

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Συγκριτική Μελέτη Εφαρμογής Των Υδροτροβίλων Francis Στην Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΓΙΔΑΣ ΑΝΤΡΕΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στη μελέτη εφαρμογής ενός υδροστρόβιλου Francis σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς της Δ.Ε.Η Α.Ε και στα χαρακτηριστικά τους μεγέθη τους καθώς και τη σημασία που έχουν αυτοί οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί που ανήκουν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ,για τις τοπικές κοινωνίες ,χώρες αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο πως μπορούν να επηρεάσουν και να βοηθήσουν το ενεργειακό πρόβλημα που θα προκύψει στο άμεσο μέλλον .Οι ενεργειακές ανάγκες του πληθυσμού της Γης όσο προχωράνε οι δεκαετίες παρατηρούμε αυτές αυξάνονται και ταυτόχρονα οι συνηθισμένες μορφές ενέργειας που είχε μάθει ο άνθρωπος ως τώρα να καλύπτει και να καταναλώνει όπως το πετρέλαιο και διάφορα άλλα στερεά καύσιμα πλέον λιγοστεύουν και κάποια στιγμή στο όχι πολύ μακρινό μέλλον δε θα υπάρχουν .Η στροφή του ανθρώπου προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας(ΑΠΕ) με βήματα έστω και αργά ,καθίσταται πλέον ,η μόνη ασφαλής λύση για την επιβίωση του ανθρώπου και για το μέλλον του. Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Ιωάννη Καλογήρου ,υπεύθυνος του τμήματος μηχανολογίας για τη πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου πρόσφερε για τη πραγματοποίηση της Εργασίας καθώς και τους γονείς μου ,για την τεράστια στήριξη και εμπιστοσύνη που μου έχουν δείξει όλα αυτά τα χρόνια.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή :Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας ,έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα .Δηλώνω επίσης ότι ,οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο ,γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και τη πηγή προέλευσης.

**Ο σπουδαστής
(ονοματεπώνυμο)**

ΓΙΑΔΑΣ ΑΝΤΡΕΑΣ

(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στη μελέτη ,τη περιγραφή και στη λειτουργία των υδροηλεκτρικών έργων που ανήκουν στη κατηγορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας(ΑΠΕ)και κυρίως στα υδροηλεκτρικά έργα που λειτουργούν με υδροστρόβιλο(τουρμπίνα)Francis.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε έξι κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μια σύντομη περιγραφή στο ενεργειακό πρόβλημα που υπάρχει στην εποχή μας και για τις μελλοντικές επιπτώσεις και παρουσιάζονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ,τα είδη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που μπορούν με την αξιοποίηση τους να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα αυτό .Τέλος γίνεται μια σύντομη παρουσίαση στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και παρουσιάζονται στοιχεία αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής ανάλυση για τα υδροηλεκτρικά έργα. Συγκεκριμένα αναφέρονται στις κατηγορίες που χωρίζονται τα υδροηλεκτρικά έργα(ΥΗΕ),στις χρήσεις που μπορούν να αξιοποιηθούν αυτά τα έργα καθώς και στα θετικά και αρνητικά χαρακτηριστικά τους .Έπειτα γίνεται περιγραφή της διαμόρφωσης και των κυριότερων τμημάτων ενός υδροηλεκτρικού έργου και πως τις επιπτώσεις που μπορεί να προκαλεί στο τοπικό οικοσύστημα και στην ευρύτερη περιοχή.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση του τελευταίου και σημαντικότερου τμήματος ενός υδροηλεκτρικού σταθμού ,όπου είναι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός .Εκεί γίνεται διαχωρισμός των υδροστροβίλων και των ηλεκτρογεννητριών και στα διάφορα είδη που υπάρχουν και πώς γίνεται η σωστή επιλογή εγκατάστασης αυτών των μηχανών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή των τμημάτων που απαρτίζουν τον υδροστρόβιλο αντιδράσεως Francis.Επίσης γίνεται ανάλυση αρχής λειτουργίας του καθώς και τα χαρακτηριστικά του που πρέπει να γνωρίζουμε πριν γίνει η επιλογή του.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται πλήρης ανάλυση όλων των μεγεθών που χρειάζονται να υπολογιστούν ,καθώς και με τις διάφορες μεθόδους που μπορούν να εφαρμοστούν για να υπολογιστούν αυτά τα μεγέθη .Τέλος γίνεται μια περιγραφή των βημάτων όλων των σταδίων μελετών που γίνονται μέχρι να γίνει το τελικό πόρισμα αν είναι βιώσιμο ή όχι το υδροηλεκτρικό έργο σ'εκείνη την τοποθεσία .Αυτό έχει σκοπό τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγής και την επίτευξη του βέλτιστου οικονομικού αποτελέσματος.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται η μελέτη των χαρακτηριστικών μεγεθών ενός υδροστροβίλου Francis σε δύο διαφορετικά υδροηλεκτρικά έργα της Δ.Ε.Η Α.Ε και μέσω κάποιων γραφικών παραστάσεων βγάζουμε κάποια

ασφαλή συμπεράσματα όπως ότι ο βαθμός απόδοσης τους σε κάποιο προκαθορισμένο ύψος είναι ανάλογος με την ισχύ του στροβίλου αλλά από ένα σημείο και μετά όχι μόνο δεν αυξάνεται αλλά μειώνεται ραγδαία. Εν κατακλείδι καταλήγουμε στο συμπέρασμα πώς οι υδροστροβίλοι Francis είναι ίσως η καλύτερη επιλογή για την τοποθέτηση τους σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς στην Ελλάδα ,όπου τα χαρακτηριστικά τους μεγέθη όπως τα όρια τους στα μανομετρικά και στις παροχές τους ,σε συνδυασμό με τη υψηλή απόδοση τους ,κατά τεράστιο ποσοστό την καλύπτουν .Δεν είναι άλλωστε καθόλου τυχαίο πως τύποι υδροστροβίλων Francis έχουν τις περισσότερες εγκαταστάσεις παγκοσμίως και καλύπτουν γύρω στο 80% των υδροηλεκτρικών σταθμών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος Περίληψη Περιεχόμενα Εισαγωγή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Ορισμός ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).....	(1)
1.2 Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	(2)
1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας.....	(3)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2-ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ

2.1 Ιστορική αναδρομή.....	(5)
2.2 Διάκριση μικρών και μεγάλων ΥΗΕ.....	(6)
2.2.1 Μικρά υδροηλεκτρικά.....	(6)
2.2.2 Χρήσεις μικρών υδροηλεκτρικών.....	(7)
2.3 Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΥΗΕ.....	(8)
2.4 Περιγραφή υδροηλεκτρικού έργου.....	(9)
2.4.1 Φράγματα.....	(10)
2.4.1.1 Υπερχειλιστές.....	(13)
2.4.1.2 Εκκενωτής πυθμένα-δεξαμενή-υδροληψία.....	(14)
2.4.2 Το υδραυλικό σύστημα προσαγωγής.....	(16)
2.4.2.1 Αγωγός πτώσης.....	(16)
2.4.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός.....	(19)
2.5 Τύποι υδροηλεκτρικών έργων.....	(19)
2.5.1 Εγκαταστάσεις φυσικής παροχής.....	(20)
2.5.2 Εγκαταστάσεις ρυθμιζόμενης παροχής(με δεξαμενές).....	(21)
2.6 Επιπτώσεις περιβαλλοντικές υδροηλεκτρικών έργων.....	(23)
2.6.1 Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	(24)
2.6.1.1 Εδαφικές επιπτώσεις.....	(24)
2.6.1.2 Υδρολογικές επιπτώσεις.....	(24)
2.6.1.3 βιολογικές επιπτώσεις.....	(26)
2.6.1.4 Ατμοσφαιρικές επιπτώσεις.....	(27)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3-ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

3.1 Υδροστρόβιλος.....	(28)
3.1.1 Είδη υδροστροβίλων.....	(28)
3.1.2 Υδροστρόβιλοι δράσης.....	(29)
3.1.2.1 Υδροστρόβιλος Pelton.....	(30)
3.1.2.2 Υδροστρόβιλος Turgo.....	(32)
3.1.2.3 Υδροστρόβιλος Cross Flow.....	(33)
3.1.3 Υδροστρόβιλοι αντίδρασης.....	(34)
3.1.3.1 Υδροστρόβιλος Francis.....	(35)
3.1.3.2 Υδροστρόβιλος Kaplan.....	(37)
3.1.3.3 Υδροστρόβιλος Βολβοειδής.....	(39)
3.1.3.4 Υδροστρόβιλος αξονικής ροής.....	(39)
3.1.4 Βαθμός απόδοσης υδροστρόβιλου.....	(40)
3.1.5 Επιλογή τύπου υδροστρόβιλου.....	(42)
3.1.6 Το φαινόμενο της σπηλαιώσης.....	(44)
3.2 Γεννήτριες.....	(45)
3.2.1 Γενικά στοιχεία-ορισμός.....	(45)
3.2.2 Τύποι γεννητριών.....	(46)
3.2.2.1 Σύγχρονες γεννήτριες.....	(46)
3.2.2.2 Ασύγχρονες γεννήτριες.....	(47)
3.2.3 Επιλογή τύπου γεννήτριας.....	(48)
3.2.4 Υπόλοιπα μηχανικά και ηλεκτρικά μέρη ΥΗΕ.....	(49)
3.3 Επιλογή τυποποιημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.....	(51)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4-ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ Francis

4.1 Ιστορική αναδρομή.....	(53)
4.2 Σχεδιασμός υδροστροβίλου Francis.....	(54)
4.3 Αρχή λειτουργίας υδροστρόβιλου Francis.....	(55)
4.4 Χαρακτηριστικά υδροστροβίλου Francis.....	(59)
4.5 Παράγοντες που επηρεάζουν το σχεδιασμό του στροφείου Francis.....	(59)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΗΕ

5.1 Βασικά βήματα μελέτης ΜΥΗΕ.....	(60)
5.2 Μελέτη σκοπιμότητας.....	(60)
5.2.1 Η μέτρηση της παροχής.....	(61)
5.2.1.1 Μέθοδος δοχείου.....	(61)

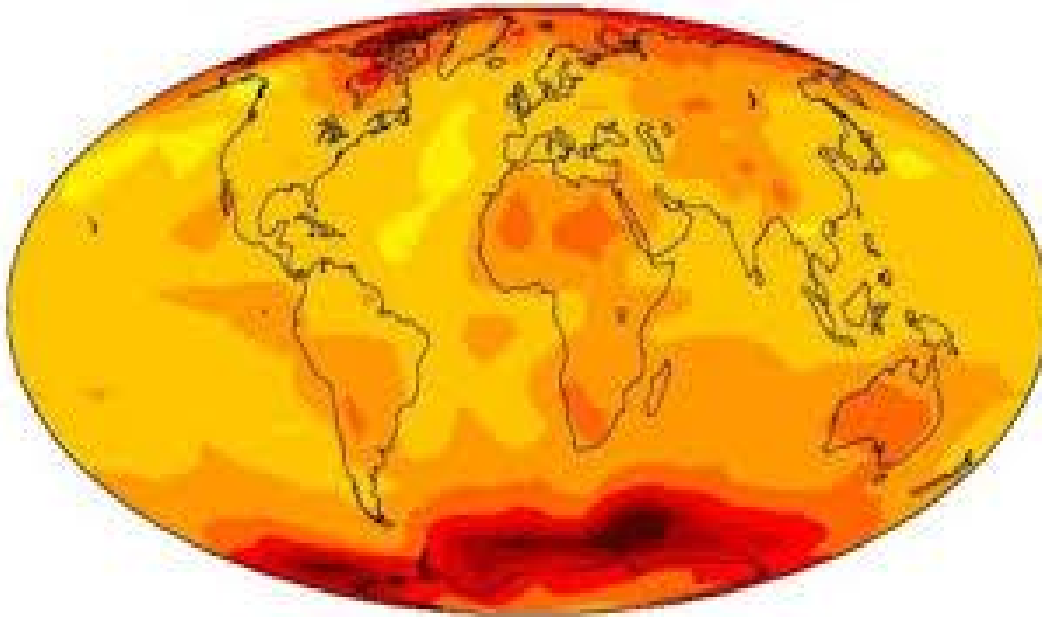
5.2.1.2 Μέθοδος float.....	(61)
5.2.1.3 Μέθοδος salt Gulp.....	(63)
5.2.2 Διαθέσιμη υδραυλική ισχύς.....	(64)
5.2.3 Μέτρηση του υδραυλικού ύψους.....	(65)
5.2.3.1 Μέθοδος σωλήνα.....	(66)
5.2.3.2 Μέθοδος κλισιόμετρου(Abney level).....	(67)
5.2.3.3 Μέθοδος μετρητή υψομέτρων.....	(68)
5.3 Προμελέτη.....	(69)
5.4 Τελική μελέτη.....	(69)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 –ΜΕΛΕΤΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΤΩΝ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ FRANCIS ΣΕ ΔΥΟ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΤΗΣ Δ.Ε.Η

6.1 Γενικά.....	(73)
6.2 Υδροηλεκτρικός σταθμός Ιλαρίωνα.....	(73)
6.2.1 Μελέτη χαρακτηριστικών μεγεθών υδροστροβίλου Francis για τον υδροηλεκτρικό σταθμό Ιλαρίωνα.....	(75)
6.2.2 Σχόλια για τα διαγράμματα(H_a και H_r) Ιλαρίωνα.....	(82)
6.3 Υδροηλεκτρικός σταθμός Πλατανόβρυση.....	(84)
6.3.1 Μελέτη χαρακτηριστικών μεγεθών υδροστροβίλου Francis για τον υδροηλεκτρικό σταθμό Πλατανόβρυσης.....	(85)
6.3.2 Σχόλια για τα διαγράμματα(H_a και H_r) Πλατανόβρυσης	(93)
Συμπεράσματα.....	(94)
Βιβλιογραφία.....	(96)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ



Κάθε χρόνο ως αποτέλεσμα των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) καθώς και άλλων αερίων όπως το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου, απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αλλάζοντας τη σύσταση των αερίων που παρέμενε σταθερή για δεκάδες χιλιάδες χρόνια. Η ανατροπή αυτή αναμένεται να αλλάξει δραστικά το κλίμα τις επρχόμενες δεκαετίες. Το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται υπεύθυνο για το 50% της υπερθέρμανσης της ατμόσφαιρας. Σε λιγότερο από 2 αιώνες οι άνθρωποι αυξήσαμε κατά 25% την συνολική ποσότητα CO_2 της ατμόσφαιρας. Κάθε χρόνο επιβαρύνουμε την ατμόσφαιρα με 6 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία της Γης θα ανέβει τα επόμενα 100 χρόνια από 2 έως και 6 βαθμούς κελσίου. Η αλλαγή του κλίματος αμφισβητήθηκε στο παρελθόν και σε οποιοσδήποτε προσπάθειες για την έγκαιρη αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού αντέδρασαν λόμπι ισχυρών συμφερόντων. Πλέον όμως αυτή η πραγματικότητα είναι αδιαμφισβήτητη καθώς οι συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι ήδη

πραγματικότητα. Την τελευταία δεκαετία, εκδηλώθηκαν τρεις φορές περισσότερες φυσικές καταστροφές κυρίως πλημμύρες και τυφώνες στον κόσμο από ότι στην δεκαετία του 60, ενώ τετραπλασιάστηκε το κόστος των καταστροφών από παρόμοια φαινόμενα.

Τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν με την καύση λιγνίτη, λιθάνθρακα, πετρελαίου και άλλων ορυκτών καυσίμων, ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος της περιβαλλοντικής κρίσης προκαλώντας αλόγιστη ρύπανση στον αέρα, το έδαφος, το υπέδαφος, τον υδροφόρο ορίζοντα άλλα και την υγεία των πολιτών. Στην Ευρώπη οι πιο ρυπογόνοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν στην Ελλάδα, την Γερμανία, την Πολωνία και την Ισπανία. Σύμφωνα με έκθεση της wwf, η ελληνική ΔΕΗ είναι η πέμπτη μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής λιγνίτη στον κόσμο, και οι πιο ρυπογόνοι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί στην Ευρώπη είναι αυτοί του Άγιου Δημητρίου και της Καρδίας στην Κοζάνη. Οι σταθμοί της ΔΕΗ εκλύουν κάθε χρόνο 43 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, ποσό που αποτελεί το 40% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα της χώρας.



Εικόνα 1.1 Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση λιγνίτη.

Οι σίγουρες συνέπειες της παγκόσμιας υπερθέρμανσης είναι:

1. Η μείωση στα αποθέματα του νερού
2. Οι απότομες μεταβολές στη θερμοκρασία του πλανήτη
3. Οι υψηλές θερμοκρασίες στη θερινή περίοδο
4. Οι σημαντικές μετακινήσεις πληθυσμού και αγαθών.
5. Η δραματική μείωση του αριθμού των ειδών.

ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ-ΑΠΕ

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια.

Ορυκτά καύσιμα	83%
Πυρηνική ενέργεια	5.5%
Γεωθερμική ενέργεια	0.1%
Βιομάζα	3.4%
Αιολική ενέργεια	0.2%
Ηλιακή ενέργεια	1.9 %
Υδραυλική ενέργεια	5.9%

Πίνακας 1. Παγκόσμια συνεισφορά πηγών ενέργειας

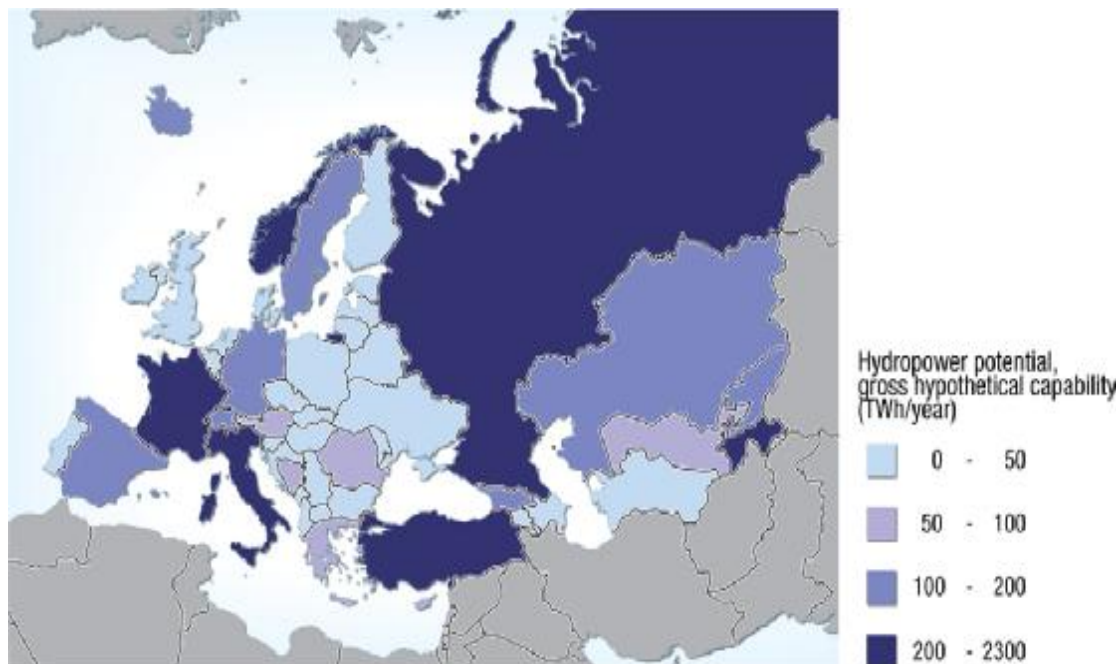
ΕΛΛΑΔΑ-ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Εικόνα 1.2 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζει τεράστια πλεονεκτήματα απέναντι σε κάθε άλλη μορφή ενέργειας διότι δε μολύνει το περιβάλλον ,συνδέεται με άλλες οικονομοτεχνικές δραστηριότητες(όπως αρδεύσεις, αλλιεία , κ.λ.π),δε δημιουργεί εθνικές εξαρτήσεις ,έχει κόστος αυστηρά προκαθορισμένο δηλαδή την απόσβεση των αρχικών κεφαλαίων που δόθηκαν για το έργο .Έχει ένα μόνο μειονέκτημα ,το μεγάλο αρχικό κεφάλαιο και τη τεχνική πολυπλοκότητα του έργου που επιβάλλει μεγάλα χρονικά διαστήματα για να προχωράει η κατασκευή .Μετά την ενεργειακή κρίση που άρχισε το 1973 με τις συνεχείς ανατιμήσεις του πετρελαίου ,η σύγκριση του κόστους της κιλοβατώρας από τα ΥΗΕ και τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια απέβαινε προς το όφελος των υδροηλεκτρικών έργων .Έτσι ξεκίνησε η ανάπτυξη σε πολλές χώρες για την εκμετάλλευση των υδροδυναμικών τους. Οι ενεργειακές ανάγκες της Ελλάδας καλύπτονταν κατά κύριο λόγο από τις ΑΠΕ και ιδιαίτερα από τη βιομάζα και την αιολική ενέργεια .Σιγά σιγά όμως ,η χώρα πέρασε στη χρήση των ορυκτών καυσίμων(λιθάνθρακα και πετρέλαιο),με αποτέλεσμα από την πλήρη ενεργειακή αυτάρκεια που επικρατούσε μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα ,να φτάσει σήμερα σε μεγάλο βαθμό εξάρτησης ,άνω του 66 % .Η ενέργεια από τους υπάρχοντες υδροηλεκτρικούς σταθμούς στη χώρα μας αυτή τη στιγμή

υπολογίζονται πως αντιστοιχούν στο 20% μόλις του συνολικού υδροδυναμικού της ,ενώ υπάρχουν χώρες που το ποσοστό αυτό υπερβαίνει το 70%.Το ενεργειακό πρόβλημα στην χώρα μας δεν είναι βέβαια δυνατόν να λυθεί νε την εκμετάλλευση όλου του υδροδυναμικού ,όμως είναι δυνατόν να αμβλύνουμε το ενεργειακό πρόβλημα αυτό, με αποτέλεσμα την όσο δυνατότερη στο βαθμό που μπορούμε ,οικονομική ανεξαρτητοποίηση μας από τις ασταθές συνθήκες της διεθνούς αγοράς ενώ ταυτοχρόνως ελλατώνεται ο ρυθμός εξαντλήσεως των πηγών ενέργειας που δεν ανανεώνονται.(λιγνίτες ,υγρά καύσιμα ,κ.λ.π).



Εικόνα 1.3 Κατάσταση παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας Ευρώπης.Χάρτης που φαίνεται η δυνατότητα παραγωγής ενέργειας σε TWh το χρόνο ανά χώρα

Με βάση αυτά που έχουν αναφερθεί ως τώρα ,εύκολα συμπεραίνουμε πως η Ελλάδα δε βρίσκεται στις πρώτες θέσεις εκμετάλλευσης των υδάτινων πόρων της με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας .Στην Ελλάδα ,τα υδροηλεκτρικά έργα παρέχουν το 6.5 % έως 9 % της συνολικά παραγόμενης ενέργειας.

Όσον αφορά στην Ευρώπη ,όπου ανήκει γεωγραφικά και η χώρα μας, γίνεται προσπάθεια να αυξηθεί το ποσοστό που καταλαμβάνουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην επί της συνολικής παραγωγής .Ο παραπάνω χάρτης απεικονίζει με χρωματική διαβάθμιση την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη. Παρατηρούμε ότι η χώρα μας μπορεί να μην βρίσκεται στις τελευταίες θέσεις παραγωγής ,αλλά σίγουρα δε μπορεί να είναι ευχαριστημένη για τη θέση που καταλαμβάνει στην Ευρώπη ,δεδομένου τις δυνατότητες της.

Σύμφωνα με την οδηγία 2001/77/EK ("Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας") η Ελλάδα έχει στόχο κάλυψης από ανανεώσιμες

ενεργειακές πηγές(συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων) 20,1% σε ποσοστό της εγχώριας ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2020.

Ο στόχος αυτός είναι συμβατός με τις διεθνείς δεσμεύσεις της χώρας που απορρέουν από το πρωτόκολλο του Κιότο που υπογράφηκε το Δεκέμβριο του 1997 στη σύμβαση πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος. Το πρωτόκολλο του Κιότο προβλέπει για την Ελλάδα συγκράτηση του ποσοστού αύξησης κατά την περίοδο 2008-2012 του CO₂ και άλλων αερίων που επιτείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 25%, σε σχέση με το έτος βάση 1990. Συγκεκριμένα ο στόχος για την Ελλάδα είναι το 18% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας να προέρχεται από ΑΠΕ. Αυτό σημαίνει ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ εκτιμάται ότι θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 30-35% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

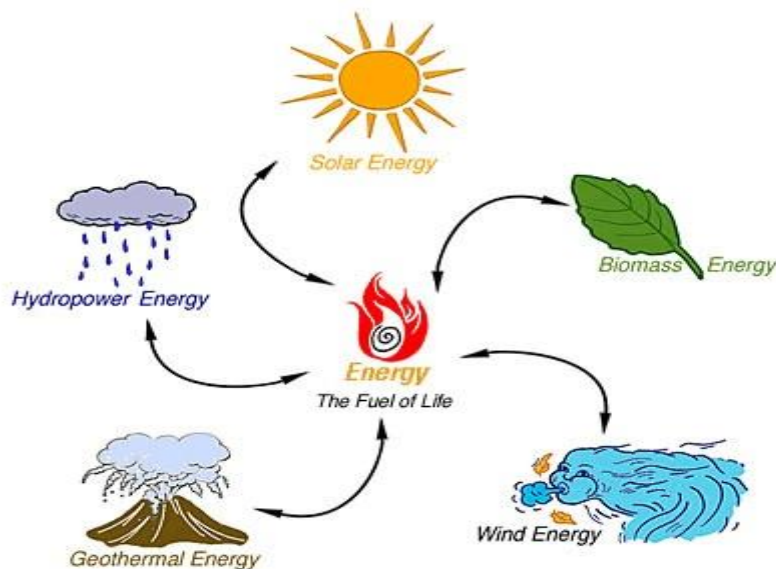


1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (ΑΠΕ) ή ήπιες μορφές ενέργειας, ή νέες πηγές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις

πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

1.2 ΕΙΔΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Εικόνα 1.4 Μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

- 1. Υδραυλική ενέργεια:** Είναι η ενέργεια που προέρχεται από το νερό από κάποιο ύψος και την αξιοποιούμε με τη κατασκευή υδροηλεκτρικών έργων. Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας.
- 2. Βιομάζα:** Χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, τροφίμων και ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης) με σκοπό την αποδέσμευση της ενέργειας που δεσμεύτηκε από το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα. Μπορεί να δώσει βιοαιθανόλη και βιοαέριο, που είναι καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά. Είναι μια πηγή ενέργειας με πολλές

δυνατότητες και εφαρμογές ,που θα χρησιμοποιηθεί ευρύτερα στο μέλλον.

3. **Γεωθερμική ενέργεια:** Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται από τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης. Είναι εκμεταλλεύσιμη εκεί όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια, π.χ. στους θερμοπίδακες ή στις πηγές ζεστού νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για θερμικές εφαρμογές, είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού .Η Ισλανδία καλύπτει το 80-90% των ενεργειακών της αναγκών, όσον αφορά τη θέρμανση, και το 20%, όσον αφορά τον ηλεκτρισμό ,με γεωθερμική ενέργεια.
4. **Ηλιακή ενέργεια:** Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές(θερμοσίφωνες) ενώ η χρήση της για τη παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος ,με τη βοήθεια της πολιτικής προώθησης Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από το ελληνικό κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση.
5. **Ενέργεια από τη θάλασσα:**
 - Ενέργεια από παλίρροιες: Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης ,που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί πετυχημένα στην Αγγλία ,Γαλλία ,Ρωσία και σε άλλες χώρες.
 - Ενέργεια από τα κύματα: Εκμεταλλεύεται τη κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.

1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

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, δίνεται 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 δημιουργούν 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 δυσκολεύουν την αξιοποίηση και ταχεία ανάπτυξη τους.

Μειονεκτήματα των ΑΠΕ

- 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ



2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η υδραυλική ενέργεια ο “λευκός άνθρακας” όπως αναφέρετε ακολουθεί τον άνθρωπο σε όλη την ιστορία της εξέλιξης του. Οι περιγραφές από Ρωμαίους συγγραφείς, βουδιστές και ιησουίτες μοναχούς με υδραυλικούς τροχούς και υδρόμυλους αφθονούν. Η αρχαιότερη όμως διασωθείσα απόδειξη ύπαρξης σχετικής τεχνολογίας των κλασικών χρόνων είναι ο περίφημος Μηχανισμός των Αντικυθήρων. Ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι ξαναανακαλύπτει πολλές από τις περιγραφές του Ήρωνα, Ο “λευκός άνθραξ” με τη μορφή της μηχανικής ενέργειας όπου αποτελούσε για σειρά αιώνων για όλους τους πολιτισμούς την κινητήρια δύναμη για την κίνηση υδροτροχών οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα με σκοπό κυρίως την άλεση δημητριακών.

Μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα δεν υπήρξε κάποια εξέλιξη στην τεχνολογία των νερόμυλων ως την εμφάνιση των πρώτων μηχανών που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως υδροστρόβιλοι. Την τελευταία δεκαετία του 19ου αιώνα τα έργα υδραυλικής ενέργειας που κατασκευάστηκαν ήταν μικρής ισχύος καθώς τα τεχνολογικά μέσα της εποχής δεν εδείκνυαν για κάτι μεγαλύτερο. Σημαντικό σταθμό στην αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας ήταν η ανάπτυξη των εφαρμογών του ηλεκτρισμού. Έτσι το έργο αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας γίνεται Υδροηλεκτρικό, δηλαδή η υδραυλική ενέργεια από τον υδροστρόβιλο μετατρέπεται σε μηχανική και στη συνέχεια με την ηλεκτρική γεννήτρια που είναι συζευγμένη με τον υδροστρόβιλο μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Στην Ευρώπη για τουλάχιστον δύο με τρεις δεκαετίες μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο αξιοποιήθηκε σημαντικά η ύπαρξη των μεγάλων ΥΗΕ. Η έντονη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδραυλικού δυναμικού έγινε με μονάδες μεγάλης ισχύος, μερικών εκατοντάδων MW η κάθε μια. Εν συγκρίσει με τα μεγάλα ΥΗΕ, τα παλαιάς τεχνολογίας μικρά ΥΗΕ που υπήρχαν αποδείχθηκαν αντιοικονομικά, με χαμηλό βαθμό απόδοσης και υψηλό κόστος παραγωγής της KWh και σταδιακά εγκαταλείφθηκαν. Στη συνέχεια της ιστορίας των μικρών ΥΗΕ περίπου την δεκαετία του 1980 παρατηρείται ένα έντονο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη τους το οποίο εκδηλώνεται είτε με την αξιοποίηση νέων μικρών υδατοπτώσεων είτε με την επανασχεδίαση και επανεξοπλισμό των μικρών ΥΗΕ που είχαν απομείνει ή είχαν εγκαταλειφθεί.

2.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΙΚΡΩΝ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΩΝ ΥΗΕ

Πρωτίστως πρέπει να ξεκαθαριστεί πως μεταξύ μεγάλων και μικρών υδροηλεκτρικών έργων η βασική τους λειτουργία όσων αφορά την μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική και αυτής σε ηλεκτρική δεν έχουν καμία διαφορά. Ομοίως δεν έχουν καμία διαφορά ως προς τον αριθμό των επιμέρους τμημάτων τα οποία αποτελείται ένα ΥΗΕ. Ο χαρακτηρισμός ενός ΥΗΕ ως μικρό ή μεγάλο εξαρτάται από ένα σύνολο χαρακτηριστικών, όπου μερικά από αυτά εκτός από ποσοτικά όπου είναι μετρήσιμα περιλαμβάνονται και ποιοτικά όπου αυτά δεν μπορούν να υπολογιστούν. Στα μεγάλα ΥΗΕ ο χαρακτηρισμός ως “μεγάλα” δεν περιλαμβάνεται διότι θεωρείται αυτονόητο.

2.2.1 Μικρά υδροηλεκτρικά (ΜΥΗΕ)

Ως μικρό ΥΗΕ χαρακτηρίζονται αυτά όπου η ονομαστική τους ισχύς είναι μικρότερη από 10 MW. Σε ορισμένες χώρες το όριο διακύμανσης ανάμεσα των μεγάλων και μικρών ΥΗΕ ορίζεται στα 5 MW, όμως δεν υπάρχει κάποιο διεθνές

όριο για τον ορισμό των μικρών υδροηλεκτρικών εργοστασίων .Το όριο μεταξύ μικρών και μεγάλων κυμαίνεται από 2,5MW έως 25MW.

Τα μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα δεν μπορούν να αποταμιεύσουν μεγάλες ποσότητες νερού οπότε δεν είναι απαραίτητη η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και δεξαμενών(ταμιευτήρες) αφού είναι συστήματα συνεχούς ροής.

