

ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι - κινητική ενέργεια



επιδιωκόμενοι στόχοι

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται η Κινητική Ενέργεια του ανέμου, των υδατοπτώσεων και των κυμάτων, καθώς και εφαρμογές εκμετάλλευσης αυτών.

Μετά το τέλος αυτού του κεφαλαίου ο αναγνώστης θα είναι σε θέση:

- Να περιγράφει τον τρόπο σχηματισμού των ανέμων.
- Να αναφέρει τρόπους εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας διαχρονικά.
- Να αναφέρει τα είδη των ανεμογεννητριών.
- Να περιγράφει τα βασικά τμήματα μιας ανεμογεννήτριας.
- Να περιγράφει τρόπους εκμετάλλευσης της υδροδυναμικής ενέργειας.
- Να αιτιολογεί τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη χρήση των κινητικών συστημάτων.

9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα σώμα ή σύστημα σωμάτων περιέχει ενέργεια, όταν έχει τη δυνατότητα παραγωγής έργου ή μπορεί να εκπέμπει φως ή θερμότητα. Κινητική ενέργεια είναι η ενέργεια ενός σώματος ή συστήματος σωμάτων ή ενός ρευστού λόγω της κίνησης την οποία έχει. Αυτή η ενέργεια μπορεί να βρεθεί στον άνεμο, στο νερό ενός ποταμού, ή σε ένα σώμα που πέφτει από ψηλά. Κάθε σώμα που κινείται έχει κινητική ενέργεια, η οποία μπορεί να έχει προέλθει από τη μετατροπή άλλης μορφής ενέργειας, όπως για παράδειγμα η κίνηση του δρομέα ενός ηλεκτροκινητήρα λόγω της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης μπορεί να έχει προέλθει από αξιοποίηση μιας φυσικής πηγής, όπως είναι η κίνηση της φτερωτής μιας ανεμογεννήτριας από τον άνεμο.

Οι περισσότερες μορφές κινητικής ενέργειας που απαντώνται στη φύση ονομάζονται έμμεσες μορφές ηλιακής ενέργειας, γιατί προέρχονται από τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε κινητική ενέργεια. Τέτοιες είναι η αιολική ενέργεια, η υδροδυναμική ενέργεια, η ενέργεια των κυμάτων, οι παλίρροιες και τα ρεύματα των ωκεανών.

9.2 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ (ΑΙΟΛΙΚΗ)

Ο Άνεμος είναι δύναμη. Μια δύναμη, που ο άνθρωπος χρησιμοποίησε από τα πρώτα βήματα της εξέλιξης του πολιτισμού του ως φυσική πηγή ενέργειας. Χρησιμοποιήθηκε από τα αρχαία χρόνια στη ναυσιπλοΐα (ιστιοφόρα) και στη γεωργία με τη χρήση ανεμόμυλων, για την άντληση του νερού και το άλεσμα των δημητριακών.

Οι αρχαίοι Έλληνες σε ένδειξη σεβασμού για αυτή την προσφορά της φύσης, θεοποίησαν αυτή τη δύναμη και ονόμασαν Αίολο το θεό των ανέμων. Ακόμη και σήμερα η ενέργεια του ανέμου ονομάζεται αιολική.

Η δύναμη του ανέμου δεν ελέγχεται. Σε μια θεομηνία (τυφώνας) μπορεί να καταστρέψει σπίτια, δέντρα, σπαρτά, τα πάντα.

Αντίθετα, άλλες φορές μπορεί να προσφέρει τη δροσερή του αύρα, να βοηθά στην κίνηση μικρών και μεγάλων πλοίων στις ανοικτές θάλασσες, να κινεί ανεμόμυλους για την άντληση του νερού, για την ύδρευση και την άρδευση καλλιεργειών. Μπορεί να βοηθήσει στο άλεσμα δημητριακών, στο πριόνισμα ξύλων και τέλος, η σπουδαιότερη ίσως εφαρμογή στην εποχή μας, να κινεί το δρομέα (κινητό μέρος) μηχανών, που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα και ονομάζονται **ανεμογεννήτριες**.

Σχ 9.1 Ανεμόμυλος



Η τεχνολογία των ανεμογεννητριών αναπτύχθηκε σε τέτοιο βαθμό τα τελευταία χρόνια, ώστε το κόστος παραγωγής μιας kWh από τον άνεμο να είναι ανταγωνιστικό του αντίστοιχου μιας συμβατικής μονάδας. Για την Ελλάδα οι σχετικές μελέτες εκτιμούν ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο συνολικό αιολικό δυναμικό, με βάση τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες και τους περιορισμούς χωροθέτησης των αιολικών πάρκων, ανέρχεται σε 11.000 MW για ταχύτητα ανέμου μεγαλύτερη των 6m/s (μέτριος άνεμος -4 BEAUFORT στην αντίστοιχη ανεμομετρική κλίμακα).

Με τη σημερινή μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου, τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλεί η χρήση του και η σταθερή αύξηση ενεργειακής ζήτησης, η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται περισσότερο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη της τεχνολογίας των υλικών συνέβαλε στην τεράστια πρόοδο της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας με τη μετατροπή της σε ηλεκτρική με τη χρήση ανεμογεννητριών μεγάλης ισχύος. Η δυναμική αύξηση της εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα με πρόβλεψη ως το 2010 παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

MW	Έτος
0	1980
2500	1990
5000	1995
7500	1998
10000	2001
12500	2003
15000	2004
17500	2005
20000	2010

Σχ. 9.2: Απεικόνιση της αύξησης της εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας από το 1980 με πρόβλεψη μέχρι το 2010.

Η παραγόμενη από την ανεμογεννήτρια ηλεκτρική ενέργεια εξαρτάται κυρίως από την ετήσια κατανομή της ταχύτητας του ανέμου στη θέση όπου αυτή είναι τοποθετημένη. Αυτός ο παράγοντας προϋποθέτει την υλοποίηση μελετών του αιολικού πεδίου κάθε περιοχής (περάσματα αέρα) και την πειραματική τους επαλήθευση για τον προσδιορισμό της θέσης του αιολικού πάρκου, δηλαδή της περιοχής εγκατάστασης πολλών ανεμογεννητριών.

Στις Η.Π.Α. παράγονται περίπου 3 δισεκατομμύρια kWh ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα.

Η πολιτεία της Καλιφόρνιας παράγει το μεγαλύτερο ποσοστό με περισσότερες από 17.000 ανεμογεννήτριες σε λειτουργία. Αυτές οι ανεμογεννήτριες μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές απαιτήσεις μιας πόλης 1.000.000 κατοίκων. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο εξοικονομεί αρκετά εκατομμύρια βαρέλια πετρέλαιο το χρόνο. Είναι η ποσότητα που θα απαιτείτο για την κάλυψη των ίδιων αναγκών σε ηλεκτρισμό, αν χρησιμοποιούνταν οι τυπικές εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με συμβατικά καύσιμα. Στα αμέσως επόμενα χρόνια προβλέπεται η εγκατάσταση ακόμη περισσότερων αιολικών πάρκων στις υπόλοιπες πολιτείες.

Στην Ευρώπη η αιολική ενέργεια θεωρητικά θα μπορούσε να καλύψει όλες τις ενεργειακές ανάγκες, επειδή το αιολικό δυναμικό είναι τεράστιο. Υπάρχει πρόγραμμα της Ε.Ε. που προβλέπει την παραγωγή

8.000 MW ηλεκτρισμού από αιολική ενέργεια μέχρι το 2005. Χώρες, όπως η Αγγλία, η Γερμανία, η Ολλανδία και η Γαλλία προωθούν τη χρήση της αιολικής ενέργειας, κατασκευάζοντας μεγάλες ανεμογεννήτριες, χρησιμοποιώντας τις γνώσεις της αεροδιαστημικής τεχνολογίας.

Στον τομέα της αιολικής ενέργειας, η περισσότερο τεχνολογικά προηγμένη ευρωπαϊκή χώρα είναι η Δανία, η οποία σήμερα καλύπτει με αυτό τον τρόπο το 10% των ενεργειακών αναγκών της. Είναι από τις πρώτες ευρωπαϊκές χώρες που εφάρμοσε την ιδέα της παραγωγής ηλεκτρισμού από τον άνεμο. Λειτουργεί εκεί το δεύτερο αιολικό πάρκο στην Ευρώπη, που είναι συνδεδεμένο με το δημόσιο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από το 1986.

