

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ



ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ **ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ **ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*" Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση Συνεισφοράς
Υδροηλεκτρικών Σταθμών (ΥΗΣ) Αναστρέψιμης Λειτουργίας
στο ΣΗΕ Κρήτης "*

Χριστοφορίδη Ευγενία

Επιβλέπων καθηγητής
Δρ. Καραπιδάκης Εμμανουήλ

ΧΑΝΙΑ 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, κ. Εμμανουήλ Καραπιδάκη, καθηγητή του τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος και επιβλέπων αυτής της εργασίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του σε όλα τα στάδια της εργασίας και την άψογη συνεργασία που είχαμε για όσο καιρό διήρκεσε η μελέτη και η συγγραφή της.

Επίσης, ευχαριστώ τον κ. Ιωάννη Κατσίγιαννη για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχε, συμβάλλοντας στην καλύτερη κατανόηση των συστημάτων αντλησιοταμίευσης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου και την οικογένειά μου, που είναι πάντα δίπλα μου με κατανόηση και υπομονή και με στήριξαν ιδιαίτερα σε όλα τα έτη των σπουδών μου.

*Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση Συνεισφοράς Υδροηλεκτρικών Σταθμών (ΥΗΣ) Αναστρέψιμης Λειτουργίας στο
ΣΗΕ Κρήτης* *Χριστοφορίδη Ευγενία*

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σημερινή εποχή, υπάρχει μια συνεχής παγκόσμια ανάγκη για όλο και περισσότερη ενέργεια, η οποία ταυτόχρονα πρέπει να είναι «καθαρότερη» από την ενέργεια που παράγεται από τις συμβατικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής. Η ανάγκη αυτή καθιστά πιο εύκολη τη διεύθυνση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στα ηλεκτρικά δίκτυα, η χρήση των οποίων αδιαμφισβήτητα μπορεί να συμβάλει στην ελαχιστοποίηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής. Παρόλα αυτά, οι συνεχείς διακυμάνσεις της ζήτησης δημιουργούν δυσκολία στην προσαρμογή της ισχύος που παράγεται από διατάξεις τέτοιων πηγών. Έτσι η ανάγκη για αποθήκευση ενέργειας θεωρείται αναγκαία. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εισαγωγή ενός συστήματος αποθήκευσης ενέργειας στο υφιστάμενο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης και η αξιολόγηση της συνεισφοράς του. Το σύστημα αυτό προορίζεται να αποθηκεύει την περίσσεια της ηλεκτρικής ενέργειας σε υδραυλική μορφή υπό την μορφή ποσότητας νερού που αντλείται από μία χαμηλότερη στάθμη σε μία υψηλότερη σε περιπτώσεις που η αιολική παραγωγή θα ξεπερνά το 30% της ζήτησης. Ενώ στις χρονικές περιόδους υψηλού φορτίου και ιδιαίτερα στις αιχμές του φορτίου η αποθηκευμένη ενέργεια θα αποδίδεται στο δίκτυο με τη μορφή του νερού που θα διακινείται από τον πάνω ταμιευτήρα στον κάτω, μετατρέποντας την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Ένα τέτοιο σύστημα αναμένεται να εξομαλύνει τις αιχμές ζήτησης, να βελτιώσει σημαντικά τη συνολική απόδοση του συστήματος και να μειώσει την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

ABSTRACT

In today's world, there is a continuous global need for more energy which, at the same time, has to be "cleaner" than the energy produced from the traditional generation units. This need makes easier the penetration of renewable energy into the power grid, the extensive use of which can indisputably minimize the threat of global warming and climate change. However, the changing demand cycles make complicate the power produced such sources to adjust. In this way, the need for energy storage is required. Subject of this diploma thesis is the introduction of the energy storage systems in the existing power system of Crete and the evaluation of its contribution in electrification generation. The method stores energy in the form of potential energy of water, pumped from a lower elevation reservoir to a higher elevation in cases when the wind power will accounts for more than 30% of electrical demand. During periods of high electrical demand, the stored water is released through turbines to produce electric power. Such a system is expected to balance the demand peaks, greatly improve the system performance and reduce the dependence of fossil fuels.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1. Εισαγωγή.....	9
1.2. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Ορισμός.....	9
1.2.1. Αιολική Ενέργεια.....	10
1.2.2. Ηλιακή Ενέργεια.....	11
1.2.3. Γεωθερμία.....	12
1.2.4. Ενέργεια Κυμάτων.....	12
1.2.5. Παλιροϊκή Ενέργεια.....	12
1.2.6. Ενέργεια από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού.....	13
1.2.8. Βιομάζα.....	14
141.2.9. Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ.....	14
1.3. Η κατάσταση των ΑΠΕ στην Ελλάδα.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	18
2.1. Ανάγκη για αποθήκευση ενέργειας.....	18
2.2. Μέθοδοι αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	18
2.2.1. Ηλεκτρικοί συσσωρευτές.....	19
2.2.2. Κυψέλες καυσίμου.....	19
192.2.3. Σύστημα συμπίεσης αέρα (CAES).....	19
2.2.4. Στρεφόμενες μάζες-Σφόνδυλοι.....	20
202.2.5. Αντλησιοταμίευση – Αναστρέψιμα ΥΗΕ.....	20
2.2.6. Σύγκριση Μεθόδων Αποθήκευσης.....	21
2.3. Εφαρμογές των Αναστρέψιμων ΥΗΕ.....	22
2.3.1. Αναστρέψιμα ΥΗΕ σε Ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο.....	22
2.3.2. Αναστρέψιμα ΥΗΕ στην Ελλάδα.....	23
2.3.3. Περίπτωση της Ικαρίας.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 [3] ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ	26
3.1. Τεχνολογίες αντλιών.....	26
3.2. Δυναμικές Αντλίες.....	27
3.2.1. Φυγοκεντρικές Αντλίες.....	27
3.2.2. Είδη φυγοκεντρικών αντλιών ακτινικής ροής.....	28
3.2.2.1. Με βάση τον εσωτερικό σχεδιασμό του κελύφους.....	28
3.2.2.2. Με βάση τον τύπο φτερωτής.....	29
3.2.2.3. Με βάση τον αριθμό των εισόδων.....	30
3.2.3. Αντλίες αξονικής ροής (Axial flow pumps).....	34
3.2.4. Αντλίες μικτής ροής.....	35

3.2.5. Περιφερικές ή στροβιλαντλίες ή αναγεννητικές αντλίες (Turbine or Regenerative pumps).....	36
3.2.6. Δυναμικές αντλίες ειδικού τύπου.....	36
3.3. Αντλίες Θετικής Εκτοπίσεως.....	37
3.3.1. Παλινδρομικές αντλίες.....	37
3.3.2. Περιστροφικές αντλίες θετικής εκτοπίσεως.....	38
3.3.3 Αντλίες πιεστικού θαλάμου.....	39
3.4. Αντλίες κενού.....	39
3.5. Επιλογή αντλιών.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ.....	42
4.1. Τεχνολογίες Υδροστροβίλων.....	42
4.2. Υδροστρόβιλοι Δράσεως.....	43
4.2.1. Υδροστρόβιλος Pelton.....	43
4.2.2. Υδροστρόβιλος Cross-flow.....	44
4.2.3. Υδροστρόβιλος Turgo.....	44
4.3. Υδροστρόβιλοι Αντιδράσεως.....	45
4.3.1. Υδροστρόβιλος Francis.....	45
4.3.2. Υδροστρόβιλος Kaplan.....	46
4.3.3. Βολβοειδής υδροστρόβιλος.....	46
4.3.4. Υδροστρόβιλος αξονικής ροής (Προπέλα).....	47
4.3.5. Αντλίες που χρησιμοποιούνται ως Υδροστρόβιλοι.....	48
4.3.6. Επιλογή τύπου υδροστροβίλου.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ.....	51
5.1. Περιγραφή του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης.....	51
5.2. Ενεργειακά προβλήματα της Κρήτης.....	53
5.3. Προοπτικές εξέλιξης.....	54
5.3.1 Αιολικά Πάρκα.....	55
5.3.2 Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	56
5.3.3. Σχέδιο «Ήλιος».....	59
5.3.4 Εισαγωγή του Συστήματος Αντλιοσταμείωσης στο υφιστάμενο Σ.Η.Ε. Κρήτης.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	72

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στη σημερινή εποχή, λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που δημιουργεί η μη βιώσιμη παραγωγή ενέργειας και ταυτόχρονα η ανάγκη απεξάρτησης από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, θεωρείται αναγκαία η προώθηση των φιλικών προς το περιβάλλον πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), αλλά και η αποθήκευση της ενέργειας που περισσεύει. Τα συστήματα παραγωγής ενέργειας που βασίζονται στην αποθήκευση φαίνεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα, ευελιξία και αξιοπιστία.

Στην παρούσα εργασία θεωρήθηκε ενδιαφέρον να μελετηθεί πως θα επηρέαζε το υφιστάμενο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης η εισαγωγή ενός συστήματος αποθήκευσης. Το σύστημα αυτό κατά την αρχική λειτουργία αποθηκεύει ενέργεια σε μορφή νερού σε έναν ταμιευτήρα υψηλής στάθμης, και στη συνέχεια – σε περίπτωση απώλειας του δικτύου– την αποδίδει για την τροφοδότηση των συνδεδεμένων φορτίων.

Στο κεφάλαιο 1, γίνεται μια συνοπτική περιγραφή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και παρουσιάζεται η κατάστασή τους στην χώρα μας.

Στο κεφάλαιο 2, περιγράφονται οι βασικότεροι σύγχρονοι μέθοδοι αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, δίνοντας έμφαση στα συστήματα αντλιοσταμείωσης.

Στο κεφάλαιο 3, παρουσιάζονται οι διάφορες τεχνολογίες αντλιών που χρησιμοποιούνται, προκειμένου να γίνει η σωστή επιλογή.

Στο κεφάλαιο 4, γίνεται η περιγραφή των διάφορων τύπων υδροστροβίλου.

Στο κεφάλαιο 5, παρουσιάζεται η συνολική κατάσταση του υφιστάμενου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης. Περιγράφονται τα ενεργειακά προβλήματα του συστήματος, όπως και οι προοπτικές εξέλιξής του.

Στο κεφάλαιο 6, επεξεργάζονται τα δεδομένα με το λογισμικό Excel.

Στο κεφάλαιο 7, γίνονται οι υπολογισμοί και δίνονται γραφικές παραστάσεις των μεγεθών του συστήματος για διάφορες τιμές των παραμέτρων του.

Στο κεφάλαιο 8, τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι παρατηρήσεις που συνάγονται από την μελέτη.

*Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση Συνεισφοράς Υδροηλεκτρικών Σταθμών (ΥΗΣ) Αναστρέψιμης Λειτουργίας στο
ΣΗΕ Κρήτης*
Χριστοφορίδη Ευγενία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Εισαγωγή

Η προσπάθεια του ανθρώπου για τη συνεχή άνοδο του βιοτικού επιπέδου σε συνδυασμό με τη ραγδαία αύξηση του πληθυσμού της γης και την αλόγιστη σπατάλη και κακή χρήση των ενεργειακών αποθεμάτων του πλανήτη μας απειλούν να οδηγήσουν σύμφωνα με έγκυρες απόψεις ειδικών σύντομα την ανθρωπότητα σε ένα μακρύ ενεργειακό χειμώνα. Καθιστάται προφανές ότι η συνεχής τεχνολογική εξέλιξη αναστάτωσε το ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη μας. Η αντικατάσταση των ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών όπως το ξύλο και η μυϊκή δύναμη από τα συμβατικά μη ανανεώσιμα καύσιμα και η αλόγιστη μέχρι σπατάλης κατανάλωση αυτών έθεσε σε κίνδυνο ακόμα και τη διασφάλιση του σημερινού βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου. [1]

Όλα τα μηνύματα δείχνουν πια καθαρά, ότι η συνέχιση της πορείας μας στο μέλλον επιβάλλει την αλλαγή της καθημερινής νοοτροπίας μας και την αναθεώριση των αξιών της ζωής, σε συνδυασμό με τον επαναπροσδιορισμό της έννοιας και των στόχων της τεχνολογικής ανάπτυξης. Η ανησυχία και ο σκεπτικισμός των ολίγων οικολόγων, κάποτε, αποτελεί σήμερα καθημερινό προβληματισμό των περισσότερων.

Πάντως, παρά τις αντιδράσεις των ολίγων, αλλά ισχυρών αυτού του κόσμου, η ευαισθητοποίηση και η κινητοποίηση των πολιτών ολοένα και αυξάνει. Η αντιμετώπιση του θέματος σε διεθνή κλίμακα δείχνει ότι συνειδητοποιούμε αργά, αλλά σταθερά, πως η τεχνολογία, ως καρπός ανώτερης πνευματικής εργασίας, πρέπει να έχει στόχο να θεραπεύει και να υπηρετεί τον άνθρωπο, με σεβασμό προς το οικοσύστημα που τον φιλοξενεί.

Είναι γεγονός αδιαμφισβήτητο, η σημαντική συμβολή των πηγών ενέργειας μεγάλης ισχύος στην τεχνολογική πρόοδο, απ'την οποία προέκυψαν πολλά θετικά αποτελέσματα. Μέσα από την ιστορική αναγκαιότητα των συμβατικών καυσίμων ξεπήδησαν νέες και συνεχώς βελτιώνονται παλαιότερες μέθοδοι, εξεργετισμένης παραγωγής ενέργειας, χωρίς πρακτικά οικολογικές επιβαρύνσεις. Ο ήλιος και ο άνεμος θα έχουν τον πρώτο λόγο στις επόμενες δεκαετίες. [2]

1.2. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Ορισμός

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν εν αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών εμφανίστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων την τελευταία δεκαετία. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο

ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο μόνος δυνατός τρόπος που διαφαίνεται για να μπορέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στο φιλόδοξο στόχο που έθεσε το 1992 στη συνδιάσκεψη του Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, να περιορίσει δηλαδή, μέχρι το έτος 2000 τους ρύπους του διοξειδίου του άνθρακα στα επίπεδα του 1993, είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Οι μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:

- **ο ήλιος - ηλιακή ενέργεια**, με υποτομείς τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τη φωτοβολταϊκή μετατροπή,
- **ο άνεμος - αιολική ενέργεια**,
- **οι υδατοπτώσεις** - υδραυλική ενέργεια, με περιορισμό στα μικρά υδροηλεκτρικά, ισχύος κάτω των 10 MW,
- **η γεωθερμία** - γεωθερμική ενέργεια: υψηλής και χαμηλής ενθαλπίας,
- **η βιομάζα**: θερμική ή χημική ενέργεια με την παραγωγή βιοκαυσίμων, τη χρήση υπολειμμάτων δασικών εκμεταλλεύσεων και την αξιοποίηση βιομηχανικών αγροτικών (φυτικών και ζωικών) και αστικών αποβλήτων,
- **οι θάλασσες**: ενέργεια κυμάτων, παλιρροϊκή ενέργεια και ενέργεια των ωκεανών από τη διαφορά θερμοκρασίας των νερών στην επιφάνεια και σε μεγάλο βάθος. [10]

1.2.1. Αιολική Ενέργεια.

Η ενέργεια του ανέμου αξιοποιείται στις μέρες μας ολοένα και περισσότερο, σε περιοχές όπου συχνά φυσούν ισχυροί άνεμοι. Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε σήμερα τις ανεμογεννήτριες, με τις οποίες μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Η σπουδαιότερη εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία μπορεί στη συνέχεια, να διοχετεύεται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Η χώρα μας, με μεγάλη παράδοση στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, προσφέρεται ιδιαίτερα για την αξιοποίηση αυτής της ανανεώσιμης και καθαρής πηγής αφού διαθέτει ισχυρούς ανέμους, βουνοκορφές και απομονωμένα νησιά. [11] Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξής της. Από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι και σήμερα έχουν κατασκευασθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στη Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο και στην Κρήτη εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος πάνω από 30 Μεγαβάτ. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης εκδηλώνει και ο ιδιωτικός τομέας για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη, όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει εκδώσει άδειες εγκατάστασης για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος δεκάδων MW.

Χρησιμότητα Αιολικής Ενέργειας

Η συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας θα συμβάλει:

- στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη
- σε σημαντικό περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφού έχει υπολογισθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού μιας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550 kW σε ένα χρόνο, υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2.700 βαρελιών πετρελαίου, δηλαδή αποτροπή της εκπομπής 735 περίπου τόνων CO₂ ετησίως καθώς και 2 τόνων άλλων ρύπων
- στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο Μεγαβάτ αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας

Τα ενδεχόμενα προβλήματα από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ο θόρυβος από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, οι σπάνιες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές στο ραδιόφωνο, τηλεόραση, τηλεπικοινωνίες, που επιλύονται όμως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και επίσης πιθανά προβλήματα αισθητικής. [10]

1.2.2. Ηλιακή Ενέργεια.

Η Ηλιακή ενέργεια συμπεριλαμβάνει όλες τις μορφές ενέργειας, που προέρχονται από τον Ήλιο. Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας. Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με δύο τρόπους: με θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Η πρώτη είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας με στόχο την παραγωγή θερμότητας (χρησιμοποιείται κυρίως για τη θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση τουρμπίνων), ενώ στη δεύτερη εφαρμογή τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών. Αυτή η τεχνολογία που εμφανίστηκε στις αρχές του 1970 στα διαστημικά προγράμματα των ΗΠΑ έχει μειώσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού με αυτόν τον τρόπο από \$300 σε \$4 το Watt. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή. Αν και όλη η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητά της εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, την ημέρα, την εποχή και τη νεφοκάλυψη. Για παράδειγμα, η έρημος δέχεται περίπου το διπλάσιο ποσό ηλιακής ενέργειας από άλλες περιοχές. Στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες το χρόνο. Στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές κυμαινόμενη από 2200 ως 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3100 ώρες ετησίως. Για μια χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια όπως η Ελλάδα, η ηλιακή ενέργεια αποτελεί ανεξάντλητο ενεργειακό πόρο.

Η δράση της ηλιακής ακτινοβολίας αξιοποιείται με: Ενεργητικά, παθητικά και φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα.

Πλεονεκτήματα Ηλιακής Ενέργειας:

- Μηδενική ρύπανση
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής
- Απεξάρτηση από τροφοδοσία καυσίμων για την παραγωγή της ενέργειας (μπαταρίες)
- Δυνατότητα επέκτασης
- Μηδενικό κόστος παραγωγής ενέργειας - ελάχιστη συντήρηση

Μειονεκτήματα Ηλιακής Ενέργειας:

- υψηλό κόστος κατασκευής
- έλλειψη επιδοτήσεων
- προβλήματα στην αποθήκευση [10]

1.2.3. Γεωθερμία.

Η Γεωθερμική Ενέργεια, θερμότητα που εκλύεται από τον πυρήνα της γης, αξιοποιείται ήδη από το 1904 για την παραγωγή καθαρής, «πράσινης» ενέργειας. Το μυστικό για την παραγωγή ενέργειας κρύβεται στα γεωθερμικά ρευστά, δηλαδή σε υπόγειες δεξαμενές νερού από θαλάσσια ή άλλα νερά, τα οποία θερμαίνονται σε θερμοκρασίες που συχνά υπερβαίνουν τους 350° C, λόγω της επαφής τους με πετρώματα που έχουν ήδη θερμανθεί από τη λάβα που βρίσκεται στο εσωτερικό της γης. Η άντληση των γεωθερμικών ρευστών, με τη βοήθεια προηγμένων τεχνολογικών μεθόδων που είναι σήμερα διαθέσιμες, επιτρέπει όχι μόνο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και την αξιοποίησή τους σε άλλες χρήσεις, όπως η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού, η θέρμανση και ψύξη των κτιρίων, η θέρμανση των θερμοκηπίων, οι ιχθυοκαλλιέργειες κ.λπ. Σήμερα, η συνολική ισχύς των εγκαταστημένων γεωθερμοηλεκτρικών μονάδων σε όλο τον κόσμο υπερβαίνει τα 9,000 MW, καθιστώντας τη γεωθερμία μια αξιόπιστη, προσιτή και απόλυτα φιλική στο περιβάλλον εναλλακτική πηγή ενέργειας. Η ανάπτυξη της γεωθερμίας εξαρτάται από ειδικούς παράγοντες, όπως πχ. το βάθος, τα χαρακτηριστικά του γεωθερμικού ταμιευτήρα, τη σύνθεση του γεωθερμικού ρευστού και την τροφοδοσία του, τη χρήση γης στην επιφάνεια του εδάφους κ.α. [12]

Η Ελλάδα διαθέτει μεγάλο αριθμό επιβεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων που είναι διάσπαρτα σε ολόκληρη σχεδόν τη χώρα, όπως στη Ν. Κεσσάνη Ξάνθης, Νιγρίτα Σερρών, Λαγκαδά Θεσ/κης, Ελαιοχώρια Χαλκιδικής, Στύψη και Άργεννο Λέσβου, Μήλο, Σαντορίνη και Νίσυρο. Η συστηματική εκμετάλλευσή τους μπορεί να επιφέρει στη χώρα μας σημαντικά οφέλη. [13]

1.2.4. Ενέργεια Κυμάτων.

Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει την τουρμπίνα, όπως φαίνεται στο σχήμα . Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιέζει τον αέρα προς τα πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι ένας μόνο τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων. Η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου, κ.λ.π. [10]

1.2.5. Παλιροϊκή Ενέργεια.

Η αξιοποίηση της παλιροϊκής ενέργειας χρονολογείται από εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, κινούνταν νερόμυλοι. Ο τρόπος είναι απλός: Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα. Σήμερα οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων. Ο πρώτος παλιροϊκός σταθμός κατασκευάστηκε στον ποταμό La Rance στις ακτές της Βορειοδυτικής Γαλλίας το 1962 και

οι υδροστρόβιλοί του μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια καθώς το νερό κινείται κατά τη μια ή την άλλη κατεύθυνση. Άλλοι τέτοιοι σταθμοί λειτουργούν στη Ρωσία, στη θάλασσα Barents και στον κόλπο Fuhdy της Νέας Σκωτίας. [10]

1.2.6. Ενέργεια από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (40-70 KW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στα μειονεκτήματα αναφέρεται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά. [10]

1.2.7. Υδραυλική Ενέργεια.

Το νερό στη φύση, όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, έχει δυναμική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε κινητική όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών τουρμπίνων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή ταξινομείται σε υδροηλεκτρική ενέργεια μεγάλης και μικρής κλίμακας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια μικρής κλίμακας διαφέρει σημαντικά από αυτή της μεγάλης σε ότι αφορά τις επιπτώσεις της στο περιβάλλον. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες μεγάλης κλίμακας απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και γενικότερα στο άμεσο περιβάλλον. Τα συστήματα μικρής κλίμακας τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια με αποτέλεσμα να έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Υδροηλεκτρικές μονάδες λιγότερες των 30 MW χαρακτηρίζονται μικρής κλίμακας και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές. Το γρήγορα κινούμενο νερό οδηγείται μέσα από τούνελ με σκοπό να θέσει σε λειτουργία τις τουρμπίνες παράγοντας έτσι μηχανική ενέργεια. Μια γεννήτρια μετατρέπει αυτή την ενέργεια σε ηλεκτρική. Σε αντίθεση με το ότι συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα, το νερό δεν αχρηστεύεται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς. Φυσικά, μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευασθούν υδατοταμιευτήρες. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται με τον τρόπο αυτό, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, σε ώρες αιχμής. Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί περίπου το 10% των ενεργειακών μας αναγκών.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της υδραυλικής ενέργειας είναι :

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς (γαιανθράκων, πετρελαίου), που απαιτούν χρόνο προετοιμασίας

- Είναι μία "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά πλεονεκτήματα (εξοικονόμηση συναλλάγματος, φυσικών πόρων, προστασία περιβάλλοντος)
- Μέσω των υδροταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, αναψυχή, αθλητισμός.

Τα μειονεκτήματα που συνήθως εμφανίζονται είναι:

- Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εξοπλισμού των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής καθώς και η μεγάλη χρονική διάρκεια απαιτείται μέχρι την αποπεράτωση του έργου
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση στην περιοχή του ταμιευτήρα (ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, υποβάθμιση περιοχών, αλλαγή στη χρήση γης, στη χλωρίδα και πανίδα περιοχών αλλά και του τοπικού κλίματος, αύξηση σεισμικής επικινδυνότητας, κ.ά.). Η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή μικρών φραγμάτων. [10]

1.2.8. Βιομάζα.

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο (τα φυτικά και δασικά υπολείμματα, τα ζωικά απόβλητα, τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων). Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.).

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.ά.), σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, 3 ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδακίνων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά. Παρ' όλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. [11]

1.2.9. Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους οι οποίοι με το πέρασμα του χρόνου εξαντλούνται.

- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος. Έτσι, δίνετε η δυνατότητα να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας τα συστήματα υποδομής ενώ παράλληλα μειώνονται οι απώλειες μεταφοράς ενέργειας.
- Δίνουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών έως αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή), επιτυγχάνοντας πιο ορθολογική χρησιμοποίηση των ενεργειακών πόρων.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος, το οποίο επιπλέον δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ είναι εντάσεως εργασίας, δημιουργώντας πολλές θέσεις εργασίας ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση υποβαθμισμένων, οικονομικά και κοινωνικά, περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση επενδύσεων που στηρίζονται στη συμβολή των ΑΠΕ (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με γεωθερμική ενέργεια).
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό.
Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα οι ΑΠΕ παρουσιάζουν και ορισμένα χαρακτηριστικά που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση και ταχεία ανάπτυξή τους:
- Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος ώστε να μεταφερθεί και να αποθηκευθεί.
- Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλη παραγωγή απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
- Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
- Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.
- Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων παραμένει ακόμη υψηλό.[10]

Για τους παραπάνω λόγους οι ΑΠΕ έχουν κυρίαρχο ρόλο στο πλαίσιο τόσο της Ευρωπαϊκής, όσο και της Εθνικής μας πολιτικής. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν τέσσερις σημαντικές οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προώθηση αυτών των τεχνολογιών και συγκεκριμένα :

- Για την ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ, η ΟΔ/77/2001, όπου για την Ελλάδα προβλέπεται το 20 % της ηλεκτροπαραγωγής να προέρχεται από ΑΠΕ μέχρι το 2010.
- Για την εξοικονόμηση ενέργειας, η ΟΔ/91/2002, όπου δίνεται έμφαση στους κανονισμούς για την εξοικονόμηση και την διαχείριση της ενέργειας στα κτίρια.
- Για την διεύθυνση των υγρών βιοκαυσίμων στις μεταφορές, η ΟΔ/30/2003, όπου προβλέπεται 2 % διεύθυνση μέχρι το 2005 και 5.75% μέχρι το 2010.

