



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
**ΜΕΛΕΤΗ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ
ΕΡΓΩΝ ΜΕΣΩ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ**



ΝΤΑΜΠΑΣΗ ΕΛΕΝΗ Α.Μ: 7187
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΟΥΡΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
ΠΑΤΡΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μια από τις σημαντικότερες πηγές ενέργειας είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια (ή αλλιώς μηχανική ενέργεια) η οποία αποτελεί πηγή ηλεκτρισμού με ικανότητα παραγωγής περίπου 1 TW. Από το παρελθόν, η δημιουργία της υδραυλικής ενέργειας προερχόταν από κατασκευές όπως νερόμυλους, ελαιοτριβεία κ.α. Το 1879 δημιουργήθηκε το πρώτο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο στους καταρράκτες Νιαγάρα. Από τότε μέχρι σήμερα, με την τεχνολογία να προχωράει, αναπτύσσονται και οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί όπου έχουν κατασκευαστεί και τοποθετηθεί σε πολλές περιοχές στον πλανήτη.

Οι σύγχρονες υδροηλεκτρικές μονάδες παράγουν ηλεκτρισμό χρησιμοποιώντας στροβίλους και γεννήτριες. Το νερό όπου κινείται παράγει την μηχανική ενέργεια και κατά συνέπεια περιστρέφει τον δρομέα στον στρόβιλο. Έτσι ο περιστρεφόμενος στρόβιλος που συνδέεται με μια ηλεκτρομαγνητική γεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Είναι μια διαδικασία που θα την δούμε αναλυτικά παρακάτω μιας και το θέμα της εργασίας είναι η ανάλυση υδροηλεκτρικών έργων με την χρήση του προγράμματος RETScreen.

Το λογισμικό RETScreen αποτελεί ένα πρόγραμμα με περιεχόμενο την αξιολόγηση και την βελτιστοποίηση της οικονομικής και τεχνικής βιωσιμότητας των δυνητικών έργων ανανεώσιμης ενέργειας καθώς επίσης την μέτρηση και την επαλήθευση της πραγματικής απόδοσης του έργου.

Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια ανήκουν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διότι δεν αποδεδεσμεύουν ρύπους κατά την λειτουργία τους. Όσον αφορά βέβαια την κατασκευή μεγάλου μεγέθους υδροηλεκτρικού σταθμού, υπάρχει αλλοίωση στο φυσικό περιβάλλον εφόσον προϋποθέτει πολλές παρεμβάσεις για την δημιουργία του. Όμως με την κατάλληλη μελέτη υπάρχει η δυνατότητα μείωσης της αλλοίωσης ως προς το περιβάλλον.

Η εργασία αυτή αναφέρεται στην υδροηλεκτρική ενέργεια, στη λειτουργία υδροηλεκτρικών σταθμών όπου και γίνεται μια λεπτομερής αναφορά ως προς τα μέρη που απαρτίζεται ένα τέτοιο έργο και τι επιπτώσεις έχει ως προς το περιβάλλον. Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση του υπολογιστικού φύλλου RETScreen έχοντας ως γνώμονα δύο υδροηλεκτρικά εργοστάσια για σύγκριση.

Στην εργασία μελετώνται 2 υδροηλεκτρικά έργα ισχύος 6500kW (σενάριο 1) και ισχύος 8800kW (σενάριο 2). Η μελέτη περιλαμβάνει καταρχήν τη θεωρητική ανάλυση ως βάση για την εκτέλεση των υπολογισμών που ακολουθούν για την παραγόμενη ισχύ. Τα αποτελέσματα δίνονται σε διαγράμματα για την καλύτερη συνολική εικόνα των έργων και έπειτα προκύπτουν συμπεράσματα αναφορικά με την παραγωγή ισχύος ως προς το κόστος κατασκευής και λειτουργίας..

Εν κατακλείδι, η παρούσα εργασία έχει σκοπό να βοηθήσει τον χρήστη να εξοικειωθεί με την έννοια του υδροηλεκτρικού σταθμού καθώς και με την λειτουργία του προγράμματος RETScreen σε συνδυασμό.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	8
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	9
1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	11
1.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	12
1.5 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ.....	15
1.6 ΕΡΓΟ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ-ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ.....	17
1.6 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	21
2.1 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ.....	21
2.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΕΡΓΑ.....	27
3.1 ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	29
3.2 ΚΑΔΟΙ ΕΚΤΡΟΠΗΣ.....	29
3.3 ΑΓΩΓΟΙ ΠΤΩΣΗΣ.....	30
3.4 ΑΝΤΛΗΤΙΚΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ.....	30
3.5 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ.....	33
4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	33
4.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΤΡΟΧΟΙ.....	35
4.3 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ.....	36
4.4 ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ.....	39
4.4.1 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ PELTON.....	39
4.4.2 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ FRANCIS.....	41
4.4.3 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ KARLAN.....	43
4.4.4 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ TURGO.....	44
4.4.5 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ CROSS FLOW (Η ΒΑΝΚΙ).....	44
4.4.6 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ ΤΥΠΟΥ S.....	45
4.4.7 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ ΤΥΠΟΥ BULB.....	46