Στη Κύθνο από το 1982 λειτουργεί το πρώτο ευρωπαϊκό αιολικό πάρκο και από τότε υλοποιούνται αναπτυξιακά προγράμματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες. Επίσης, με σχετική νομοθεσία έχουν δοθεί κίνητρα σε ιδιώτες παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας.

Σχ. 9.3: Αιολικό πάρκο Χίου (ΔΕΗ).



Η χρησιμοποίηση της αιολικής ενέργειας ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια οφείλεται σε ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, όπως:

1. Είναι μια ανεξάντλητη μορφή ενέργειας χωρίς κόστος αγοράς καυσίμων (ο άνεμος είναι δωρεάν).
2. Δε μολύνει την ατμόσφαιρα και τα ύδατα, προκαλώντας όξινη βροχή ή εκπομπές δηλητηριωδών αερίων.
3. Δε ρυπαίνει το περιβάλλον με σκουπίδια, πυρηνικά και τοξικά απόβλητα ή τη σκόνη και τα καύσιμα των ατμοηλεκτρικών σταθμών.
4. Είναι ενέργεια που περιορίζει την εξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα.
5. Ο μηχανικός εξοπλισμός των ανεμογεννητριών έχει μεγάλη ποικιλία σχεδιασμού για τη βελτιστοποίηση του βαθμού απόδοσης της μηχανής. Επισκευάζεται εύκολα και μπορεί να κατασκευαστεί ακόμη και από βιοτεχνίες, εξασφαλίζοντας θέσεις εργασίας και προσφέροντας πολύτιμο συνάλλαγμα σε μια χώρα.
6. Σε απομακρυσμένες περιοχές και νησιά αποτελεί τον πιο οικονομικό τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας.
7. Έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής kWh από άλλες νεότερες τεχνολογίες παραγωγής και είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμη με μεγάλο βαθμό απόδοσης.

8. Ο ελλαδικός χώρος και ειδικά η περιοχή του Αιγαίου αποτελεί ιδανική επιλογή για τη εγκατάσταση και λειτουργία αιολικών πάρκων, επειδή το αιολικό δυναμικό που διαθέτει είναι από τα υψηλότερα και πλέον συνεχή σε διάρκεια της Ευρώπης.

9. Αποτελεί λύση για τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Δυστυχώς, η αιολική ενέργεια δεν είναι προβλέψιμη, ούτε ομαλή, ούτε συνεχής. Η εγκατάσταση αιολικών πάρκων αποτελεί μια αισθητική αλλοίωση της φύσης. Λόγω των τεραστίων δυνάμεων που αναπτύσσονται από την περιστροφή των πτερυγίων των ανεμογεννητριών στις μάζες του αέρα, δημιουργεί προβλήματα ανάπτυξης της χλωρίδας στη ζώνη του αιολικού πάρκου. Τα πτερύγια των ανεμογεννητριών είναι υπεύθυνα για το θάνατο χιλιάδων πτηνών κάθε χρόνο. Τέλος, μειονέκτημα αποτελεί εξαιτίας του απρόβλεπτου της διαθεσιμότητάς της, η αποθήκευση της παραγόμενης από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρόλα τα ανωτέρω μειονεκτήματα, η αύξηση της τιμής του πετρελαίου, το πεπερασμένο των ενεργειακών πόρων, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η κατασκευή όλο και πιο φθηνών και με μεγάλο βαθμό απόδοσης ανεμογεννητριών, καθιστούν την αιολική ενέργεια ως μια από τις καλύτερες εναλλακτικές λύσεις.

9.3 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΕΜΩΝ

Η δημιουργία των ανέμων είναι ένα θέμα που απασχολεί την ανθρωπότητα από τους αρχαίους χρόνους. Οι απόψεις του Αναξίμανδρου (610 - 547 π.Χ.) ότι “οι άνεμοι οφείλονται σε λεπτότατους ατμούς του αέρα, οι οποίοι αναγκάζονται να κινούνται από τη θερμότητα του ήλιου”, του Αναξίμενη ότι “οι άνεμοι δημιουργούνται, όταν, έχοντας χάσει ο αέρας την πυκνότητά του γίνεται αραιός και τίθεται σε κίνηση” ή αρχαίων ελλήνων φυσικών φιλοσόφων ότι “Άνεμος λέγεται η αισθητή οριζόντια κίνηση του αέρα”, επικρατούν μέχρι τις μέρες μας.

Η δημιουργία και κίνηση του ανέμου είναι ένα σύνθετο μετεωρολογικό φαινόμενο, που οφείλεται στην άνιση κατανομή της θερμότητας που στέλνεται από τον ήλιο προς τη γη. Οι ηλιακές ακτίνες, επειδή προσπίπτουν στις διάφορες περιοχές της γης με διαφορετική γωνία, τις θερμαίνουν ανομοιόμορφα. Ο θερμός αέρας ανέρχεται σε υψηλότερα επίπεδα, επειδή είναι ελαφρύτερος, και τη θέση του καταλαμβάνει ψυχρός αέρας. Γενικά, τα ψυχρά ρεύματα αέρα που προέρχονται από τους πόλους κατευθύνονται προς τις τροπικές περιοχές, όπου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη, παίρνοντας τη θέση του θερμότερου αέρα ο οποίος κατευθύνεται προς τους πόλους. Με αυτή τη φυσική ροή αναπτύσσονται σταθεροί άνεμοι.

Ο άνεμος χαρακτηρίζεται από δύο κύρια χαρακτηριστικά του. Την **ταχύτητα** και τη **διεύθυνσή** του. Η ταχύτητα του ανέμου κυρίως οφείλεται στη διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ δύο τόπων.







Οι παράγοντες οι οποίοι δημιουργούν διαφορά στην ατμοσφαιρική πίεση μεταξύ δύο τόπων που βρίσκονται στο ίδιο υψόμετρο είναι:

1. Η δράση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στη γη. Η ηλιακή υπεριώδης ακτινοβολία, η οποία μετατρέπει το οξυγόνο (O_2) των ανώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας σε όζον (O_3), επηρεάζοντας την πυκνότητα του αέρα.
2. Η περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της.
3. Η ποικιλομορφία της επιφάνειας της γης (ωκεανοί, βουνά, λίμνες, έρημοι, δάση), εξαιτίας της οποίας επηρεάζεται η θερμοκρασία του εδάφους.
4. Η τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ του ανέμου και της επιφάνειας πάνω από την οποία πνέει.

Οι προαναφερόμενοι παράγοντες δημιουργούν ανομοιομορφίες στην κατανομή της ατμοσφαιρικής πίεσης πάνω στη γη, εξαιτίας των οποίων αναπτύσσονται δυνάμεις, οι οποίες προκαλούν μετατοπίσεις αερίων μαζών σε μεγάλη ή μικρή κλίμακα.

Η ταχύτητα των ανέμων εκφράζεται σε χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h) ή σε ναυτικά μίλια ανά ώρα (κόμβοι) ή μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec). Η κλίμακα μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου επινοήθηκε από τον Άγγλο πλοίαρχο Μποφόρ το 1805 και τροποποιημένη από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό ισχύει μέχρι σήμερα.

Η κλίμακα μποφόρ περιλαμβάνει 12 βαθμούς (υποδιαιρέσεις), που ο καθένας αντιπροσωπεύει και ένα φαινόμενο (π.χ. θρόισμα φύλλων) και το αντίστοιχο όριο της ταχύτητας του ανέμου.

Φαινόμενο	Βαθμός	Φαινόμενο	Βαθμός
	0 ΜΠΟΦΟΡ Ο καπνός ανεβαίνει ολόγεια 1 ΜΠΟΦΟΡ Λοξός καπνός		4 ΜΠΟΦΟΡ Σηκώνεται σκόνη, παρασύρονται χαρτιά 5 ΜΠΟΦΟΡ Ο ποδηλάτης νιώθει αντίσταση, κυματάκια στη λίμνη
	2 ΜΠΟΦΟΡ Τα φύλλα θροίζουν, ο ανεμοδείκτης κινείται		6 ΜΠΟΦΟΡ Κινούνται μεγάλοι κλώνοι, αναποδογυρίζουν ομπρέλες 7 ΜΠΟΦΟΡ Λυγίζουν τα δέντρα, δύσκολο το βάδισμα
	3 ΜΠΟΦΟΡ Κυματίζουν οι σημαίες		8 ΜΠΟΦΟΡ Σπάζουν κλώνοι, πολύ δύσκολο το βάδισμα κόντρα στον άνεμο 9 ΜΠΟΦΟΡ Ξεκολλούν καπνοδόχοι και κεραμίδια 10 ΜΠΟΦΟΡ Δέντρα σπάζουν ή ξεριζώνονται

Σχ. 9.4: Πίνακας μέτρησης της έντασης του ανέμου (κλίμακα Μποφόρ).