- Για τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, ιδιαίτερα σε μικρές εγκαταστάσεις, η ΟΔ/8/2007. [9]

Τη στιγμή που οι περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες εξαρτώνται σήμερα από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα, οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας αποτελούν μια ευκαιρία για αποκεντρωμένη προμήθεια ενέργειας. Τέτοιου τύπου αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας δημιουργεί περισσότερες θέσεις εργασίας τοπικά και είναι πολύ λιγότερο επιρρεπής στη διαφθορά και στις κρίσεις. Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας δεν ανοίγουν μόνο προοπτικές για την περιβαλλοντικά συμβατή αναδιάρθρωση της ενεργειακής μας αλυσίδας. Συμβάλλουν επίσης στην εκτόνωση εντάσεων στην παγκόσμια αγορά ενέργειας, και κατ' επέκταση σε πολιτική και οικονομική ασφάλεια. [14]

1.3. Η κατάσταση των ΑΠΕ στην Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται παγκοσμίως ολοένα και μεγαλύτερη η αύξηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο. Σύμφωνα με το θεσμικό πλαίσιο που έχει διαμορφωθεί, οι ΑΠΕ αποτελούν βασική προτεραιότητα για την Ευρωπαϊκή Ένωση, κυρίως για λόγους ανεξαρτησίας ενεργειακού εφοδιασμού και προστασίας περιβάλλοντος, αλλά και κοινωνικής και οικονομικής συνοχής. Για πρώτη φορά, το 1997, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή χάραξε μια συγκεκριμένη πολιτική για τις ΑΠΕ με την ψήφιση της Λευκής Βίβλου. Ο κεντρικός στόχος της Λευκής Βίβλου ήταν να αυξηθεί στο 12% το μερίδιο των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στην ακαθάριστη εγχώρια ενεργειακή κατανάλωση της Ένωσης μέχρι το 2010. Το 2000 εκδόθηκε το Green Paper «Στρατηγική για την Ασφάλεια της παροχής Ενέργειας» για την ανεξαρτησία του ενεργειακού εφοδιασμού. Στα πλαίσια αυτά εντάσσεται και το Πρωτόκολλο του Κιότο που υπογράφηκε το 1997 από τα κράτη μέλη της ΕΕ για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η συμφωνία αυτή είχε ως στόχο τη μείωση κατά 8% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου εντός της περιόδου 2008-2012. Με την ψήφιση της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ, σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ορίστηκε ο δεσμευτικός στόχος 20-20-20 για το έτος 2020, δηλαδή συμβολή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%, εξοικονόμηση ενέργειας κατά 20% και 20% μείωση στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. [15]

Η Ελλάδα, ως κράτος-μέλος της ΕΕ, εντάσσεται στη συνολική προσπάθεια της ΕΕ για αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελεί ένα σχετικά πρόσφατο φαινόμενο στην Ελλάδα. Ο νόμος 2244/94 αποτέλεσε την ουσιαστική αρχή για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα, επιχειρώντας να δώσει ισχυρά οικονομικά κίνητρα με την προσέλκυση ιδιωτικών κεφαλαίων. Η βασική κατεύθυνση του νόμου 2244/94 εναρμονίζεται με τα μέτρα και τις διατάξεις που ισχύουν σχεδόν σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. με σκοπό την αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο. [16]

Με την Οδηγία 2001/77/ΕΚ "Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας", προβλέπεται για την Ελλάδα ενδεικτικός στόχος συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, περιλαμβανομένης της υδραυλικής ενέργειας των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, σε

ποσοστό 20,1% της εγχώριας ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010. 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 Κλιματική Αλλαγή. Το Πρωτόκολλο του Κιότο προβλέπει για την Ελλάδα συγκράτηση του ποσοστού αύξησης κατά την περίοδο 2008-2012 του CO₂ και άλλων αερίων που επιτείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 25%, σε σχέση με το έτος-βάση 1990. Επιπλέον, η ψήφιση της Οδηγίας 2009/28/EK η οποία τέθηκε για την εφαρμογή της Ενεργειακής Πολιτικής για την Ευρώπη ενέκρινε δεσμευτικό στόχο συνιστάμενο σε μερίδιο 20% συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση της ΕΕ έως το 2020, με το νέο στόχο για τη χώρα μας να ανέρχεται στο 18%. [17]

Στα πλαίσια αυτά εντάσσεται και ο Νόμος 3851/4.6.2010, που έχει ως στόχο την επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Σύμφωνα με το Νόμο 381/2010 η συμμετοχή των ΑΠΕ στην Ελλάδα θα πρέπει να αυξηθεί κατά 20% στην τελική κατανάλωση ενέργειας και κατά 40% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Με τα σημερινά δεδομένα της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας, η συμμετοχή των ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα κυμαίνεται στο 12,6%, από των οποίων το 4% από αιολικά και το 6% από μεγάλα υδροηλεκτρικά. Βάσει εκτιμήσεων της ΡΑΕ, τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα και οι λοιπές ΑΠΕ πλην αιολικών (μικρά υδροηλεκτρικά, Φ/Β, γεωθερμία, βιομάζα, κλπ.) δεν αναμένεται να συνεισφέρουν πέραν του 10%. Τις μεγαλύτερες προοπτικές ανάπτυξης και συνεισφοράς στην επίτευξη των εθνικών στόχων παρουσιάζει η αιολική ενέργεια, εξαιτίας της διαθεσιμότητας της πρωτογενούς πηγής, αλλά κυρίως λόγω της τεχνολογικής ωριμότητας και του χαμηλού κόστους αξιοποίησής της συγκριτικά με άλλες μορφές ΑΠΕ. [16]

Διαπιστώνεται πως το αιολικό δυναμικό στα νησιά του Αιγαίου είναι αρκετά υψηλό. Ωστόσο τα νησιά του Αιγαίου δεν μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στην αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο, καθ' ότι δε διασυνδέονται με το ηπειρωτικό σύστημα, ενώ η τοπική ζήτηση ενέργειας είναι σχετικά μικρή. Επιπλέον, η διείσδυση της αιολικής ενέργειας στα νησιά περιορίζεται περαιτέρω εξαιτίας των τεχνικών περιορισμών των συμβατικών μονάδων (περιορισμός τεχνικού ελάχιστου και δυναμικός περιορισμός), που είναι σε λειτουργία στα νησιά. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την περιορισμένη συμβολή των νησιών του Αιγαίου στην αύξηση της αιολικής διείσδυσης στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, παρά το υψηλό αιολικό δυναμικό τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1. Ανάγκη για αποθήκευση ενέργειας

Σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο, είτε αυτό είναι ισχυρό διασυνδεδεμένο δίκτυο (όπως αυτό της ηπειρωτικής χώρας) είτε είναι αυτόνομο (μεγάλης ή μικρότερης ισχύος, όπως τα νησιά, ανάλογα με το μέγεθός τους), σε κάθε χρονική στιγμή πρέπει να ικανοποιείται το ισοζύγιο της ισχύος, δηλαδή η ισχύς που απορροφάται από τους καταναλωτές (φορτίο), πρέπει να είναι ίση, με μικρές αποκλίσεις, με αυτή που παράγουν οι σταθμοί παραγωγής (θερμικοί, υδροηλεκτρικοί, ΑΠΕ, κλπ).

Η χρονική διακύμανση του φορτίου εντός της ημέρας είναι σχετικά προβλέψιμη επιτρέποντας στο Διαχειριστή να προσαρμόζει κατάλληλα την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τους κατανεμόμενους σταθμούς για την κάλυψη του φορτίου. Για τεχνικούς λόγους και σε περιόδους χαμηλού φορτίου (π.χ. πρώτες πρωινές ώρες), οι μεγάλοι θερμικοί σταθμοί δεν μπορούν να μειώσουν την παραγωγή τους κάτω από ένα τεχνικό ελάχιστο όριο, οπότε τις χρονικές αυτές περιόδους φαίνεται να “περισσεύει” ισχύς στο δίκτυο.

Η αύξηση της συμμετοχής της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται κυρίως από τους αιολικούς σταθμούς και τα φωτοβολταϊκά συστήματα προκαλεί νέα τεχνικά προβλήματα στην διαχείριση ενός ηλεκτρικού δικτύου, τα οποία οφείλονται στην έντονη χρονική διακύμανση που παρουσιάζει η παραγωγή των αιολικών πάρκων και στην αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης της παραγωγής τους.

Επομένως, στην ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας που υπήρχε παραδοσιακά λόγω των τεχνικών ελαχίστων των μεγάλων θερμικών σταθμών παραγωγής και την κάλυψη των αιχμών ενός δικτύου προστίθεται μία νέα, που προέρχεται από την αύξηση της συμμετοχής των αιολικών πάρκων και των φωτοβολταϊκών σταθμών στο σύστημα παραγωγής.

Η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας που προέρχεται από την παραγωγή αιολικών πάρκων γίνεται απαραίτητη, ακόμη και σε ισχυρά διασυνδεδεμένα δίκτυα, όταν η συμμετοχή της αιολικής ενέργειας αρχίζει να πλησιάζει κάποια όρια πέρα από τα οποία η διείσδυση της αιολικής ενέργειας προκαλεί αστάθεια στο ηλεκτρικό δίκτυο. Ήδη κάποιες χώρες έχουν φθάσει στο όριο αυτό, οπότε η περαιτέρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας μπορεί να γίνει μόνο μέσω της ταυτόχρονης δυνατότητας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα.

Η χρησιμοποίηση της αποθήκευσης ενέργειας θεωρείται ως ο πιο αποτελεσματικός τρόπος ώστε να αναιρεθούν οι παραπάνω αρνητικές επιπτώσεις και να επιτευχθεί υψηλή αιολική διείσδυση στα ηλεκτρικά συστήματα ισχύος, κυρίως στην περίπτωση των αυτόνομων νησιωτικών δικτύων. Η αποθήκευση της ενέργειας γίνεται αναγκαία τις ώρες που υπάρχει αυτή διαθέσιμη, έτσι ώστε να γίνει δυνατή και η πρόσδοσή της στο ηλεκτρικό δίκτυο κατά τις περιόδους αιχμής. [18]

2.2. Μέθοδοι αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια στις περισσότερες περιπτώσεις δεν μπορεί να αποθηκευθεί ως έχει με συνέπεια να μετατρέπεται σε κάποια άλλη μορφής ενέργεια η οποία είναι ευκολότερο να αποθηκευτεί και να μετατραπεί πάλι πίσω σε ηλεκτρική ενέργεια με τις αντίστοιχες

απώλειες μετατροπής. Για να είναι πλήρως οικονομικά βιώσιμη η εγκατάσταση αποθήκευσης ενέργειας θα πρέπει η ωφέλεια από την αποθήκευση να είναι τέτοια ώστε να αποπληρώνεται σε λογικό χρονικό διάστημα η επένδυση για την προμήθεια και συντήρηση της αποθηκευτικής διάταξης. Τα διάφορα μέσα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζουν τη λειτουργία τους σε μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική, μαγνητική ή δυναμική ενέργεια και στη συνέχεια την εκ νέου μετατροπή της ενέργειας αυτής σε ηλεκτρική. [19]

2.2.1. Ηλεκτρικοί συσσωρευτές

Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι συσκευές οι οποίες αποθηκεύουν χημική ενέργεια και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική μέσω μιας ηλεκτροχημικής αντίδρασης – οξείδωσης. Συνήθως χρησιμοποιούνται μπαταρίες μολύβδου λόγω του μικρού κόστους σε σχέση με τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου. Χαρακτηρίζονται από μεγάλη συγκέντρωση ενέργειας, υψηλή απόδοση ισχύος, υψηλό ρυθμό αποθήκευσης, μεγάλη διάρκεια ζωής και ικανοποιητικό κύκλο λειτουργίας. [20]

Οι μεγάλοι σταθμοί αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες αποτελούνται από εκατοντάδες έως χιλιάδες μπαταρίες συνδεδεμένες στο δίκτυο μέσω ηλεκτρονικών διατάξεων. Τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι η βραχυχρόνια αποθήκευση και υψηλό κόστος λόγω του μεγάλου αριθμού μπαταριών που απαιτείται προκειμένου να διατηρηθεί η τιμή της μεταδιδόμενης ισχύος μεταξύ αυτών και ηλεκτρονικών διατάξεων. [10]

2.2.2. Κυψέλες καυσίμου

Μία αναπτυσσόμενη τεχνολογία στον τομέα της ενέργειας είναι η χρήση του υδρογόνου σε κυψέλες καυσίμου (fuel cell) είτε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είτε για μεταφορές. Το υδρογόνο έχει πάρα πολύ μεγάλη θερμογόνο δύναμη ενώ σημαντική έρευνα έχει πραγματοποιηθεί για την ασφαλή αποθήκευσή του σε μεταλλικά δοχεία ή ράβδους διαφόρων σχημάτων με χρήση νερού ή αέρα για την ψύξη του και υπάρχουν ήδη διαθέσιμα σχετικά εμπορικά προϊόντα. Η παραγωγή του υδρογόνου γίνεται με διάφορες φυσικοχημικές μεθόδους από τους υδρογονάνθρακες, αλλά μπορεί να παραχθεί και με την βοήθεια ηλεκτρικής ενέργειας με τη μέθοδο της ηλεκτρόλυσης νερού. Αν υπάρχει περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας π.χ αυξημένη παραγωγή από ΑΠΕ τότε μπορεί να αξιοποιηθεί στην παραγωγή του υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης και η παραγόμενη ποσότητα να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια και ως καύσιμο στον τομέα των μεταφορών. [20]

Ένα από τα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι η μεγάλη απόδοση σε φορτία (περίπου 40%), η οποία εξαρτάται από το καύσιμο. Αν γίνεται εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμότητας (συμπαραγωγή), τότε η απόδοση μπορεί να φτάσει το 85%. [10]

2.2.3. Σύστημα συμπίεσης αέρα (CAES)

Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι ότι αέρας μπορεί να συμπιεστεί στα 800 ως 1600psi σε ειδικές γεωλογικές δομές και να αποσυμπιεστεί ώστε, κινώντας αεριοστρόβιλο, να παράγει ηλεκτρισμό. Συμπίεση του αέρα μπορεί να γίνει π.χ. κατά τη διάρκεια κοιλάδων φορτίου και αποσυμπίεση κατά τη διάρκεια των αιχμών του φορτίου. Για τη λειτουργία αυτών απαιτείται καθαρό καύσιμο, φυσικό αέριο ή αποσταγμένο προϊόν πετρελαίου. Έχουν μικρότερη πυκνότητα ενέργειας σε σχέση με τις μπαταρίες, αλλά μικρότερο χρόνο

απόκρισης. Λόγω της ειδικής γεωλογικής δομής που απαιτεί υπόστρωμα ορυκτού άλατος, μόνο δύο τέτοιες εγκαταστάσεις υπάρχουν παγκοσμίως, η μία στις ΗΠΑ και η άλλη στη Γερμανία στο Huntorf. [20]

2.2.4. Στρεφόμενες μάζες-Σφόνδυλοι

Σφόνδυλος είναι ένα ηλεκτομαγνητικό σύστημα αποθήκευσης. Αποτελείται από ένα κινητήρα/γεννήτρια που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική και αντιστρόφως. Η ενέργεια αποθηκεύεται σε μορφή κινητικής ενέργειας μιας περιστρεφόμενης μάζας. Οι σφόνδυλοι μπορεί να περιλαμβάνουν μεταλλικούς ρότορες και ρότορες κατασκευασμένους με σύνθετα υλικά, όπως resin/γυαλί και resin/ίνες άνθρακα. Στους μεταλλικούς ρότορες η ενέργεια αποθήκευσης εξαρτάται από τη μάζα αυτών, ενώ στους σύνθετους ρότορες από την ταχύτητά τους. Η αποθήκευση ενέργειας με αυτά τα συστήματα, για παραγωγή μικρών ποσών ενέργειας, χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αιχμών και την εξομάλυνση των διαταραχών στο δίκτυο. Έτσι, συνδεδεμένα με μικρά αυτόνομα συστήματα με Α/Γ, μπορεί να αποτελέσει αποτελεσματική λύση για βραχυχρόνια αποθήκευση ενέργειας, για απορρόφηση των διαταραχών, που προκαλούν οι αυξομειώσεις του φορτίου και επίσης σαν πηγή αέργου ισχύος. [11]

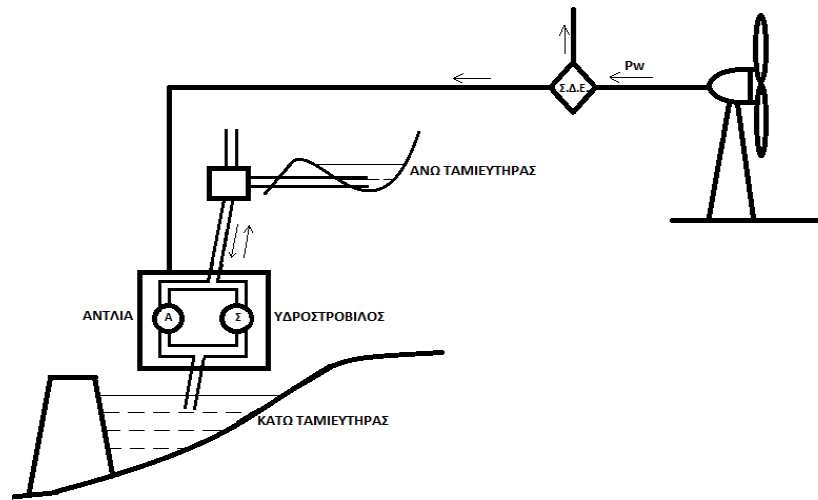
2.2.5. Αντλησιοταμίευση – Αναστρέψιμα ΥΗΕ

Η εφαρμογή αυτή εμφανίζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χώρα μας στο άμεσο μέλλον, κύρια στα νησιά του Αιγαίου. Στην περίπτωση αυτή η περίσσεια αιολικής ενέργειας, τις ώρες μικρής ενεργειακής ζήτησης, χρησιμοποιείται για την άντληση νερού προς την πάνω λίμνη μιας υδροηλεκτρικής εγκατάστασης. Στην περίπτωση τώρα χαμηλής αιολικής παραγωγής ή άπνοιας λειτουργεί ο υδροηλεκτρικός σταθμός με την προσαγωγή του αποθηκευμένου ύδατος στον υδροστρόβιλο και την παραγωγή του επιθυμητού ποσού ενέργειας. Για τη λειτουργία του υδροηλεκτρικού έργου μπορεί να χρησιμοποιηθεί γλυκό (π.χ. βρόχινο) νερό αλλά και νερό θάλασσας (προεπεξεργασμένο), πράγμα που ευνοεί αντίστοιχες εγκαταστάσεις σε νησιά. [1]

Ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης αποτελείται από τα εξής μέρη: μία ανώτερη δεξαμενή (First Reservoir), αγωγοί νερού (Penstock), αντλία, υδροστρόβιλος, ή σε συνδυασμό με τον στρόβιλο αντιστρέψιμης φοράς Reversible Turbines και μία κατώτερη, δευτερή δεξαμενή (Second Reservoir) η οποία μπορεί να είναι ακόμη και η θάλασσα.[19]

Η γενική ιδέα της αντλησιοταμίευσης είναι η εξής: σε μία δεξαμενή βρίσκεται αποθηκευμένη μία ποσότητα νερού. Όταν ζητηθεί ισχύς το νερό μπορεί να πέσει σε μία χαμηλότερα τοποθετημένη (δευτερή) δεξαμενή με τη βοήθεια υδροστρόβιλου, ενώ όταν δεν υπάρχει πια ζήτηση ισχύος μπορεί με αντλίες να οδηγηθεί ξανά πίσω στην πρώτη (ψηλότερη) δεξαμενή. Έτσι, το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (θερμοηλεκτρικές μονάδες και Αιολικά Πάρκα για την περίπτωση της Κρήτης) τροφοδοτεί τις αντλίες τις ώρες χαμηλής ζήτησης, διατηρώντας ένα καλό βαθμό απόδοσης στις θερμικές Μονάδες και απορροφώντας την περίσσεια ενέργεια των Αιολικών Συστημάτων όποτε αυτή εμφανίζεται. [19]

Το λειτουργικό διάγραμμα των συστημάτων αντλησιοταμίευσης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Διάγραμμα 2.1. Λειτουργικό διάγραμμα συστήματος αντλιοσταμείωσης

Ο συντελεστής απόδοσης του αποθηκευτικού αυτού συστήματος είναι περίπου 70%, εφόσον οι αιολικές και οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις βρίσκονται στην ίδια περιοχή, ώστε να περιορίζονται οι απώλειες μεταφοράς της ενέργειας. Τα συνδυασμένα αιολικά υδροηλεκτρικά έργα εμφανίζουν τέλεια ρύθμιση, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν γενικότερα ως αποθήκες ενέργειας συνεργαζόμενα και με άλλες συμβατικές ή ανανεώσιμες μονάδες παραγωγής ενέργειας. Βέβαια, οι δαπάνες επένδυσης είναι αρκετά υψηλές με αποτέλεσμα να απαιτείται η οικονομοτεχνική ανάλυση για την αναζήτηση της βέλτιστης λύσης. [1]

Η χρήση των αιολικών πάρκων σε συνδυασμό με αναστρέψιμα ΥΗΕ για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε νησιά ή άλλα απομονωμένα δίκτυα αποτελεί την καλύτερη λύση όσον αφορά την αποθήκευση της αιολικής ενέργειας και την διείσδυση των ΑΠΕ στο ΣΗΕ.

Για τα μικρά νησιά, με μικρή εγκατεστημένη ισχύ, η μέθοδος αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας με αντλιοσταμείωση είναι η πιο υποσχόμενη μέθοδος αξιοποίησης της διαθέσιμης αιολικής ισχύος με μεγάλο βαθμό διείσδυσης στο ΣΗΕ. Στα μεγαλύτερα νησιά, όπως η Κρήτη, η εισαγωγή τέτοιου υβριδικού συστήματος στο υφιστάμενο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνει και τον περιορισμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις θερμοηλεκτρικές μονάδες, καθιστώντας την επένδυση περισσότερο αποδοτική. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα των αντλιοσταμειωτικών συστημάτων είναι η δυνατότητα της χρήσης του αποθηκευμένου νερού για κατανάλωση, άρδευση, πυροπροστασία, κ.α. Η λειτουργία τέτοιων συστημάτων συμβάλει στην αντιμετώπιση αναμενόμενων αλλαγών, είτε μέσω της ευστάθειας του δικτύου, είτε ενσωματώνοντας έργα αφαλάτωσης για παραγωγή πόσιμου νερού.[10]

2.2.6. Σύγκριση Μεθόδων Αποθήκευσης

Η διαδικασία αποθήκευσης της ενέργειας και στην συνέχεια της επαναπόδοσής της στο δίκτυο συνοδεύεται από σημαντικές απώλειες, με αποτέλεσμα η ενέργεια που αποδίδεται να

είναι μικρότερη από την ενέργεια που αποθηκεύεται. Οι απώλειες εξαρτώνται από την μέθοδο αποθήκευσης.

Πίνακας. 2.1. Σύγκριση Μεθόδων Αποθήκευσης [18]

Τεχνολογία	Βαθμός Απόδοσης [%]	Μέγεθος [MWh]
Υδραντλητικός Σταθμός	70-85	0-20.000
Πεπιεσμένος Αέρας	70	250-2.200
Σφόνδυλος (Flywheel)	90+	0,1-2,5
Ηλεκτρικός Συσσωρευτής	80-90	17-40

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι από όλες τις μεθόδους αποθήκευσης ενέργειας, μόνο η αποθήκευσή της υπό μορφή υδραυλικής ενέργειας και υπό μορφή πεπιεσμένου αέρα καλύπτουν την περιοχή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, συνεπώς είναι εφαρμόσιμες στην περίπτωση ηλεκτρικού δικτύου. [18]

2.3. Εφαρμογές των Αναστρέψιμων ΥΗΕ

2.3.1. Αναστρέψιμα ΥΗΕ σε Ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο

Για πρώτη φορά η εγκατάσταση των αναστρέψιμων ΥΗΕ έγινε από τις μεταποιητικές βιομηχανίες στην Ιταλία και την Ελβετία στη δεκαετία του 1890 με σκοπό να δώσουν τη δυνατότητα αποθήκευσης της περίσσειας της νυχτερινής παραγωγής από τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς τρέχοντος ύδατος, ώστε να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των απαιτήσεων αιχμής της επόμενης μέρας. Ιαπωνία, ΗΠΑ, Ιταλία, Γερμανία, Γαλλία και Ισπανία είναι οι προηγμένες χώρες όσον αφορά την εγκατεστημένη ισχύ των αναστρέψιμων ΥΗΕ. Ωστόσο, η πρώτη μεγάλης κλίμακας εφαρμογή της αντλησιοταμίευσης αναφέρεται το 1929 στη Γερμανία. Για τις χώρες με τοπογραφικές και γεωλογικές συνθήκες κατάλληλες για αντλησιοταμιευτικά έργα, ένα μέτρο για τον βαθμό χρησιμοποίησης της αποθηκευτικής δυνατότητας του συστήματος είναι το ποσοστό της συνολικής ηλεκτρικής ισχύος που παρέχεται από τα αντλιοστάσια.

Η Αυστρία αναφέρεται ως χώρα με το υψηλότερο ποσοστό διείσδυσης των αναστρέψιμων ΥΗΕ στο ΣΗΕ της. Η αντλησιοταμίευση παρέχει το 17% της συνολικής παραγωγής ισχύος της χώρας. Η Αυστρία ακολουθείται από την Ελβετία, την Ισπανία, την Ιταλία και την Ιαπωνία, όλες με παροχή 10% της συνολικής ισχύος από τα αναστρέψιμα ΥΗΕ. Οι ΗΠΑ μένουν αρκετά πίσω με μόλις 2,5% της παραγωγής ισχύος που παρέχεται από αντλησιοταμίευση.

Η Ιαπωνία είναι πολύ πιο μπροστά από όλες τις άλλες χώρες στην πρόοδο των συστημάτων της αντλησιοταμίευσης και στην χρήση τους. Ορισμένα αντλησιοταμιευτικά έργα στην Ιαπωνία λειτουργούν σχεδόν 24 ώρες κάθε μέρα. Η χρήση μονάδων μεταβαλλόμενης ταχύτητας παρέχει στη λειτουργία της άντλησης την ικανότητα του μεταβλητού φορτίου, δηλαδή παράγουν σε συγχρονισμό με τη συχνότητα του δικτύου, αλλά λειτουργούν ασύγχρονα (ανεξάρτητα από τη συχνότητα δικτύου). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ευελιξία και η πιο αποτελεσματική χρήση του συστήματος.[21]

Οι πέντε μεγαλύτεροι σε ισχύ υδραντλητικοί σταθμοί στον κόσμο παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.2 Οι πέντε μεγαλύτεροι υδραντλητικοί σταθμοί στον κόσμο [22]

Χώρα	Σταθμός Παραγωγής	Τοποθεσία	Ισχύς (MW)	Ημερομηνία έναρξης στο δίκτυο
ΗΠΑ	Bath County Pumped Storage Station	Bath County, Virginia	3.003	1985
Ιαπωνία	Kannagawa Hydropower Plant	Nagano Prefecture, Gunma Prefecture	2.820	2005
Κίνα	Guangdong Pumped Storage Power Station	Guangdong	2.400	1994
Κίνα	Huizhou Pumped Storage Power Station	Huizhou, Guangdong	2.400	2007
Ουκρανία	Dniester Pumped Storage Power Station	Sokyriany	2.268	2009-2017

2.3.2. Αναστρέψιμα ΥΗΕ στην Ελλάδα

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η συνεχώς αυξανόμενη εγκατάσταση των αιολικών πάρκων στην χώρα μας, προβλέπεται σύντομα να δημιουργήσει πρόβλημα διεισδυσης της αιολικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως, προκειμένου να αυξηθεί η συμβολή των ΑΠΕ στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας, αλλά συγχρόνως να διατηρηθεί η ομαλή και η αξιόπιστη λειτουργία του, κρίνεται απαραίτητο να δημιουργηθούν περισσότερα υδροηλεκτρικά έργα αναστρέψιμης λειτουργίας. Σε αντίθετη περίπτωση η Ελλάδα θα αναγκαστεί να ανακόψει την πορεία της προς την ενεργειακή ανάπτυξη που έχει επιλέξει σε Ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο.

Μέχρι σήμερα στην Ελλάδα έχουν κατασκευαστεί αναστρέψιμα ΥΗΕ, τα οποία αποθηκεύουν περίσσεια ενέργειας από τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Το ένα από αυτά τα έργα είναι ο ΥΗΣ της Σφηκιάς, που βρίσκεται κατάντη του ΥΗΣ Πολυφύτου, 25 Km από τη Βέροια. Ο σταθμός τέθηκε σε λειτουργία το 1985 και έχει ισχύ 315 MW. Για τη ρύθμιση του συστήματος ο σταθμός ανεβάζει τα νερά του ταμιευτήρα Ασωμάτων στον ταμιευτήρα Σφηκιάς. Ένας άλλος αναστρέψιμος υδροηλεκτρικός σταθμός, ο ΥΗΣ Θησαυρού, βρίσκεται στον ποταμό Νέστο, κοντά στο Παρανέστι, 60 Km από τη

Δράμα. Η έναρξη της λειτουργίας του έγινε το 1997, με ισχύ 384 MW. Ο σταθμός ανεβάζει το νερό του ταμιευτήρα Πλατανόβρυσης στον ταμιευτήρα Θησαυρού. [23]

2.3.3. Περίπτωση της Ικαρίας

Εκτός των δύο Υβριδικών σταθμών που αναφέρθηκαν, τα τελευταία χρόνια υλοποιείται ένα ακόμα πιλοτικό πρόγραμμα σε ένα μικρό νησί του Αιγαίου, την Ικαρία. Η επιτύχη ολοκλήρωση του έργου αυτού αναμένεται όχι μόνο να εξασφαλίσει την επάρκεια και την αυτονομία του νησιού σε χαμηλό κόστος, αλλά και να συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην ανάπτυξη της ενεργειακής αγοράς της Ευρώπης. Ήδη η κυβέρνηση της Δανίας έχει δηλώσει επισήμως ότι από την επιτυχία του έργου της Ικαρίας θα εξαρτηθεί η αλλαγή πλεύσης της δανικής πολιτικής στα υβριδικά ενεργειακά έργα. Οι Δανοί ήδη εξετάζουν τη δυνατότητα κατασκευής μικρού τεχνητού νησιού έξω από την Κοπεγχάγη για την εγκατάσταση υβριδικού σταθμού. Με ανάλογο ενδιαφέρον αντιμετωπίζουν το έργο κι άλλες ευρωπαϊκές κυβερνήσεις.

