός λειτουργίας την A/G, προκειμένου να προστατέψει το μηχανισμό από τυχόν βλάβες.

Στην περίπτωση που περιγράφουμε, χαρακτηριστική περίπτωση είναι «το οροπέδιο με τους 10.000 ανεμόμυλους» όπως αποκαλείται το οροπέδιο του Λασιθίου της Κρήτης λόγω του αριθμού των ανεμόμυλων που χρησιμοποιούνται εκεί για άρδευση. Μια πιο μοντέρνα παραλλαγή εφαρμογής άντλησης είναι το σύστημα άντλησης με

ανεμόμυλους που σχεδιάστηκε στον Καναδά με σκοπό την άντληση νερού και κατόπιν την με μεγάλη πίεση εκτόξευσή του ως τεχνητή βροχή για πότισμα.

Στις εφαρμογές άντλησης μπορούν να αναφερθούν και σύγχρονα συστήματα αφαλάτωσης στα οποία η ανεμογεννήτρια μέσω αντλιών προωθεί (υπόγλυκο-θαλασσινό) νερό με μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης και παράγει πόσιμο νερό.

Εκτός των αυτόνομων αυτών μονάδων στις εφαρμογές άντλησης, τον τελευταίο καιρό πολλά πειραματικά κέντρα μελετούν τη συνεργασία αιολικών συστημάτων με νηζελοκινητήρες ή ηλεκτροκίνητες μονάδες άντλησης με σκοπό την εξοικονόμηση καυσίμου. Από τα μέχρι τώρα αποτελέσματα προκύπτει ότι υπάρχει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

Τέλος μελετάται η συνεργασία αιολικών μηχανών και μικρών υδροστροβίλων για τη δημιουργία αυτόνομων υδροηλεκτρικών σταθμών. Στην περίπτωση αυτή οι ανεμογεννήτριες θα προωθούν το νερό στον ταμιευτήρα υψηλής ενεργειακής στάθμης απ' όπου και όταν απαιτείται θα τροφοδοτείται ο υδροστρόβιλος του σταθμού. Το ενεργειακό αυτό σχέδιο είναι ελκυστικό δεδομένου ότι λύνει το πρόβλημα της αποθήκευσης της ενέργειας ενώ παρέχει συγχρόνως αυτονομία.

Εφαρμογές θερμότητας

Η μηχανική κίνηση που παράγεται από την ενέργεια του ανέμου είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας στην παραγωγή θερμότητας είτε με την τριβή μεταξύ των στερεών είτε με κατάθλιψη υγρών. Η θερμότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση χώρων, θερμοκηπίων, στη βιομηχανία, στην αποξήρανση γεωργικών προϊόντων κ.α.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ Α/Γ

11.1. Προβλήματα στο περιβάλλον

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια ιδιαίτερη άνοδος της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος από Α/Γ στη χώρα μας. Παρ' όλο που η χρήση της αιολικής ενέργειας, δεν δημιουργεί απόβλητα ή άλλα εμφανή υποπροϊόντα, ο μεγάλος ρυθμός ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας ακολουθήθηκε από την ανησυχία των τοπικών κοινωνιών σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις των Α/Γ στο περιβάλλον. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι φόβοι που εκφράστηκαν, σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι μάλλον υπερβολικοί και, κάποιες φορές, εξωπραγματικοί. Βέβαια, σε κάποιες άλλες περιπτώσεις, οι ενστάσεις που υπάρχουν στην εγκατάσταση Α/Γ ή αιολικών πάρκων έχουν κάποια βάση και χρειάζονται επιπλέον διερεύνηση. Πάντως, η αποδοχή ή μη της αιολικής ενέργειας από τις τοπικές κοινωνίες προϋποθέτει την αντικειμενική τους πληροφόρηση για τα οφέλη και τις επιπτώσεις που αυτή θα μπορούσε να έχει ως μία ακόμη επέμβαση του ανθρώπου στη φύση.

Τα πιο διαδεδομένα προβλήματα που πιθανών να παρουσιάζονται κατά την εγκατάσταση και χρήση αιολικών πάρκων ή μεμονωμένων Α/Γ αναπτύσσονται πιο κάτω.

Ηχορύπανση

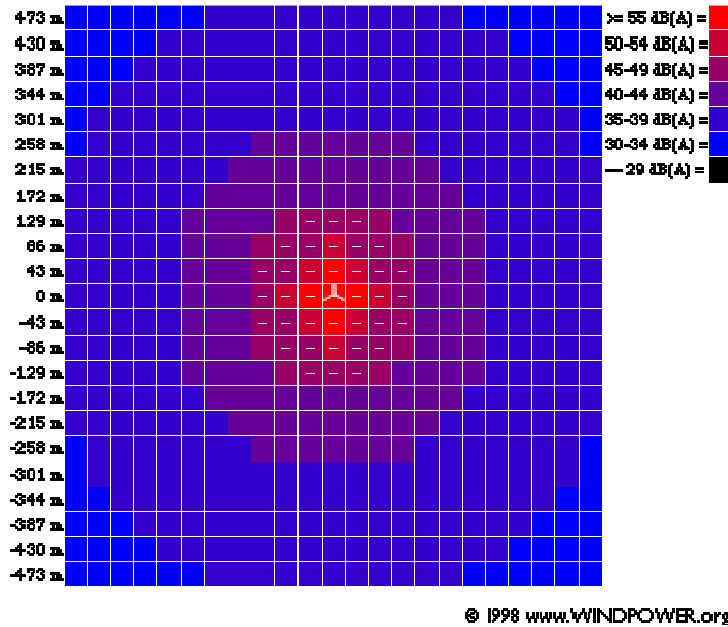
Το πρόβλημα αυτό είναι ίσως η μόνη πραγματική επιβάρυνση του περιβάλλοντος, αλλά ταυτόχρονα και το πιο εύκολο να ελεγχθεί και να προληφθεί. Στις ανεμογεννήτριες ο εκπεμπόμενος θόρυβος μπορεί να υπαχθεί σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευσή του.

- **Μηχανικός θόρυβος:** Προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα (κιβώτιο ταχυτήτων, ηλεκτρογεννήτρια, έδρανα κλπ.)
- **Αεροδυναμικός θόρυβος:** Προέρχεται από την περιστροφή των πτερυγίων.

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι μηχανές πολύ ήσυχες συγκριτικά με την ισχύ τους και με συνεχείς βελτιώσεις από τους κατασκευαστές γίνονται όλο και πιο αθόρυβες. Η αντιμετώπιση του θορύβου γίνεται είτε στην πηγή είτε στη διαδρομή του. Οι μηχανικοί θόρυβοι έχουν ελαχιστοποιηθεί με εξαρχής σχεδίαση (γρανάζια πλάγιας οδόντωσης), ή με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση στο κέλυφος της κατασκευής και επιπλέον αντιμετωπίζονται στη διαδρομή τους με ηχομονωτικά πετάσματα και αντικραδασμικά πέλαμα στήριξης.

Ο αεροδυναμικός θόρυβος πρέπει να αντιμετωπιστεί κατά το στάδιο του σχεδιασμού και κατασκευής της μηχανής, γεγονός που επιτυγχάνεται με την προσεκτική σχεδίαση των πτερυγίων από τους κατασκευαστές, που δίνουν άμεση προτεραιότητα στην ελάττωση του. Το επίπεδο του αντιληπτού θορύβου από μία ανεμογεννήτρια σύγχρονων προδιαγραφών σε απόσταση 200 μέτρων, είναι μικρότερο από αυτό που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου περιβάλλοντος μιας μικρής επαρχιακής πόλης και βεβαίως δεν αποτελεί πηγή ενόχλησης. Με δεδομένη δε τη νομοθετημένη απαίτηση να εγκαθίστανται οι ανεμογεννήτριες σε ελάχιστη απόσταση 500 μέτρων από τους οικισμούς, το επίπεδο είναι ακόμη χαμηλότερο και αντιστοιχεί πλέον σε αυτό ενός ήσυχου καθιστικού δωματίου. Επιπλέον, στις ταχύτητες ανέμου που λειτουργούν οι

ανεμογεννήτριες ο φυσικός θόρυβος (θόρυβος ανέμου σε δένδρα και θάμνους) υπερκαλύπτει οποιονδήποτε θόρυβο που προέρχεται από τις ίδιες.



Σχήμα 11.1: Σχέδιο εγκατάστασης Α/Γ σε σχέση με την ένταση του θορύβου που παράγεται απ' αυτήν.

Στο πιο πάνω σχήμα, κάθε τετράγωνο έχει διαστάσεις 43x43m και αντιστοιχεί στη διάμετρο ενός δρομέα. Οι περιοχές που χρωματίζονται με έντονο κόκκινο χρώμα, αντιπροσωπεύουν περιοχές με μεγάλη ένταση ήχου, πάνω από 55 dB(A). Οι περιοχές με πιο σκούρο κόκκινο χρώμα αντιπροσωπεύουν περιοχές με ένταση ήχου 45-55 dB(A), οι οποίες κανονικά δε μπορούν να είναι κατοικήσιμες. Όπως φαίνεται λοιπόν απ' το πιο πάνω σχήμα η περιοχή που επηρεάζεται απ' την ένταση του ήχου, εκτείνεται σε απόσταση λίγων διαμέτρων του δρομέα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και σε συνδυασμό με τη θέση των «οικοπέδων» που συνήθως εγκαθίστανται τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα για να έχουν καλύτερη απόδοση, μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι τα αιολικά πάρκα δεν προκαλούν:

- αύξηση της υπάρχουσας στάθμης θορύβου εκτός των ορίων τους και ακόμη περισσότερο σε κατοικημένες περιοχές
- έκθεση ανθρώπων σε υψηλή στάθμη θορύβου.

Ο πιο εύκολος και αποτελεσματικός τρόπος, για να πεισθεί κανείς για το ζήτημα του θορύβου είναι μια επίσκεψη σε ένα αιολικό πάρκο μια μέρα που οι ανεμογεννήτριες βρίσκονται σε κανονική λειτουργία.

Αισθητικά προβλήματα

Η οπτική αισθητική επίδραση είναι κάπως έντονη σε περιπτώσεις εγκαταστάσεων Α/Γ μεγάλων διαστάσεων (άνω των 500 kW, ύψος 50 m, διάμετρος πτερωτής 35 m), σε κλειστές περιοχές. Αντίθετα η εγκατάσταση Α/Γ ή και ενός αιολικού πάρκου σε ανοιχτές περιοχές δε φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την οπτική αισθητική της περιοχής.

Η αισθητική επίδραση είναι κάτι υποκειμενικό και δύσκολα μπορούν να τεθούν κοινά αποδεκτοί κανόνες. Από έρευνες σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης προκύπτει ότι κάποιος που είναι ευνοϊκά διατεθειμένος απέναντι στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αποδέχεται τις ανεμογεννήτριες και οπτικά πολύ πιο εύκολα από κάποιον που είναι αρνητικός εξ αρχής. Από τις ίδιες μελέτες, προκύπτει ότι τα αιολικά πάρκα είναι πιο αποδεκτά από αισθητικής άποψης σε ανθρώπους που είναι ενημερωμένοι για τα οφέλη που προέρχονται από την χρήση τους. Αν κάνουμε μια απλή σύγκριση μεταξύ ενός θερμικού σταθμού παραγωγής (π.χ. λιγνιτικού), και ενός αιολικού πάρκου είναι φανερό ότι η οπτική επίδραση που προκύπτει από το πρώτο είναι εμφανώς και αντικειμενικά πολύ μεγαλύτερη. Δεδομένου βεβαίως ότι οι ανεμογεννήτριες είναι κατ' ανάγκη ορατές από απόσταση, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες κάθε τύπου εγκατάστασης και να γίνεται προσπάθεια ενσωμάτωσής τους στο τοπίο.

Επιπτώσεις των Α/Γ στον πληθυσμό των πουλιών

Τα πουλιά καθώς πετούν μερικές φορές συγκρούονται με κτίρια και άλλες σταθερές κατασκευές. Οι ανεμογεννήτριες όμως δεν προκαλούν ιδιαίτερο πρόβλημα όπως έχει φανεί από μελέτες που έχουν γίνει σε ευρωπαϊκές χώρες όπως η Γερμανία, η Ολλανδία, η Δανία και η Αγγλία. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ότι στον συνολικό αριθμό πουλιών που σκοτώνονται ετησίως, μόνον 20 θάνατοι οφείλονται σε ανεμογεννήτριες (για εγκατεστημένη ισχύ 1000MW), ενώ αντίστοιχα 1.500 θάνατοι οφείλονται στους κυνηγούς και 2.000 σε πρόσκρουση με οχήματα και τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (καθότι είναι σχεδόν «αόρατες» για τα πουλιά). Ασφαλώς βέβαια, το θέμα της προστασίας του πληθυσμού των πουλιών σε ευαίσθητες οικολογικά και προστατευόμενες περιοχές πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη φάση σχεδιασμού και χωροθέτησης του αιολικού πάρκου.

Προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών από τις Α/Γ

Η ανησυχία αυτή συνήθως αναφέρεται αφενός σε προβλήματα που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες λόγω της θέσης τους σε σχέση με ήδη υπάρχοντες σταθμούς τηλεόρασης ή ραδιοφώνου και αφετέρου σε πιθανές ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές από τις ίδιες.

Είναι γεγονός ότι, η διάδοση των εκπομπών στις συχνότητες της τηλεόρασης ή και του ραδιοφώνου (κυρίως στις συχνότητες εκπομπών FM) επηρεάζεται από εμπόδια που παρεμβάλλονται μεταξύ πομπού και δέκτη. Το κυριότερο πρόβλημα από τις ανεμογεννήτριες προέρχεται από τα κινούμενα πτερύγια που μπορούν να προκαλέσουν αυξομείωση σήματος λόγω αντανάκλασεων. Αυτό ήταν πολύ εντονότερο στην πρώτη γενιά ανεμογεννητριών που έφερε μεταλλικά πτερύγια. Τα πτερύγια των συγχρόνων ανεμογεννητριών κατασκευάζονται αποκλειστικά από συνθετικά υλικά, τα οποία έχουν ελάχιστη επίπτωση στη μετάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Η Ελληνική νομοθεσία προβλέπει την προώθηση αδειοδότησης ενός αιολικού πάρκου μόνον εφόσον τηρούνται κάποιες ελάχιστες αποστάσεις από τηλεπικοινωνιακούς

ή ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς. Οποιαδήποτε πιθανά προβλήματα παρεμβολών μπορούν να προληφθούν με σωστό σχεδιασμό και χωροθέτηση ή να διορθωθούν με μικρό σχετικά κόστος από τον κατασκευαστή του πάρκου με μια σειρά απλών τεχνικών μέτρων, όπως π.χ. η εγκατάσταση επιπλέον αναμεταδοτών. Σε σχέση με την συμβατότητα και τις παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες, αξίζει να αναφέρουμε, ότι σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες οι πύργοι των ανεμογεννητριών όχι μόνον δεν δημιουργούν εμπόδια, αλλά χρησιμοποιούνται ήδη για την εγκατάσταση κεραιών προς διευκόλυνση υπηρεσιών επικοινωνιών, όπως η κινητή τηλεφωνία.