Ένα σημείο όπου υπερτερούν τα ΜΥΗΕ σε σχέση με τις άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ότι μπορούν να έχουν παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος οποιαδήποτε στιγμή υπάρξει ζήτηση ,εφ'όσον υπάρχει επαρκής ροή νερού .Πολλές φορές το κόστος παραγωγής της KWh είναι πολύ ανταγωνιστικό σε σχέση με τους συμβατικούς σταθμούς ενέργειας. Ένας ΜΥΗΣ των 5MW υποκαθιστά 1400 τόνους /έτος ορυκτού καυσίμου, αποτρέπει την εκπομπή 16000 τόνων CO₂ και πάνω από 100 τόνους SO₂/έτος, ενώ καλύπτει τις ανάγκες ηλεκτροφωτισμού τουλάχιστον 5000 οικογενειών.

Στα μεγάλα υδροηλεκτρικά συστήματα δεν ισχύει αυτή η ανταγωνιστικότητα διότι ως ένα σημείο δεν είναι αποδεκτά ως συστήματα Α.Π.Ε ,διότι τα μεγάλα φράγματα μεταβάλουν το οικοσύστημα ,αφού η εγκατάσταση τους γίνεται σε περιοχές φυσικών ρευμάτων.



Εικόνα 2.1 Μικρό υδροηλεκτρικό έργο

2.2.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΜΙΚΡΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ

Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα κατασκευάζονται για την αξιοποίηση της ενέργειας των υδάτων μικρών ποταμών και χειμάρρων ,παράγοντας από αυτήν

ηλεκτρική ενέργεια .Πετυχαίνεται έτσι καλύτερη αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού της χώρας ,αφού οι μικρές υδατοπτώσεις αποτελούν ένα σημαντικό μέρος του δυναμικού αυτού .Οι μικρές υδατοπτώσεις βρίσκονται συνήθως σε απόμακρες περιοχές ,άρα τα έργα σε αυτές τις περιοχές είναι ιδανικά για ηλεκτροδοτήσεις απόμακρων οικισμών και για παραγωγή ρεύματος για αγροτική χρήση(κίνηση αντλιών κ.λ.π).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση των μικρών υδροηλεκτρικών ως αντλησιοταμιευτήρων (υδροηλεκτρικά αναστρέψιμης λειτουργίας),ιδιαίτερα στα νησιωτικά δίκτυα που παρατηρούνται έντονες μεταβολές κυρίως στη καλοκαιρινή περίοδο .Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί αναστρέψιμης λειτουργίας αντλούν νερό από ένα ταμιευτήρα που βρίσκεται χαμηλά και το στέλνουν σε ένα δεύτερο ταμιευτήρα που βρίσκεται ψηλότερα τις ώρες της χαμηλής ζήτησης .Το νερό αυτό διοχετεύεται σε υδροστρόβιλους τις ώρες αιχμής ζήτησης και παράγει ηλεκτρική ενέργεια .Έτσι εξομαλύνονται οι ημερήσιες διακυμάνσεις στη ζήτηση και διευκολύνονται οι θερμικές μονάδες να λειτουργούν με περίπου σταθερό φορτίο όπως επιβάλλεται .Το ρόλο του χαμηλού ταμιευτήρα μπορεί να παίξει και η θάλασσα εφόσον το επιτρέπει η γεωμορφία της περιοχής.

Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα μπορούν να παρέχουν νερό το οποίο ,αφού καθαριστεί σε ένα ταχυδιυλιστήριο ,θα τροφοδοτεί οικισμούς .Λύνεται έτσι ένα τεράστιο πρόβλημα των απομακρυσμένων οικισμένων ,που οι συνθήκες ύδρευσης τους δεν είναι καλές .Άμεσα εμφανείς γίνονται τα οφέλη από τη χρησιμοποίηση των υδροηλεκτρικών έργων για αρδευτικούς σκοπούς .Με μικρές δεξαμενές ρύθμισης μπορούν σε αρδευτικές περιόδους ,να τροφοδοτούν τις γειτονικές εκτάσεις με νερό ,που είναι τόσο πολύτιμο για τη γεωργία στις περιόδους αυτές.

2.3 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΗΕ

Πλεονεκτήματα ΥΗΕ

- Ένα υδροηλεκτρικό σύστημα δεν κινδυνεύει να εξαντληθεί τουλάχιστον άμεσα σε σχέση με άλλες μορφές καύσιμου όπως το πετρέλαιο κ.λ.π, καθώς το νερό ανήκει στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- Δεν μολύνουν τον περιβάλλοντα χώρο ,ούτε επηρεάζουν τη θερμοκρασία των υδάτων.
- Το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας δεν παρουσιάζει διακυμάνσεις και αυτό βοηθάει σημαντικά για την απόσβεση του έργου και για τον προγραμματισμό του.
- Ο βαρύς εξοπλισμός τους ,τις καθιστά αξιόπιστες μηχανές όπου απαιτούν μικρή συντήρηση και επίβλεψη ,συνεπώς χρειάζονται και μικρό ανθρώπινο δυναμικό.

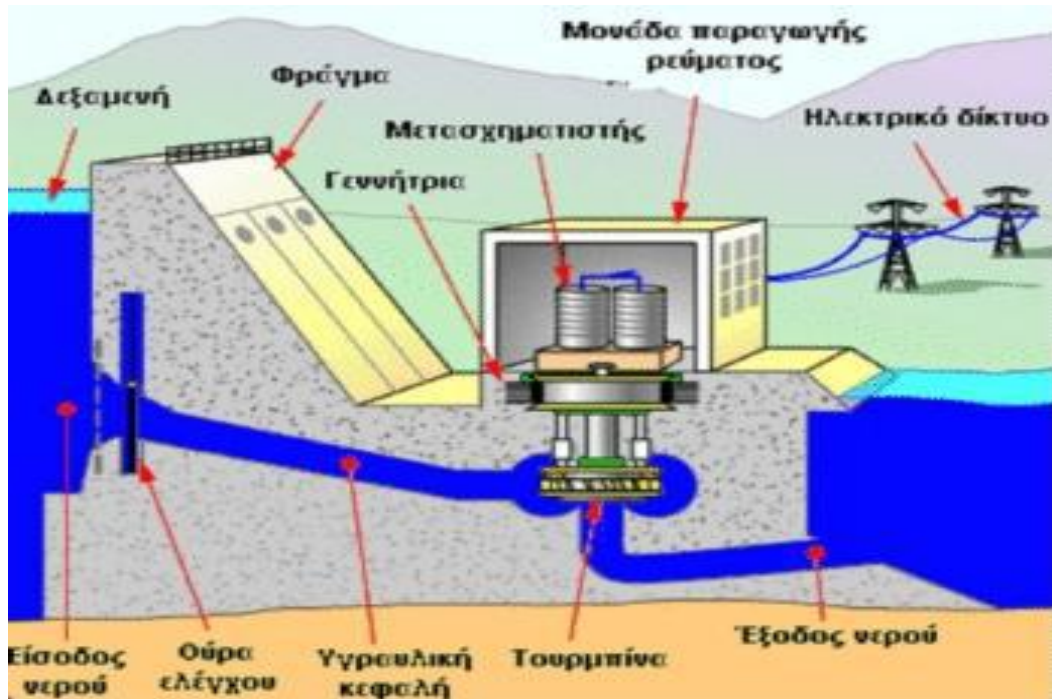
- Η κατασκευή ενός ΥΗΕ συνήθως ταυτίζεται και με την ανοικοδόμηση νέων έργων ,όπως δρόμοι γέφυρες κ.λ.π ,τα οποία αναβαθμίζουν και αξιοποιούν την γύρω ευρύτερη περιοχή.
- Η διάρκεια ζωής των ΥΗΕ είναι μεγάλη ,γύρω στα 40 χρόνια για τα μεγάλα και 15 για τα μικρά υδροηλεκτρικά(ονομαστική ισχύς μικρότερης των 10MW).Η διάρκεια ζωής τους μπορεί να αυξηθεί με ανανέωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.
- Έχουν παράλληλες χρήσεις όπως άρδευση και ύδρευση ,αλιεία και τουρισμός κ.α.

Μειονεκτήματα ΥΗΕ

- Τα κυριότερα μειονεκτήματα των υδροηλεκτρικών έργων είναι ότι έχουν μεγάλη διάρκεια στην κατασκευή τους καθώς και στη μελέτη και συλλογή υδρολογικών ,γεωλογικών πληροφοριών ώστε να αποφανθεί αν το έργο είναι βιώσιμο.
- Η ετήσια παραγωγή ενέργεια έχει διακυμάνσεις που σχετίζονται με τη ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων(βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων)
- Έχουν πολύ υψηλό κόστος και γι'αυτό απαιτούν την εύρεση μεγάλων κεφαλαίων.
- Η κατασκευή τους πραγματοποιείται σε περιοχές όπου υπάρχουν κατάλληλες υδατοπτώσεις και μεγάλες παροχές .Για αυτό το λόγο η θέση τους πολλές φορές βρίσκεται μακριά από τη κατανάλωση με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται σημαντικά το κόστος κατασκευής τους λόγω του κόστους των έργων μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

2.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

Για το σχεδιασμό ενός ΥΗΕ μπορεί να πεί κάποιος πως είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία διότι είναι απαιτείται συνεργασία πολλών εμπειρων ατόμων και διαφορετικών ειδικοτήτων ,όσο μικρές και αν είναι οι προδιαγραφές του έργου.Έτσι με αυτό τον τρόπο αποφεύγονται αστοχίες ,τόσο στην κατασκευή ,όσο και στη λειτουργία και απόδοση του έργου .Οι αστοχίες αυτές διαφορετικά,κοστίζουν στους ιδιοκτήτες των ΥΗΕ ,χρηματικά ποσά ιδιαίτερα δυσβάστακτα ,λόγο των απωλειών που θα υπάρχουν στην παραγόμενη ενέργεια. Το ΥΗΕ είναι ένα έργο που εκμεταλλεύεται την υδραυλική ενέργεια που υπάρχει σε μια θέση(ποταμού ,δεξαμενής, κ.λ.π) για να την μετατρέψει σε ηλεκτρική ,η οποία στη συνέχεια διοχετεύεται στη κατανάλωση που είναι είτε το δίκτυο της ΔΕΗ ,είτε για ιδιοκατανάλωση ,είτε συνδυασμός και των δύο. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται όλη η διαδικασία που ακολουθεί το νερό και όλα τα μέρη που ενός υδροηλεκτρικού έργου από την υδραυλική ενέργεια μέχρι να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 2.1 Διαμόρφωση ενός μικρού ΥΗΕ

Τα κυριότερα μέρη που απαρτίζουν ένα ΥΗΕ είναι:

- Το φράγμα
- Το σύστημα προσαγωγής και απαγωγής
- Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

2.4.1 Φράγματα

Πριν αρχίσει η κατασκευή του φράγματος σε κάποια περιοχή, επειδή κατακλύζεται αρχικά από τα νερά, είναι αναγκαίο η κατασκευή μιας σήραγγας εκτροπής για να ελευθερωθεί η περιοχή και να ξεκινήσει η κατασκευή του φράγματος. Η κατασκευή του φράγματος είναι αναγκαία για τη δημιουργία της πάνω λίμνης και αύξηση του ύψους πτώσεως.

Τα φράγματα χρησιμοποιούνται για να παρέχουν στον υδροηλεκτρικό σταθμό την απαραίτητη παροχή νερού αλλά και να σχηματίζουν ταμιευτήρες ώστε η λειτουργία του σταθμού να είναι ανεξάρτητη από τις μεταβολές της φυσικής παροχής νερού.

Επίσης ορισμένα κριτήρια τα οποία είναι απαραίτητα για τη κατασκευή του φράγματος είναι τα εξής:

- Δημιουργία ταμιευτήρα μεγάλης χωρητικότητας
- Ο σχηματισμός μεγάλης υψομετρικής διαφοράς με το μικρότερο δυνατό μήκος αγωγού
- Το κόστος κατασκευής τους
- Η ευκολία κατασκευής τους

Τα παραπάνω αποτελούν τα κριτήρια μιας οικονομοτεχνικής μελέτης η οποία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί για την επιλογή της θέσης ενός φράγματος. Τα φράγματα δημιουργούν με τεχνητό τρόπο λίμνες με τις οποίες γίνεται αποθήκευση του νερού. Έτσι ανάλογα με τις ανάγκες κάλυψης του φορτίου απελευθερώνεται η κατάλληλη ποσότητα νερού που χρειάζεται για την παραγωγή ισχύος. Αυτό γίνεται μέσω θυρών ολίσθησης του νερού οι οποίες ανοίγουν έτσι ώστε να περάσει περισσότερο νερό στον υδροστρόβιλο όταν αυτό είναι απαραίτητο.

Η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται τόσο από την παροχή νερού όσο και από την υψομετρική διαφορά μεταξύ της ανώτατης στάθμης του νερού και του σημείου όπου βρίσκεται ο υδροστρόβιλος. Τέλος τα υδροηλεκτρικά φράγματα σχεδιάζονται και κατασκευάζονται ώστε να εκμεταλλεύονται στο μέγιστο τον όγκο αλλά και την ταχύτητα του νερού. Ανάλογα με την κατασκευή τους υπάρχουν 3 τύποι φραγμάτων:

- 1. Φράγματα τύπου Embankment:** Τα οποία κατασκευάζονται από χώμα ή βράχους και αποτελούν μια απλή και οικονομική λύση



Εικόνα 2.2 Φράγμα Embankment

- 2. Φράγματα από σκυρόδεμα:** τα οποία είναι ακριβά και μεγάλα σε μέγεθος, κατασκευάζονται συνήθως σε πλατιές κοιλάδες



Εικόνα 2.3 Φράγμα από σκυρόδεμα

- 3. Φράγματα τοξοειδή:** τα οποία έχουν λεπτό τοίχωμα και είναι κυρτά προς τη πλευρά της λίμνης



Εικόνα 2.4 Φράγμα τοξοειδή

2.4.1.1 Υπερχειλιστές

Σε περιόδους μεγάλων υδατοπτώσεων μπορεί να έχουμε καταστροφικές συνέπειες για ένα ΥΗΕ ,διότι θα υπάρξει υπερχείλιση του φράγματος και πιθανές καταστροφές όπως πλημμύρες ,ρήγματα στο φράγμα, καταστροφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού κ.α .Για να αποφύγουμε τέτοιες καταστάσεις απαιτείται η κατασκευή ενός υπερχειλιστή προσαρμοσμένο στο φράγμα ,όπου αυτός θα μπορεί να διοχετεύει το πλεονάζων νερό προς τη κατάντη πλευρά.

Λόγω του ότι οι μεγάλες ταχύτητες νερού μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή στο φράγμα, ο υπερχειλιστής θα πρέπει να έχει την μορφή της τροχιάς την οποία θα ακολουθήσει το νερό.

Η τροχιά μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος της στάθμης του νερού πάνω από τον υπερχειλιστή. Για μεγάλες τιμές αυτού του ύψους ως προς το ύψος

σχεδιασμού μπορεί να συμβεί αποκόλληση της ροής με κίνδυνο εμφάνισης του φαινομένου της σπηλαιώσης.



Εικόνα 2.5 Υπερχειλιστής

2.4.1.2 Εκκενωτής πυθμένα-δεξαμενή-υδροληψία

Η δεξαμενή αποθήκευσης νερού καθιστά το έργο βιώσιμο καθώς παρέχει την ασφάλεια ότι σε περιόδους χαμηλής υδατόπτωσης υπάρχει διαθέσιμη παροχή νερού, η οποία έχει αποθηκευτεί σε περιόδους υψηλής υδατόπτωσης. Η δεξαμενή είναι επίσης χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου το νερό συλλέγεται από περισσότερες από μια πηγές ή και όταν χρησιμοποιείται νερό από κάποιο κανάλι.

Σημαντική είναι η προστασία των δεξαμενών από το φαινόμενο της υπερχειλίσης, οπότε είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα σύστημα εξόδου του νερού σε περίπτωση τέτοια χωρίς να δημιουργηθεί καμία ζημιά. Για να αποφευχθεί αυτή η κατάσταση δημιουργούμε ή μια εγκοπή στο χαμηλότερο τοίχωμα της δεξαμενής αλλιώς κάνουμε σύνδεση ενός σωλήνα όπου αυτός θα απομακρύνει το πλεονάζων νερό όποτε χρειάζεται.



Εικόνα 2.6 Δεξαμενή νερού

Ο εκκενωτής πυθμένα αποσκοπεί στην πλήρη εκκένωση του ταμιευτήρα ,για λόγους κυρίως συντήρησης του έργου ή σ' έκτατες καταστάσεις. Τέλος έχουμε την υδροληψία όπου είναι το έργο που χρειάζεται να οδηγήσουμε το νερό από την λίμνη στη διώρυγα προσαγωγής(ανοιχτός αγωγός)ή απευθείας στον αγωγό πτώσεως(προσαγωγής)



Εικόνα 2.7 Εκκενωτής πυθμένα κλειστός



Σχημα 2.8 εκκενωτής τυθμένα σε λειτουργία

2.4.2 ΤΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ

2.4.2.1 Αγωγός πτώσεως

Ο αγωγός μεταφοράς νερού είναι ο σωλήνας ο οποίος μεταφέρει το νερό από την περιοχή υδροληψίας υπό πίεση στον υδροστρόβιλο. Οι αγωγοί αυτοί ξεκινούν κάποιες φορές κατευθείαν από την πηγή του νερού (ποταμός) αλλά συνήθως ξεκινούν από την δεξαμενή (ταμιευτήρας) που αποθηκεύεται το νερό. Στην αρχή του αγωγού τοποθετείται ένα φίλτρο, για να φιλτράρει το νερό που εισέρχεται στον αγωγό. Επίσης τοποθετείται μια βαλβίδα για έλεγχο της παροχής του νερού πριν από το ακροφύσιο. Η επιλογή των αγωγών αυτών δεν είναι τόσο απλή καθώς ο αγωγός μπορεί να εγκατασταθεί πάνω στην επιφάνεια του εδάφους ή να υπογειοποιηθεί ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους, το υλικό του αγωγού που θα χρησιμοποιηθεί, τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος και τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Ο αγωγός πτώσεως χαρακτηρίζεται από:

- Τη διάμετρο του, η οποία επιλέγεται ώστε οι υδραυλικές απώλειες να είναι μέσα στα αποδεκτά πλαίσια προδιαγραφών.

- Το υλικό του, το οποίο γίνεται η επιλογή του με βάση τις εδαφολογικές συνθήκες ,το βάρος του ,το κόστος ,το σύστημα σύνδεσης των σωληνώσεων καθώς και τη πρόσβαση στην περιοχή
- Το πάχος του τοιχώματος, το οποίο επιλέγεται με σκοπό να αντέχει στην αντίστοιχη ασκούμενη εσωτερική υδραυλική πίεση.

Το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένος ο αγωγός του νερού ποικίλει ανάλογα με το ύψος πτώσης. Για μεγάλα ύψη πτώσης και σχετικά μεγάλες διαμέτρους η καλύτερη λύση είναι η χρήση σωλήνων από συγκολλητικό χάλυβα. Για μεσαία ύψη η καλύτερη και οικονομικότερη λύση είναι οι πλαστικοί σωλήνες από PVC με διάμετρο από 0,4 μέτρα οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ύψη πτώσης έως 200 μέτρα. Οι σωλήνες αυτές εκτός από οικονομικές είναι ελαφρύτερες και πιο εύχρηστες στο χειρισμό τους σε σχέση με τους χαλύβδινους σωλήνες, ενώ δεν χρειάζονται επιπλέον κατεργασία για την αποφυγή της διάβρωσής τους.

Η εσωτερική διάμετρος του αγωγού καθορίζει τη διαθέσιμη ισχύ στον υδροστρόβιλο. Δηλαδή όσο μεγαλώνει η διάμετρος του αγωγού μεγαλώνει και η διαθέσιμη ισχύς. Επίσης παρόλο που η εσωτερική επιφάνεια φαίνεται λεία στην πραγματικότητα εμφανίζει κάποια τραχύτητα η οποία επιβραδύνει τη ροή του νερού. Λόγο αυτού χρειάζεται να υπολογίσουμε τη σωστή διάμετρο του αγωγού.

Τέλος όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση του αγωγού τόσο μεγαλύτερο πρέπει να είναι και το πάχος των τοιχωμάτων του αγωγού έτσι ώστε να αποφευχθεί πιθανός κίνδυνος σπασίματος του αγωγού από την μεγάλη πίεση του νερού. Αυτό συνεπάγεται και την αύξηση του κόστους.



Σχήμα 2.9 Αγωγός Προσαγωγής

Το υδραυλικό σύστημα προσαγωγής του νερού ενός υδροηλεκτρικού έργου περιλαμβάνει ακόμη τα ακόλουθα μέρη :

1. Το έργο υδροληψίας πολλές φορές πρέπει να είναι εφοδιασμένο με εσχάρα η οποία θα συγκρατεί τα επιπλέοντα σώματα (κλαδιά δέντρων κλπ.), να μην επιτρέπει την εισχώρηση φερτών υλών και να φέρει διάταξη εξαμμωτή ώστε τα αιωρούμενα σωματίδια να απομακρύνονται και να μην συμπαρασύρονται προς τους υδροστροβίλους
2. Στην είσοδο και στην έξοδο του νερού από τον υδροστρόβιλο περιλαμβάνονται βάνες ,πύργοι ανάπαλσης και θυροφράγματα απαραίτητα για την περίπτωση της ηθελημένης διακοπής της παροχής στον στρόβιλο όταν χρειάζεται, όπως γίνεται για την συντήρησή του. Τα τμήματα αυτά αποτελούνται συνήθως από χάλυβα ή σίδηρο.
3. Μια έξοδος διαφυγής, η οποία φέρνει το νερό από την έξοδο των υδροστροβίλων ,πάλι πίσω στον ποταμό.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί το γεγονός πως υπάρχει κίνδυνος αστοχίας στον αγωγό προσαγωγής ,όπου αυτό το φαινόμενο ονομάζεται **υδραυλικό πλήγμα** και έχει να κάνει με απότομες αλλαγές στην ροή ρευστού ,κινούμενου σε μεγάλου μήκους .Το φαινόμενο παρουσιάζεται κατά τη φάση απότομης διακοπής της παροχής ,από διάφραγμα βάνας ή θυρόφραγμα ,και συνοδεύεται με την εμφάνιση κύματος υψηλής πίεσης. Λύση αποτελούν οι βαλβίδες αποτονώσεως και οι πύργοι ανάπαλσης.



Εικόνα 2.10 Ηλεκτρικό τοξωτό θυρόφραγμα



Εικόνα 2.11 Πύργος ανάπαλσης

2.4.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

Αποτελείται από όλες τις ηλεκτρικές και μηχανολογικές μονάδες που βρίσκονται εντός και εκτός του υδροηλεκτρικού σταθμού, όπως είναι οι υδροστρόβιλοι, οι γεννήτριες, οι μετασχηματιστές καθώς και ο βοηθητικός εξοπλισμός όπως είναι οι γερανογέφυρες, οι αντλίες, οι συμπιεστές κ.α. Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναφερθούν λεπτομερώς τα κυριότερα μέρη του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

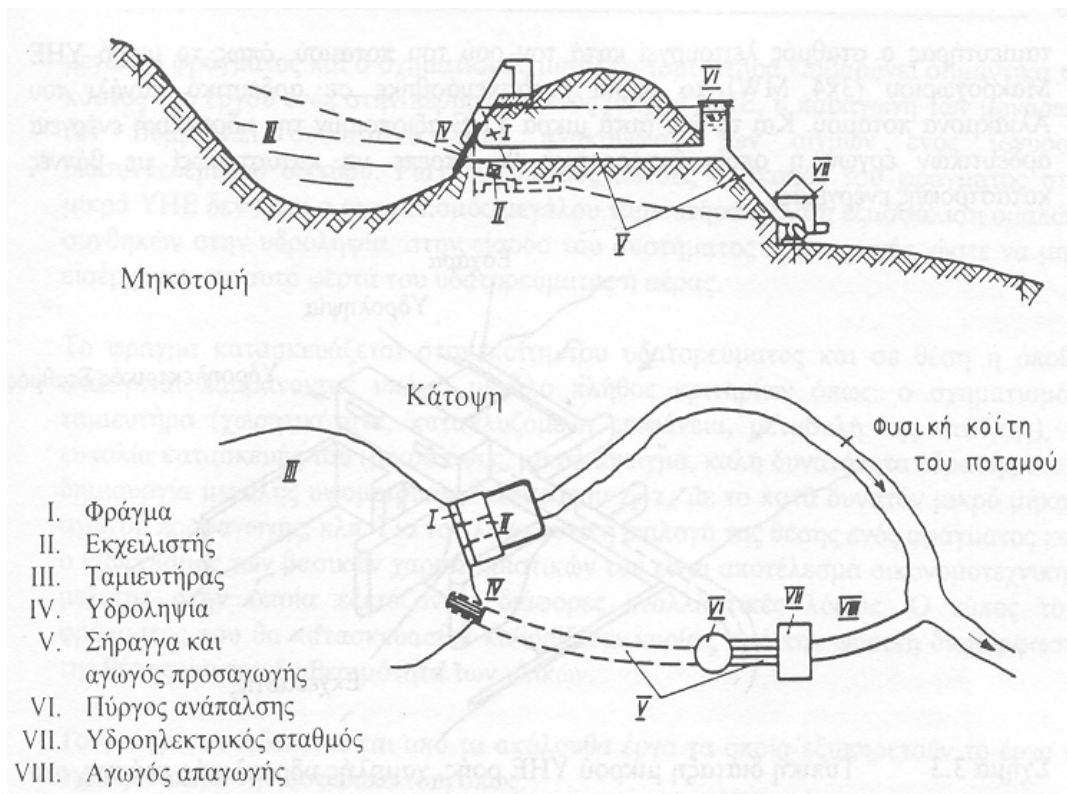
2.5 ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Τα υδροηλεκτρικά έργα μπορούν να ταξινομηθούν ως εγκαταστάσεις φυσικής ή ρυθμιζόμενης παροχής (με δεξαμενές). Στην Ελλάδα, οι περισσότερες σε λειτουργία εγκαταστάσεις έχουν μεγάλα φράγματα και λειτουργούν σαν σταθμοί φυσικής ροής.

2.5.1 Εγκαταστάσεις φυσικής παροχής

Στις εγκαταστάσεις φυσικής παροχής θεωρείται αυτονόητο πως δεν υπάρχει καμία αποθήκευση του νερού και ότι η παραγόμενη ισχύς είναι ανάλογη της παροχής νερού που περνά από τον υδροστρόβιλο ,εφόσον δεν έχει τιμή μικρότερη από κάποια κρίσιμη τιμή και έχουμε το φαινόμενο σπηλαίωσης . Η παραγωγή ισχύος ενός σταθμού φυσικής παροχής κυμαίνεται με τον υδρολογικό κύκλο ,έτσι είναι συχνά καταλληλότερος για να παρέχει ενέργεια σε μεγάλο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας .Απομονωμένος δεν παρέχει ισχύς μεγάλης σταθερότητας επομένως ,οι απομονωμένες περιοχές που χρησιμοποιούν μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας χρειάζονται συμπληρωματική άλλη πηγής ενέργειας για να καλυφτεί η τυχόν έλλειψη ενέργειας .Οι εγκαταστάσεις φυσικής παροχής μπορούν να καλύψουν τις ηλεκτρικές ανάγκες μιας απομονωμένης περιοχής όταν η ελάχιστη παροχή στον ποταμό είναι επαρκής για να καλύψει τις μέγιστες απαιτήσεις που έχουν σε ισχύ.

Στην περίπτωση των σταθμών φυσικής παροχής μπορεί να χρειαστεί εκτροπή της παροχής ενός ποταμού .Η εκτροπή απαιτείται για την εκμετάλλευση της υδατόπτωσης που εμφανίζεται μεταξύ δύο σημείων κατά μήκος του ποταμού συνήθως .Τα έργα εκτροπής μειώνουν τη παροχή του ποταμού μεταξύ της εισαγωγής και του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας .Ένα ρυθμιστικό φράγμα αλλαγής της κατεύθυνσης του ποταμού απαιτείται συνήθως για να εκτρέψει τη παροχή στην εισαγωγή .Αυτός ο τύπος ΥΗΕ είναι ακατάλληλος για αρδευτικές ανάγκες.

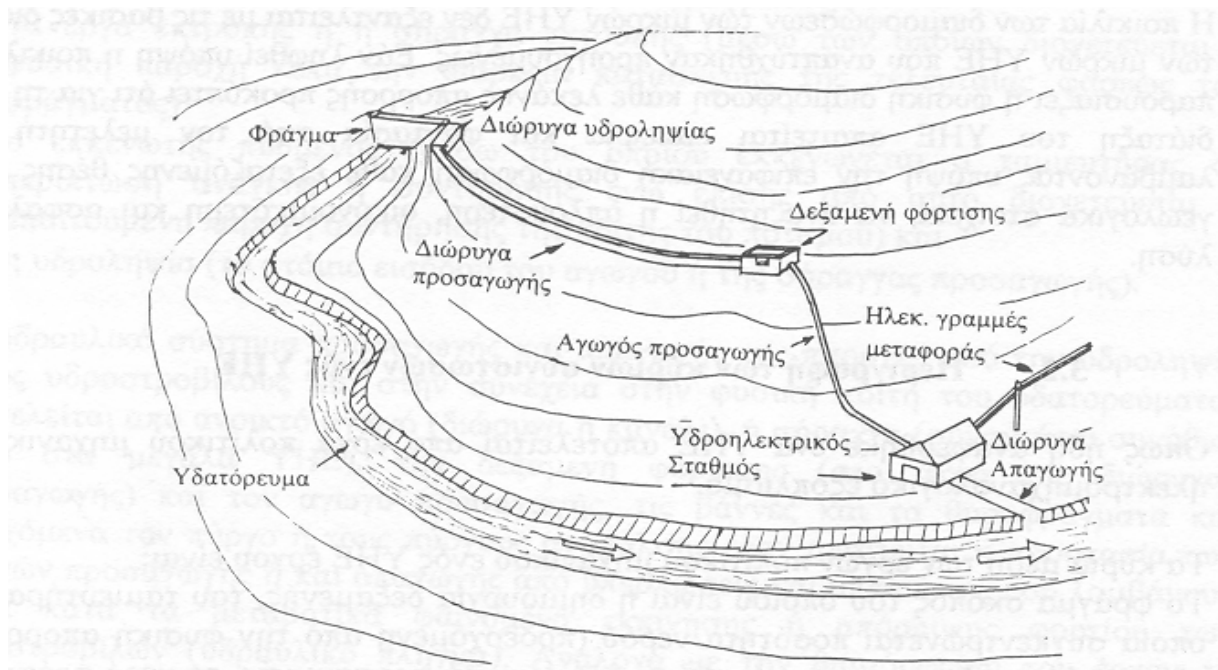


Εικόνα 2.12 Διαμόρφωση υδροηλεκτρικού έργου φυσικής παροχής

2.5.2 Εγκαταστάσεις ρυθμιζόμενης παροχής (με δεξαμενές)

Το υδροηλεκτρικό έργο για να παράγει την απαιτούμενη ισχύ ,το νερό πρέπει να αποθηκευτεί σε μία ή περισσότερες δεξαμενές ,με εξαίρεση την περίπτωση του σταθμού φυσικής παροχής όπου η ελάχιστη παροχή του ποταμού μπορεί να ανταπεξέλθει στην μέγιστη απαίτηση σε ισχύ .Η αποθήκευση του νερού απαιτεί συνήθως την κατασκευή ενός παραπάνω φραγμάτων και τη δημιουργία τεχνητών λιμνών .Αυτό έχει κάποιο αντίκτυπο στο τοπικό περιβάλλον ,και γενικότερα επιβαρύνει τις αρνητικές επιδράσεις προς την οικολογία.

Η δημιουργία νέων δεξαμενών αποθήκευσης ύδατος για μικρές υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις δεν είναι οικονομικά βιώσιμη εκτός από, ενδεχομένως, τις απομονωμένες περιοχές όπου η αξία της ενέργειας είναι πολύ υψηλή. Η αποθήκευση σε μικρές υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις περιορίζεται, επομένως, σε μικρούς όγκους ύδατος είτε σε μια νέα τεχνητή δεξαμενή είτε σε μια ήδη υπάρχουσα φυσική λίμνη άνωθεν του φράγματος . Αυτός ο τύπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρδευτικές ανάγκες.



Εικόνα 2.13 Διαμόρφωση υδροηλεκτρικού έργου ρυθμιζόμενης παροχής

Τέλος υπάρχει ακόμα ένας τύπος εγκαταστάσεων αποθήκευσης νερού, η οποία ονομάζεται αντλημένη αποθήκευση, όπου το νερό είναι ανακυκλώσιμο μεταξύ των προς τα κάτω και προς τα πάνω δεξαμενών αποθήκευσης. Το νερό περνά μέσω των υδροστροβίλων για να παράγει την ισχύ κατά την διάρκεια των περιόδων υψηλής ζήτησης και αντλείται πίσω στην ανώτερη δεξαμενή κατά τη διάρκεια των περιόδων χαμηλής ζήτησης. Τα οικονομικά οφέλη με αυτή την μέθοδο εξαρτώνται από τη διαφορά μεταξύ των τιμών της μέγιστης και της ελάχιστης ισχύος.

Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις που προκαλούν οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις με τη αποθήκευση νερού συσχετίζονται κυρίως με τη δημιουργία της τεχνητής δεξαμενής αποθήκευσης νερού. Η δημιουργία της δεξαμενής απαιτεί την κατασκευή ενός σχετικά μεγάλου φράγματος, ή τη χρήση μιας υπάρχουσας φυσικής λίμνης για να αποθηκευτεί το νερό. Η δημιουργία της νέας δεξαμενής με φράγμα περιλαμβάνει την πλημμύρα του εδάφους άνωθεν του φράγματος. Η χρήση του νερού που αποθηκεύεται είτε στη δεξαμενή ή είτε στη λίμνη οδηγεί στη διακύμανση της στάθμης του νερού που ρέει στον ποταμό κάτωθεν του φράγματος. Μια αυστηρή περιβαλλοντική εκτίμηση απαιτείται για οποιοδήποτε έργο που περιλαμβάνει την αποθήκευση ύδατος.

2.6 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Ένα υδροηλεκτρικό έργο αποτελεί παρέμβαση στο περιβάλλον, εννοώντας τόσο το φυσικό όσο και πολιτιστικό και κοινωνικό .Η παρέμβαση αυτή συμβαίνει και κατά τη φάση της κατασκευής, όσο και στη φάση λειτουργίας του .Τα ΥΗΕ αντιμετωπίζονται γενικότερα σαν έργα με αντιμετωπίσιμες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σύγκριση με άλλα είδη έργων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας .Ταυτόχρονα δε πρέπει να ξεχνιόνται οι θετικές επιπτώσεις που μας προσφέρουν και έχουν περιγραφτεί (πλεονεκτήματα ,μειονεκτήματα και χρήσεις υδροηλεκτρικών έργων).Οι πιθανές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κατασκευή τους ,δε γίνεται εύκολα να προβλεφτεί και για αυτό το λόγο απαιτείται μια ολοκληρωμένη εκπόνηση μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων .Οι επιπτώσεις αυτές διαφέρουν και εξαρτώνται από το αν το υδροηλεκτρικό συνοδεύεται από ταμιευτήρα(και το μέγεθος του) ή αν είναι ελευθέρως ροής αξιοποιώντας την ορμή του νερού κατευθείαν από κάποιο ποταμό ή κανάλι .Εξαρτάται επίσης από το αν γίνεται εκτροπή των νερών του υδατορεύματος και σε ποιο ποσοστό και τέλος από τα μέτρα που έχουν παρθεί κατά το σχεδιασμό για την αντιμετώπιση των πιθανών επιπτώσεων που μπορεί να προκύψουν.

Οι πιο πιθανές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον (φυσικό ,κοινωνικό ,πολιτιστικό) από την κατασκευή και την λειτουργία των ΥΗΕ ανιχνεύονται στους παρακάτω τομείς:

- Η διακοπή της ανάπτυξης ιχθυοπανίδας και ελεύθερη επικοινωνίας τους
- Ελάττωση της παροχής του υδατορεύματος από το σημείο της υδροληψίας έως το σημείο επιστροφής του νερού σε αυτό.
- Καταστροφή δασικής βλάστησης επειδή οι τοποθεσίες αυτές βρίσκονται συνήθως εντός δασικών περιοχών
- Αλλοίωση φυσικού κάλλους
- Καταστροφή προστατευόμενης περιοχής
- Καταστροφή ιστορικών και αρχαιολογικών μνημείων
- Ρύπανση από απόρριψη στερεών και υγρών αποβλήτων στο έδαφος ή στο νερό
- Κίνδυνο πυρκαγιάς στην γύρω περιοχή του ΥΗΕ από βραχυκύκλωμα στη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής ή αστοχία στο δίκτυο μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας

2.6.1 Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Ένα φυσικό περιβάλλον στο υδατόρευμα συντηρεί ένα μεγάλο αριθμό ποικιλίας χλωρίδας και πανίδας καθώς και διαφόρων ζώων .Με την κατασκευή ενός υδροηλεκτρικού έργου και ειδικότερα με κατασκευή ενός φράγματος η ισορροπία που είχε το οικοσύστημα κλονίζεται και διαταράσσεται ,σε όλους τους τομείς που είναι η εδαφολογία ,η υδρολογία ,η ατμόσφαιρα και ο βιολογικός τομέας ,αφού το φράγμα που δημιουργείται είναι στην ουσία μια διακοπή της συνέχειας της φυσικής ροής του ποταμού .

2.6.1.1 Εδαφικές επιπτώσεις

Οι εδαφικές επιπτώσεις προέρχονται κυρίως από τη κατασκευή ενός φράγματος .Έχει αναφερθεί πως υπάρχουν υδροηλεκτρικά έργα που το νερό εισέρχεται στην εγκατάσταση χωρίς την χρήση φράγματος ,αλλά απλά με τη βύθιση κάποιου αγωγού νερού μέσα στο ποταμό .Σε αυτήν τη περίπτωση οι εδαφικές επιπτώσεις του έργου έχουν αξία σχεδόν μηδενική για την περιοχή. Όταν όμως υπάρξει η δεύτερη περίπτωση όπου μια υδροηλεκτρική μονάδα περιλαμβάνει φράγμα και εφόσον αυτό αποτελεί διακοπή της συνέχειας παροχής των εισερχόμενων υλικών ,αυτές οι ύλες εγκλωβίζονται στον ταμιευτήρα .Όταν ο ταμιευτήρας δεν είναι τεράστιας χωρητικότητας ,οι φερτές ύλες συσσωρεύονται σε αυτόν με αποτέλεσμα να απαιτείται συνεχώς μια αντιμετώπιση για αυτό το θέμα .Το πιο βασικό πρόβλημα είναι πως η διακοπή της συνέχειας της ροής των φερτών υλών προκαλεί εδαφολογικά προβλήματα Κατάντη της διατομής απαγωγής ,μετά την έξοδο από τον υδροστρόβιλο ,όπου η παροχή του νερού συναντά εκ νέου τη φυσική της κοίτη .Η ροή παρασύρει φερτές ύλες προς τις χαμηλότερες στάθμες ,όπου αυτές όμως δεν αναπληρώνονται από ανάντη .Για το λόγο υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να παρουσιαστεί διάβρωση του εδάφους.

2.6.1.2 Υδρολογικές επιπτώσεις

Ένα σημαντικό θετικό πρόσημο που έχουν τα υδροηλεκτρικά έργα ως προς τις υδρολογικές επιπτώσεις είναι πως το νερό κατά τη διέλευση του από τον υδροστρόβιλο αλλά και κατά την έξοδο του από το σταθμό ,δεν υφίσταται καμία αλλοίωση .Αυτό το καθιστά κατάλληλο για αξιοποίηση του (άρδευση ,ύδρευση κ.τ.λ),όπως και πριν τη προσαγωγή του στην υδροηλεκτρική μονάδα .Άρα το υδροηλεκτρικό έργο δεν βλάπτει και δεν επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα του νερού.

Επίσης σε μια υδροηλεκτρική εγκατάσταση μπορεί να τοποθετηθεί μία διάταξη συγκρατήσεως υλικών ,όπως εσχάρες που συγκρατούν πλαστικές σακούλες ,μπουκάλια ,κορμούς δέντρου ,κλαδιά και άλλα υλικά που μπορεί να βλάψουν τη λειτουργία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού .Οι διατάξεις αυτές ταυτόχρονα βοηθούν και το καθαρισμό του ποταμού ,αφού τα υλικά αυτά που συγκρατούνται δεν επιστρέφουν στο ποταμό ,αλλά απομακρύνονται εκτός αυτού.

Οι αρνητικές επιπτώσεις υδρολογικού χαρακτήρα μίας micro/ribo υδροηλεκτρικής εγκατάστασης περιορίζονται(όπως και οι εδαφικές) μόνο στην περίπτωση που η εγκατάσταση περιλαμβάνει κάποιο ποταμοφράκτη, αφού αυτός ανυψώνει τη στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας του νερού, η οποία φτάνει τα όρια της υπερχείλισης. Έτσι προκαλείται άνωση στα γειτονικά κτίρια της περιοχής .Το πρόβλημα αυτό παρουσιάζεται κυρίως σε περιπτώσεις που το υδροηλεκτρικό έργο διαμορφώνεται σε επίπεδες περιοχές (μικρής κλίσης), οπότε και η ανύψωση της στάθμης γίνεται αισθητή σε σχετικά μεγαλύτερη έκταση. Παρ' όλα αυτά το πρόβλημα είναι αντιμετωπίσιμο, αφού εύκολα διορθώνεται με την τοποθέτηση κάποιας διώρυγας παράλληλης προς τη ροή του νερού.



Εικόνα 2.14 Άνωση περιοχής λόγω φράγματος

2.6.1.3 Βιολογικές επιπτώσεις

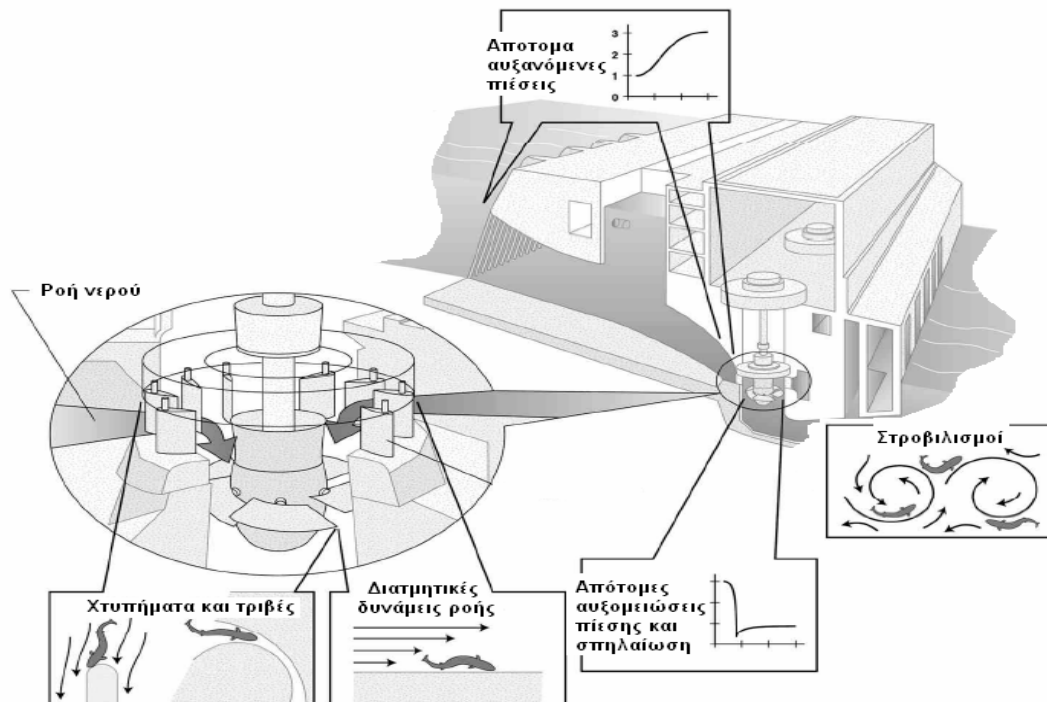
Όπως στις περιπτώσεις των εδαφικών και υδρολογικών επιπτώσεων ενός υδροηλεκτρικού έργου ,έτσι και στη περίπτωση των βιολογικών επιπτώσεων ,παίζει σημαντικό ρόλο αν το υδροηλεκτρικό έργο περιλαμβάνει φράγμα .Στα υδροηλεκτρικά έργα στα οποία δε χρησιμοποιείται κάποιο φράγμα για να οδηγηθεί το νερό στον σταθμό ,αλλά το νερό οδηγείται κατευθείαν στη μονάδα μέσω κάποιου αγωγού ,θεωρούμε τις βιολογικές επιπτώσεις στο τοπικό οικοσύστημα αμελητέες.

Στην περίπτωση των υδροηλεκτρικών έργων που λειτουργούν με τη βοήθεια κάποιου φράγματος ,κατάντη αυτού η παροχή στη φυσική κοίτη του ποταμού μπορεί να ελαττωθεί σημαντικά για κάποια χρονικά διαστήματα .Το γεγονός αυτό προκαλεί αρνητικές συνέπειες στην ανάπτυξη και διατήρηση της χλωρίδας και της πανίδας .Για αυτό το λόγο απαιτείται η διατήρηση μιας ελάχιστης παροχής σε όλη τη διάρκεια του έτους ,η οποία να διαρρέει τη φυσική κοίτη .Η ελάχιστη αυτή παροχή ονομάζεται παροχή συντήρησης .Αν έχουμε υψηλή τιμή παροχής συντήρησης αυτό σημαίνει υπάρχει μείωση στη τιμή της διαθέσιμης παροχής για παραγωγή ενέργειας και συνεπώς σε μείωση εσόδων του ΥΗΕ.Η παροχή συντήρησης πρέπει να είναι το λιγότερο ίση με την ελάχιστη φυσική παροχή του νερού ή προς το 30% της μέσης παροχής των θερινών μηνών ,αν δεν υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες απαιτήσεις.

Η πιο σημαντική επίπτωση στο βιολογικό τομέα είναι ότι η κατασκευή ενός τεράστιο εμπόδιο στα είδη των ψαριών που διακινούνται με τη ροή του ποταμού. Τα ψάρια διακρίνονται σε αυτά που ζουν στη θάλασσα, αλλά ανεβαίνουν μέχρι τις πηγές των ποταμών για να γεννήσουν τα αυγά τους και σε αυτά που ακολουθούν την αντίστροφη πορεία, που γεννούν δηλαδή στη θάλασσα και όταν ενηλικιωθούν διαβιώνουν στα νερά των ποταμών.

Για να μπορούν τα ψάρια να παρακάμπτουν το φράγμα,πρέπει να δημιουργηθεί μία είσοδος ,έτσι ώστε να αποτρέπεται η προσέγγισή τους στις ζώνες υψηλής ταχύτητας ροής νερού .

Μια επιπλέον αρνητική επίπτωση ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι οι θάνατοι και οι τραυματισμοί των νεογέννητων ψαριών ,που διέρχονται μέσα από τον υδροστρόβιλο.



Εικόνα 2.15 Βασικές αιτίες θανάτων και τραυματισμών ψαριών

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα ,οι τραυματισμοί και οι θάνατοι των ψαριών προκαλούνται από απότομες μεταβολές της πίεσης του νερού ,από στροβιλισμούς ,από συγκρούσεις των ψαριών με τα πτερύγια του στροβίλου ,από δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά το μήκος της ροής ή από το φαινόμενο της σπηλαιώσης .

Για να αντιμετωπιστεί αυτή η αρνητική επίπτωση των υδροστρόβιλων που επηρεάζει το οικοσύστημα ,κατασκευάζονται πλέον υδροστρόβιλοι κατάλληλα διαμορφωμένοι ,οι οποίοι δεν εμποδίζουν τη διέλευση και μετακίνηση των ψαριών ,συμβάλλοντας πλέον θετικά στην αρμονική λειτουργίας της υδροηλεκτρικής μονάδας με το τοπικό οικοσύστημα .Οι υδροστρόβιλοι αυτοί αυξάνουν τα ποσοστά επιβίωσης των νεογέννητων ψαριών που περνούν μέσα από αυτούς και μειώνουν τους τραυματισμούς τους ,στοιχείο πολύ σημαντικό ,αφού η θνησιμότητα των ψαριών μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του αριθμού τους και να επηρεάσει το τοπικό οικοσύστημα.

2.6.1.4 Ατμοσφαιρικές επιπτώσεις

Οι ατμοσφαιρικές επιπτώσεις των υδροηλεκτρικών έργων είναι αμελητέες .Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι υδροηλεκτρικές μονάδες δε παράγουν καθόλου διοξείδιο του άνθρακα ,οξείδια του αζώτου η διοξείδιο του θείου σε αντίθεση με τις μονάδες που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ,κάρβουνο ή φυσικό αέριο ,που είναι οι κύριες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ



3.1 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ

3.1.1 Είδη υδροστροβίλων

Οι υδροστροβίλοι μετατρέπουν την ενέργεια του νερού που πέφτει σε ισχύ

περιστρεφόμενου άξονα και διακρίνονται σε **υδροστροβίλους δράσεως** και σε **υδροστροβίλους αντιδράσεως**, ανάλογα με τη διαδικασία που χρησιμοποιείται, προκειμένου να μετατραπεί το υδραυλικό ύψος και η παροχή νερού, σε μηχανική ισχύς.

3.1.2 Υδροστρόβιλοι δράσης

Οι υδροστρόβιλοι δράσεως χρησιμοποιούνται συνήθως στις περιπτώσεις που έχουμε μεγάλο μανομετρικό ύψος και μικρή τιμή παροχής νερού. Αυτό συμβαίνει κυρίως διότι η μεγάλη ταχύτητα του νερού (λόγω μεγάλου μανομετρικού ύψους), επικεντρώνει όλη τη διαθέσιμη υδραυλική ισχύ σε μία μικρή περιοχή ροής. Έτσι η συγκεντρωμένη αυτή ισχύς μετατρέπεται πιο αποδοτικά, αφού κατευθυνθεί μέσω μιας δέσμης νερού, που προσπίπτει πάνω στο δρομέα, ο οποίος μειώνει σημαντικά την ταχύτητα της. Η βέλτιστη απόδοση ενός υδροστροβίλου δράσεως, προκύπτει όταν η ταχύτητα του δρομέα είναι περίπου ίση με τη μισή της ταχύτητας της δέσμης νερού, καθώς η δέσμη αυτή νερού, εγκαταλείπει το ακροφύσιο που την οδήγησε. Οι πιο βασικοί τύποι υδροστροβίλων δράσεως είναι οι υδροστρόβιλοι Pelton, Turgo και Cross-Flow, οι οποίοι περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

	Μεγάλο Υδρ. Ύψος	Μεσαίο Υδρ. Ύψος	Μικρό Υδρ. Ύψος
Στρόβιλοι 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)
Στρόβιλοι Αντιδράσεως	—	<ul style="list-style-type: none"> • Francis 	<ul style="list-style-type: none"> • Αξονικής Ροής • Βολβοειδής • Kaplan

Πίνακας 2. Διαχωρισμός στροβίλων με βάση το υδραυλικό ύψος

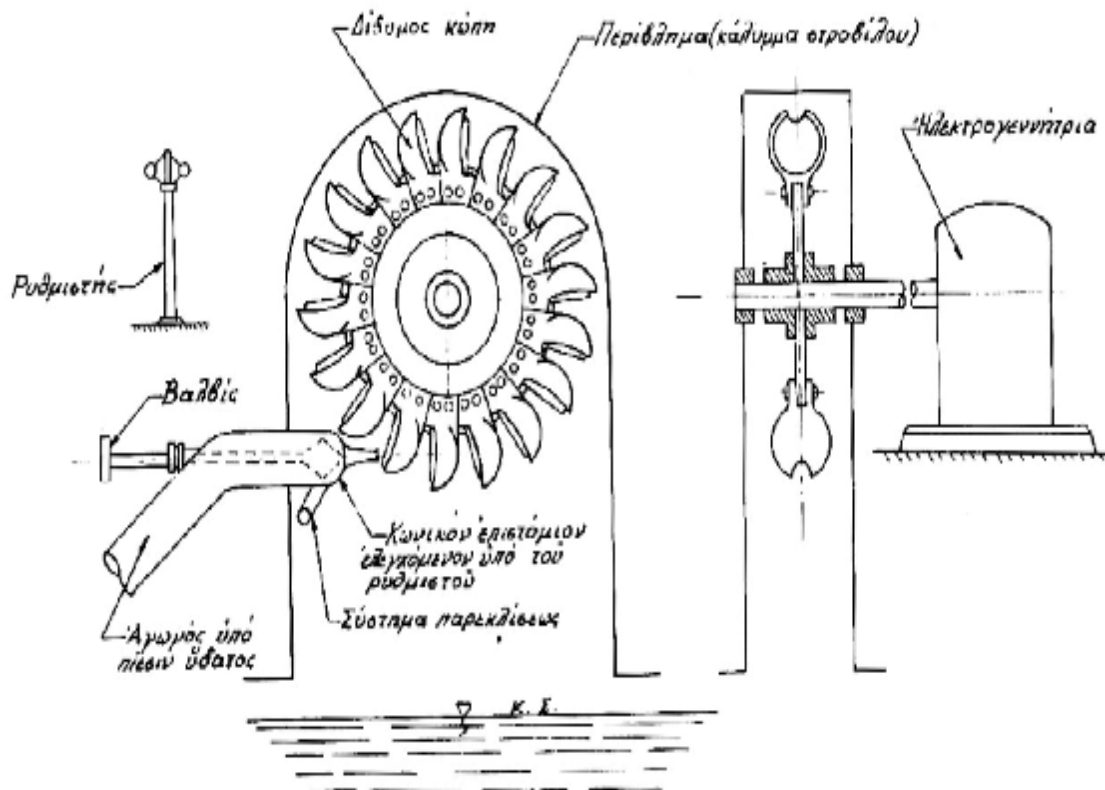
3.1.2.1 Υδροστρόβιλος Pelton



Εικόνα 3.1 Υδροστρόβιλος Pelton

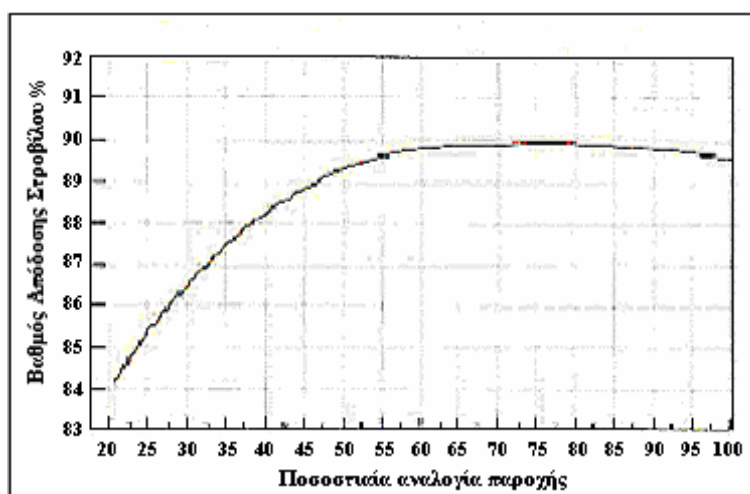
Ο υδροστρόβιλος Pelton ανήκει στην κατηγορία υδροστροβίλων δράσης και είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος που χρησιμοποιείται στην κατηγορία αυτή. Ο άξονας του στροφείου μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Το στροφείο έχει στην περιφέρειά του σκαφίδια ή αλλιώς κουτάλια και κατασκευάζεται είτε ενιαίο, είτε με τα σκαφίδια ανεξάρτητα. Το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου Pelton αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια. Η ρύθμιση της παροχής επιτυγχάνεται μέσω βελόνας, η οποία μετακινείται κατά τον άξονα του ακροφυσίου μέσω υδραυλικού συστήματος. Για την περίπτωση γρήγορης απόρριψης του φορτίου υπάρχει όνυχας εκτροπής της δέσμης αμέσως μετά την διατομή εξόδου του ακροφυσίου. Ο όνυχας εκτρέπει την δέσμη η οποία δεν προσπίπτει πλέον στο στροφείο και στην συνέχεια η παροχή μειώνεται κλείνοντας τη βελόνα με ρυθμό που έχει υπολογισθεί έτσι ώστε η υπερπίεση να μην ξεπερνά τις επιτρεπόμενες τιμές. Σημειώνεται ότι ο αγωγός προσαγωγής των υδροστροβίλων Pelton έχει συνήθως σημαντικό μήκος λόγω του ,μεγάλου ύψους πτώσης. Το περίβλημα του υδροστροβίλου συνδέεται με το τμήμα εξόδου και οδηγεί το νερό που πέφτει από το στροφείο στην διάωρυγα απαγωγής. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού από 50 m μέχρι 1300 m και ποσότητες νερού από 0,01 m³/s μέχρι 5m³/s και κατασκευάζονται για πολύ μικρές, (της τάξεως των δεκάδων KW) έως

πολύ μεγάλες ισχύς (της τάξεως των εκατοντάδων MW) και τέλος έχουν πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους.



Εικόνα 3.2 Σύστημα υδροστροβίλου Pelton

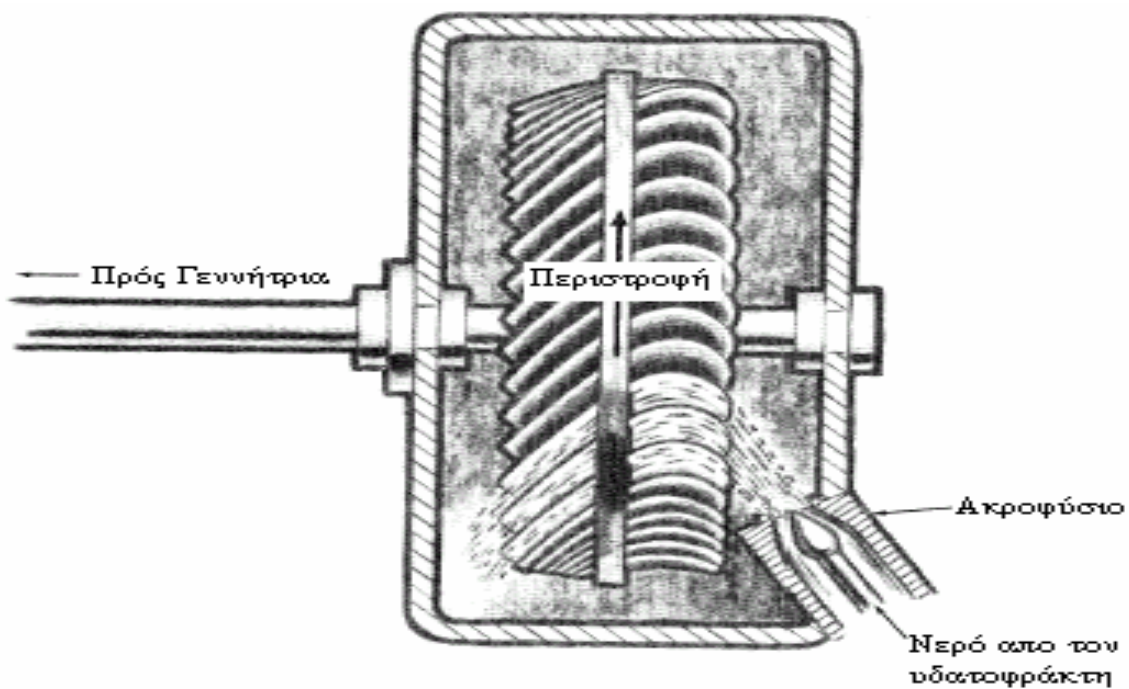
Σε βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας ,με τη χρήση ενός υδροστροβίλου Pelton ,μπορεί να επιτευχθεί βαθμός απόδοσης έως και 90%



Σχήμα 3.1 Καμπύλη απόδοσης υδροστροβίλου Pelton

3.1.2.2 Υδροστρόβιλος Turgo

Ο υδροστρόβιλος Turgo είναι μια παραλλαγή του Pelton με τη διαφορά ότι λειτουργεί με μεγαλύτερες παροχές νερού, σε μικρότερα μανομετρικά και με ελάχιστα μικρότερο βαθμό απόδοσης. Τα χαρακτηριστικά ενός υδροστρόβιλου Turgo είναι πως παρουσιάζει υψηλό βαθμό απόδοσης και υψηλή ταχύτητα περιστροφής και αν αυξήσουμε τον αριθμό των ακροφυσίων, αυξάνεται και η απόδοση του υδροστρόβιλου. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού από 30 μέχρι 400 μέτρα και ποσότητες νερού από $0,2\text{m}^3/\text{s}$ μέχρι $8\text{m}^3/\text{s}$ και για ισχύς από 5MW έως 120MW.



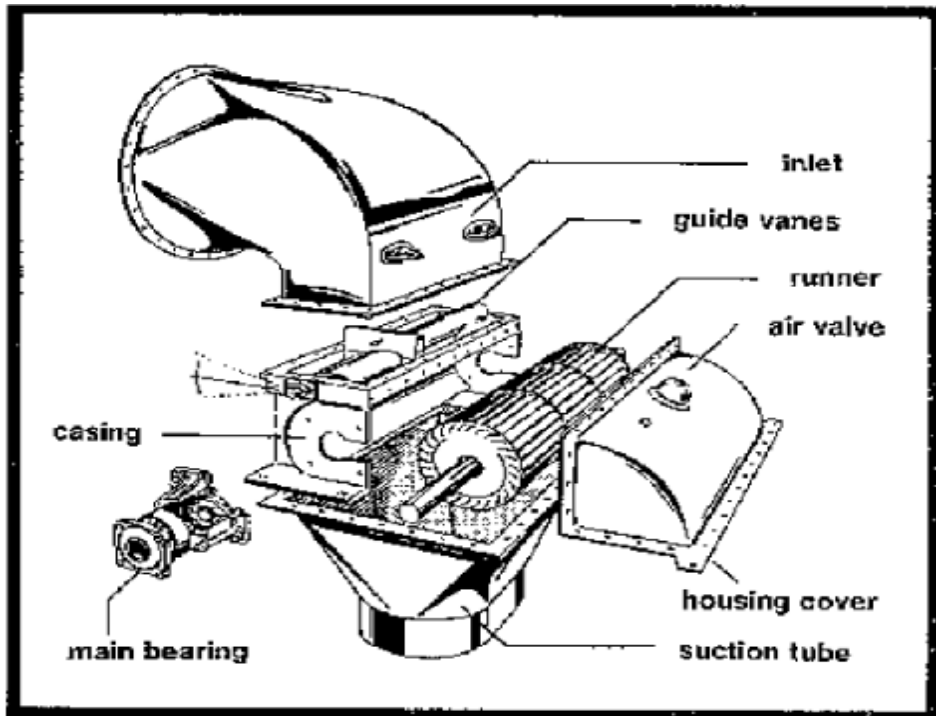
Εικόνα 3.3 Υδροστρόβιλος Turgo

3.1.2.3 Υδροστρόβιλος *Cross Flow*



Εικόνα 3.4 Υδροστρόβιλος Cross-Flow

Ο υδροστρόβιλος Banki ή Cross-Flow είναι στρόβιλος δράσης ακτινικού τύπου με χωριστές εισόδους. Η ειδική του ταχύτητα τον κατατάσσει στους αργόστροφους στρόβιλους και είναι απόλυτα κατάλληλος για αξιοποίηση υδατοπτώσεων με μεγάλες διακυμάνσεις παροχής. Η παροχή ελέγχεται από ένα ή δύο ρυθμιστικά πτερύγια, που κινούνται ανεξάρτητα από χωριστούς μοχλούς συνδεδεμένους με αυτόματο σύστημα ελέγχου. Το στόμιο εισόδου μετατρέπει την ολική ενέργεια της ροής σε κινητική και έχοντας την κατάλληλη καμπυλότητα οδηγεί τη ροή με την κατάλληλη κλίση στα πτερύγια του δρομέα. Ο κυλινδρικού σχήματος δακτυλιοειδής δρομέας στηρίζεται σε άτρακτο, που τον διαπερνά κεντρικά σε όλο το μήκος του. Αποτελείται από μεταλλικά πτερύγια, που στερεώνονται στα άκρα τους σε δίσκους. Στα πτερύγια που έχουν ακτινική μόνο καμπυλότητα δεν αναπτύσσονται αξονικές δυνάμεις, οπότε δεν χρειάζονται αξονικοί τριβείς . Η βασική συνολική απόδοση είναι περίπου 80%, παραμένει δε υψηλή για μεγάλο εύρος διακύμανσης της παροχής. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την απλότητα και στιβαρότητα της κατασκευής, αποτελούν τα βασικά πλεονεκτήματα του υδροστρόβιλου. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού μικρότερες των 100m, για παροχές 0,04 μέχρι 10m³/s και για ισχύς μικρότερες των 2MW.



Εικόνα 3.5 Τμήματα υδροστροβίλου Cross Flow

3.1.3 Υδροστρόβιλοι αντίδρασης

Οι υδροστρόβιλοι αντίδρασης είναι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρη η φτερωτή λειτουργεί στον ίδιο άξονα συμμετρικά. Στην κατηγορία αυτή η στατική πίεση μεταβάλλεται διαρκώς. Αυτή η κατηγορία υδροστροβίλων χρησιμοποιούνται για κατασκευές μικρού υδραυλικού ύψους και μεγάλης παροχής νερού. Ένα σημαντικό πλεονέκτημά τους είναι το γεγονός ότι πετυχαίνουν μεγάλο βαθμό απόδοσης και πιάνουν μεγάλες ταχύτητες περιστροφής. Αντίθετα ένα μειονέκτημά τους είναι ότι πρέπει απαραίτητως να στεγανοποιούνται τα ανοίγματα μεταξύ δρομέα και στροβίλου καθώς η διαρροή νερού συνεπάγεται και μεγάλη απώλεια ισχύος και απαιτούνται μεγάλες παροχές νερού.