Το πρωτόπορο έργο υλοποιείται από τη ΔΕΗ Ανανεώσιμες και έχει ευρύτερο οικονομικό ενδιαφέρον για την ελληνική κυβέρνηση. Όπως έχει δηλώσει ο υπουργός Περιβάλλοντος Γ. Παπακωνσταντίνου, η διαδικασία των αποκρατικοποιήσεων θα ξεκινήσει από τις θυγατρικές της ΔΕΗ και η επιτυχία του έργου στην Ικαρία θα «προικίσει» ουσιαστικά την ΔΕΗΑΝ, ανεβάζοντας τόσο το επενδυτικό ενδιαφέρον, όσο και την αξία του χαρτοφυλακίου της εταιρείας. [7]

Το νήσι της Ικαρίας επιλέχθηκε για το έργο αυτό εφόσον συνδυάζει ικανοποιητικό υδάτινο και αιολικό δυναμικό που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία του. Το Υβριδικό Ενεργειακό Έργο Ικαρίας θα απαρτίζεται από δύο Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς (ΜΥΗΣ), δυο Δεξαμενές χωρητικότητας 80.000 m³ έκαστη, ένα Αιολικό Πάρκο και ένα Αντλιοστάσιο.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα του Αντλιοστασίου του συγκεκριμένου Έργου είναι ότι για τη λειτουργία του θα αξιοποιεί την ενέργεια που θα παράγουν οι ανεμογεννήτριες του νέου Αιολικού Πάρκου στη Στραβοκουντούρα (συνολικής ισχύος 2,7 MW). Η αιολική ενέργεια του ΑΠ του Υβριδικού με τον τρόπο αυτό δεν απορροφάται από το Έργο, αλλά "αποθηκευόμενη" στο νερό που μεταφέρεται από την Κάτω στην Άνω Δεξαμενή, τελικά θα αποδοθεί στο Δίκτυο του νησιού, μέσω του ΜΥΗΕ Κάτω Προεσπέρας, αυτή τη φορά ως ενέργεια υδροηλεκτρική. Ο λόγος για τον οποίον επιλέχθηκε η μετατροπή με αυτόν τον τρόπο από τη μια μορφή ενέργειας σε μια άλλη έχει να κάνει με την αξιοποίηση του Αιολικού δυναμικού με τέτοιον τρόπο που να εξασφαλίζει την παροχή ισχύος, άρα ενέργειας, στο Σύστημα όταν και όποτε απαιτηθεί. Με αυτόν τον τρόπο λειτουργίας, το Υβριδικό Έργο θα παράγει συνολική καθαρή ενέργεια της τάξεως των 9,8 GWh/έτος, καλύπτοντας μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών της νήσου Ικαρίας για όλο το έτος, κυρίως στους χειμερινούς μήνες. Εκτός από τους δύο ΜΥΗΣ και το Α/Π, θα κατασκευαστεί νέος Υ/Σ στο Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου στον Άγιο Κήρυκο, στο άλλο άκρο του νησιού, στον οποίο θα συνδέεται το Υβριδικό με νέα ανεξάρτητη διπλή γραμμή μεταφοράς 20 KW και παράλληλο δίκτυο οπτικών ινών. Ο έλεγχος και η βελτιστοποίηση λειτουργίας της παραπάνω διαδικασίας είναι αυτοματοποιημένα, μέσα από το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου Αγίου Κηρύκου.

Τα **οφέλη** για την τοπική κοινωνία από την κατασκευή και λειτουργία του Έργου θα είναι πολλαπλά:

- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας
- Μείωση των ρύπων από τον περιορισμό της λειτουργίας του τοπικού θερμικού Σταθμού
- Δημιουργία νέου δικτύου οπτικών ινών για την εποπτεία και τη ρύθμιση από όλες τις πηγές, της παραγωγής ενέργειας του νησιού
- Ενίσχυση της τοπικής οικονομίας
- Ενεργειακή επάρκεια του νησιού καθ' όλο το χρόνο
- Βελτίωση των τοπικών υποδομών (οδικό δίκτυο και δίκτυο ηλεκτροδότησης)
- Προβολή της νήσου διεθνώς, καθώς η Ικαρία θα καταστεί πόλος έλξης επιστημονικού τουρισμού.

Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτούμενες προς εκτέλεση εργασίες στα υπόλοιπα μέτωπα του Έργου (κατασκευή κτιρίων Σταθμών, ανέγερση Ανεμογεννητριών, τοποθέτηση αγωγών κ.ά.), εκτιμάται ότι θα καταστεί δυνατή η ολοκλήρωση του Έργου και η έναρξη των αναγκαίων δοκιμών του Η/Μ εξοπλισμού περί τις αρχές του 2013.

Το Υβριδικό Ενεργειακό Έργο Ικαρίας κρίνεται ότι θα αποτελέσει οδηγό για παρόμοια έργα, μεγαλύτερης κλίμακας και σε άλλα νησιά της χώρας, όπως την Κρήτη, τη Ρόδο και τη Λέσβο, και γιατί όχι, και σε νησιωτικά συμπλέγματα άλλων χωρών, δικαιώνοντας όλους εκείνους που παρά τις δυσκολίες το στήριξαν μέχρι τέλους, πιστεύοντας στις δυνατότητες της χώρας να υλοποιεί καινοτόμα προγράμματα. [8]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 [3] **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ**

3.1. Τεχνολογίες αντλιών

Οι αντλίες είναι μηχανικές διατάξεις με τις οποίες προσδίδεται ενέργεια σε ένα υγρό προκειμένου να επιτευχθεί η δικίνησή του από μια στάθμη σε μια υψηλότερη πίεση.

Η ταξινόμηση των αντλιών και η κατάταξη τους σε κατηγορίες μπορεί να γίνει με διάφορα κριτήρια όπως: την αρχή λειτουργίας τους, τον αριθμό των βαθμίδων τους, τις κατασκευαστικές τους λεπτομέρειες κλπ. Η βασικότερη και πλέον γνωστή είναι η κατάταξη των αντλιών με βάση την αρχή λειτουργίας τους, δηλαδή το μηχανισμό με τον οποίο προσδίδεται ενέργεια στο υγρό. Με βάση το κριτήριο αυτό μπορούμε να κατατάξουμε τις αντλίες σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

- Δυναμικές (ή κινητικού τύπου)
- Θετικής μετατόπισης (ή στατικού τύπου)

Στις **δυναμικές αντλίες** προσδίδεται στο υγρό κινητική ενέργεια με φυγοκεντρικές δυνάμεις, ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις, μεταφορά ορμής ή μηχανική ώθηση. Οι κύριες κατηγορίες δυναμικών αντλιών είναι:

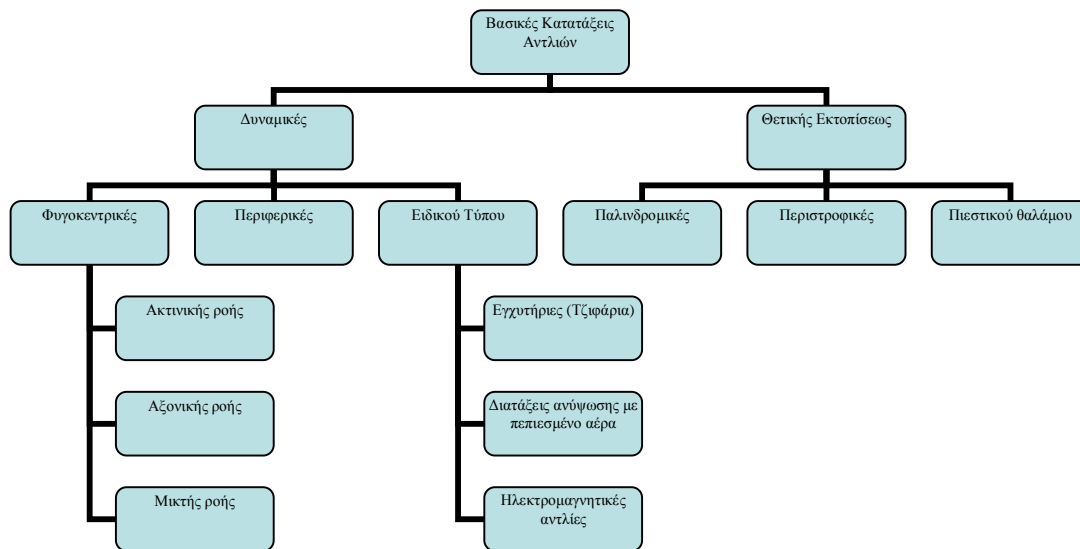
- Φυγοκεντρικές
 - Ακτινικής ροής
 - Αξονικής ροής
 - Μικτής ροής
- Περιφερικές ή στροβιλαντλίες ή αναγεννητικές αντλίες
- Δυναμικές αντλίες ειδικού τύπου
 - Εγχυτήριες (τζιφάρια)
 - Διατάξεις ανύψωσης με πεπιεσμένο αέρα
 - Ηλεκτομαγνητικές αντλίες

Στις **αντλίες θετικής μετατόπισης** το υγρό εκτοπίζεται από ένα χώρο και προωθείται προς έναν άλλο είτε με ένα μηχανικό μέσο (ένα έμβολο, ένα παλλομένο διάφραγμα, ή ένα περιστρεφόμενο μηχανισμό) είτε με ένα άλλο ρευστό όπως π.χ. αέρα. Οι κύριες κατηγορίες αντλιών θετικής εκτόπισης είναι:

- Παλινδρομικές
- Περιστροφικές
- Πιεστικού θαλάμου

Η ανωτέρω βασική κατάταξη των αντλιών δίνεται στο αντλίες διάγραμμα 3.1.

Σε ότι αφορά τη χρήση των αντλιών και το διακινούμενο υγρό, οι κατατάσσονται σε αντλίες νερού, αντλίες μιγμάτων, αντλίες λυμάτων, αντλίες ιλύος, αντλίες λιπαντικών, αντλίες ποτών και τροφίμων, αντλίες χημικών ουσιών κλπ. Η επιλογή της κατάλληλης για κάθε χρήση αντλίας έχει σχέση τόσο με το είδος, όσο και με το μηχανισμό λειτουργίας της (ώστε να είναι κατάλληλη για την εφαρμογή για την οποία προορίζεται και να μην επιφέρει βλάβες στο διακινούμενο υγρό), όσο και με το υλικό συσκευής της.



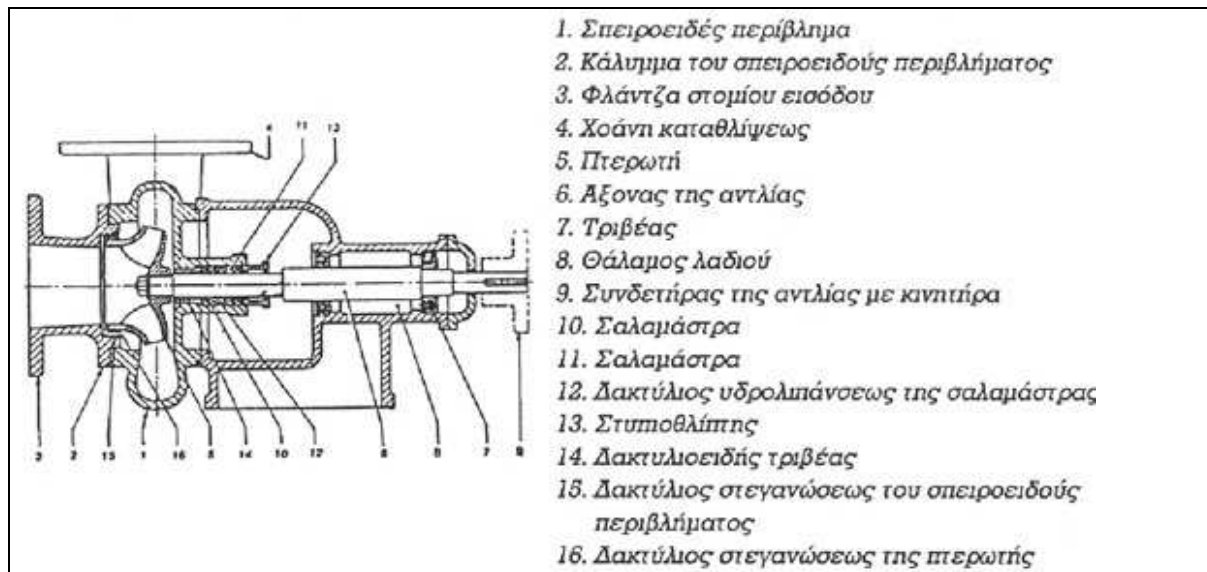
Διάγραμμα 3.1. Βασική κατάταξη αντλιών [3]

3.2. Δυναμικές Αντλίες

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στις δυναμικές αντλίες κατατάσσονται οι φυγοκεντρικές αντλίες, ή περιφερικές ή στροβιλαντλίες ή αναγεννητικές αντλίες και οι αντλίες ειδικού τύπου. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στα είδη αυτών των αντλιών.

3.2.1. Φυγοκεντρικές Αντλίες

Στη χημική βιομηχανία με φυγοκεντρικές αντλίες ακτινικής ροής διακινείται ο μεγαλύτερος όγκος υγρών από ότι με όλους τους άλλους τύπους αντλιών μαζί. Εκτιμάται ότι το 90% των εγκατεστημένων αντλιών στη χημική βιομηχανία είναι φυγοκεντρικές αντλίες ακτινικής ροής. Τις φυγοκεντρικές αντλίες ακτινικής ροής ονομάζουμε συνήθως απλώς φυγοκεντρικές αντλίες δεδομένου ότι τα άλλα δύο είδη φυγοκεντρικών αντλιών, οι αντλίες αξονικής ροής και οι αντλίες μικτής ροής, χρησιμοποιούνται σπανιότερα. Τα κύρια μέρη της αντλίας αυτής είναι το κέλυφος, που είναι σταθερό, και η πτερωτή, που περιστρέφεται μέσα στο κέλυφος. Στο κέλυφος υπάρχει η είσοδος (αναρρόφηση) και η έξοδος (κατάθλιψη) του υγρού. Η είσοδος βρίσκεται στο κέντρο του κελύφους και η έξοδος στην περιφέρεια του κελύφους. Ο τρόπος λειτουργίας των φυγοκεντρικών αντλιών ακτινικής ροής είναι ο εξής: Καθώς η πτερωτή περιστρέφεται από τον κινητήρα, το υγρό μετακινείται από τη φυγόκεντρη δύναμη από το κέντρο προς την περιφέρεια και εκτινάσσεται στο σπειροειδές περίβλημα για να οδηγηθεί στη συνέχεια στο σωλήνα κατάθλιψης. Επειδή το υγρό μετακινείται από το κέντρο της πτερωτής προς την περιφέρεια, η πίεση στο κέντρο ελαττώνεται. Νέα ποσότητα υγρού κινείται μέσα από το σωλήνα αναρρόφησης προς το σημείο χαμηλής πίεσης, δηλαδή το κέντρο της πτερωτής. Έτσι δημιουργείται μία σταθερή ροή από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη της αντλίας.



Διάγραμμα 3.2. Τμήματα φυγοκεντρικής αντλίας [27]

3.2.2. Είδη φυγοκεντρικών αντλιών ακτινικής ροής

Υπάρχει μια πολύ μεγάλη ποικιλία φυγοκεντρικών αντλιών ακτινικής ροής. Οι φυγοκεντρικές αντλίες ακτινικής ροής μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το σχεδιασμό του κελύφους, το σχεδιασμό της φτερωτής, τον αριθμό των εισόδων, των αριθμό των φτερωτών κλπ. Η γνώση των τύπων των αντλιών και των ιδιαίτερων λειτουργικών χαρακτηριστικών του κάθε τύπου είναι απαραίτητη ώστε να γίνει η σωστή επιλογή του πλέον κατάλληλου τύπου για κάθε εφαρμογή. Τα είδη φυγοκεντρικών αντλιών ακτινικής ροής, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, ταξινομούνται ως ακολούθως:

3.2.2.1. Με βάση τον εσωτερικό σχεδιασμό του κελύφους

Στόχος της διαμόρφωσης του εσωτερικού του κελύφους είναι η μετατροπή της κινητικής ενέργειας, που η φτερωτή προσδίδει στο υγρό, σε ενέργεια πίεσης με όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες. Οι απώλειες οφείλονται κυρίως στις τριβές και στη δημιουργία δινών στο υγρό που μετατρέπουν μέρος της κινητικής ενέργειας σε θερμότητα.

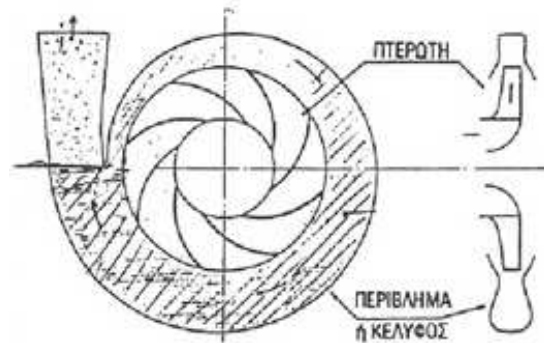
Υπάρχουν τρία είδη κελυφών φυγοκεντρικών αντλιών.

α) Απλό κυκλικό κέλυφος (Circular casing)

Είναι ο απλούστερος τύπος φυγοκεντρικής αντλίας. Το κέλυφος σχηματίζει εσωτερικώς ένα απλό δακτυλοειδή χώρο γύρω από τη φτερωτή. Δεν υπάρχουν διατάξεις παρεμπόδισης της δημιουργίας δινών ή ανάκτησης της κινητικής ενέργειας του υγρού και ως εκ τούτου ο βαθμός απόδοσης των αντλιών αυτών είναι χαμηλός. Οι αντλίες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται πολύ σπάνια.

β) Σπειροειδές κέλυφος (Volute pumps)

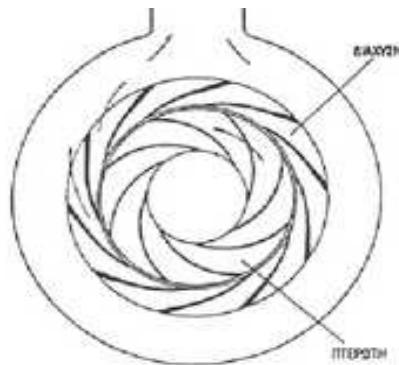
Έίναι ο περισσότερο γνωστός και περισσότερο διαδεδομένος τύπος. Το κέλυφος φέρει εσωτερικώς σπειροειδείς αυλακώσεις που διαμορφώνουν τη συνεχώς διευρυνόμενη διατομή, μέσω της οποίας το υγρό οδηγείται προς την έξοδο. Στη συνεχώς διευρυνόμενη διατομή η κινητική ενέργεια του υγρού μετατρέπεται σταδιακώς και αποδοτικώς σε πίεση.



Διάγραμμα 3.3. Σπειροειδές περίβλημα φυγοκεντρικής αντλίας [27]

γ) Κέλυφος με πτερύγια διάχυσης (Diffuser pumps)

Στον τύπο αυτό το υγρό όταν εγκαταλείπει τη φτερωτή περνάει μέσα από ένα δακτυερά πτερύγια διάχυσης, τα οπο εξασφαλίζουν σταθερή μείωση της ταχύτητας και αύξηση της πίεσης, ελαχιστοποίηση των απωλειών κρούσης και, συνεπώς, αύξηση του βαθμού απόδοσης που φτάνει το 90%. Οι αντλίες αυτές χρησιμοποιούνται συνήθως σε πολυβάθμιες αντλίες και για μεγάλες διαφορές πίεσης.



Διάγραμμα 3.4. Φυγοκεντρική αντλία με πτερύγια διάχυσης [27]

3.2.2.2. Με βάση τον τύπο φτερωτής

Η φτερωτή είναι η καρδιά της φυγοκεντρικής αντλίας. Αποτελείται από την πλήμνη (δηλαδή το κυκλικό τμήμα στο κέντρο με το οποίο η φτερωτή σφηνώνεται στον άξονα που περιστρέφεται) και από έναν αριθμό καμπυλωτών πτερυγιών μορφοποιημένων έτσι ώστε, με την περιστροφή, να δημιουργείται μία ομαλή ροή από το κέντρο προς την περιφέρεια. Οι φτερωτές που χρησιμοποιούνται στις φυγοκεντρικές αντλίες μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες ως ακολούθως:

α) Ανοιχτή φτερωτή (Open impeller)

Τα πτερύγια εκτείνονται ακτινωτά από την πλήμνη προς τα έξω. Οι ανοιχτές φτερωτές χρησιμοποιούνται για την άντληση υγρών που περιέχουν αιωρούμενα στερεά. Για τις περιπτώσεις που το αντλούμενο υγρό περιέχει μεγαλύτερα τεμάχια στερεών (π.χ. μικρά χαλίκια) η ανοιχτή φτερωτή μπορεί να κατασκευαστεί από εύκαμπτο πολυμερές υλικό, ώστε να κάμπτεται όταν περνούν τα στερεά και να μη «μαγκώνει» και σταματά.

β) Ημίκλειστη φτερωτή (Semiclosed impeller)

Στη φτερωτή αυτή η πλήμνη εκτείνεται από τη μία πλευρά των πτερυγίων (ως πλήρης δίσκος) μέχρι την άκρη των πτερυγίων. Απαιτείται μεγάλη ακρίβεια κατασκευής ώστε το διάκενο μεταξύ των πτερυγίων και της εσωτερικής επιφάνειας του κελύφους να είναι όσο γίνεται μικρότερο για να ελαττώνονται οι διαφυγές του υγρού και να αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης. Με τη λειτουργία οι φθορές του κελύφους ή/και ης φτερωτής αυξάνουν τα διάκενα αυτά με αποτέλεσμα να μειώνεται ο βαθμός απόδοσης.

γ) Κλειστή φτερωτή (Closed impeller)

Στις κλειστές φτερωτές τα πτερύγια περιβάλλονται και από τις δύο πλευρές με πλήρεις δίσκους. Οι αντλίες με κλειστή φτερωτή έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης, αναπτύσσουν υψηλή πίεση και έχουν μικρότερη τάση για σπηλαιώση. Έχουν όμως το πλεονέκτημα να συγκρατούν πάνω στα πτερύγια ανάμεσα στους δύο δίσκους στερεά ή αποθέσεις και για αυτό χρησιμοποιούνται για άντληση καθαρών υγρών.

3.2.2.3. Με βάση τον αριθμό των εισόδων

Οι φυγοκεντρικές αντλίες ακτινικής ροής είναι δυνατόν να τροφοδοτούνται από μία ή εισόδους συγχρόνως. Έτσι διακρίνουμε τις αντλίες:

α) Απλής αναρρόφησης

Οι αντλίες απλής αναρρόφησης είναι οι απλούστερες. Στις αντλίες αυτές το υγρό εισέρχεται μόνο από τη μία πλευρά της φτερωτής. Αυτό όμως προκαλεί αξονικές ωθήσεις λόγω της μονόπλευρης πίεσης στη μια πλευρά της φτερωτής, που είναι δυνατόν να επιταχύνει τη φθορά των εδράνων που υποστηρίζουν τον άξονα της φτερωτής.

β) Διπλής αναρρόφησης

Στις αντλίες αυτού του τύπου η φτερωτή τροφοδοτείται από ομοιόμορφες εισόδους και από τις δύο πλευρές της. Αυτό εξαλείφει σε μεγάλο βαθμό τις αξονικές ωθήσεις και ως εκ τούτου οι αντλίες διπλής αναρρόφησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγαλύτερες διαφορές πίεσης. Επί πλέον, λόγω του ότι το υγρο τροφοδοτείται από δύο εισόδους συγχρόνως, για την ίδια παροχή έχουν μικρότερες ταχύτητες υγρού στην είσοδο της φτερωτής σε σύγκριση με τις αντλίες απλής αναρρόφησης και κατά συνέπεια απαιτούν μικρότερο θετικό μανομετρικό ύψος αναρρόφησης.

3.2.2.4. Με βάση τον αριθμό των φτερωτών

Για να επιτευχθεί υψηλή διαφορική πίεση μεταξύ αναρρόφησης και κατάθλιψης, οι φυγοκεντρικές αντλίες μπορούν να κατασκευαστούν με περισσότερους από μια φτερωτές πάνω στον ίδιο άξονα. Οι φτερωτές είναι τοποθετημένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργούν εν σειρά, δηλαδή η κατάθλιψη της μίας είναι η αναρρόφηση της επόμενης. Με βάση τον αριθμό φτερωτών οι φυγοκεντρικές αντλίες διακρίνονται σε:

α) Μονοβάθμιες (Single stage). Είναι οι πιο κοινές αντλίες με μία φτερωτή.

β) Πολυβάθμιες (Multistage). Είναι οι αντλίες με δύο ή περισσότερες φτερωτές εν σειρά. Χρησιμοποιούνται για μεγάλες διαφορικές πιέσεις.

3.2.2.5 Με βάση τη θέση του άξονα

Με βάση τη θέση που έχει ο άξονας όταν η αντλία βρίσκεται εγκατεστημένη στην τελική θέση λειτουργίας της, οι φυγοκεντρικές αντλίες διακρίνονται σε:

α) Οριζόντιες (ο άξονας είναι οριζόντιος)

β) Κατακόρυφες

γ) Κεκλιμένες

3.2.2.6. Με βάση τον τρόπο που ανοίγει το κέλυφος

Το κέλυφος των φυγοκεντρικών αντλιών αποτελείται από δύο τμήματα, ώστε να είναι δυνατόν να ανοιχτεί για τοποθέτηση της φτερωτής ή την απομάκρυνσή της (για επιθεώρηση, καθαρισμό ή συντήρηση). Τα δύο τμήματα του κελύφους συνδέονται στεγανά μεταξύ τους. Ανάλογα με τον τρόπο που ανοίγει το κέλυφος, διακρίνουμε τις φυγοκεντρικές αντλίες σε:

α) Κατακόρυφου διαχωρισμού (Vertically split). Όταν το επίπεδο σύνδεσης των δύο τμημάτων του κελύφους είναι κάθετο προς τον άξονα της αντλίας (και κατακόρυφο για οριζόντιες αντλίες).

β) Οριζόντιου διαχωρισμού (Horizontally split). Όταν το επίπεδο σύνδεσης των δύο τμημάτων του κελύφους είναι παράλληλο προς τον άξονα της αντλίας (και οριζόντιο για οριζόντιες αντλίες).

3.2.2.7. Με βάση τον τρόπο σύνδεσης της αντλίας με τον κινητήρα

Με βάση τον τρόπο με τον οποίο η αντλία συνδέεται με τον κινητήρα που περιστρέφει την φτερωτή, οι φυγοκεντρικές αντλίες διακρίνονται σε:

α) Αντλίες σε πλαίσιο (Frame mounted)

Η αντλία και ο κινητήρας είναι εγκατεστημένα σε ευθεία γραμμή πάνω σε βάση και οι άξονές τους συνδέονται με ένα ειδικό σύνδεσμο. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει το πλεονέκτημα της δυνατότητας αποσύνδεσης και απομάκρυνσης του κινητήρα για επισκευή

χωρίς να αποσυνδεθούν οι σωληνώσεις ή να μετακινηθεί η αντλία. Απαιτείται πολύ καλή ευθυγράμμιση των αξόνων αντλίας και κινητήρα, αλλιώς κατά τη λειτουργία δημιουργούνται δονήσεις που μπορεί να καταστρέψουν την αντλία ή/και τον κινητήρα. Η μετάδοση της κίνησης από τον κινητήρα προς την αντλία μπορεί να γίνει είτε απ'ευθείας, μέσω απλού σύνδεσμου, είτε μέσω ενός κιβωτίου με γρανάζια μέσω των οποίων αλλάζει η ταχύτητα περιστροφής.

β) Με ενσωματωμένο κινητήρα (Closed coupled)

Η φτερωτή της αντλίας είναι συνδεδεμένη απ'ευθείας πάνω στον άξονα του κινητήρα. Δεν έχουν το πρόβλημα της ευθυγράμμισης που αναφέρθηκε ανωτέρω, αλλά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άντληση υγρών μεγάλης θερμοκρασίας λόγω της μεταφοράς θερμότητας με αγωγή μέσω του άξονα στον κινητήρα.

γ) Με μαγνητική μετάδοση της κίνησης (Magnetic drive pump)

Ο άξονας που περιστρέφει την φτερωτή της αντλίας πρέπει να βγαίνει έξω από το κέλυφος της αντλίας για να συνδέεται με τον κινητήρα από όπου παραλαμβάνει κίνηση. Στο σημείο που ο άξονας περνάει από το σταθερό κέλυφος υπάρχει ειδική διάταξη στεγανότητας (στυλπνότητας), ώστε το υγρό που είναι μέσα στο κέλυφος να μη διαρρέει έξω. Μικρές διαρροές στο σημείο αυτό είναι πολύ συχνές σε βιομηχανικές αντλίες. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως τέτοιες διαρροές πρέπει οπωσδήποτε να αποφευχθούν. Τέτοιες είναι περιπτώσεις άντλησης τοξικών υγρών, ή πολύ ευφλεκτών υγρών ή υγρών που αυταναφλέγονται στον ατμοσφαιρικό αέρα κλπ. Στις περιπτώσεις αυτές η σύζευξη της φτερωτής με τον κινητήρα γίνεται όχι με μηχανικό αλλά με μαγνητικό τρόπο. Δηλαδή έξω από το κέλυφος της αντλίας και χωρίς να έρχεται σε επαφή με την αντλία περιστρέφεται ένας μαγνήτης, ο οποίος παρασύρει σε περιστροφική κίνηση τη φτερωτή (που μπορεί επίσης να φέρει μαγνήτες). Στις διατάξεις αυτές το κέλυφος της αντλίας είναι τελείως κλειστό και δεν υπάρχει δυνατότητα διαρροής του αντλούμενου νερού.

δ) Με μετάδοση κίνησης με μάντα. Οι αντλίες αυτές πολύ σπάνια χρησιμοποιούνται πλέον στη χημική βιομηχανία.