Όσον αφορά τις εκπεμπόμενες ακτινοβολίες, τα μόνα υποσυστήματα που θα μπορούσαμε να πούμε ότι «εκπέμπουν» ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλού επιπέδου, είναι η ηλεκτρογεννήτρια και ο μετασχηματιστής μέσης τάσης. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της ηλεκτρογεννήτριας είναι εξαιρετικά ασθενές και περιορίζεται σε μια πολύ μικρή απόσταση γύρω από το κέλυφος της που είναι τοποθετημένο τουλάχιστον 40-50 μέτρα πάνω από το έδαφος. Για το λόγο αυτό δεν υφίσταται πραγματικό θέμα έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ούτε καν στη βάση της ανεμογεννήτριας. Ο μετασχηματιστής, πάλι, περιβάλλεται πάντα από περίφραξη ασφαλείας ή είναι κλεισμένος σε μεταλλικό υπόστεγο. Η περίφραξη είναι τοποθετημένη σε τέτοια απόσταση που το επίπεδο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι αμελητέο. Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε με βεβαιότητα, ότι αυτά που ακούγονται για εκπομπή ραδιενέργειας η ακτινοβολιών άλλου τύπου από τις ανεμογεννήτριες δεν ευσταθούν.

Επίδραση των Α/Γ στις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες

Ουσιαστικά δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι τα αιολικά πάρκα επιβαρύνουν τη γεωργία ή την κτηνοτροφία. Δεδομένου ότι περίπου το 99% της γης που φιλοξενεί ένα αιολικό πάρκο είναι διαθέσιμο για άλλες χρήσεις, μπορούμε να κατανοήσουμε ότι οι αγροτικές δραστηριότητες μπορούν να συνεχίζονται και μετά την εγκατάσταση του. Οι συνήθεις θέσεις αιολικών πάρκων είναι σε ορεινές περιοχές με θαμνώδη βλάστηση ακριβώς λόγω των υψηλών ταχυτήτων του ανέμου που ευνοούν την εγκατάσταση του. Σε αυτές τις περιοχές, η χρήση γης είναι κυρίως για βοσκή αιγοπροβάτων οι οποία μπορεί να συνεχισθεί χωρίς κανένα πρόβλημα και μετά την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου. Χαρακτηριστικά, σε μερικά αιολικά πάρκα έχει παρατηρηθεί ότι οι ανεμογεννήτριες γίνονται πόλος έλξης αιγοπροβάτων που επωφελούνται από τη δροσιά της σκιάς που προσφέρουν οι πύργοι τους.

11.2. Προβλήματα διασύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο

Με την ένταξη των Α/Γ στο δίκτυο θα πρέπει να αντιμετωπιστούν προβλήματα [Javid et al 1985] όπως:

- Η μικρής διάρκειας (μερικά δευτερόλεπτα) διακύμανση τάσεως λόγω των στροβιλισμών του ανέμου και από την σύνδεση και αποσύνδεση των Α/Γ με το δίκτυο (όταν η ταχύτητα ανέμου ξεπερνά την απαιτούμενη ταχύτητα εκκίνησης και όταν ξεπερνά την ταχύτητα ανέμου για τη διακοπή λειτουργίας της μηχανής).
- Η μικρής διάρκειας (μερικά δευτερόλεπτα) διακύμανση ισχύος λόγω ριπών του ανέμου.

- Η μικρής διάρκειας (μερικά δευτερόλεπτα) ταλάντωσης λόγω διαταραχής του δικτύου.
- Η μεταβολή συχνότητας (έλεγχος φορτίου συχνότητας).
- Η ρύθμιση της τάσης στα κατάλληλα όρια όταν παρεμβάλλονται ενδιάμεσα στη γραμμή ανεμογεννήτριες.

Ένα μέρος των προβλημάτων που δημιουργούνται στο δίκτυο από τις Α/Γ εξαρτώνται από την τεχνολογία και τον εξοπλισμό των μηχανών. Σε ένα μικρό σύστημα η εγκατάσταση μικρών μηχανών, αντί μιας μεγάλης μηχανής, είναι προτιμότερη γιατί με τον τρόπο αυτό εξομαλύνονται τα φαινόμενα αστάθειας από τους στροβιλισμούς και τις ριπές του ανέμου.

Η αποσύνδεση των μηχανών απ' το δίκτυο όταν υπάρχει φορτίο, δημιουργεί σημαντικά προβλήματα. Οι Α/Γ που διαθέτουν ρύθμιση κλίσης πτερυγίων, ακολουθούν ένα πρόγραμμα σταδιακής μείωσης του φορτίου και αποσύνδεση με μηδενικό φορτίο. Η ταυτόχρονη σύνδεση και αποσύνδεση των μηχανών στο δίκτυο, δημιουργεί επίσης σοβαρό πρόβλημα. Σε Α/Γ με ρύθμιση της κλίσης των πτερυγίων το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με διαδοχική είσοδο και έξοδο των μηχανών.

11.3. Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (Σ.Α.Π.)

Ένα επιπλέον θέμα που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν είναι η εγκατάσταση Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας στις Α/Γ, αφενός για την προστασία της ζωής των ανθρώπων που ζουν ή εργάζονται κοντά σε περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες Α/Γ, αλλά και για την αποφυγή του ανεπανόρθωτου της ζημιάς που μπορεί να συμβεί στις εγκαταστάσεις.

Ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας εκτρέπει τα χτυπήματα των κεραυνών μακριά από την ανεμογεννήτρια χωρίς να προκληθεί ζημιά στα πτερύγια ή στο υπόλοιπο τμήμα της μηχανής. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς το σύστημα κατευθύνει τον κεραυνό από τα πτερύγια του ρότορα ή από την υψηλότερη επιφάνεια της ατράκτου μέσα στο έδαφος, εξασφαλίζοντας έτσι την απόλυτη προστασία από τους κεραυνούς, τόσο της Α/Γ όσο και του προσωπικού και του τεχνολογικού εξοπλισμού.

Εξωτερική αντικεραυνική προστασία

Η μονάδα «εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας» περιλαμβάνει ειδικότερα, σύστημα αντικεραυνικής προστασίας στα πτερύγια του ρότορα και σύστημα εκτροπής του ρεύματος του κεραυνού. Τα πεδία παρεμβολής καθώς και οι τάσεις παρεμβολής μέσα στην ανεμογεννήτρια μειώνονται, λόγω του συστήματος εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας. Με τον τρόπο αυτό, αποκλείεται η διείσδυση μεγαλύτερης ποσότητας ρεύματος. Για ολοκληρωμένη προστασία τόσο του ηλεκτρικού όσο και του ηλεκτρονικού εξοπλισμού λαμβάνονται περαιτέρω μέτρα τα οποία αναφέρονται ως σύστημα «εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας».

Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας των πτερυγίων του ρότορα

Σύμφωνα με το Σ.Α.Π. που χρησιμοποιεί η εταιρεία ENERCON, τα πτερύγια του ρότορα των Α/Γ είναι εξοπλισμένα με ένα σύστημα ολοκληρωμένης αντικεραυνικής προστασίας, το οποίο σε περίπτωση κεραυνού, αποτρέπει βλάβη των πτερυγίων ή το

ενδεχόμενο πυρκαγιάς στην άτρακτο. Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας των πτερυγίων του ρότορα περιλαμβάνει τέσσερα στοιχεία:

- ακροπτερύγιο από αλουμίνιο
- λάμα αλουμινίου στο χείλος προσβολής
- λάμα αλουμινίου στο χείλος διαφυγής
- αγωγίμο δακτυλίδι από αλουμίνιο κοντά στη βάση του πτερυγίου, που οδηγεί τον κεραυνό προς το σύστημα κεραυνικής προστασίας της ατράκτου.

Εκτροπή του ρεύματος του κεραυνού

Σε καθένα από τα τρία πτερύγια αντιστοιχεί ένας σπινθηριστής, μέσω του οποίου μεταφέρεται το ρεύμα του κεραυνού, και καθένας απ' αυτούς είναι συνδεδεμένος στο κέλυφος του ρότορα. Κάθε σπινθηριστής αποτελείται από μία αλουμινένια ράβδο που έχει το ένα άκρο σε σχήμα κώνου έτσι ώστε στο σημείο αυτό το ηλεκτρικό πεδίο να είναι όσο το δυνατό υψηλότερο σε σχέση με το υπόλοιπο περιβάλλον.

Το ρεύμα μεταφέρεται από το μεταλλικό κέλυφος του ρότορα στην άτρακτο με ένα δεύτερο δακτυλίδι και ένα δεύτερο σπινθηριστή. Ένα αλεξικέραυνο βρίσκεται επίσης στο πίσω μέρος της επένδυσης της ατράκτου για να προστατεύει την άτρακτο και τις συσκευές μέτρησης.

Το ρεύμα κατευθύνεται από τα αλεξικέραυνα στο κέλυφος της ατράκτου προς τον κύριο φορέα μέσω στατικών βραχιόνων στον άξονα και από εκεί μέσω ενός καλωδίου με διατομή 100 mm² Cu Ou. Οι ασάλινοι πύργοι είναι αγωγίμοι έτσι ώστε το ρεύμα να κατευθύνεται κατά μήκος αυτών.

Στη βάση του πύργου βρίσκονται δύο μεταλλικά στέφανα (δακτυλίδια), εκ των οποίων το ένα από αυτά βρίσκεται στο εσωτερικό του πύργου και το άλλο εξωτερικά αυτού. Από καθένα δακτυλίδι ξεκινούν δύο τμήματα γείωσης που οδηγούν στη γη. Τα τμήματα γείωσης είναι επίσης συνδεδεμένα με τη θωράκιση της βάσης. Κάθε τμήμα έχει διατομή 100 mm². Αν η βάση είναι εξοπλισμένη με πασσάλους γείωσης, οι πάσσαλοι αυτοί είναι επίσης συνδεδεμένοι με τα δακτυλίδια γείωσης.

Εσωτερική αντικεραυνική προστασία

Τα ηλεκτρονικά στοιχεία της Α/Γ έχουν υποστεί απόξεση μέσω γαλβανισμού και είναι τοποθετημένα σε μεταλλικά στέγαστρα. Η προστασία του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού συστήματος επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των παρακάτω μέτρων:

- 1) Όλα τα αγωγίμα εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας όπως ο ιστός, η άτρακτος, ο πύργος, τα κυτία ελέγχου, το καλώδιο γείωσης του μετασχηματιστή και η βάση συνδέονται με ασφάλεια στους ζυγούς εξισορρόπησης δυναμικού με κατάλληλες διατομές και καλώδια ελάχιστου μήκους.
- 2) Οι αγωγοί υπέρτασης, με γείωση χαμηλής αντίστασης είναι εγκατεστημένοι στην κύρια σύνδεση της ανεμογεννήτριας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

12.1. Γενικά

Η οικονομική βιωσιμότητα μιας αιολικής ενεργειακής μονάδας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι κυριότεροι των οποίων είναι:

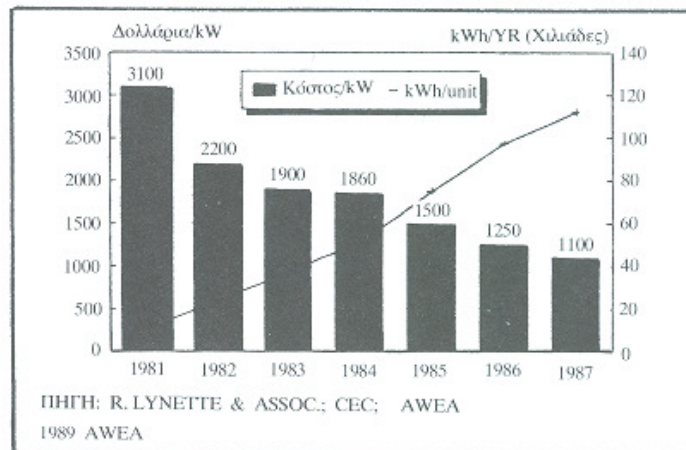
- ❑ Το κόστος αγοράς της Α/Γ
- ❑ Το κόστος γης-υποδομής
- ❑ Το αιολικό δυναμικό της περιοχής
- ❑ Ο συντελεστής χωρητικότητας της μηχανής
- ❑ Το κόστος της kwh που παράγεται από συμβατικούς ενεργειακούς σταθμούς
- ❑ Η διάρκεια ζωής της Α/Γ
- ❑ Το κόστος χρήματος

και άλλοι μικρότερης σημασίας παράγοντες. Όλοι οι παραπάνω οικονομικοί παράγοντες εμπλέκονται κατά τη διαδικασία ελέγχου της οικονομικής βιωσιμότητας της επένδυσης σε αιολικό ενεργειακό σταθμό, γεγονός που επιβάλλει την αναγκαία σοβαρότητα στην οικονομική μελέτη.

Στη συνέχεια εξετάζεται κάθε οικονομικός παράγοντας απ' τους παραπάνω και παρουσιάζεται μια απλή σχετικά μεθοδολογία ελέγχου της οικονομικής βιωσιμότητας της επένδυσης. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι γίνεται εκτεταμένη χρήση στατιστικών στοιχείων με βάση τις ανεμογεννήτριες που βρίσκονται σε λειτουργία τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική.

12.2. Κόστος ανεμογεννητριών

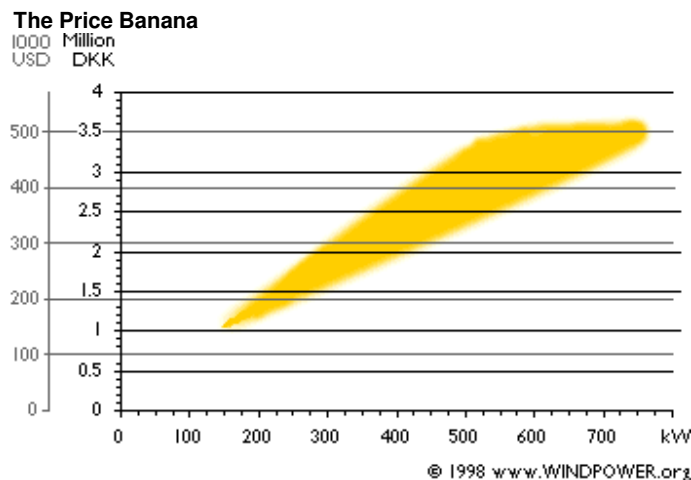
Το κόστος πώλησης μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται κυρίως από την τυποποίηση της κατασκευής της μηχανής και το πλήθος των μηχανών που κατασκευάζονται και πωλούνται. Δεν είναι ασυνήθης η περίπτωση μείωσης του κατασκευαστικού κόστους της ανεμογεννήτριας στο ¼ του κόστους κατασκευής της πρωτότυπου μονάδας μετά από παραγωγή-τυποποίηση της πρώτης εκατοντάδας ανεμογεννητριών. Ειδικότερα η στατιστική επεξεργασία του κόστους ανεμογεννητριών στην αγορά της Καλιφόρνιας έδωσε το Σχήμα 12.1 όπου διαπιστώνεται ότι το κόστος Α/Γ ανά KW ισχύος ενώ το 1981 ήταν 3.100 δολάρια Η.Π.Α. (\$), το 1987 είχε πέσει στα 1.100\$ με τάση περαιτέρω μείωσης.