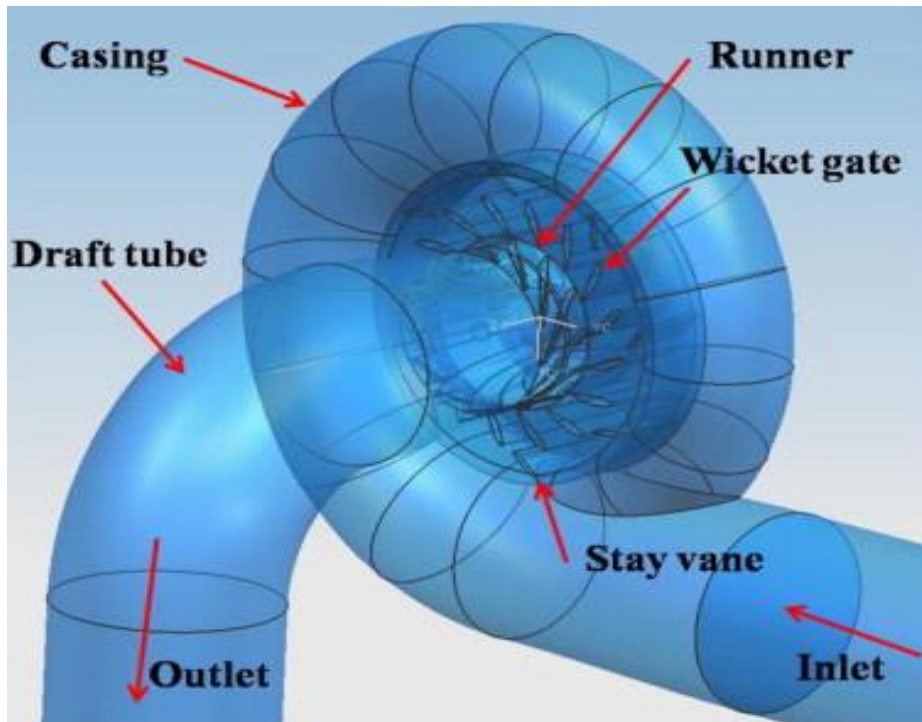
Τα βασικότερα και πιο διαδεδομένα είδη υδροστροβίλων αντίδρασης είναι οι υδροστρόβιλοι Francis, Kaplan, οι βολβοειδής και οι υδροστρόβιλοι αξονικής ροής.

3.1.3.1 Υδροστρόβιλος Francis



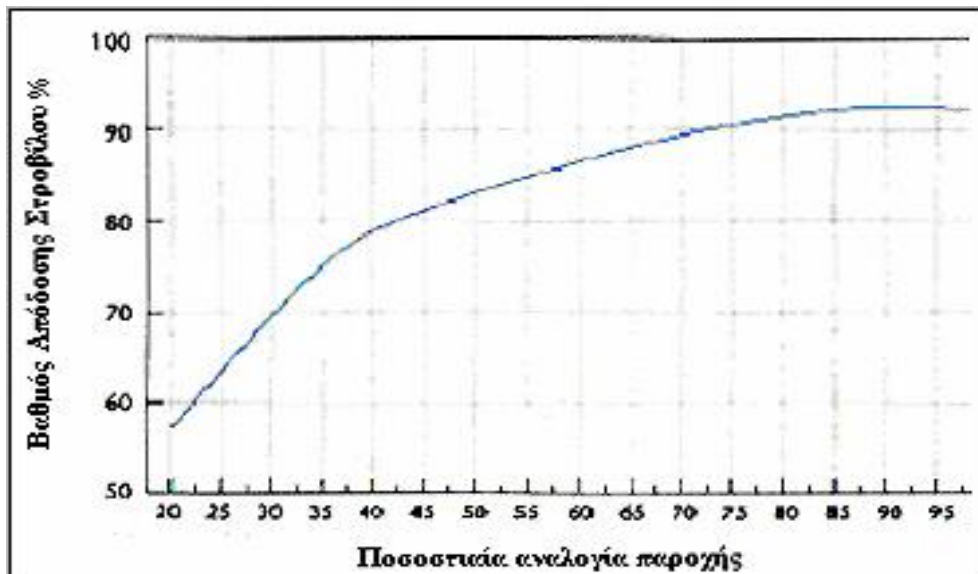
Εικόνα 3.6 Υδροστρόβιλος Francis

Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος υδροστροβίλου που χρησιμοποιείται. Συνήθως έχουν τον άξονα τους κάθετα στο επίπεδο αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις που λειτουργούν με τον άξονα οριζόντια. Όσον αφορά τη λειτουργία τους, ο στρόβιλος κινείται μέσω της πίεσης του νερού στα περύγια της περωτής, το οποίο φτάνει σε αυτά μέσω του σπειροειδούς κελύφους. Υπάρχει ένας σταθερός τροχός καθοδήγησης που περιέχει και αυτός περύγια τα οποία κινούνται αντίθετα με αυτά της περωτής και ρυθμίζουν την γωνία πρόσπτωσης και την ταχύτητα του νερού, άρα κατ'επέκταση και τις στροφές και την ισχύς. Το νερό περνώντας από τα περύγια του δρομέα χάνει τη ταχύτητα του και οδηγείται προς τα κάτω λόγω της βαρύτητας, εξερχόμενο από τον αγωγό απαγωγής του νερού. Το σχήμα των περυγίων του υδροστροβίλου παίζει πολύ μεγάλο ρόλο διότι συνδέεται άμεσα με το βαθμό απόδοσης του στροβίλου, όπου με το καλύτερο σχεδιασμό του συστήματος μειώνουμε τις απώλειες από τις τριβές και κατά συνέπεια τις απώλειες ισχύος. Τέλος η απόδοση του υδροστρόβιλου Francis μπορεί να φτάσει ακόμα και στο 95% αν καταφέρουμε να διατηρήσουμε σταθερή ταχύτητα και κατεύθυνση του νερού. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού από 10 m έως 300 m και παροχές νερού από $0.5\text{m}^3/\text{s}$ έως $20\text{m}^3/\text{s}$ και για ισχύς από 10KW έως 500MW.



Εικόνα 3.7 Τμήματα του υδροστροβίλου Francis

Ο υδροστρόβιλος francis έχει υψηλή απόδοση, όμως αυτή δεν διατηρείται σταθερή σε μεγάλο πεδίο τιμών, έξω από το ονομαστικό σημείο λειτουργίας.



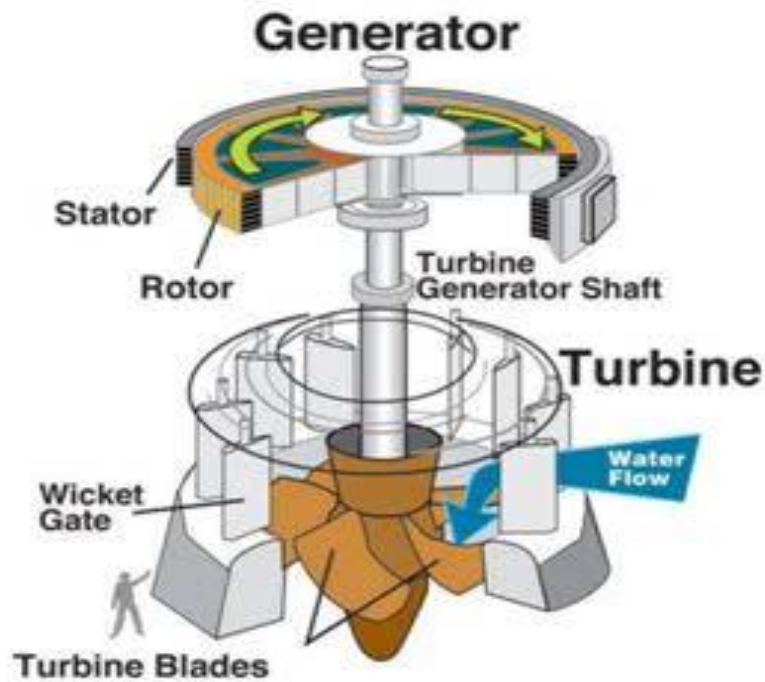
Σχήμα 3.2 Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Francis

3.1.3.2 Υδροστρόβιλος Karlan



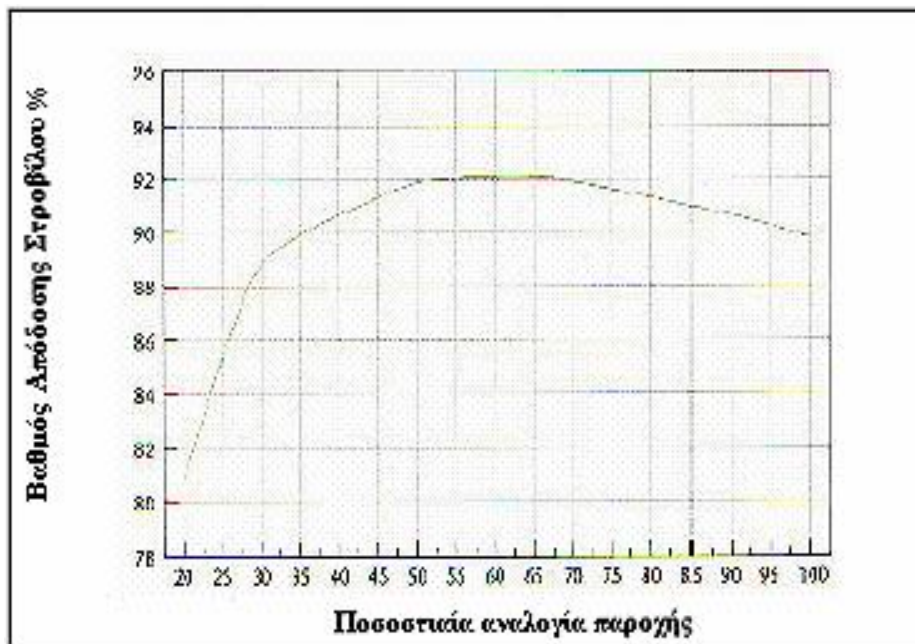
Εικόνα 3.8 Υδροστρόβιλος Karlan

Οι υδροστρόβιλοι Karlan αποτελούν μια εξέλιξη του υδροστρόβιλου Francis για την επίτευξη παραγωγής ισχύος σε μεγάλες παροχές νερού και μικρά ύψη (μανομετρικά). Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η σχεδόν ευθεία διέλευση του νερού που βοηθά στην απλούστευση της κατασκευής, και κατ'επέκταση τη μείωση κόστους εγκατάστασης. Το ρευστό εισέρχεται από τον κυκλικό διατομής αγωγό προσαγωγής, βρίσκεται με τη στεφάνη των ρυθμιστικών πτερυγίων και αφού διέλθει δια του δρομέα, εξέρχεται μέσω του αγωγού απαγωγής. Η δυνατότητα μεταβολής της κλίσης των ρυθμιστικών πτερυγίων προσδίδει στον υδροστρόβιλο ευελιξία με αποτέλεσμα να μπορεί να λειτουργεί με τον μέγιστο δυνατό βαθμό απόδοσης για διάφορες συνθήκες ύψους πτώσης και παροχής. Ο δρομέας με τη μορφή έλικας μεταβλητού βήματος αποτελείται από μικρό αριθμό πτερυγίων (3-7 ανάλογα με το ύψος), που έχουν και αυτά την δυνατότητα μεταβολής της κλίσης τους, ώστε να λειτουργεί ικανοποιητικά για ένα μεγάλο εύρος μεταβολών ύψους πτώσεως. Το τμήμα εξόδου κωνικής μορφής, χρησιμεύει στην μείωση της ταχύτητας του ρευστού, με ταυτόχρονη αύξηση της στατικής του πίεσης, με σκοπό η είσοδος του στον κάτω ταμιευτήρα να γίνεται με μικρή ταχύτητα και ομαλά. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού από 2 m έως 50m και ποσότητες νερού από $2\text{m}^3/\text{s}$ έως $120\text{m}^3/\text{s}$ και τέλος για ισχύς από 5MW έως 120MW.



Εικόνα 3.9 Σύστημα υδροτροβίλου Kaplan

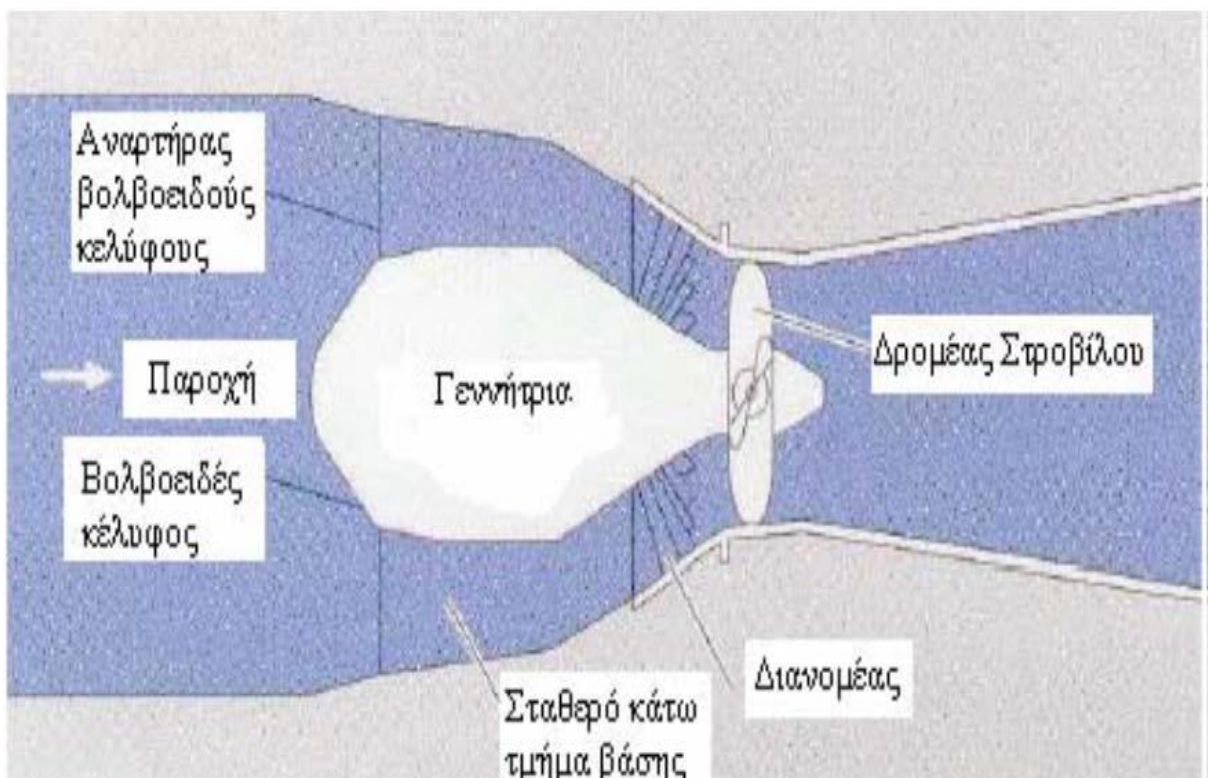
Οι υδροστρόβιλοι Kaplan αποτελούν μία εξέλιξη του υδροστρόβιλου Francis, προκειμένου να γίνει δυνατή η παραγωγή ισχύος σε μεγάλες παροχές και μικρά μανομετρικά. Παρουσιάζει επίσης μεγάλο βαθμό απόδοσης καθώς και σταθερή απόδοση σε μεγάλο εύρος λειτουργίας.



Σχήμα 3.3 Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροτροβίλου Kaplan

3.1.3.3 Υδροστρόβιλος Βολβοειδής

Οι βολβοειδής υδροστρόβιλοι ονομάστηκαν έτσι λόγω τους σχήματος που έχουν τα τυλίγματα στεγανώσεων .Η γεννήτρια βρίσκεται στο εσωτερικό ενός συμμετρικού στον άξονα του βολβού ,που γύρω από αυτόν υπάρχει ροή νερού .Οι υδροστρόβιλοι αυτοί είναι κατάλληλοι για μικρά υδραυλικά ύψη ,και ανταγωνίζονται τους υδροστρόβιλους Kaplan και αυτό γιατί η σχεδίαση της ροής του νερού είναι ευθεία με αποτέλεσμα να παρουσιάζει μια βελτίωση στα υδραυλικά χαρακτηριστικά της ροής ενώ ταυτόχρονα μειώνεται το μέγεθος και το κόστος.

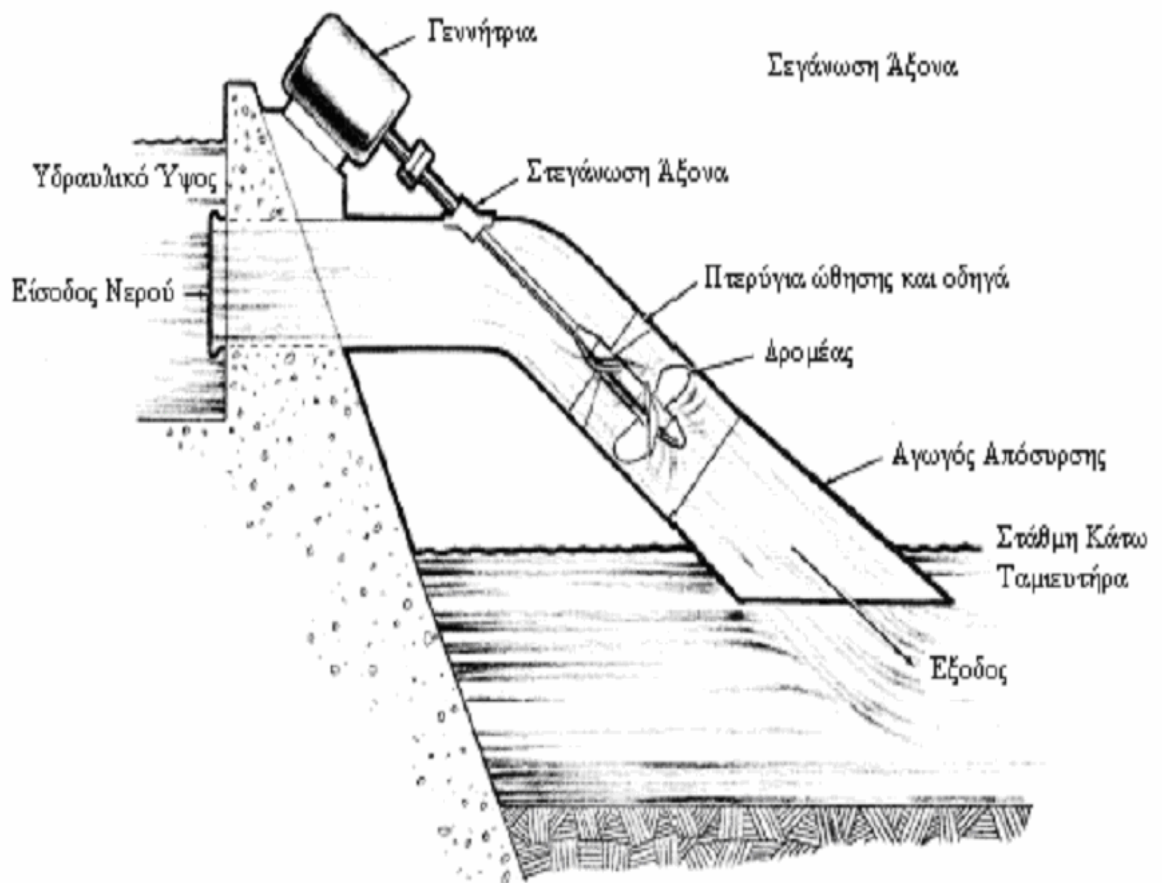


Εικόνα 3.9 Βολβοειδής υδροστρόβιλος

3.1.3.4 Υδροστρόβιλος αξονικής ροής

Οι υδροστρόβιλοι αυτοί ονομάζονται έτσι καθώς η ροή του νερού είναι παράλληλη με τον άξονα του υδροστρόβιλου διότι η γωνία κλίσης των πτερυγίων δεν μεταβάλλεται .Θα μπορούσαμε να παρομοιάσουμε τον υδροστρόβιλο αυτόν με μια προπέλα ενός σκάφους με τη διαφορά ότι ο

δρομέας του υδροστροβίλου λειτουργεί μέσα σε κέλυφος με πίεση .Ο βαθμός απόδοσης του υδροστροβίλου αυτού φτάνει κοντά στο 50%,αν και για ένα μικρό εύρος παροχής νερού μπορούν να επιτευχθούν καλύτεροι βαθμοί απόδοσης και υψηλές ταχύτητες. Γενικά όμως όταν πέφτει η τιμή της παροχής, μειώνεται και ο βαθμός απόδοσης.

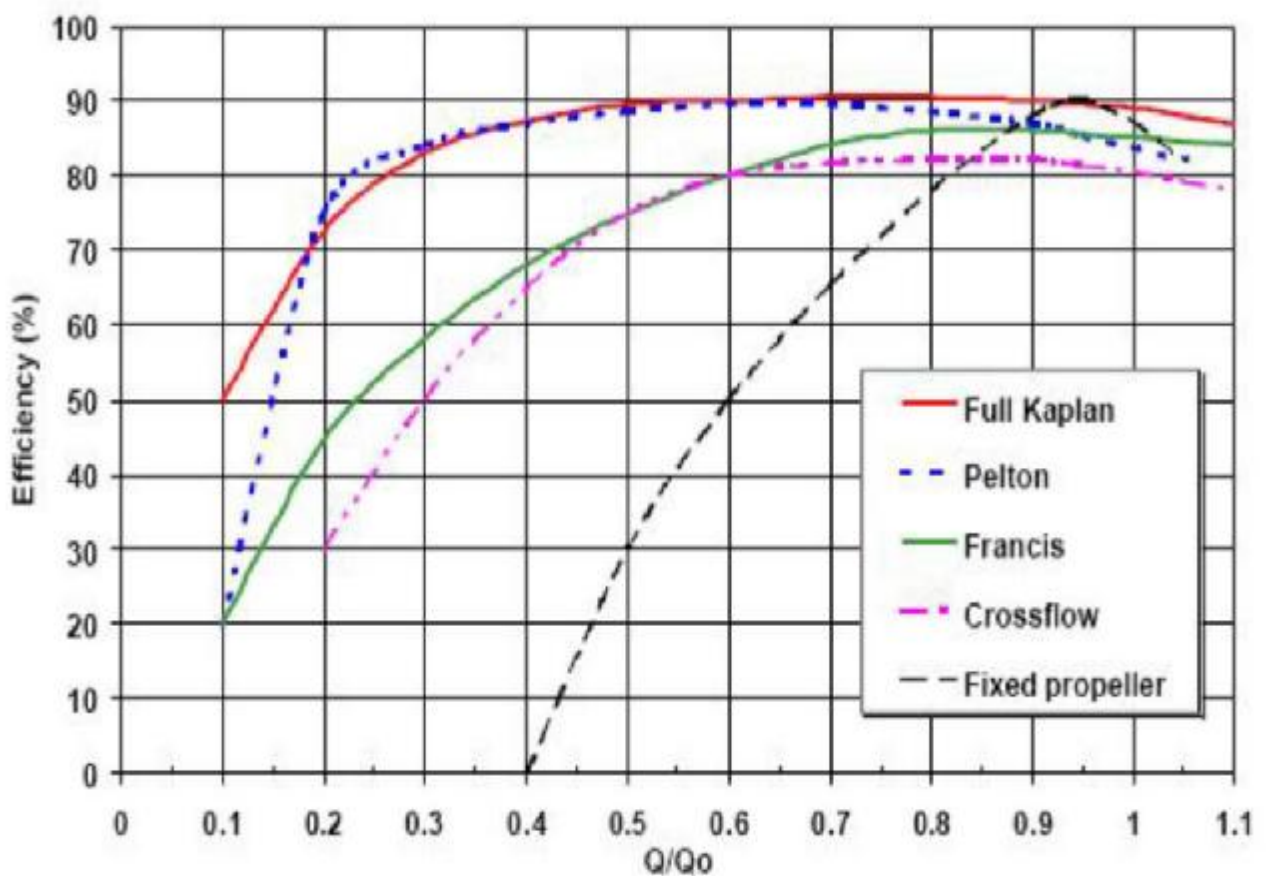


Εικόνα 3.10 Υδροστρόβιλος αξονικής ροής

3.1.4 Βαθμός απόδοσης υδροστροβίλου

Βαθμός απόδοσης για έναν υδροστρόβιλο ορίζεται το πηλίκο της μηχανικής ισχύος στον άξονα του στροβίλου ως προς την προσδιδόμενη ισχύ από το νερό

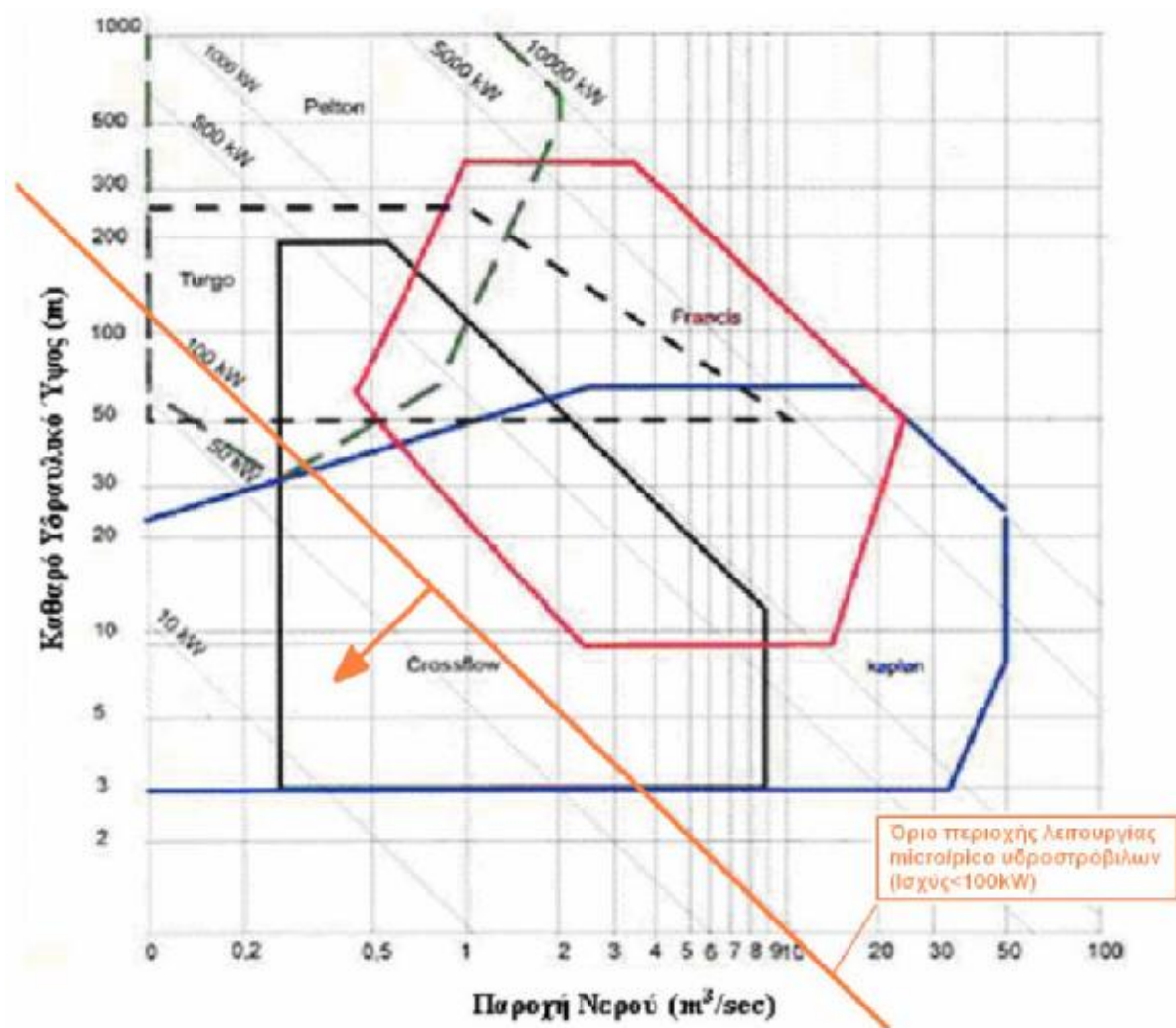
.Η ισχύς από το νερό υπολογίζεται από το ύψος πτώσεως του νερού και την παροχή .Ειδικότερα οι στρόβιλοι Cross Flow έχουν βαθμό απόδοσης περίπου 80% και παραμένει σταθερός για παραπάνω από το μισό της περιοχή λειτουργίας .Ο στρόβιλος Kaplan παρουσιάζει έναν αρκετά ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης της τάξεως του 90%.ο οποίος μπορεί να μεταβληθεί εάν ρυθμίσουμε τα περύγια του .Ο στρόβιλος Francis έχει υψηλό βαθμό απόδοσης της τάξεως του 95% αλλά παρουσιάζει απότομες μεταβολές. Τέλος οι υδροστρόβιλοι παρουσιάζουν έναν αρκετά υψηλό βαθμό απόδοσης της τάξεως 90%.Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα με τους βαθμούς απόδοσης διαφόρων υδροστροβίλων.



Σχήμα 3.4 Βαθμός απόδοσης διαφόρων τύπων υδροστροβίλων

3.1.5 Επιλογή τύπου υδροστροβίλου

Για την επιλογή του πιο αποδοτικού και αξιόπιστου υδροστροβίλου ,για ένα δεδομένο υδραυλικό ύψος και μια συγκεκριμένη παροχή ,παίρνουμε υπόψη τις περιοχές λειτουργίας του κάθε τύπου υδροστροβίλου .Στο παρακάτω διάγραμμα Φαίνονται όλες οι περιοχές που διαλέγουμε τον αντίστοιχο υδροστροβίλο.



Σχήμα 3.5 Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου για καθαρά υδραυλικό ύψος και δεδομένη παροχή

Η περιοχή εντός της μπλε γραμμής δείχνει την περιοχή λειτουργίας ενός υδροστροβίλου Kaplan ή ενός βολβοειδούς, η περιοχή εντός της κόκκινης γραμμής ενός υδροστροβίλου Francis, εντός της πράσινης διακεκομμένης γραμμής ενός υδροστροβίλου Pelton, εντός της μαύρης διακεκομμένης γραμμής ενός υδροστροβίλου Turgo και η περιοχή εντός της μαύρης γραμμής την περιοχή λειτουργίας ενός υδροστροβίλου Cross-Flow.

Αν οι συνθήκες παροχής και υδραυλικού ύψους οδηγούν σε κάποιο σημείο, στο παραπάνω διάγραμμα, που βρίσκεται σε περιοχή λειτουργίας που ανήκει όχι σε έναν, αλλά σε περισσότερους τύπους υδροστροβίλων, δηλαδή όταν οι περιοχές λειτουργίας διαφορετικών τύπων υδροστροβίλων επικαλύπτονται, τότε η διαδικασία επιλογής του τύπου υδροστροβίλου βασίζεται στη σύγκριση του κόστους των υδροστροβίλων, αλλά και στην εκτίμηση των ακολούθων παραγόντων ,παραμέτρων:

- Αν το νερό που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση δεν είναι καθαρό ,αλλά περιέχει λάσπη ή κόκκους άμμου π.χ ,τότε προτιμάται ένας υδροστροβίλος δράσεως ,προκειμένου να αποφευχθούν οι απώλειες στις στεγανώσεις των υδροστροβίλων αντιδράσεως.
- Αν οι τιμές της παροχής και του υδραυλικού ύψους θεωρηθούν σταθερές ,τότε θα πρέπει να εξεταστεί η περίπτωση χρησιμοποίησης φυγοκεντρικής αντλίας με αντεστραμμένη ροή ως υδροστροβίλο ,λόγω του χαμηλού αρχικού κόστους και της μεγάλης διαθεσιμότητας στην αγορά.
- Προτιμάται συνήθως η χρησιμοποίηση υδροστροβίλου Cross Flow ή τύπου Turgo αντί τη χρησιμοποίηση ενός υδροστροβίλου Pelton ,διότι προσφέρουν μεγαλύτερη ταχύτητα και κινούνται μεγαλύτερες παροχές
- Αν ο υδροστροβίλος πρέπει να τοποθετηθεί σε κάποιο ύψος πάνω από τη στάθμη του νερού του φράγματος ,επιλέγουμε κάποιον υδροστροβίλο αντιδράσεως με σωλήνα εκροής στην έξοδο ,ώστε να γίνει εκμετάλλευση του μέγιστου διαθέσιμου υδραυλικού ύψους.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι οι υδροστροβίλοι Francis και οι υδροστροβίλοι αξονικής ροής ,επειδή χρησιμοποιούν κινητές πύλες που κατευθύνουν τη ροή του νερού στην είσοδο της ή δρομείς με ελεγχόμενη κλίση των πτερυγίων ,δεν συμφέρουν οικονομικά για μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα και σπανίως επιλέγονται.