3.2.2.8. Με βάση τον τρόπο εγκατάστασης

Με βάση τον τρόπο με τον οποίο είναι εγκατεστημένες κατά τη λειτουργία τους, οι φυγόκεντρες αντλίες κατατάσσονται ως ακολούθως:

α) Κοινές αντλίες. Εγκατεστημένες μόνιμα.

β) Βυθισμένες στο υγρό αντλίες. (Submersed pumps). Ολόκληρη η αντλία είναι βυθισμένη στο αντλούμενο υγρό και ο άξονας εκτείνεται εκτός του υγρού όπου υπάρχει ο κινητήρας.

γ) Εγκατεστημένες απ'ευθείας πάνω στη σωληνογραμμή (In line pumps). Οι αντλίες αυτές μαζί με τον κινητήρα τους κρατούνται από τις σωληνώσεις, χωρίς ιδιαίτερη έδραση.

δ) Μικρές φορητές αντλίες.

3.2.2.9. Με βάση το είδος του κινητήρα

Με βάση το είδος του κινητήρα που περιστρέφει την φτερωτή, οι φυγόκεντρες αντλίες διακρίνονται στα εξής είδη:

α) Ηλεκτροκινητήρες

β) Με κινητήρα εσωτερικής καύσης (βενζίνης & diesel)

γ) Με ατμοστρόβιλο (ως κινητήρια δύναμη χρησιμοποιείται υδρατμός)

δ) Με αεριοστρόβιλο (ως κινητήρια δύναμη χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας)

ε) Με υδραυλικό κινητήρα (ως κινητήρια δύναμη χρησιμοποιείται λάδι που ανακυκλοφορεί υπό πίεση)

στ) Χειροκίνητες ή ποδοκίνητες που είναι μικρές εργαστηριακού τύπου αντλίες

3.2.2.10. Με βάση τη δυνατότητα αυτόματης αναρρόφησης

Στο ξεκίνημα της φυγόκεντρικής αντλίας ακτινικής ροής, η αντλία πρέπει να είναι γεμάτη με νερό, ώστε με την περιστροφή της φτερωτής να δημιουργηθεί, λόγω των φυγόκεντρων δυνάμεων, ροή του υγρού προς την περιφέρεια, δημιουργώντας υποπίεση στο κέντρο της φτερωτής και αναρρόφηση υγρού από τον σωλήνα εισόδου ώστε να αρχίσει η άντληση. Επίσης, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας αν μπει από την αναρρόφηση αέρας (ή δημιουργηθούν ατμοί λόγω εξάτμισης του αντλούμενου υγρού) η αντλία θα «ξεπιάσει», δηλαδή θα χαθεί η συνέχεια της ροής του υγρού και θα σταματήσει η άντληση. Στις φυγόκεντρες αντλίες, η σωστή εγκατάσταση απαιτεί την τοποθέτηση στο σωλήνα αναρρόφησης βαλβίδας αντεπιστροφής (check valve). Η βαλβίδα αντεπιστροφής, που τοποθετείται στο ελεύθερο άκρο κατακόρυφου σωλήνα αναρρόφησης ονομάζεται ποδοβαλβίδα (foot valve). Οι βαλβίδες αυτές εμποδίζουν την ελεύθερη εκροή του υγρού και το άδειασμα του θαλάμου όταν η αντλία είναι σταματημένη. Με τον τρόπο αυτό η αντλία παραμένει γεμάτη με υγρό και η άντληση αρχίζει μόλις τεθεί σε λειτουργία. Με βάση τη δυνατότητα αυτόματης αναρρόφησης, δηλαδή αυτόματου ξεκινήματος της αντλίας χωρίς την ανάγκη πλήρωσης της αντλίας με την προσθήκη υγρού, οι αντλίες διακρίνονται σε αυτόματης αναρρόφησης ή αυταναρρόφησης (self priming) και μη αυτόματης αναρρόφησης (non self priming).

α) Αντλίες αυτόματης αναρρόφησης (self priming pumps)

Γενικό χαρακτηριστικό των αντλιών αυτών είναι ότι διατηρούν πάντα στο θάλαμο της αντλίας μια ποσότητα υγρού ακόμα και αν ο σωλήνας της αναρρόφησης αδειάσει τελείως. Μία μέθοδος αναρρόφησης είναι η εξής: Όταν η αντλία τεθεί σε λειτουργία, με την περιστροφή της φτερωτής δημιουργείται αφρός από το υπάρχον υγρό και τον αέρα. Ο αέρας διαχωρίζεται με διάφορες διατάξεις και οδηγείται προς τον σωλήνα κατάθλιψης της αντλίας, ενώ το υγρό ανακυκλοφορεί διαρκώς μέχρις ότου με το κενό που δημιουργείται στο κέντρο

της φτερωτής αναρροφηθεί και εκδιωχθεί όλος ο αέρας από το σωλήνα αναρρόφησης της αντλίας και ο θάλαμος της αντλίας γεμίσει με αντλούμενο υγρό, οπότε αρχίζει η κανονική άντληση. Όσο η αναρρόφηση, τόσο και η κατάθλιψη, είναι στο πάνω μέρος της αντλίας. Έτσι, όταν η αντλία σταματήσει, δεν αδειάζει τελείως και υγρό παραμένει στο χώρο της αντλίας. Η εκδίωξη του αέρα είναι ευκολότερη όταν η φτερωτή έχει οπές.

Ένας άλλος τύπος, φυγοκεντρικής αντλίας αναρρόφησης έχει ένα σύστημα που χρησιμοποιεί εγχυτήρα (αντλία με ακροφύσιο ή τζιφάρι). Ως κινητήριο υγρό στον εγχυτήρα χρησιμοποιείται το ίδιο το αντλούμενο υγρό που ανακυκλοφορεί με τη φυγοκεντρική αντλία. Με τον εγχυτήρα εκδιώκεται από το σωλήνα αναρρόφησης ο αέρας και δημιουργείται κενό, οπότε ο σωλήνας αναρρόφησης γεμίζει με το αντλούμενο υγρό και αρχίζει κανονικά η άντληση.

Αντλίες αυταναρρόφησης είναι επίσης οι αντλίες υγρού δακτυλίου και οι περιφερειακές ή αναγεννητικές αντλίες. Οι αντλίες αυταναρρόφησης για το πρώτο ξεκίνημά τους μετά την εγκατάσταση πρέπει να πληρωθούν με υγρό. Σε όλα τα μετέπειτα ξεκινήματα αρχίζουν την άντληση αυτομάτως μόλις τεθούν σε λειτουργία. Οι αυταναρροφητικές αντλίες έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης από τις αντίστοιχες κοινές φυγοκεντρικές αντλίες, λόγω των απωλειών που δημιουργούν οι διατάξεις αυταναρρόφησης.

β) Αντλίες μη αυτόματης αναρρόφησης (non self priming pumps)

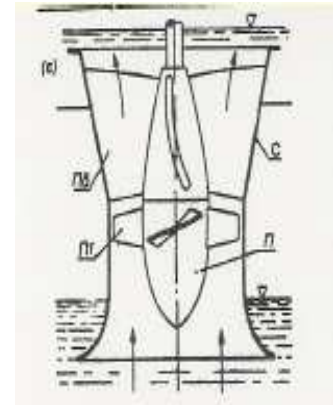
Όταν η φυγοκεντρική αντλία δεν έχει εκ κατασκευής τη δυνατότητα αυτόματης αναρρόφησης, πρέπει ο θάλαμος της αντλίας να πληρωθεί με υγρό. Αυτό μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, οι συνηθέστεροι των οποίων είναι:

- **Τοποθέτηση της αντλίας χαμηλότερα από τη στάθμη του υγρού στη δεξαμενή αναρρόφησης.** Με τον τρόπο αυτό η αντλία διατηρείται πάντα γεμάτη με το αντλούμενο νερό και δεν έχει πρμα ξεκινήματος.
- **Πλήρωση της αντλίας και του σωλήνα αναρρόφησης με το αντλούμενο υγρό από εξωτερική πηγή** (π.χ. με ένα χωνί ή σωλήνα που φέρνει υγρό προς σωλήνα αναρρόφησης από κάποιο δίκτυο)
- **Δημιουργία στην αντλία κενού** (π.χ. με μία εξωτερική αντλία κενού ώστε το υγρό να απορροφηθεί και να γεμίσει το σωλήνα αναρρόφησης και την αντλία).

3.2.3. Αντλίες αξονικής ροής (Axial flow pumps)

Στις αντλίες αυτές η φτερωτή είναι όπως η προπέλα του πλοίου ή έλικα του ανεμιστήρα και η προώθηση του υγρού γίνεται με την περιστροφή ακριβώς όπως στον ανεμιστήρα, κατά τη διεύθυνση του άξονα της φτερωτής (αξονική ροή). Τα περύγια της φτερωτής μπορεί να είναι σταθερά ή με δυνατότητα μεταβολής της κλίσης τους. Οι αντλίες με περύγια μεταβαλλόμενης κλίσης είναι δύο ειδών, αυτές στις οποίες για τη μεταβολή της κλίσης των περυνγίων πρέπει να βγει από την αντλία η φτερωτή και αυτές στις οποίες η μεταβολή της κλίσης είναι δυνατή ενώ η αντλία λειτουργεί. Λόγω της ομοιότητας της φτερωτής με έλικα, οι αντλίες αυτές ονομάζονται και ελικοφόρες (propeller pumps).

Οι αντλίες αξονικής ροής μπορεί να έχουν μεγάλη παροχή υγρού (μεγαλύτερη από $450 \text{ m}^3/\text{h}$), αλλά αναπτύσσουν μικρή σχετικά διαφορική πίεση (της τάξης των 15 m στήλης υγρού). Οι αντλίες με μεταβαλλόμενη κλίση πτερυγίων έχουν το πλεονέκτημα ότι με αλλαγή της κλίσης των πτερυγίων μπορεί να αναστραφεί η φορά της ροής χωρίς να αλλάξει η εγκατάσταση της αντλίας. Χρησιμοποιούνται συνήθως για ανακυκλοφορία νερού ψύξεως σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, για ταχεία εκκένωση μεγάλων χώρων, για άρδευση κλπ.

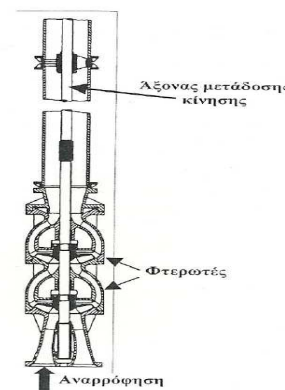


Διάγραμμα 3.5. Αντλία αξονικής ροής [28]

3.2.4. Αντλίες μικτής ροής

Η λειτουργία αυτών των αντλιών είναι ενδιάμεση μεταξύ της φυγοκεντρικής αντλίας και της αντλίας αξονικής ροής. Δηλαδή η αύξηση της πίεσης του υγρού δημιουργείται κατά ένα μέρος από φυγοκεντρικές δυνάμεις και κατά ένα άλλο μέρος από την ώθηση των πτερυγίων (αξονικές δυνάμεις). Τέτοιες αντλίες κατασκευάζονται για παροχές από $20 \text{ m}^3/\text{h}$ και άνω και διαφορικές πιέσεις περίπου 30 m στήλης υγρού.

Οι αντλίες μικτής ροής είναι συνήθως κατακόρυφες, πολυβάθμιες και εγκατεστημένες στο κάτω άκρο στήλης που χρησιμεύει και ως σωλήνας κατάθλιψης της αντλίας. Τέτοιες αντλίες χρησιμοποιούνται σε πηγάδια ως υποβρύχιες (δηλαδή η αντλία είναι κάτω από το νερό).



Διάγραμμα 3.6. Αντλία μικτής ροής με δύο βαθμίδες[3]

3.2.5. Περιφερικές ή στροβιλαντλίες ή αναγεννητικές αντλίες (Turbine or Regenerative pumps)

Στις αντλίες αυτές χρησιμοποιείται συγχρόνως μηχανική ώθηση και φυγοκεντρικές δυνάμεις. Η φτερωτή αποτελείται από ένα δίσκο στην περιφέρεια του οποίου υπάρχουν, και από τις δύο πλευρές, ακτινικώς μικρά πτερύγια. Το υγρό εισρέει στην αντλία από την περιφέρεια, παραλαμβάνεται από τα πτερύγια της φτερωτής και μετά φέρεται κυκλικώς από την έξοδο, μέσα σε ένα βαθύ δακτυλοειδές αυλάκι, διαγράφοντας σχεδόν ένα πλήρη κύκλο. Στο υγρό που κινείται στο αυλάκι επενεργούν φυγοκεντρικά, αλλά συγχρόνως και ωστικές δυνάμεις λόγω πτερυγίων. Η ανακυκλοφορία του υγρού στον τύπο αυτό διευκολύνεται αντί να παρεμποδίζεται.

Με την επανειλημμένη περιφορά του υγρού στο αυλάκι, το υγρό αποκτά μεγάλη κινητική ενέργεια και ως εκ τούτου οι αντλίες του τύπου αυτού αναπτύσσουν μεταξύ αναρρόφησης και κατάθλιψης, διαφορά πίεσης πολύ μεγαλύτερη ότι οι φυγοκεντρικές αντλίες με την ίδια διάμετρο φτερωτής και την ίδια ταχύτητα περιστροφής. Για να επιτευχθούν πολύ υψηλές πιέσεις χρησιμοποιούνται πολυβάθμιες στροβιλαντλίες.

Οι στροβιλαντλίες χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται μεγάλη διαφορά πίεσης, αλλά μικρές παροχές συνήθως κάτω από 20 m³/h. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για τη διακίνηση υγρού μικρού ιξώδους και υψηλές διαφορές πιέσεως που δεν είναι δυνατόν να επιτευχθούν με τις φυγοκεντρικές αντλίες. Λόγω των πολύ μικρών διάκενων μεταξύ φτερωτής και κελύφους, η χρήση των στροβιλαντλιών περιορίζεται σε καθαρά υγρά. Οι αντλίες αυτές έχουν το πλεονέκτημα να μην παγιδεύουν αέρα και ξεκινούν χωρίς να απαιτούν πλήρωση και έναρξη αναρρόφησης (priming), λειτουργούν δηλαδή ως αυταναρροφητικές αντλίες.

3.2.6. Δυναμικές αντλίες ειδικού τύπου

Οι σημαντικότερες αντλίες σε αυτή την κατηγορία είναι οι εγχυτήρες ή αντλίες με ακροφύσια (τζιφάρια). Στους εγχυτήρες χρησιμοποιούνται πάντα δύο ρευστά: το κινητήριο ρευστό και το αντλούμενο ρευστό. Το κινητήριο και το αντλούμενο ρευστό μπορεί να είναι τα ίδια ή διαφορετικά. Επίσης είναι δυνατόν το κινητήριο ρευστό να είναι υγρό και το αντλούμενο αέριο. Η λειτουργία των εγχυτήρων στηρίζεται στην αρχή μεταφοράς ορμής από το κινητήριο στο αντλούμενο ρευστό. Πρόχειρο παράδειγμα τέτοιας διάταξης είναι οι αντλίες κενού που χρησιμοποιούνται στα χημικά εργαστήρια με κινητήριο ρευστό το νερό της βρύσης.

Οι εγχυτήρες δεν έχουν κινούμενα μέρη και ως εκ τούτου δεν απαιτούν καμία συντήρηση. Απαιτούν όμως σημαντικές ποσότητες του κινητήριου ρευστού σε υψηλή πίεση που συνήθως έχει σημαντικό κόστος. Επίσης έχουν μικρό βαθμό απόδοσης. Εφαρμόζονται στην άντληση αέρα και δημιουργία κενού, για τη μεταφορά αερίων που περιέχουν αιωρούμενα σωματίδια, την υποβοήθηση του ελκυσμού καπνοδόχων, την άντληση υγρών με αιωρήματα, την τροφοδότηση ατμολεβήτων με νερό, κλπ. Τα συνηθέστερα κινητήρια ρευστά στη βιομηχανία είναι ο υδρατμός και ο πεπιεσμένος αέρας.

3.3. Αντλίες Θετικής Εκτοπίσεως

Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία αντλιών μετά τις δυναμικές αντλίες είναι οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως (Positive displacement pumps). Η λειτουργία τους βασίζεται σε διδοχική πλήρωση και εκκένωση ενός γεωμετρικού όγκου. Το προς διακίνηση υγρό, από το σωλήνα αναρρόφησης, πληροί το χώρο της αντλίας (ή ένα τμήμα αυτού). Στη συνέχεια το υγρό εκτοπίζεται με κάποιο τρόπο προς τον σωλήνα κατάθλιψης, κοκ. Ως εκ τούτου η προωθούμενη ποσότητα υγρού σε κάθε περιοδική κίνηση (εμβολιασμό ή περιστροφή) είναι σταθερή και η παροχή των αντλιών δεν επηρεάζεται από την αντίσταση λόγω ροής του υγρού στις σωληνώσεις μεταφοράς, όπως συμβαίνει στις φυγοκεντρικές αντλίες. Όλες οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως είναι ανλίες αυταναρρόφησης και δεν χρειάζονται πλήρωση κατά την εκκίνηση. Οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως μεταδίδουν ενέργεια στο διακινούμενο υγρό συνήθως με μηχανικό τρόπο (με ένα έμβολο ή διάφραγμα) και σπανιότερα με άλλο ρευστό. Οι κύριες κατηγορίες αντλιών θετικής εκτοπίσεως είναι:

- Παλινδρομικές
- Περιστροφικές
- Πιεστικού θαλάμου

Οι δύο πρώτες κατηγορίες είναι οι πιο συνηθισμένες, ενώ οι αντλίες πιεστικού θαλάμου χρησιμοποιούνται σπανιότερα. Παρακάτω θα περιγράψουμε τα είδη των αντλιών αυτών.

3.3.1. Παλινδρομικές αντλίες

Στις αντλίες αυτές υπάρχει ένα πιστόνι, ένα έμβολο ή ένα διάφραγμα το οποίο εκτελεί ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση μέσα σε ένα θάλαμο κυλινδρικού συνήθως σχήματος, προκαλώντας τη διαδοχική πλήρωση και εκκένωση του θαλάμου με το αντλούμενο υγρό. Βαλβίδες στην είσοδο (αναρρόφηση) και έξοδο (κατάθλιψη) του θαλάμου ρυθμίζουν τη ροή του υγρού από την αναρρόφηση προς το θάλαμο της αντλίας και από τον θάλαμο προς την κατάθλιψη. Κάθε ανλία έχει τουλάχιστον μία βαλβίδα αναρρόφησης και μία βαλβίδα κατάθλιψης. Σε ανλίες μεγάλης παροχής τοποθετούνται παραλλήλως περισσότερες βαλβίδες όσο στην αναρρόφηση όσο και στην κατάθλιψη.

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης των παλινδρομικών αντλιών κυμαίνεται από περίπου 50% για μικρές αντλίες και 90% για τις μεγάλες.

Αναλόγως με το είδος του ανλητικού στοιχείου οι παλινδρομικές αντλίες διακρίνονται σε:

- **Αντλίες με πιστόνι (Piston pumps).** Αναφέρονται ως οι γνωστότερες και οι παλαιότερες ανλίες θατικής εκτοπίσεως. Σε αυτού του είδους των αντλιών το πιστόνι ολισθαίνει στο εσωτερικό του κυλίνδρου της αντλίας και η στεγανότητα μεταξύ πιστονιού και τοιχώματος του κυλίνδρου επιτυγχάνεται με κυκλικά ελατήρια που είναι τοποθετημένα στο πιστόνι και κινούνται μαζί του, όπως στους κυλίνδρους των μηχανών εσωτερικής καύσης.
- **Αντλίες με βυθιζόμενο έμβολο (Plunger pumps).** Σε αυτές τις ανλίες το έμβολο έχει σημαντικά μικρότερη διάμετρο από τη διάμετρο του κυλίνδρου της αντλίας και βυθίζεται στον κύλινδρο. Εδώ η στεγανότητα επιτυγχάνεται με σταθερό στυπιοθλίτη

προσαρμοσμένο στο άκρο του κυλίνδρου της αντλίας, μέσα στον οποίο ολισθαίνει το έμβολο.

- **Αντλίες με διάφραγμα (Diaphragm pumps).**

Το κινήτηριο στέλεχος των αντλιών αυτών είναι ένα εύκαμπτο διάφραγμα. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι σε αντίθεση με τα άλλα είδη των παλιδρωμικών αντλιών έχουν λιγότερα κινούμενα μέρη, δεν απαιτούν στυπιοθλίπτες και κυρίως ότι το αντλούμενο υγρό έρχεται σε επαφή μόνο με το διάφραγμα και τις βαλβίδες. Αυτό κάνει τις ανλίες αυτές κατάλληλες για τη διακίνηση διαβρωτικών ή τοξικών υγρών.



Διάγραμμα 3.7. Παλινδρομική αντλία διαφράγματος [28]

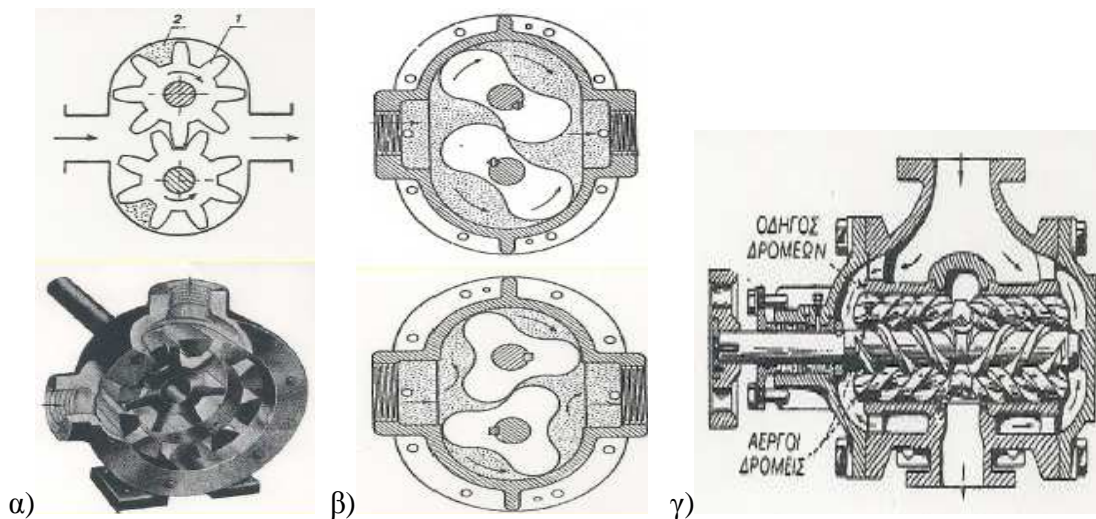
Το κύριο μειονέκτημά τους είναι ότι το διάφραγμα καταπονείται με τις συνεχείς κάμψεις και σε κάποιο χρόνο, ανάλογα με το υλικό κατασκευής, σπάει.

3.3.2. Περιστροφικές αντλίες θετικής εκτοπίσεως

Οι περιστροφικές αντλίες αποτελούνται από ένα ή περισσότερα περιστρεφόμενα μέρη και το σταθερό κέλυφος που τα περικλείει. Η προώθηση του διακινούμενου υγρού γίνεται με κυκλική κίνηση. Τα περιστρεφόμενα μέρη, σε αντίθεση με τις φυγοκεντρικές αντλίες, ολισθαίνουν πάνω στο ακίνητο κέλυφος μεταξύ τους, δημιουργώντας στεγανότητα. Επίσης, σε αντίθεση με τις φυγοκεντρικές αντλίες, δεν έχουν βαλβίδες, ενώ η ροή του διακινούμενου υγρού είναι συνεχής και όχι παλμική. Λόγω του ότι δεν υπάρχει καλή επαφή μεταξύ των κινητών μερών, οι αντλίες αυτές δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υγρά που έχουν αιωρούμενα σωματίδια, αλλά μόνο για καθαρά υγρά. Είναι κατάλληλες για άντληση αερίων ή ατμών από ένα χώρο και τη δημιουργία κενού. Τα κυριότερα είδη των περιστροφικών αντλιών θετικής εκτοπίσεως είναι:

- **Γρανάζωτές (Gear pumps).** Δίνεται κίνηση στον ένα από τους δύο οδοντωτούς τροχούς, ο οποίος παρασύρει σε περιστροφή και τον δεύτερο.
- **Με λοβούς (Lobe pumps).** Έχουν περίπου την ίδια κατασκευή με τις γραναζωτές αντλίες, αλλά αντί για γρανάζια έχουν δύο περιστρεφόμενους ρότορες.
- **Με κοχλίες (Screw pumps).** Κατασκευάζονται με ένα ή περισσότερους προωθητικούς κοχλίες. Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολύ λεπτόρρευστα (μικρού ιξώδους) υγρά.
- **Με ολισθαίνοντα πτερύγια (Vane pumps).** Περιλαμβάνουν αντλίες με σύρτες που έχουν οδηγούμενα πτερύγια και αντλίες με εύκαμπτα πτερύγια.
- **Με έμβολα (Rotary piston pumps).**
- **Περισταλτικές (Peristaltic pumps or Flow inducers).** Κατάλληλες για σχετικά μικρές παροχές, εργαστηριακού κυρίως τύπου. Έχουν πολύ απλή κατασκευή.

Βρίσκονται σε ευρεία εφαρμογή λόγω του ότι το διακινούμενο υγρό έρχεται σε επαφή μόνο με τον ελαστικό σωλήνα, ενώ δεν έχουν βαλβίδες ή άλλα κινούμενα μέρη σε επαφή με το κινούμενο υγρό, και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άντληση βιολογικών υγρών ή για τη διακίνηση αιωρημάτων, διαβρωτικών, τοξικών υγρών, κοκ.



Διάγραμμα 3.8. α) Γραναζωτή αντλία β) Αντλία με λοβούς γ) Κοχλιοφόρα αντλία [28]

3.3.3 Αντλίες πιεστικού θαλάμου

Δεν πρόκειται για μηχανήματα άντλησης, αλλά για μηχανήματα εκτόπισης του προς διακίνηση υγρού και προώθησης του με πεπιεσμένο αέρα ή άλλο αέριο. Μια τέτοια διάταξη χρησιμοποιείται για ευρέως για τη διακίνηση οξέων. Αποτελείται από δοχείο ωοειδούς σχήματος, το οποίο φέρει σωληνώσεις για την είσοδο και την έξοδο του προς διακίνηση υγρού καθώς και σωληνώση για για την είσοδο του πεπιεσμένου αέρα. Το δοχείο πληροúται με το προς διακίνηση υγρό και στη συνέχεια με την παροχή πεπιεσμένου αέρα εκτοπίζεται μέσω της σωληνώσεως εξόδου. Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι δεν έχει καθόλου κινητά μέρη και επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαβρωτικά υγρά, όπως τα οξέα.

3.4. Αντλίες κενού

Οι αντλίες κενού χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση του αέρα, αερίων ή ατμών από ένα χώρο και τη δημιουργία πίεσεως μικρότερης της ατμοσφαιρικής. Οι αντλίες κενού αποτελούν εξαίρεση του γενικού ορισμού της αντλίας, διότι δεν διακινούν υγρά (όπως όλες οι αντλίες), αλλά αντλούν αέρια ή ατμούς (όπως οι συμπιεστές). Οι αντλίες κενού στηρίζονται στις ίδιες αρχές και χρησιμοποιούν τους ίδιους μηχανισμούς άντλησης, όπως οι αντλίες υγρών. Μπορεί όμως να διαφέρουν σε ορισμένες κατασκευαστικές λεπτομέρειες π.χ. στις κατασκευαστικές ανοχές. Υπάρχουν δύο είδη αντλιών που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία κενού:

- Οι αντλίες υγρού δακτυλίου (Liquid ring pumps)

- Οι αντλίες διαχύσεως (Diffusion pumps)

3.5. Επιλογή αντλιών

Η επιλογή της αντλίας γίνεται με βάση δύο κύρια χαρακτηριστικά της, την παροχή και το συνολικό διαφορικό ύψος και εξειδικεύεται με βάση τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά, που είναι ο βαθμός απόδοσης, η απαιτούμενη από την αντλία ισχύς, το διαθέσιμο καθαρό θετικό ύψος αναρρόφησης του συστήματος του συστήματος αναρρόφησης σε σύγκριση με το απαιτούμενο από την αντλία καθαρό θετικό ύψος αναρρόφησης.