4.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΦΥΛΟ RETSCREEN	52
5.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	52
5.1.2 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ	53
5.1.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	53
5.1.4 ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	54
5.1.5 ΠΑΡΟΧΗ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	57
5.1.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	61
5.1.7 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	62
5.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ	63
5.2.1 ΦΟΡΤΙΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	63
5.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	63
5.4 ΦΥΛΛΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ	64
5.4.1 ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	64
5.4.2 ΕΤΗΣΙΑ ΚΟΣΤΗ	65
5.4.3 ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΚΟΣΤΗ	66
5.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ	66
5.6 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	66
5.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Σταθμός φράγματος [Πηγή: Βικιπαίδεια]	9
Εικόνα 2: Σταθμός ποτάμιας στάθμης [Πηγή: Είδη φραγμάτων]	10
Εικόνα 3: Σταθμός αντλιών [Πηγή: Βικιπαίδεια Σταθμός αντλιών].....	10
Εικόνα 4: Θεμελίωση του αγωγού προσαγωγής [Πηγή: https://www.castorltd.gr]	13
Εικόνα 5: Η αλλοίωση περιοχής από την κατασκευή φράγματος [Πηγή: https://docplayer.gr]	14
Εικόνα 6: Στην δεξιά πλευρά της εικόνας διακρίνουμε τον ιχθυόδρομο [Πηγή: https://theodoriana.com/15/].....	14
Εικόνα 7: Πιθανές τοποθεσίες όπου μπορεί να βρίσκονται ο αγωγός προσαγωγής, ο σταθμός παραγωγής και η γραμμή μεταφοράς [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1 ^η έκδοση, Αθήνα 2012]	16
Εικόνα 8: Τα μέρη της υδροληψίας είναι τα εξής: (1) εκχειλιστής ανύψωσης της στάθμης, (2) εισροή, (3) προλεκάνη, (4) αγωγός έκπλυσης, (5) έργο εισροής και (6) αμμοσυλλέκτης. [Πηγή: https://docplayer.gr/47353872-Dialexi-10-i-ydrolipsies-kai-agogoi-ptosis.html]	18
Εικόνα 9: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου [Πηγή: http://www1.aegean.gr/gympeir/thermokipio.htm]	20
Εικόνα 10: Υπερχειλιστής με θυρίδα [Πηγή: https://estia.hua.gr/file/lib/default/data/15744/theFile]	27
Εικόνα 11: Υπερχειλιστής με σήραγγα [Πηγή: https://estia.hua.gr/file/lib/default/data/15744/theFile]	28
Εικόνα 12: Διαδικασία άντλησης – ταμίευσης [Πηγή: https://estia.hua.gr/file/lib/default/data/15744/theFile]	31
Εικόνα 13: Εξοπλισμός για παλιρροϊκά ρεύματα [Πηγή: Τσόγκας Χρήστος Ε. ,Υδροδυναμικά έργα, 1 ^η έκδοση, Θεσσαλονίκη, 2018].....	32
Εικόνα 14: Μέρη του υδραυλικού κινητήρα [Πηγή: https://docplayer.gr/1436225-Ydraylikoi-kinitires-syndyasmos-ydraylikis-antlias-kai-ydraylikoy-kinitira-se-ena-ydrayliko-systima-metadosis-symvolo-ydraylikis-antlias.html].....	33
Εικόνα 39: Κεντρική σελίδα του υπολογιστικού φύλλου RETScreen	52

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Τυπικό υδρογράφημα [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1 ^η έκδοση, Αθήνα 2012]	18
Διάγραμμα 2: Τυπική καμπύλη διάρκειας της ροής (ΚΔΡ) [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1 ^η έκδοση, Αθήνα 2012]	18
Διάγραμμα 3: Καμπύλες διάρκειας ροής για διαφορετικούς στροβίλους [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1 ^η έκδοση, Αθήνα 2012]	23
Διάγραμμα 4: Καμπύλες διάρκειας ροής για διαφορετικούς στροβίλους [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1 ^η έκδοση, Αθήνα 2012]]	23
Διάγραμμα 5: Διάγραμμα $[n/(Q/Q_k)]$ [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1 ^η έκδοση, Αθήνα 2012]	47
Διάγραμμα 6: Τυποποίηση υδροστροβίλων με βάση την παροχή νερού και το ύψος πτώσεως [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1 ^η έκδοση, Αθήνα 2012]	48
Διάγραμμα 7: Η συνάρτηση $ns=f(H)$ με ενδεικτικές τιμές [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1 ^η έκδοση, Αθήνα 2012]	51
Διάγραμμα 8: Συνολική εισροή-εκροή νερού συναρτήσει των μηνών και για τα δύο σενάρια.	59

Διάγραμμα 9: Συντελεστής χρησιμοποίησης νερού για παραγωγή ενέργειας συναρτήσει των μηνών και για τα δύο σενάρια που μελετάμε.	59
Διάγραμμα 10: Μέση κατανάλωση νερού συναρτήσει των μηνών.	60
Διάγραμμα 11: Φορτίο-ισχύς συναρτήσει των μηνών.	61
Διάγραμμα 12: Υδραυλική ισχύς συναρτήσει της παροχής.	61
Διάγραμμα 13: Υπολογισμός βαθμού απόδοσης υδροηλεκτρικών σταθμών (1ο & 2ο σενάριο).	62
Διάγραμμα 14: Χρηματοοικονομική ανάλυση του 1ο σεναρίου.	69
Διάγραμμα 15: Χρηματοοικονομική ανάλυση του 2ου σεναρίου.	70

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση σταθμού ανάλογα με το δυναμικό. (Πηγή: A2).....	11
Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση σταθμού ανάλογα το ύψος πτώσης. (Πηγή: A2).....	11
Πίνακας 3: Ενδεικτικές τιμές της ονομαστικής ταχύτητας περιστροφής [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1 ^η έκδοση, Αθήνα 2012]	50
Πίνακας 4: Ενδεικτικές τιμές ns για 3 τύπους υδροστροβίλων [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1 ^η έκδοση, Αθήνα 2012]	50
Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά των δυο υδροηλεκτρικών σταθμών που είναι υπό μελέτη.	53
Πίνακας 6: Υπολογισμός χαρακτηριστικών υδροστροβίλου Francis για το 1ο σενάριο.....	56
Πίνακας 7: Υπολογισμός χαρακτηριστικών των υδροστροβίλων Pelton για το 2ο σενάριο.	56
Πίνακας 8: Υπολογισμός παροχής για το 1ο σενάριο.....	58
Πίνακας 9: Υπολογισμός παροχής για το 2ο σενάριο.....	58
Πίνακας 10: Υπολογισμός βαθμού απόδοσης υδροστροβίλων 1ου & 2ου σεναρίου.	62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υδροηλεκτρική ενέργεια βασίζεται στην αξιοποίηση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών καθώς και στην μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια με την υποστήριξη στροβίλων και ηλεκτρικών γεννητριών. Το νερό όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο έχει δυναμική ενέργεια και όταν αρχίζει να ρέει προς περιοχές με χαμηλό υψόμετρο τότε η ενέργεια του μετατρέπεται σε κινητική. Με την χρήση υδροηλεκτρικών έργων (πχ. Υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, φράγμα κλπ.) γίνεται εφικτή η αξιοποίηση της ενέργειας του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια κατατάσσεται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Η διαφορά των δυο αυτών κλιμάκων έχει να κάνει με την επίπτωση που έχει η κάθε μία κλίμακα ως προς το περιβάλλον. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες μεγάλης κλίμακας αναφέρονται στην κατασκευή φραγμάτων καθώς και μεγάλων δεξαμενών με σοβαρές συνέπειες στο οικοσύστημα. Τα συστήματα μικρής κλίμακας τοποθετούνται κοντά σε ποτάμια, κανάλια έτσι ώστε οι επιπτώσεις στο περιβάλλον να είναι πιο λίγες. Υδροηλεκτρικές μονάδες από 30MW και λιγότερες κατατάσσονται στην κατηγορία μικρής κλίμακας και χαρακτηρίζονται σε ανανεώσιμες πηγές.