Στην Ελλάδα υπάρχουν πίνακες που δείχνουν τη μέση ταχύτητα του ανέμου με τυπική απόκλιση σε διάφορες περιοχές της χώρας.

Θέση	Μέση ταχύτητα (τυπική απόκλιση) σε μποφόρ
Αθήνα	4.0 (± 0.2)
Αλεξανδρούπολη	3.5 (± 0.5)
Ηράκλειο	4.6 (± 0.8)
Σαντορίνη	4.6 (± 0.8)
Λήμνος	5.2 (± 0.4)
Μυτιλήνη	5.0 (± 0.6)
Σάμος	6.3 (± 0.5)
Σητεία	3.3 (± 0.5)

Σχ. 9.5: Πίνακας μέσων ταχυτήτων.

9.4 ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΑΙΩΝΩΝ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Σύμφωνα με τις απόψεις των αρχαιολόγων και ιστορικών γύρω στον 7ο π.Χ. αιώνα στην Περσία χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά ανεμομηχανές (ανεμόμυλοι) για το άλεσμα των δημητριακών και την άντληση νερού. Πιστεύεται ότι την ιδέα των ανεμόμυλων στην Αγγλία και Γαλλία μετέφεραν από την Ανατολή στην πατρίδα τους οι σταυροφόροι περίπου τον 12ο αιώνα και χρησίμευαν για το άλεσμα των σιτηρών. Το 1500 μ.Χ. εμφανίζονται στην Ολλανδία οι γνωστοί ανεμόμυλοι, που αποτελούν από τότε τοπικό χαρακτηριστικό της. Το 1600 η τεχνολογία κατασκευής τους μεταφέρεται στην Αμερική.

Ο ανεμόμυλος που χρησιμοποιείται για άρδευση και ύδρευση, περιλαμβάνει έναν ανεμοτροχό με 20 περίπου πρεσσαριστά ξύλινα ή ατσάλινα πτερύγια, τοποθετημένα σε έναν άξονα, ο οποίος στηρίζεται σε ένα σφαιρο τριβέα (ρουλεμάν). Ο τροχός έχει διάμετρο 3-4 μέτρα και τοποθετείται στην κορυφή δικτυωτού ατσάλινου πύργου ύψους 7,5 m.

Στα μέσα του 19ου αιώνα εμφανίζονται οι πρώτοι αμερικάνικου τύπου ανεμόμυλοι με πολλά πτερύγια από αλουμίνιο ή ξύλο, που χρησιμοποιήθηκαν ως αντλητικές μηχανές. Η σχεδιάσή τους επέτρεπε την περιστροφή τους και με χαμηλή ταχύτητα ανέμου. Ο πύργος τους είχε ύψος από 6-15 μέτρα.

Το 1900 στη Δανία κατασκευάζονται οι πρώτες ανεμομηχανές, που ονομάστηκαν **ανεμογεννήτριες** και χρησίμευαν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι ανεμομηχανές είχαν τέσσερα πτερύγια μήκους 11 μέτρων, ενώ ο πύργος είχε ύψος 24 μέτρα. Οι μηχανές αυτές απέδιδαν 25 kW.

Το 1920 στην Αμερική επιτυγχάνεται η πρώτη βιομηχανική παραγωγή ανεμογεννητριών, που υποστηρίζουν μικρές καταναλώσεις σε αγροτικές κυρίως κατοικίες που δεν τις τροφοδοτούσε το ηλεκτρικό δίκτυο.

Το 1929 στη Γαλλία εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατασκεύασε ανεμογεννήτρια με δύο πτέρυγες διαμέτρου 20 μέτρων. Η μηχανή καταστράφηκε σύντομα από τον άνεμο.

Το 1931 οι Σοβιετικοί έθεσαν σε λειτουργία για δύο χρόνια ανεμογεννήτρια διαμέτρου πτερύγων 30

Σχ. 9.6: Ανεμόμυλος για άρδευση.



μέτρων στην περιοχή της Κριμαίας, η οποία παρείχε ισχύ 32 kW.

Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο υλοποιήθηκε στη Γαλλία μελέτη ευρείας κλίμακας, που κάλυψε την αιολική ενέργεια σε πολλές περιοχές και οδήγησε στην κατασκευή πολλών πειραματικών ανεμογεννητριών, όπως ήταν η ανεμογεννήτρια "Best Roman" με τρεις πτέρυγες, διαμέτρου 30 μέτρων και παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος 800 kW, παραλληλισμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο. Το συγκεκριμένο πρωτοποριακό πειραματικό μοντέλο χρησίμευσε για την εξαγωγή πολύτιμων συμπερασμάτων, δουλεύοντας σε δυσμενείς και ακραίες συνθήκες λειτουργίας.

Ένα από τα σημαντικά συμπεράσματα από αυτήν τη μελέτη ήταν ότι με τον κατάλληλο σχεδιασμό των πτερύγων, την κατάλληλη τοποθέτηση του πύργου (αποφυγή του υψηλότερου σημείου της περιοχής) για την αποφυγή της τυρβώδους ροής του αέρα και του υπολογισμού του διαδρόμου

ροής των τοπικών ανέμων, η ανεμογεννήτρια κατά τη λειτουργία της δεν κάνει καθόλου θόρυβο.

Στις αρχές της δεκαετίας του '50 κατασκευάζεται η μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια όλων των εποχών από καθηγητές του Τεχνολογικού Ιδρύματος της Μασαχουσέτης (MIT). Το περιστρεφόμενο μέρος της ανεμογεννήτριας έφερε δύο πτερύγια διαμέτρου 53 μέτρων με συνολικό βάρος 16 τόνων. Παρήγαγε για 5 χρόνια εναλλασσόμενη τάση και παρείχε ισχύ 1,25 MW.

Στο τέλος της ίδιας δεκαετίας κατασκευάστηκε στη Δυτική Γερμανία ανεμογεννήτρια με διάμετρο πτερύγων 34 μέτρα. Η πρωτοπορία αυτής της μηχανής ήταν το γεγονός ότι τα πτερύγιά της ήταν κατασκευασμένα από ελαστικά νήματα υάλου, το οποίο είναι υλικό ανθεκτικό στις ατμοσφαιρικές διαβρώσεις και οξειδώσεις. Έκτοτε και κυρίως μετά την ενεργειακή κρίση του 1974 στην Αμερική, τον Καναδά αλλά και στην Ευρώπη υλοποιούνται μεγαλόπνοα προγράμματα για τη σχεδίαση, εγκατάσταση και λειτουργία ανεμογεννητριών, οι οποίες διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Αυτές που ο άξονας περιστροφής των πτερύγων τους είναι οριζόντιος (συνθεστέρος τύπος) και σε αυτές που ο άξονας περιστροφής είναι κατακόρυφος.

9.5 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

9.5.1 Τεχνολογία

Με τη συνεχή έρευνα και την εξέλιξη της τεχνολογίας οι ανεμογεννήτριες έχουν διαφοροποιηθεί από την αρχική μορφή του ανεμόμυλου σε διάφορα μεγέθη και τύπους για την επίτευξη του μέγιστου βαθμού απόδοσης.

Βαθμός απόδοσης είναι ο λόγος της αποδιδόμενης από τον άξονα της μηχανής ισχύος, προς την ισχύ του ανέμου. Σήμερα, ο βαθμός απόδοσης πλησιάζει το 40%.

Το κόστος κατασκευής των Α/Γ έχει μειωθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με τη βοήθεια του ανέμου να είναι αρκετά χαμηλότερο από το αντίστοιχο της πυρηνικής ενέργειας και περίπου ίδιου κόστους με εκείνο που παράγεται από το φυσικό αέριο. Προβλέπεται ότι το κόστος εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας μπορεί να μειωθεί μέχρι και 30% στα επόμενα 10 χρόνια.