3.1.6 Το φαινόμενο της σπηλαιώσης

Η σπηλαιώση είναι η δημιουργία φυσαλίδων ατμού σε ένα ρέον υγρό στο σημείο όπου η πίεση του πέφτει χαμηλότερα από τη πίεση ατμού του. Η σπηλαιώση θεωρείται από τους κύριους παράγοντες φθοράς σε βιομηχανικά συστήματα και ιδιαίτερα στους υδροστροβίλους. Η πιο πιθανή περιοχή ανάπτυξης του φαινομένου αυτού σε ένα υδροστρόβιλο αντιδράσεως, είναι η περιοχή εξόδου της πτερωτής διότι εκεί η μέση στατική πίεση είναι χαμηλή. Η συνθήκη για την μη ανάπτυξη σπηλαιώσης στην πτερωτή του υδροστρόβιλου εκφράζεται από τον λόγο:

$$\sigma = H_0/H$$

όπου προκύπτει από την σύγκριση δύο μεγεθών. Του H_0 που χαρακτηρίζει την τοποθέτηση του υδροστροβίλου ως προς την στάθμη του κάτω ταμιευτήρα και του H που χαρακτηρίζει το ύψος της λειτουργίας του υδροστροβίλου. Αυτός ο λόγος ονομάζεται παράμετρος σπηλαιώσης. Η λειτουργία του υδροστροβίλου θα είναι ασφαλής από πλευράς σπηλαιώσης όταν το H_0 θα είναι περίπου ίσο με το H ενώ όταν το H_0 είναι μικρότερο από το H θα εμφανιστεί σπηλαιώση. Για τους υδροστρόβιλους Francis, περισσότερο επικίνδυνη από πλευράς φθοράς είναι η σπηλαιώση εισόδου στην εξωτερική επιφάνεια του πτερυγίου παρά από την εσωτερική πλευρά. Ο περιορισμός των επιπτώσεων στην λειτουργία της μονάδας μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση διαμορφώσεων πτερυγίων στον κώνο εξόδου του αγωγού φυγής και με τον τεχνητό εξαερισμό του κώνου της πλήμνης παρέχοντας πεπιεσμένο αέρα. Το σημαντικότερο αποτέλεσμα από την παροχή αέρα είναι η μείωση των κραδασμών και ταλαντώσεων που προκαλούνται στη μονάδα, ενώ ταυτόχρονα όμως ο βαθμός απόδοσης του υδροστροβίλου μειώνεται.



Εικόνα 3.11 Στροφέιο Francis από το φαινόμενο σπηλαιώσης

3.2 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ



Εικόνα 3.11 Γεννήτρια σε υδροηλεκτρικό σταθμό

3.2.1 Γενικά στοιχεία-ορισμός

Γεννήτρια ή ηλεκτρογεννήτρια είναι μια μηχανή η οποία βασίζεται πάνω στους νόμους της ηλεκτροφυσικής και ιδιαίτερα του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής που ανακάλυψε Άγγλος φυσικός Μιχαήλ Φαραντέυ, το 1831 και που αφορά την ενέργεια και την μετατροπή της από

μηχανική σε ηλεκτρική. Συγκεκριμένα η γεννήτρια μετατρέπει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική, σύμφωνα με το φαινόμενο της φυσικής κατά το οποίο εάν ένα πηνίο περιστρέφεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, τότε στις άκρες του πηνίου παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα

Η γεννήτρια αποτελείται από δύο μέρη, το ακίνητο μέρος της που λέγεται στάτορας ή στατόν ή επαγωγέας ή πόλοι της μηχανής, στο οποίο υπάρχουν μαγνήτες (μόνιμοι μαγνήτες ή ηλεκτρομαγνήτες) και το κινητό μέρος της που λέγεται επαγωγίμο ή στρεπτόν ή ρότορας, στο οποίο υπάρχουν πηνία.

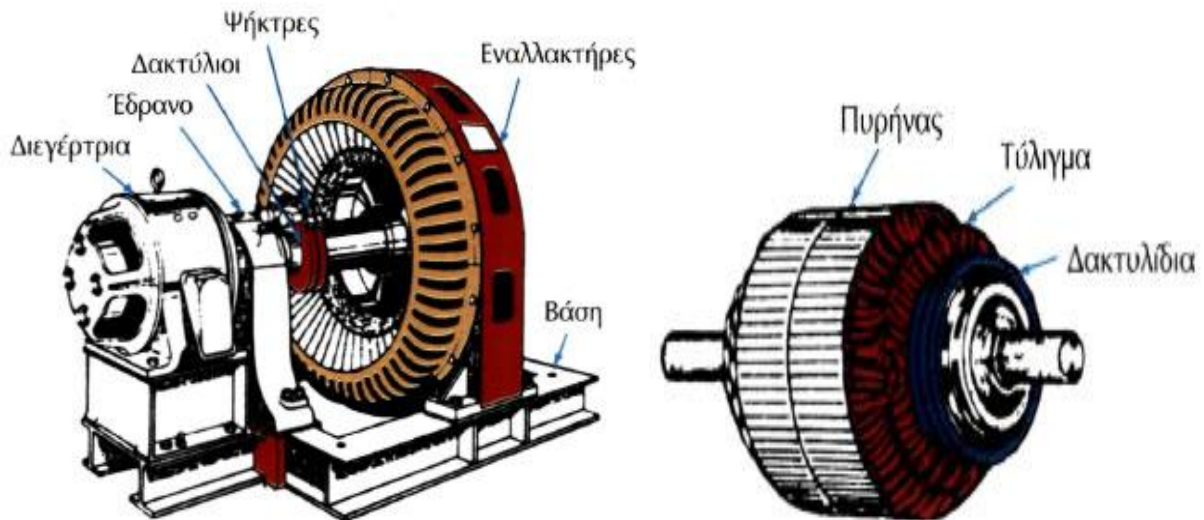
Γυρίζοντας τον ρότορα μέσα στο στάτορα παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Η περιστροφή του ρότορα γίνεται με διάφορες μεθόδους, στην δική μας περίπτωση όμως ο ρότορας κινείται με υδροστρόβιλο. Η πιο γνωστή και απλούστερη ηλεκτρογεννήτρια είναι το γνωστό δυναμό.

3.2.2 Τύποι γεννητριών

Οι γεννήτριες μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του υφιστάμενου δικτύου, διαλέγουμε τη κατάλληλη γεννήτρια.

3.2.2.1 Σύγχρονες γεννήτριες

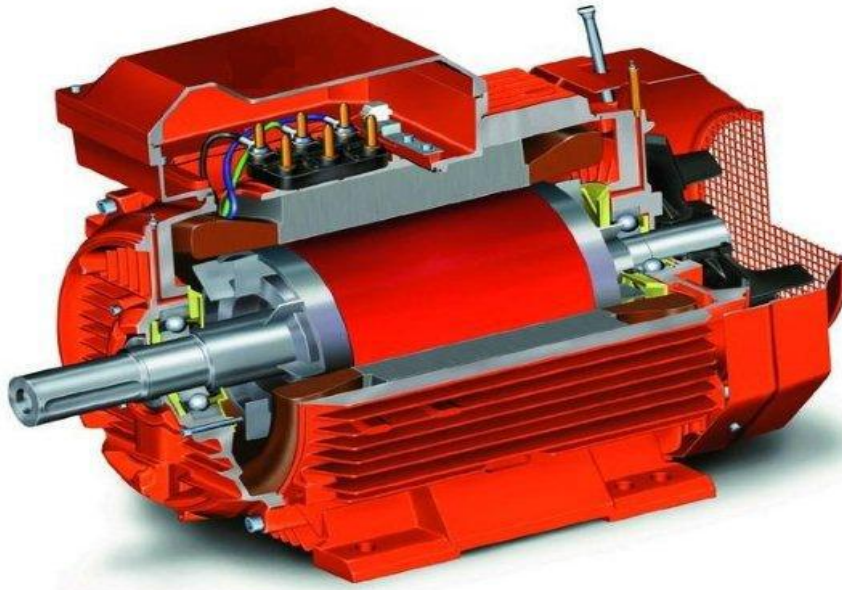
Οι σύγχρονες γεννήτριες μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα από το δίκτυο και να παράγουν ισχύ αν η ισχύς διέγερσης δεν εξαρτάται από το δίκτυο. Για τη λειτουργία μιας σύγχρονης γεννήτριας είναι απαραίτητο η τροφοδοσία του δρομέα με συνεχές ρεύμα. Όπως περιστρέφεται ο δρομέας του υδροστρόβιλου περιστρέφεται μαζί μ' αυτό και το παραγόμενο μαγνητικό πεδίο, επάγοντας τριφασική τάση στο τυλίγμα του στάτη. Ο δρομέας συνήθως είναι κυλινδρικός και είναι κατασκευασμένος από δυναμοελάσματα. Οι κυλινδρικοί δρομείς φέρουν αυλακώματα όπου τοποθετούνται τα τυλίγματα και χρησιμοποιούνται κυρίως σε γεννήτριες ως τεσσάρων πόλων. Σε γεννήτριες με περισσότερους πόλους επιλέγονται δρομείς εκτύπων πόλων.



Εικόνα 3.12 Σύγχρονη γεννήτρια με κυλινδρικό δρομέα

3.2.2.2 Ασύγχρονες γεννήτριες(κινητήρας επαγωγής)

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των ασύγχρονων γεννητριών είναι ότι να παράγουν άεργη ισχύ .Αντίθετα καταναλώνουν άεργο ισχύ ,για αυτό απαιτείται για τη λειτουργία τους μια εξωτερική πηγή άεργης ισχύος μόνιμα συνδεδεμένη .Αυτή η εξωτερική πηγή είναι εκείνη που θα ρυθμίσει και την τάση στην έξοδο της γεννήτριας διότι λόγω έλλειψης ρεύματος διέγερσης αυτό είναι αδύνατο να το καταφέρει από μόνη της η γεννήτρια .Συνεπώς οι εξωτερικοί πυκνωτές είναι αυτοί που θα παράγουν το ρεύμα μαγνήτισης που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη γεννήτρια .Ένα ιδιαίτερο πρόβλημα που παρατηρείται είναι ότι η τάση στα άκρα της έχει μεγάλη εξάρτηση από το φορτίο και όταν αυτό έχει ισχυρό επαγωγικό χαρακτήρα μπορεί να έχουμε μεγάλη πτώση στην τάση της γεννήτριας .Αυτή είναι η αιτία όπου υπάρχει δυσκολία εκκίνησης επαγωγικού κινητήρα από ασύγχρονη γεννήτρια .Γενικότερα η ασύγχρονη γεννήτρια επιδεινώνει τον συντελεστή ισχύος του δικτύου και προκαλεί μεγάλες πτώσεις τάσης .Παρόλα τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η ασύγχρονη γεννήτρια ,έχει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα ,το οποίο είναι η απλότητα της ,Η οποία στηρίζεται στο γεγονός ότι δεν απαιτείται ξεχωριστό κύκλωμα διέγερσης και δε χρειάζεται να κινείται συνεχώς με την ίδια ταχύτητα .Έτσι όσο μεγαλύτερη ροπή εφαρμόζεται στον άξονα(δρομέα),τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς στην έξοδο.



Εικόνα 3.13 Ασύγχρονη γεννήτρια

3.2.3 Επιλογή τύπου γεννήτριας

Ένα από τα σημαντικότερα και πιο δαπανηρά τμήματα της κατασκευής ενός υδροηλεκτρικού σταθμού παραγωγής ρεύματος είναι η επιλογή της γεννήτριας που θα εγκαταστήσουμε στον ΥΗΕ .Για την σωστή επιλογή πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν τα παρακάτω στοιχεία.

Το βασικό χαρακτηριστικό ενός επαγωγικού κινητήρα είναι ότι λειτουργεί ως γεννήτρια μόνο όταν έχει συνδεθεί με ένα εξωτερικό σύστημα ηλεκτρικής ισχύος ,σε αντίθεση με την σύγχρονη γεννήτρια η οποία λειτουργεί είτε με σύνδεση ,είτε χωρίς σύνδεση σε εξωτερικό κύκλωμα .Όταν η εγκατάσταση υδροηλεκτρικής μονάδας χρειάζεται ανεξαρτησία από το εξωτερικό ηλεκτρικό δίκτυο ή όταν δεν υπάρχει καθόλου ,τότε επιλέγεται σύγχρονη γεννήτρια .Επίσης δύο ακόμα λόγοι που μπορούν να μας κάνουν να επιλέξουμε τη σύγχρονη γεννήτρια είναι ότι πετυχαίνει καλύτερο βαθμό απόδοσης και ότι έχει μεγαλύτερη εκκίνηση σε σχέση με τον κινητήρα επαγωγής.

Οι λόγοι που μπορεί να οδηγήσουν στην επιλογή ενός κινητήρα επαγωγής(με δεδομένο πως υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με εξωτερικό δικτύο ηλεκτρικής ισχύος) είναι οι χαμηλές τιμές στις οποίες κυμαίνεται η ταχύτητα λειτουργία τους ,το ότι είναι ευρέως διαθέσιμοι στην αγορά και έχουν πολύ χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τις σύγχρονες γεννήτριες .Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα που έχουν σε σχέση με τις σύγχρονες γεννήτριες είναι η απλή και

στιβαρή τους κατασκευή ,που τους καθιστά ανθεκτικούς ακόμα και σε λειτουργίες πολύ υψηλών ταχυτήτων.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί πως στις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος (DC),είναι ακατάλληλες για την ηλεκτροδότηση περιοχών ,αφού η ισχύς του συνεχούς ρεύματος δε μπορεί να μεταβιβαστεί εύκολα σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις σε αντίθεση με αυτές του εναλλασσομένου ρεύματος .Χρησιμοποιούνται σπάνια σε μικρές υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις και αυτό γίνεται κυρίως λόγω του πολύ χαμηλού τους κόστους για τη παραγωγή πολύ χαμηλών τιμών ισχύος.

3.2.4 Υπόλοιπα μηχανικά και ηλεκτρικά μέρη ΥΗΕ

Τα υπόλοιπα μηχανολογικά και ηλεκτρικά μέρη που συνοδεύουν τα κύρια μέρη του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που είναι ο υδροστρόβιλος, η γεννήτρια και ο μετασχηματιστής ισχύος είναι :

1. Οι ηλεκτρικοί πίνακες,όπου εκεί υπάρχει ο εξής εξοπλισμός:

- Μετασχηματιστές τάσεως και εντάσεως ,μετρήσεων και προστασίας
- Αυτόματοι διακόπτες ασφαλείας από τις γεννήτριες προς τον μετασχηματιστή ισχύος
- Μετρικά όργανα όπως αμπερόμετρο ,βολτόμετρο ,ηλεκτρονόμος και όργανο μέτρησης του συντελεστή ισχύος $\cos\phi$
- Η συστοιχία πυκνωτών διόρθωσης του συντελεστή ισχύος $\cos\phi$



Εικόνα 3.14 Ηλεκτρικός πίνακας σε υδροηλεκτρικό σταθμό

2. Οι εσωτερικές καταναλώσεις του ΥΗΣ που καλύπτουν τις ανάγκες λειτουργίας του υδροηλεκτρικού σταθμού όπως είναι ο φωτισμός, η τροφοδοσία γερανογέφυρας, ο ρυθμιστής υδροστρόβιλου, οι ανιχνευτές, ρευματοδότες, ο φορτιστής μπαταριών, η τροφοδότηση με ηλεκτρικό ρεύμα τη δεξαμενή φόρτισης και της υδροληψίας κ.λ π.
Οι εσωτερικές καταναλώσεις αντιστοιχούν στο 1% έως 3% της παραγόμενης ενέργειας ενός ΥΗΣ.
3. Οι αυτοματισμοί ασφαλείας και λειτουργίας ενός ΥΗΕ καθώς και το ηλεκτρονικό σύστημα προστασίας και ελέγχου. Η σημερινή ανάπτυξη των υπολογιστών επιτρέπει την αξιόπιστη, γρήγορη και οικονομική επιτήρηση ενός ΥΗΕ ώστε αυτό να λειτουργεί αυτόματα και με ασφάλεια. Ο αυτοματισμός της λειτουργίας ενός ΥΗΕ αναφέρεται σε τρία βασικά συστήματα του υδροηλεκτρικού σταθμού :

A) Στην ροή της υδραυλικής ενέργειας και της λειτουργίας των μονάδων όπως ο αυτοματισμός εκκίνησης και συγκράτησης, η αυτόματη λειτουργία του ρυθμιστή στροφών, οι ενέργειες και διαδικασίες που γίνονται για αποφυγή της ανάπτυξης του φαινομένου σπηλαιώσης ή υδραυλικού πλήγματος.

B) Στο ηλεκτρολογικό τμήμα όπως το σύστημα ρύθμισης της διέγερσης και του συγχρονισμού (όταν έχουμε σύγχρονη γεννήτρια κατά τη φάση της

εκκίνησης)και τους αυτοματισμούς προστασίας για αντιμετώπιση την αύξηση θερμοκρασίας των τυλιγμάτων και των εδράνων.

Γ) Στους αυτοματισμούς και επιτηρήσεις του βοηθητικού εξοπλισμού ,όπως την φόρτιση των μπαταριών ,ρυθμιστή στροφών ,ανίχνευση και προστασία για κίνδυνο πυρκαγιάς.

4. Ο ρυθμιστής στροφών ενός υδροστροβίλου ,ο οποίος συγχρονίζει την ιδανική ταχύτητα περιστροφής του υδροστρόβιλου με αυτήν της γεννήτριας ,ώστε να παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής συχνότητας ,αν χρειαστεί.
5. Το σύστημα τηλεπικοινωνιών ,ειδικά στα μικρά ΥΗΕ είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η εφαρμογή συστημάτων τηλεχειρισμού έτσι ώστε να μην χρειάζεται η παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού ολόκληρο το 24ώρο.Κατ' επέκταση μειώνεται το κόστος λειτουργίας του σταθμού ,απαιτείται όμως η γνώση της κατάστασης λειτουργίας των μονάδων έτσι ώστε αν το σύστημα τεθεί εκτός λειτουργίας να γίνει άμεσα αντιληπτό το πρόβλημα ώστε να υπάρξει η παρέμβαση ή συντήρηση που απαιτείται .Έτσι μειώνεται ο χρόνος που είναι εκτός λειτουργίας ο σταθμός με αποτέλεσμα τη συσσώρευση των διαφυγόντων εσόδων .Η σύνδεση μεταξύ ΥΗΣ και θέσης ελέγχου μπορεί να γίνει μέσω τηλεφωνικής γραμμής ,οπτικής ίνας ή ασύρματα.
6. Τέλος αναφέρονται ορισμένα μηχανικά και ηλεκτρικά μέρη που είναι απαραίτητα σε ένα ΥΗΣ όπως ο εξοπλισμός σύνδεσης με το δίκτυο ,το σύστημα γείωσης ,το σύστημα εξαερισμού ,συστήματα συναγερωμών πυρκαγιάς και ασφάλειας και το σύστημα ψύξης του νερού και λίπανσης.

3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός των ΥΗΕ και κυρίως οι γεννήτριες ,οι υδροστρόβιλοι και οι ρυθμιστές στροφών προσφέρονται τυποποιημένοι από πολλούς κατασκευαστές .Η τυποποίηση καλύπτει τους υδροστρόβιλους όλων των τύπων(Karlan ,Pelton ,Francis και βολβοειδείς),ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν στην αγορά και τύποι υδροστροβίλων κατάλληλοι μόνο για μικρές τιμές της ισχύος ,όπως ο Cross Flow και διάφοροι τύποι υδροστροβίλων αξονικής ροής ,όπως ο σωληνωτός τύπου S.Η τυποποίηση των υδροστροβίλων βασίζεται στους νόμους ομοιότητας των υδροδυναμικών μηχανών ενώ η διάκριση των μεγεθών είναι σχετικά λεπτή έτσι ώστε να καλύπτεται πλήρως το διάγραμμα παροχής-υψών όσο το δυνατό πιο πολύ.

Το βασικό πλεονέκτημα στο να υπάρχει επιλογή τυποποιημένου υδροστρόβιλου είναι το σημαντικά χαμηλότερο κόστος ,δεδομένου πως δεν επιβαρύνεται από το κόστος ανάπτυξης(υδραυλική χάραξη, δοκιμές σε μοντέλο κ.λ.π) και κατά συνέπεια στο μικρότερο χρόνο παράδοσης ,πράγμα σημαντικό ειδικά για τις περιπτώσεις μικρού ΥΗΕ του οποίου ο χρόνος κατασκευής δεν πρέπει να υπερβαίνει τα δύο χρόνια .Αξίζει να σημειωθεί πως ένα μεγάλο ΥΗΕ από τη στιγμή που αρχίζει η επένδυση μέχρι να ενταχθεί η μονάδα στο δίκτυο ,απαιτείται τουλάχιστον μια πενταετία έως και δεκαετία .Τέλος με την τυποποίηση αυξάνεται η αξιοπιστία του εξοπλισμού καθώς δέχεται συνεχείς βελτιώσεις και είναι πιο εύκολη η εύρεση ανταλλακτικών.

Υπάρχουν όμως και μειονεκτήματα από την επιλογή τυποποιημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού ,όπως το ότι τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά του τυποποιημένου υδροστρόβιλου που θα επιλεγεί δεν είναι απόλυτα προσαρμοσμένα στις ανάγκες του συγκεκριμένου έργου με αποτέλεσμα η παραγόμενη ενέργεια να είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή που θα σχεδιαζόταν ειδικά για το έργο εκείνο.

Όσον αφορά τις τυποποιημένες ηλεκτρικές γεννήτριες είναι δυνατή η επιλογή ασύγχρονων γεννητριών στη περίπτωση όπου η μονάδα συνδέεται σε ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο θα διατηρεί τη συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος σταθερή και θα παρέχει την απαραίτητη άεργη ισχύς .Οι σύγχρονες τυποποιημένες γεννήτριες επιλέγονται για μεγαλύτερες ισχύς οι οποίες όμως σε σύγκριση με τις ασύγχρονες έχουν υψηλότερο κόστος και αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης. Τέλος η τυποποίηση του ρυθμιστή στροφών δεν παρουσιάζει καμία επιπλοκή στη προσαρμογή στην κάθε περίπτωση που εξετάζεται ,χάρη στην εφαρμογή σύγχρονης τεχνολογίας μέσω της οποίας οι σύγχρονοι ρυθμιστές στροφών είναι ψηφιακοί και εύκολα προγραμματιζόμενοι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

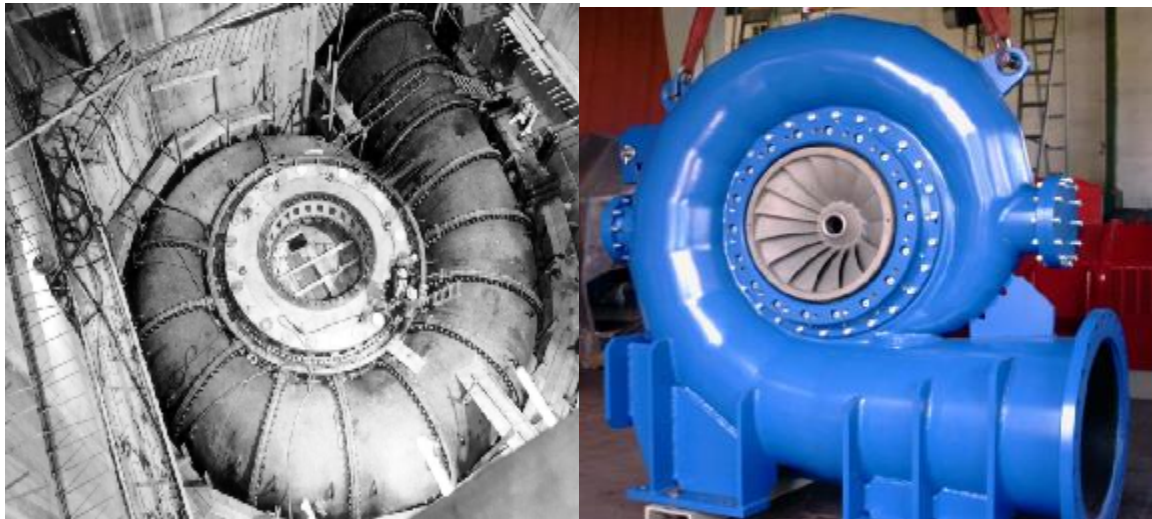
ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ FRANCIS

4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



Ο James B. Francis ήταν ένας Αμερικανοβρετανός μηχανικός γεννημένος 18 Μαΐου του 1815. Ο James B. Francis εργάστηκε ως πολιτικός μηχανικός, με βάση διάφορα κανάλια, τις γέφυρες, και φράγματα. Δημιούργησε και υλοποίησε το πρώτο σύστημα ψεκαστήρων πυρκαγιάς το 1845. Μετά τη δουλειά με το νερό και τα κανάλια για αρκετά χρόνια, ο James Francis ανέπτυξε τους υδροστρόβιλους Francis. Ο υδροστρόβιλος

Francis έχει εφαρμοσθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, και είναι σήμερα ένας από τους πιο χρησιμοποιούντες υδροστρόβιλους σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς.



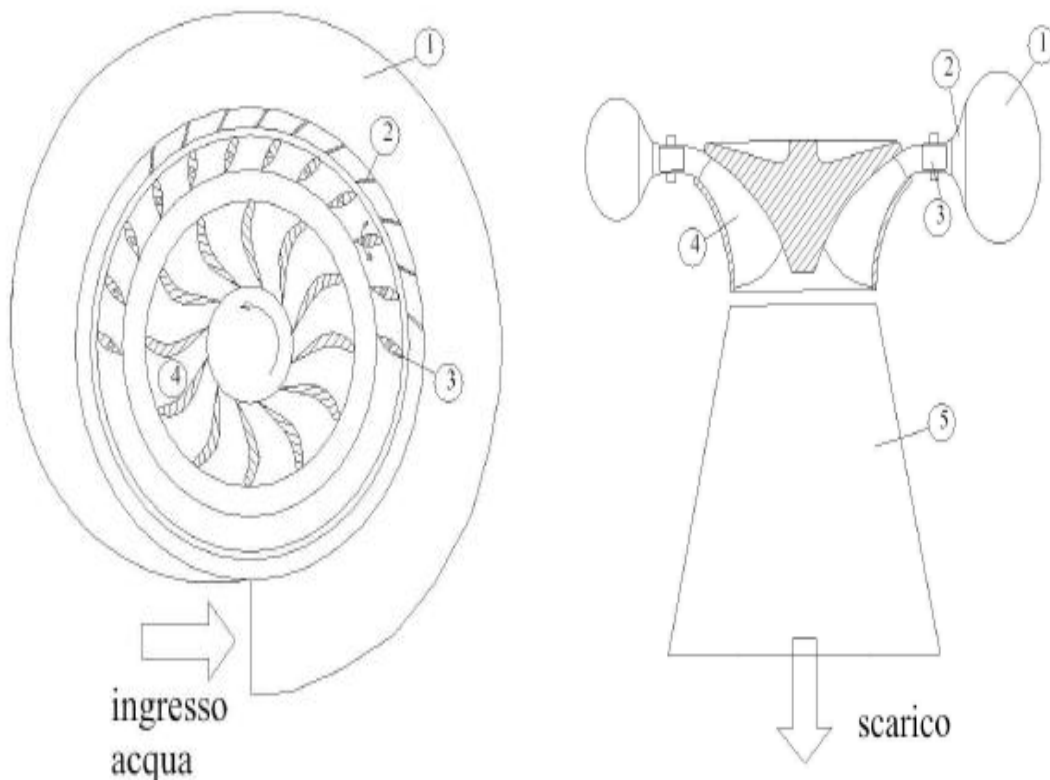
Εικόνα 4.1 Υδροστρόβιλος Francis

4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΙΟΥ FRANCIS

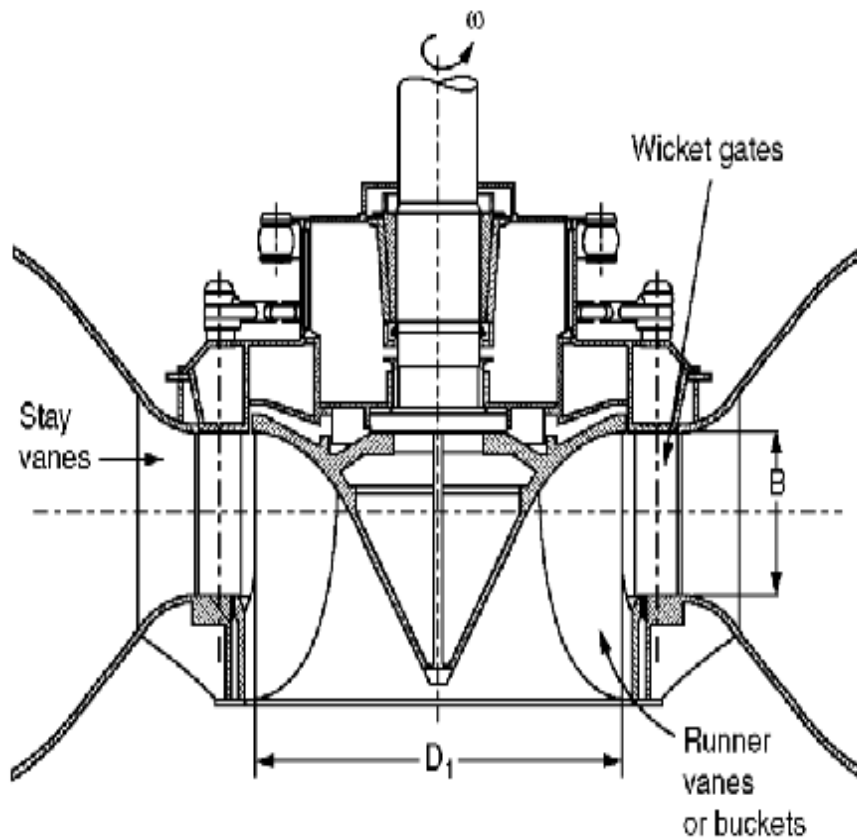
Ο υδροστρόβιλος Francis αρχίζει από την είσοδο του σπειροειδούς κελύφους και τελειώνει στην έξοδο του αγωγού φυγής .Η μελέτη του στροβίλου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη με το υδραυλικό κύκλωμα ,δηλαδή από την αρχή της υδροληψίας μέχρι την είσοδο στο στρόβιλο ,γι αυτό ο μηχανολόγος μηχανικός επεκτείνεται σε όλο το υδραυλικό κύκλωμα του υδροηλεκτρικού έργου και συνεργάζεται με τον πολιτικό μηχανικό στη μελέτη όλου του σταθμού .Επίσης ο μηχανολόγος μηχανικός συνεργάζεται με τον ηλεκτρολόγο μηχανικό για παράδειγμα στο καθορισμό των στροφών της γεννήτριας ή της ισχύος ,μεγέθη που εξαρτώνται από τον στρόβιλο και την ικανότητα ρυθμίσεως που απαιτούνται για τον υδροηλεκτρικό σταθμό.

Ένας στρόβιλος Francis αποτελείται από τα εξής κύρια μέρη:

1. Σπειροειδές κέλυφος (Spiral casing)
2. Τα πτερύγια πυλών (Stay vanes)
3. Ρυθμιζόμενα πτερύγια (Guide vanes)
4. Ο δρομέας (Runner)
5. Αγωγός φυγής (Draft tube)



Εικόνα 4.2 Τμήματα υδροστροβίλου Francis



Εικόνα 4.3 Τυπική διάταξη υδροστροβίλου Francis

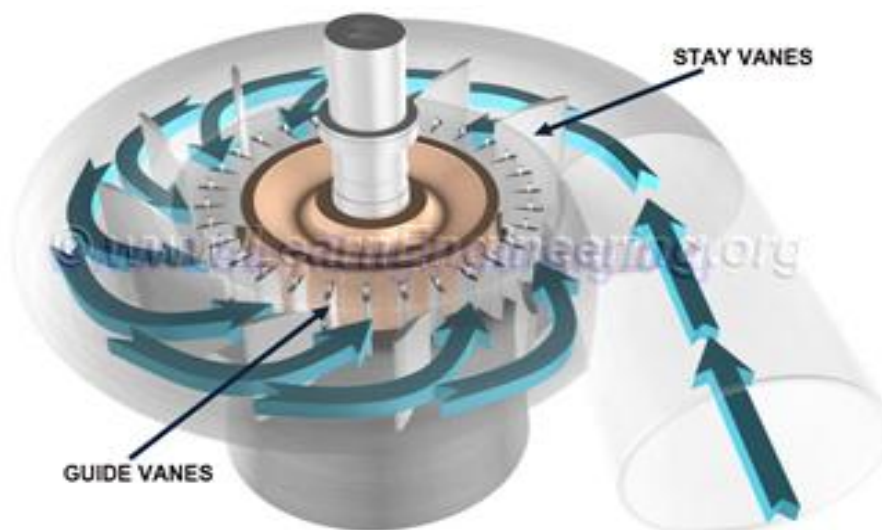
4.3 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ FRANCIS

Το σπειροειδές κέλυφος προσδίδει συστροφή στο νερό και η ομοιομορφία του βοηθάει το νερό να κατανέμεται ισόποσα και συμμετρικά στον άξονα του. Για τη μείωση των διαστάσεων του σπειροειδούς κελύφους προσδίδουμε στο νερό μεγαλύτερη συστροφή με το σπειροειδές κέλυφος από την απαιτούμενη και στη συνέχεια με τα ακίνητα περύγια πυλών μειώνουμε τη συστροφή, ώστε το νερό να εισέρχεται με την επιθυμητή συστροφή, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 4.4 Σπειροειδές κέλυφος ,έλεγχος συστροφής νερού

Τα πτερύγια πυλών είναι απαραίτητα και για λόγους αντοχής του σπειροειδούς κελύφους ,γι' αυτό τοποθετούνται πάντοτε .Ο αριθμός των πτερυγίων πυλών είναι συνήθως το μισό των αριθμών ρυθμιζόμενων πτερυγίων .Τα ρυθμιστικά πτερύγια καθορίζουν τη παροχή και την ισχύ του υδροστρόβιλου .Τα ρυθμιστικά πτερύγια κινούνται με τη βοήθεια σερβομηχανισμού.