Ωστόσο, για να γίνει η κατασκευή υδατοταμιευτήρων χρειάζεται να λάβουμε υπόψιν μας μόνο περιοχές με μεγάλες υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση. Στην χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να καλύψει έως και το 10% των ενεργειακών μας αναγκών. Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια μπορούν να δουλεύουν 365 μέρες τον χρόνο επί 24 ώρες την μέρα με τον συνολικό βαθμό απόδοσης, λαμβάνοντας και τις απώλειες του αγωγού τροφοδοσίας, να κυμαίνεται από 75% έως 85%. (Πηγή: [A1](#)).

1.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί σε μια περιοχή εξαρτάται από την υψομετρική διαφορά της στάθμης του νερού καθώς και την ποσότητα ροής του νερού. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι τοποθετημένοι κατά τρόπο έτσι ώστε να αντέχουν στην μέγιστη πτώση μιας μεγάλης ποσότητας νερού.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί διαθέτουν ένα φράγμα τοποθετημένο πάνω από τον σταθμό παραγωγής όπου εκεί συλλέγεται και με την χρήση ενός ταμιευτήρα αποθηκεύεται το νερό. Στη συνέχεια το νερό εισέρχεται σε έναν αγωγό, αγωγός κατάθλιψης, όπου και εξέρχεται από αυτόν με μεγάλη πίεση πέφτοντας πάνω στα πτερύγια ενός υδροστροβίλου με μεγάλη ταχύτητα, προκαλώντας έτσι την περιστροφή του άξονα αυτού. Ο άξονας ενός υδροστροβίλου συνδέεται με τον άξονα μια γεννήτριας και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την περιστροφική κίνηση του, δημιουργώντας έτσι εναλλασσόμενο ρεύμα στα άκρα της γεννήτριας. Τέλος, με την βοήθεια ενός μετασχηματιστή το εναλλασσόμενο ρεύμα διαμορφώνεται σε ρεύμα υψηλής τάσης και μέσω των γραμμών μεταφοράς αρχίζει η διανομή του.

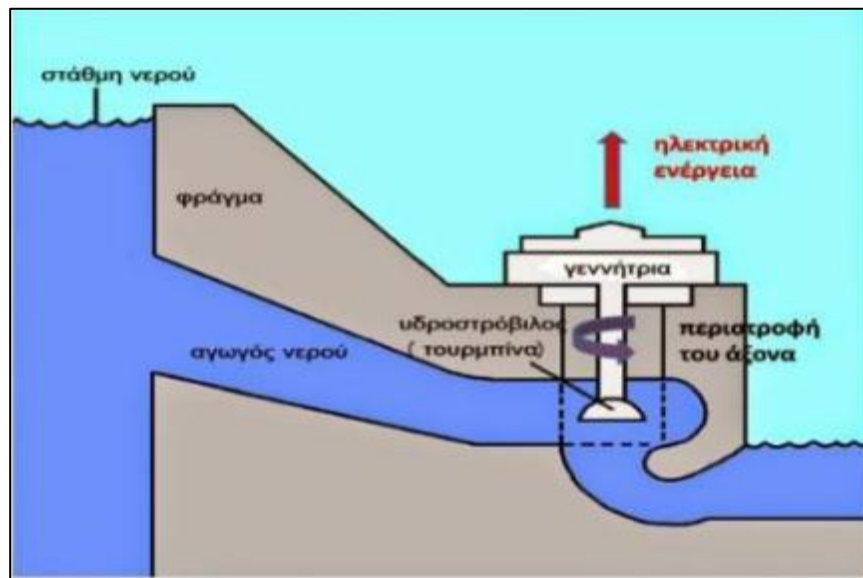
(Πηγή: Παπαντώνης Ε. Δημήτριος, Μικρά υδροηλεκτρικά έργα, Δεκέμβριος 2016)

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

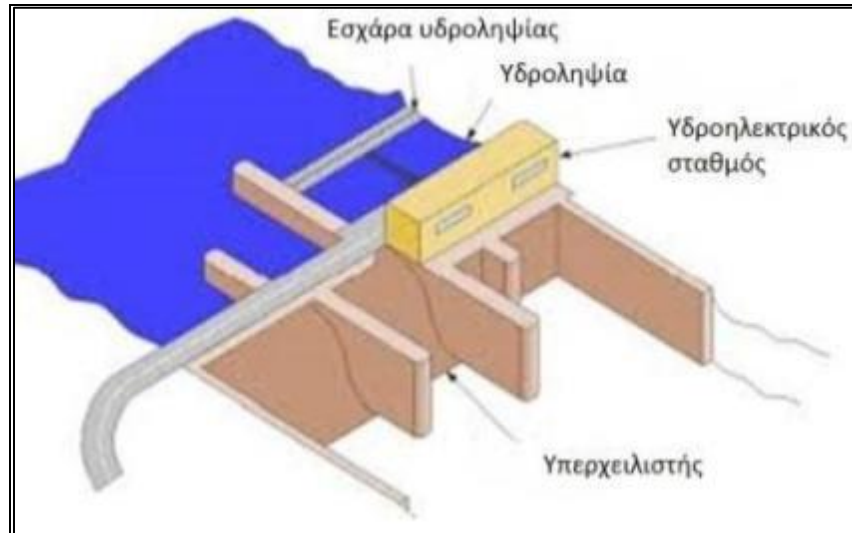
Οι Υδροηλεκτρικοί σταθμοί κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