Ιδιαίτερο βάρος δίνεται σήμερα στη λειτουργία ανεμογεννητριών με μεταβαλλόμενο αριθμό στροφών.

Σε αυτόν τον τύπο βελτιώνεται ο βαθμός απόδοσης των Α/Γ και μειώνονται οι μηχανικές καταπονήσεις στα διάφορα υποσυστήματά τους. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται επίσης στα ηλεκτρονικά εξαρτήματα και κυκλώματα ισχύος, που μεσολαβούν μεταξύ της εξόδου της Α/Γ και του δικτύου παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.



*Σχ. 9.7:
Εγκαταστημένη
ανεμογεννήτρια με τον
υποσταθμό*



Σχ. 9.8: Δίπτερη ανεμογεννήτρια στην Κύθνο.

9.5.2 Είδη Ανεμογεννητριών

Υπάρχουν πολλά είδη ανεμογεννητριών, τα οποία κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες.

1. Ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα: Σ' αυτό τον τύπο μηχανής, ο άξονας, για να μπορεί να περιστρέφεται, πρέπει να βρίσκεται παράλληλα προς τον άνεμο.

Η μηχανή αποτελείται από:

α. το δρομέα (στρεφόμενο μέρος της μηχανής), το άκρο του οποίου είναι τύπου έλικας και μπορεί να φέρει μία (μονόπτερος) δύο ή τρεις πτέρυγες. Στον μονόπτερο τύπο υπάρχει ειδική κατασκευή με βάρος τοποθετημένο σε θέση εκ διαμέτρου αντίθετη του πτερυγίου για την εξισορρόπηση της ζυγοστάθμισης του πτερυγίου. Η περιστροφή των πτερυγίων ενός δρομέα οριζοντίου άξονα οφείλεται στη συνδυασμένη δύναμη της άνωσης και της πίεσης που ασκείται, όταν οι μάζες του αέρα προσπίπτουν στα πτερύγια. Για τη μέγιστη αξιοποίηση αυτής της δύναμης απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός, στη μορφή των πτερυγίων, στη στρέψη τους ως προς τον άξονα στήριξής τους (κλίση) και στην ελικοειδή διάταξή τους (βήμα). Τα πτερύγια συνήθως κατασκευάζονται από ενισχυμένο πολυεστέρα.

β. το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανά του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής (ταχύτητα με συγκεκριμένο αριθμό στροφών) της ανεμογεννήτριας.

Με το σύστημα μετάδοσης δίνεται η κίνηση από το δρομέα (χαμηλές στροφές), στην ηλεκτρογεννήτρια (υψηλές στροφές). Στις Α/Γ οριζοντίου άξονα η ηλεκτρογεννήτρια και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, τοποθετούνται μέσα σε άτρακτο σε μεγάλο ύψος από το έδαφος.

γ. την ηλεκτρογεννήτρια. Είναι σύγχρονος εναλλακτήρας, δηλαδή μηχανή εναλλασσόμενου ρεύματος με 4 ή 6 πόλους. Συνδέεται με την έξοδο του κιβωτίου πολλαπλασιασμού των στροφών (κιβώτιο ταχυτήτων) μέσω ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου. Η ηλεκτρογεννήτρια μπορεί να είναι και μηχανή συνεχούς ρεύματος (DC).

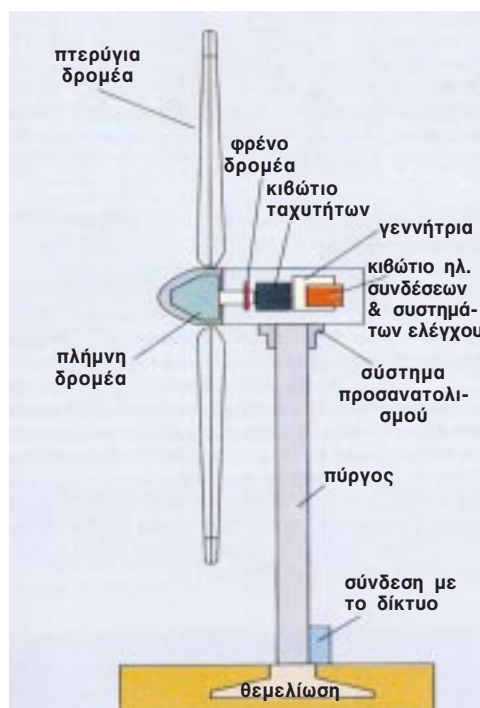
Μικρής ισχύος ανεμογεννήτριες παράγουν συνεχή τάση τροφοδοσίας και χρησιμοποιούνται για ηλεκτροδότηση σκαφών και μικρών κατοικιών. Σε μεγάλες Α/Γ, που η παραγόμενη από αυτές τάση πρόκειται να παραλληλιστεί με το δίκτυο, η ηλεκτρογεννήτρια είναι μηχανή εναλλασσόμενου ρεύματος (AC).

δ. το δισκόφρενο, το οποίο τοποθετείται στον κύριο άξονα και αποτελεί το σύστημα πέδησης της Α/Γ.

ε. το σύστημα προσανατολισμού, το οποίο αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου. Το σύστημα προσανατολισμού βρίσκεται τοποθετημένο μεταξύ της ατράκτου και του πύργου στερέωσης.

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

ζ. τον ηλεκτρικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου που είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Ο πίνακας ελέγχου ρυθμίζει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.



Σχ. 9.9: Δομή Ανεμογεννήτριας (Κ.Α.Π.Ε.).

2. Ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα: Αυτός ο τύπος φέρει πτερύγια που στηρίζονται και στρέφονται σε κατακόρυφο σταθερό άξονα. Πλεονεκτήματά τους είναι ότι δε χρειάζονται μηχανισμό ή κάποιο σύστημα, για να στραφούν προς το μέτωπο του ανέμου, και έχουν απλούστερη μηχανικά κατασκευή.

Το μειονέκτημα αυτού του τύπου είναι ότι δεν μπορεί να περιστρέφεται μόνος του (αντίθετα με ό, τι συμβαίνει με τον κινητήρα οριζοντίου άξονα) και, για να αρχίσει να γυρίζει, πρέπει να υποστηρίζεται από κατάλληλο ηλεκτρικό κινητήρα. Αυτός ο τύπος έχει να επιδείξει μηχανές περισσότερο ερευνητικού ενδιαφέροντος παρά εμπορικού ανταγωνισμού.

Σήμερα, στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα σε ποσοστό πάνω από 90%.

Και οι δύο προαναφερόμενοι τύποι, εκτός από τον πύργο, το δρομέα, τα πτερύγια και τη γεννήτρια διαθέτουν και τις ακόλουθες μονάδες:

- Ρυθμιστή τάσης, με τον οποίο επιτυγχάνεται η σταθεροποίηση σε συγκεκριμένα όρια της παραγόμενης τάσης.
- Συσσωρευτές (μπαταρίες) για την αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην περίπτωση που οι γεννήτριες υποστηρίζουν αυτόνομα τα φορτία και δεν είναι παραλληλισμένες με το δίκτυο.
- Μετατροπέα DC-AC, για Α/Γ που παράγουν συνεχή τάση. Είναι ηλεκτρονική διάταξη, που μετατρέπει τη συνεχή τάση που παράγει η Α/Γ σε εναλλασσόμενη. Η εναλλασσόμενη τάση κατόπιν οδηγείται σε μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης, για να αποκτήσει εκείνη την τιμή, που θα της επιτρέψει να παραλληλιστεί με το δίκτυο της ΔΕΗ. Τέλος η παραγόμενη από την Α/Γ ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται με καλώδια (γραμμή μεταφοράς).
- Μετατροπέα AC-DC, για Α/Γ που παράγουν εναλλασσόμενη τάση και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια πρόκειται να αποταμιευθεί σε συσσωρευτές.

9.5.3 Αιολικό Πάρκο

Η περιοχή στην οποία εγκαθίστανται και λειτουργούν συστοιχίες από πολλές ανεμογεννήτριες ονομάζεται αιολικό πάρκο. Είναι συγκεκριμένες περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό. Ο σχεδιασμός των αιολικών πάρκων γίνεται με τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται η αρμονικότερη συνύπαρξη εγκατάστασης και τοπίου.



Σχ. 9.10: Αιολικό πάρκο στη Σαμοθράκη (Δ.Ε.Η.).