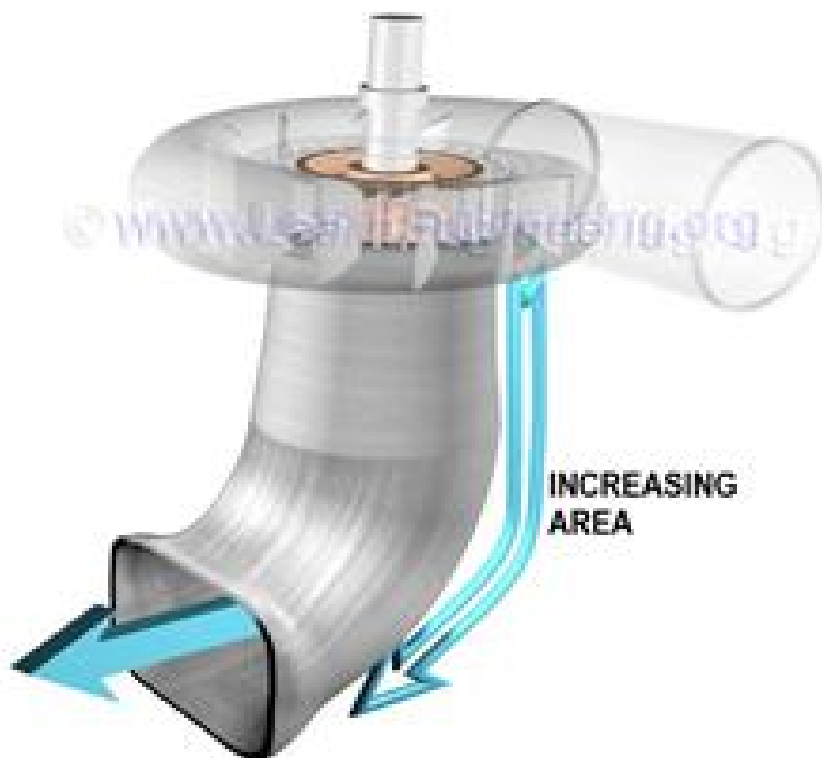
Εικόνα 4.5 Πτερύγια πυλών και ρυθμιζόμενων

Μετά τα ρυθμιστικά πτερύγια έχουμε το σημαντικότερο τμήμα του υδροστροβίλου ,τον δρομέα ,και πιο συγκεκριμένα τα πτερύγια του δρομέα ,τα οποία τα «χτυπάει»το νερό και έτσι προκαλείται η συστροφή του δρομέα .Η διαμόρφωση του στροφείου Francis είναι έτσι ώστε το υγρό να εισέρχεται ακτινικά σε αυτό και να εξέρχεται αξονικά απ'αυτό .Τέλος ο άξονας του στροβίλου είναι συνδεδεμένος με τον άξονα της γεννήτριας και ως εκ τούτου η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται .Αξίζει να σημειωθεί πως σημαντική παράμετρος που επηρεάζει τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η διαμόρφωση των πτερυγίων του στροφείου δρομέα.



Εικόνα 4.6 Στροφείο συνδεδεμένο με τον άξονα της γεννήτριας

Τέλος από την έξοδο του νερού από το δρομέα έχουμε τον αγωγό φυγής(Draft tube) ο οποίος αποτελεί το τμήμα εξόδου του στροβίλου .Η κύρια λειτουργία του είναι να μειώνει τη ταχύτητα του νερού που είναι στο μέγιστο κινητική ,και να τη μετατρέψει σε δυναμική ενέργεια(λόγο γεωμετρικής κατασκευής)με αποτέλεσμα να μειωθεί η δράση του φαινομένου της σπηλαιώσης .



Εικόνα 4.7 Αγωγός φυγής

4.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ FRANCIS

- Ο υδροστροβίλος Francis έχει τις περισσότερες εγκαταστάσεις στο κόσμο(70% έως 80% των υδροηλεκτρικών έργων).
- Έχει υψηλή απόδοση,η οποία όμως δεν διατηρείται σταθερή έξω από το ονομαστικό σημείο λειτουργίας του.
- Το πεδίο λειτουργίας του είναι: Μανομετρικό ύψος από 20 m έως 300 m

- Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό στοιχείο που έχει ο στρόβιλος Francis είναι πως μπορεί να αντιστραφεί η λειτουργία του και να χρησιμοποιηθεί ως αντλία ώστε να επιστρέφει το νερό από το κατάντη του υδροηλεκτρικού έργου ποταμού πάλι πίσω στην ανάντη περιοχή που είναι ο ταμιευτήρας(δεξαμενή).

4.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΕΙΟΥ FRANCIS

Σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση των απωλειών για καλύτερο βαθμό απόδοσης.Οι απώλειες οφείλονται :

- Απώλειες λόγω ταχύτητας(ύψος ταχύτητας) στην έξοδο του στροφείου.
- Απώλειες τριβής κατά τη διέλευση του νερού μέσα στο στροφείο.
- Απώλειες λόγω στροβιλισμών στην είσοδο των πτερυγίων του στροφείου.
- Απώλειες λόγω στροβιλισμού στην έξοδο των πτερυγίων του στροφείου.
- Απώλειες τριβών στο σπειροειδές κέλυφος και στα τοιχώματα αγωγού φυγής.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί πως τα στροφεία Francis επιλέγονται να κατασκευάζονται από ανοξείδωτους χάλυβες και χυτοχάλυβες .Αυτό συμβαίνει διότι ,ο χάλυβας που συνηθίζεται να διαλέγεται για κατασκευή του στροφείου ,έχει το πλεονέκτημα της εύκολης επισκευής φθορών με ηλεκτροσυγκόλληση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΗΕ



5.1 ΒΑΣΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΥΗΕ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν τα βασικά τμήματα μελέτης και κατασκευής του ΥΗΕ. Οι τρεις κατηγορίες μελετών είναι η μελέτη σκοπιμότητας, η προμελέτη και τέλος η τελική μελέτη.

5.2 ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ

Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι αν η τοποθεσία που έχουμε ορίσει χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση. Τα ζητούμενα στοιχεία που πρέπει να βρεθούν είναι η

μέτρηση της παροχής, η μέτρηση του υδραυλικού ύψους και τέλος διαθέσιμη υδραυλική ισχύς.

5.2.1 Η μέτρηση της παροχής

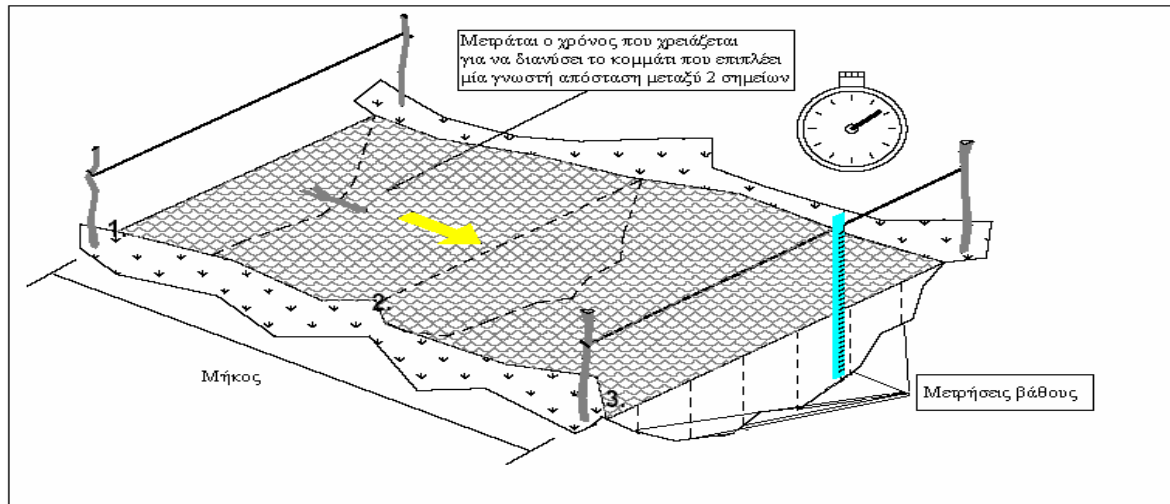
Σε μερικές περιπτώσεις η παροχή είναι εμφανώς μεγαλύτερη από την απαιτούμενη, οπότε οι μετρήσεις που γίνονται σε αυτή δεν είναι απαραίτητες. Η καλύτερη χρονική περίοδος να γίνουν οι μετρήσεις για τη παροχή είναι αυτή όπου δεν θα έχουν υπάρξει βροχές για κάποιο διάστημα, μετά το τέλος της εποχής της ξηρασίας. Οι μέθοδοι μέτρησης για παροχή είναι τρεις.

5.2.1.1 Μέθοδος δοχείου

Η μέθοδος του δοχείου είναι μια απλή μέθοδος. χρησιμοποιείται ένα χρονόμετρο και ένα δοχείο του οποίου ο όγκος του είναι γνωστός και παρατηρούμε αν η τιμή της παροχής είναι μικρότερη από 10 l/sec. (όπου 1 το λίτρο). Το δοχείο τοποθετείται σε σημείο ώστε το νερό να κατευθύνεται μέσα σ' αυτό και χρονομετρείται το πόσο γρήγορα θα γεμίσει. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για τουλάχιστον τρεις φορές και βρίσκειται η μέση τιμή παροχής.

5.2.1.2 Μέθοδος float

Η μέθοδος float εφαρμόζεται με επιτυχία σε διώρυγες ή αυλάκια και μπορεί να εφαρμοστεί και σε ροές ποταμών με λιγότερη όμως επιτυχία στην ακρίβεια της. Για τη μέθοδο αυτή χρειαζόμαστε να γνωρίζουμε δύο στοιχεία. Το πρώτο είναι η διατομή της ροής του νερού και το δεύτερο είναι η ταχύτητα της ροής. Η διατομή της ροής υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το πλάτος του ρεύματος του νερού επί το βάθος του. Σε αυτό το σημείο για να υπάρξει ακρίβεια λαμβάνεται για το βάθος αρκετές μετρήσεις ανά τακτικές αποστάσεις, πολλαπλασιάζοντας όλες αυτές με το πλάτος και προκύπτουν έτσι οι τιμές των διατομών. Η τιμή που χρησιμοποιείται είναι η μέση τιμή των διατομών αυτών. Η ταχύτητα της ροής υπολογίζεται μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται να διανύσει ένα ξύλινο κομμάτι που επιπλέει μια απόσταση γνωστή. Έπειτα διαιρώντας την γνωστή απόσταση με το χρόνο έχουμε τη ταχύτητα ροής ($v=x/s$). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται τουλάχιστον τρεις φορές και υπολογίζεται η μέση τιμή των ταχυτήτων που προέκυψαν.



Εικόνα 5.2 Μέτρηση μεθόδου float

Το γινόμενο της μέσης τιμής ταχυτήτων επί τη μέση διατομή και επί ένα διορθωτικό συντελεστή που αφορά την ταχύτητα ,δίνει την τιμή της παροχής ,όπως φαίνεται από το παρακάτω τύπο:

$$Q=A \times V \times CF$$

Όπου **Q** η παροχή νερού(σε m^3/s ή l/s), **V** η μέση τιμή της ταχύτητας στην επιφάνεια του νερού(m/s) και **A** η μέση διατομή (m^2).Ο συντελεστής διορθωτικός ταχύτητας λαμβάνεται από τον παρακάτω πίνακα,για διάφορους τύπους ροής.

Τύπος Ροής	CF	Ακρίβεια
Ορθογώνιο κανάλι με επίπεδες πλευρές και βυθό	0.85	Καλή
Βαθύ ποτάμι που κινείται αργά	0.75	Μέτρια
Μικρό ποτάμι με επίπεδο βυθό	0.65	Χαμηλή
Γρήγορο ορμητικό ποτάμι	0.45	Πολύ Χαμηλή
Πολύ ρηχό βραχώδες ποτάμι	0.25	Πολύ Χαμηλή

Πίνακας 3 Διορθωτικός συντελεστής ταχύτητας CF

5.2.1.3 Μέθοδος Salt Gulp

Αυτή η μέθοδος είναι η πιο αξιόπιστη και ακριβής μέθοδος αλλά και πιο εύκολη στην εκτέλεση της σε σύγκριση με τις δύο προηγούμενες μεθόδους για τον υπολογισμό της παροχής του νερού. Χρειάζεται ένας φορητός ψηφιακός μετρητής αγωγιμότητας, κάποιες ποσότητες αλατιού με γνωστό το βάρος τους και ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής. Αυτή η μέθοδος βασίζεται στο γεγονός πως η αγωγιμότητα του ρέοντα νερού αυξάνεται καθώς προστίθεται σε αυτό αλάτι και μπορεί να πετύχει μεγάλη ακρίβεια μέχρι και 95%.

Η διαδικασία ξεκινάει με μία ποσότητα αλατιού που γνωρίζουμε το βάρος της, ρίχνεται σε ένα δοχείο με νερό μέχρι να διαλυθεί πλήρως. Η ποσότητα του αλατιού εξαρτάται από την εκτίμηση για τη τιμή της παροχής. Συνήθως για παροχές της τάξεως 5 l/s χρειάζονται 25gr άλατος. Η ποσότητα του νερού δεν παίζει κανένα ρόλο αρκεί να μην αλλάζει και να παραμένει σταθερή η ποσότητα του. Το δοχείο αδειάζει μέσα στο νερό και έπειτα σε 25 με 30 μέτρα κατάντη της ροής τοποθετείται ο μετρητής αγωγιμότητας, αφού όμως πρώτα έχει μετρηθεί η κανονική αγωγιμότητα του νερού, πριν ριχθεί το αλάτι.

Αμέσως μόλις οι ενδείξεις αγωγιμότητας στο μετρητή αυξάνονται καταγράφονται κάθε 5 δευτερόλεπτα, μέχρι η αγωγιμότητα να επανέλθει στη φυσιολογική της κατάσταση. Αν μέσα σε 15 λεπτά η αγωγιμότητα δεν έχει αποκτήσει τιμή τουλάχιστον διπλάσια της κανονικής, η διαδικασία επαναλαμβάνεται από την αρχή χρησιμοποιώντας μεγαλύτερη ποσότητα αλατιού. Στη συνέχεια σχεδιάζεται το διάγραμμα της αγωγιμότητας σε συνάρτηση του χρόνου. Όταν μια καμπύλη με μέγιστο ένα σημείο με αγωγιμότητα περίπου τη διπλάσια της κανονικής σημαίνει ότι η εκτέλεση της διαδικασίας ήταν επιτυχής. Υπολογίζοντας το εμβαδόν του διαγράμματος κάτω από τη καμπύλη, έχουμε πλέον όλα τα στοιχεία να βρεθεί η τιμή της παροχής από τον τύπο:

$$Q = \frac{Mxk^{-1}}{A}$$

Όπου Q είναι η παροχή (σε l/s), M η μάζα του αλατιού που χρησιμοποιήθηκε (σε mg), k^{-1} ο συντελεστής μετατροπής και το A το εμβαδόν του γραφήματος κάτω από την καμπύλη (σε $s \times 10^{-6} \times \text{ohm}^{-1}$). Ο συντελεστής μετατροπής εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού.



Εικόνα 5.3 Μέτρηση αγωγιμότητας με τη μέθοδο Salt Gulp

5.2.2 Διαθέσιμη υδραυλική ισχύς

Η συνολική υδραυλική ισχύς σε ένα υδροηλεκτρικό έργο εξαρτάται από δύο στοιχεία ,από το υδραυλικό ύψος και την παροχή του νερού .Το υδραυλικό ύψος είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του υψηλότερου σημείου του αγωγού νερού και του σημείου που το νερό εγκαταλείπει τον υδροστρόβιλο ,ενώ η παροχή νερού είναι η ποσότητα νερού που διέρχεται από μία διατομή αγωγού στη χρονική διάρκεια ενός δευτερόλεπτου .Η υδραυλική ισχύς του ΥΗΕ υπολογίζεται εύκολα από το γινόμενο το υδραυλικού ύψους επί της παροχής. Έτσι γίνεται προφανές πως όσο μεγαλύτερο το υδραυλικό ύψος και μεγαλύτερη παροχή ,τόσο μεγαλύτερο γίνεται και το γινόμενο τους ,άρα και η υδραυλική ισχύς του συστήματος.

$$P=\rho*Q*g*H$$

P : ισχύς[(Kg m²)/ s³]

ρ : πυκνότητα νερού[kg/m³]

Q : παροχή όγκου νερού[m³/s]

g : επιτάχυνση της βαρύτητας[m/s²]

H : υψομετρική διαφορά[m]

Τέλος αξίζει να αναφερθεί πως είναι προτιμότερο να υποτιμηθούν οι τιμές της παροχής και του υδραυλικού ύψους παρά να γίνει υπερτίμηση των στοιχείων αυτών στη μελέτη.

5.2.3 Μέτρηση του υδραυλικού ύψους

Οι τεχνικές που εφαρμόζονται για να υπολογίσουμε το διαθέσιμο υδραυλικό ύψος διαφέρουν σε κόστος ,πολυπλοκότητα και ακρίβεια αποτελέσματος .Τρεις μέθοδοι θα περιγραφούν αναλυτικά παρακάτω στις υποενότητες ενώ τα βασικά τους χαρακτηριστικά δίνονται στον επόμενο πίνακα.

Μέθοδος	Κόστος	Ακρίβεια	Απαιτούμενος χρόνος	Δυσκολία	Απαραίτητος Εξοπλισμός	Ελάχιστα άτομα
Μέθοδος σωλήνα	Χαμηλό	Υψηλή	3 έως 6 ώρες	Όχι δύσκολη	Πλαστικός σωλήνας, ταινία μεζούρας, ζώνες τάπες	2
Μετρητής υψομέτρου	Μέτριο έως υψηλό	Απόκλιση +/- 1m έως +/- 5m (Ανάλογα με το μοντέλο του μετρητή)	Έως και μία ώρα	Όχι δύσκολη	Ψηφιακό όργανο μέτρησης όμους, ζώνες τάπες	1
Κλισιόμετρο	Αρκετά χαμηλό	Υψηλή	Έως και 2 ώρες	Απαιτείται εμπειρία	Κλισιόμετρο Abney, μακρά ταινία μεζούρας, 2 ράβδους (μήκους 1,5m), τάπες	2

Πίνακας 4 Μέθοδοι μέτρησης του υδραυλικού ύψους

5.2.3.1 Μέθοδος σωλήνα



Εικόνα 5.4 Μέτρηση με μέθοδο σωλήνα

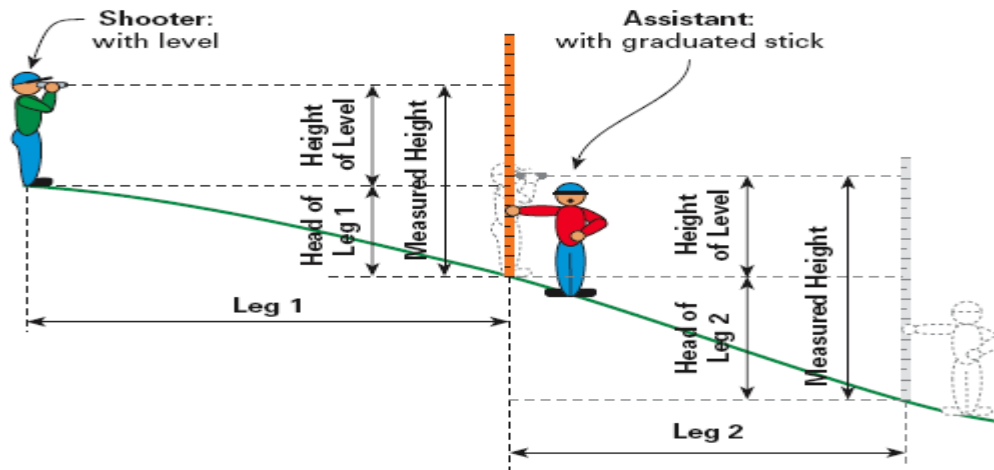
Είναι η πιο οικονομική μέθοδος μέτρησης του υδραυλικού ύψους .απαιτείται μόνο ένας διαφανής πλαστικός σωλήνας μήκους από 10 έως 20 μέτρα και διάμετρο 10 έως 12 χιλιοστών, έναν μετρητή αποστάσεων(μεζούρα ή χάρακα).Τα βήματα για μέτρηση της περιοχής που θα διαλέξουμε είναι τα παρακάτω συνοπτικά:

- **1.**Προσθέτουμε στο σωλήνα νερό μέχρι να γεμίζει.
- **2.**Σιγουρευόμαστε ότι ο σωλήνας είναι απαλλαγμένος από φυσαλίδες αέρα,διότι μπορούν να επηρεάσουν τις μετρήσεις.
- **3**Όταν είμαστε σίγουροι ότι είναι απαλλαγμένος ο σωλήνας από τις φυσαλίδες του αέρα τότε δένουμε τα δύο άκρα του σωλήνα.
- **4.** Ξεκινά κατά προσέγγιση ανύψωση της επιφάνειας του νερού σε μια προκαθορισμένη θέση για το επίπεδο του νερού.
- **5.**Η δεύτερη και οι επόμενες μετρήσεις που θα πραγματοποιηθούν θα γίνονται σε χαμηλότερο σημείο από τις προηγούμενες μετρήσεις.
- **6.**Συνεχίζονται οι μετρήσεις μέχρι το σημείο όπου η τουρμπίνα θα τοποθετηθεί.Εκεί θα είναι και η τελευταία μέτρηση.
- **7.**Αθροίζονται όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται τόσες φορές ,όσες χρειάζονται για να ταυτιστεί το επίπεδο του νερού στο σωλήνα με το επίπεδο του υδροστροβίλου της εγκατάστασης .Ο αριθμός των φορών που πραγματοποιήθηκε η διαδικασία(το 'χαμήλωμα' δηλαδή κατά το ύψος ενός ατόμου)πολλαπλασιάζεται με το μέσο ύψος των δύο ατόμων .Το γινόμενο αυτό αποτελεί το ολικό υδραυλικό ύψος της εγκατάστασης .Τα βήματα αυτά της διαδικασίας επαναλαμβάνονται 3 με 4

φορές και υπολογίζεται η μέση τιμή των ολικών υδραυλικών υψών που προέκυψαν ,προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια.

Measuring Downhill

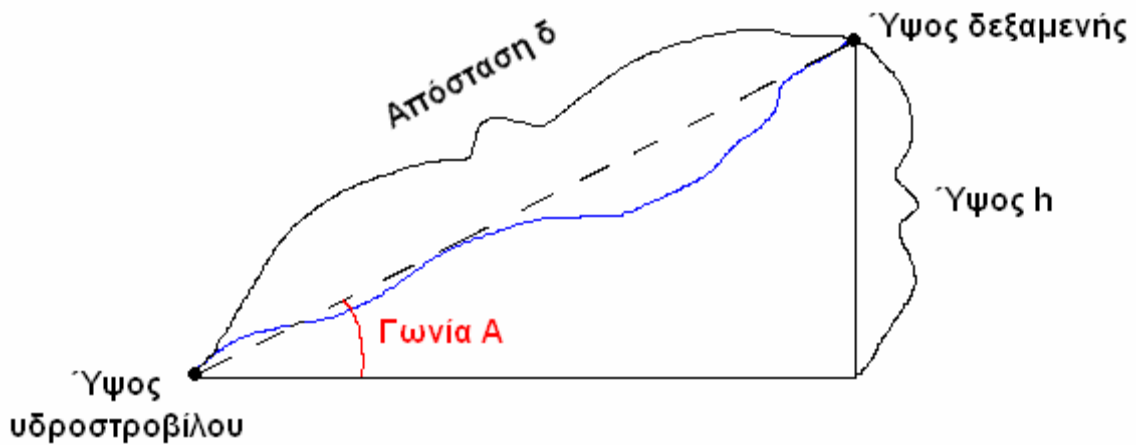


1. Subtract height of level from measurement on stick to determine head for each leg.
2. Repeat multiple legs from intake location to turbine location.
3. Add the head of each leg together to determine total head.

Εικόνα 5.5 Απεικόνιση βήματος μέτρησης

5.2.3.2 Μέθοδος κλισιόμετρου (Abney Level)

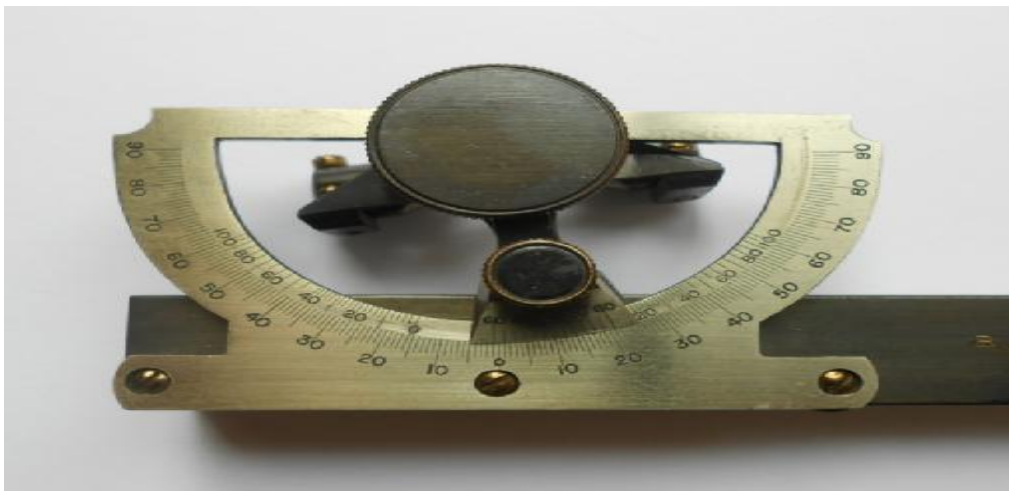
Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται απλή γεωμετρία και υπολογίζεται η κατακόρυφη απόσταση δύο σημείων. Το ένα είναι το σημείο που τοποθετείται ο υδροστρόβιλος και το άλλο το σημείο που βρίσκεται η δεξαμενή.



Εικόνα 5.6 Σχηματισμός δεδομένων μέσω γεωμετρίας

Για αρχή μετρείται η απόσταση δ μεταξύ της θέσης του υδροστροβίλου και της δεξαμενής με μία απλά μεζούρα και στη συνέχεια με τη χρήση ενός κλισιομέτρου υπολογίζεται η γωνία A , η οποία φαίνεται στο σχήμα 5.6. Το διαθέσιμο ύψος h δίνεται από το τύπο:

$$h = \delta \times \sin(A)$$



Εικόνα 5.7 Όργανο κλισιόμετρο

5.2.3.3 Μέθοδος μετρητή υψομέτρων

Αυτή η μέθοδος είναι η πιο εύκολη στην εφαρμογή της για τη μέτρηση του υδραυλικού ύψους διότι χρησιμοποιεί τις αλλαγές στην πίεση του αέρα. Με αυτή τη μέθοδο χρειάζεται η καταγραφή δύο μετρήσεων, μία στο ύψος του υδροστροβίλου και μία στο ύψος της δεξαμενής. Η δεύτερη μέτρηση πρέπει να

γίνει σε σύντομο χρονικό διάστημα από τη πρώτη ,προκειμένου να αποφευχθεί η επίδραση ατμοσφαιρικών αλλαγών στη πίεση του αέρα .Η ακρίβεια που μπορεί να δώσει αυτή η μέθοδος είναι από 1m απόκλιση μέχρι 6m.Εκεί εξαρτάται από το μοντέλο των μετρητών που χρησιμοποιείται.

5.3 ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ

Η προμελέτη έχει σκοπό τις διαστασιολογήσεις και τη διαμόρφωση του έργου ώστε να υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις σε διάφορα χαρακτηριστικά του ΥΗΕ.Η διαθεσιμότητα των αδειών για την έναρξη των λειτουργιών για τη κατασκευή του έργου περιλαμβάνονται στη προμελέτη .Η μελέτη αυτή αναφέρεται στα εξής:

- Στην επιλογή γεννήτριας και τα χαρακτηριστικά της ,μαζί με τον υπόλοιπο ηλεκτρολογικό εξοπλισμό που θα χρειαστεί.
- Στην επιλογή του τύπου υδροστρόβιλο που θα χρησιμοποιήσουμε και τα υδραυλικά του χαρακτηριστικά.
- Στα χαρακτηριστικά του συστήματος αυτοματισμού και λειτουργίας του σταθμού.
- Στο σύστημα προσαγωγής του νερού στο σταθμό(υδροληψία δεξαμενή φόρτισης κ.λ.π).
- Στις υποδομές του κτηρίου και τις προδιαγραφές που πρέπει να έχει αυτό για την εγκατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού ,για εύκολη συντήρηση και πρόσβαση εύκολη καθώς και για τη σύνδεση με το δίκτυο.

Όταν στα παραπάνω στοιχεία προκύψουν πως έχουν δοθεί λύσεις σε αυτά τα ,τότε η μελέτη προχωράει στην επόμενη και τελική μελέτη.

5.4 ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Σε αυτή τη μελέτη ο τελικός σκοπός είναι να συγκεντρωθούν όλα τα αποτελέσματα των αναλύσεων ,όλοι οι υπολογισμοί και όλα τα σχέδια που αφορούν τον εξοπλισμό του έργου ,τα οικονομικά στοιχεία και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν .Με την ολοκλήρωση αυτής της μελέτης ,αρχίζει η κατασκευή του υδροηλεκτρικού έργου .Για να γίνει αυτό, υπάρχουν 17 βήματα στη μελέτη που πρέπει να πραγματοποιηθούν και να τηρηθούν .Αυτά είναι τα εξής:

1. **Η Αναγνώριση της περιοχής:** Στο στάδιο αυτό περιλαμβάνεται ο χώρος που θα καταλαμβάνει το έργο ,η καταγραφή των περιβαλλοντικών και γεωλογικών συνθηκών καθώς και οι διάφορες χρήσεις του νερού ,όπως

ύδρευση .Τέλος εξετάζεται και η ζήτηση του ηλεκτρικού ρεύματος στην περιοχή από καταναλωτές και αγοραστές.

2. **Τα υδρολογικά στοιχεία :** Στο στάδιο αυτό περιλαμβάνει την συγκέντρωση όλων των υδρολογικών στοιχείων τα οποία έχουν πραγματοποιηθεί και χαράζεται η καμπύλη διάρκειας παροχής .Αν δεν υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα στοιχεία ,γίνεται μια προσεγγιστική εκτίμηση ,συλλέγοντας στοιχεία από τη συγκεκριμένη λεκάνη απορροής και γειτονικές λεκάνες.
3. **Η έρευνα αγοράς και διαθεσιμότητα :** Στο στάδιο αυτό γίνεται μια έρευνα αγοράς για το κόστος του υδροστροβίλου ,της γεννήτριας ,των σωληνώσεων της εγκατάστασης και του ελεγκτή της γεννήτριας.
4. **Ο υπολογισμός της παραγόμενης ισχύος :** Στο στάδιο αυτό ελέγχουμε τις βασικές παραμέτρους για τον υπολογισμό της παραγόμενης ισχύς ,όπου είναι το υδραυλικό ύψος και η παροχή νερού που μπορεί να υπάρχει στην εγκατάσταση.
5. **Ο υπολογισμός απαιτήσεων ηλεκτρικής ισχύς στην εγκατάσταση:** Στο στάδιο αυτό υπολογίζεται η ελάχιστη ηλεκτρική ισχύ την οποία θα πρέπει να παραχθεί από τη γεννήτρια ώστε να τροφοδοτηθούν όλες οι συσκευές και να λειτουργούν σε κατάλληλα επίπεδα.
6. **Ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης :** Ο συνολικός βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης εξαρτάται από τους βαθμούς απόδοσης των επιμέρους στοιχείων που την πλαισιώνουν και υπολογίζεται από το τύπο:

$$n=n_{\text{υδροστροβίλου}}*n_{\text{γεννήτριας}}$$

7. **Το κόστος και διαστάσεις της γεννήτριας :** Στο στάδιο αυτό επιλέγεται η καταλληλότερη γεννήτρια με κριτήριο τις απαιτήσεις τις εγκαταστάσεις και με συνδυασμό την οικονομική μελέτη που έχει γίνει.
8. **Ο έλεγχος οικονομικής βιωσιμότητας :** Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η σύγκριση των ετήσιων εσόδων και του κόστους επένδυσης .Αν τα ετήσια έσοδα είναι χαμηλότερα από το 10% του κόστους η επένδυση θεωρείται μη βιώσιμη .Αν τα ετήσια έσοδα κυμαίνονται μεταξύ του 10% και του 25%,τότε η επένδυση θεωρείται ως πραγματοποιήσιμη .Αν τα ετήσια έσοδα ξεπερνούν το 25% τότε θεωρείται ως βιώσιμη.
9. **Το υδραυλικό ύψος και παροχή :** Τα δύο μεγέθη παίζουν μεγάλο ρόλο για τη παραγωγή της ζητούμενης ισχύς και στο να γίνει μια εκτίμηση του συνολικού βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης.
10. **Η τελική τιμή ισχύος εξόδου :** Στο στάδιο αυτό οριστικοποιούνται οι διαστάσεις της γεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί και θα τοποθετηθεί στην εγκατάσταση .Το μέγεθος της γεννήτριας πρέπει να είναι μικρότερο σε σχέση με αυτό που υπολογίστηκε θεωρητικά προς αποφυγή

κάποιου σφάλματος αλλά και διαφορά στο κόστος η οποία θεωρείται σημαντική.