Έχοντας την πλήρη κατανόηση των παραμέτρων που ορίστηκαν προηγουμένα, μπορεί να πραγματοποιηθεί η διαδικασία επιλογής της αντλίας για κάθε εφαρμογή. Η διαδικασία αυτή αποτελείται από εξής βήματα:

1. Σχεδιασμός του συστήματος άντλησης, δηλαδή της αντλίας και των σωληνώσεων
2. Υπολογισμός της απαιτούμενης παροχής της αντλίας
3. Ανάλυση των ιδιοτήτων του αντλούμενου υγρού στις συνθήκες άντλησης
4. Υπολογισμός του απαιτούμενου ολικού ύψους της αντλίας
5. Επιλογή κατηγορίας και τύπου αντλίας

Όσον αφορά την επιλογή της κατηγορίας αντλιών, οι φυγοκεντρικές αντλίες έχουν πολλά πλεονεκτήματα και είναι πάντα προτιμότερες, εφόσον βεβαίως μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της συγκεκριμένης εφαρμογής. Αυτό που μπορεί να αποκλείσει τις φυγοκεντρικές αντλίες από μια συγκεκριμένη εφαρμογή είναι το ιξώδες και οι ιδιότητες του αντλούμενου υγρού. Κατωτέρω συνοψίζονται οι γενικοί κανόνες σχετικά με την επίδραση των ρεολογικών ιδιοτήτων στην επιλογή κατηγορίας άντλησης:

- Στις φυγοκεντρικές αντλίες, αυξανόμενου του ιξώδους του υγρού μειώνεται τόσο το διαφορικό ύψος που μπορεί να αναπτύξει η αντλία, όσο και ο βαθμός απόδοσής της. Γενικώς, για ιξώδες μέχρι $30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ η επίδρασή του είναι σχετικά μικρή, από $30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ και μέχρι περίπου $110 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, παρά τις επιπτώσεις του ιξώδους στο ολικό ύψος και βαθμό απόδοσης, οι φυγοκεντρικές αντλίες είναι προτιμότερες, και, τέλος, από $110 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ως $650 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ είναι συνήθως προτιμότερες οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως. Οι παλινδρομικές αντλίες θετικής εκτοπίσεως χρησιμοποιούνται για υγρά με ιξώδη μέχρι περίπου $1000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Οι πλέον κατάλληλες αντλίες για την άντληση υγρών με μεγάλο ιξώδες, που μπορεί να υπερβαίνει τις $100000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, είναι οι περιστροφικές θετικής εκτοπίσεως.
- Υγρά μεγάλου ιξώδους προκαλούν μεγάλη πτώση πίεσης κατά τη ροή τους και ως εκ τούτου μειώνεται το διαθέσιμο καθαρό θετικό ύψος αναρρόφησης. Δεδομένου ότι το διαθέσιμο καθαρό θετικό ύψος αναρρόφησης πρέπει να είναι πάντα μεγαλύτερο από το απαιτούμενο από την αντλία θετικό ύψος αναρρόφησης, αποτελεί σοβαρό περιοριστικό παράγοντα στην επιλογή αντλίας. Η επιλογή των φυγοκεντρικών αντλιών απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στις περιπτώσεις αυτές.

- Οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως είναι γενικώς περισσότερο ευαίσθητες σε φθορές σε σύγκριση με τις φυγοκεντρικές αντλίες. Φθορά προκαλείται από υγρά μικρής λιπαντικής ικανότητας, διαβρωτικά υγρά και υγρά που περιέχουν αιωρούμενα στερεά.
- Για τα ψευδοπλαστικά υγρά (όπως ορισμένοι χυμοί φρούτων και γάλα) με χαμηλό ιξώδες και υψηλές διατμητικές τάσεις που οδηγούν σε μεγάλο ρυθμό άντλησης, συνήθως χρησιμοποιούνται οι φυγοκεντρικές αντλίες.
- Για τα διασταλτικά ή πηγνύομενα υγρά, όπου το ιξώδες αυξάνεται με την αύξηση των διατμητικών τάσεων και, επομένως, με τον ρυθμό άντλησης, ενδείκνυται η χρήση αντλιών θετικής εκτοπίσεως με μεγάλο θάλαμο άντλησης και χαμηλή συχνότητα κίνησης.

Τονίζεται ότι οι ανωτέρω κανόνες είναι μόνο ενδεικτικοί και κάθε περίπτωση θα πρέπει να ελέγχεται ιδιαίτερος, εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά τόσο του συστήματος άντλησης, όσο και της συγκεκριμένης αντλίας της οποίας ελέγχεται η καταλληλότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΩΝ

4.1. Τεχνολογίες Υδροστροβίλων

Οι υδροστροβίλοι μετατρέπουν την ενέργεια του νερού που πέφτει σε ισχύ περιστρεφόμενου άξονα. Η επιλογή του καλύτερου υδροστροβίλου για μια συγκεκριμένη τοποθεσία εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας, αλλά και από την επιθυμητή ταχύτητα της γεννήτριας ή αλλιώς συσκευή φόρτωσης του υδροστροβίλου. Άλλα ζητήματα, όπως το αν ο υδροστροβίλος αναμένεται να παράγει ισχύ σύμφωνα με το μέρος-συνθήκες ροής, διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην επιλογή. [24]

Οι υδροστροβίλοι διακρίνονται σε υδροστροβίλους δράσεως και υδροστροβίλους αντιδράσεως, αναλόγως με τη διαδικασία μετατροπής του υδραυλικού ύψους και της παροχής νερού σε μηχανική ισχύ. Επίσης, οι υδροστροβίλοι κατηγοριοποιούνται σε υδροστροβίλους μεγάλου, μεσαίου και μικρού υδραυλικού ύψους, ανάλογα με το μέγεθος του υδραυλικού ύψους. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι πιο συνήθεις τύποι υδροστροβίλων, για τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν. [4]

Πίνακας 4.1. Κατηγοριοποίηση Υδροστροβίλων. [24]

	Μεγάλο Υδραυλικό Ύψος	Μεσαίο Υδραυλικό Ύψος	Μικρό Υδραυλικό Ύψος
Υδροστροβίλοι Δράσεως	<ul style="list-style-type: none"> • Pelton • Turgo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cross-flow (ή Banki) • Pelton - Πολλαπλών Δέσμεων Υγρού • Turgo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cross-flow (ή Banki)
Υδροστροβίλοι Αντιδράσεως		<ul style="list-style-type: none"> • Francis 	<ul style="list-style-type: none"> • Αξονικής ροής • Βολβοειδές • Kaplan

4.2. Υδροστροβίλοι Δράσεως

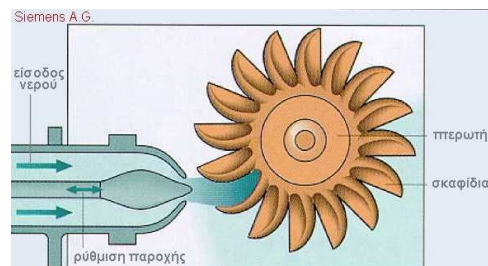
Οι υδροστροβίλοι δράσεως χρησιμοποιούνται συνήθως σε περιπτώσεις που έχουμε μεγάλο υδραυλικό ύψος και μικρή τιμή παροχής νερού. Αυτό συμβαίνει επειδή η μεγάλη ταχύτητα νερού, που οφείλεται σε μεγάλο υδραυλικό ύψος, συγκεντρώνει την διαθέσιμη ισχύ του νερού μέσα σε ένα μικρό χώρο ροής. Η συγκεντρωμένη αυτή ισχύς μετατρέπεται πιο αποτελεσματικά, αφού κατευθύνεται μέσω ενός ή περισσότερων δέσμων νερού που προσπίπτουν πάνω στον δρομέα. Ο δρομέας εκτρέπει τη δέσμη και μειώνει την ταχύτητά της. Η βέλτιστη απόδοση ενός υδροστροβίλου δράσεως εμφανίζεται όταν η ταχύτητα του δρομέα είναι περίπου η μισή της ταχύτητας της δέσμης του νερού, καθώς αυτή εγκαταλείπει το ακροφύσιο που την οδηγεί. Ένα πλεονέκτημα των υδροστροβίλων δράσεως σε σχέση με τους υδροστροβίλους αντιδράσεως είναι εφόσον το υδραυλικό ύψος μετατρέπεται σε ταχύτητα στα ακίνητα ακροφύσια, δεν υπάρχει πτώση πίεσης στον δρομέα. Ως εκ τούτου δεν είναι απαραίτητη η στεγανοποίηση στα ανοίγματα μεταξύ του δρομέα και της στέγασης του στροβίλου. Το γεγονός αυτό καθιστά τους υδροστροβίλους δράσεως πιο απλούς να κατασκευαστούν και να διατηρηθούν, και ταυτοχρονα, πιο ανθεκτικούς σε συνθήκες μη καθαρού νερού.

Οι υδροστροβίλοι δράσεως κατασκευάζονται σε τρεις βασικούς τύπους: Pelton, Turgo και Crossflow. Παρακάτω θα αναφερθούμε στον κάθε τύπο πιο αναλυτικά. [4]

4.2.1. Υδροστροβίλος Pelton

Ο πιο γνωστός τύπος υδροστροβίλου δράσεως είναι ο στροβίλος Pelton, που πήρε το όνομά του από έναν από τους εφευρέτες του. Το τμήμα εισόδου αποτελείται από δύο ή περισσότερα ακροφύσια, τα οποία μετατρέπουν την δυναμική ενέργεια σε κινητική, σχηματίζοντας μία ή περισσότερες δέσμες κυκλικής διατομής. Προσπίπτοντας στον δρομέα, η δέσμη δίνει σε αυτόν μία ώθηση κατά την περιφερειακή διεύθυνση, που δημιουργεί την κινητήρια ροπή. Ο δρομέας είναι τοποθετημένος πάνω από την ελεύθερη στάθμη του κάτω ταμιευτήρα νερού. Με αυτό τον τρόπο η δέσμη του νερού, αφού προσπέσει πάνω στον δρομέα, πέφτει στην ελεύθερη επιφάνεια της διώρυγας διαφυγής, λόγω της βαρύτητας.

Ο άξονας του δρομέα μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Στους υδροστροβίλους Pelton πολλαπλών δέσμων συνήθως χρησιμοποιείται η κατακόρυφη διάταξη του άξονα, προκειμένου να βρίσκονται όλα τα ακροφύσια στο οριζόντιο επίπεδο, χωρίς να παρεμποδίζεται η λειτουργία τους από τα απόνερα των σκαφιδίων, που φέρει στην επιφάνειά του ο δρομέας.

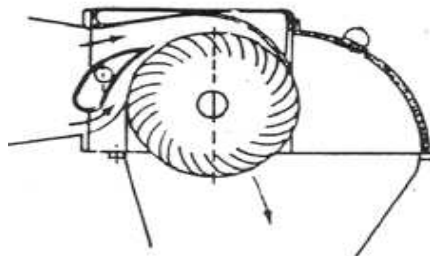


Διάγραμμα 4.1. Σχηματική διάταξη του υδροστροβίλου Pelton [29]

Υπό βέλτιστες συνθήκες με τη χρήση έναν υδροστροβίλου τύπου Pelton μπορεί να επιτευχθεί βαθμός απόδοσης έως και 90%. [4]

4.2.2. Υδροστρόβιλος Cross-flow

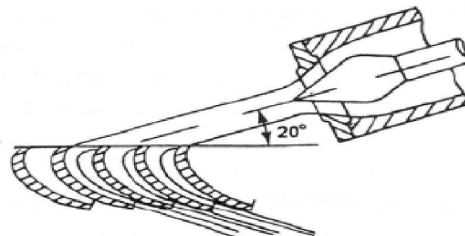
Ο Υδροστρόβιλος Cross-flow, που συχνά αναφέρεται και ως Banki, δημιουργήθηκε για τη διαχείριση μεγαλύτερων παροχών νερού και μικρότερου υδραυλικού ύψους σε σχέση με τον υδροστρόβιλο Pelton. Ο υδροστρόβιλος cross-flow χρησιμοποιεί ένα ορθογωνικής διατομής ακροφύσιο μεγαλύτερου μήκους, που κατευθύνει το νερό καμπυλωτά σε ένα δρομέα κυλινδρικού σχήματος. Το νερό επιβραδύνεται σε δύο στάδια, συναντώντας τα πτερύγια δρομέα δύο φορές, καθώς περνά οριζόντια μέσα από αυτόν. Η σχεδίαση μεγαλύτερου μήκους, όσο για τον δρομέα τόσο και για το ακροφύσιο εισόδου, αυξάνει την χωρητικότητα για παροχή του στροβίλου, η οποία επιτρέπει τη διαχείριση μικρότερων τιμών υδραυλικού ύψους. Ο βαθμός απόδοσης του υδροστροβίλου τύπου Cross-Flow κυμαίνεται σε τιμές γύρω 65%, λόγω της πολυπλοκότερης διαδρομής της ροής σε σχέση με τους υδροστροβίλους τύπου Pelton. [4]



Διάγραμμα 4.2. Σχηματική διάταξη υδροστροβίλου Cross-flow [30]

4.2.3. Υδροστρόβιλος Turgo

Ο υδροστρόβιλος δράσης Turgo είναι ένας υδροστρόβιλος δράσεως που μπορεί να διαχειριστεί μεγαλύτερες τιμές παροχής νερού, συγκριτικά με έναν υδροστρόβιλο Pelton. Περισσότερα και μεγαλύτερα ακροφύσια μπορούν να τοποθετηθούν γύρω από την περιφέρεια του δρομέα, προκειμένου να προσανατολίσουν τη ροή έτσι, ώστε να οδηγηθεί μακριά από τα ακροφύσια. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα του στροβίλου Turgo είναι ότι για την ίδια υδραυλική ισχύ και την ίδια διάμετρο δρομέα, η ταχύτητα είναι περίπου διπλάσια σε σχέση με αυτήν του Pelton. Ο υδροστρόβιλος τύπου Turgo μπορεί να επιτύχει βελτίωση απόδοση έως και 92%, και διατηρείται υψηλός ακόμα και για παροχές ίσες με το 25% της παροχής σχεδίασης. [4]



Διάγραμμα 4.3. Σχηματική διάταξη υδροστροβίλου Turgo [30]

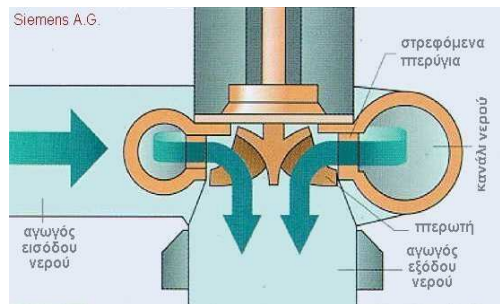
4.3. Υδροστρόβιλοι Αντιδράσεως

Υδροστρόβιλοι, στους οποίους ένα τμήμα ή όλο το υδραυλικό ύψος μετατρέπεται σε ταχύτητα εντός του δρομέα, αναφέρονται ως υδροστρόβιλοι αντιδράσεως. Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως ταιριάζουν καλύτερα από τους υδροστροβίλους δράσεως για τις περιπτώσεις μικρού υδραυλικού ύψους και μεγαλύτερων τιμών παροχής νερού, αν και υπάρχουν περιπτώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι δύο τύποι. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα, από την άποψη μηχανικής σχεδίασης, είναι ότι μπορούν να επιτύχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης. Επειδή οι στρόβιλοι αυτού του τύπου λειτουργούν με εφαρμογή του υδραυλικού ύψους εγκάρσια στον δρομέα, συνήθως επιβάλλεται σε αυτούς η στεγανοποίηση στα ανοίγματα μεταξύ του δρομέα και της στέγασης του στροβίλου. Έτσι, λόγω της διαρροής, δημιουργείται σημαντική απώλεια ισχύος. Οπότε, για το λόγο αυτό η απόδοση και οι επιδόσεις του στροβίλου είναι πιθανό να υποβαθμιστούν, αφού η συμπαρασυρόμενη με νερό άμμος και προσχώσεις προκαλούν μεγαλύτερη τριβή στη στεγάνωση, σε σχέση με τους υδροστροβίλους δράσεως. Ωστόσο, για τις εφαρμογές μικρού υδραυλικού ύψους, οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως προσφέρουν μικρότερες διαμέτρους στροβίλου και μεγαλύτερες ταχύτητες περιστροφής, σε σχέση πάντα με τους υδροστροβίλους δράσεως. Το πλεονέκτημα αυτό του μικρού δρομέα αντισταθμίζεται από το γεγονός ότι οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως απαιτούν μεγαλύτερες τιμές παροχής νερού, εξαιτίας του μικρού υδραυλικού ύψους. Οι πιο βασικοί τύποι υδροστροβίλων αντιδράσεως είναι: Francis, Kaplan, υδροστρόβιλοι αξονικής ροής και βολβοειδείς υδροστρόβιλοι. Παρακάτω θα αναφερθούμε αναλυτικά στον καθένα από τους τύπους αυτούς. [4]

4.3.1. Υδροστρόβιλος Francis

Αυτός ο τύπος σχεδίασης αναπτύχθηκε ρηχικά στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, γνώισε ευρεία αποδοχή και χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλο εύρος τιμών υδραυλικού ύψους και χαρακτηριστικών της ροής. Όντας υδροστρόβιλος αντιδράσεως, ο υδροστρόβιλος Francis, χρησιμοποιεί τόσο πίεση όσο και ταχύτητα για να λειτουργήσει. Το νερό εισάγεται ακτινικά - κάθετα προς τον άξονα - στην είσοδο του δρομέα, στρέφεται κατά 90 μοίρες στον δρομέα και βγαίνει αξονικά - παράλληλα προς τον άξονα.

Η ροή ελέγχεται συνήθως από 12 έως 24 πύλες φράγματος, που ρυθμίζουν την τιμή της παροχής και αλλάζουν τη γωνία της ροής. Το νερό στις περισσότερες σύγχρονες μονάδες Francis κατανέμεται στις πύλες και στο στρόβιλο μέσω ενός σπειροειδούς κελύφους, η εγκάρσια τομή του οποίου μειώνεται καθώς κινείται γύρω από τον δρομέα, λόγω του μικρότερου όγκου του νερού. Υπάρχουν περιπτώσεις, στις οποίες το σπειροειδές κέλυφος δε σχηματίζεται με αυτόν τον τρόπο. Για παράδειγμα, παλαιότερα ήταν διαδεδομένο να τοποθετείται ο υδροστρόβιλος στη βάση ενός ανοικτού αγωγού ή ενός κουτιού. Οι υδροστρόβιλοι Francis έχουν τη δυνατότητα να τοποθετούνται είτε οριζόντια είτε κάθετα και μπορούν να παρέχουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης ακόμα και για παροχές ίσες με το 50% αυτής της σχεδίασης. Για λόγους που σχετίζονται με εξειδικευμένη σχεδίαση, και ως εκ τούτου το κόστος, δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε micro/pico εγκαταστάσεις τα τελευταία χρόνια. [4]

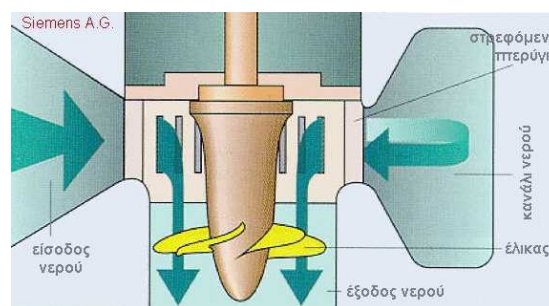


Διάγραμμα 4.5. Σχηματική διάταξη του υδροστροβίλου Francis [29]

4.3.2. Υδροστρόβιλος Kaplan

Ο υδροστρόβιλος τύπου Kaplan, που πήρε το όνομά του από έναν από τους εφευρέτες του, χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως σε όλο τον κόσμο σε εγκαταστάσεις χαμηλού υδραυλικού ύψους και μεγάλες τιμές παροχής. Είναι στρόβιλος αξονικής ροής και μπορεί να εγκατασταθεί μόνο με κάθετο προσανατολισμό. Λόγω του ότι θέσεις των πτερυγίων του δρομέα είναι ρυθμιζόμενες, όπως και η πύλη φράγματος, μπορεί να επιτευχθεί μεγάλος βαθμός απόδοσης και να γίνει δυνατή η διαχείριση μεγάλου φάσματος τιμών παροχής νερού.

Ο στρόβιλος δεν χρειάζεται να είναι στο χαμηλότερο σημείο της παροχής του ύδατος, γιατί η είσοδος παραμένει γεμάτη με νερό. Όμως μια υψηλότερη θέση του στροβίλου αυξάνει την ειδική ταχύτητα και καθιστά εφικτή την απευθείας σύνδεση με την γεννήτρια. Επομένως, σε περισσότερες εφαρμογές θα είναι απαραίτητη η αύξηση της ταχύτητας. Ο βαθμός απόδοσης του υδροστροβίλου Kaplan είναι συνήθως πάνω από 90%, αλλά μπορεί να είναι και πολύ μικρότερος σε εφαρμογές χαμηλού υδραυλικού ύψους. Είναι πολύ ακριβός από την άποψη της σχεδίασης, της κατασκευής και της εγκατάστασης, αλλά λειτουργεί για δεκαετίες. [5]



Διάγραμμα 4.6. Σχηματική διάταξη του υδροστροβίλου Kaplan [29]

4.3.3. Βολβοειδής υδροστρόβιλος

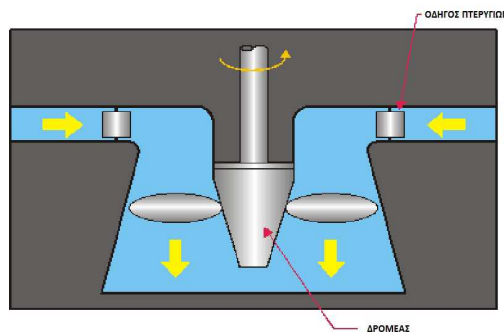
Ο βολβοειδής υδροστρόβιλος, που πήρε το όνομά του από το σχήμα των περιτυλιγμάτων της στεγάνωσης, αποτελεί μια αποτελεσματική λύση για εγκαταστάσεις με υδραυλικό ύψος μέχρι 30 μέτρα. Χρησιμοποιείται ευρέως σε περιοχές με συχνές παλλίροιες.

Η γεννήτρια του είναι τοποθετημένη μέσα σε έναν αξονοσυμμετρικό βολβό, ο οποίος περιρρέεται από τη ροή. Σήμερα ο βολβοειδής υδροστροβίλος ουσιαστικά έχει αντικαταστήσει τον υδροστροβίλο Kaplan, λόγω του μικρότερου κόστους και μεγέθους, που προσφέρει η εθεία σχεδίαση της διόδου του νερού, η οποία βελτιώνει τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της ροής. [25]

4.3.4. Υδροστροβίλος αξονικής ροής (Προπέλα)

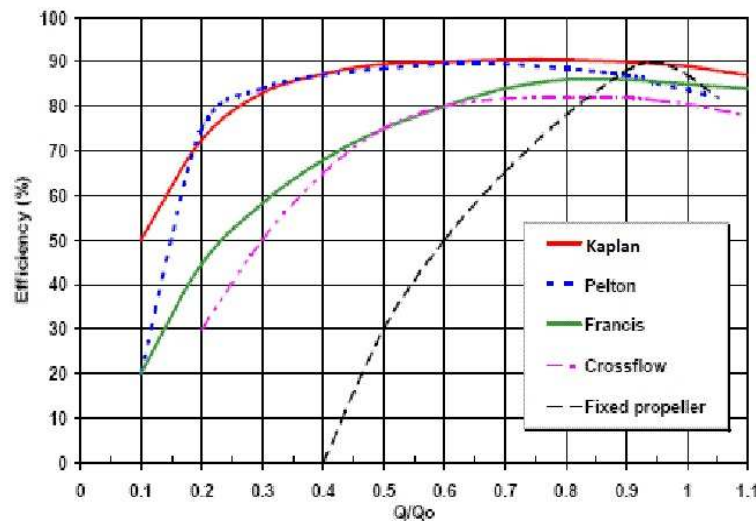
Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία σχεδίων στροβίλου που έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό τη χρήση ενός δρομέα σχήματος προπέλας. Όμως λίγοι από αυτούς είναι κατάλληλοι για τα micro/rico υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

Περισσότεροι από τους στροβίλους αυτού του τύπου είναι αξονικής ροής, που σημαίνει ότι η ροή του νερού είναι παράλληλη στον άξονα του στροβίλου. Ο δρομέας μοιάζει με μια την προπέλα ενός σκάφους, αν και στην πραγματικότητα υπάρχουν αρκετές διαφορές μεταξύ τους. Η προπέλα του σκάφους δεν λειτουργεί μέσα σε ένα κέλυφος με πίεση, αλλά ένας δρομέας λειτουργεί. Παρ'όλα αυτά έχουν γίνει αρκετές τροποποιήσεις της προπέλας, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιείται ως δρομέας. Οι τροποποιήσεις αυτές συνήθως γίνονται με κόψιμο των καμπυλωτών ακμών στο τέλος των πτερυγίων. Ο βαθμός απόδοσης των υδροστροβίλων αυτών συνήθως δεν υπερβαίνει το 50%. Γενικά όμως, καθώς η τιμή της παροχής μειώνεται, πέφτει και ο βαθμός απόδοσης. [4]



Διάγραμμα 4.7. Σχηματική διάταξη του υδροστροβίλου αξονικής ροής [31]

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες των υδροστροβίλων σε συνάρτηση με τον βαθμό απόδοσης και την παροχή.



Διάγραμμα 4.8. Χαρακτηριστικές καμπύλες των υδροστροβίλων [32]

4.3.5. Αντλίες που χρησιμοποιούνται ως Υδροστρόβιλοι

Όταν η ροή σε μία φυγοκεντρική αντλία αντιστρέφεται, εφαρμόζοντας υδραυλικό ύψος στο ακροφύσιο εξόδου, η αντλία μετατρέπεται σε υδροστρόβιλο. Οι αντλίες κατασκευάζονται συνήθως σε μεγαλύτερες ποσότητες και, έτσι το κόστος τους είναι σημαντικά μικρότερο από αυτό του υδροστροβίλου. Το πιθανό πλεονέκτημα της χρήσης μίας αντλίας ως υδροστροβίλου πρέπει να αξιολογείται προσεκτικά με σύγκριση όχι μόνο του κόστους, αλλά και της λειτουργικής αποδοτικότητας, όπως και της τιμής της ηλεκτρικής ισχύος που παράγεται, σε σχέση αυτήν που θα παραγόταν, αν λειτουργούσε υδροστρόβιλος κάτω από τη ίδιες συνθήκες παροχής και ίδιο υδραυλικό ύψος.

Όταν μια αντλία χρησιμοποιείται ως υδροστρόβιλος, προκειμένου να λειτουργήσει στην επιθυμητή ταχύτητα, πρέπει η τιμές του υδραυλικού ύψους και της παροχής να αυξηθούν σε σχέση με αυτές που έχουν υπολογιστεί για κανονική χρήση της αντλίας. Ένα σύνηθες σφάλμα κατά την χρησιμοποίηση μιας αντλίας ως υδροστρόβιλο, είναι να επιλεγθεί η αντλία από έναν κατάλογο αντλιών βάσει της καμπύλης απόδοσης, χωρίς να υπολογιστούν οι μεταβολές που θα προκύψουν όταν αυτή λειτουργήσει ως υδροστρόβιλος. Αυτό συμβαίνει γιατί οι κατάλογοι αντλιών αναφέρονται αποκλειστικά στην κανονική χρήση των αντλιών που περιγράφουν και, έτσι, η αντλία θα αποτύχει να λειτουργήσει ως υδροστρόβιλος.

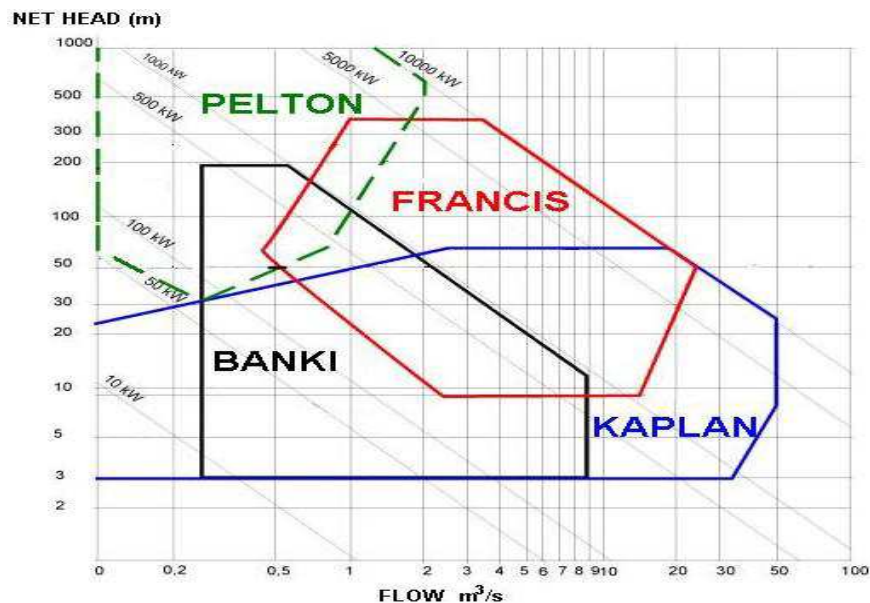
Δεδομένου ότι οι καμπύλες απόδοσης για αντλίες είναι σπάνια διαθέσιμες, θα πρέπει να χρησιμοποιούν διορθωτικοί συντελεστές που παρέχει ο κατασκευαστής, οι οποίοι σχετίζουν την απόδοση της αντλίας, που λειτουργεί ως υδροστρόβιλος, με την κανονική της απόδοση στα βέλτιστα σημεία λειτουργίας. Για αντλίες με ειδικές ταχύτητες μέχρι περίπου 3500 RPM, οι συντελεστές αυτοί κυμαίνονται από 1,1 έως 2,5 για το υδραυλικό ύψος και την παροχή και από 0,90 έως 0,99 για τον βαθμό απόδοσης. Πρέπει να αναφερθεί ότι το υδραυλικό ύψος, η παροχή και τα χαρακτηριστικά αυτά πρέπει να μετατραπούν σε χαρακτηριστικά της αντλίας, προκειμένου να γίνει η κατάλληλη επιλογή της.