9.5.4 Εφαρμογές των Ανεμογεννητριών

Η κυριότερη εφαρμογή των Α/Γ είναι η σύνδεσή τους με το ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας. Σε αυτή την περίπτωση συστοιχίες (ομάδες) πολλών ανεμογεννητριών, εγκαθίστανται σε συγκεκριμένη τοποθεσία (αιολικό πάρκο) με υψηλό αιολικό δυναμικό. Η σύνδεση του αιολικού πάρκου με το ηλεκτρικό δίκτυο γίνεται με τη χρήση υποσταθμού.

Για μικρές ενεργειακές απαιτήσεις, όπως σε αγροτικές κατοικίες, τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς, ορειβατικά καταφύγια, σκάφη κ.τ.λ., χρησιμοποιούνται μικρές ανεμογεννήτριες συνεχούς ρεύματος. Η τροφοδοσία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων υποστηρίζεται από συσσωρευτές για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας και την αξιοποίησή της, όταν επικρατεί άπνοια. Όταν τα φορτία είναι εναλλασσόμενου ρεύματος, χρησιμοποιείται ηλεκτρονική διάταξη μετατροπής του συνεχούς σε εναλλασσόμενο και, αν αυτή η εφαρμογή απαιτεί αδιάλειπτη λειτουργία, όλο το κύκλωμα μπορεί να υποστηρίζεται από ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (ντηζελογεννήτρια).

9.5.5 Η Ανάπτυξη της Αιολικής Ενέργειας Παγκόσμια

Μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση το 1974, που άρχισε η εγκατάσταση των πρώτων Α/Γ μέχρι σήμερα, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε όλο τον κόσμο ξεπερνά τα 8.000MW. Σε ποσοστό 60% βρίσκεται σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως Αγγλία, Γαλλία, Ολλανδία, Γερμανία, με πρωτοπόρα τη Δανία, που διαθέτει και τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ στην Ευρώπη.



Σχ. 9.11 Αιολικό πάρκο Δήμνου (Δ.Ε.Η.)

9.5.6 Η Ανάπτυξη της Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό σε παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής χώρας, αλλά κυρίως στα νησιά του Αιγαίου, όπου πνέουν σταθεροί ισχυροί άνεμοι σχεδόν όλο το χρόνο.

Το 1982 στην Κύθνο εγκαταστάθηκε το πρώτο αιολικό πάρκο στην Ευρώπη και αποτελούταν από 5 Α/Γ των 33 kW. Τώρα στην Κύθνο λειτουργεί το πρώτο υβριδικό σύστημα στην Ελλάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτό το σύστημα οι Α/Γ και τα φωτοβολταϊκά συστήματα, που έχουν εγκατασταθεί εκεί, παραλληλίζονται με το συμβατικό ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ.

Στο νησί της Άνδρου λειτουργεί επίσης αιολικό πάρκο της ΔΕΗ από 7 Α/Γ συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1,6 MW. Το σημαντικό σε αυτό το αιολικό πάρκο είναι ότι ο μέσος ετήσιος συντελεστής ισχύος του, που είναι της τάξης του 35%, είναι από τους μεγαλύτερους στον κόσμο.

Εκτός από τα προαναφερόμενα νησιά αιολικά πάρκα διαθέτουν επίσης με συνολική εγκατεστημένη ισχύ η Εύβοια με 5,1 MW, η Λήμνος με 1,1 MW, η Λέσβος με 2 MW, η Χίος με 3,5 MW, τα Ψαρά με 2 MW, η Σάμος με 2,9 MW και η Κρήτη με 3,5 MW.

Σημαντική ώθηση στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας δίνει ο νόμος 2244/94, που επιτρέπει σε ιδιώτες να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα από τον άνεμο, με σκοπό όχι μόνο να καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες, αλλά και να πωλούν στη ΔΕΗ την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Πιστεύεται ότι η συστηματική εκμετάλλευση του μεγάλου αιολικού δυναμικού που διαθέτει η χώρα μας, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της εγχώριας τεχνολογίας και βιομηχανίας παραγωγής Α/Γ, θα επιφέρει σημαντική στήριξη στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Θα δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας και θα εξοικονομήσει πολύτιμο συνάλλαγμα.

Σημαντική επίσης θα είναι η περιβαλλοντική αναβάθμιση, αφού έχει υπολογιστεί ότι σε ένα μόνο χρόνο λειτουργίας της, Α/Γ ισχύος 550 kW παράγει ενέργεια, όση θα παραγόταν από 2.700 βαρέλια πετρελαίου, στο ίδιο διάστημα. Αυτό σημαίνει ότι αποτρέπεται η εκπομπή στην ατμόσφαιρα περίπου 735 τόνων CO₂ ετήσια, καθώς και 2 τόνων άλλων ρύπων.

9.6 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΦΡΑΓΜΑΤΑ, ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

9.6.1 Εισαγωγή - Ιστορική Αναδρομή

Μια από τις παλαιότερες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, για να βελτιώσει τις συνθήκες ζωής του, είναι η ενέργεια που αξιοποιούσε εκμεταλλευόμενος τα υδάτινα ρεύματα της γης. Σχετικές αναφορές μας πληροφορούν ότι η χρήση του υδροτροχού ήταν γνωστή από τους αρχαίους χρόνους. Εξέλιξη του υδροτροχού αποτέλεσε η τοποθέτηση ξύλινου γρναζιού στον άξονα, που προκαλούσε την περιστροφή μυλόπετρας για την άλεση των δημητριακών, η οποία μέχρι τότε γινόταν με τα χέρια.

Η χρήση του υδρόμυλου διαδόθηκε γρήγορα. Στη Ρωμαϊκή εποχή χρησιμοποιούνταν επίσης για τη διαμόρφωση μετάλλων και την κοπή ξύλων και μαρμάρων. Στα τέλη του μεσαίωνα, ιστορικές πηγές αναφέρουν τη χρήση υδροτροχών στην υφαντουργία, στην ανύψωση υλικών, στην εξόρυξη μεταλλευμάτων, καθώς επίσης και τη λειτουργία μηχανικών εργαλείων που λειτουργούσαν από την ενέργεια του νερού. Μέχρι το 1800 η βασική σχεδίαση του υδροτροχού παρέμενε ίδια από την εποχή των αρχαίων Ελλήνων, με εξαίρεση την προσθήκη διαφόρων εξαρτημάτων.

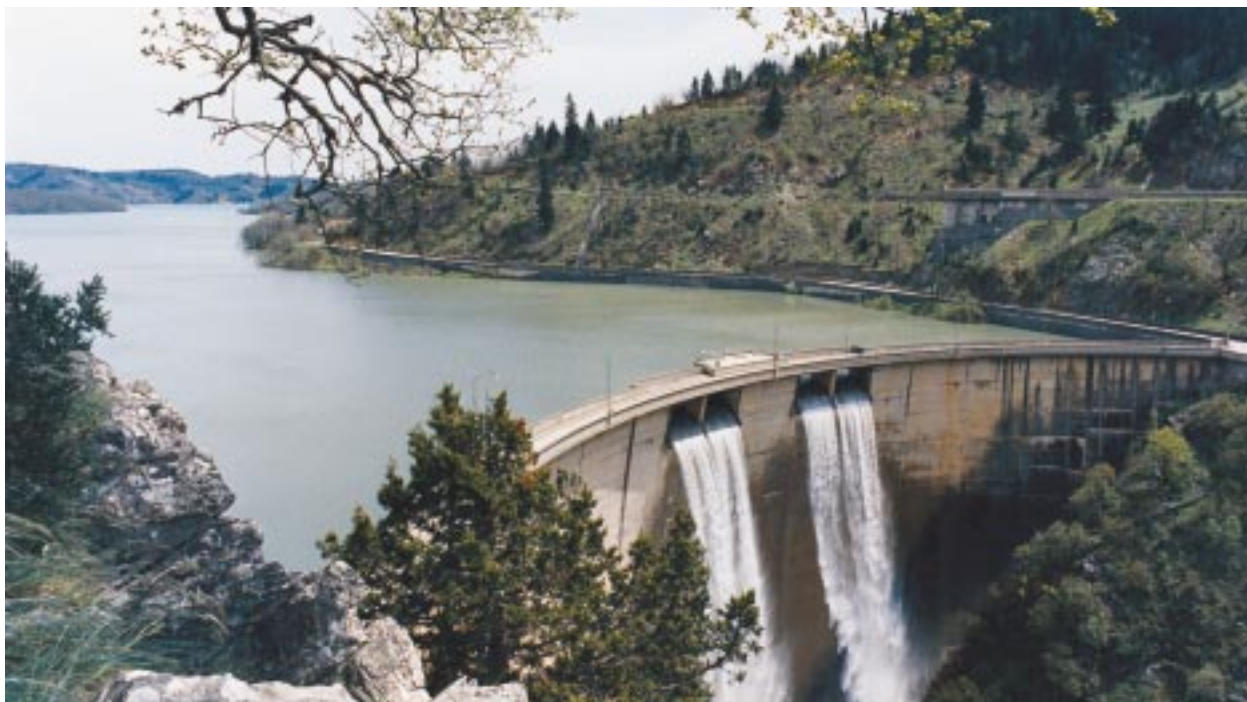
Τους τελευταίους δύο αιώνες, εξαιτίας της ανάγκης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αξιοποιείται η δυναμική ενέργεια του νερού, που μπορεί να έχει λόγω θέσης (υψομετρική διαφορά μεταξύ στάθμης νερού και σημείου πρόσπτωσης), με κατάλληλες μηχανές που ονομάζονται υδροστρόβιλοι.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της υδραυλικής ενέργειας είναι:

- α. Αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς να ρυπαίνει το περιβάλλον.
- β. Οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το νερό μπορούν να λειτουργήσουν άμεσα και με λίγο προσωπικό.
- γ. Έχει μεγάλο βαθμό απόδοσης (της τάξης του 90%).
- δ. Η αντίστοιχη εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει σπάνιες βλάβες, μικρό λειτουργικό κόστος και ελάχιστα έξοδα συντήρησης.
- ε. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί δεν ξοδεύουν καύσιμα, άρα εξοικονομούν συνάλλαγμα.

Δεν μπορούν να παραβλεφθούν όμως και τα ακόλουθα μειονεκτήματα.

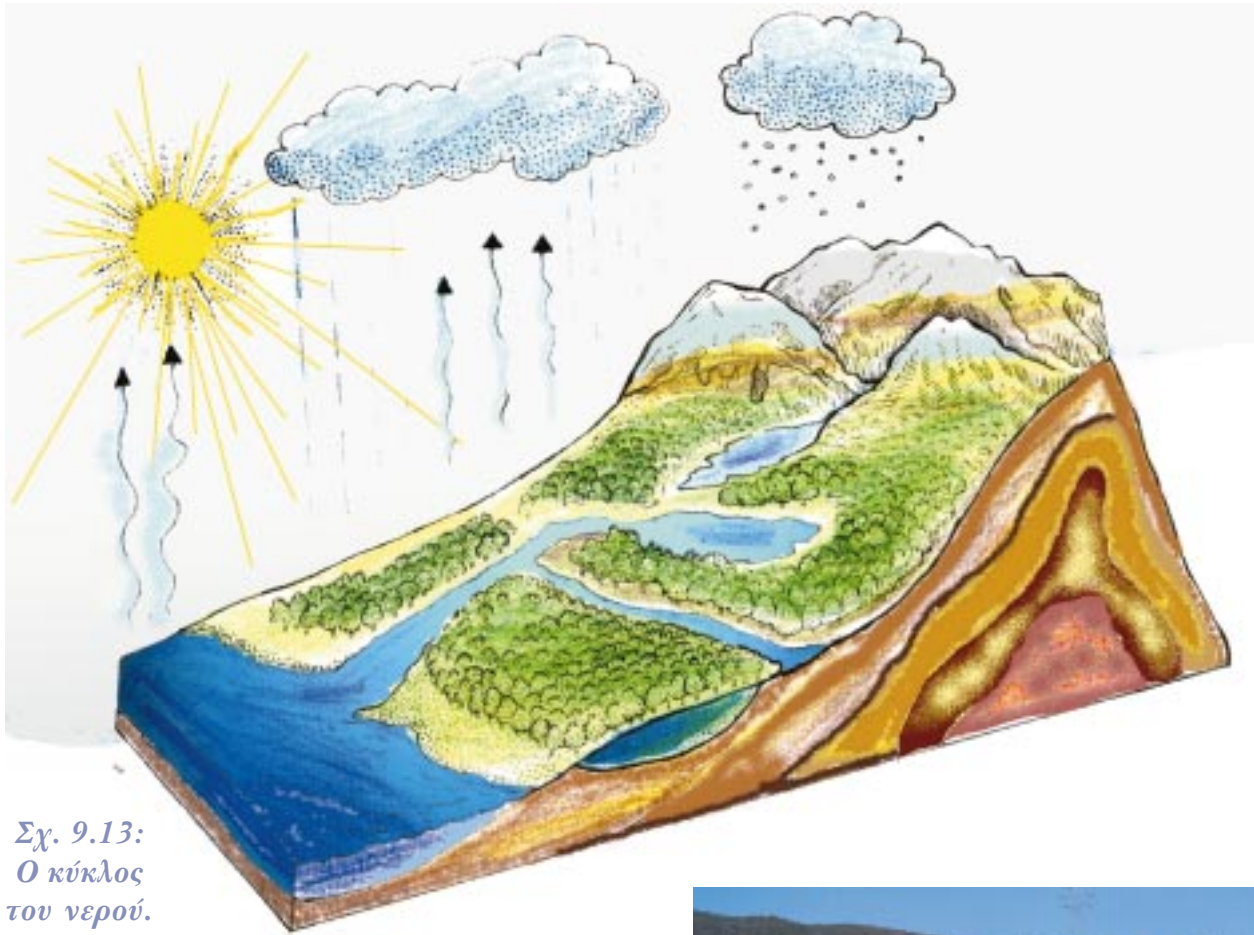
- α. Για την παραγωγή αξιόλογων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται η αποθήκευση σε τεχνητές λίμνες μεγάλων ποσοτήτων νερού.
 - β. Υπάρχει εξάρτηση από τους καιρικούς παράγοντες (ανομβρία).
 - γ. Υπάρχει πολύ μεγάλο κόστος αρχικής εγκατάστασης.
 - δ. Κάθε υδροηλεκτρική εγκατάσταση αλλάζει την αισθητική του φυσικού περιβάλλοντος, παρότι τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται μερικώς οι τεχνητές λίμνες και ως τόποι ψυχαγωγίας και αναψυχής του κοινού.
- Κανείς όμως δεν μπορεί να παραβλέψει ότι στις περισσότερες τεχνητές λίμνες δημιουργούνται αξιόλογοι υδροβιότοποι.



Σχ. 9.12: Τεχνητή λίμνη Πλαστήρα (ΔΕΗ).

9.6.2 Υδροδυναμική ή Υδραυλική Ενέργεια

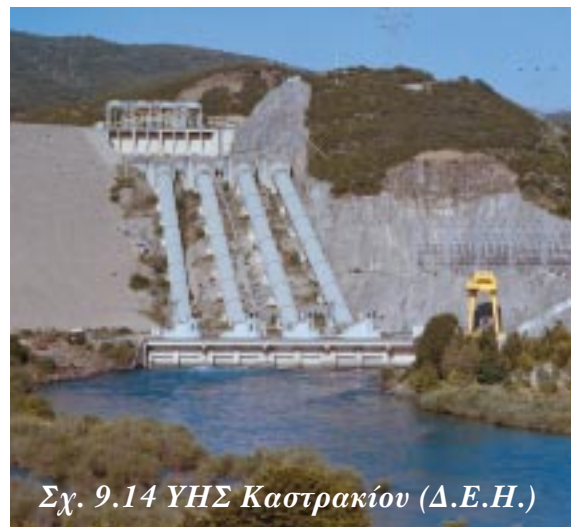
Ο ήλιος εκπέμποντας ποσά θερμότητας στη γη, προκαλεί την εξάτμιση των επιφανειακών νερών (θάλασσες, λίμνες, ποτάμια), τη συμπύκνωσή τους στην ατμόσφαιρα και την επιστροφή τους στην επιφάνεια της γης με τη μορφή κυρίως βροχής και χιονιού. Η προαναφερόμενη διαδικασία περιγράφει τον **κύκλο του νερού**. Με τα φαινόμενα της εξάτμισης και της συμπύκνωσης πετυχαίνεται η μετακίνηση του νερού από την επιφάνεια της θάλασσας, όπου έχει μηδενική δυναμική ενέργεια (μηδενικό υψόμετρο) σε υψηλότερα ενεργειακά επίπεδα.