- 11. Ο σχεδιασμός εγκατάστασης :** Στο στάδιο αυτό πραγματοποιούνται τα σχέδια και οι χάρτες της εγκατάστασης ,όπου απεικονίζονται όλα τα στοιχεία της εγκατάστασης με τη διάταξη τους μέσα στο χώρο και μαζί με τις διαστάσεις τους.
- 12. Οι εναλλακτικές λύσεις :** Στο στάδιο αυτό πραγματοποιούνται έλεγχοι για διαφορετικές λύσεις που αφορούν τον σχεδιασμό της εγκατάστασης με σκοπό τη καλύτερη λειτουργία της ή μείωση του κόστους.
- 13. Ο υπολογισμός κόστους :** Στο στάδιο αυτό υπολογίζεται το κόστος των επιμέρους στοιχείων της εγκατάστασης και έπειτα γίνεται αποτίμηση του συνολικού κόστους .Για αποφυγή απόκλισης εξόδων στα επιμέρους τμήματα υπολογίζεται μια προσαύξηση της τάξεως 5% στο αρχικό κόστος.
- 14. Ο έλεγχος οικονομικής βιωσιμότητας :** Στο στάδιο αυτό γίνεται μια αποτίμηση του συνολικού κόστους της επένδυσης με τις προσαυξήσεις του κόστους στα επιμέρους τμήματα της εγκατάστασης .Έπειτα γίνεται έλεγχος αν η επένδυση εξακολουθεί να είναι οικονομικά βιώσιμη .Στην περίπτωση που δεν είναι ,γίνονται αλλαγές στα στοιχεία που επιβαρύνουν οικονομικά την εγκατάσταση.
- 15. Η παραγγελία υλικών και εξοπλισμών :** Στο στάδιο αυτό παραγγέλνονται τα στοιχεία με βάση τους υπολογισμούς που έχουν γίνει στα προηγούμενα βήματα της διαδικασίας και αρχίζουν οι εγκαταστάσεις των εξοπλισμών ,σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εγκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6⁰

ΜΕΛΕΤΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΤΩΝ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΩΝ FRANCIS ΣΕ ΔΥΟ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΤΗΣ Δ.Ε.Η



6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε τα χαρακτηριστικά μεγέθη ενός υδροστρόβιλου Francis σε δύο διαφορετικά υδροηλεκτρικά έργα της Δ.Ε.Η και πως αυτά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και θα καταλήξουμε σε κάποια ασφαλή συμπεράσματα. Τα έργα που θα αναφερθούν είναι ο υδροηλεκτρικός σταθμός Ιλαρίωνας και ο υδροηλεκτρικός σταθμός Πλατανόβρυσης.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη ενός υδροστροβίλου είναι:

- Η παροχή του νερού
- Το καθαρό ύψος πτώσης
- Ο αριθμός στροφών του υδροστροβίλου(που εκλέγεται έτσι ώστε να συμβιβάζεται με τον αριθμό στροφών της γεννήτριας την οποία κινεί)

6.2 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΙΛΑΡΙΩΝΑ



Εικόνα 6.1 Υδροηλεκτρικός σταθμός Ιλαρίωνα

Θέση : Δυτική Μακεδονία ,Νομός Κοζάνης

Σκοπός έργου : Υδροηλεκτρική παραγωγή ,άρδευση και ύδρευση

Το έργο βρίσκεται στην περιοχή της Μονής του Αγίου Ιλαρίωνα, στην έξοδο του Μέσου Αλιάκμονα, αμέσως ανάντη του ταμιευτήρα Πολύφυτου σε υψόμετρο 403m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Αποτελείται βασικά από ένα χωμάτινο φράγμα κατασκευασμένο από αμμοχάλικο ποταμού με αδιαπέραστο πυρήνα, μέγιστου ύψους 130m και συνολικού όγκου 8 εκατομμυρίων m³, μια σήραγγα εκτροπής μήκους 761m και εσωτερικής διαμέτρου 12 m, έναν εκχειλιστή με θυροφράγματα αποτελούμενο από δύο σήραγγες με έργο αναπήδησης, μέγιστης παροχетеυτικότητας 6.210 m³/s, μια σήραγγα προσαγωγής μήκους 557 m και εσωτερικής διαμέτρου 8,80 m, η οποία αποτελείται από χαλύβδινη επένδυση και έναν ημιυπαίθριο σταθμό παραγωγής εξοπλισμένο με δύο μονάδες τύπου Francis, εγκατεστημένος ισχύος 76,5 MW η καθεμία, καθώς και μια μικρή μονάδα τύπου Francis οριζοντίου άξονα 4.3 MW. Ο ταμιευτήρας θα έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 412 εκατομμύρια m³. Το έργο θα συμβάλλει στην άρδευση των γειτονικών περιοχών καθώς και στην ύδρευση της πόλης της Θεσσαλονίκης. Η συνολική μέση ετήσια παραγόμενη ενέργεια του σταθμού εκτιμάται σε 410 GWh περίπου.

ΒΑΣΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
Σήραγγα Εκτροπής	Μήκους 761 m, κυκλικής διατομής, εσωτερικής διαμέτρου 12 m
Φράγμα	Χωμάτινο με κεντρικό αργιλικό πυρήνα, Μέγιστο Ύψος πάνω από τη θεμελίωση: 130 m, Μήκος Στέψης: 570 m, Συνολικός Όγκος: 8.0 x 10 ⁶ m ³
Ωφέλιμη Χωρητ. Ταμιευτήρα	412 x 10 ⁶ m ³
Εκχειλιστής	Με θυροφράγματα, αποτελούμενος από δύο σήραγγες με έργο αναπήδησης, Μέγιστη Παροχетеυτικότητα: 6.210 m ³ /sec
Ωφέλιμο Ύψος Πτώσης	124.3 m
Σταθμός Παραγωγής	Ημι-υπαίθριος, 157, 3 MW (2 x 76,5 MW μονάδες τύπου Francis κατακόρυφου άξονα & 1 x 4,3 MW μικρή μονάδα τύπου Francis οριζοντίου άξονα)
Μέση Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας	410 GWh
Ανάδοχος Έργων Πολ. Μηχανικού	ΑΕΓΕΚ Α.Ε.
Προμηθευτές Η/Μ Εξοπλισμού	ΜΕΤΚΑ Α.Ε.

Πίνακας 5 Βασικά τεχνικά στοιχεία υδροηλεκτρικού σταθμού Ιλαρίωνα

6.2.1 Μελέτη χαρακτηριστικών μεγεθών υδροστροβίλου Francis για τον υδροηλεκτρικό σταθμό Ιλαρίωνα

Στην περίπτωση του υδροστροβίλου Francis του ΥΗΣ Ιλαρίωνα μεταβάλλαμε το άνοιγμα των ρυθμιστικών πτερυγίων από 50% έως 88% για δύο σταθερά ύψη (H_d και H_r) όπου H_d το ύψος που θεωρείται ως το ονομαστικό και είναι αποδεκτό για την καλή λειτουργία του ΥΗΕ και H_r το ύψος που θεωρείται το κρίσιμο για τη καλή λειτουργία του ΥΗΕ, και καταγράψαμε τις αντίστοιχες τιμές της παροχής και της ισχύος εξόδου που προέκυψαν. Έπειτα υπολογίσαμε το βαθμό απόδοσης του συστήματος στροβίλου-γεννήτριας.

Με βάση το τύπο $P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \cdot \eta$

Όπου:

- P : ισχύς [$(\text{Kg m}^2) / \text{s}^3$]
- ρ : πυκνότητα νερού [kg/m^3]
- Q : παροχή όγκου νερού [m^3/s]
- g : επιτάχυνση της βαρύτητας [m/s^2]
- H : υψομετρική διαφορά [m]
- η : βαθμός απόδοσης συστήματος στροβίλου-γεννήτριας [%]

και με το παρακάτω γράφημα που είναι ειδικά διαμορφωμένο για το ΥΗΕ Ιλαρίωνα, βρίσκουμε τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά μεγέθη για ένα συγκεκριμένο ύψος.

Τις τιμές αυτές τις τοποθετούμε σε πίνακα και στη συνέχεια κατασκευάζουμε τέσσερα διαγράμματα:

- άνοιγμα πτερυγίων % = $f(Q)$
- άνοιγμα πτερυγίων % = $f(N)$
- παροχή $Q = f(N)$
- βαθμός απόδοσης συστήματος στροβίλου-γεννήτριας % = $f(\text{άνοιγμα πτερυγίων \%})$

Για να δημιουργήσουμε το πίνακα και τα διαγράμματα των χαρακτηριστικών μεγεθών του υδροστροβίλου, μεταβάλλαμε το άνοιγμα των ρυθμιστικών πτερυγίων 6 φορές.

$n_1=30.000[\text{KW}]/35[\text{m}^3] * 9,81 \text{ m/s}^2 * 100[\text{m}] = 0,873$ άρα % θα έχουμε:

$n_1=87.3\%$

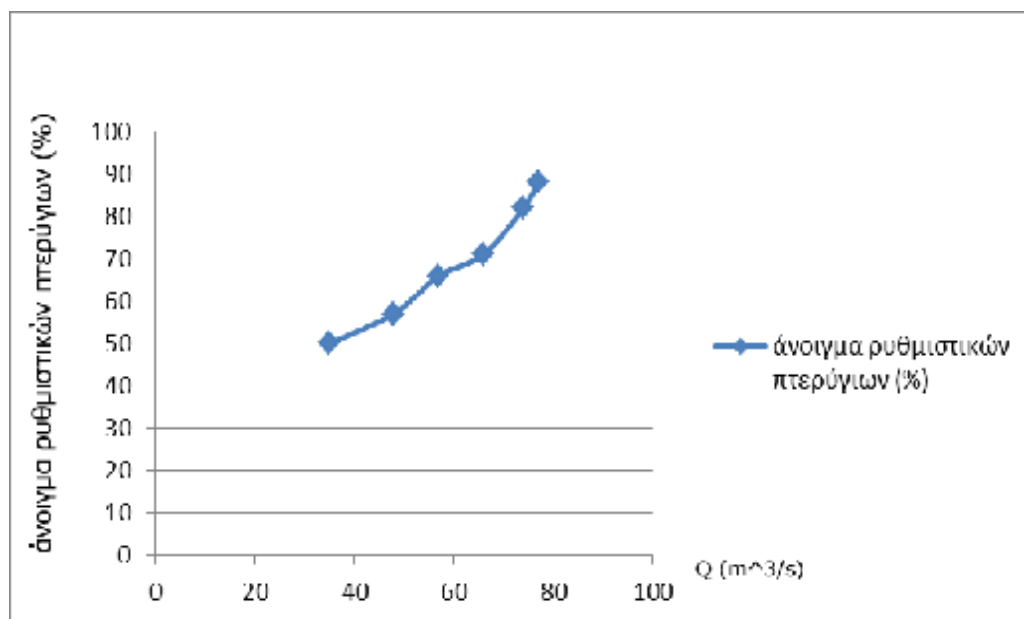
Ομοίως προκύπτουν και οι υπόλοιπες τιμές του βαθμού απόδοσης.

Για $H_d=100\text{m}$ έχουμε το πίνακα:

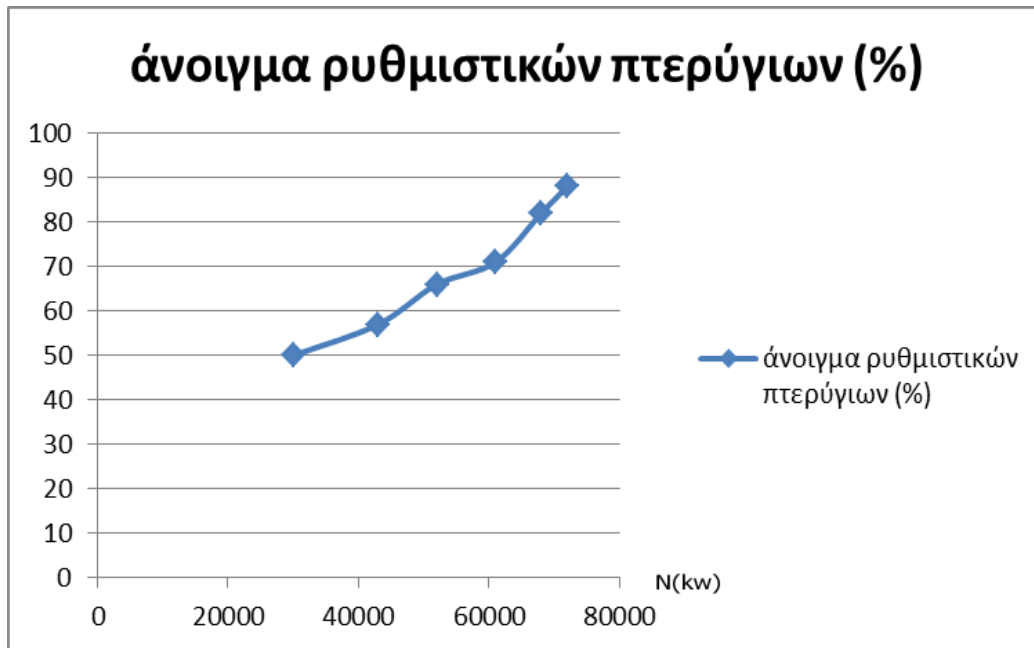
αα	Άνοιγμα ρυθμιστικών πτερύγιων (%)	Στιγμιαία ισχύς της γεννήτριας N(KW)	Παροχή νερού στο στρόβιλο Q(m ³ /s)	Βαθμός απόδοσης συστήματος στρόβιλου γεννήτριας η(%)
1	50	30000	35	87,3
2	57	43000	48	91,3
3	66	52000	57	92,9
4	71	61000	66	93,2
5	82	68000	74	93,2
6	88	72000	77	94,8

Πίνακας 6

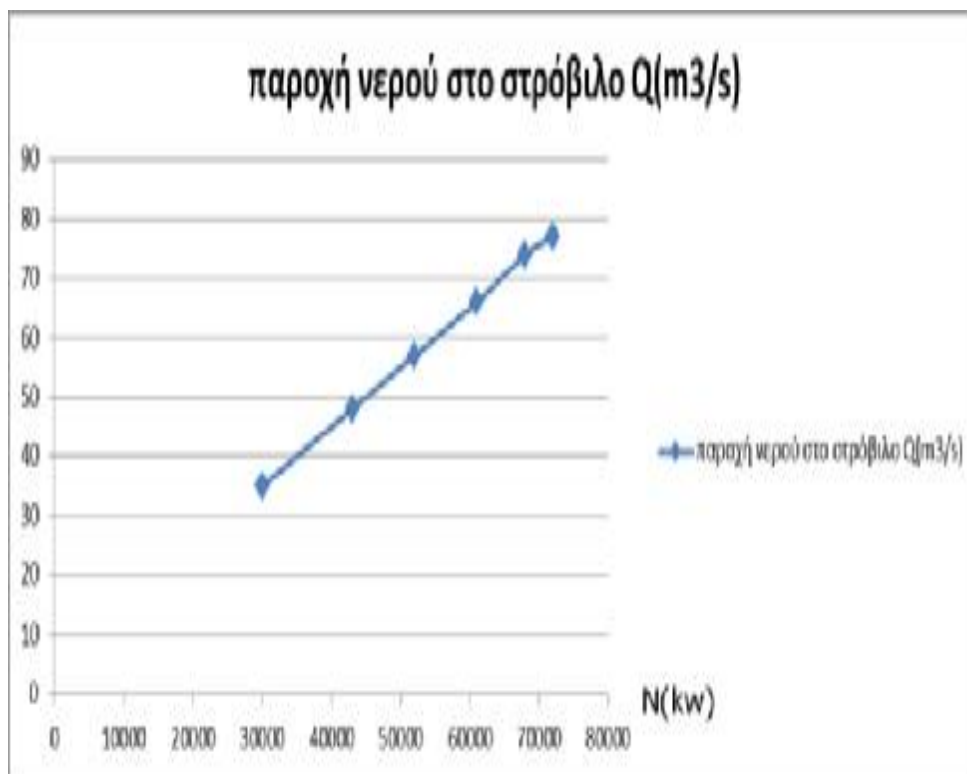
Και έχουμε τα παρακάτω χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας του στρόβιλου:



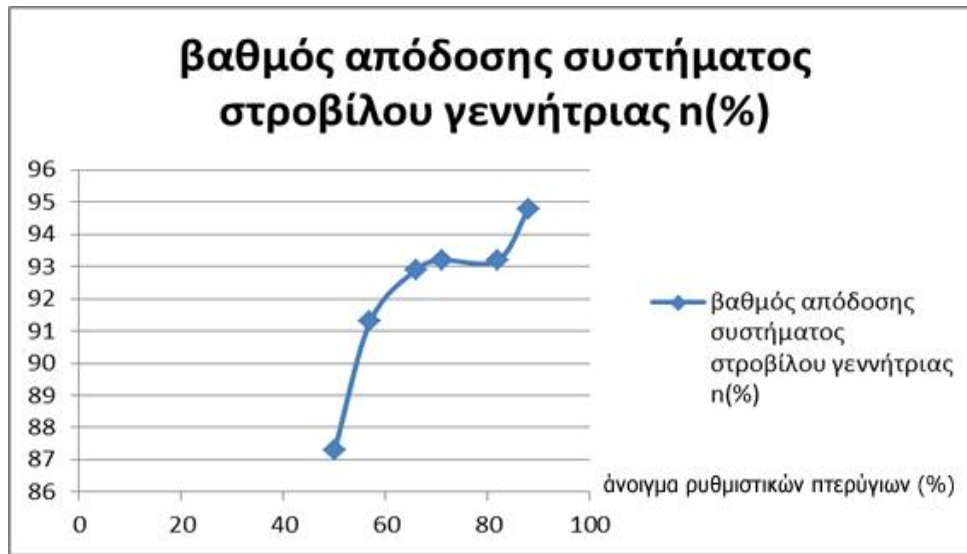
Σχήμα 6.2 Γραφική παράσταση ρυθμιστικών πτερυγίων με παροχή νερού



Σχήμα 6.3 Γραφική παράσταση ρυθμιστικών πτερυγίων με την ισχύς στρόβιλου



Σχήμα 6.4 Γραφική παράσταση παροχής νερού με την ισχύς στροβίλου



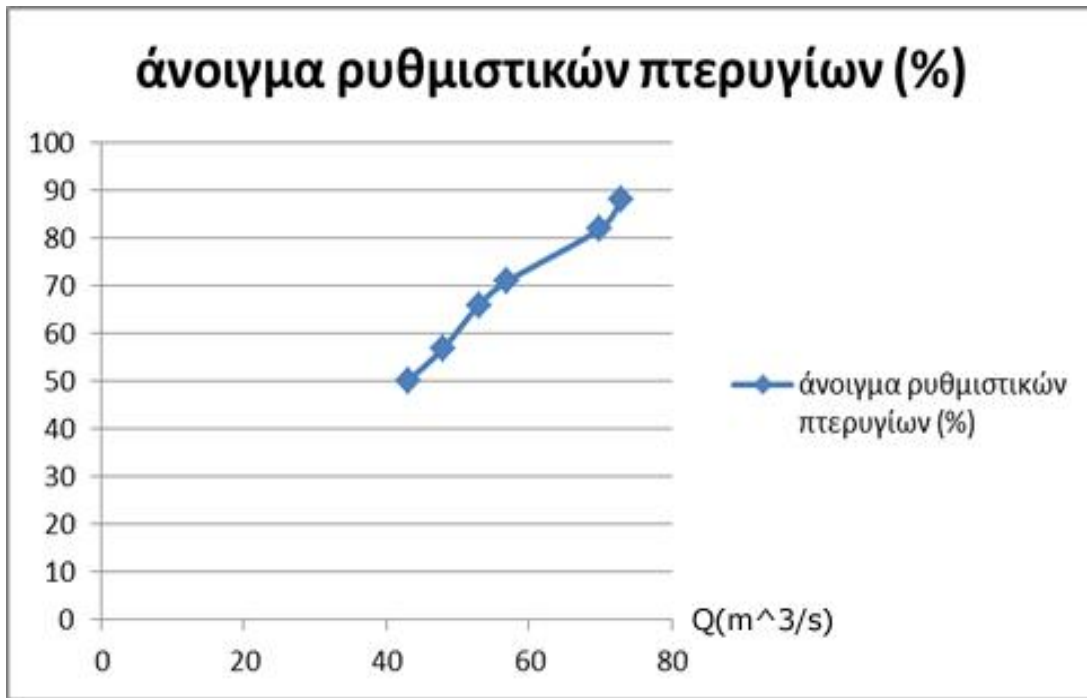
Σχήμα 6.5 Γραφική παράσταση βαθμού αποδόσεως συστήματος στροβίλου-γεννήτριας με ρυθμιστικά πτερύγια

Για $H_r = 90m$ έχουμε το πίνακα:

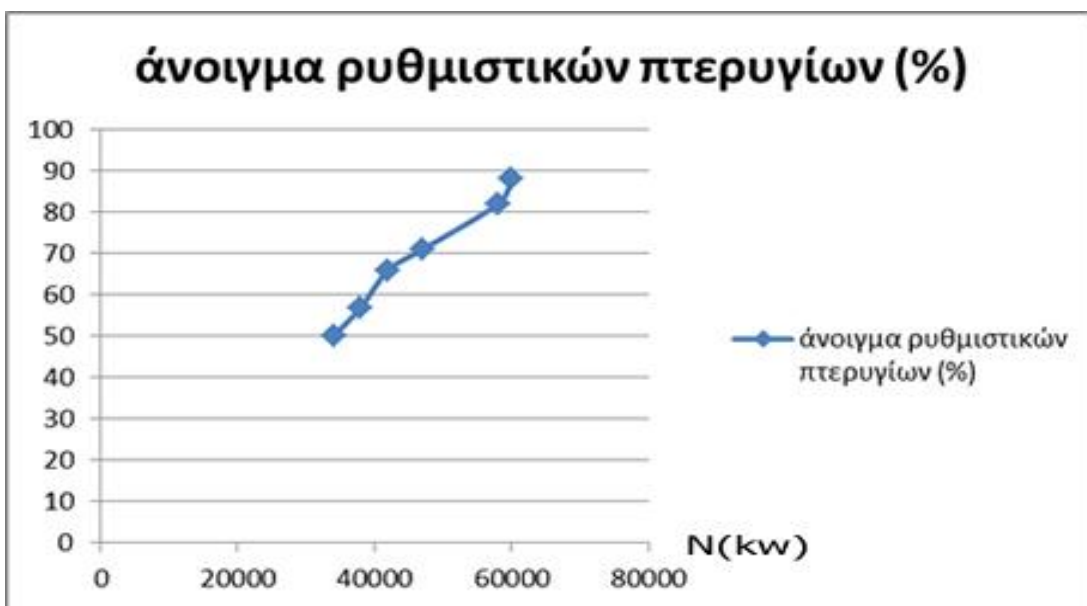
αα	άνοιγμα ρυθμιστικών πτερυγίων (%)	στιγμιαία ισχύς της γεννήτριας N(KW)	παροχή νερού στο στρόβιλο Q(m ³ /s)	βαθμός απόδοσης συστήματος στροβίλου γεννήτριας η(%)
1	50	34000	43	88,2
2	57	38000	48	90,5
3	66	42000	53	91,3
4	71	47000	57	92,8
5	82	58000	70	92,9
6	88	60000	73	93,4

Πίνακας 7

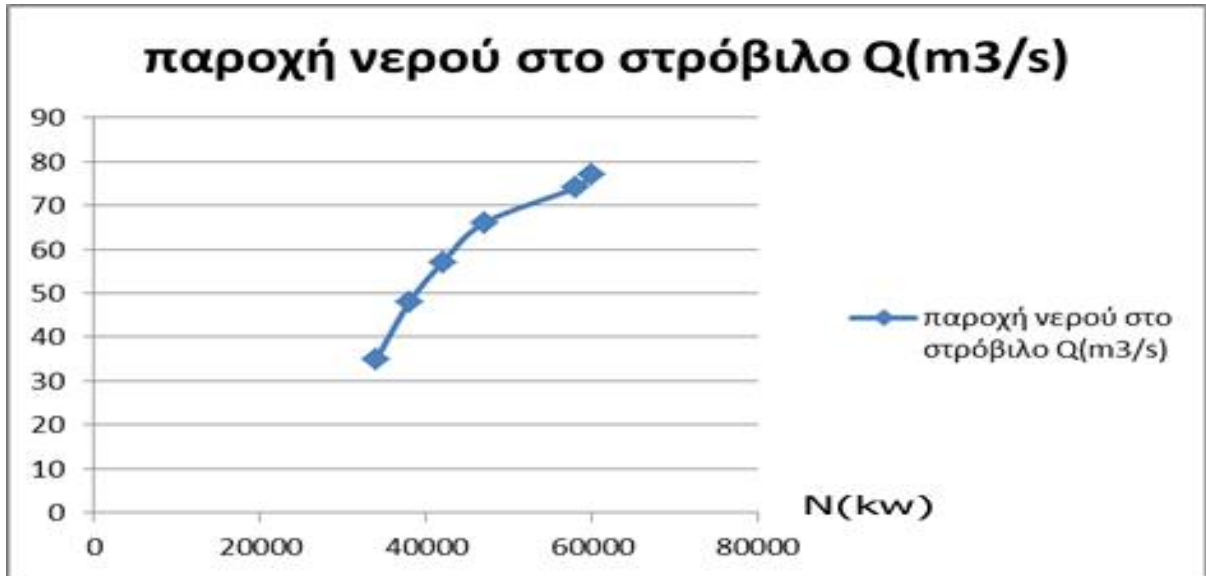
Και έχουμε τα παρακάτω χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας του στροβίλου:



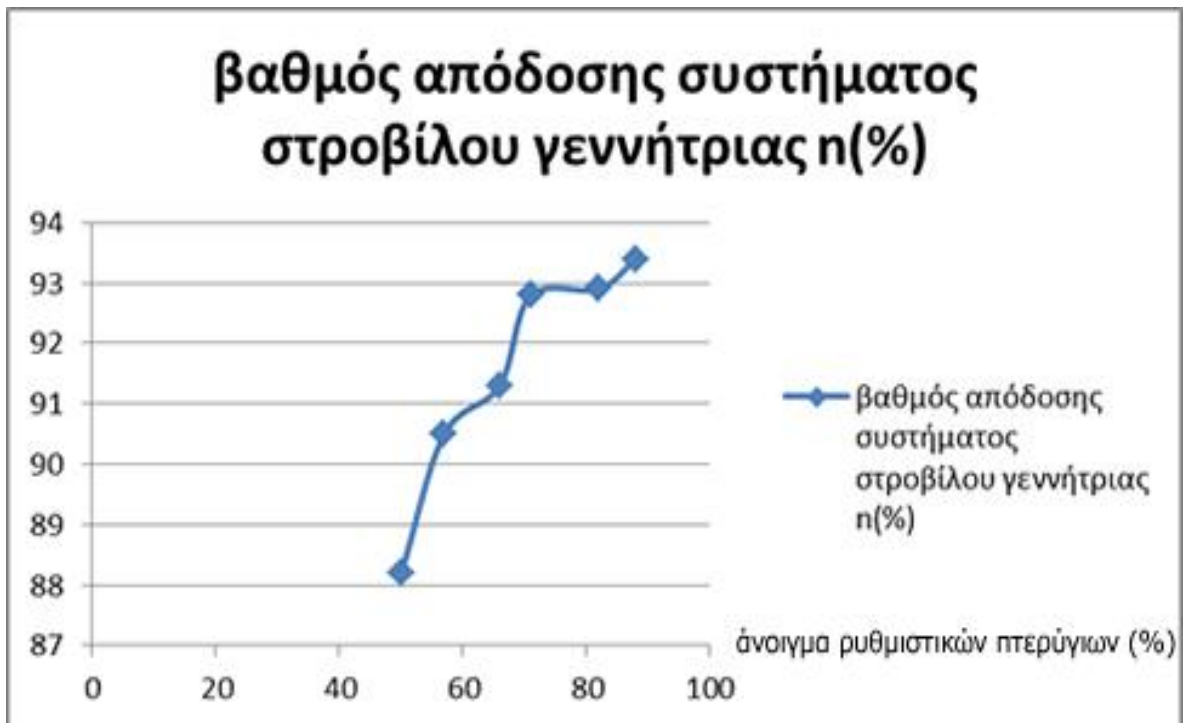
Σχήμα 6.6 Γραφική παράσταση ρυθμιστικών πτερυγίων με παροχή νερού στο στρόβιλο



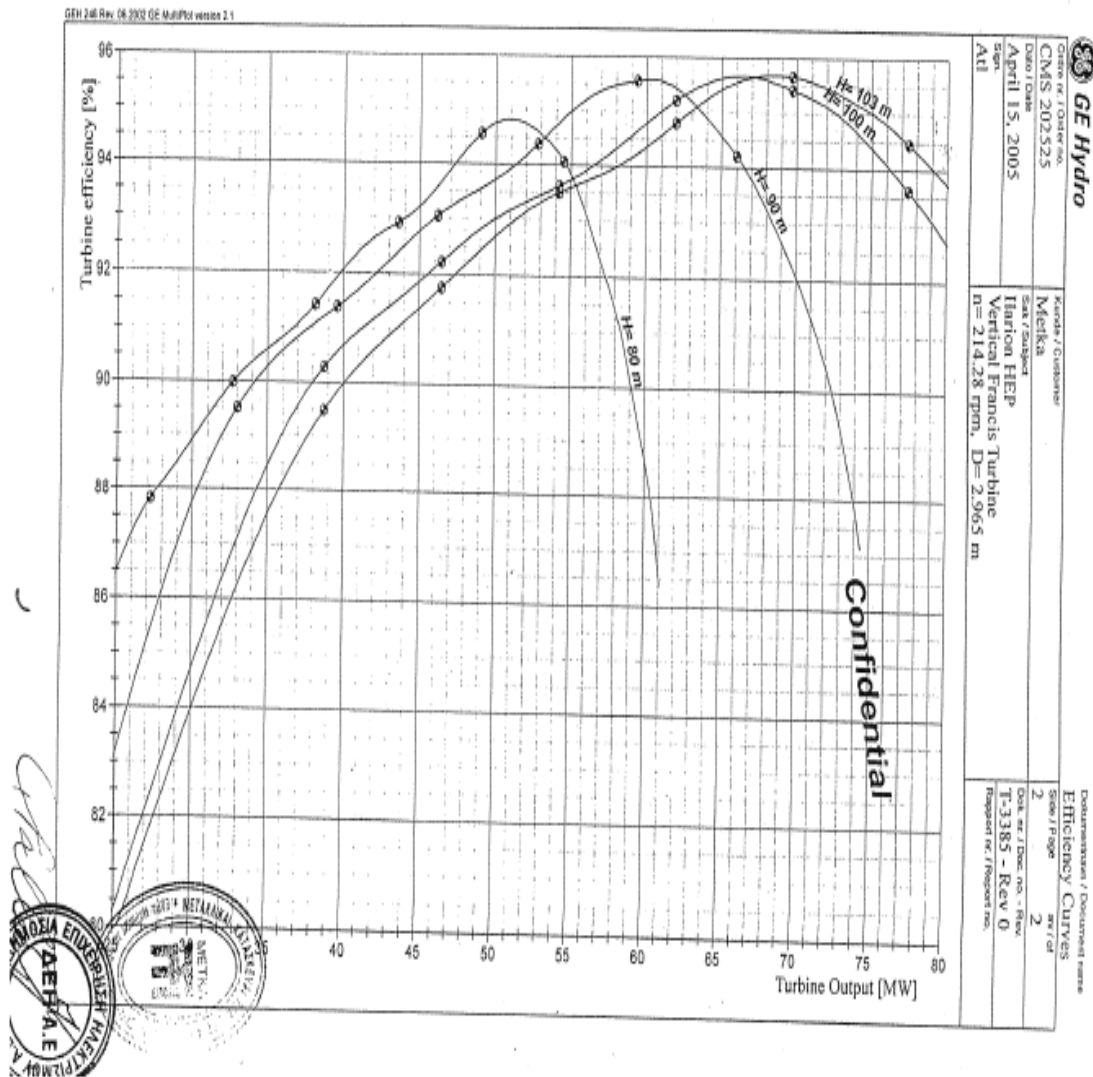
Σχήμα 6.7 Γραφική παράσταση ρυθμιστικών πτερυγίων με την ισχύς στρόβιλου



Σχήμα 6.8 Γραφική παράσταση παροχή νερού στο στρόβιλο με την ισχύ στρόβιλου



Σχήμα 6.9 Γραφική παράσταση βαθμού απόδοσης συστήματος στρόβιλου-γεννήτριας



Σχήμα 6.10 Γραφική παράσταση βαθμού απόδοσης του συστήματος υδροστρόβιλου-γεννήτριας με την ισχύ στρόβιλου για διάφορα ύψη στο ΥΗΕ Ιλαρίωνα

6.2.2 Σχόλια για τα διαγράμματα(H_a και H_r) Ιλαρίωνα

Στο πρώτα διαγράμματα απεικονίζεται η μεταβολή της παροχής νερού συναρτήσει του ανοίγματος των ρυθμιστικών περυγίων. Η καμπύλη που δημιουργείται είναι αύξουσα. Αυτό είναι απόλυτα αναμενόμενο γιατί όσο αυξάνουμε το άνοιγμα των ρυθμιστικών περυγίων αυξάνεται και η ποσότητα της διερχόμενης παροχής.