I. Ανάλογα με τον τύπο φράγματος

- ✓ **Σταθμός φράγματος:** Περιλαμβάνεται από ταμιευτήρα ο οποίος χρησιμεύει για την αποθήκευση νερού καθώς και από τον σταθμό παραγωγής όπου εκεί είναι τοποθετημένοι οι υδροστρόβιλοι. Το αποθηκευμένο νερό εισέρχεται στους καταλιπτικούς σωλήνες και καταλήγει στους υδροστρόβιλους.
- ✓ **Σταθμός ποτάμιας στάθμης:** Το εισερχόμενο νερό οδηγείται σε έναν υδραγωγό ο οποίος θα τροφοδοτήσει με το νερό αυτό τον υδροστρόβιλο. Για την διαδικασία αυτήν χρησιμοποιούνται κατάλληλοι υδροστρόβιλοι όπου μπορούν να αντέξουν μεγάλες ποσότητες νερού με χαμηλές πιέσεις



Εικόνα 1: Σταθμός φράγματος [Πηγή: Βικιπαίδεια]



Εικόνα 2: Σταθμός ποτάμιας στάθμης [Πηγή: Είδη φραγμάτων]

✓ **Σταθμοί αντλιών:** Αποτελούνται από την αντλία, την γεννήτρια, τον στρόβιλο και από δύο ταμιευτήρες: τον ανάντι και τον κατόντι ταμιευτήρα κάτω στάθμης. Τις περισσότερες φορές η αντλία και ο στρόβιλος είναι τοποθετημένοι μέσα σε μια υδρομηχανή, τον λεγόμενο αντλιοστρόβιλο, όπου η κίνηση του οφείλεται στο νερό. Σε περιόδους αιχμής ζήτησης του φορτίου το νερό από τον ανάντι ταμιευτήρα και με την βοήθεια των καταθλιπτικών σωλήνων εισέρχεται στους υδροστρόβιλους και παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Στη συνέχεια το νερό καταλήγει στον κατόντι ταμιευτήρα. Σε περιόδους χαμηλής ζήτησης του φορτίου (π.χ. κατά τις νυκτερινές ώρες) μέρος του νερού που είναι αποθηκευμένο στον κατόντι ταμιευτήρα αντλείται και οδηγείται στον ανάντι ταμιευτήρα.



Εικόνα 3: Σταθμός αντλιών [Πηγή: Βικιπαίδεια Σταθμός αντλιών]

[Πηγή: Παναγιωτόπουλος, Υδροηλεκτρικά έργα, Κ.Α.Π.Ε]

II. Ανάλογα με το δυναμικό

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση σταθμού ανάλογα με το δυναμικό. (Πηγή: [A2](#))

Ανάλογα με το δυναμικό	
Τύπος Σταθμού	Εύρος Ισχύος (KW)
Μικροσταθμοί	≤ 100
Μικρού	100-1000
Μέσου	1000-10000
Μεγάλου	>10000

III. Ανάλογα με το ύψος πτώσης

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση σταθμού ανάλογα το ύψος πτώσης. (Πηγή: [A2](#))

Ανάλογα με το ύψος πτώσης	
Τύπος Σταθμού	Εύρος Ύψους (m)
Μικρής	$H < 15$
Μέσης	$15 < H < 50$
Μεγάλης	$H > 50$

1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα πλεονεκτήματα ενός υδροηλεκτρικού σταθμού είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Καθώς οι βροχοπτώσεις είναι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν αντιμετωπίζουμε το πρόβλημα της εξάντλησης αυτού.
- ✓ Τα υδροηλεκτρικά έργα είναι φιλικά ως προς το περιβάλλον διότι δεν έχουν απόβλητα ή κατάλοιπα.
- ✓ Η κατασκευή τους πολλές φορές συνδυάζεται με δραστηριότητες όπως αλιεία, αναψυχή, ύδρευση, άρδευση κλπ.
- ✓ Όσον αφορά το προσωπικό που ασχολείται στην συντήρηση των υδροστροβίλων, απαρτίζεται από ελάχιστο αριθμών ατόμων καθώς οι μηχανές αυτές είναι αρκετά στιβαρές και αξιόπιστες. Για τους λόγους αυτούς ο έλεγχος που απαιτείται είναι ελάχιστος.

- ✓ Ο χρόνος ζωής των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών προβλέπεται στα 50 χρόνια περίπου, ενώ των μικρών κυμαίνεται από 20 – 30 ετών. Για αύξηση διάρκειας ζωής τους απαιτείται ανανέωση του ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού.
- ✓ Υπάρχει μικρή διακύμανση του κόστους της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας .
- ✓ Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί έχουν την δυνατότητα της γρήγορης παραλαβής και απόρριψης φορτίου ώστε με αυτόν τον τρόπο να γίνεται δυνατή η παρακολούθηση της μεταβολής της ζήτησης ηλεκτρική ενέργειας και η κάλυψη των αιχμών ζήτησης του διασυνδεδεμένου δικτύου.
- ✓ Επιπλέον οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι ικανοί να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια. Σε αυτό το σημείο διαφέρουν από τους θερμικούς σταθμούς (γαιανθράκων, πετρελαίου), που απαιτούν μια κάποια διαδικασία.