Σχήμα 12.1: Κόστος και παραγωγή Α/Γ στην Καλιφόρνια.

Η μείωση αυτή του κόστους των ανεμογεννητριών προήλθε από την τυποποίηση της κατασκευής και την αύξηση των πωλήσεων Α/Γ.

Το κόστος μιας ανεμογεννήτριας διαφέρει ανάλογα με το ύψος του πύργου, την διάμετρο του δρομέα (ρότορα ή περωτή), το κόστος μεταφοράς για την εγκατάσταση κλπ. Η διακύμανση των τιμών εξαρτάται κυρίως απ' το μέγεθος της Α/Γ (η οποία καθορίζει και τα άλλα χαρακτηριστικά της). Επίσης, κάθε πρόσθετο μέτρο του πύργου της Α/Γ κοστίζει περίπου 1.200 EURO.



Σχήμα 12.2: Διακύμανση της τιμής Α/Γ συναρτήσει της ισχύος.

Το κόστος μιας μηχανής από 150 kW στα 600 kW σχεδόν τριπλασιάζεται. Δηλαδή, δεν είναι αναλογική η σχέση ισχύος και κόστους. Για παράδειγμα, το απαιτούμενο εργατικό δυναμικό για την κατασκευή μιας μηχανής 150 kW δε διαφέρει ιδιαίτερα από αυτό που χρειάζεται για την κατασκευή μιας μηχανής 600 kW. Επίσης, ο εξοπλισμός ασφαλείας και αυτοματισμών που απαιτούνται για τη λειτουργία μιας μικρής και μιας μεγάλης μηχανής είναι περίπου ο ίδιος.

Ακόμα και αν οι τιμές δύο μηχανών είναι παρόμοιες, για παράδειγμα μεταξύ 500-750 kW, δεν είναι απαραίτητο ότι πρέπει να επιλέξουμε την μηχανή με την μεγαλύτερη ισχύ. Μια μεγάλη μηχανή 750 kW (με σχετικά μικρή διάμετρο δρομέα) μπορεί να

παράγει λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από μια μηχανή 450 kW, εάν η εγκατάσταση πρόκειται να γίνει σε μια περιοχή με χαμηλές μέσες ταχύτητες ανέμου.

Η πλέον διαδεδομένη ανεμογεννήτρια σήμερα, είναι αυτή των 600 kW με ύψος πύργου 40-50 m και διάμετρο δρομέα 43 m.

Το κόστος της ανεμογεννήτριας με τα παρελκόμενά της και συμπεριλαμβανομένου του κόστους εγκατάστασης είναι περίπου 587.000 EURO και παράγει ικανή ηλεκτρική ενέργεια για να καλύψει τις ανάγκες σε 200 σπίτια.

Μια αντιπροσωπευτική τιμή για το κόστος της ανεμογεννήτριας είναι περίπου 909,75 EURO ανά εγκατεστημένο kW.

12.3. Κόστος εγκατάστασης

Το κόστος εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας μπορεί να διαφέρει σημαντικά, ιδιαίτερα λόγω των απαιτούμενων έργων υποδομής. Μια αντιπροσωπευτική τιμή για το κόστος εγκατάστασης είναι περίπου 30% του κόστους της ανεμογεννήτριας.

Το κόστος της εγκατεστημένης Α/Γ επιβαρύνεται με το κόστος μεταφοράς της, συναρμολόγησής της, αγοράς ή ενοικίασης της γης. Επίσης πολλές φορές σημαντικό μέρος του κόστους αποτελεί η δημιουργία της κατάλληλης υποδομής απαραίτητης για τη μεταφορά, εγκατάσταση και λειτουργία της Α/Γ, όπως η διάνοιξη δρόμων ικανών να επιτρέπουν την κίνηση μεγάλων γερανών για τη μεταφορά του πύργου, των πτερυγίων ή του κουβουκλίου της Α/Γ. Επίσης απαιτούνται έργα πολιτικού μηχανικού για τη θεμελίωση της Α/Γ, τη διαμόρφωση του χώρου για τη θεμελίωσή της καθώς επίσης και για την εγκατάσταση του οικίσκου, όπου πρόκειται να τοποθετηθούν για μεγάλες μηχανές, τα όργανα παρακολούθησης του αιολικού σταθμού. Σημαντικό μερίδιο στη διαμόρφωση του τελικού κόστους έχει ο ηλεκτρικός υποσταθμός καθώς και οι γραμμές μεταφοράς. Τέλος δεν θα πρέπει να διαφεύγει της προσοχής και η συμβολή στο κόστος, της απαραίτητης (σε ορισμένες θέσεις) αντικεραυνικής προστασίας της Α/Γ.

12.4. Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική ενέργεια, ανάλογα με το χρηματοπιστωτικό πρόγραμμα της επένδυσης, κυμαίνεται ως εξής [American Wind Energy Association]:

- **Ιδιωτική επένδυση και χρηματοδότηση:** 0,045 EURO/kWh με φορολογικές ελαφρύνσεις και 0,06 EURO/kWh χωρίς φορολογικές ελαφρύνσεις.
- **Χρηματοδότηση τρίτων:** 0,032 EURO/kWh με φορολογικές ελαφρύνσεις και 0,053 EURO/kWh χωρίς φορολογικές ελαφρύνσεις.
- **Ιδιοκτησία από δημόσιες εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με εσωτερική χρηματοδότηση:** 0,026 EURO/kWh με κρατική ενίσχυση και 0,04 EURO/kWh χωρίς κρατική ενίσχυση.
- **Ιδιοκτησία από δημόσιες εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με χρηματοδότηση μέσω επιδεικτικών προγραμμάτων:** 0,031 EURO/kWh με κρατική ενίσχυση και 0,044 EURO/kWh χωρίς κρατική ενίσχυση.

12.5. Τιμή αγοράς κιλοβατώρας

Η ανταγωνιστικότητα των εφαρμογών της αιολικής ενέργειας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό, από την τιμή στην οποία οι επιχειρήσεις ηλεκτρισμού αγοράζουν την ενέργεια που παράγουν οι Α/Γ.

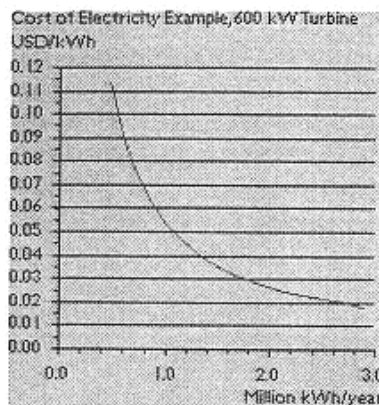
Η υψηλότερη τιμή για την αγορά της αιολικής κιλοβατώρας (0,108 EURO/kWh) προσφέρεται από τις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού στη Γερμανία. Δεν είναι λοιπόν τυχαίο το μεγάλο ενδιαφέρον που παρουσιάζεται στη Γερμανία για τη δημιουργία αιολικών πάρκων και την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Η χαμηλότερη τιμή προσφέρεται στη Σουηδία (0,023-0,026 EURO/kWh). Στην Ελλάδα, η ΔΕΗ πληρώνει 0,066 EURO/kWh, παρ' όλο που σε πολλά νησιά η τιμή κόστους της κιλοβατώρας που παράγεται σε σταθμούς που λειτουργούν με πετρέλαιο είναι πάνω από διπλάσια (π.χ. 0,146 EURO/kWh σε ώρες αιχμής στην Κρήτη).

Στην Ισπανία, σύμφωνα με νομοθετική ρύθμιση (Real Decreto) που δημοσιεύθηκε στην εφημερίδα της Ισπανικής κυβέρνησης (BOE 30/12/98) οι εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας υποχρεώνονται στο εξής να αγοράζουν όλη την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας της χώρας (REW 1999). Οι τιμές καθορίζονται για τις διάφορες εγκαταστάσεις ως εξής:

- Αιολική ενέργεια μέχρι 50 MW 0,067 EURO/kWh.
- Μικρά υδροηλεκτρικά μέχρι 10 MW 0,069 EURO/kWh.
- Βιομάζα 0,064-0,066 EURO/kWh.
- Άλλες εγκαταστάσεις (π.χ. φωτοβολταϊκά) μικρότερες από 5 kWp 0,396 EURO/kWh και μέχρι 50 kWp 0,216 EURO/kWh.

Στόχος του προγράμματος είναι ο διπλασιασμός του ποσοστού της ηλεκτρικής ενέργειας που καλύπτουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ισπανία από 6,5% σήμερα σε τουλάχιστον 12% του ηλεκτρικού φορτίου μέχρι το 2010.

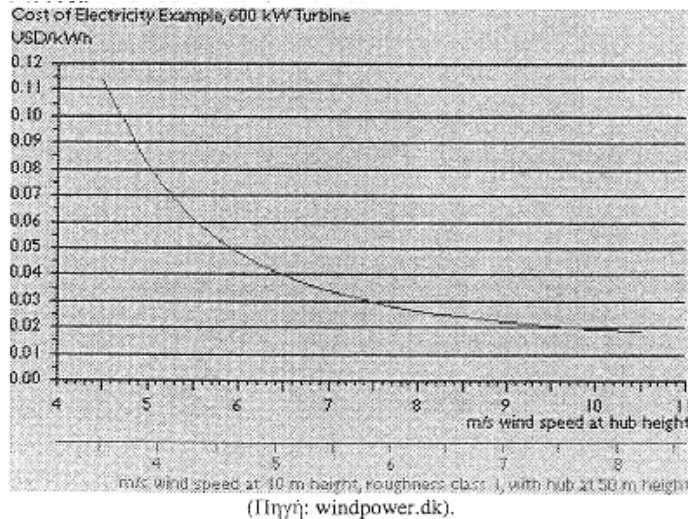
Το ετήσιο κόστος της αιολικής ενέργειας από μια αντιπροσωπευτική μηχανή 600kW σε συνάρτηση με την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζεται στο Σχήμα 12.3.



Σχήμα 12.3: Μεταβολή της ετήσιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και του κόστους, για μια μηχανή 600 kW (πηγή windpower.dk)

Παραγωγή της διπλάσιας ηλεκτρικής ενέργειας το χρόνο, μειώνει στο μισό το κόστος της κιλοβατώρας.

Παράδειγμα 12.1: Ανεμογεννήτρια 600 kW με διάρκεια ζωής 20 χρόνια, κόστος επένδυσης 585000 USD (κόστος εγκατάστασης), κόστος λειτουργίας και συντήρησης 6750 USD/χρόνο, 5% το χρόνο επιτόκιο δανεισμού. Το κόστος της παραγόμενης κιλοβατώρας σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 12.4: Το κόστος της παραγόμενης kWh συναρτῆσει της ταχύτητας του ανέμου.

12.6. Αιολικό δυναμικό-Συντελεστής χωρητικότητας A/G

Η ύπαρξη καλού αιολικού δυναμικού στην περιοχή έχει άμεση επίδραση στην ενεργειακή παραγωγή της ανεμογεννήτριας, κυρίως λόγω της κυβικής μεταβολής της αιολικής ισχύος με την ταχύτητα του ανέμου. Κατά συνέπεια, η επιλογή κατάλληλης θέσης εγκατάστασης της A/G, είναι βασικός παράγοντας που επιδρά στην οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης.

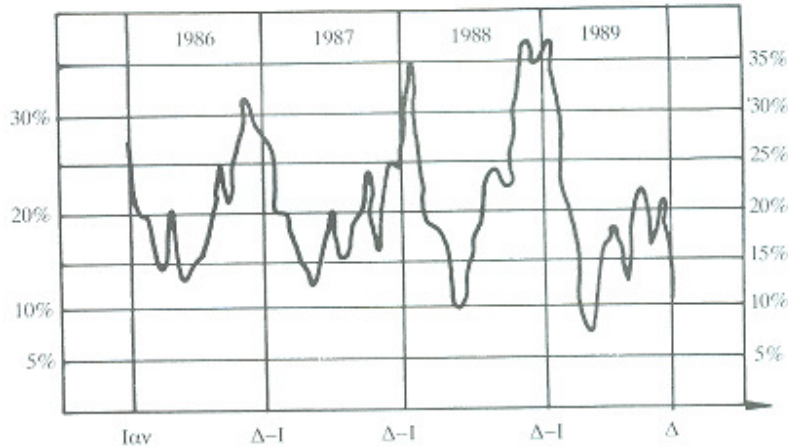
Εκτός απ' το αιολικό δυναμικό της περιοχής σημαντική επίδραση στην ενεργειακή παραγωγή της A/G έχει η καλή Αεροδυναμική του σχεδίαση, ώστε η A/G να αποδίδει τη μέγιστη ηλεκτρική ενέργεια στη συγκεκριμένη θέση. Η σχεδίαση των A/G, μηχανολογική, ηλεκτρολογική και κυρίως αεροδυναμική οδήγησε στην κατασκευή A/G υψηλού βαθμού απόδοσης. Μια A/G ονομαστικής ισχύος P_R αποδίδει την ισχύ αυτή για ταχύτητα ανέμου ίση με V_R ή και μεγαλύτερη. Κατά τη διάρκεια ενός έτους η A/G παράγει ενέργεια E η οποία είναι σημαντικά μικρότερη της ενέργειας που παράγει μηχανή ονομαστικής ισχύος P_R και που είναι $E_R=8760 P_R$ όπου 8760 οι ώρες του έτους.

Ο συντελεστής χωρητικότητας της A/G (CF= Capacity Factor) ορίζεται ως:

$$CF = \frac{E}{E_R} = \frac{\bar{P}}{P_R} \quad (12.1)$$

και ουσιαστικά υποδηλώνει την ποιότητα-σχεδίαση κατασκευής της ανεμογεννήτριας \bar{P} στη σχέση (12.1) που είναι η μέση ισχύς που η A/G (στατιστικά) φαίνεται να έχει κατά τη διάρκεια του έτους.