Στα δεύτερα διαγράμματα απεικονίζεται η μεταβολή της ισχύος που αποδίδεται στην έξοδο του στροβίλου συναρτήσει του ανοίγματος των ρυθμιστικών πτερυγίων .Η γραφική παράσταση είναι αύξουσα ,διότι όσο αυξάνεται το άνοιγμα των ρυθμιστικών πτερυγίων ,τόσο αυξάνεται και η παροχή Q και με το τύπο $N=Q \cdot H \cdot g \cdot \rho \cdot n$.

Στα τρίτα διαγράμματα απεικονίζεται η μεταβολή ισχύος που αποδίδεται στην έξοδο του στροβίλου συναρτήσει της παροχής νερού του στροβίλου .Όπως διαπιστώνουμε η γραμμή είναι σχεδόν ευθεία και αυτό διότι τα μετρούμενα μεγέθη Q ,N συνδέονται μεταξύ τους με το τύπο $N=Q \cdot H \cdot g \cdot \rho \cdot n$ που είναι εξίσωση πρώτου βαθμού.

Τέλος στα τέταρτα διαγράμματα που είναι το άνοιγμα των ρυθμιστικών πτερυγίων συναρτήσει βαθμό απόδοσης συστήματος στροβίλου γεννήτριας, είναι αύξουσα καμπύλη με κοίλα προς τα κάτω .Όσο αυξάνεται η παροχή του υδροστροβίλου ,θα αυξάνεται και η ισχύς εξόδου και κατά συνέπεια ο βαθμός απόδοσης του στροβίλου.

Γνωρίζουμε όμως ότι η ισχύς μιας υδατοπτώσης παίρνει τη μέγιστη τιμή της για περιορισμένη ταχύτητα ροής του νερού(κρίσιμη ταχύτητα).Όταν η τιμή της ταχύτητας υπερβεί την οριακή αυτή τιμή αυξάνονται υπερβολικά οι απώλειες λόγω τριβών του νερού με το σωλήνα και η ισχύς μειώνεται ,άρα συνεπώς και ο βαθμός απόδοσης .Έτσι οι καμπύλες των παραπάνω διαγραμμάτων δε θα είναι μονίμως αύξουσες αλλά από κάποιο σημείο και μετά θα αρχίσουν να φθίνουν(κρίσιμο σημείο λειτουργίας του υδροστροβίλου).

Στο σχήμα 6.10 φαίνεται καθαρά για συγκεκριμένα ύψη πώς ο βαθμός απόδοσης μεταβάλλεται απότομα μετά το κρίσιμο σημείο λειτουργίας.

6.3 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ



Εικόνα 6.2 υδροηλεκτρικός σταθμός Πλατανόβρυσης

Θέση : Ανατολική Μακεδονία ,Νομός Δράμας

Σκοπός έργου: Υδροηλεκτρική παραγωγή και άρδευση

Είναι το δεύτερο σε σειρά υδροηλεκτρικό έργο του ποταμού Νέστου, 12 km κατάντη του ΥΗΕ Θησαυρού ,εκεί όπου ο ποταμός σχηματίζει έναν πεταλοειδή μαϊάνδρο στη συμβολή του με το Διαβολόρεμα .Ο ταμιευτήρας του λειτουργεί σαν κάτω ταμιευτήρας του αντλητικού σταθμού/pump-storage plant του Θησαυρού .Το έργο περιλαμβάνει ένα φράγμα από κυλινδρικό σκυρόδεμα/RCC dam(πρώτο του είδους του στην Ελλάδα), Υψους 95 m και συνολικού όγκου 450.000 m³ .Βασικό συστατικό στοιχείο του σκυροδέματος του φράγματος ήταν η ιπτάμενη τέφρα των θερμικών σταθμών Πτολεμαΐδας,επιτυγχάνοντας έτσι σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.Ο σταθμός διαθέτει δύο μονάδες τύπου Francis κατακόρυφου άξονα,εγκατεστημένης ισχύος 54 MW η καθεμία,που παράγουν συνολικά ετήσια ενέργεια της τάξης των 240 GWh.Τέθηκε σε εμπορική λειτουργία στα τέλη του 1999.

Βασικά Τεχνικά Στοιχεία:	
Σήραγγα Εκτροπής	Μήκους 469 m, κυκλικής διατομής & εσωτερικής διαμέτρου 11/12 m
Φράγμα	Από Κυλινδρούμενο Σκυρόδεμα/ RCC (Roller Compacted Concrete) Μέγιστο ύψος από τη θεμελίωση: 95 m, Μήκος Στέψης: 270 m, Όγκος: 450 x 10 ³ m ³
Ωφέλιμη Χωρητ. Ταμιευτήρα	57 x 10 ⁶ m ³
Εκχειλιστής	Με Θυροφράγματα, Μέγιστη Παροχетеυτικότητα: 7.330 m ³ /sec
Ωφέλιμο Ύψος Πτώσης	73.5 m
Σταθμός Παραγωγής	Ημι-υπαίθριος, 2 x 54 MW μονάδες τύπου Francis κατακ. άξονα
Μέση Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας	240 GWh
Ανάδοχος Έργων Πολ. Μηχανικού	AEGEK-HIDROGRANDJA
Προμηθευτές Η/Μ Εξοπλισμού	SIEMENS-LMZ (στρόβιλοι), METKA - ATB CALDERERIA (θυροφράγματα), METKA-ATB (γερανογέφυρες)

Πίνακας 8 Βασικά τεχνικά στοιχεία υδροηλεκτρικού σταθμού Πλατανόβρυσης

6.3.1 Μελέτη χαρακτηριστικών μεγεθών υδροστροβίλου Francis για τον υδροηλεκτρικό σταθμό Πλατανόβρυσης

Στην περίπτωση του υδροστροβίλου Francis του ΥΗΣ Ιλαρίωνα μεταβάλλαμε το άνοιγμα των ρυθμιστικών πτερυγίων από 50% έως 92% για δύο σταθερά ύψη (H_a και H_r) όπου H_a το ύψος που θεωρείται ως φυσιολογικό για καλή λειτουργία του ΥΗΕ και H_r το ύψος που θεωρείται το κρίσιμο για τη καλή λειτουργία του ΥΗΕ, και καταγράψαμε τις αντίστοιχες τιμές της παροχής και της ισχύος εξόδου που προέκυψαν. Έπειτα υπολογίσαμε το βαθμό απόδοσης του συστήματος στροβίλου, γεννήτριας.

Με βάση το τύπο: $P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \cdot \eta$

Όπου:

- P : ισχύς [(Kg m²)/ s³]
- ρ : πυκνότητα νερού [kg/m³]
- Q : παροχή όγκου νερού [m³/s]
- g : επιτάχυνση της βαρύτητας [m/s²]

- H : υψομετρική διαφορά[m]
- n :βαθμός απόδοσης συστήματος στροβίλου-γεννήτριας

και με το παρακάτω γράφημα είναι για τον ΥΗΕ Πλατανόβρυσης ,βρίσκουμε τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά μεγέθη του υδροστροβίλου για ένα συγκεκριμένο ύψος.

Τις τιμές αυτές τις τοποθετούμε σε πίνακα και στη συνέχεια κατασκευάζουμε τέσσερα διαγράμματα:

- άνοιγμα πτερυγίων $\% = f(Q)$
- άνοιγμα πτερυγίων $\% = f(N)$
- παροχή $Q = f(N)$
- βαθμός απόδοσης συστήματος στροβίλου-γεννήτριας $\% = f(\text{άνοιγμα πτερυγίων } \%)$

Για να δημιουργήσουμε το πίνακα και τα διαγράμματα των χαρακτηριστικών μεγεθών του υδροστροβίλου ,μεταβάλλαμε το άνοιγμα των ρυθμιστικών πτερυγίων 6 φορές.

Για $H_d=72,4\text{m}$ σταθερό και για άνοιγμα πτερυγίων 50% από το σχήμα 6.11 θα έχουμε:

$Q_1=48\text{ m}^3$, $N_1=30.000\text{ KW}$ οπότε με βάση το τύπο λύνουμε ως προς n
Και διαμορφώνεται ως εξής:

$n_1=N/Q*H*g*\rho$ (λόγω πυκνότητας νερού $\rho=1$), άρα έχουμε

$n_1=30.000[\text{KW}]/48[\text{m}^3]*9,81\text{ m/s}^2*72,4[\text{m}]=0,879$ άρα % θα έχουμε:

$n_1=87.9\%$

Ομοίως προκύπτουν και οι υπόλοιπες τιμές του βαθμού απόδοσης.

Για $H_d=72,4\text{m}$ έχουμε το πίνακα:

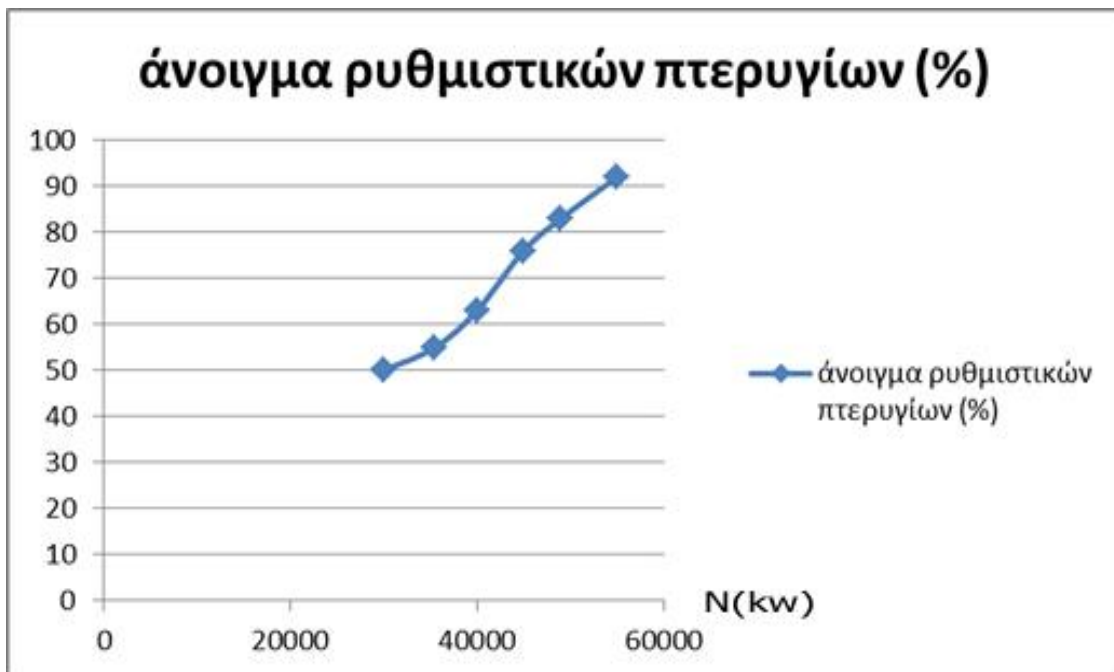
αα	άνοιγμα ρυθμιστικών πτερυγίων (%)	στιγμιαία ισχύς της γεννήτριας N(KW)	παροχή νερού στο στροβίλο Q(m ³ /s)	βαθμός απόδοσης συστήματος στροβίλου γεννήτριας η(%)
1	50	30000	48	87,9
2	55	35500	56	89,2
3	63	40000	62	90,8
4	76	45000	68	93,1
5	83	49000	75	93,2
6	92	55000	83	93,3

Πίνακας 9

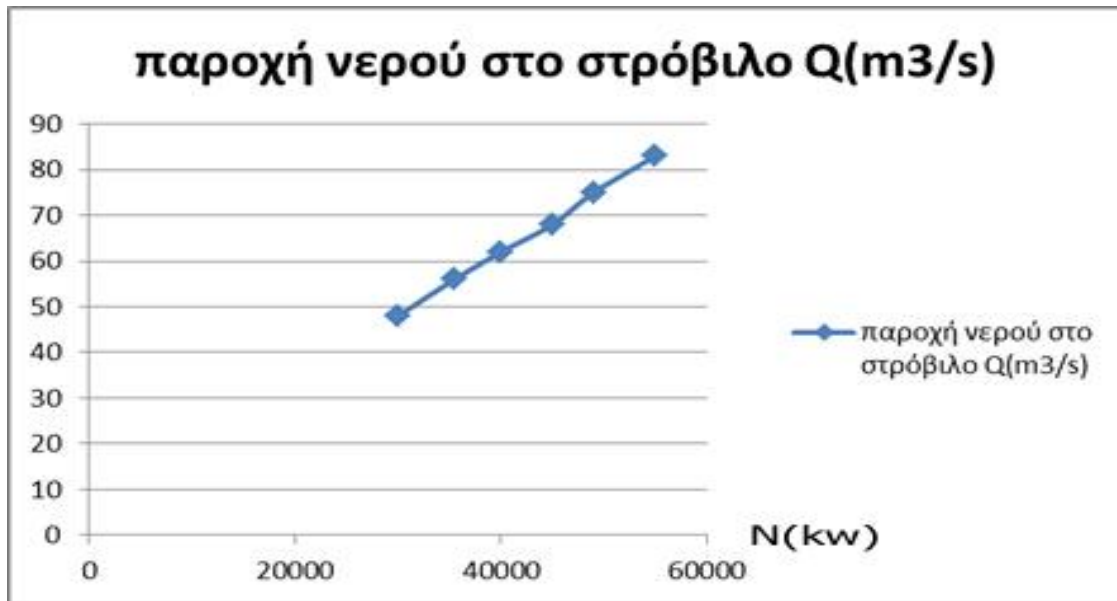
Και έχουμε τα παρακάτω χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας του στροβίλου:



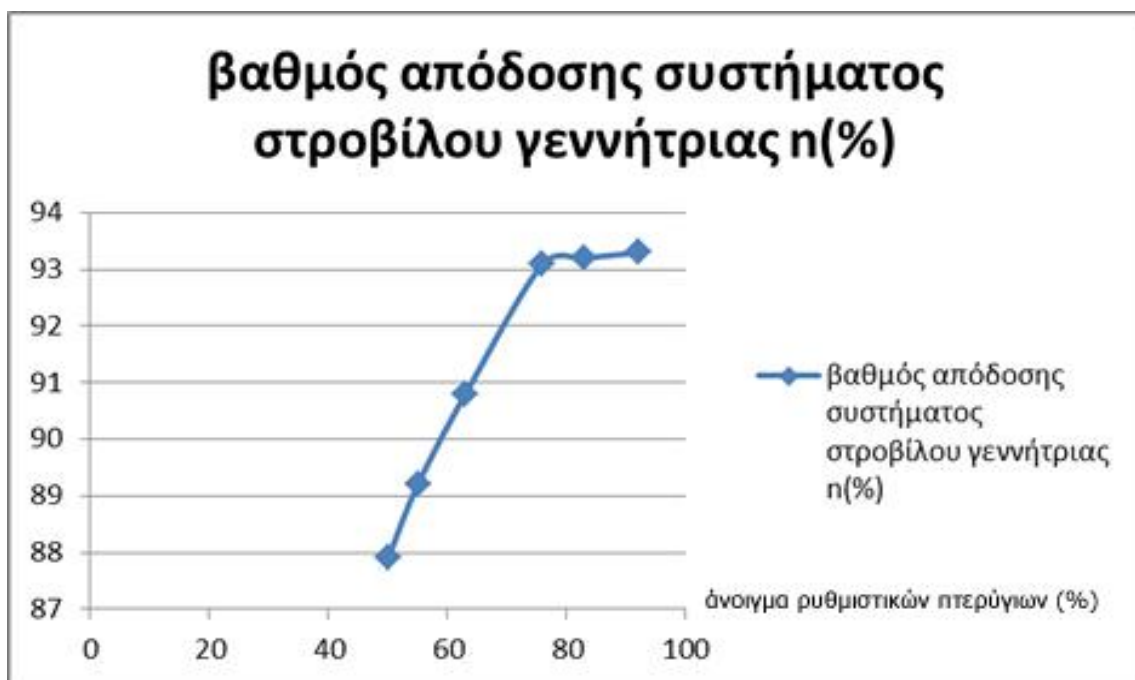
Σχήμα 6.12 Γραφική παράσταση ρυθμιστικών πτερυγίων με παροχή νερού



6.13 Παράσταση ρυθμιστικών πτερυγίων με την ισχύς στροβίλου



Σχήμα 6.14 Γραφική παράσταση παροχή νερού στο στρόβιλο με την ισχύς στρόβιλου



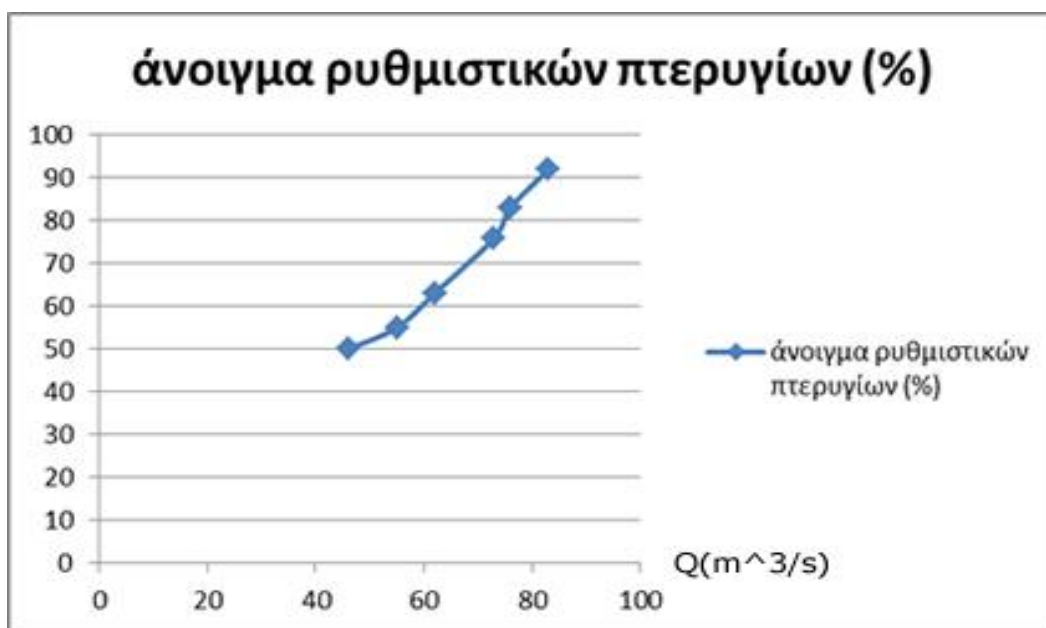
Σχήμα 6.15 Γραφική παράσταση βαθμού απόδοσης συστήματος στρόβιλου-γεννήτριας

Για $H_r = 69.3m$ έχουμε το πίνακα:

αα	άνοιγμα ρυθμιστικών πτερυγίων (%)	στιγμιαία ισχύς της γεννήτριας N(KW)	παροχή νερού στο στρόβιλο Q(m ³ /s)	βαθμός απόδοσης συστήματος στροβίλου γεννήτριας η(%)
1	50	27500	46	87,9
2	55	33500	55	89,5
3	63	38500	62	91,3
4	76	46500	73	93,6
5	83	49000	76	94,4
6	92	53000	83	94,4

Πίνακας 10

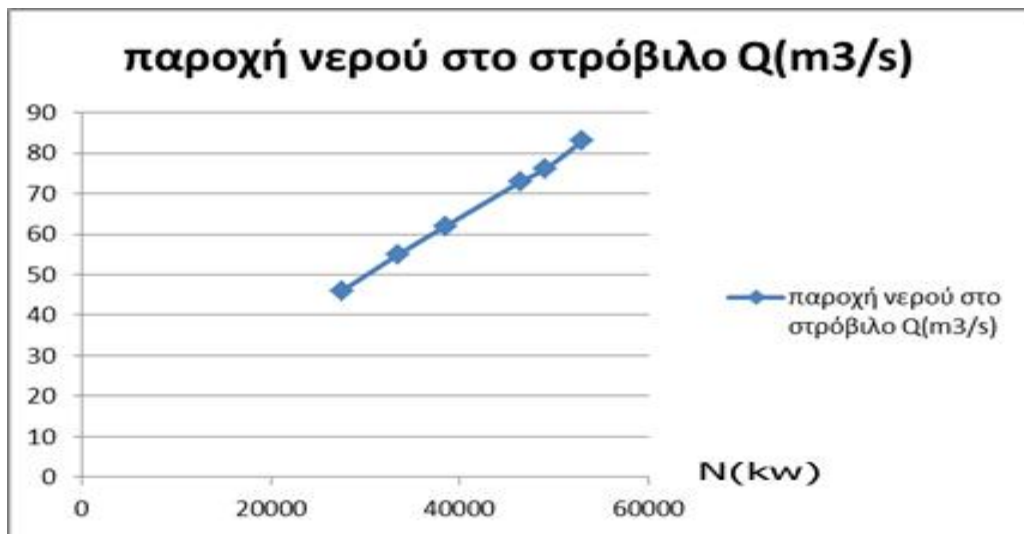
Και έχουμε τα παρακάτω χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας του στροβίλου:



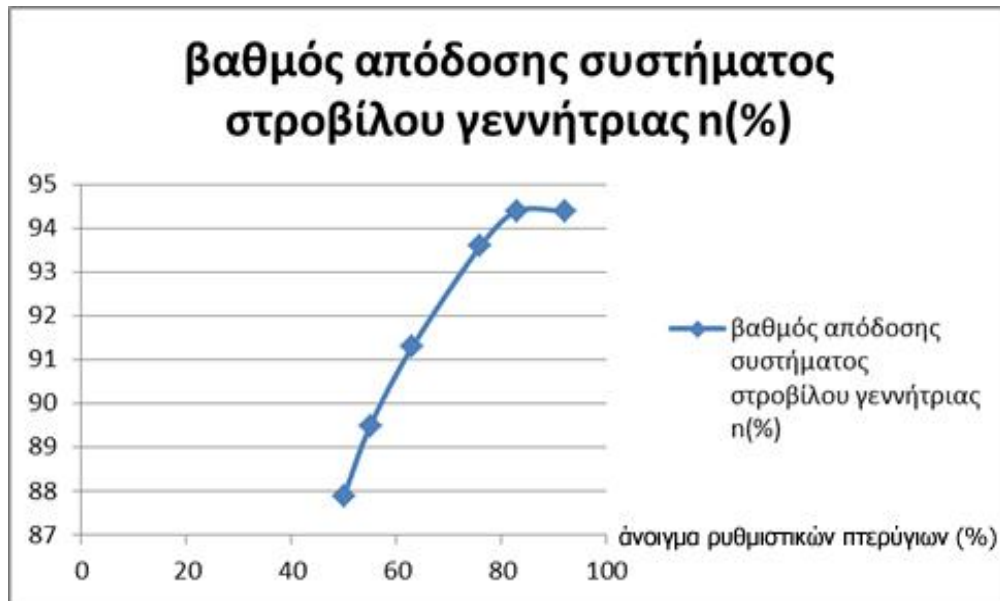
Σχήμα 6.16 Γραφική παράσταση ρυθμιστικών πτερυγίων με παροχή νερού



Σχήμα 6.17 Παράσταση ρυθμιστικών πτερυγίων με την ισχύς στρόβιλου



Σχήμα 6.18 Γραφική παράσταση παροχή νερού στο στρόβιλο με την ισχύς στρόβιλου



Σχήμα 6.19 Γραφική παράσταση βαθμού απόδοσης συστήματος στροβίλου-γεννήτριας

6.3.2 Σχόλια για τα διαγράμματα (H_a και H_r) Πλατανόβρυσης

Στο πρώτα διαγράμματα απεικονίζεται η μεταβολή της παροχής νερού συναρτήσει του ανοίγματος των ρυθμιστικών πτερυγίων. Η καμπύλη που δημιουργείται είναι αύξουσα. Αυτό είναι απόλυτα λογικό γιατί όσο αυξάνουμε το άνοιγμα των ρυθμιστικών πτερυγίων αυξάνεται και η ποσότητα της διερχόμενης παροχής.

Στα δεύτερα διαγράμματα απεικονίζεται η μεταβολή της ισχύος που αποδίδεται στην έξοδο του στροβίλου συναρτήσει του ανοίγματος των ρυθμιστικών πτερυγίων. Η γραφική παράσταση είναι αύξουσα, διότι όσο αυξάνεται το άνοιγμα των ρυθμιστικών πτερυγίων, τόσο αυξάνεται και η παροχή Q και με το τύπο $N=Q \cdot H \cdot g \cdot \rho \cdot \eta$

Στα τρίτα διαγράμματα απεικονίζεται η μεταβολή ισχύος που αποδίδεται στην έξοδο του στροβίλου συναρτήσει της παροχής νερού του στροβίλου. Όπως διαπιστώνουμε η γραμμή είναι σχεδόν ευθεία και αυτό διότι τα μετρούμενα μεγέθη Q , N συνδέονται μεταξύ τους με το τύπο $N=Q \cdot H \cdot g \cdot \rho \cdot \eta$ που είναι εξίσωση πρώτου βαθμού

Τέλος στα τέταρτα διαγράμματα που είναι το άνοιγμα των ρυθμιστικών πτερυγίων συναρτήσει βαθμό απόδοσης συστήματος στροβίλου γεννήτριας, είναι αύξουσα καμπύλη με κοίλα προς τα κάτω. Όσο αυξάνεται η παροχή του υδροστροβίλου, θα αυξάνεται και η ισχύς εξόδου και κατά συνέπεια ο βαθμός απόδοσης του στροβίλου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μονάδες των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων λειτουργούν με μεταβαλλόμενα ύψη πτώσεως και υπό διάφορα ανοίγματα των ρυθμιστικών πτερυγίων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η πλήρης αξιοποίηση της εγκαταστάσεως αλλά και για τις ακραίες περιπτώσεις λειτουργίας απαιτείται να ικανοποιούνται οι συνθήκες ευσταθούς λειτουργίας της μονάδας. Για το καθορισμό των διαφόρων συνθηκών λειτουργίας της μονάδος απαιτούνται τα χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας του στροβίλου. Βάση αυτών των χαρακτηριστικών διαγραμμάτων γίνονται οι επιλογές των χαρακτηριστικών μεγεθών του υδροστροβίλου. Από τα χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας των μονάδων συμπεραίνουμε ότι:

- Από σταθερό άνοιγμα των ρυθμιστικών πτερυγίων η παροχή είναι σχεδόν ανεξάρτητη του αριθμού στροφών του δρομέα.
- Με αύξηση του ανοίγματος ρυθμιστικών πτερυγίων ο αντίστοιχος μέγιστος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με την σχετική αύξηση των αριθμών στροφών
- Η λειτουργία για μέγιστη ισχύ και μέγιστη παροχή διαμορφώνεται όταν έχουμε πλήρες άνοιγμα των ρυθμιστικών πτερυγίων.

Από τις μετρήσεις για δύο διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας με διαφορετικά ύψη για τον ΥΗΣ Ιλαρίωνα και τον ΥΗΣ Πλατανόβρυσης παρατηρούμε πως παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά τους μεγέθη κοινά σημεία όπως ότι σ'όλες τις γραφικές παραστάσεις υπάρχει αύξουσα τάση των χαρακτηριστικών μεγεθών του υδροστροβίλου Francis. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως όσο αυξάνονται τα ανοίγματα των ρυθμιστικών πτερυγίων για συγκεκριμένο ύψος λειτουργίας του στροβίλου, τόσο η παροχή αυξάνεται, άρα και η επέκταση θα αυξάνεται και η ισχύς εξόδου του στροβίλου όπου αυτός καθορίζει το βαθμό απόδοσης του συστήματος στροβίλου γεννήτριας.

Επίσης παρατηρούμε πως ενώ φαίνεται πως ο βαθμός απόδοσης είναι ανάλογος της ισχύς εξόδου του στροβίλου και της παροχής του νερού που περνάει σε αυτό, βλέπουμε πως από ένα σημείο και έπειτα ο βαθμός απόδοσης συστήματος στροβίλου-γεννήτριας δεν είναι ανάλογος της ισχύς και της παροχής. Μάλιστα από ένα σημείο (που το θεωρούμε το κρίσιμο σημείο λειτουργίας για το ύψος που έχουμε καθορίσει) και μετά από αυτό βλέπουμε πως ο βαθμός απόδοσης όχι μόνο δεν αυξάνεται αλλά και πέφτει ραγδαία. Αυτό το στοιχείο είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό που μπορούμε να γνωρίζουμε, διότι έτσι μπορούμε να επιλέγουμε και να γνωρίζουμε σε ποιο σημείο λειτουργίας αναλόγως τις απαιτήσεις του υδροηλεκτρικού σταθμού και γνωρίζοντας τα όρια του μπορεί να λειτουργήσει ο υδροστροβίλος. Τέλος αξίζει να σημειωθεί πως στο σημείο

όπου έχουμε το μέγιστο βαθμό απόδοσης οι υδραυλικές απώλειες είναι σχεδόν ίσες με μηδέν .Στο σημείο λειτουργίας αυτό η παροχή που περνάει από τον υδροστρόβιλο αποκαλείται Q_{optimum} και θεωρείται ως το άριστο σημείο λειτουργίας του υδροστρόβιλου(Α.Σ.Λ)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ελληνική Βιβλιογραφία

[1] Παπαντώνης Δημήτριος "Μικρά υδροηλεκτρικά έργα", Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2001

[2] Παπαντώνης Δημήτριος "Υδροδυναμικές Μηχανές, Αντλίες-Υδροστρόβιλοι, Εκδόσεις "Συμεών, Αθήνα 2002

[3] Παπαντώνης Δημήτριος "Υδροδυναμικές Εγκαταστάσεις", Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 1998

[4] Α. Ζερβός "Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας", Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2008

[5] ΣΤ. Νικολάου "Μαθήματα υδροδυναμικών έργων", Αθήναι 1972

[6] Δ.Ε.Η Ενημερωτικά φυλλάδια <<Υδροηλεκτρικός σταθμός Ιλαρίωνας, Υδροηλεκτρικός σταθμός Πλατανόβυσης.>>

[7] Ιωάννης Αργυράκης Διευθυντής Διεύθυνσης Υδροηλεκτρικής Παραγωγής "Η υδροηλεκτρική Παραγωγή της Δ.Ε.Η Α.Ε και η συμβολή της στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας", Πρόσβαση 2013

[8] Σημειώσεις εργαστηρίου στροβιλομηχανικής Τει Πάτρας, 2008

[9] Υπάρχουσα τυποποίηση δεδομένων παροχής-στάθμης-στερεοπαροχής στην Ελλάδα (ΥΠ.ΓΕ, ΙΓΜΕ.) ΕΠ. Λιανός, Αθήνα, 1993

- Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

[1] Micro Hydro Design Manual, Adam Harvey, Practical Action Publishing, 1993

[2] Microhydro: Clean power from water, Scott Davis, New Society Publishers, 2003

[3] Hydraylic Machines: Turbines and Pumps, Grigori Krivchenko, Lewiw Publishers, 1994

- Πληροφορίες Στο Διαδίκτυο

[1] <http://www.allaboutenergy.gr> (Ιστοχώρος για θέματα ενέργειας και περιβάλλοντος)

[2] <http://www.energotech.gr> (αρχική σελίδα Ομίλων εταιριών που ασχολούνται με ανάπτυξη των ΑΠΕ)

[3] <http://www.cres.gr> (αρχική σελίδα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας ΚΑΠΕ)

- [4] <http://www.econews.gr> (περιβαλλοντικά στοιχεία για υδροηλεκτρικές μονάδες)
- [5] <http://www.hellases.gr>(σύνδεσμος ηλεκτροπαραγωγών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας)
- [6] <http://www.learnengineering.org> (σύνδεσμος που αναφέρεται σε μηχανολογικούς εξοπλισμούς και τύπους υδροστρόβιλων)
- [7] <http://www.microhydropower.net> (πληροφορίες για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό υδροηλεκτρικών συστημάτων)
- [8] <http://www.ppcr.gr/Home.aspx?C=2> (η αρχική σελίδα της ΔΕΗ Ανανεώσιμες)
- [9] <http://www.wikipaideia.org/στηλαίωση>.
- [10] http://users.sch.gr/imarinakis/hydraulic_energy.htm
- [11] <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C123/487/3182,12849/>
- [12] <http://www.myengineeringworld.net/2013/09/the-necessary-steps-of-hydroelectric-study.html>
- [13] http://www.aixmes.com/index.php?option=com_content&task=view&id=1011