Το γεγονός ότι οι αντλίες δε σχεδιάζονται για ανεστραμμένη ροή, ούτε για να ταιριάζουν με γεννήτριες, θα πρέπει να καθορίζεται το αν η αντλία και η γεννήτρια αντέχουν τα ανεστραμμένα φορτία. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περίπτωση των φυγοκεντρικών αντλιών, οι οποίες μεταφέρουν το βάρος του άξονα και το φορτίο, λόγω υδραυλικής πίεσης, σε ένα ωστικό έδρανο, που βρίσκεται στην κινητήρια μηχανή. Στην περίπτωση αυτή, η γεννήτρια θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη για κάθετη τοποθέτηση και να έχει ένα ωστικό έδρανο, ικανό να αντέξει τέτοιων τάξεων φορτία.

Το εύρος των τιμών της παροχής, για τον οποίο μία αντλία μπορεί να προσφέρει καλή απόδοση ως υδροστροβίλος, λειτουργώντας σε σταθερή ταχύτητα, είναι συνήθως πιο περιορισμένο σχετικά με αυτό του υδροστροβίλου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι αντλίες δεν είναι εφοδιασμένες με ρυθμιστική βαλβίδα ή βαλβίδα αλλαγής κατεύθυνσης στην έξοδό τους. Η τροποποίηση της αντλίας, προκειμένου να αποκτήσει μια ρυθμιστική βαλβίδα, εκτός από δύσκολη είναι και οικονομικά ασύμφορη, που σημαίνει ότι κατά τη χρησιμοποίηση μίας ανλίας ως υδροστροβίλου θα πρέπει να διατηρείται σταθερή η τιμή της παροχής. [4]

4.3.6. Επιλογή τύπου υδροστροβίλου

Ο κάθε τύπος του υδροστροβίλου λειτουργεί πιο αποδοτικά, όταν υπάρχουν συγκεκριμένες συνθήκες παροχής και υδραυλικού ύψους. Έτσι, προκειμένου να επιλεγεί ο πιο αποδοτικός και αξιόπιστος υδροστροβίλος για μια δεδομένη παροχή και υδραυλικό ύψος, λαμβάνονται υπ' όψιν διάφορες «περιοχές λειτουργίας» του υδροστροβίλου. Οι περιοχές αυτές απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.9. Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου για δεδομένη παροχή και υδραυλικό ύψος [33]

Η περιοχή εντός της μπλε γραμμής του διαγράμματος απεικονίζει την περιοχή λειτουργίας ενός υδροστροβίλου Kaplan, η περιοχή εντός της μαυρής γραμμής ενός υδροστροβίλου Banki(ή Cross-flow), η περιοχή εντός της κόκκινης γραμμής ενός υδροστροβίλου Francis και η περιοχή εντός της πράσινης διακεκομμένης γραμμής ενός υδροστροβίλου Pelton.

Σε περιπτώσεις όταν οι περιοχές λειτουργίας των υδροστροβίλων επικαλύπτονται, η διαδικασία επιλογής θα πρέπει να βασίζεται στη σύγκριση του κόστους εξοπλισμού, αλλά και στην αξιολόγηση των ακόλουθων παραγόντων:

- Εάν το νερό δεν είναι καθαρό, αλλά περιέχει άμμο ή προσχώσεις, τότε προτιμάται ένας υδροστροβίλος δράσης, προκειμένου να αποφευχθεί η απώλεια απόδοσης λόγω φθοράς στις στεγανώσεις των υδροστροβίλων αντιδράσεως.
- Αν ο υδροστροβίλος πρέπει να βρίσκεται σε κάποιο ύψος πάνω από τη στάθμη του νερού φράγματος, πρέπει να προτιμάται ένας υδροστροβίλος αντιδράσεως με ένα σωλήνα εκροής στην έξοδο, έτσι ώστε να γίνει χρήση του μέγιστου υδραυλικού ύψους.
- Αν οι τιμές του υδραυλικού ύψους και της παροχής διατηρούνται σχετικά σταθερές, τότε ευνοείται η χρήση της φυγοκεντρικής αντλίας με ανεστραμμένη ροή, λόγω του σημαντικού πλεονεκτήματος του χαμηλού αρχικού κόστους και της μεγάλης διαθεσιμότητας στην αγορά.

Αναφέρεται ότι από την χρησιμοποίηση των υδροστροβίλων τύπου Pelton προτιμάται η χρησιμοποίηση των υδροστροβίλων Cross-flow και Turgo, εφόσον αυτοί προσφέρουν μεγαλύτερη ταχύτητα από ό, τι οι υδροστροβίλοι Pelton και έχουν τη δυνατότητα να χειρίζονται μεγαλύτερες παροχές.

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι οι υδροστροβίλοι τύπου Francis και αξονικής ροής είναι οικονομικά ασύμφοροι, λόγω της χρησιμοποίησης των κινητών πυλών που κατευθύνουν τη ροή ή δρομέων με ελεγχόμενη κλίση των περυγίων. Έτσι, η χρήση τους σε micro/pico υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι περιορισμένη. [4]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

5.1. Περιγραφή του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης

Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Σ.Η.Ε.) στην Κρήτη αποτελείται από τρεις θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στα Λινοπεράματα Ηρακλείου, στην Ξηροκαμάρα Χανίων και στον Αθρινόλακο Λασιθίου. Στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς της Κρήτης έχουν εγκατασταθεί αμοστρόβιλοι, ντιζελογεννήτριες, αεριοστρόβιλοι και ένας συνδυασμένος κύκλος. Ο συνδυασμένος κύκλος αποτελείται από δύο παράλληλα λειτουργούντες αεριοστρόβιλους, έκαστος εκ των οποίων είναι εν σειρά συνδεδεμένος με τον αμοστρόβιλο της μονάδας, στον οποίο εκμεταλλεύεται η θερμότητα των καυσαερίων των αεριοστρόβιλων. Επίσης, υπάρχουν δύο μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί, Αγιάς και Αλμυρός, με συνολική ισχύ 0,6 MW. Εκτός αυτών, το Σ.Η.Ε. Κρήτης διαθέτει συνολικά 27 εγκατεστημένες συμβατικές μονάδες. Το δίκτυο μεταφοράς έχει γραμμές 150 kV μήκους 500 km (250 km απλού κυκλώματος και 250 km διπλού κυκλώματος). Επίσης, στο Σ.Η.Ε. συμπεριλαμβάνονται 17 Υποσταθμοί Υ.Τ. και ένα Κέντρο κατανομής Φορτίου (στον Υποσταθμό Ηράκλειο ΙΙ) που χρησιμοποιεί σύστημα τηλεμέτρήσεων S.C.A.D.A, η λειτουργία του οποίου παρέχει συνεχή επιτήρηση πραγματικού χρόνου του ηλεκτρικού δικτύου και της παραγόμενης ενέργειας των Αιολικών Πάρκων καθώς και τους απαιτούμενους τηλεχειρισμούς. Τα Αιολικά Πάρκα, με συνολική εγκατεστημένη ισχύς 165 MW, έχουν σημαντικό βαθμό διείσδυσης στο σύστημα, όπως και οι Φ/Β Σταθμοί, καθώς αρκετοί έχουν αδειοδοτηθεί και οι μισοί περίπου έχουν εγκατασταθεί. [6]

Ο παρακάτω πίνακας παρέχει δεδομένα για την ισχύ από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα στα τέλη του 2007:

Πίνακας 5.1. Εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων ΑΠΕ έως τα τέλη του 2007 (σε MW) [34]

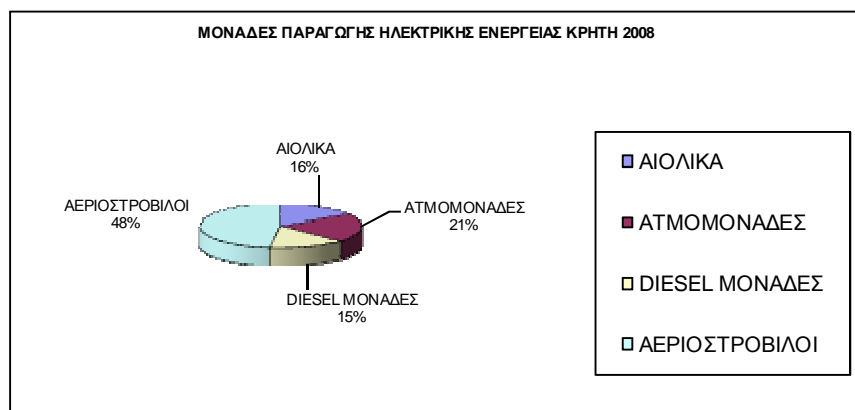
	Μεγάλα Υδροηλεκτρικά	Αιολικά	Μικρά Υδροηλεκτρικά	Φωτοβολταϊκά	Βιομάζα	ΣΥΝΟΛΟ
Κρήτη	0.00	129.50	1.00	0.80	0.36	131.66
Ελλάδα	3017.80	853.19	147.07	1.30	38.72	4058.08



Διάγραμμα 5.1. Απεικόνιση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη και των σταθμών παραγωγής [34]

Όπως φαίνεται από τον χάρτη 5.1, το ηλεκτρικό δίκτυο μεταφοράς βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Κρήτης και εμφανίζει σημαντικές αδυναμίες, ενώ λόγω της παλαιότητας του αδυνατεί να ανταποκριθεί στις ολοένα αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες του νησιού.

Πιο συγκεκριμένα, η συμμετοχή των μονάδων στην ηλεκτροπαραγωγή φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα:



Διάγραμμα 5.2. Ηλεκτρική ενέργεια στην Κρήτη για το έτος 2008 [26]

Από το παραπάνω διάγραμμα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας στην Κρήτη παράγεται από τους αεριοστρόβιλους (48 %). Οι ατμομονάδες και οι μονάδες diesel συνεισφέρουν με ποσοστό 21 % και 15 % αντίστοιχα, ενώ το υπόλοιπο 16% παράγεται από τα αιολικά πάρκα. Συνεπώς τα αιολικά πάρκα συνεισφέρουν σημαντικά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της ΔΕΗ για το 2009, ο θερμοηλεκτρικός σταθμός Λινοπεραμάτων αποτελείται από 6 ατμομονάδες, 4 μονάδες πετρελαίου Diesel και 5 αεριοστρόβιλους με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 265 MW. Ο θερμοηλεκτρικός σταθμός Ξηροκαμάρας αποτελείται από 1 συνδυασμένο κύκλο και 5 αεριοστρόβιλους με συνολική

εγκατεστημένη ισχύ 348 MW. Ο θερμοηλεκτρικός σταθμός Αθερινόλακου αποτελείται από 2 μονάδες πετρελαίου Diesel και 2 ατμομονάδες με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 200 MW. [26]

5.2. Ενεργειακά προβλήματα της Κρήτης

Η Κρήτη παρουσιάζει τα κοινά ενεργειακά προβλήματα όλων των νησιωτικών περιοχών :

1. Υπάρχει μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση από το πετρέλαιο (κατά 86%) σε σχέση με την ηπειρωτική Ελλάδα.
2. Οι υψηλοί ρυθμοί αύξησης της ενεργειακής ζήτησης που είναι διπλάσιοι του εθνικού μέσου όρου και οφείλονται στην αλματώδη ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου και του τουρισμού. Ο ρυθμός αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην ηπειρωτική χώρα δεν ξεπερνά το 5% την ίδια περίοδο.
3. Το κόστος της παραγωγής ενέργειας θεωρείται πολύ υψηλό. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε:
 - Έλλειψη συμβατικών πηγών ενέργειας.
 - Στρεβλή ανάπτυξη του ηλεκτρικού συστήματος εξαιτίας τοπικών διενέξεων και πολιτικών αποφάσεων.
 - Εγκατάσταση λ.γ.ο πριν απ. τις καλοκαιριν. αιχμ.ς αεριοστρόβιλων λ.γ.ο χαμηλό κ.σ.τους εγκατάστασης και μικρο. χρόνου αν.γερσης.
 - Για τη λειτουργία αεριοστρόβιλων απαιτείται κα.σ.μ Diesel και χι μαζο.τ με σχ.ση κόστους το 2008 μ.χ.ρι 2:1 ανάλογα με τη σ.μ.βαση αγοράς.
 - Ο βαθμ.ς απ.δοσης των αεριοστροβ.λων ε.ναι χαμηλ.ς σε σχ.ση με τις ατμομον.δες και τις diesel με αποτ.λεσμα να επιβαρ.νεται η παραπ.νω σχ.ση κ.σ.τους.
 - Μ.σο κ.σ.τος συμβολ.ς καυσίμου ανά ε.δος μον.δας το Δεκέμβρη 2008:
 - a. ατμομον.δες: 60 €/MWh
 - b. diesel: 44 €/MWh
 - c. συνδυασμένος Κ.κλος: 127 €/MWh
 - d. αεριοστρόβιλοι: 165 €/MWh. [26]
4. Οι αυστηροί περιβαλλοντικοί περιορισμοί και οι μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις ζήτησης του φορτίου, εξαιτίας του τουρισμού.
5. Το μεγάλο και άμεσο πρόβλημα παροχής ηλεκτρικής ισχύος (έλλειψη εφεδρειών - διακοπές ηλεκτρισμού). Οι διακοπές του ηλεκτρικού ρεύματος οφείλονται είτε σε πτώσεις ή ανωμαλίες των μονάδων παραγωγής, είτε σε έλλειψη ικανότητας του συστήματος παραγωγής να καλύψει τη συγκεκριμένη ζήτηση τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Ο εκσυγχρονισμός και η επέκταση του σταθμού των Χανίων το 1998 μπόρεσε να καλύψει την αυξημένη ζήτηση, αλλά ασφαλώς δεν είναι αρκετός να καλύψει μελλοντική αύξηση της ζήτησης.
6. Το μη σημαντικό φορτίο βάσης λόγω έλλειψης μεγάλων βιομηχανικών μονάδων. Ο συντελεστής φορτίου είναι χαμηλότερος από τον αντίστοιχο συντελεστή του ηλεκτρικού συστήματος της χώρας (56% έναντι 68%).

7. Μεγάλο ανεκμετάλλευτο δυναμικό Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και σημαντικά περιθώρια ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας. [36]

Αυτή η εικόνα δικαιολογεί τη συνεχή ύπαρξη δυσεπίλυτων προβλημάτων στο Σ.Η.Ε. Κρήτης. Η λύση των τεχνοοικονομικών προβλημάτων πρέπει να αναζητηθεί μέσα από την εφαρμογή της τρέχουσας τεχνολογίας. Όμως, και λόγω αντιθέσεων και τοπικιστικών αντιλήψεων υπάρχουν δυσκολίες στο να επιτευχθεί η αναγκαία κοινή αποδοχή.

5.3. Προοπτικές εξέλιξης

Τα δεδομένα υλοποίησης έργων Α.Π.Ε. αποτυπώνουν μία δυναμική πορεία ανάπτυξης των σχετικών επενδύσεων, καθώς το 2010 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σταθμών Α.Π.Ε. αυξήθηκε κατά 20% σε σχέση με το 2009, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι το αντίστοιχο ποσοστό για τα φωτοβολταϊκά προσεγγίζει το 274%. Η συνολική ισχύς από σταθμούς Α.Π.Ε. στη χώρα μας αυξήθηκε κατά 290 MW μέσα στο 2010 αθροίζοντας συνολική εγκατεστημένη ισχύ 1736 MW έναντι των 1446 MW του τέλους του 2009.

Η διείσδυση των φωτοβολταϊκών στο ενεργειακό μας σύστημα σχεδόν τετραπλασιάστηκε, ξεκινώντας από 53 MW στο τέλος του 2009 και καταλήγοντας στα 198 MW στο τέλος του 2010. Η νέα αιολική ισχύς, που προστέθηκε το 2010, ανέρχεται στα 131 MW οδηγώντας σε σύνολο 1298 MW, ενώ μικρή αλλά σημαντική είναι και η αύξηση των μικρών υδροηλεκτρικών από 182,6 MW στο τέλος του 2009 στα 196,3 στο τέλος του 2010.

Οι προβλεπόμενες επενδύσεις στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας αναμένεται να έχουν σημαντικό οικονομικό αντίκτυπο. Το συνολικό ύψος για επενδύσεις στη δεκαετία 2010-2020 εκτιμάται ότι θα αγγίξει τα 16,4 δις €. Στο ποσό αυτό θα πρέπει να προστεθούν και οι αναγκαίες επενδύσεις σε δίκτυα και διασυνδέσεις που εκτιμώνται σε επιπλέον 4-5 δις €. Ο μέσος ετήσιος προϋπολογισμός των επενδύσεων ανέρχεται σε 2 δις €, αν και ίσως με κάπως χαμηλότερα ποσά στα πρώτα έτη της δεκαετίας. [37]

Απαραίτητη κρίνεται σε πανελλαδικό επίπεδο η εκπόνηση μιας νέας Μελέτης Ανάπτυξης Συστήματος Μεταφοράς (ΜΑΣΜ) για την περίοδο 2011-15, η οποία βρίσκεται ήδη σε προχωρημένο στάδιο και θα ανοίξει τον δρόμο για επενδύσεις ύψους 4-5 δις ευρώ στα δίκτυα. Το αποτέλεσμα των κινήσεων αυτών θα είναι η αυξημένη διείσδυση των ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας, σε ποσοστό 40% ως το 2020.

Όσον αφορά την Κρήτη, πολλές επενδύσεις είναι σε εξέλιξη και ακόμα περισσότερες υπό συζήτηση. Έτσι, η Κρήτη αναδεικνύεται σε επίκεντρο των νέων στρατηγικών επενδύσεων για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στη χώρα. Ιδιαίτερα από το 2010 άρχισαν να επιταχύνονται οι επενδύσεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με τους μεγάλους ομίλους της χώρας μας να μην χάνουν την ευκαιρία να δραστηριοποιηθούν στο νέο αυτό, πολλά υποσχόμενο κλάδο. Στα πλαίσια αυτά, πολύ σημαντικές επενδύσεις δρομολογούνται στην Κρήτη, ενώ παράλληλα συμβάλλουν και οι απλοί πολίτες, επιλέγοντας να τοποθετήσουν φωτοβολταϊκά στις στέγες τους, ή και σε γη που διαθέτουν. [38]

5.3.1 Αιολικά Πάρκα

Η ιδιαίτερη γεωγραφική θέση της Κρήτης, τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της αλλά και το κλίμα της καθιστούν το νησί ως ένα από τα πιο περιζήτητα σημεία για την ανάπτυξη και την παραγωγή ενέργειας μέσω Ανανεώσιμων Πηγών, όπως η αιολική.



Διάγραμμα 5.3. Αιολικά πάρκα στην Κρήτη [39]

Το ενδιαφέρον και τις προτάσεις τους προς τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας έχουν καταθέσει τρεις μεγάλες ελληνικές επιχειρήσεις, με σκοπό τη δημιουργία κολοσσιαίων αιολικών πάρκων, η συνολική ισχύς των οποίων θα αγγίξει τις 3.000 MW. Πρόκειται για την ανάπτυξη 1.200-1.700 ανεμογεννητριών σε όλο το νησί. Το συνολικό κόστος των επενδύσεων, εφόσον υλοποιηθούν στο σύνολό τους, αγγίζει τα 4 δισ. ευρώ. 70 περιοχές της ορεινής Κρήτης και στους τέσσερις νομούς έχουν ήδη μελετηθεί και σχεδιάζονται να αξιοποιηθούν από τους επενδυτές. Επίσης, θα πρέπει να συνυπολογιστεί και το κόστος της καλωδιακής σύνδεσης του νησιού με την Ηπειρωτική Ελλάδα, που αποτελεί βασική προϋπόθεση για την υλοποίηση του επενδυτικού πλάνου.

Οι δυο μεγάλοι επενδυτές ("ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε." και η "ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή ΑΒΕΤΕ"), που διαθέτουν την απαιτούμενη τεχνογνωσία, έχουν κάνει τις σχετικές έρευνες και μελέτες εδώ και τουλάχιστον τρία χρόνια, ενώ ήδη μεταξύ 2009 και 2011 έχουν καταθέσει τους φακέλους τους στη ΡΑΕ και βρίσκονται στη διαδικασία αδειοδότησης της εγκατάστασης των αιολικών πάρκων, η οποία είναι χρονοβόρα, καθώς αποχαρακτηρισμοί δασών, έγκριση περιβαλλοντικών μελετών και θετική γνωμοδότηση της Αρχαιολογίας είναι φάσεις που απαιτούν πολύ χρόνο. Ωστόσο, και οι τρεις επενδύσεις είναι σε προχωρημένο στάδιο.

Το Δημόσιο ή οι ιδιώτες, όπου ανήκουν οι εκτάσεις, καθώς και οι τοπικές κοινωνίες, είτε μέσω της Τοπικής Αυτοδιοίκησης είτε μέσω των φορέων, θα κληθούν να αποφασίσουν για τη μεγαλύτερη ιδιωτική επένδυση που επιχειρείται να γίνει στο νησί ανατρέποντας άρδην τη φυσιογνωμία της Κρήτης - οικονομικά, αναπτυξιακά και περιβαλλοντικά - τουλάχιστον για τα επόμενα 25 χρόνια. Όση δηλαδή είναι και η διάρκεια της ισχύος των συμβολαίων που

συνάπτουν οι εταιρείες με τη ΔΕΗ, η οποία και δεσμεύεται να αγοράζει σε ιδιαίτερα υψηλές τιμές την παραγόμενη μεγαβατώρα. [40]

Συγχρόνως δρομολογείται σε τροχιά και μία δεύτερη επένδυση στην Κρήτη. Πρόκειται για αιολικό σύστημα-μαμούθ, ισχύος 1.000 MW του ομίλου Κοπελούζου, που εγκρίθηκε η αδειοδότησή του από την Ολομέλεια της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας, ενώ ακολουθεί σε απόσταση. Το επενδυτικό σχέδιο του Ομίλου Κοπελούζου προβλέπει την εγκατάσταση μεγάλων αιολικών πάρκων στην Κρήτη και διασύνδεση της Κρήτης με την ηπειρωτική Ελλάδα μέσω υποθαλάσσιου καλωδίου. Το καλώδιο αυτό θα καταλήξει στην Πελοπόννησο και από εκεί η ενέργεια θα μεταφερθεί στην κεντρική Ελλάδα.

Το μέγεθος των δύο αυτών επενδύσεων γίνεται καλύτερα αντιληπτό αν ληφθεί υπόψη ότι με βάση το νέο νόμο του Υπουργείου Περιβάλλοντος, που αίρει τις στρεβλώσεις και τα εμπόδια γρήγορων αδειοδοτήσεων, το τελευταίο εξάμηνο η ΡΑΕ αδειοδότησε 3.400 MW ΑΠΕ, το οποίο αποτελεί το ένα τρίτο των αδειοδοτημένων έργων ΑΠΕ της προηγούμενης 15ετίας. Από την άλλη πλευρά, η ολοκλήρωση των σχεδίων που αδειοδοτούνται - συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων από όμιλο Κοπελούζο και ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή- συνδέεται με σωρεία άλλων εγκρίσεων καθώς και με την εξεύρεση κεφαλαίων.

Σημειώνεται ότι στα έργα αυτά είναι ανοιχτά να αντιμετωπιστούν προβλήματα χρηματοδότησής τους σε περιόδους μεγάλης οικονομικής κρίσης, αλλά και πολλά άλλα σημαντικά θέματα στην πορεία υλοποίησής τους, με αιχμή τις χωροθετήσεις, τις περιβαλλοντικές και άλλες αδειοδοτήσεις και στην περίπτωση της Κρήτης το ανοιχτό θέμα της διασύνδεσης με την ηπειρωτική Ελλάδα.

Επισημάνεται επίσης ότι είναι μονόδρομος για τους δύο ομίλους να συνεργαστούν μεταξύ τους, ώστε να λύσουν με ενιαίο τρόπο το θέμα πώς θα γίνεται η έγχυση ενέργειας 2000 MW στο δίκτυο, δηλαδή να αντιμετωπίσουν για λόγους οικονομίας και βιωσιμότητας των προγραμμάτων τους το θέμα της διασύνδεσης, σε συνδυασμό με τους προγραμματισμούς του Υπουργείου Περιβάλλοντος, της ΡΑΕ και της ΔΕΣΜΗΕ. Στο στάδιο των μελετών είναι αναμενόμενο οι δύο όμιλοι να συνεργαστούν ώστε να αντιμετωπίσουν πολλά θέματα πιθανών επικαλύψεων των δύο σχεδίων.

Αξιοσημείωτο είναι, όπως έχει ανακοινώσει ο Όμιλος Κοπελούζου, ότι παράλληλα έχει έρθει σε συμφωνία με την αιγυπτιακή κυβέρνηση για την ανάπτυξη ενός κολοσσιαίου έργου ΑΠΕ, με επίκεντρο και πάλι την Κρήτη. Πρόκειται για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών ισχύος 3.000 μεγαβάτ στο Σουέζ, προς εκμετάλλευση των μουςώνων της περιοχής, οι οποίες θα συνδεθούν μέσω γραμμών μεταφοράς και υποβρύχιου καλωδίου με τη μεγαλόνησο, σε μια φιλόδοξη επένδυση που υπερβαίνει τα 10 δισεκατομμύρια ευρώ. [41]

5.3.2 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Σημαντικό επενδυτικό ενδιαφέρον, στη χώρα μας, θα εξακολουθήσει να παρουσιάζει και το 2013 η αγορά παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά. Το 2012 το μέγεθος της αγοράς, σε αξία, υπερδιπλασιάστηκε σε σχέση με το 2011 και ανήλθε σε περίπου 523 εκ. ευρώ, παρουσιάζοντας μέσο ετήσιο ρυθμό μεταβολής 196,8% την τετραετία 2009-2012.

Αναφέρεται ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά ανήλθε σε 555,7 χιλ. MWh το 2011, ενώ προβλέπεται, ότι θα διαμορφωθεί σε 1.400 χιλ. MWh περίπου το 2012. Όσον αφορά στην εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών, που αντιπροσωπεύεται από τους σταθμούς που βρίσκονται σε λειτουργία, παρουσιάζει σημαντική αύξηση την τριετία 2009 - 2011. Η ανάπτυξη της αγοράς των φωτοβολταϊκών συνεχίστηκε και το 2012, με ιδιαίτερα υψηλό ρυθμό και η εγκατεστημένη ισχύς των νέων έργων εκτιμάται σε 800 MW περίπου το 2012, διπλάσια της αντίστοιχης του 2011 (426 MW). Η τάση αυτή προβλέπεται ότι θα συνεχιστεί και το πρώτο εξάμηνο του 2013, παρά την αναστολή της αδειοδότησης για νέα έργα φωτοβολταϊκών (ισχύος μεγαλύτερης του 1 MWp και μικρότερης του 1 MWp, τα οποία δεν έχουν λάβει προσφορά όρων σύνδεσης) που ισχύει από τον Αύγουστο του 2012. Σύμφωνα με παράγοντες του κλάδου, αναμένεται μικρή μείωση του ρυθμού ανάπτυξης από το δεύτερο εξάμηνο του 2013, η οποία θα γίνει περισσότερο αισθητή το 2014, σε περίπτωση που τα εν εξελίξει έργα δεν υλοποιηθούν λόγω της τρέχουσας οικονομικής συγκυρίας (περιορισμένη χρηματοδότηση, έκτακτη εισφορά).

Όσον αφορά την Κρήτη, το τελευταίο διάστημα πληθαίνουν οι εγκρίσεις προτάσεων που είχαν κατατεθεί στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας για εγκατάσταση ηλιοθερμικών σταθμών στην ανατολική πλευρά του Νομού Λασιθίου σε περιοχές του Δήμου Σητείας και των πρώην Δήμων Ιτάνου και Λεύκης.

Είναι χαρακτηριστικό ότι η ΡΑΕ σε χρονικό διάστημα τριών μηνών έχει πάρει αποφάσεις για πέντε αιτήματα που αφορούσαν την άδεια για εγκατάσταση ηλιοθερμικών σταθμών σε όλη τη χώρα, από τις οποίες οι τέσσερις αφορούν το Νομό Λασιθίου και ειδικά την περιοχή της Σητείας και η μία τα Χανιά.

Οι πρώτες χορηγήσεις άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιοθερμικό σταθμό έγιναν από τη ΡΑΕ στις 24 Δεκεμβρίου 2010 και αφορούσαν δύο σταθμούς που η ισχύς τους συνολικά αγγίζει τα 100 MW.

Ο πρώτος έχει ισχύ 60MW και θα βρίσκεται στη θέση «Χώνος» του Δήμου Ιτάνου ενώ ανήκει στην εταιρεία «SUSTAINABLE SOLAR THERMAL FUTURE EAST – CRETE E.Π.Ε».