Το Σχήμα 12.5 παρουσιάζει στατιστικό μέσο όρο των συντελεστών χωρητικότητας για διάφορες Α/Γ για τα έτη 1986-1989. Διαπιστώνεται η σοβαρότητα διακύμανσης του



Σχήμα 12.5: Μέση μηνιαία μεταβολή συντελεστή χωρητικότητας.

(CF) κατά τη διάρκεια του έτους λόγω της διακύμανσης της μέσης τιμής της ταχύτητας του ανέμου (λειτουργία Α/Γ σε μη βέλτιστη κατάσταση) και ελάχιστη τιμή γύρω στα 15% με μέγιστη τιμή γύρω στα 35%. Αποτέλεσμα του στατιστικού διαγράμματος είναι να θεωρείται σήμερα ότι μια Α/Γ με μέσο ετήσιο συντελεστή χωρητικότητας (CF) πάνω από 25% είναι καλής σχεδίασης και κατασκευής.

12.7. Διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας

Όλες οι Α/Γ σήμερα σχεδιάζονται για διάρκεια ζωής τουλάχιστον 20-30 ετών. Με την τεχνολογική βελτίωση των υλικών, τη μεγαλύτερη αντοχή τους σε κόπωση, τη βελτίωση των μηχανουργικών επεξεργασιών, την αύξηση των γνώσεων σχετικά με την αλληλεπίδραση ανέμου και αιολικής μηχανής σε συνδυασμό με τη χρήση κωδικών ηλεκτρονικού υπολογιστή που επιτρέπουν την ακριβή γνώση των φορτίων σε μεταβαλλόμενες ανεμολογικές συνθήκες, είναι περισσότερο από σίγουρο ότι οι αιολικές μηχανές θα επιτύχουν διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από 20 έτη.

Δεδομένου ότι η διάρκεια ζωής της Α/Γ έχει άμεση επίδραση στην οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης η παραδοχή ως διάρκεια ζωής της Α/Γ 20 έτη αποτελεί συντηρητική εκτίμηση.

12.8. Κόστος χρήματος

Η αρχική επένδυση κεφαλαίου για την κατασκευή του αιολικού σταθμού επιβαρύνεται με τους τόκους του δανείου του κεφαλαίου επένδυσης και με το ετήσιο κεφάλαιο αποπληρωμής του.

Οι τόκοι του δανείου εξαρτώνται από το ετήσιο επιτόκιο, ενώ το ετήσιο κεφάλαιο αποπληρωμής εξαρτάται από τη διάρκεια αποπληρωμής του.

Έτσι η ετήσια επιβάρυνση κεφαλαίου R θα είναι ίση με

$$R = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}} \quad (12.2)$$

όπου r το επιτόκιο και η διάρκεια αποπληρωμής του δανείου.

Για την Ελλάδα με τον υψηλό πληθωρισμό της το επιτόκιο r ανέρχεται σήμερα πάνω από 30% (συνήθως είναι 2-5 ποσοστιαίες μονάδες πιο πάνω απ' τον ετήσιο πληθωρισμό), ενώ η διάρκεια αποπληρωμής του δανείου μπορεί να κυμαίνεται από 10-25 χρόνια.

12.9. Κόστος συντήρησης και λειτουργίας Α/Γ

Η ανεμογεννήτρια έχει πολύ λίγα ετήσια λειτουργικά έξοδα καθώς και έξοδα συντήρησης. Έτσι το κόστος αυτό είναι χαμηλό και μπορεί «τυπικά να μηδενιστεί» με την τεχνολογική βελτίωση των μηχανών και την οργάνωση των συνεργείων συντήρησης.

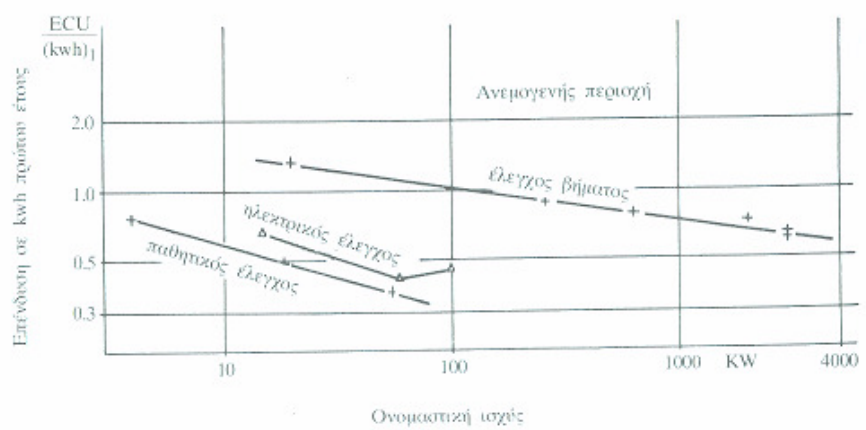
Από στατιστικά λειτουργικά στοιχεία κόστους Α/Γ κυρίως της Καλιφόρνια προκύπτει ότι το μέσο λειτουργίας και συντήρησης των Α/Γ είναι περίπου 0,02 \$/kwh, ενώ λόγω βελτίωσης της τεχνολογίας των μηχανών και των συνεργείων συντήρησης η διαθεσιμότητα των Α/Γ (ΔM) έχει, τουλάχιστον στην Καλιφόρνια, ξεπεράσει το 95% ($\Delta M=0,95$). Στατιστικά στοιχεία ανάγουν το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του Α/Γ (σε ετήσια βάση) σε 2% του κόστους αρχικής επένδυσης.

12.10. Ειδική επένδυση

Όπως έχει αναφερθεί η οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης αιολικού σταθμού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, μεταξύ αυτών και το κόστος του κεφαλαίου. Μια χρήσιμη παράμετρος είναι η ειδική επένδυση (EE) που ορίζεται ως

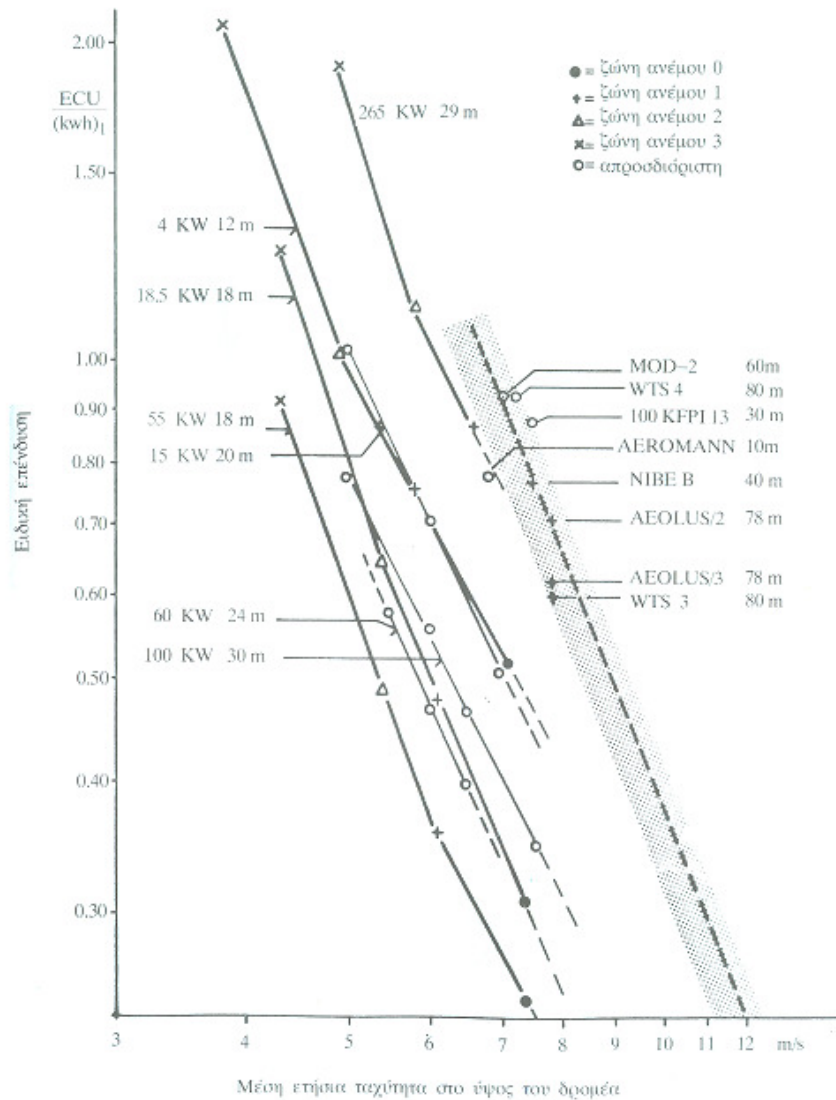
$$EE = \frac{\text{Συνολική..Επένδυση}}{\text{Ενεργειακή..παραγωγή..στο..πρώτο..έτος}} \quad (12.3)$$

Η ειδική επένδυση έχει άμεση σχέση με το κόστος επένδυσης, την ποιότητα κατασκευής της μηχανής και το αιολικό δυναμικό της περιοχής. Στατιστικά στοιχεία από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα οδηγούν στο Σχήμα 12.6 που δείχνει τη σημαντική μείωση της ειδικής επένδυσης με το μέγεθος της μηχανής και τιμή EE 0,5-1 ECU/(kwh του πρώτου έτους).



Σχήμα 12.6: Μεταβολή της ειδικής επένδυσης με την ονομαστική ισχύ.

Πιο συγκεκριμένα, στατιστικά στοιχεία (Σχήμα 12.7) δίνουν ότι για άνεμο μέσης ετήσιας ταχύτητας 10,5m/s η Ειδική Επένδυση είναι 0,35 ECU/(kwh)₁ ενώ για μικρότερης ταχύτητας άνεμο 6,5m/s η Ειδική Επένδυση είναι 1,05 ECU/(kwh)₁ δηλαδή περίπου 3 φορές μεγαλύτερη.



Σχήμα 12.7: Ειδική επένδυση ως συνάρτηση του αιολικού δυναμικού.

12.11. Θεσμικό και τιμολογιακό πλαίσιο

Το θεσμικό πλαίσιο για τις ενεργειακές επενδύσεις, ορίζεται κυρίως από τους εξής δύο νόμους:

Ο Ν. 1262/82 για την οικονομική και περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

Ο νόμος αυτός ορίζει ποιες επενδύσεις μπορούν να υπαχθούν σε αυτόν, καθώς και τα κίνητρα που προβλέπονται για κάθε είδους επένδυση και για κάθε περιφέρεια της χώρας. Οι επενδύσεις που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας και την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, υπάγονται στις ειδικές επενδύσεις, για τις οποίες προβλέπεται αυξημένη επιχορήγηση ύψους 15%. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα κίνητρα και τις προϋποθέσεις χρηματοδότησης του Ν. 1262/82 για τις επενδύσεις αυτές.

Πίνακας 12.1

ΚΙΝΗΤΡΑ ΝΟΜΟΥ 1262/82 ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ				
ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΓΚ/ΣΗΣ	ΙΔΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ (%)	ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗ (%)	ΔΑΝΕΙΟΔΟΤΗΣΗ (%)	ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ
Α	30	Μέχρι 30	Μέχρι 40	Επί τρία (3) χρόνια σε ποσοστό ίσο με το ποσοστό επιχορήγησης
Β	25 – 35	25 – 55	50 – 10	
Γ	15 – 25	30 – 70	45 – 5	
Δ	1 – 15	35 – 70	50 – 15	

Ο Ν. 1559/85 για την παραγωγή ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

Ο νόμος αυτός επιτρέπει σε καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας να την παράγουν για τις δικές τους ανάγκες, είτε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε σε συνδυασμό με παραγωγή θερμότητας και να πωλούν την περίσσεια, εντός ορισμένων ορίων, στη ΔΕΗ. Η ΔΕΗ υποχρεούται να αγοράζει την περίσσεια αυτή, σε τιμές που καθορίζονται με απόφαση του Υπουργείου Ενέργειας και Τεχνολογίας. Στους ΟΤΑ και μόνο επιτρέπεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με μοναδικό σκοπό τη πώλησή της στη ΔΕΗ, ανεξάρτητα δηλαδή απ' την ιδιοκατανάλωση του επενδυτή.

Το τιμολογιακό πλαίσιο, ειδικά για αυτοπαραγωγούς ηλεκτρισμού, καθορίστηκε με την απόφαση 23/4/86 του Υπουργείου Βιομηχανίας, Έρευνας και Τεχνολογίας. Η απόφαση αυτή καθορίζει τις μέγιστες τιμές στις οποίες η ΔΕΗ υποχρεούται να αγοράζει την περίσσεια ηλεκτρισμού των αυτοπαραγωγών. Στην εναλλακτική περίπτωση που ο καταναλωτής αγοράζει την ηλεκτρική ενέργεια από τη ΔΕΗ, θεωρείται ότι χρεώνεται με το τιμολόγιο βιομηχανικής χρήσης, μέσης τάσης. Το τιμολόγιο για ΟΤΑ και για εγκατεστημένη ισχύ του ύψους των εξεταζόμενων ανεμογεννητριών, παρουσιάζεται, μαζί με τις τιμές του τιμολογίου για αυτοπαραγωγούς και το τιμολόγιο βιομηχανικής χρήσης μέσης τάσης, στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 12.2

ΤΡΙΜΗΝΟ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ-ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1989		
Τιμολόγιο για ΟΤΑ		
		δρχ/Kwh
Ημέρα	08: 00 – 24: 00	8,62
Νύχτα	24: 00 – 08: 00	5,41
Τιμολόγιο για Αυτοπαραγωγούς		
		δρχ/Kwh
Ημέρα	08: 00 – 24: 00	7,08
Νύχτα	24: 00 – 08: 00	5,71
Τιμολόγιο Βιομηχανικής Χρήσης Μέσης Τιμής		
Μέση τιμή ημερονηχτίου:		12,75 δρχ/Kwh