Τα μειονεκτήματα ενός υδροηλεκτρικού σταθμού είναι:

- ✓ Για την κατασκευή φραγμάτων και εξοπλισμού των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής απαιτείται μεγάλο κόστος και πολύς χρόνος για την αποπεράτωση του έργου.
- ✓ Έχουμε σημαντική περιβαλλοντική αλλοίωση στην περιοχή του ταμιευτήρα (ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, αλλαγή στη χρήση γης, αλλαγή στην χλωρίδα και στην πανίδα καθώς και του κλίματος κάθε περιοχών, πιθανή αύξησης σεισμικής επικινδυνότητας, κ.α.). Για τους λόγους παραπάνω, η διεθνής πρακτική σήμερα στοχεύει στην δημιουργία μικρών φραγμάτων.
- ✓ Οι βροχοπτώσεις και οι χιονοπτώσεις επιφέρουν διακυμάνσεις στην ετήσια παραγωγή ενέργειας.
- ✓ Η κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλων υδατοπτώσεων και μεγάλων παροχών. Για τον λόγο αυτόν συχνά η τοποθέτηση τους βρίσκεται μακριά από την κατανάλωση με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται αρκετά το κόστος κατασκευής των έργων. (Πηγή: [A2](#))

1.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Το νερό είναι ένα πολύ σημαντικό ανανεώσιμο φυσικό στοιχείο και η σπουδαιότητα του για όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας αυξάνεται συνέχεια ενώ η διαθεσιμότητα του δεν είναι πάντοτε εξασφαλισμένη. Επίσης, αποτελεί ένα σημαντικό εθνικό ενεργειακό πόρο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση κατάλληλων υδροηλεκτρικών έργων. Η κατασκευή και η λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού σταθμού δεν μολύνει το περιβάλλον με αέριου ρύπους αλλά φέρει επιπτώσεις σε ζώα, ανθρώπους, φυτά, οπτική όχληση και αισθητική ένταξη, σε χλωρίδα και πανίδα, καθώς και στο έδαφος. Η δημιουργία της οπτικής όχλησης οφείλεται από τα

έργα οδοποιίας, όπου αν δεν κατασκευαστούν όπως πρέπει υπάρχει η πιθανότητα να προκαλέσουν σημαντική αλλοίωση της αισθητικής του τοπίου. Πιθανή είναι και η κατολίσθηση σε ασταθής έδαφος.

Εφόσον και αν η σχεδίαση τηρεί τις απαραίτητες περιβαλλοντικές προδιαγραφές τότε οι οπτικές επιπτώσεις από το φράγμα, την υδροληψία, τον αγωγό προσαγωγής, το κτήριο του σταθμού παραγωγής (το οποίο μπορεί να είναι μικρό, περίπου στα 100m² και η κατασκευή του να είναι παραδοσιακού τύπου, π.χ. από πέτρα) και τις γραμμές μεταφοράς, μπορεί να είναι ελάχιστες.

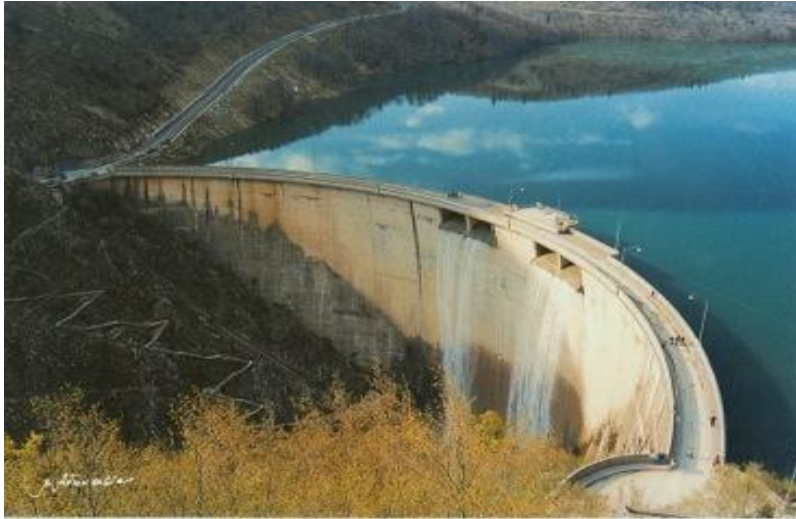
Σε μικρές υδροηλεκτρικές μονάδες μεγάλης πτώσης, η απόσταση από την υδροληψία μέχρι την έξοδο μπορεί να είναι μερικά χιλιόμετρα και το νερό εισέρχεται και ρέει μέσα σε κανάλια η αγωγούς χωρίς αυτά να συμβάλλουν στην αλλοίωση του τοπίου. Το μόνο πρόβλημα που μπορεί να παρουσιαστεί είναι η ροή κάποιου καταρράκτη λόγω της εκτροπής των νερών που συμβαίνει.



Εικόνα 4: Θεμελίωση του αγωγού προσαγωγής [Πηγή: <https://www.castorltd.gr/>]

Σε περίπτωση εγκατάστασης ταμειυτήρα υπάρχει σημαντική αλλοίωση του περιβάλλοντος καθώς αναγκαστικά καλύπτεται μεγάλη έκταση γης με μεγάλη ποσότητα νερού, όπου αυτό άμεσα επηρεάζει την γεωργία, τις τοπικές υποδομές, τους αρχαιολογικούς χώρους και άλλες περιοχές.

Επιπλέον θα επηρεαστεί και ο τοπικός υδροφόρος ορίζοντας όπου θα υπάρξουν αλλαγές στον υδάτινο και το χερσαίο φυσικό περιβάλλον. Εάν όμως δημιουργηθεί φράγμα μπορεί να υπάρξει και υγρότοπος όπου μπορεί να βελτιώσει την αισθητική του τοπίου.



Εικόνα 5: Η αλλοίωση περιοχής από την κατασκευή φράγματος [Πηγή: <https://docplayer.gr/>]

Η κατασκευή των έργων γίνεται σε περιοχές δασικές η χέρσες εκτάσεις όπου το υδάτινο δυναμικό και σε συνδυασμό με την υψομετρική διαφορά μεταξύ της υδροληψίας και του σταθμού παραγωγής ενέργειας εξασφαλίζουν μια επιθυμητή ποσότητα νερού.

Αυτό που μπορεί να φέρει αρνητικές συνέπειες στην χλωρίδα και την πανίδα είναι η παροχή στη φυσική κοίτη του ποταμού όπου υπάρχει η περίπτωση να μηδενιστεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για να εξαλείψουμε αυτές τις συνέπειες θα πρέπει να εξασφαλίσουμε μια κατάλληλη ποσότητα νερού κατηφορικά της υδροληψίας.