Ο δεύτερος ισχύος 38MW στη θέση «Πλαγιές» Αθρινόλακκου του Δήμου Λεύκης και ανήκει στην εταιρεία «NUR-MOH A.E.». [42]

Το 2010 υπογράφηκε από το Ταχυδρομικό Ταμιευτήριο, την Παγκρήτια Συνεταιριστική Τράπεζα και την T Bank μια συμφωνία συνεργασίας για τη χορήγηση κοινοπρακτικών δανείων, συνολικού ύψους 50 εκατ. ευρώ, με στόχο την κατασκευή φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κρήτη. Η συμφωνία στόχευε στην υλοποίηση του προγράμματος «Πράσινη ενέργεια στην Κρήτη» και αφορούσε στη χορήγηση κοινοπρακτικών δανείων σε επενδυτές για την κατασκευή φωτοβολταϊκών πάρκων. Η συνεργασία είχε ως σκοπό τη χρηματοδότηση της κατασκευής άνω των 200 φωτοβολταϊκών πάρκων ισχύος 80 kW που θα επιλεγούν από ένα σύνολο 1.200 που έχουν αδειοδοτηθεί στην Κρήτη. Η επιλογή των πάρκων θα εξασφάλιζε τόσο την οικονομική όσο και την κατασκευαστική επάρκεια των επενδύσεων.

Η συνεργασία του ομίλου Ταχυδρομικού Ταμιευτηρίου με την Παγκρήτια Συνεταιριστική Τράπεζα έρχεται σε συνέχεια της συνεργασίας της Παγκρήτιας Τράπεζας με την Ευρωπαϊκή

Τράπεζα Επενδύσεων, μέσω της οποίας διοχετεύθηκαν από το 2007 κεφάλαια ύψους 75 εκατ. ευρώ στην Κρήτη, για τη χρηματοδότηση αναπτυξιακών έργων υποδομής και για επενδύσεις στις ΜμΕ. [43]

Η Περιφέρεια Κρήτης και το Περιφερειακό Συμβούλιο, με σκοπό την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος της Κρήτης και την ορθολογική ανάπτυξη του νησιού, ενέκρινε τη σύναψη της σύμβασης μεταξύ Περιφέρειας Κρήτης και Πολυτεχνείου Κρήτης, για το έργο «Έρευνα Χωροθέτησης για την Βιώσιμη Εγκατάσταση Μεγάλων Μονάδων Φ/Β & Ηλιοθερμικών Ισχύος στην ΠΚ». Σκοπός της σύμβασης είναι αφενός ο προσδιορισμός των κατάλληλων χώρων στην Κρήτη για την εγκατάσταση μεγάλων πάρκων ηλιακής ηλεκτροπαραγωγής, (ηλιοθερμικά ισχύος, φωτοβολταϊκά συστήματα). Το αναφερόμενο ερευνητικό έργο θα συμβάλει στη δημιουργία και την ενίσχυση μιας συνολικής θεώρησης και αντίληψης για την εγκατάσταση των εν λόγω ενεργειακών μονάδων στην Κρήτη, ώστε να γίνει πιο ευχερής και ισορροπημένος ο προγραμματισμός τους από τους αρμόδιους φορείς στα πλαίσια της αειφόρου βιώσιμης ανάπτυξης και του γενικότερου αναπτυξιακού οράματος της Περιφέρειας Κρήτης. Ο συνολικός προϋπολογισμός για την εκτέλεση του Έργου της Προγραμματικής Σύμβασης ανέρχεται στο ποσό των τριάντα χιλιάδων Ευρώ (30.000,00 €), συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ. Το έργο θα χρηματοδοτηθεί από τους ΚΑΠ – Επενδύσεις της Περιφέρειας Κρήτης και αποτελεί το δεύτερο υποέργο (κωδ. 00.14.11.004.002) του έργου «Αναπτυξιακά Έργα σε Συνεργασία με Φορείς της Περιφέρειας Κρήτης» (κωδ. 00.14.11.004) και είναι ενταγμένο στο Σχέδιο Δράσης έτους 2012 της Περιφέρειας Κρήτης, με προϋπολογισμό 30.000,00 € και πιστώσεις για το έτος 2012 το ποσό των 20.000,00 € και για το έτος 2013 το ποσό των 10.000,00 € . [42]

Παράλληλα, δημιουργήθηκε ένα επενδυτικό πρόγραμμα ύψους 1 δισ. ευρώ, που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τη δημιουργία εργοστασίου παραγωγής φωτοβολταϊκών πάνελ νέας γενιάς. Οι προϋποθέσεις για την ανάπτυξη του προγράμματος εξέτασαν τα στελέχη της Γερμανικής εταιρείας «Mia electric GmbH» που επισκέφθηκαν το Ηράκλειο. Τα στελέχη της γερμανικής εταιρείας συναντήθηκαν επίσης με τη διοίκηση της ελληνικής εταιρείας και εξέτασαν τις δυνατότητες συνεργασίας των δύο εταιριών τόσο στην περίπτωση υλοποίησης της συγκεκριμένης Γερμανικής επένδυσης, όσο και ευρύτερα. Η «Mechatron» παράγει συστήματα στήριξης φωτοβολταϊκών (Atlas solar tracker). Οι δύο πλευρές συμφώνησαν να συνεχίσουν τις συνομιλίες στο Μόναχο, σε ένα μήνα, με την ευκαιρία της μεγάλης διεθνούς έκθεσης Intersolar.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η Κρήτη παρουσιάζεται ως πρωταθλήτρια των εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών σε στέγες. Αν και το δίκτυο εμφανίζεται κορεσμένο, το ενδιαφέρον εξακολουθεί να είναι πολύ έντονο. Ήδη έχουν εγκατασταθεί περίπου 7.000 κιλοβάτ και έχουν γίνει αιτήσεις για 27.000 κιλοβάτ. [43]

Το 2009 θεσπίστηκε ένα ειδικό πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων. Το πρόγραμμα αφορά στην εγκατάσταση συστημάτων μέχρι 10 KW σε κατοικίες και πολύ μικρές επιχειρήσεις στο Ηπειρωτικό Σύστημα και στα Διασυνδεδεμένα Νησιά, εφαρμόζεται από 1η Ιουλίου 2009 και θα διαρκέσει έως 31-12-2019. Η τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που διοχετεύεται στο δίκτυο ορίζεται σε 0,55 ευρώ /KWh. Ο οικιακός μικροπαραγωγός ηλιακού

ηλεκτρισμού απαλλάσσεται από το άνοιγμα βιβλίων στην Εφορία, δηλαδή τα έσοδα που πηγάζουν από την πώληση της ενέργειας δεν φορολογούνται. Σχετικά με τις μικρές επιχειρήσεις, η φοροαπαλλαγή ισχύει με την προϋπόθεση ότι τα κέρδη εμφανίζονται σε ειδικό λογαριασμό αφορολόγητου αποθεματικού. Στόχος του ως άνω προγράμματος, πλην της στήριξης του ηλεκτρικού δικτύου και της αξιοποίησης του ηλιακού δυναμικού της χώρας και ειδικά της Κρήτης, αποτελεί η παροχή κινήτρων στους πολίτες για την ενασχόλησή τους με την «πράσινη ενέργεια και επιχειρηματικότητα».

Συγκεκριμένα καθορίστηκαν νέες τιμές πώλησης για την παραγόμενη ενέργεια από φωτοβολταϊκά συστήματα. Η τιμολόγηση φθίνει με την πάροδο του χρόνου (ανά εξάμηνο) και αναπροσαρμόζεται ετησίως με βάση το 25% του πληθωρισμού του προηγούμενου έτους. Βασική προϋπόθεση για τον καθορισμό της τιμής πώλησης της παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα είναι η έναρξη της δοκιμαστικής λειτουργίας εντός δεκαοκτώ (18) μηνών από την υπογραφή της Σύμβασης Αγοροπωλησίας για τους σταθμούς ισχύος έως 10 MW και εντός τριάντα εξ (36) μηνών για τους σταθμούς ισχύος από 10 MW και άνω. [37]

5.3.3. Σχέδιο «Ήλιος»

Σε αρχικό στάδιο το σχέδιο «Ήλιος» συζητήθηκε στις 7 Οκτωβρίου 2011 στο ελληνογερμανικό επιχειρηματικό φόρουμ με συμμετοχή ελλήνων και γερμανών αξιωματούχων. Ο σκοπός του σχεδίου αυτού ήταν η απόσβεση του υπέρογκου δημοσίου χρέους της Ελλάδας από τα έσοδα που θα προκύψουν από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά και την εξαγωγή της στην Ευρώπη. Δηλώθηκε ότι για την υλοποίηση του σχεδίου απαιτείται έκταση 200.000 στρεμμάτων και επενδύσεις έως 20 δισ. ευρώ για την εγκατάσταση έως 10.000 μεγαβάτ για τα υπόλοιπα 25 χρόνια.

Η πλούσια ηλιοφάνεια της Ελλάδας, καθιστά την επένδυση ελκυστική λόγω της μεγάλης απόδοσης. Στο φόρουμ επισημάνθηκε επίσης ότι με το πρόγραμμα «Ήλιος» δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για τη βιώσιμη ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας και διευκολύνονται τα υπόλοιπα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην επίτευξη των ενεργειακών τους στόχων. [44]

Στις 26 Οκτωβρίου 2011 συζητήθηκε στην Σύνοδο Κορυφής της στις Βρυξέλλες, όπου η Ελλάδα δεσμεύτηκε ότι θα χρησιμοποιήσει τις μελλοντικές ταμειακές ροές από το Σχέδιο «Ήλιος» για περαιτέρω μείωση του χρέους, 15 δισ. ευρώ. Παράλληλα, το «Ήλιος» θα δημιουργήσει σημαντικά φορολογικά έσοδα για το κράτος, υποβοηθώντας δημοσιονομικά τη χώρα. Σε αυτό το πλαίσιο θα πρέπει να υπογραμμίσουμε την ενίσχυση της ευρωπαϊκής και κατ' επέκταση της εγχώριας ηλιακής βιομηχανίας.

Σαν πιθανότερη περιοχή για την εγκατάσταση φαίνεται η Κρήτη που έχει ιδανική ηλιοφάνεια. Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ, έχει αναπτυχθεί συγκεκριμένα για το Πρόγραμμα Ήλιος ένα σύστημα επεξεργασίας γεωγραφικών δεδομένων, από το οποίο έχουν ήδη προκύψει οι πρώτες διαθέσιμες και κατάλληλες να φιλοξενήσουν ηλιακά πάρκα, δημόσιες εκτάσεις. Τα κριτήρια που επιλέγονται για την επιλογή των κατάλληλων εκτάσεων προς αξιοποίηση αφορούν μεταξύ άλλων τα ακόλουθα: να είναι μη καλλιεργήσιμες εκτάσεις, αποκλείονται οι προστατευόμενες περιοχές, να έχουν νότιο προσανατολισμό, οι εκτάσεις να είναι κατά το δυνατόν κοντά στο δίκτυο υψηλής τάσης, ενώ η διασπορά των γεωτεμαχίων

ανά την χώρα είναι επιθυμητή για να αντισταθμίσει ακραία φορτία του δικτύου σε συγκεκριμένες περιοχές/σημεία. Σχετικά με τις ιδιωτικές εκτάσεις, έχουν αξιολογηθεί ως αξιοποιήσιμες εκτάσεις, γεωτεμάχια γης που βρίσκονται διάσπαρτα στην Ελληνική επικράτεια, και αφορούν δημόσιες, μη εκμεταλλεύσιμες εκτάσεις του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας (π.χ. εγκαταλελειμμένα πεδία βολής του στρατού), εγκαταλελειμμένα ορυχεία της ΔΕΗ και άλλες εκτάσεις κυριότητας του Ελληνικού Δημοσίου. Παράλληλα, εξετάζεται ήδη και η καταλληλότητα διαφόρων δημοτικών εκτάσεων, από επεξεργασία των πρώτων στοιχείων που απέστειλαν οι δήμοι, μετά από σχετική πρόσκληση του ΥΠΕΚΑ. Αν σε επόμενη φάση προκύψει έλλειμμα στις υπο αξιοποίηση εκτάσεις, τότε θα εξετάσουμε και το ενδεχόμενο να αξιοποιήσουμε ιδιωτικές εκτάσεις. [45]

Ουσιαστικά, το σχέδιο χωρίζεται σε δύο φάσεις. Η πρώτη αφορά παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ως 2 GW ενώ η δεύτερη αναμένεται να ξεκινήσει από το 2017 και αφορά 8GW. Και οι δύο φάσεις μπορεί να αποφέρουν σημαντικότητα οφέλη στο ελληνικό κράτος για την αποπληρωμή μέρους του δημοσίου χρέους.

Κατά την πρώτη φάση προβλέπεται τόσο η εξαγωγή (φυσική μεταφορά), όσο και η στατιστική μεταφορά (εικονική μεταφορά και πώληση εντός της Ελλάδας όχι με την τιμή την εγγυημένη, την υψηλή των φωτοβολταϊκών, αλλά με την τιμή την οριακή του συστήματος) ενέργειας σε κάποιες βορειοευρωπαϊκές χώρες.

Η υλοποίηση όμως της δεύτερης φάσης απαιτεί τη δημιουργία υπερσύγχρονων «ενεργειακών λεωφόρων» τα οποία αποτελούν μία από τις προτεραιότητες της Επιτροπής που σχεδιάζει να διαθέσει περίπου 9 δισ. ευρώ ως το 2020 για την κατασκευή ενεργειακών δικτύων (για κάθε μορφή ενέργειας).

Ένα από τα σημαντικότερα θέματα είναι η μεταφορά της ενέργειας στις χώρες αποδέκτες. Στην κατεύθυνση αυτή συζητείται η εναέρια και η υποθαλάσσια διασύνδεση με Δυτικά και Ανατολικά Βαλκάνια, Αδριατική και Ηπειρωτική Ιταλία. Με τη χρήση γραμμών συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης οι απώλειες μεταφοράς αναμένεται να είναι 3%-4%, γεγονός που δεν προκαλεί πρόβλημα βιωσιμότητας της επένδυσης. [46]

5.3.4 Εισαγωγή του Συστήματος Αντλιοσταμείωσης στο υφιστάμενο Σ.Η.Ε. Κρήτης

Η μέχρι σήμερα εμπειρία δείχνει ότι η τεχνολογία της αντλιοσταμείωσης χαρακτηρίζεται από μεγάλη τεχνική και οικονομική αξιοπιστία, είναι απόλυτα φιλική με το περιβάλλον και εύκολα εγκαταστάσιμη σε περιοχές που η τοπογραφία και η διαθεσιμότητα νερού τα επιτρέπει.

Στις 25 Φεβρουαρίου 1998 έγινε Επιστημονική συνάντηση για την εισαγωγή Αντλιοσταμειωτήρων στην Κρήτη με πρωτοβουλία της Περιφέρειας Κρήτης και του Ενεργειακού Γραφείου της και στην οποία συμμετείχαν ειδικοί επιστήμονες από τη ΔΕΗ, το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, τον Οργανισμό Ανάπτυξης Ανατολικής Κρήτης, το Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας του ΤΕΙ Ηρακλείου και το Ενεργειακό Γραφείο Κρήτης. Στη συνάντηση αυτή φάνηκε καθαρά ότι από τις μελέτες που οι ανωτέρω φορείς έχουν κατά

καιρούς εκπονήσει, προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι αντλησιοταμιευτήρες μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό παράγοντα' για την εξέλιξη του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης.

Οι λόγοι για τους οποίους επιδιώκεται η εφαρμογή των συστημάτων αντλησιοταμίευσης είναι οι εξής:

1. Μείωση του κόστους της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.
2. Αύξηση της διείσδυσης στο Δίκτυο της ΔΕΗ Αιολικών Πάρκων.
3. Δυνατότητα του συστήματος παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Κρήτης να απορροφήσει ισχύ Αιολικών Μονάδων της τάξης των εκατοντάδων MW με προφανή μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου στο ελάχιστο τεχνικά δυνατό. Τα οικονομικά δεδομένα μιας τέτοιας ενέργειας αναμένονται εντυπωσιακά ελκυστικά.
4. Βελτίωση της ποιότητας της ενέργειας (σταθεροποίηση της τάσης και της συχνότητας του δικτύου).
5. Δημιουργία πολλών θέσεων εργασίας για ντόπιο επιστημονικό, τεχνικό και εργατικό δυναμικό, το οποίο θα μελετήσει, θα κατασκευάσει και θα συντηρήσει τα έργα. Η τεχνογνωσία που θα αποκτηθεί θα μπορέσει να διαχυθεί στο εξωτερικό όπου οι συνθήκες το επιτρέπουν.
6. Εφικτή η ανάπτυξη των έργων αυτών με πολύ μεγάλο ποσοστό προστιθέμενης αξίας από ντόπιους φορείς, λόγω της κλίμακας τους
7. Προώθηση της συνδυασμένης διαχείρισης του υδάτινου και του Αιολικού δυναμικού Κρήτης, προσφέροντας νερό για άρδευση και ηλεκτρική ενέργεια. [47]

Το 2010 στο νομό Λασιθίου ανιχνευθήκαν περιοχές από τη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση με χρηματοδότηση που εξασφαλίστηκε μέσω του ευρωπαϊκού προγράμματος «WindTecknow», οι οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης.

Τον Ιανουάριο του 2012 με την υπογραφή της σύμβασης μεταξύ του ΟΑΔΥΚ και της ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΒΕΤΕ έγινε το πρώτο βήμα για τον υβριδικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την αξιοποίηση των νερών του Φράγματος των Ποταμών Αμαρίου του Νομού Ρεθύμνου. Πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα έργα που σχεδιάζονται να εκτελεστούν σε επίπεδο χώρας. Οι εγκαταστάσεις του έργου αφορούν τρεις δήμους της Κρήτης. Το δήμο Αμαρίου, εντός των ορίων του οποίου βρίσκεται το Φράγμα και θα κατασκευαστεί ο σταθμός, τον δήμο Ρεθύμνου, καθώς στα Χάρκια θα κατασκευαστεί λιμνοδεξαμενή και το δήμο Σητείας όπου θα κατασκευαστεί το αιολικό πάρκο με τις ανεμογεννήτριες. Το έργο προβλέπεται να έχει συνολικό προϋπολογισμό 230 εκατομμύρια ευρώ και θα χρηματοδοτηθεί εν μέρει από ίδια κεφάλαια της εταιρείας «ΤΕΡΝΑ» και κατά το μεγαλύτερο μέρος από τραπεζική χρηματοδότηση, που αναζητά η εταιρεία. Προβλέπεται η αξιοποίηση ορισμένης ποσότητας νερού από το Φράγμα των Ποταμών και η χρήση του μέσω υβριδικού σταθμού, τον οποίο θα εκμεταλλεύεται για 20 χρόνια η «ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ». Ο ανάδοχος αναλαμβάνει να κατασκευάσει υβριδικό σταθμό με αναστρέψιμες μονάδες, συστοιχία αντλιών, Α/Π με εγκατεστημένη ισχύ 81 MW και όλες τις συναφείς εγκαταστάσεις (γραμμές μεταφοράς, υποσταθμούς κλπ.), ώστε να αποδίδει στο Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας της Κρήτης εγγυημένη ισχύ 50 MW. Ο υβριδικός σταθμός θα συνδυάζει τη λειτουργία Αιολικού Πάρκου και Αναστρέψιμου Υδροηλεκτρικού

(σύστημα αντλησιοταμίευσης). Προβλέπεται η κατασκευή μίας λιμνοδεξαμενής στα Χάρκια, σε χώρο του δήμου Ρεθύμνου 64 στρεμμάτων, η οποία θα έχει χωρητικότητα 1.150.000 κυβικά μέτρα νερού. Από εκεί, υπόγειες σωληνώσεις θα καταλήγουν σε μία έκταση 17 στρεμμάτων, δίπλα στον ταμιευτήρα του φράγματος. Σε αυτή την έκταση θα κατασκευαστεί ο υβριδικός σταθμός, που θα έχει 11 επίπεδα, τα 10 εκ των οποίων θα είναι υπόγεια. Μόνο ένα επίπεδο θα είναι υπέργειο. Ο ΟΑΔΥΚ υποχρεούται να έχει διαθέσιμη ποσότητα 2 εκ. κυβικών μέτρων νερού για τις ανάγκες του υβριδικού εργοστασίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι με βάση το χρονοδιάγραμμα της σύμβασης, το έργο θα πρέπει να έχει παραδοθεί σε πέντε χρόνια από σήμερα. Εάν τα χρονοδιαγράμματα τηρηθούν και οι αδειοδοτήσεις χορηγηθούν εγκαίρως, τότε το έργο μπορεί να αποτελεί πραγματικότητα μέχρι το 2017. Κατά τις πληροφορίες, το έργο έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον των τραπεζών και θεωρείται αξιόπιστο για χρηματοδότηση. Εκτιμάται πως το έργο θα παίζει σημαντικό ρόλο στα ενεργειακά προβλήματα του νησιού και θα αποτελέσει μία πολύ καλή λύση στο να αποθηκεύεται η στοχαστική ενέργεια που παράγεται από τον άνεμο και να αποδίδεται στο σύστημα εγγυημένα. [48]

Μια άλλη μεγάλη επένδυση που σχεδιάζεται να κατασκευαστεί στην Κρήτη, παράγοντας περισσότερα από 90 μεγαβάτ, έγινε από τον γαλλικό όμιλο «Energies Nouvelles». Πρόκειται για ένα σταθμό που θ'αναπτυχθεί σε 5 θέσεις σε όλη την Κρήτη με το υδροηλεκτρικό-αντλητικό σύστημα να τοποθετείται στα σύνορα Ηρακλείου-Λασιθίου (Κουτράλια-Άνω Λιμνιά) και 4 αιολικά πάρκα στους νομούς Ρεθύμνου και Χανίων. Τα αιολικά πάρκα θα παράγουν την ενέργεια η οποία θα αποθηκεύεται με την αντλησιοταμίευση με τη μορφή δυναμικής ενέργειας του νερού. Πρόκειται για μια επένδυση πολλών εκατομμυρίων ευρώ που θα κάνει η εταιρεία «Υδροαιολική Κρήτης» (θυγατρική της γαλλικής EDF) και η οποία υπόσχεται να προσφέρει στο σύστημα της Κρήτης εγγυημένη ισχύ. Το προτεινόμενο έργο αφορά στην κατασκευή και λειτουργία Αιολικού-Αντλητικού Υδροηλεκτρικού Συστήματος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας εγκατεστημένης ισχύος 90,1 MW Αιολικά και 100 MW Υδροηλεκτρικό-Αντλητικό. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από κάθε Αιολικό Πάρκο («Κουτράλια-Άνω Λιμνιά», «Σπίνα», «Πλακάκια», «Λαμπινή», «Καλή Συκιά») θα συγκεντρώνεται μέσω υπόγειων καλωδίων Μέσης Τάσης (20 kV) στο κέντρο ελέγχου του εκάστοτε πάρκου και στη συνέχεια θα διοχετεύεται μέσω είτε εναέριας γραμμής είτε υπόγεια γραμμής, είτε συνδυασμού και των δύο τύπων γραμμών, μεταφοράς μέσης τάσης (20 kV) στο δίκτυο της ΔΕΗ. [49]

Επίσης, στην Κρήτη και συγκεκριμένα στην περιοχή Αποπηγάδι Χανίων προωθείται πλέον η δημιουργία μιας βιομηχανικής ζώνης παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από πέντε θυγατρικές της γαλλικής EDF. Στο Αποπηγάδι σχεδιάζονται αιολικά υβριδικά πάρκα ισχύος 200 MW, εκατοντάδων ανεμογεννητριών ισχύος τουλάχιστον 1 MW, με 8 ανεξάρτητες δεξαμενές χωρητικότητας 1.000.000 κυβικών μέτρων νερού έκαστη για υβριδικούς (που λειτουργούν συμπληρωματικά όταν δε φυσάει αέρας) σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα έργα αυτά προβλέπεται να υλοποιηθούν τώρα που εξασφαλίστηκε η έγκριση της ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας). Ωστόσο, στην περιοχή γύρω από το Αποπηγάδι έχουν προκληθεί αντιδράσεις τοπικών φορέων, που τονίζουν ότι τα έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην κλίμακα που ετοιμάζονται στο Αποπηγάδι απειλούν με ερημοποίηση

Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση Συνεισφοράς Υδροηλεκτρικών Σταθμών (ΥΗΣ) Αναστρέψιμης Λειτουργίας στο ΣΗΕ Κρήτης
Χριστοφορίδη Ευγενία

μεγάλο τμήμα του βουνού, που είναι ζωτικής σημασίας για την ύδρευση της ευρύτερης περιοχής. [50]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

Έχοντας στη διάθεση τον πίνακα δεδομένων από τη ΔΕΗ, ο οποίος περιλαμβάνει τη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο ΣΗΕ της Κρήτης για το έτος 2010, το ηλεκτρικό φορτίο, τη συνεισφορά των αιολικών και των συμβατικών μονάδων, όπως και τις απώλειες, έγινε επεξεργασία του πίνακα, από τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα για το ηλεκτρικό φορτίο και τη συμμετοχή των συμβατικών και των αιολικών μονάδων. Με βάση τα δεδομένα αυτά δημιουργήθηκε ένας καινούργιος πίνακας.

Κατά τη δημιουργία του καινούργιου πίνακα φτιάχνεται μια αρχική υπόθεση, σύμφωνα με την οποία διπλασιάζεται η δεδομένη αιολική παραγωγή και, αναλόγως με τη ζήτηση, γίνεται η αποθήκευσή της. Συγκεκριμένα, αν η υποτιθέμενη διπλάσια αιολική παραγωγή υπερβαίνει το 30% της ηλεκτρικής ζήτησης, το περίσσειμα αποθηκεύεται με τη μορφή νερού στον ταμιευτήρα. Αλλιώς, εάν είναι μικρότερη του 30% της ζήτησης, δίνεται στο δίκτυο. Η ενέργεια που αποθηκεύεται θα χρησιμοποιείται από το δίκτυο στις ώρες αιχμής, δηλαδή όταν η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή.

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να αποδείξει πως η αύξηση της αιολικής παραγωγής και η εισαγωγή ενός συστήματος αντλιοσταμίου στο υφιστάμενο σύστημα ηλεκτρικής παραγωγής της Κρήτης, το οποίο θα αποθηκεύει την περίσσεια αιολική παραγωγή και θα την αποδίδει στο δίκτυο κατά τις ώρες αιχμής, θα μπορούσε να βελτιώσει την ενεργειακή κατάσταση του νησιού, μειώνοντας σημαντικά την παραγωγή των συμβατικών μονάδων.

Η δημιουργία του πίνακα και όλη η υπολογιστική διαδικασία γίνεται με τη βοήθεια του Excel. Στο πρώτο στάδιο μεταφέρονται τα δεδομένα για το φορτίο και την αιολική παραγωγή από τον πίνακα, που μας προσφέρθηκαν από τη ΔΕΗ με τα στοιχεία του έτους 2010. Έτσι, έχοντας δεδομένα για την κάθε ώρα του έτους, υπολογίζεται το συνολικό φορτίο και η συνολική αιολική παραγωγή. Οι αντίστοιχες στήλες του πίνακα είναι «ΦΟΡΤΙΟ» και «ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ».