Σχ. 9.13:
Ο κύκλος
του νερού.

Με αυτόν τον τρόπο το νερό αποκτά από το πεδίο βαρύτητας τη λεγόμενη υδροδυναμική ή υδραυλική ενέργεια, που την αποδίδει στο περιβάλλον μέχρι την εκ νέου κατάληξή του στη θάλασσα.

Η αξιοποίηση της υδροδυναμικής ενέργειας και η παραγωγή έργου από αυτή γίνεται σε κατάλληλες εγκαταστάσεις που καλούνται **Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί**.



Σχ. 9.14 ΥΗΣ Καστρακίου (Δ.Ε.Η.)

9.6.3 Υδροηλεκτρικός Σταθμός

Η ποσότητα των υδάτων που έχουν οι ποταμοί είναι μεταβαλλόμενη και εξαρτάται από τη βροχόπτωση και την εποχή του έτους. Επειδή όμως η αδιάλειπτη λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου απαιτεί σταθερή παροχή, θα πρέπει να αποθηκεύεται το νερό, όταν περισσεύει, και να είναι εύκολα διαθέσιμο, όταν απαιτείται. Αυτό πετυχαίνεται με την κατασκευή τεχνητών λιμνών χωρητικότητας εκατομμυρίων ή και δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων νερού (m^3).



Σχ. 9.15: ΥΗΣ Πλατανόβρυσης (ΔΕΗ).

Μια τεχνητή λίμνη δημιουργείται, αν σε κατάλληλο σημείο του ποταμού κτιστεί ένα φράγμα. Σε μια τυπική εγκατάσταση, το νερό συγκεντρώνεται πίσω από το φράγμα της τεχνητής λίμνης. Δίκτυο σωληνώσεων (υδαγωγοί) μεταφέρει το νερό από τη βάση του φράγματος (σημείο υδροληψίας), όπου υπάρχουν φίλτρα για τη συγκράτηση κορμών και κλαδιών δένδρων, στο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο σταθμός βρίσκεται σε χαμηλότερο υψομετρικά σημείο, ώστε να δημιουργείται η πτώση. Στην περίπτωση που το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι μακριά από το φράγμα, ένας αγωγός με κλίση, για να διευκολύνεται η ροή του νερού, οδηγεί το νερό στο σταθμό και ονομάζεται **σήραγγα προσαγωγής**.



Σχ. 9.16: ΥΗΣ Θεσσαλονίκης.

Από το τέλος της σήραγγας προσαγωγής το νερό οδηγείται στον **αγωγό πτώσεως**, που είναι σωλήνας με μεγάλη κλίση και προσδίδει στο νερό μεγάλη ταχύτητα και επομένως μεγάλη κινητική ενέργεια.

Για τη λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού σταθμού απαιτούνται και βοηθητικά έργα, όπως είναι η **σήραγγα εκκένωσης**, που χρησιμοποιείται, όταν θέλουμε να αδειάσουμε τη λίμνη, και ο **πύργος εκτόνωσης** (ισορρόπησης), που χρησιμεύει για την αποφυγή βλαβών και ανωμαλιών από υπερπίεσεις κατά τη λειτουργία του σταθμού. Όταν χρειαστεί να σταματήσει η λειτουργία του σταθμού, για παράδειγμα σε εργασίες συντήρησης, τότε κλείνουν οι θάνες. Όμως το σταμάτημα του νερού στις θάνες πιθανόν να προκαλούσε τη θραύση του υδαταγωγού πτώσης. Για αγωγό μήκους 200 μέτρων με διάμετρο 2,5 μέτρα το βάρος του νερού που βρίσκεται σε κίνηση είναι περίπου χίλιοι (1000) τόνοι. Μια απότομη διακοπή της ροής του νερού θα είχε ως αποτέλεσμα το σταμάτημα αυτού του τεράστιου βάρους. Για αυτό το λόγο ο πύργος επικοινωνεί με την ατμόσφαιρα, ώστε αυτή η τεράστια υπερπίεση να εκτονώνεται. Υπάρχουν μικροί σταθμοί που μπορούν να λειτουργήσουν και χωρίς προσωπικό. Οι χειρισμοί γίνονται από το χώρο ελέγχου και χειρισμού (control room) ενός κεντρικού σταθμού. Η όλη διαδικασία ονομάζεται τηλεχειρισμός.



Σχ 9.17: Χώρος ελέγχου και χειρισμού.

9.7 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ, ΡΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΑΛΙΡΡΟΙΩΝ

9.7.1 Εισαγωγή

Οι ωκεανοί, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη, και μπορεί να αποτελέσουν μια τεράστια αποθήκη ενέργειας. Η ενέργεια αυτή έχει τη μορφή κινητικής ενέργειας που λαμβάνεται από τα κύματα, τις παλίρροιες, τα θαλάσσια ρεύματα, καθώς και τη μορφή θερμικής ενέργειας, που λαμβάνεται από τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας των ωκεανών.

9.7.2 Ενέργεια από τα Κύματα

Μια άλλη μορφή ενέργειας που έμμεσα οφείλεται στον ήλιο, είναι η ενέργεια που περικλείουν τα κύματα, η οποία ακόμη αποτελεί αντικείμενο έρευνας και πειραματισμού για τον ικανοποιητικό τρόπο αξιοποίησης της. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος και το μήκος ενός κύματος, τόσο μεγαλύτερα ποσά ενέργειας μεταφέρει. Στη Χαβάη ήδη λειτουργεί ο πρώτος σταθμός ισχύος 20 MW και η πόλη Πορτ Χέιβεν της Σκωτίας ηλεκτροδοτείται από πρωτότυπο ηλεκτρικό σταθμό, αξιοποιώντας την ενέργεια των κυμάτων. Ο μηχανισμός μεταφοράς της κινητικής ενέργειας του αέρα πάνω στο νερό για τη δημιουργία κυμάτων δεν είναι ακριβώς γνωστός. Πρακτικά όμως, η δημιουργία κυμάτων εξαρτάται από την ταχύτητα και τη διάρκεια του ανέμου. Τα κύματα μπορούν να θεωρηθούν σαν μια αποθήκη της ενέργειας του ανέμου, η οποία προέρχεται από τον

ήλιο, γιατί παρατηρούνται και σε περίπτωση άπνοιας (όταν δηλαδή το αίτιο που τα προκάλεσε σταμάτησε). Υπολογισμοί δείχνουν ότι τα κύματα περικλείουν ένα τεράστιο προς το παρόν ανεκμετάλλευτο ενεργειακό δυναμικό. Το μεγάλο πρόβλημα για την τεχνική αξιοποίηση της ενέργειας των θαλασσίων κυμάτων σε ωφέλιμο έργο είναι ο ακανόνιστος και τυχαίος χαρακτήρας τους.

9.7.3 Μηχανές Παραγωγής Ενέργειας από τα Κύματα

Μέχρι τώρα η παραλαβή ενέργειας από τα κύματα γίνεται από επινοήσεις και κατασκευές που θυμίζουν εφευρέσεις και όχι παραγωγικά μοντέλα. Έχουν την εμφάνιση μηχανικών κατασκευών με μεγάλο όγκο και παρουσιάζουν πολλά τεχνικά προβλήματα. Τέτοια προβλήματα είναι η σταθερότητα αγκυροβολίου, η αντίσταση στην πρόσκρουση των κυμάτων και η χρήση ειδικών τύπων ηλεκτρικών μηχανών για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και τη μεταφορά της στη ακτή. Επίσης οι εγκαταστάσεις αυτές παρουσιάζουν οικολογικά προβλήματα και αποτελούν κινδύνους για τη ναυσιπλοΐα.