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

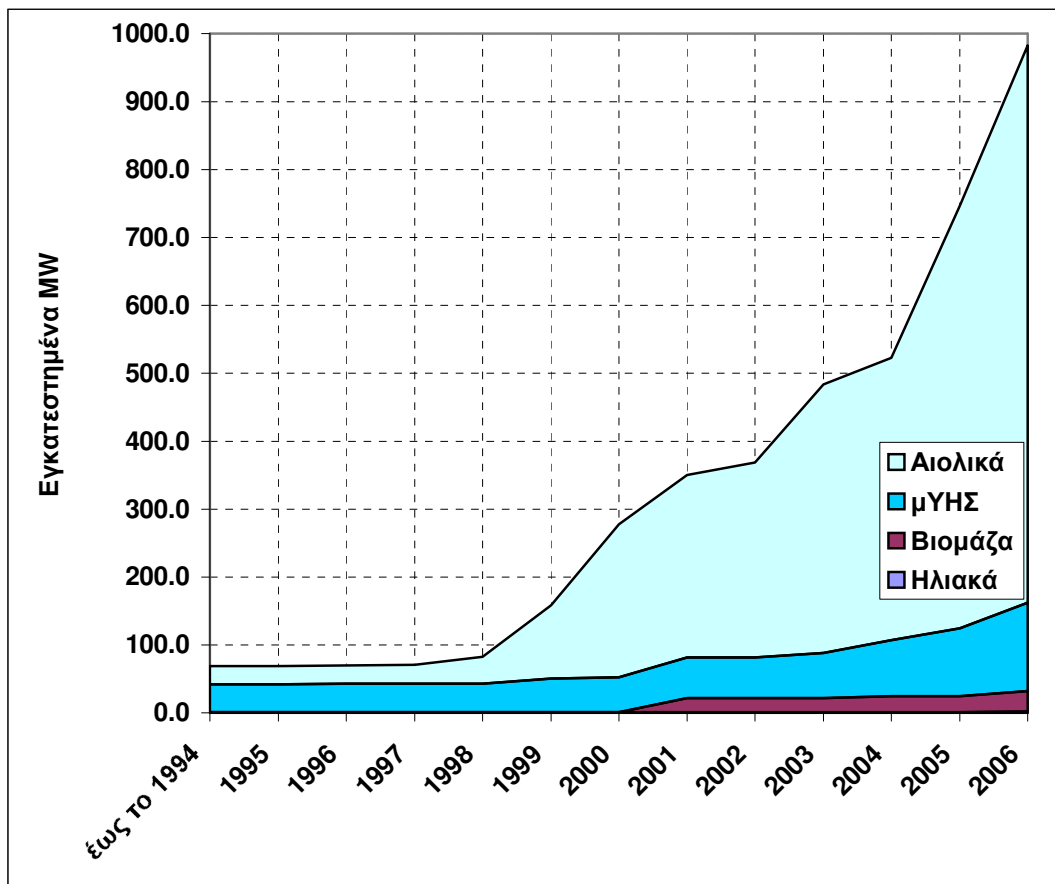
13.1. Η εξέλιξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια

Η Οδηγία 2001/77/ΕΚ "Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας" προβλέπει στο παράρτημά της για την Ελλάδα ενδεικτικό στόχο κάλυψης από ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές, περιλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, σε ποσοστό της ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010 ίσο με 20,1%. Ο στόχος αυτός είναι συμβατός με τις διεθνείς δεσμεύσεις της χώρας που απορρέουν από το πρωτόκολλο του Κιότο που υπογράφηκε το Δεκέμβριο του 1997 στη σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος. Το πρωτόκολλο του Κιότο προβλέπει για την Ελλάδα συγκράτηση του ποσοστού αύξησης κατά το έτος 2010 του CO₂ και άλλων αερίων που επιτείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 25% σε σχέση με το έτος βάση 1990. Οι πλέον πρόσφατες εκτιμήσεις για την ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά το έτος 2010, την προσδιορίζουν σε ύψος 68 δις κιλοβατώραν. Κατά συνέπεια υφίσταται ανάγκη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών) της τάξης των **13,7 δις κιλοβατώραν** κατά τα 2010.

Με βάση τα πιο πάνω, οι απαιτήσεις σε εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ για το 2010 προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος φαίνονται στον Πίνακα 13.1.:

	Απαιτήσεις σε Εγκατεστημένη ισχύ το 2010 σε MW	Παραγωγή ενέρ- γειας το 2010 σε δις kWh	Ποσοστιαία συμμετοχή ανά τύπο ΑΠΕ το 2010
Αιολικά πάρκα	3.372	7,09	10,42
Μικρά υδροηλεκτρικά	364	1,09	1,60
Μεγάλα υδροηλεκτρικά	3.325	4,58	6,74
Βιομάζα	103	0,81	1,19
Γεωθερμία	12	0,09	0,13
Φωτοβολταϊκά	18	0,02	0,03
Σύνολα	7.193	13,67	20,10

Πίνακας 13.1.: Απαιτήσεις εγκατάστασης ΑΠΕ για επίτευξη στόχου 2010.



Σχήμα 13.1: Αθροιστικά εγκαθιστώμενη ισχύς σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ

Η καθ' έτος προστιθέμενη ισχύς των εγκαταστάσεων ΑΠΕ (χωρίς τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα), σύμφωνα με αξιόπιστες προβλέψεις για τα έτη 2005 και 2006 που στηρίζονται στην παρακολούθηση της πορείας υλοποίησης κάθε έργου ΑΠΕ, δίδεται στο Σχήμα 13.1. Επισημαίνεται ότι τα στοιχεία για το 2005 και το 2006 αφορούν ισχύ έργων τα οποία θα λειτουργούν ή θα έχουν εγκατασταθεί και θα τελούν σε δοκιμαστική λειτουργία.

13.2. Δημόσια Ενίσχυση των ΑΠΕ

Με πόρους του Β' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης που ολοκληρώθηκε στις 31.12.2002 το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας (ΕΠΕ) που διαχειρίστηκε το Υπουργείο Ανάπτυξης χρηματοδότησε έργα συνολικού προϋπολογισμού 1,061 δις Ευρώ. Ποσοστό 33,8% του προϋπολογισμού προέρχονταν από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ), 45,2% από εθνικούς πόρους περιλαμβανομένων πόρων της ΔΕΗ Α.Ε. και η συμμετοχή του ιδιωτικού κεφαλαίου ανήλθε σε 21%. Τμήμα του υπο-

προγράμματος 3 αφορούσε στην ανανεώσιμη ηλεκτροπαραγωγή. Συνοπτικά στοιχεία παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.2.

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

	Αιολικά	Μικρά υδροηλ.	Φωτοβολταϊκά	Βιομάζα	Σύνολο
Αριθμός επενδύσεων	16	9	15	2	42
Συνολικός προϋπολογισμός σε εκατ. Ευρώ	141,6	17,2	6,10	31,5	196,4
Συνολική δημόσια δαπάνη σε εκατ. Ευρώ	53,2	7,7	4,20	14,8	79,9
Συνολική εγκατεστ. Ηλεκτρική ισχύς σε MW	121,0	11,5	0,74	20,7	153,9
Ετήσια παραγωγή ενέργειας σε δις kWh	354,0	53,0	1,00	168,0	576,0

Πίνακας 13.2.: Συνοπτικά στοιχεία κόστους και παραγωγής από εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ και χρηματοδότηση από πόρους του Β' ΚΠΣ.

13.3. Τομέας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η συνολική δυναμικότητα των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ (εκτός μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων) που αναμενόταν να έχουν εγκατασταθεί και να λειτουργούν ή να είναι έτοιμα προς λειτουργία μέχρι τέλους του 2005 ή το αργότερο τον Ιανουάριο του 2006 ανέρχεται σε 2,2 δις kWh και προέρχεται κατά 77,4% από αιολικά πάρκα, 13,6% μικρά υδροηλεκτρικά έργα και 9,0% από λοιπές μορφές ανανεώσιμης ενέργειας (βιοαέριο, βιομάζα, φωτοβολταϊκά).

Τα πλέον επικαιροποιημένα στοιχεία για τις εγκαταστάσεις ΑΠΕ στις οποίες έχουν περιληφθεί και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα δίνονται στον Πίνακα 13.3. Πέραν των αναφερομένων στον Πίνακα 13.3, υπάρχουν αυτή τη στιγμή επί πλέον άδειες εγκατάστασης για σταθμούς ΑΠΕ συνολικής ισχύος **590 MW** από τα οποία 505 MW αφορούν αιολικά πάρκα, 62 MW μικρά υδροηλεκτρικά έργα και 22 MW σταθμούς βιομάζας. Πρόκειται για ώριμα έργα σε όλη την Ελλάδα, χωρίς προβλήματα σύνδεσης με τα δίκτυα και λυμένα τα ζητήματα περιβαλλοντικής αδειοδότησης με συνέπεια να εκτιμάται ότι θα έχουν υλοποιηθεί μέχρι το τέλος του 2007. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να υπογραμμισθεί ότι τα έργα αυτά μπορούν να συνδεθούν άμεσα χωρίς να απαιτούνται εκτεταμένα έργα ενίσχυσης του τοπικού δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

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

Περιφέρεια	Μεγάλα υδροηλεκτρικά	Αιολικά	Μικρά υδρο-ηλεκτρικά	Φωτοβολταϊκά	Βιομάζα	ΣΥΝΟΛΑ
Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης	500,0	162,2	1,00			663,20
Αττικής		2,6		0,2	20,70	23,30
Βορείου Αιγαίου		28,7				28,70
Δυτικής Ελλάδος	1.282,2	36,1	17,62			1335,92
Κεντρικής Μακεδονίας	492,0	17,0	23,90	0,15	2,50	535,55
Ηπείρου	543,6		28,7			571,40
Ιονίων Νήσων		10,2				10,20
Θεσσαλίας	130,0		4,94		0,35	135,29
Κρήτης		104,5	0,60	0,80	0,17	106,27
Νοτίου Αιγαίου		20,1				20,10
Πελοποννήσου	70,0	36,0	2,00			108,00
Στερεάς Ελλάδος		204,3	22,0			226,30
Σύνολα	3.017,8	621,7	99,86	1,15*	23,72	3.764,23

* Η ισχύς αυτή είναι η καταγεγραμμένη αλλά υπάρχουν πολλά φωτοβολταϊκά συστήματα μη συνδεδεμένα με τα δίκτυα. Με βάση στοιχεία πωλήσεων εκτιμάται ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών συστημάτων κατά τις αρχές του 2006 θα βρίσκεται σε επίπεδο 4 MW.

Πίνακας 13.3.: Εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων ΑΠΕ σε MW
(Δεκέμβριος 2005 – Ιανουάριος 2006)

Ο Πίνακας 13.4 δείχνει την ισχύ των αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην ηπειρωτική χώρα, σε περιοχές εκτός αυτών όπου έχει δρομολογηθεί ενίσχυση των δικτύων για τις οποίες δεν έχουν εκδοθεί άδειες εγκατάστασης. Σημειώνεται ότι η καθυστέρηση στην ανάπτυξη ενός έργου με υπαιτιότητα του επενδυτή (π.χ. λόγω οικονομικής αδυναμίας του για την υλοποίησή του έργου), οδηγεί σε ανάκληση της άδειας παραγωγής. Μέχρι σήμερα έχουν ανακληθεί άδειες περί τα 500 MW που είχαν χορηγηθεί κατά το παρελθόν σε έργα ΑΠΕ.

Τεχνολογία	Ισχύς (MW)
Αιολικά πάρκα	2.190
Μικρά υδροηλεκτρικά	290
Βιομάζα	7
Γεωθερμία	8
Φωτοβολταϊκά	1,31
Σύνολο	2.496

Πίνακας 13.4.: Άδειες παραγωγής ΑΠΕ στην ηπειρωτική χώρα χωρίς άδεια εγκατάστασης, σε περιοχές εκτός αυτών όπου έχουν δρομολογηθεί ενισχύσεις των δικτύων.

Με βάση τα στοιχεία ανάπτυξης του Πίνακα 13.4 και την υπόθεση ότι η τάση εγκατάστασης έργων που επικρατεί κατά την τελευταία διετία στην Ελλάδα, όχι μόνο θα συνεχιστεί και αλλά και θα εμφανίσει περαιτέρω βελτίωση κατά την τριετία 2008-2010, λόγω των δρομολογημένων θεσμικών παρεμβάσεων, εκτιμάται ότι μέχρι το 2010, μπορεί να έχουν εγκατασταθεί στις εν λόγω περιοχές της χώρας επιπλέον 600-650 MW αιολικών πάρκων, 90-100 MW Μικρών Υδροηλεκτρικών και περί τα 40 MW λοιπών ΑΠΕ (Βιομάζα, Γεωθερμία, Φωτοβολταϊκά), δηλαδή συνολικά περίπου **780 MW** που αντιστοιχούν σε ποσοστό 31% των έργων που σήμερα διαθέτουν άδεια παραγωγής κατά τον Πίνακα 13.4.

13.4. Συμπεράσματα – Προσέγγιση στόχου – Ανάγκη πρόσθετων μέτρων

13.4.1. Βασικό Σενάριο

Μετά την ολοκλήρωση όλων των προγραμματισμένων έργων για την ενίσχυση των δικτύων και στη βάση του οικονομικού δυναμικού των ΑΠΕ και του επενδυτικού ενδιαφέροντος και των ρεαλιστικών εκτιμήσεων που αναφέρθηκαν, μπορεί να γίνει εκτίμηση των δυνατοτήτων διείσδυσης κατά το έτος 2010 όπως φαίνεται στον πίνακα 13.5. Στην περίπτωση κατά την οποία υλοποιηθούν όλες οι ανωτέρω επενδύσεις θα προσεγγισθεί ικανοποιητικά ο στόχος της Οδηγίας. Σε συνοπτική βάση οι προϋποθέσεις επίτευξης του ανωτέρω σεναρίου, είναι οι ακόλουθες:

- Θα προχωρήσει απρόσκοπτα η υλοποίηση των επενδύσεων που έχουν λάβει άδεια εγκατάστασης. Η υπόθεση αυτή είναι ρεαλιστική δεδομένου ότι τα έργα αυτά είναι ώριμα, έχουν ολοκληρώσει την αδειοδοτική διαδικασία, έχουν εξασφαλισμένη πρόσβαση στο δίκτυο και άρα είναι χρηματοδοτήσιμα.
- Θα ολοκληρωθούν τα εκτεταμένα έργα ενίσχυσης των δικτύων στις περιοχές της Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, της Νοτιοανατολικής Πελοποννήσου και της Εύβοιας.

- Θα συνεχιστεί και θα βελτιωθεί η τάση υλοποίησης επενδύσεων ΑΠΕ της τελευταίας διετίας, σε περιοχές πέραν από αυτές όπου εκτελούνται τα έργα ενισχύσεως των δικτύων.

	Εγκατεστημένη Ισχύς σε MW (αρχές 2006)	Πρόσθετες Άδειες Εγκατάστασης σε ισχύ (MW)	Πρόσθετα ΑΠΕ λόγω δρομολογημένων παρεμβάσεων (MW)	Πρόσθετα ΑΠΕ στη λοιπή Ελλάδα (MW)	Εκτιμώμενο σύνολο ισχύος 2010 σε MW	Εκτιμώμενη Παραγωγή ενέργειας 2010 σε δις kWh	Ποσοστό συμμετοχής ανά τύπο ΑΠΕ το 2010 (για στόχο 13,67 δις kWh)
Αιολικά	622	505	1.240	650	3.017	6,34	9,33
Μικρά ΥΗ	100	62		90	252	0,76	1,11
Μεγάλα ΥΗ	3.018			307	3.325	4,58	6,74
Βιομάζα	24	22		25	71	0,56	0,82
Γεωθερμία	0			8	8	0,06	0,09
Φ/Β	1	1		8	10	0,01	0,02
Σύνολο	3.765	590	1.240	1.088	6.683	12,31	18,10

Πίνακας 13.5: Βασικό σενάριο εκτίμησης δυνατής παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ κατά το έτος 2010.