Στη συνέχεια, δημιουργείται μια καινούργια στήλη του πίνακα, η οποία περιλαμβάνει την ηλεκτρική παραγωγή από τις συμβατικές μονάδες. Η στήλη αυτή προκύπτει από την αφαίρεση της αιολικής παραγωγής από την συνολική ζήτηση. Δηλαδή:

$$\text{ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΣΥΒΑΤΙΚΑ} = \text{ΦΟΡΤΙΟ} - \text{ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ}$$

Ως επόμενο βήμα δημιουργείται η στήλη «ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ», που περιλαμβάνει τα ποσοστά της διείσδυσης των αιολικών μονάδων στη συνολικό φορτίο:

$$\text{ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ} = \text{ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ} / \text{ΦΟΡΤΙΟ}$$

Στην επόμενη στήλη, «ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ», δημιουργείται η θεώρηση, κατά την οποία η δεδομένη αιολική παραγωγή διπλασιάζεται. Η στήλη αυτή αποτελεί την υποτιθέμενη διπλάσια αιολική ενέργεια και προκύπτει από το διπλασιασμό της στήλης «ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ»:

$$\text{ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ} = 2 * \text{ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ}$$

Στη συνέχεια, υπολογίζονται τα ποσοστά συμμετοχής της υποτιθέμενης διπλάσιας αιολικής παραγωγής στο συνολικό φορτίο:

$$\text{ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ} = \frac{\text{ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ}}{\text{ΦΟΡΤΙΟ}}$$

Στην στήλη «STORAGE IN», που δημιουργείται στη συνέχεια, σχηματίζεται μια υπόθεση. Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή, αν η συμμετοχή της υποτιθέμενης διπλάσιας αιολικής παραγωγής είναι μεγαλύτερη από το όριο 30% που ορίζεται, τότε η περίσσεια θα αποθηκεύεται. Αλλιώς, εάν είναι μικρότερη από το όριο 30%, τότε η ενέργεια αυτή θα αποδίδεται στο δίκτυο και η αποθήκευση στη μπαταρία είναι μηδενική. Δηλαδή:

$$\text{STORAGE IN} = \text{if} (\text{ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ} > 0,3; (\text{ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ} - \text{ΦΟΡΤΙΟ} * 0,3); 0)$$

Η επόμενη στήλη, «ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ», παρουσιάζει τις τιμές της αιολικής ενέργειας μετά την αποθήκευση κάποιου μέρους της στην μπαταρία:

$$\text{ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ} = \text{ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ} - \text{STORAGE IN}$$

Η στήλη «GAP» παρουσιάζει πόση επιπλέον αιολική παραγωγή χρειάζεται για να φτάσει η συμμετοχή στο όριο 30%, προκειμένου να γίνει η αποθήκευση. Στην περίπτωση που η καινούρια αιολική παραγωγή είναι μεγαλύτερη από το όριο 30%, τότε δεν χρειάζεται η επιπλέον αιολική παραγωγή για να καλύψει το κενό και το GAP είναι μηδενικό. Δηλαδή:

$$\text{GAP} = \text{if} (\text{ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ} < 0,3; (0,3 - \text{ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ}) * \text{ΦΟΡΤΙΟ}; 0)$$

Η συνολική αποθήκευση ενέργειας στην μπαταρία σχηματίζει τη στήλη «ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ». Με άλλα λόγια, είναι η ενέργεια που αποθηκεύεται κάθε φορά στη μπαταρία και από την αφαιρείται η ενέργεια που χρειάζεται για να καλύψει το κενό (GAP), όταν η συμμετοχή είναι μικρότερη από το όριο:

$$\text{ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ} = \text{ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ} - \text{GAP} + \text{STORAGE IN}$$

Στην στήλη «STORAGE OUT» παρουσιάζεται η ενέργεια που παράγεται από το σύστημα σε περιπτώσεις υψηλής ζήτησης φορτίου.:

$$\text{STORAGE OUT} = \text{if} (\text{GAP} > \text{ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ}; 0; \text{GAP})$$

Η στήλη «ΠΟΣΟΣΤΟ» εμφανίζει το ποσοστό συμμετοχής των αιολικών μονάδων στην ηλεκτρική παραγωγή μετά την αποθήκευση του μέρους της στην μπαταρία:

$$\text{ΠΟΣΟΣΤΟ} = \frac{\text{ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ} - \text{STORAGE IN} + \text{STORAGE OUT}}{\text{ΦΟΡΤΙΟ}}$$

Η τελευταία στήλη, «ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ» παρουσιάζει την συμμετοχή των συμβατικών μονάδων μετά την αποθήκευση της ενέργειας στις μπαταρίες:

ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ = ΦΟΡΤΙΟ - ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΗ
ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ + STORAGE IN - STORAGE OUT

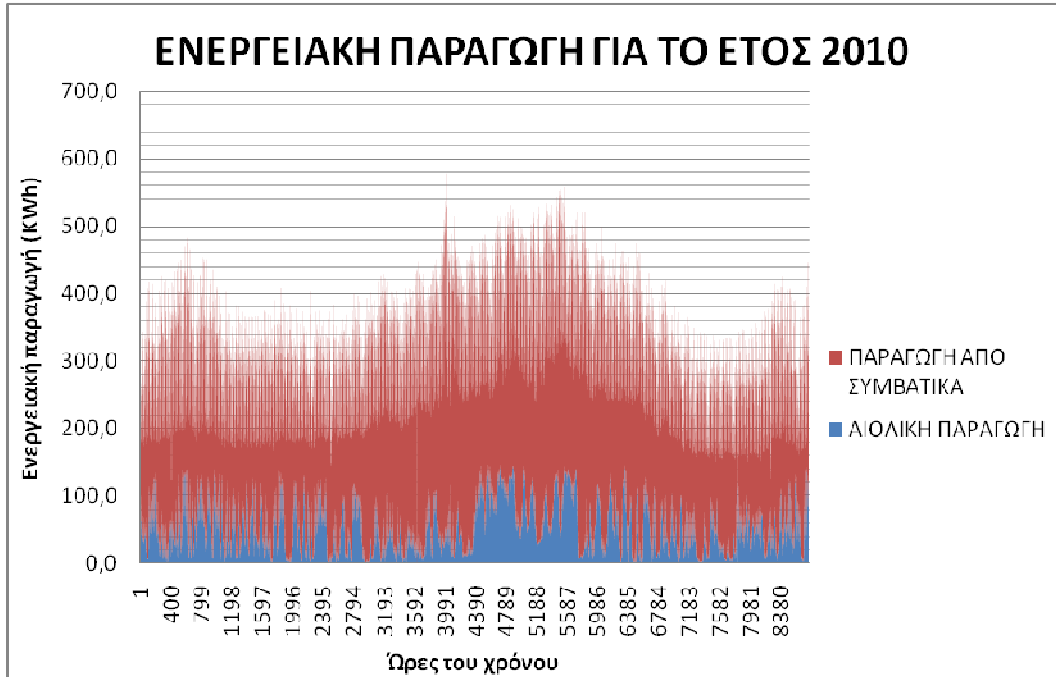
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Ανοίγωντας το αρχείο [ΣΗΕ.xls](#) μπορεί να μελετηθεί αναλυτικά ο πίνακας δεδομένων που δημιουργήθηκε. Στον πίνακα αυτόν εμφανίζονται δεδομένα για το φορτίο, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα συμβατικά, όπως και τη συμμετοχή των αιολικών μονάδων στην ηλεκτροπαραγωγή του νησιού, που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια του έτους 2010. Εκτός των προαναφερθέντων στον πίνακα περιλαμβάνονται τέτοια στοιχεία, όπως η υποτιθέμενη διπλάσια αιολική παραγωγή, η ενέργεια που αποθηκεύεται με χρήση της ανλυσιοταμίευσης, η παραγωγή αιολικής ενέργειας μετά την αποθήκευση του μέρους της σε μπαταρία και, τέλος, η απαιτούμενη παραγωγή από τις συμβατικές μονάδες για την κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου.

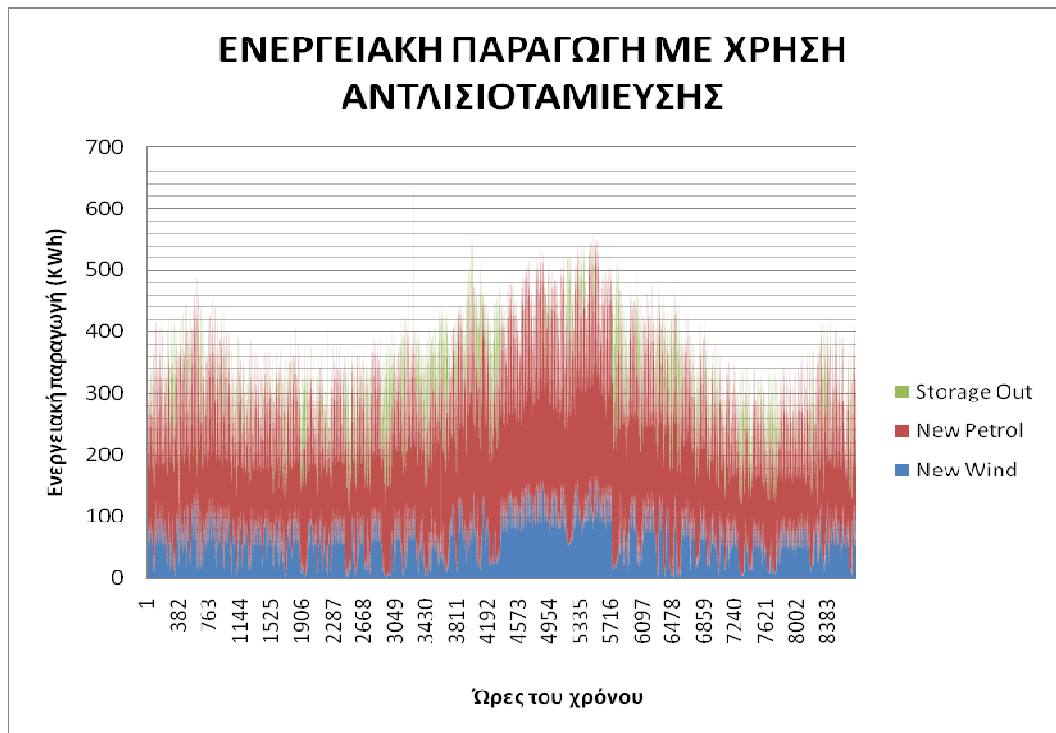
Σύμφωνα με τα δεδομένα της ΔΕΗ, η μέγιστη ηλεκτρική ζήτηση για το 2010 αντιστοιχεί σε 627,9 MWh και παρουσιάστηκε την 3294 ώρα του τα χρόνου, δηλαδή στις 18/05/2010. Η μέγιστη παραγωγή από τα συμβατικά που φτάνει σε 597,9 MWh παρουσιάζεται επίσης την ίδια μέρα. Η μέγιστη παραγωγή των αιολικών φτάνει σε 148,3 MWh. Η συνολική ετήσια ζήτηση αντιστοιχεί σε 2.732.767 MWh, η συνολική ετήσια αιολική παραγωγή σε 477.938,8 MWh και η συνολική ετήσια παραγωγή από τα συμβατικά σε 2.254.828,4 MWh. Από τη θεώρηση που δημιουργήθηκε, σύμφωνα με την οποία η αιολική ενέργεια διπλασιάζεται, η υποτιθέμενη ετήσια αιολική παραγωγή φτάνει σε 955.877,56 MWh. Η συνολική υποτιθέμενη αποθήκευση αιολικής ενέργειας κατά τη διάρκεια του έτους, χωρίς να συμπεριλαμβάνει της απώλειες ενέργειας κατά την αποθήκευση, υπολογίζεται ότι θα μπορούσε να φτάσει σε 340.853,34 MWh. Το ποσοστό συμμετοχής της υποτιθέμενης διπλάσιας αιολικής παραγωγής στο συνολικό φορτίο είναι σταθερό και ίσο με 30%. Η μέγιστη καινούργια συμμετοχή των αιολικών στην ηλεκτροπαραγωγή του νησιού παρουσιάζει 169,44 MWh και η μέγιστη συμμετοχή των συμβατικών μονάδων είναι πλέον 439,53 MWh.

Οι παραγωγή ενέργειας μετά την αποθήκευσή της αντιστοιχεί σε 204.837,06 MWh. Έτσι, η συνολική ετήσια αποθήκευση ενέργειας φτάνει σε 63.4415.955,3 MWh. Η καινούργια ετήσια αιολική συμμετοχή που παρουσιάζεται μετά την αποθήκευση είναι 615.024,22 MWh και η καινούργια συμμετοχή των συμβατικών μονάδων φτάνει σε 1.912.905,92 MWh.

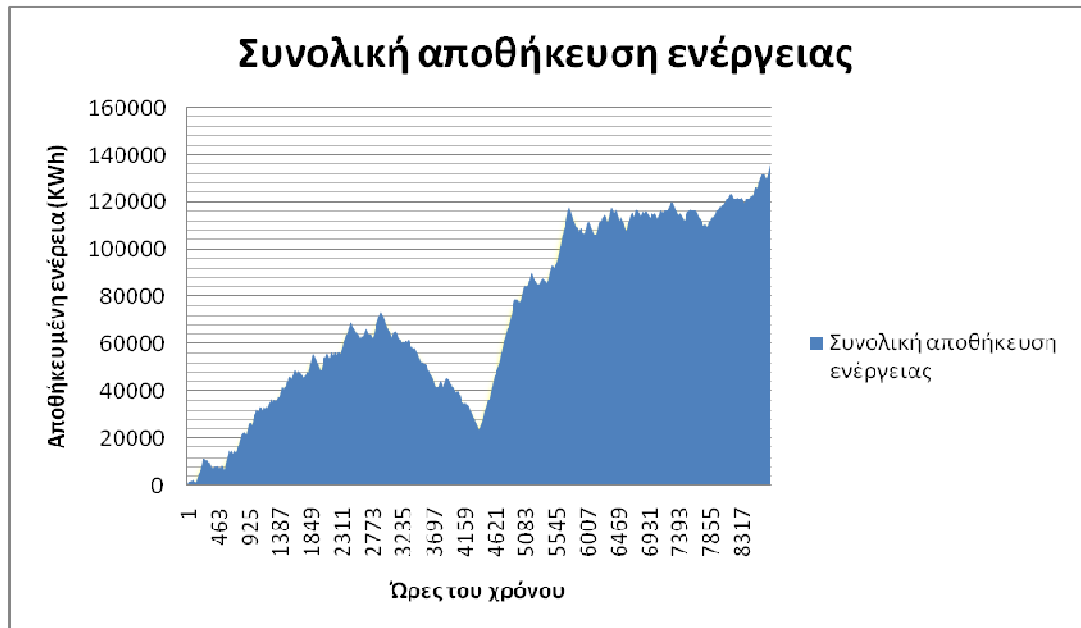
Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα που δημιουργήθηκαν με τα στοιχεία του πίνακα :



Διάγραμμα 6.1. Ενεργειακή παραγωγή για το έτος 2010



Διάγραμμα 6.2. Υποτιθέμενη ηλεκτρική παραγωγή με χρήση αντλιοσταμίου για το έτος 2010



Διάγραμμα 6.3. Αποθήκευση αιολικής ενέργειας σε μπαταρία

Στο διάγραμμα 6.1. απεικονίζεται η πραγματική ηλεκτρική παραγωγή της Κρήτης κατά τη διάρκεια του 2010. Κατά το μεγαλύτερο μέρος η παραγωγή αυτή προέρχεται από συμβατικές μονάδες, συγκεκριμένα από τους τρεις θερμοηλεκτρικούς σταθμούς της Κρήτης. Το υπόλοιπο μέρος της παραγωγής αναφέρεται στην συμμετοχή των αιολικών πάρκων του νησιού.

Στο διάγραμμα 6.2. παρουσιάζεται η ενεργειακή παραγωγή του νησιού που θα μπορούσε να επιτευχθεί με τη χρήση της αντλιοσταμείωσης με την προϋπόθεση ότι η πραγματική αιολική παραγωγή θα διπλασιαστεί, όπως επίσης και η καινούργια απαιτούμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις συμβατικές μονάδες για να καλυφθεί η ζήτηση.

Στο τελευταίο διάγραμμα, διάγραμμα 6.3., φαίνεται πως κυμαίνεται η αποθήκευση της αιολικής ενέργειας κατά τη διάρκεια του έτους και η συνολική αποθήκευση της ενέργειας με χρήση της αντλιοσταμείωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δεδομένου ότι το αιολικό δυναμικό της Κρήτης είναι αρκετά υψηλό, η περισσότερη χρήση ανεμογεννητριών θα μπορούσε να αποτελέσει σήμερα μια ανταγωνιστική λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπου η στιγμιαία ισχύς διείσδυσής τους δε θα ξεπερνά το 30% της ζήτησης για λόγους ευστάθειας του δικτύου (λόγω της αστάθειας που παρουσιάζει η παραγωγή της αιολικής ενέργειας). Στα πλαίσια της εργασίας αυτής διαμορφώθηκε μία θεώρηση, σύμφωνα με την οποία η αιολική παραγωγή, που αναφέρεται από τη ΔΕΗ, θα μπορούσε να διπλασιαστεί, και ένα μέρος της να αποθηκευτεί σε μπαταρίες ή σε έναν ταμιευτήρα με τη μορφή νερού, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί αργότερα σε ώρες αυξημένης ζήτησης. Επεξεργάζοντας τα δεδομένα της ΔΕΗ για την ενεργειακή κατάσταση της Κρήτης το 2010 δημιουργήθηκε ένας καινούργιος πίνακας με δεδομένα.

Αναλύοντας τα διαγράμματα που κατασκευάστηκαν με την χρήση του καινούργιου πίνακα, διαπιστώνουμε ότι η ενεργειακή παραγωγή το 2010 κατά μεγαλύτερο μέρος της αποτελείται από την παραγωγή των συμβατικών μονάδων. Η μέγιστη τιμή που παρουσιάζει η ζήτηση είναι 627,9 MWh και αντιστοιχεί στις 18/05/2010. Από το διάγραμμα 6.1. φαίνεται πως η μέγιστη ηλεκτρική παραγωγή από τα συμβατικά αντιστοιχεί στους καλοκαιρινούς μήνες, και συγκεκριμένα από τον Μάιο μέχρι και τον Σεπτέμβρη. Η αυξημένη παραγωγή τους καλοκαιρινούς μήνες ευθύνεται στην αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας λόγω τουρισμού. Η μέγιστη τιμή της συμβατικής παραγωγής είναι 597,9 MWh και παρουσιάζεται την ημέρα της υψηλότερης ζήτησης, δηλαδή στις 18/05/2010. Από το ίδιο διάγραμμα παρατηρούμε πως η αιολική παραγωγή ήταν σχετικά σταθερή κατά τη διάρκεια του έτους με μια μικρή αύξηση να παρατηρείται τους καλοκαιρινούς μήνες και τη μέγιστη τιμή της να φτάνει 148,3 MWh.

Σύμφωνα με την προϋπόθεση που δημιουργήθηκε, η δεδομένη αιολική ενέργεια διπλασιάζεται και το ένα μέρος της με ποσοστό διείσδυσης μεγαλύτερο του 30% της ζήτησης αποθηκεύεται. Στο διάγραμμα 6.2. παρουσιάζεται η καινούργια αιολική παραγωγή που έχουμε μετά την αποθήκευση, όπως και η καινούργια παραγωγή των συμβατικών που είναι απαραίτητη για να καλυφθεί η ζήτηση. Διαπιστώνουμε πως η αιολική παραγωγή σε αυτή την περίπτωση είναι μεγαλύτερη από ότι ήταν, έχει πιο σταθερές τιμές, εφόσον παρουσιάζονται πιο πυκνές στο διάγραμμα. Παρατηρούμε επίσης ότι έχει αυξηθεί και η μέγιστη τιμή συμμετοχής των αιολικών και είναι 169,44 MWh. Όσον αφορά την παραγωγή των συμβατικών μονάδων βλέπουμε ότι έχει μειωθεί αρκετά, εφόσον οι τιμές που παρουσιάζει ο πίνακας 6.2. είναι πιο αραιές από αυτές του πίνακα 6.1. Η μέγιστη τιμή των συμβατικών τώρα αντιστοιχεί σε 439,53 MWh, δηλαδή 158,4 MWh μικρότερη από ότι ήταν πριν την αποθήκευση της αιολικής ενέργειας.

Συγκρίνοντας τις συνολικές ετήσιες παραγωγές ενέργειας από τα αιολικά, βλέπουμε ότι μετά το διπλασιασμό και την αποθήκευση αιολικής ενέργειας, η αιολική παραγωγή αυξάνεται από 477.938,8 MWh που ήταν σε περίπτωση που δεν είχε εφαρμοστεί η αντλιοσταμείωση σε 615.024,22 MWh. Όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα συμβατικά, παρατηρούμε ότι παράγουν πολύ λιγότερη ενέργεια ετησίως από ότι πριν την αποθήκευση. Συγκεκριμένα, η ετήσια παραγωγή από 2.254.828,4 MWh έχει μειωθεί σε 1.912.905,92 MWh.

Το ποσοστό συμμετοχής των αιολικών στην ηλεκτροπαραγωγή παρατηρείται σταθερό και ίσο με 30%. Το συνολικό ποσό της αποθηκευμένης ενέργειας, που φαίνεται από το διάγραμμα 6.3., φτάνει σε 63.4415.955,3 MWh/ έτος.

Η ενέργεια που παράγεται από το σύστημα υπό τη μορφή του νερού που διακινείται από τον υψηλότερο στον χαμηλότερο ταμιευτήρα κατά της ώρες υψηλής ενεργειακής ζήτησης είναι 204.837,06 MWh. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος, που προκύπτει αν διαιρέσουμε την παραγόμενη ενέργεια με αποθηκευμένη, αντιστοιχεί σε 60%. Οι απώλειες του συστήματος που οφείλονται στο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό που παρεμβαίνει (αντλία, ηλεκτροκινητήρας, μετασχηματιστές) υπολογίζονται ίσες με 136016,28 MWh.

Συμπερασματικά, διαπιστώνουμε ότι η ενεργειακή αποθήκευση είναι σημαντική για το ηλεκτρικό σύστημα της Κρήτης. Βλέπουμε ότι η περισσότερη διείσδυση στο νησί της Κρήτης των αιολικών μονάδων με συστήματα αποθήκευσης υποστηρίζει το δίκτυο, εξομαλύνει τις αιχμές ζήτησης, δεν δημιουργεί προβλήματα στην ευστάθεια του δικτύου, αλλά αντιθέτως την βελτιώνει. Για τη μακροπρόθεσμη αποθήκευση ενέργειας την ιδανικότερη λύση παρουσιάζουν τα συστήματα αντλιοσταμίου και του συμπιεσμένου αέρα, που παρουσιάζουν την ικανότητα να αποθηκεύουν πολύ μεγάλες ποσότητες ενέργειας και για μακράς διάρκειας χρονικές περιόδους. Ενώ οι μπαταρίες και οι κυψέλες καυσίμου καθιστούν τις τεχνολογίες ιδανικές για καταναεμημένες εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής.

Επίσης σημειώνουμε ότι η ενσωμάτωση των διατάξεων αποθήκευσης στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης, θα μπορούσε να οδηγήσει στη βελτιστοποίηση της συνολικής απόδοσης του συστήματος, τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, και το σπουδαιότερο, στην αντικατάσταση των ρυπογόνων τρόπων παραγωγής ενέργειας με φιλικά προς το περιβάλλον συστήματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BIBLIOGRAFIA BIBLIOY

1. Ι. Καλδέλλης, *Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας*, Αθήνα 2005
2. Ι. Φραγκιαδάκης, *Φωτοβολταϊκά Συστήματα*, 3ή έκδοση, Θεσσαλονίκη 2009
3. Σημειώσεις του μαθήματος «Στοιχεία Μηχανολογικού Εξοπλισμού», *Ταξινόμηση Αντλιών*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών
4. U.S. Department of Energy, *Microhydropower handbook*, Volume 1, 1983
5. Praveen, Department of mechanical engineering, *Fluid mechanics and hydraulic machinery, Kaplan turbines*
6. Δ. Κατσαπαράκης, Δ. Χρηστάκης, Κ. Κονταξάκης, *Εισαγωγή Συστήματος Αντλησιοταμίευσης στο Υφιστάμενο Σύστημα Ηλεκτροπαραγωγής της Κρήτης*, 2004

BIBLIOGRAFIA APΘPOY ΠEPIOΔIKOY

7. Κ. Τζέλης, Στην Ικαρία στραμμένα τα «ενεργειακά» μάτια της Ευρώπης, Εφημερίδα «Ημερήσια», Τεύχος Ιανουαρίου 2012
8. Μπακόλας, Υβριδικό ενεργειακό έργο Ικαρίας: Ένα πρωτοποριακό πρόγραμμα σε εξέλιξη, Περιοδικό «Ανεμολογία», Τεύχος Ιουλίου-Αυγούστου 2011
9. Οδηγία 2009/28/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 140/16, 5.6.2009.

BIBLIOGRAFIA ONLINE

10. Ανεμογεννήτριες – Τα πάντα γύρω από τις ανεμογεννήτριες [online]. Διαθέσιμο από: <http://anemogennitries.blogspot.gr>
11. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.cres.gr>
12. ΔΕΗ – Ανανεώσιμες [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.ppcr.gr>
13. Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς [online]. Διαθέσιμο από: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/>
14. Επαγγελματικός Κόσμος – Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Λύση για τη σωτηρία του πλανήτη [online]. Διαθέσιμο από: www.epagelmatikos-kosmos.gr
15. Leader II - Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πηγές αιεφόρου ανάπτυξης [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.fao.org>
16. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) – Συγκεντρωτική Λίστα Εθνικής Νομοθεσίας [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.rae.gr>
17. 5^η Εθνική έκθεση για το επίπεδο διείδυσης της ανανεώσιμης ενέργειας το έτος 2010 [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ysYxrE3Ia94%3D&tabid=285>

18. Δ. Παπαντώνης, *Νέες προοπτικές για την Ανάπτυξη της αντλιοσταμείωσης στην Ελλάδα Τεχνολογία και Τεχνολογικοί Περιορισμοί*, Δημήτριος Παπαντώνης, TEE Ιωάννινα 2009, [online]. Διαθέσιμο από: http://library.tee.gr/digital/m2380/m2380_papantonis.pdf
19. Αποθήκευση Ενέργειας [online]. Διαθέσιμο από: http://www.storiesproject.eu/docs/energystorage_greek.pdf
20. Ο. Ντένα, Π. Σαρρή, Διπλωματική Εργασία, *Έλεγχος στρεφόμενης αποθήκης ενέργειας*, Θεσσαλονίκη, 2011 [online]. Διαθέσιμο από: http://vivliothmyy.ee.auth.gr/1181/1/Elegchos_Strefomenis_Apothikis_Energias.pdf
21. Electrical Energy Storage - Large Scale (August 2009) [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.scribd.com/doc/25835943>
22. List of pumped-storage hydroelectric power stations [online]. Διαθέσιμο από: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_pumped-storage_hydroelectric_power_stations
23. Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί της ΔΕΗ [online]. Διαθέσιμο από: <http://plokamakis.chania.tecrete.gr.pdf>
24. Hydropower basics – Turbines [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.microhydropower.net>
25. Alstom, *Bulb Hydro Turbines* [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.alstom.com/power/renewables/hydro/hydro-turbines/bulb-turbines/>
26. ΔΕΗ, Α. Γιγαντίδου, *Ηλεκτρική Ενέργεια στη Κρήτη* [online]. Διαθέσιμο από: http://library.tee.gr/digital/m2387/m2387_gigantidou.pdf
27. Αντλίες, Αντλιοστάσια, Πιεστικά συγκροτήματα [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.argyrioua.com.gr>
28. Β. Κουμπάκης, *Αντλίες, Συμπιεστές και Ανεμιστήρες* [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.koumbakis.com/photos/class/files/2008%2011%20%ED%F4%EB%DF%F5%F2%20%D3%F5%EC%F0%E9%E5%F3%F4%DD%F2.pdf>
29. Ηλεκτροπαραγωγοί σταθμοί, Υδροστρόβιλοι [online]. Διαθέσιμο από: <http://sfrang.com/historia/selida625.htm>
30. Μικρά Υδροηλεκτρικά [online]. Διαθέσιμο από: http://imarinakiss.webs.com/small_hydraulic_work.pdf
31. Hydroelectric [online]. Διαθέσιμο από: http://re.emsd.gov.hk/english/other/hydroelectric/hyd_tech.html
32. Science Direct [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.sciencedirect.com>
33. Hydropower [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.inforse.org/europe/dieret/Hydro/hydro.html>
34. ΔΕΗ [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.dei.gr/>
35. Υπουργείο Ανάπτυξης [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.ypoian.gr/>
36. *Βραχνάς το Ηλεκτρικό*, Εφημερίδα Πατρίς – Ηλεκτρονική έκδοση [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.patris.gr/archive/2000/3/1/2nd.html>
37. Ετήσια έκθεση υπηρεσίας Α.Π.Ε., έτος 2010 [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=G3A0b8ZdmNA%3d&tabid=546&language=el-GR>

38. Πρωταγωνίστρια η Κρήτη στα Μεγάλα Έργα των ΑΠΕ [online]. Διαθέσιμο από: http://www.energia.gr/article.asp?art_id=44314
39. Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.wel.teicrete.gr>
40. Ο χάρτης των αιολικών πάρκων στην Κρήτη, Εφημερίδα «Νέα Κρήτη» – Ηλεκτρονική έκδοση [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.neakriti.gr/?page=newsdetail&DocID=859637>
41. Α. Δεμεριτζής, *Μάχη της Κρήτης για έργα 4 δις.ευρώ* [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.ekriktiko.gr/index.php/archives/1302>
42. *Εγκρίθηκε η εγκατάσταση νέων ηλιοθερμικών σταθμών στη Σητεία* [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.anatolh.com>
43. Εφημερίδα «Εξπρές» – Ηλεκτρονική έκδοση [online]. Διαθέσιμο από: http://www.express.gr/afieroma/photovoltaic/506799oz_20110810506799.php3
44. *Project Helios: παρουσίαση στο ελληνογερμανικό επιχειρηματικό φόρουμ* [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.econews.gr>
45. Πρόγραμμα «Ήλιος» - Ερωτήσεις και Απαντήσεις, ΥΠΕΚΑ [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=RIMuILQLtjQ%3D&tabid=286&language=el-GR>
46. Ο «Ήλιος» σώζει την ελληνική οικονομία, Εφημερίδα «Το βήμα» - Ηλεκτρονική έκδοση [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.tovima.gr/politics/article/?aid=451309>
47. Τι είναι η αντλησιοταμίευση και η συνεισφορά της στο ενεργειακό σύστημα της Κρήτης, Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας [online]. Διαθέσιμο από: http://www.wel.teicrete.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=78%3Aantlisiertamieushsyneisfora&catid=44%3Acretanpress&Itemid=85&lang=el
48. Θεμέλια για ένα μεγάλο ενεργειακό έργο [online]. Διαθέσιμο από: <http://www.anatolh.com/crete/rethimno/item/28603>
49. Η σειρά των Γάλλων για το υβριδικό με τα 90 μεγαβάτ [online] Διαθέσιμο από: <http://www.patris.gr/articles/219829/147542?PHPSESSID=>
50. *Άλλα 100 MW από Ανανεώσιμες Πηγές στο νησί* [online] Διαθέσιμο από: <http://www.neakriti.gr/?page=newsdetail&DocID=760370>