Επίσης, η εξασφάλιση της πανίδας είναι εξίσου σημαντική για αυτό θα πρέπει να αναπτυχθούν ιχθυόδρομοι που θα διευκολύνουν την ελεύθερη μετακίνηση ψαριών κατά μήκος του ποταμού.



Εικόνα 6: Στην δεξιά πλευρά της εικόνας διακρίνουμε τον ιχθυόδρομο [Πηγή: <https://theodoriana.com/15/>]

Δημιουργώντας φράγματα έχουμε διακοπή των φερτών υλικών καθώς αυτά ρέουν κατά μήκος του ποταμού με το πέρασμα των χρόνων συσσωρεύονται στην υδροληψία η τον ταμιευτήρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνουν αρκετή επιφάνεια του ταμιευτήρα και έτσι να υπάρξει διάβρωση κατηφορικά του σταθμού παραγωγής. Μπορούν να παρθούν ανάλογα μέτρα.

Η λειτουργία των Υδροηλεκτρικών σταθμών μπορεί να επηρεάσει και τα επιφανειακά ύδατα της περιοχής, κυρίως στην περιοχή του φράγματος μέχρι την έξοδο του νερού στην κοίτη του ποταμού, στο ύψος του σταθμού ηλεκτρικής ενέργειας. Στο σημείο αυτό διέρχεται μικρή ποσότητα νερού.

Όσον αφορά τον σχεδιασμό και την χωροθέτηση ενός Υδροηλεκτρικού σταθμού θα πρέπει να έχει μελετηθεί και να έχει εξασφαλιστεί υπάρχουσες χρήσεις νερού από την υδροληψία προς το σταθμό παραγωγής.

(Πηγή: Διαχείριση υδάτινων πόρων, τμήμα γεωργικών μηχανών και αρδεύσεων, ΤΕΙ Λάρισας).

1.5 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

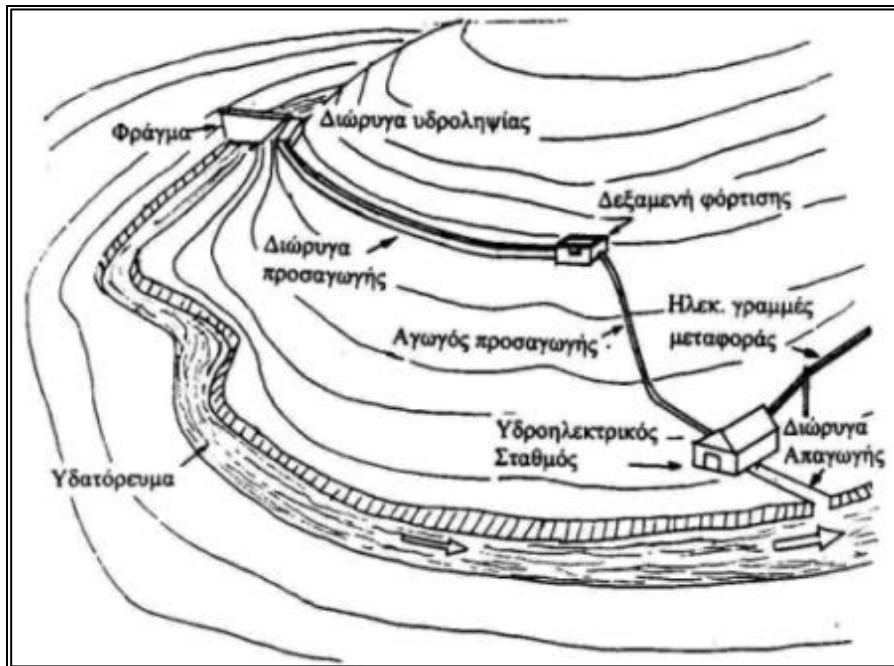
Με την επιλογή υδροληψίας ορεινού τύπου και κατασκευή οδών προσπέλασης, το περιβάλλον δεν θα επηρεαστεί τόσο σύμφωνα με τις εξής προϋποθέσεις:

- ✓ Κατασκευάζοντας ιχθυόδρομους εξασφαλίζουμε την ελεύθερη κίνηση ιχθυοπανίδας εφόσον και αν υπάρχει στην περιοχή.
- ✓ Να υπάρχει διαθέσιμη η κατάλληλη ποσότητα νερού για την υδροληψία ώστε αν μην επηρεάζεται η χλωρίδα και η πανίδα.
- ✓ Η υδροληψία στην κοίτη του ποταμού να μην έχει μεγάλο ύψος έτσι ώστε να μην υπάρχει αλλοίωση της περιοχής.
- ✓ Δημιουργία ειδικών κατασκευών για την μάζωξη των φερτών υλικών.
- ✓ Στην κατασκευή των οδών προσπέλασης να δημιουργείται δενδροφύτευση και να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα αντιστήριξης των πρανών για την αποφυγή μεγάλων εκσκαφών.

Στην περίπτωση κατασκευής φράγματος θα πρέπει:

- ✓ Οι χώροι που λαμβάνουν και απορρίπτουν τα υλικά να βρίσκονται εντός της περιοχής κατασκευής του έργου.
- ✓ Η κατασκευή φράγματος πραγματοποιείται κυρίως στο στένωμα του ποταμού στον οποίο ο ανάλογος ταμιευτήρας που θα τοποθετηθεί να πρέπει να ελεγχθεί με τρόπο έτσι ώστε να μην επηρεαστεί η χλωρίδα και η πανίδα της περιοχής.

- ✓ Να μελετηθούν να υλικά κατασκευής του φράγματος και των επί μέρους έργων. (Προτιμάτε κυρίως χωμάτινα φράγματα τα οποία προσαρμόζονται εύκολα στο περιβάλλον και είναι πιο ανθεκτικά στους σεισμούς).
- ✓ Μελέτη περιοχής για σεισμικές δονήσεις καθώς και σταθεροποίηση του φράγματος. (Σε μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς υπάρχει η περίπτωση μεγάλης πλημμύρας με αποτέλεσμα την καταστροφή του φράγματος ακόμα και κάποιων οικισμών που βρίσκονται εκεί κοντά).