13.4.2. Συντηρητικό Σενάριο

Οι τρεις προϋποθέσεις του βασικού σεναρίου της προηγούμενης παραγράφου σηματοδοτούν ταυτόχρονα και τους **κινδύνους** που μπορεί να προκαλέσουν εκτροπή από την πορεία προσέγγισης του στόχου που εκφράζεται από το εν λόγω σενάριο και στους οποίους έχει εστιάσει την προσοχή της η Ελληνική Πολιτεία.

	Εγκατεστημένη ισχύς σε MW (αρχές 2006)	Υλοποίηση πρόσθετων αδειών εγκατάστασης σε ισχύ (MW)*	Πρόσθετα ΑΠΕ λόγω δρομολογημένων παρεμβάσεων (MW) *	Πρόσθετα ΑΠΕ στη λοιπή Ελλάδα (MW) *	Συντηρητική Εκτίμηση για σύνολο ισχύος 2010 σε MW	Δυσμενής Εκτίμηση για Παραγωγή ενέργειας 2010 σε δις kWh	Ποσοστό συμμετοχής ανά τύπο ΑΠΕ το 2010 (για στόχο 13,67 δις kWh)
Αιολικά	622	-76	-610	-228	2.104	4,42	6,50
Μικρά ΥΗ	100	-9	0	-32	211	0,63	0,93
Μεγάλα ΥΗ	3.018	0	0	0	3.325	4,58	6,74
Βιομάζα	24	-3	0	-9	59	0,46	0,68
Γεωθερμία	0	0	0	-3	5	0,04	0,06
Φ/Β	1	0	0	-3	7	0,01	0,01
Σύνολο	3.765	-88	-610	-273	5.711	10,15	14,92

* Μεταβολή σε σχέση με το βασικό σενάριο του Πίνακα 13.5

Πίνακας 13.6.: Συντηρητικό σενάριο εκτίμησης δυνατής παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ κατά το έτος 2010

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι αν:

- περιοριστεί στο 85% το ποσοστό υλοποίησης των έργων που διαθέτουν ήδη άδεια εγκατάστασης
- δεν εγκατασταθούν τα πρόσθετα αιολικά πάρκα στη νότια Εύβοια και τα νησιά και περιοριστεί στο 65% του προσδοκώμενου ο ρυθμός ανάπτυξης στη υπόλοιπη Ελλάδα, τότε το ποσοστό συμμετοχής της ανανεώσιμης ενέργειας στην ακαθάριστη ηλεκτρική κατανάλωση θα προσεγγίσει το 15% όπως φαίνεται στον Πίνακα 13.5.

13.4.3. Αισιόδοξο Σενάριο με πρόσθετα μέτρα

Από τα παραπάνω είναι σαφές ότι η επίτευξη του στόχου 20,1% απαιτεί **πρόσθετα μέτρα και πολιτικές**. Με βάση την παραδοχή αυτή, οι πρόσθετες δράσεις που έχουν αναληφθεί ή θα αναληφθούν στο άμεσο μέλλον μπορεί να διακριθούν σε Θεσμικά μέτρα πολιτικής και σε Τεχνολογικές-Εμπορικές παρεμβάσεις.

Όσον αφορά τα **θεσμικά μέτρα πολιτικής**, εξετάζονται-δρομολογούνται τα ακόλουθα:

- Προώθηση και ενίσχυση των υβριδικών συστημάτων στα νησιά, που θα οδηγήσει στην αυξημένη διείσδυση ΑΠΕ σε περιοχές με πλούσιο αιολικό δυναμικό το οποίο, όπως έχει αναφερθεί, δεν αξιοποιείται σήμερα.
- Προοπτική ανάπτυξης της αγοράς φωτοβολταϊκών μέσω των εξεταζόμενων ρυθμίσεων ενίσχυσης.
- Εισαγωγή της δυνατότητας χρήσης της παράκτιας ζώνης και της θάλασσας για εγκατάσταση ΑΠΕ ώστε να είναι εφικτή η δημιουργία θαλάσσιων αιολικών πάρκων που σήμερα απαγορεύεται με βάση το άρθρο 14 του Ν. 2971/2001 "*Αιγιαλός, παραλία και άλλες διατάξεις*" (ΦΕΚ Α' 285).

Όσον αφορά τις **τεχνολογικές-εμπορικές παρεμβάσεις**:

- Έχει αποφασισθεί και προωθείται η διασύνδεση των Βορειοανατολικών Κυκλάδων με το διασυνδεδεμένο σύστημα. Συγκεκριμένα προβλέπει τη σύνδεση της Σύρου με το Λαύριο μέσω υποθαλασσίου καλωδίου υψηλής τάσης συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος και την ανάπτυξη του υπόλοιπου δικτύου υψηλής τάσης μέσω υποθαλάσσιων καλωδίων μόνο ώστε να μην υπάρχουν γραμμές μεταφοράς πάνω στα νησιά γεγονός που γενικά προκαλεί αντιδράσεις. Εκτιμάται ότι μέχρι το 2010 μπορεί να έχει υλοποιηθεί μέρος του έργου.
- Αξιοποίηση του επενδυτικού ενδιαφέροντος για εγκατάσταση μεγάλων έργων ΑΠΕ σε απομονωμένες περιοχές, με παράλληλη ανάπτυξη έργων σύνδεσης με τον κορμό του διασυνδεδεμένου συστήματος με επιβάρυνση των επενδυτών.
- Ένταση των προσπαθειών για την υλοποίηση περισσότερων από τα υπό ανάπτυξη μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα.

	Πρόσθετα ΑΠΕ λόγω πρόσθετων μέτρων μέχρι το 2010 (MW)	Αισιόδοξο σενάριο για το Εκτιμώμενο Σύνολο 2010 σε MW	Αισιόδοξη εκτίμηση Παραγωγή ενέργειας 2010 σε δις kWh	Ποσοστό συμμετοχής ανά τύπο ΑΠΕ το 2010
Αιολικά	+250	3.267	7,00	10,29
Μικρά ΥΗ		252	0,76	1,11
Μεγάλα ΥΗ	+100	3.425	4,80	7,06
Βιομάζα		71	0,56	0,82
Γεωθερμία	+30	38	0,29	0,42
Φ/Β	+30	40	0,05	0,07
Σύνολο	+410	7.093	13,46	19,79

Πίνακας 13.7.: Αισιόδοξο σενάριο εκτίμησης δυνατής παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ κατά το έτος 2010, με επιτυχία των πρόσθετων μέτρων.

Στο αισιόδοξο σενάριο ότι όλα τα ανωτέρω πρόσθετα μέτρα θα λειτουργήσουν αποτελεσματικά, τότε είναι δυνατή η επίτευξη του στόχου. Αυτό προϋποθέτει την εγκατάσταση μέχρι το 2010 γύρω στα πρόσθετα 400-450 MW εγκαταστάσεων ΑΠΕ (αιολικά 250 MW, μεγάλα υδροηλεκτρικά 100 MW, γεωθερμία 30 MW και φωτοβολταϊκά 30 MW, πίνακας 13.7.). Εκτιμάται ότι ο συντελεστής φόρτισης των 250 MW αιολικών πάρκων λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των περιοχών όπου θα αναπτυχθούν θα είναι 30%.

Επιγραμματικά αναφέρεται ότι η Ελλάδα καταβάλλει ήδη πολύ εντατικές προσπάθειες στο θεσμικό, κανονιστικό, τεχνικό και χρηματοδοτικό επίπεδο για την προσέγγιση του ενδεικτικού στόχου 20.1% της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ, ο οποίος υπό πολύ ευνοϊκές συνθήκες είναι δυνατό να επιτευχθεί. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι έχουν εντοπιστεί, και καταβάλλεται συντονισμένη προσπάθεια να ελεγχθούν, οι παράγοντες κινδύνου που μπορεί να προκαλέσουν εκτροπή από την επιθυμητή πορεία .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα, λοιπόν, με όσα προαναφέρθηκαν, μέχρι το 1975 η παγκόσμια ενεργειακή πολιτική ήταν προσανατολισμένη προς το πετρέλαιο, τον άνθρακα, το φυσικό αέριο και την πυρηνική ενέργεια. Η πρώτη ενεργειακή κρίση το 1975, προβλημάτισε ιδιαίτερα την ανθρωπότητα και οδήγησε σε διαφορετική αντιμετώπιση των θεμάτων παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, τόσο απ' την πλευρά της ενεργειακής ανεξαρτησίας, όσο και από την άποψη της ποιότητας ζωής. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ παράλληλα δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στις πραγματικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας, τις ήπιες και ανανεώσιμες.

Εύκολα μπορεί να διαπιστώσει κανείς ότι οι Α/Γ βελτιώνονται συνεχώς τεχνολογικά και η χρήση τους εξαπλώνεται, πλέον, ευρύτατα. Τελευταία στοιχεία πληροφορούν ότι η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς στη Γερμανία είναι περισσότερη από 12.000 MW, στις ΗΠΑ 7.000 MW, στην Ισπανία 5.000 MW, στη Δανία 3.000 MW και στην Ινδία 1.702 MW. Η Ευρωπαϊκή Ήπειρος κατέχει τα πρωτεία στην παραγωγή αιολικής ενέργειας παγκοσμίως, με σχεδόν 35.000 MW, που αντιστοιχούν σε 35 μεγάλους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα. Σύμφωνα με τον διευθύνοντα σύμβουλο της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας κ. Corin Millais *«η διεθνής αγορά αιολικής ενέργειας μπορεί να αξίζει ως το 2010 περίπου 25 δισ. ευρώ»*. Δυστυχώς, το 2002 εγκαταστάθηκαν στην Ελλάδα μόνο 4 νέα MW από την κατασκευή Α/Γ, ανεβάζοντας την εγκατεστημένη ισχύ σε 276 MW.

Παρ' όλο που ορισμένοι πολιτικοί πιστεύουν ότι η αγορά είναι αυτή που θα καθορίσει την ανάπτυξη των νέων ενεργειακών τεχνολογιών, πολλοί ειδικοί διαφωνούν. Και αυτό όχι μόνον επειδή η ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών είναι πολυδάπανη, αλλά και επειδή το κράτος έχει τη δυνατότητα να παίρνει ρίσκα που οι ιδιωτικές επιχειρήσεις δεν έχουν το περιθώριο να αναλάβουν. Χωρίς την ουσιαστική στήριξη του κράτους και καθώς τα καθαρά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο και η βενζίνη, εξαντλούνται ίσως ο άνθρωπος είναι καταδικασμένος να εξαρτάται από ολοένα και πιο ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα, γεγονός που θα έχει ζοφερές επιπτώσεις στο κλίμα.

Είναι εύκολο να διαπιστώσει κανείς πως ήδη αρχίζουν να σημειώνονται κάποιες μικρής κλίμακας αλλαγές. Στις ΗΠΑ, η κεντρική εξουσία και οι τοπικές κυβερνήσεις προωθούν τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας δίνοντας επιδοτήσεις και επιβάλλοντας στους οργανισμούς κοινής ωφέλειας να συμπεριλάβουν στον προγραμματισμό τους ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στην Ευρώπη, προσφέρονται επίσης οικονομικά κίνητρα για την προώθηση της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας, έστω και αν οι καταναλωτές πληρώνουν τελικά αυξημένους λογαριασμούς.

Εναλλακτικές πηγές ενέργειας αξιοποιούνται και σε περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου, όπου αποτελούν ανάγκη και όχι επιλογή. Ιδιαίτερα για τις ανάγκες των απομακρυσμένων χωρών, η ανανεώσιμη ενέργεια είναι άκρως ανταγωνιστική. Στις αναπτυγμένες χώρες υπάρχει η αίσθηση ότι η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές - που κάποτε θεωρούνταν γραφική τρέλα των χίπις - δεν αποτελεί πια εναλλακτική κουλτούρα. Είναι η κύρια τάση της εποχής.

Ανέκαθεν η Ελληνική αγορά ενέργειας ήταν στενά εξαρτώμενη από τις εξελίξεις τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Τα τελευταία χρόνια η σύνδεση αυτή

ενισχύθηκε και πλέον διαγράφεται καθαρά ένα μέλλον στο οποίο η ελληνική αγορά θα λειτουργεί σε ένα κοινό πλαίσιο με την ευρωπαϊκή αγορά. Η Ελλάδα θα πρέπει να συμμετέχει ενεργά στις εξελίξεις αυτές και η τεχνολογία κατασκευής Α/Γ, είναι μέσα στις ελληνικές κατασκευαστικές δυνατότητες. Για το λόγο αυτό, είναι επιτακτική ανάγκη να ελαχιστοποιηθούν οι παράγοντες εκείνοι που δυσχεραίνουν την εφαρμογή των Α/Γ και των έργων ΑΠΕ στη χώρα μας.

Σύμφωνα με Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) απλοποιείται, πλέον, η διαδικασία αδειοδότησης των έργων παραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, αφού περιορίζει τους γνωμοδοτικούς φορείς για την εγκατάσταση ΑΠΕ από 41 που είναι σήμερα (ενώ ο αριθμός των απαιτούμενων υπογραφών ξεπερνά τις 340), σε 9! Ακόμα προσδιορίζει πλήρως τους τομείς για τους οποίους ο κάθε φορέας γνωμοδοτεί και θεσπίζει ανώτατα χρονικά όρια για κάθε στάδιο της διαδικασίας. Έτσι, αναμένεται να ανοιχτούν νέοι δρόμοι για τις ιδιωτικές επενδύσεις και να απεγκλωβιστούν σημαντικές δράσεις του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης, οι οποίες καθυστερούν λόγω του γραφειοκρατικού κυκεώνα.