Μια κατασκευή που χρησιμοποιήθηκε με σχετική επιτυχία είναι το πρωτότυπο “Salter’s Duck”. Αποτελεί εφεύρεση του καθηγητή του πανεπιστημίου Εδιμβούργου Stephen Salter. Πρόκειται για πλωτό μηχανισμό με σχήμα, που θυμίζει πάπια (duck). Αποτελείται από δύο επιφάνειες διαφορετικής μορφής έτσι, ώστε η εμπρόσθια να δέχεται το μέγιστο της ενέργειας από το προσπίπτον πάνω της κύμα, ενώ η πίσω πλευρά είναι κυρτή, για λόγους μικρότερης αντίστασης στη διέλευση του κύματος. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται κατά το σχεδιασμό της κατασκευής στον περιορισμό των ασκούμενων δυνάμεων στο σύστημα αγκυροβόλησης και στην αποφυγή της ανατροπής του συστήματος κατά τη διάρκεια θαλασσοταραχής. Η όλη κατασκευή αποτελείται από μια σειρά μήκους ενός χιλιομέτρου ελλειψοειδών πτερυγίων, τα οποία επιπλέουν και κινούνται από τα κύματα πάνω-κάτω, μεταδίδοντας την κίνησή τους σε άξονα που περιέχει ειδικό λάδι. Με την κίνηση των πτερυγίων το λάδι αντλείται, με τελικό αποτέλεσμα την ανάπτυξη δυνάμεων που μπορούν να κινήσουν το δρομέα μιας γεννήτριας.



9.7.4 Ενέργεια από την Παλίρροια

Το φαινόμενο της παλίρροιας, δηλαδή να αποσύρεται η θάλασσα (άμπωτη) και μετά από ορισμένες ώρες να επιστρέφει (πλημμυρίδα), αποτελεί μορφή έμμεσης ηλιακής ενέργειας. Οι παλίρροιες οφείλονται σε δυνάμεις που δημιουργούνται στις υδάτινες μάζες από το πεδίο βαρύτητας (έλξη του ήλιου και της σελήνης), καθώς και από την περιστροφή της γης. Διαρκούν για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (περιοδικότητα) και έχουν ορισμένη κατεύθυνση.

Ήδη από τον ενδέκατο αιώνα λειτουργούσαν στις ακτές της Αγγλίας και Γαλλίας νερόμυλοι με την παλίρροια. Σήμερα, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας αλλά κυρίως περιβαλλοντικούς, το ενδιαφέρον για αυτήν τη μορφή ενέργειας είναι έντονο. Χώρες που έχουν χρησιμοποιήσει παλιρροϊκή ενέργεια και υλοποιήσει επιτυχή λειτουργία παλιρροϊκών συστημάτων πολλές φορές και σε συνεργασία με υδροηλεκτρικά εργοστάσια είναι η Γαλλία, οι Η.Π.Α., η Ιαπωνία, ο Καναδάς, η Κίνα και η Ρωσία. Αξιοσημείωτη είναι η λειτουργία σύγχρονης εγκατάστασης παλιρροϊκής ενέργειας στη γαλλική πόλη La Rance με μέση ετήσια ισχύ της τάξης των 500 MW.

Παρότι το κόστος των εγκαταστάσεων παλιρροϊκής ενέργειας είναι πολύ μεγάλο, εντούτοις μακροπρόθεσμα θεωρείται μια συμφέρουσα επένδυση, επειδή οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, όπως επίσης και το γεγονός ότι δεν υπάρχει κόστος καυσίμου.

9.7.5 Μετατροπή της Θερμικής Ενέργειας των Ωκεανών

Σε περιοχές στις οποίες υπάρχουν θαλάσσια ρεύματα από τους πόλους προς τον Ισημερινό, όπου ο ήλιος προσφέροντας μεγάλα ποσά θερμότητας θερμαίνει το νερό στην επιφάνεια της θάλασσας μέχρι και 25°C (τροπικές περιοχές), η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και βάθους έως 600 μέτρα μπορεί να ανέρχεται σε 20°C. Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να γίνει μια εκμεταλλεύσιμη πηγή ενέργειας σε ορισμένες περιοχές του κόσμου. Πιθανός τρόπος εκμετάλλευσης θα ήταν να χρησιμοποιηθεί η θερμότητα του νερού για τη μετατροπή πτητικής ουσίας (π.χ. υγρή αμμωνία) από την υγρή στην αέρια κατάστασή της. Στον αντίστροφο κύκλο (φάση υγροποίησης), σε ένα συμπυκνωτή θα αποδιδόταν θερμότητα, ικανή να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

9.7.6 Ενέργεια από Θαλάσσια Ρεύματα

Τα θαλάσσια ρεύματα αποτελούν ένα τεράστιο ενεργειακό δυναμικό, το οποίο όμως, για να αξιοποιηθεί, απαιτεί εξελιγμένη τεχνολογία, έρευνα και μελέτη.

Προς το παρόν έχουν εκπονηθεί πειραματικά σχέδια για την εκμετάλλευση αυτής της ενέργειας με την αγκυροβόληση γιγαντιαίων, χαμηλής ταχύτητας, τουρμπινών σε διάφορες περιοχές των Η.Π.Α., αξιοποιώντας το θαλάσσιο ρεύμα του Γκολφ-Στρημ.

Ανακεφαλαίωση

Κινητική ενέργεια είναι η ενέργεια ενός σώματος ή συστήματος σωμάτων ή ενός ρευστού, λόγω της κίνησης την οποία έχει. Μορφές κινητικής ενέργειας που απαντώνται στη φύση είναι η αιολική, η υδροδυναμική, η ενέργεια των κυμάτων, οι παλίρροιες και τα ρεύματα των ωκεανών.

Ανεμογεννήτριες είναι μηχανές που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα, όταν ο άνεμος μέσω ειδικών πτερυγίων περιστρέφει το δρομέα τους. Η αύξηση της τιμής του πετρελαίου, το πεπερασμένο των ενεργειακών πόρων, τα περιβαλλοντικά προβλήματα και η κατασκευή όλο και πιο φθηνών με μεγάλο βαθμό απόδοσης ανεμογεννητριών καθιστούν την αιολική ενέργεια ως την καλύτερη εναλλακτική λύση. Η δημιουργία και κίνηση του ανέμου είναι ένα σύνθετο μετεωρολογικό φαινόμενο, το οποίο οφείλεται στην άνιση κατανομή της θερμότητας που στέλνεται από τον ήλιο προς τη γη. Οι δύο βασικές κατηγορίες ανεμογεννητριών είναι οι μηχανές με οριζόντιο άξονα και οι μηχανές με κατακόρυφο άξονα. Η περιοχή στην οποία εγκαθίστανται και λειτουργούν συστοιχίες από πολλές ανεμογεννήτριες ονομάζεται αιολικό πάρκο. Η συστηματική εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού συμβάλλει στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μιας χώρας, δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας, εξοικονομεί πολύτιμο συνάλλαγμα, αλλά κυρίως συμβάλλει στην περιβαλλοντική αναβάθμιση αυτής.

Άλλοι τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

α) με την αξιοποίηση της δυναμικής ενέργειας του νερού (υδροδυναμική), την οποία μπορεί να έχει λόγω υψομετρικής διαφοράς, με τη χρήση κατάλληλων μηχανών που ονομάζονται υδροστρόβιλοι, σε σταθμούς οι οποίοι καλούνται Υδροηλεκτρικοί.

β) από την κινητική ενέργεια θαλασσίων κυμάτων, ρευμάτων και παλίρροιών.

Οι προαναφερόμενοι τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δε ρυπαίνουν το περιβάλλον, λειτουργούν άμεσα με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης, μικρό λειτουργικό κόστος και ελάχιστα έξοδα συντήρησης.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί δεν ξοδεύουν καύσιμα, με συνέπεια την εξοικονόμηση πολύτιμου συναλλάγματος.

Ερωτήσεις

- 1) Αναφέρατε τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική ενέργεια.
- 2) Περιγράψτε το μετεωρολογικό φαινόμενο σχηματισμού των ανέμων.
- 3) Αναφέρατε εφαρμογές διαχρονικής αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας.
- 4) Περιγράψτε τους δύο βασικούς τύπους ανεμογεννητριών.
- 5) Αναφέρατε τα κυριότερα μέρη από τα οποία απαρτίζεται μια ανεμογεννήτρια.
- 6) Εξηγήστε τον όρο “Υδροδυναμική ενέργεια”.
- 7) Αναφέρατε τα κυριότερα πλεονεκτήματα της υδραυλικής ενέργειας.
- 8) Περιγράψτε τη δομή ενός Υδροηλεκτρικού Σταθμού.
- 9) Αναφέρατε τους κυριότερους τρόπους εκμετάλλευσης της υδροδυναμικής ενέργειας.