Εικόνα 7:Πιθανές τοποθεσίες όπου μπορεί να βρίσκονται ο αγωγός προσαγωγής, ο σταθμός παραγωγής και η γραμμή μεταφοράς [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]

Ακόμα θα πρέπει να ελεγχθούν:

- ✓ Ο αγωγός προσαγωγής, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από σκυρόδεμα θα πρέπει να τοποθετείται στο εσωτερικό του εδάφους τόσο για την ασφάλεια αλλά και την ελεύθερη μετακίνηση της πανίδας. Έτσι το έδαφος έχει χρόνο να ανθίσει ξανά και δεν επηρεάζεται το φυσικό περιβάλλον. Αποφεύγεται η τοποθέτηση του αγωγού εντός της κοίτης του ποταμού διότι μεταβάλλει το ποτάμιο οικοσύστημα.
- ✓ Ο σταθμός παραγωγής, θα πρέπει να είναι κατασκευασμένος έτσι ώστε τα χαρακτηριστικά του να είναι συμβατά με την τοπική αρχιτεκτονική. Το σημείο όπου εισέρχεται το νερό έως την έξοδό του χρειάζεται να είναι απόλυτα κατασκευασμένο με σκοπό να αποφύγουμε την διάβρωση του πυθμένα. Επίσης, θα πρέπει να αποφύγουμε την αλλοίωση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού και να εισέλθει στην κοίτη του ποταμού όπως ήταν πριν.

- ✓ Η γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάζεται σύμφωνα με τις υποδείξεις τις ΔΕΗ. Κυρίως χρησιμοποιούμε του ήδη υπάρχον οδούς προσπέρασης με σκοπό να αποφύγουμε την αλλοίωση της περιοχής.

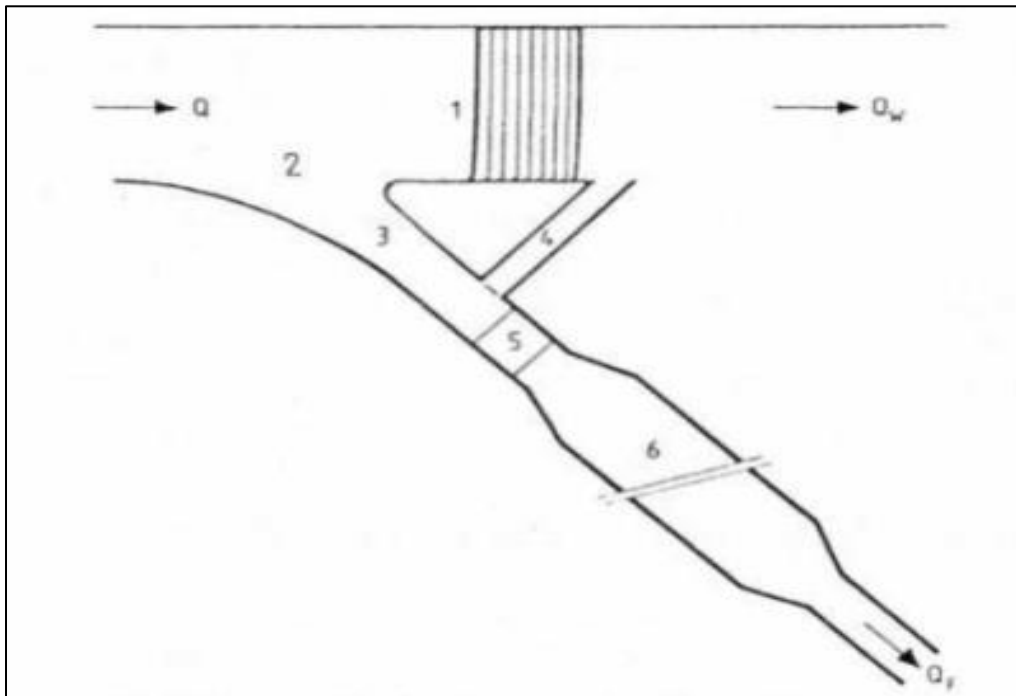
(Πηγή: Αύλακα, Διπλωματική εργασία, Μελέτη μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού στην περιοχή της Ευρυτανίας, Πάτρα 2019)

1.6 ΕΡΓΟ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ-ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ

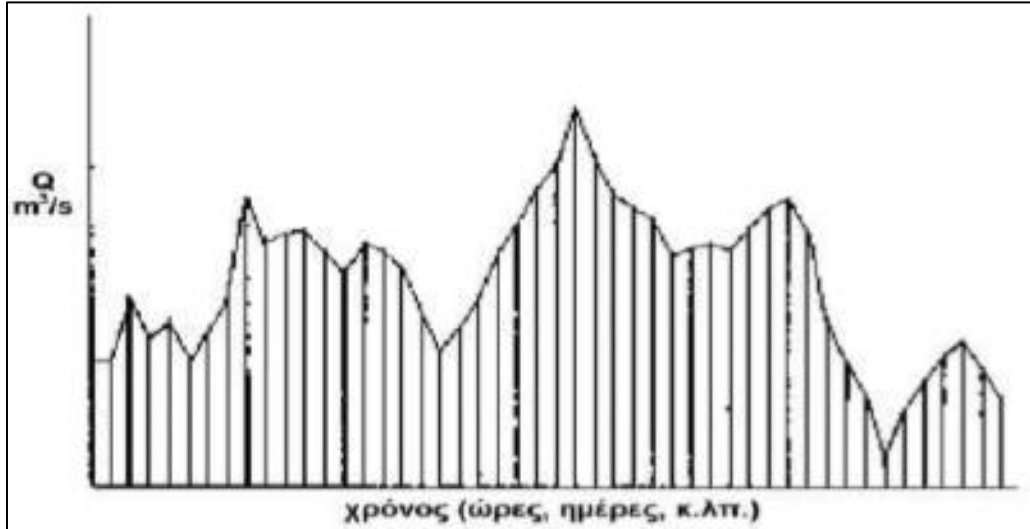
Η υδροληψία είναι η οδήγηση του νερού στον ανοιχτό αγωγό η στον αγωγό προσαγωγής. Το έργο της υδροληψίας αποτελείται από μια σχάρα η οποία θα συγκρατεί σώματα που αιωρούνται (π.χ. κλαδιά δένδρων), μια βάννα η αλλιώς θυρόφραγμα ώστε όταν διακόπτεται η λειτουργία του έργου σε περίπτωση συντήρησης του, να διακόπτεται η ροή και να φέρει διάταξη εξαμμωτή ώστε τα σώματα που αιωρούνται να μην περιπλέκονται από τους υδροστροβίλους.