Ένα μεγάλο αγκάθι στη λειτουργία των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα, αποτελεί η απουσία χωροταξικού σχεδιασμού. Ο θόρυβος απ' τις Α/Γ έχει αναχθεί σε μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα, με αποτέλεσμα ντόπιοι και εταιρείες παραγωγής ΑΠΕ να καταλήγουν συχνά στα δικαστήρια για το αν η χωροθέτηση των αιολικών πάρκων είναι νόμιμη ή όχι. Σύμφωνα με τον κ. Βολιώτη, απ' το Πανελλήνιο Δίκτυο Οικολογικών Οργανώσεων, αυτό αποδίδεται και στην παντελή απουσία της πολιτείας από την αναγκαία ενημέρωση των τοπικών κοινωνιών και φορέων, για τα πολλαπλά πλεονεκτήματα των ΑΠΕ. Αυτό οδηγεί συχνά στην παραπληροφόρηση και στην εχθρική στάση των τοπικών κοινωνιών έναντι των ΑΠΕ, με τελική συνέπεια την αποτελμάτωση και την εγκατάλειψη των δρομολογημένων έργων.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η περίπτωση, πριν από μερικά χρόνια, κατά την οποία ο Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου Αθήνας γνωμοδότησε αρνητικά την εγκατάσταση αιολικών πάρκων ισχύος 109 MW στην περιοχή της Αττικής, σε περιοχές που, σύμφωνα με τον αντιπρόεδρο της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας δρ. Ι. Τσιπουρίδη, *«είναι καθ' όλα συμβατές με την ανάπτυξη αιολικών πάρκων»*. Σύμφωνα με το σκεπτικό της απόρριψης *«...η συνεισφορά τους στο ενεργειακό ισοζύγιο της Αττικής θα είναι μηδαμινή και δυσανάλογη συγκριτικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα προκαλέσουν»*. Για το ίδιο θέμα το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) είχε επισημάνει ότι *«τα αιολικά πάρκα της Αττικής θα συμβάλλουν στον περιορισμό των εκπομπών του CO₂ κατά 255.000 τόνους και διοξειδίου του θείου κατά 4.800 τόνους ανά έτος, σε σύγκριση με τη λειτουργία συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, ενώ θα εξοικονομούνται και 420.000 τόνοι λιγνίτη. Παράλληλα θα εξοικονομούνται και 15.000.000 m³ εισαγόμενου φυσικού αερίου, σε ετήσια βάση, με προφανή οφέλη για την εθνική μας οικονομία»*.

Η ενεργειακή πολιτική μιας χώρας πρέπει να έχει σκοπό την εξασφάλιση της ενεργειακής επάρκειας της χώρας με εύλογο κόστος ενώ συγχρόνως να μη διαταράσσεται η οικολογική ισορροπία. Μια εθνική ενεργειακή πολιτική θα πρέπει να επιδιώκει:

- Αξιοποίηση των εγχώριων φυσικών πηγών έχοντας υπ' όψιν και τα συμφέροντα της επόμενης γενιάς και μείωση της πετρελαϊκής εξάρτησης.
- Ανάπτυξη – εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

- Επέκταση της ενεργειακής αγοράς με την προσφορά στην οικονομία αποτελεσματικότερων πρωτογενών μορφών ενέργειας (φυσικό αέριο).
- Ελαχιστοποίηση της εξάρτησης της χώρας από μια πηγή ενέργειας και από μία χώρα.
- Αύξηση του βαθμού εκμετάλλευσης της ενέργειας και εξοικονόμηση ενέργειας σε όλους τους τομείς της εθνικής οικονομίας.
- Σχεδίαση του ρυθμού ανάπτυξης της χώρας και το είδος ανάπτυξης με στόχο την ελαχιστοποίηση του ενεργειακού κόστους και έχοντας υπ' όψιν ότι η μόλυνση του περιβάλλοντος συνεπάγεται σημαντικό κοινωνικό κόστος.
- Ανάπτυξη Εθνικής Βιομηχανίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Εισαγωγή μέσω της εκπαίδευσης στους νέους ανθρώπους μιας νέας ενεργειακής φιλοσοφίας ενάντια στη σημερινή καταναλωτική θέση προς τη ζωή.

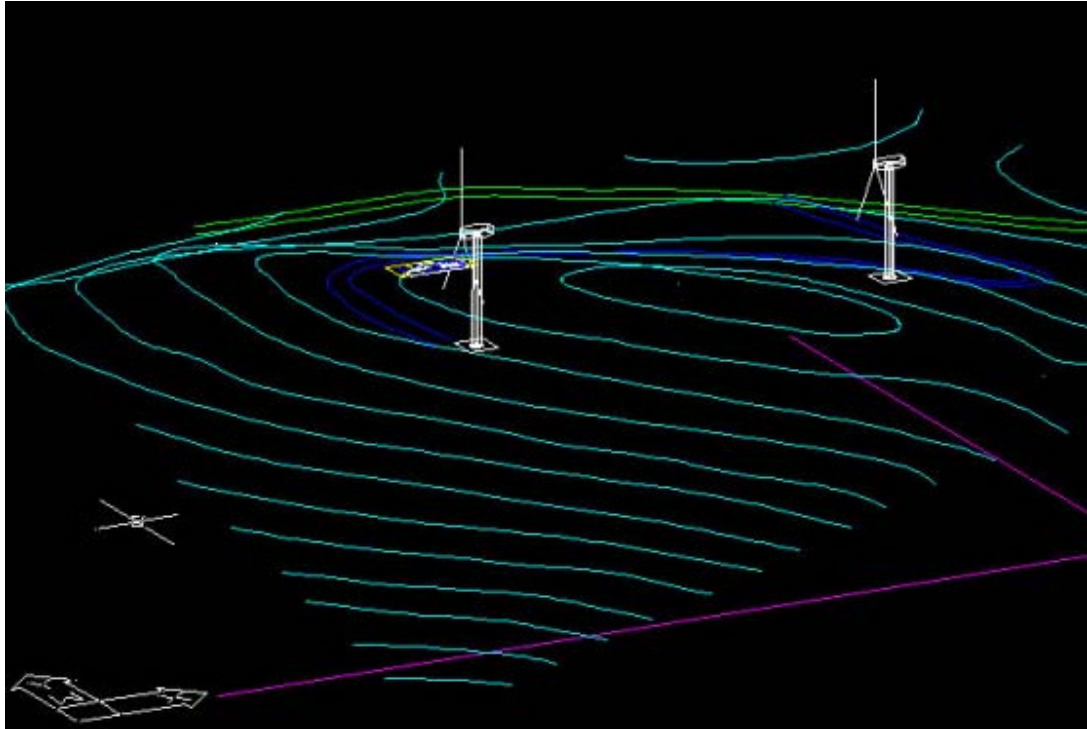
Θα πρέπει να τονιστούν τρία επιπλέον σημεία:

- Στα επόμενα 50 χρόνια τα «κλασικά» καύσιμα πρέπει να υποκατασταθούν από την αύξηση του βαθμού χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Η μεταστροφή από πετρέλαιο σε στερεά καύσιμα ή συνθετικά καύσιμα θα δημιουργήσει τεράστιο πρόβλημα που θα οδηγήσει συντομότερα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτός θα είναι και ο λόγος της αδυναμίας χρήσης στερεών καυσίμων στο μέλλον. Αντίθετα η χρήση των ΑΠΕ βρίσκεται σε αρμονία με μια οικολογική αναπτυξιακή πολιτική.
- Η δυνατότητα να ξεφύγουμε από τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας θα εξαρτηθεί από την ανάπτυξη της τεχνολογίας των ΑΠΕ (η χρήση πυρηνικής ενέργειας θα οδηγήσει αναγκαστικά στη διάδοση πυρηνικών όπλων).

Πριν από πενήντα χρόνια οι ευρωπαϊκές πόλεις ήταν γεμάτες από ερείπια των βομβαρδισμών του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου. Για να «ξαναφτιάξουμε» τον κόσμο, έχουμε στη διάθεσή μας το πολύ πενήντα χρόνια ακόμα. Όμως οι άνθρωποι αλλάζουν, προσαρμόζονται στις νέες καταστάσεις και κάνουν εκπληκτικές ανακαλύψεις. Ο Νταν Σούγκαρ μιλώντας για τις ανατρεπτικές τεχνολογίες είχε πει κάποτε:

«Υπάρχει ένας διάχυτος ενθουσιασμός. Υπάρχει η αίσθηση του επείγοντος. Η αίσθηση ότι δεν μπορούμε να αποτύχουμε».

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



Σχεδιασμός Αιολικού Πάρκου



Φωτορεαλιστικό Αιολικού Πάρκου



Θέση: Λόφος Σταυραετού Κερατέας, Λαυρεωτική, Ν. Αττικής



(φωτογραφία από τον 100μ μετεωρολογικό ιστό, ΒΒΔ του Α/Π, πριν την εγκατάσταση της ατράκτου της OA-600)





Μεγάλος γεωργικός Α/Κ (Courtesy of Southern Cross)



Γεωργικός Α/Κ στην Αριζόνα, που χρησιμοποιείται για άντληση νερού.



Ανεμογεννήτριες, μέρος ενός Αιολικού Πάρκου στην Lake Benton, της Minnesota. Αυτή η περιοχή είναι μια απ' τις πιο παραγωγικές περιοχές αιολικής ενέργειας στο Midwestern United States.



DOE/NASA 100kW Πειραματικός Α/Κ Plum Brook Station, Sandusky, Ohio.



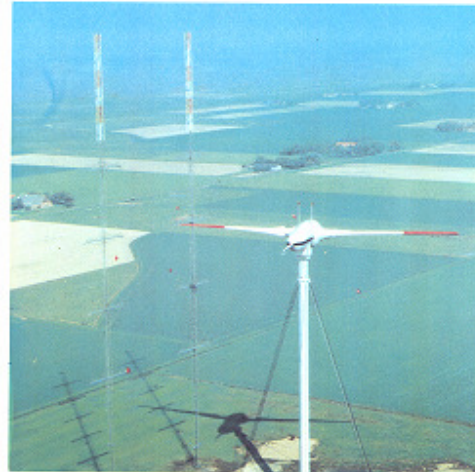
DOENASA 200kW Πελαγοπούλι, Α/Κ
Cokles Island, Puerto Rico.



Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα στο κέντρο δοκιμών Α/Κ
για ΗΠΑ.



Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα, αετιόμορφος σχήματος
πύργου, ύψους 125m.



Ανεμογεννήτρια Γερμανίας ονομαστικής ισχύος 3 MW και
διαμέτρου άξονα 100m.



Ανεμοκινητήρας ονομαστικής ισχύος 150 KW (μεταβλητών στροφών), ελληνικής σχεδίασης και κατασκευής (Εργαστήριο Αεροδυναμικής Ε.Μ.Π.).



Λιολικό πάρκο 3 × 2,5MW, διάμετρος δρομέα 300 ft.



Οπτικοποίηση περιστρεφόμενου ομόρρου - Διαστολή ομόρρου
(φωτογραφία Ι. Αντωνίου).



Οπτικοποίηση περιστρεφόμενου ομόρρου. Εκτίμηση βήματος (καταστροφή συστολής λόγω τύρβης μέσα σε 5 περιστροφές). (Φωτογραφία Ι. Αντωνίου).





Αιολικό πάρκο στη Θράκη



Αιολικό Πάρκο στη Σητεία ισχύος 27,5MW

Φωτογραφίες απ' το αρχείο της Danish Wind Industry Association.







Αιολικό Πάρκο στη Δανία.

Εγκατάσταση ανεμολογικών ιστών

Οι παρακάτω φωτογραφίες έχουν τραβηχτεί κατά τη διάρκεια ανύψωσης ενός ιστού 40μ. Ο ιστός περιλαμβάνει 2 ανεμόμετρα, ένα ανεμοδείκτη, ένα data logger, μια λάμπα που συνδέεται σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο και μία μπαταρία που φορτίζεται απο το φωτοβολταϊκό.





Φωτογραφίες από τις εγκαταστάσεις της ENERGOTECH.

Αυτές οι ΑΓ έχουν εγκατασταθεί από την ENERGOTECH μόνες ή μαζί με φωτοβολταϊκά πάνελ σε πολλές περιοχές σε όλη την Ελλάδα παρέχοντας ηλεκτρισμό σε απομακρυσμένες περιοχές.





ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ

Αδειούχος: Ο κάτοχος άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α.

Αιολική Ενέργεια: Μορφή μηχανικής ενέργειας, που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος με την εκμετάλλευση της κίνησης του ανέμου. Η αιολική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία παρέχει δυναμικό για μεγάλης κλίμακας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ανεμογεννητριών χωρίς σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.): Είναι οι φυσικοί διαθέσιμοι πόροι – πηγές ενέργειας, που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον, που δεν εξαντλούνται αλλά διαρκώς ανανεώνονται και που δύνανται να μετατρέπονται σε ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις, η θαλάσσια κίνηση.

Αυτό-εκφόρτιση: Είναι το φαινόμενο της αναπόφευκτης μείωσης της διαθέσιμης χωρητικότητας μιας μπαταρίας, λόγω χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό της.

Αυτόνομος Παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.: Ο Παραγωγός που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από Α.Π.Ε. και του οποίου ο σταθμός δεν είναι συνδεδεμένος με το Σύστημα ή το Δίκτυο.

Αυτόνομο Ηλεκτρικό Σύστημα Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών: Το ηλεκτρικό σύστημα που τροφοδοτεί τους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας, ενός ή περισσότερων νησιών, διασυνδεδεμένων μεταξύ τους, το οποίο δεν είναι συνδεδεμένο με το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο ή το Σύστημα και περιλαμβάνει, ιδίως, σταθμούς παραγωγής, δίκτυο χαμηλής, μέσης και υψηλής τάσης, υποσταθμούς υποβιβασμού της τάσης και κάθε άλλο εξοπλισμό αναγκαίο για τη λειτουργία του.

Βαθμός απόδοσης: Γενικά, έτσι ορίζεται ο λόγος της ωφέλιμης εξόδου της μπαταρίας προς την είσοδό της.

Βαθμός εκφόρτισης: Είναι το ρεύμα που δίνει μια μπαταρία κατά την εκφόρτισή της. Μπορεί να εκφραστεί σε Amperes, αλλά συνήθως εκφράζεται κι αυτός σε σχέση με την ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας. Π.χ. η απόδοση 20 Amperes από μια μπαταρία με ονομαστική χωρητικότητα 100 Ampere-hours αντιστοιχεί σε βαθμό εκφόρτισης C/5 (100 Ah/20A).

Βαθμός φόρτισης: Έτσι ορίζεται το ρεύμα που εφαρμόζεται σε μια μπαταρία για να της προσδώσει τη διαθέσιμη χωρητικότητά της. Ο βαθμός φόρτισης συνήθως εκφράζεται σε σχέση με την ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας. Για παράδειγμα, ο βαθμός φόρτισης 10-hour μιας μπαταρίας 500 Ampere-hours εκφράζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{Βαθμός Φόρτισης} &= \frac{\text{Ονομαστική Χωρητικότητα}}{\text{Χρόνος Φόρτισης}} = \\ &= \frac{500 \text{ Ampere-hours}}{10 \text{ hours}} = 50 \text{ Amperes} = \frac{C}{10} \end{aligned}$$

Για την ίδια μπαταρία, ένας βαθμός φόρτισης 5-hour θα εκφραζόταν ως βαθμός C/5 και θα αντιστοιχούσε σε ρεύμα φόρτισης 100 Amperes.

Γεωγραφικό Μήκος: Γ.Μ. ενός τόπου είναι το μήκος του τόξου του ισημερινού που περιλαμβάνεται ανάμεσα στον πρώτο μεσημβρινό της γης και στο μεσημβρινό του τόπου.

Γεωγραφικό Πλάτος: Γ.Π. ενός τόπου είναι η γωνιακή απόσταση ενός σημείου της γης ή της ουράνιας σφαίρας απ' τον ισημερινό.

Διαθέσιμη ή ενεργός χωρητικότητα: Είναι το σύνολο των Ampere-hours που παρέχει μια πλήρως φορτισμένη μπαταρία, όταν εκφορτίζεται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας ενός συστήματος (δηλ. συγκεκριμένη θερμοκρασία, αρχική επίπεδο φόρτισης, βαθμό εκφόρτισης, κτλ.).

Δίκτυο: Το Δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της Δ.Ε.Η. Α.Ε. που είναι εγκατεστημένο στην ελληνική επικράτεια, το οποίο αποτελείται από γραμμές μέσης και χαμηλής τάσης και εγκαταστάσεις διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και από γραμμές και εγκαταστάσεις υψηλής τάσης, που έχουν ενταχθεί στο δίκτυο αυτό. Το Δίκτυο, εκτός από το δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, συνδέεται με το Σύστημα μέσω των υποσταθμών υψηλής τάσης και μέσης τάσης (ΥΤ/ΜΤ). Όριο μεταξύ Συστήματος και Δικτύου αποτελεί το διακοπτικό μέσο που βρίσκεται στην πλευρά της ΥΤ του μετασχηματιστή ισχύος του υποσταθμού και το οποίο αποτελεί στοιχείο του Δικτύου.

Δισκόφρενο: Φρένο που λειτουργεί με την πίεση που ασκούν δύο σιαγόνες στα πλευρά ενός περιστρεφόμενου δίσκου.

Εγκατεστημένη Ισχύς σταθμού Α.Π.Ε.: Το άθροισμα της ονομαστικής ηλεκτρικής ισχύος όλων των μονάδων παραγωγής που περιλαμβάνει ο σταθμός Α.Π.Ε. Ως ονομαστική ισχύς κάθε μονάδας παραγωγής ορίζεται η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς της μονάδας, που προκύπτει απ' τα σχετικά πιστοποιητικά έγγραφα των κατασκευαστών των μονάδων αυτών και των φορέων που είναι αρμόδιοι για την πιστοποίηση των μονάδων παραγωγής, όταν η μονάδα λειτουργεί, συνεχώς, για χρονικό διάστημα τουλάχιστον δεκαπέντε λεπτών.

Ενεργειακή μελέτη: Είναι η μελέτη που εξετάζει συνολικά τις απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες κτιρίων ή οικισμών για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό, ζεστό νερό χρήσης, ώστε να εξασφαλίζεται θερμική άνεση κατά τη διάρκεια του χρόνου. Υποδεικνύει τις βέλτιστες, κατά περίπτωση, λύσεις για την εξασφάλιση των παραπάνω

συνθηκών μέσω τεχνικών και συστημάτων ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας ή μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Εξωτερικό Σ.Α.Π.: Αποτελείται από το συλλεκτήριο σύστημα, τους αγωγούς καθόδου και το σύστημα γείωσης.

Εσωτερικό Σ.Α.Π.: Όλες οι διατάξεις επιπλέον αυτών που απαιτούνται στο εξωτερικό Σ.Α.Π. και με τις οποίες θα ήταν δυνατή η μείωση των ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων του ρεύματος του κεραυνού στο εσωτερικό τον προστατευόμενου χώρου.

Ηλεκτρική Ενέργεια που παράγεται από Α.Π.Ε.: Είναι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από :

- 1) Εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση μιας ή περισσότερων μορφών Α.Π.Ε. ή
- 2) Εγκαταστάσεις συμπαραγωγής με χρήση μιας ή περισσότερων μορφών Α.Π.Ε. ή
- 3) Υβριδικούς Σταθμούς, κατά το μέρος που η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από Α.Π.Ε.

Ηλεκτροχημικός συσσωρευτής (μπαταρία): Είναι μια συσκευή που αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια με τη μορφή χημικών δεσμών. Το βασικό δομικό στοιχείο της μπαταρίας είναι το κύτταρο, δηλαδή ένα ζεύγος μεμονωμένων μεταξύ τους πλακών που είναι βυθισμένες στο ίδιο διάλυμα .



Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά: Είναι τα νησιά της Ελληνικής Επικράτειας των οποίων το Δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας δε συνδέεται με το Σύστημα και το Δίκτυο διανομής της ηπειρωτικής χώρας.

Ονομαστική χωρητικότητα C_N : Είναι το σύνολο των Ampere-hours που, σύμφωνα με τη συντηρητική εκτίμηση των κατασκευαστών και σε ιδανικές συνθήκες, μπορεί να αποδώσει μια καινούρια μπαταρία σε ένα σύστημα για συγκεκριμένο βαθμό εκφόρτισης, θερμοκρασία και τελική τάση εκφόρτισης (cutoff).

Παραγωγός από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α.: Είναι ο παραγωγός που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) ή από μονάδες Συμπαραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.).

Προσανατολισμός: Προσανατολισμός μιας επιφάνειας είναι η απόκλιση (σε μοίρες) από τον ηλιακό νότο, προς την κατεύθυνση είτε της ανατολής είτε της δύσης. Ο νότιος προσανατολισμός ενός κτιρίου είναι μία από τις βασικότερες αρχές της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη ηλιακή πρόσβαση στο κτίριο.

Πτερωτή: Είναι η έλικα η οποία ποικίλει ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων.

Πυκνότητα ενέργειας: Είναι ο λόγος της ονομαστικής ενέργειας που αποδίδει μια μπαταρία προς τον όγκο ή το βάρος της.

Πύργος στηρίξεως: Συμβάλει στη στήριξη της κατασκευής και αποτελείται από διάφορα κατασκευαστικά υλικά ανάλογα με το μέγεθος της ανεμογεννήτριας. Αν είναι μεγάλης κατηγορίας υπάρχει εγκατάσταση εσωτερικής σκάλας ή ανελκυστήρα.

Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (P.A.E.): Η PAE είναι ανεξάρτητη διοικητική αρχή που έχει γνωμοδοτικό, εισηγητικό και εποπτικό ρόλο σε όλους τους τομείς της ενέργειας. Λειτουργεί δε από την 1^η Ιουλίου 2000.

Συλλεκτήριο Σύστημα: Το τμήμα του εξωτερικού Σ.Α.Π. που προορισμός του είναι η σύλληψη του πλήγματος των κεραυνών.

Συμπαγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Θερμότητας (Σ.Η.Θ.): Είναι η ταυτόχρονη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ή και μηχανικής ενέργειας στο πλαίσιο μιας μόνο διαδικασίας.

Συμπαγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α): Είναι η συμπαγωγή που εξασφαλίζει εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 10%, σε σχέση με τη θερμική και ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στο πλαίσιο διακριτών διαδικασιών, καθώς και η παραγωγή από Μονάδες Συμπαγωγής Μικρής και Πολύ Μικρής Κλίμακας που εξασφαλίζει εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, ανεξάρτητα απ' το ποσοστό της εξοικονόμησης.

Συντελεστής Θερμοπερατότητας K: Ο συντελεστής αυτός χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει τη ροή θερμότητας εν μέσω ενός υλικού ή δομικού στοιχείου (τοίχου, παράθυρου κλπ). Για τα υλικά, ο συντελεστής Θερμοπερατότητας (που ονομάζεται αλλιώς και U-value) ορίζεται ως η ποσότητα θερμότητας που περνά κάθε ώρα μέσα από 1m² στοιχείου κατασκευής με πάχος d (m), όταν η διαφορά του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δύο επιφάνειες του στοιχείου διατηρείται σταθερή και ίση προς 1°C. Ο συντελεστής Θερμοπερατότητας (Thermal Transmittance) μετράται σε W/m²K. Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του συντελεστή αυτού, τόσο πιο ισχυρά μονωτικό είναι ένα υλικό ή δομικό στοιχείο.

Συσσωρευτής: Η συσκευή που αποθηκεύει ενέργεια την οποία αποδίδει σε έναν επιθυμητό χρόνο.

Σύστημα: Οι γραμμές υψηλής τάσης, οι εγκατεστημένες στην ελληνική επικράτεια διασυνδέσεις, χερσαίες ή θαλάσσιες και όλες οι συναφείς εγκαταστάσεις, ο εξοπλισμός και οι εγκαταστάσεις ελέγχου που απαιτούνται για την ομαλή, ασφαλή και αδιάλειπτη διακίνηση ηλεκτρικής ενέργειας από έναν σταθμό παραγωγής σε έναν υποσταθμό, από έναν υποσταθμό σε άλλον υποσταθμό ή προς ή από οποιαδήποτε διασύνδεση. Στο Σύστημα δεν περιλαμβάνονται οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι γραμμές και εγκαταστάσεις υψηλής τάσης που έχουν ενταχθεί στο Δίκτυο, καθώς και το Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών.

Σύστημα αντικεραυνικής Προστασίας (Σ.Α.Π.): Το πλήρες σύστημα που χρησιμοποιείται για να προστατέψει ένα χώρο από τις επιπτώσεις ενός κεραυνού. Αυτό αποτελείται από το εξωτερικό και από το εσωτερικό σύστημα προστασίας.

Σύστημα Γείωσης: Το τμήμα του εξωτερικού Σ.Α.Π. που ως σκοπό έχει την διοχέτευση και τον διασκορπισμό του ρεύματος του κεραυνού στο έδαφος.

Τροπόσφαιρα: Το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, επάνω απ' το οποίο βρίσκεται η στρατόσφαιρα.

Χρόνος ζωής: Είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο μια μπαταρία είναι ικανή να λειτουργεί πάνω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο απόδοσης.

Χωρητικότητα: Ορίζεται γενικά το φορτίο που μπορεί ένας συσσωρευτής να αποθηκεύσει. Μετράται σε Αμπερώρια (Ampere-hours ή Ah), που είναι το γινόμενο του ρεύματος I που δίνει ένας πλήρως φορτισμένος συσσωρευτής, ανεξάρτητα από την τάση του, επί το πλήθος των ωρών μέχρι να εκφορτιστεί.

Χωρητικότητα ενέργειας: Είναι το σύνολο των Watt-hours (ή Kilowatt-hours) που μπορεί να παρέχει μια πλήρως φορτισμένη μπαταρία και διαφοροποιείται ανάλογα με τη θερμοκρασία, την παλαιότητα της μπαταρίας, το ρυθμό φόρτισης-εκφόρτισης και την τελική τάση εκφόρτισης (cutoff voltage), δηλαδή την τάση που δίνει ο συσσωρευτής. Π.χ. ένας συσσωρευτής χωρητικότητας C=100Ah, που δίνει μέση τάση V=12V, έχει ονομαστική ικανότητα αποθήκευσης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας ίσης με:

$$100\text{Ah} \times 12\text{V} = 1200\text{Wh} = 1,2 \text{ kWh}$$

Ώρες χωρητικότητας: Είναι ο συνολικός αριθμός των ωρών κατά τις οποίες μια μπαταρία σε αρχική κατάσταση πλήρους φόρτισης μπορεί να τροφοδοτεί ένα σύστημα και να ικανοποιεί τη ζήτηση φορτίου πριν βέβαια φτάσει το προκαθορισμένο μέγιστο βάθος εκφόρτισης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

1. Τριμηνιαία έκδοση της Διεύθυνσης Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας της ΔΕΗ, Τεύχος 3 (Μάρτιος 1999)
2. *Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα*, Ζερβός Α. (1999)
3. *Η Αιολική Ενέργεια το 1999*, Ενημερωτικό Δελτίο ΤΕΕ. Νο 2046, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (Απρίλιος 1999)
4. *Αιολικά Πάρκα*, Εισήγηση στο Νομαρχιακό Συμβούλιο του Δήμου Πλαταιών (Νοέμβριος 2003)
5. *Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Αιολικών Πάρκων*, Μπινόπουλος Ε., Χαβιαρόπουλος Π., Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)
6. *Αφαλάτωση Θαλασσινού Νερού με Ηλιακή και Αιολική Ενέργεια*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εργαστήριο Φυσικής Χημείας. ΕΔ Τεύχος 6 (Απρίλιος – Ιούνιος 1997).
7. *Ο μαραθώνιος των ΑΠΕ*, Εφημερίδα ΤΟ ΒΗΜΑ (Κυριακή 13 Απριλίου 2003).
8. *ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ: Ενέργεια για το μέλλον*, Περιοδικό NATIONAL GEOGRAPHIC (Ελλάδα), Τόμος 15, (Αύγουστος 2005).
9. *No gold for wind*, by Konstanze Bandowski. *New energy – magazine for renewable energy* (May 2002)
10. *Wind Energy for Rural Areas*, Proceedings of International Workshop, Bergen, The Netherlands (October 1991)
11. *The international journal of wind power*, Wind Engineering, UK ISSN 0309 –524X

ΜΕΛΕΤΕΣ

1. Οικονομοτεχνική μελέτη που αφορά στην κατασκευή και εκμετάλλευση Αιολικού Πάρκου στο Δήμο Ζάρακα Λακωνίας.

ΒΙΒΛΙΑ

1. *Ανεμοκινητήρες*
Συγγραφέας: Μπεργελές Γ.
Εκδοτικός οίκος: Συμεών (1997)
2. *Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας*
Συγγραφέας: Καλδέλης Ι.
Εκδοτικός οίκος: Σταμούλης (1999)
3. *Διαχείριση Φυσικών Πόρων & Ενέργειας*
Συγγραφέας: Κοδοσάκης Δημήτρης (Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς)
Εκδοτικός οίκος: Σταμούλης (1994)
4. *Ηλεκτρικές Πηγές Ενέργειας & Περιβάλλον – Τεχνολογία Ισχύος*
Συγγραφέας: Schwaller & Gilberti (Μετάφραση: Σάγος Γεώργιος)
Εκδοτικός οίκος: ΙΩΝ (1999)

5. Αιολική Ενέργεια – *Φύση & Πολιτισμός*
Συγγραφέας: Αλεξιάκης Αλέξανδρος
Εκδοτικός οίκος: Σιδέρη Μ.
6. Water-Pumping Devices
Edited by Peter Fraenkel
Εκδοτικός οίκος: Intermediate Technology Publications (1986)

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ WEB

1. Energotech SA Τεχνολογία Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας -
www.energotech.gr/indphtgr.htm
2. National Renewable Energy Laboratory – www.nrel.gov
3. The International Journal of Wind Energy Development – www.wpm.co.nz
4. European Wind Energy Association – www.ewea.org
5. American Wind Energy Association – www.awea.org
6. Danish Wind Turbine manufacturers Association – www.windpower.dk
7. Vestas Wind Technology S.A. – www.vestas.com
8. UK photo gallery – www.cranfield.ac.uk/sme/ppa/wind/farmglry
9. Enercon Hellas – www.enercon.gr
10. Κλίμα – Ενέργεια – www.greenpeace.gr
11. Αιολικό Πάρκο ΚΑΠΕ – www.kape.gr