Η διαμόρφωση του εξαμμωτή έχει μεγάλη σημασία στην περίπτωση που η χωρητικότητα και η έκταση του εκχειλιστή είναι μικρή. Δεν χρειάζεται διάταξη εξαμμωτή σε περιπτώσεις σταθμού με μικρό ύψος πτώσης κατά τη ροή ποταμού, όταν η κλίση του υδατορεύματος σε απόσταση έναντι του έργου είναι μικρή, οπότε και η ταχύτητα της ροής είναι μικρή με αποτέλεσμα η ποσότητα των σωμάτων που αιωρούνται να είναι σχεδόν μηδαμινή.

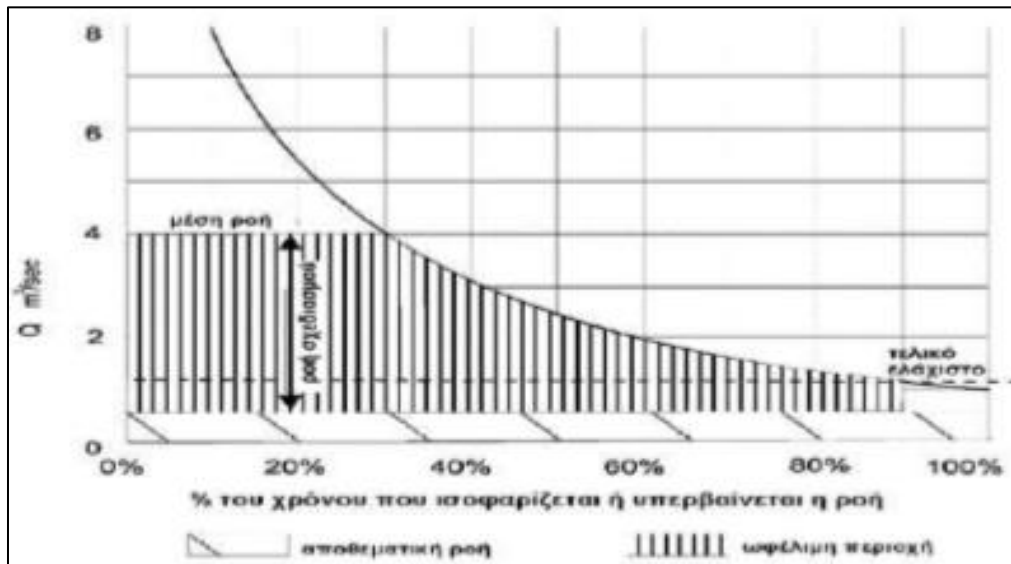
Σε περίπτωση πλημμυρών θα πρέπει να διακόπτεται η λειτουργία των υδροστροβίλων ώστε να δημιουργείται φθορά από μηχανική διάβρωση.



Εικόνα 8: Τα μέρη της υδροληψίας είναι τα εξής: (1) εκχειλιστής ανύψωσης της στάθμης, (2) εισροή, (3) προλεκάνη, (4) αγωγός έκπλυσης, (5) έργο εισροής και (6) αμμοσυλλέκτης. [Πηγή: <https://docplayer.gr/47353872-Dialexi-10-i-ydrolipsies-kai-agogoi-ptosis.html>]



Διάγραμμα 1: Τυπικό υδρογράφημα [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]



Διάγραμμα 2: Τυπική καμπύλη διάρκειας της ροής (ΚΔΡ) [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]

Με την βοήθεια ενός υδρογραφήματος (όπως βλέπουμε στο διάγραμμα 1), η οποία παρέχεται από την αρμόδια υπηρεσία, μπορούμε να δημιουργήσουμε μια καμπύλη διάρκειας της ροής (όπως βλέπουμε στο διάγραμμα 2). Με την δημιουργία αυτών των

δύο σχημάτων μπορούμε να εκτιμήσουμε το δυναμικό της θέσης που θα κατασκευάσουμε το επιθυμητό έργο.

(Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012)

1.6 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

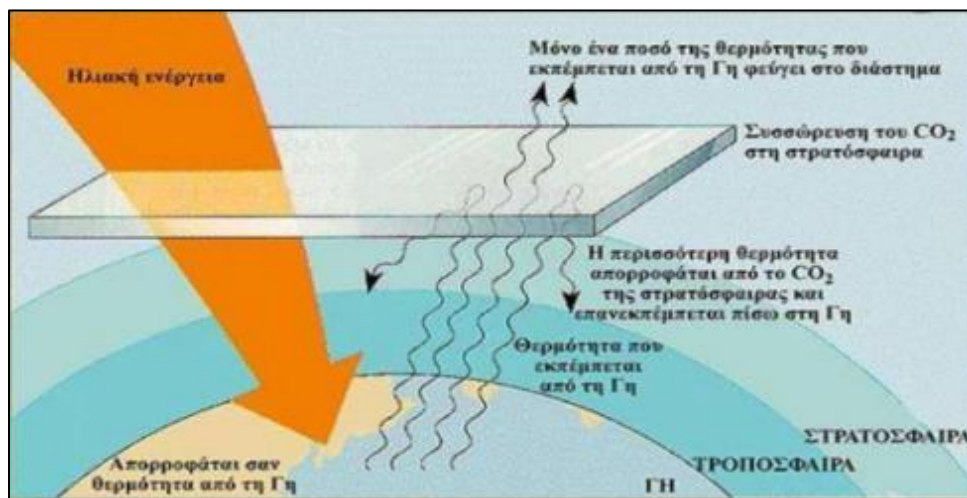
Στην ατμόσφαιρα απελευθερώνονται αέρια όπως μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, διοξείδιο του άνθρακα, πετρέλαιο, φυσικό αέριο τα οποία αλλάζουν την σύσταση των αερίων. Η ανατροπή αυτή προβλέπει δραματική αλλαγή στο κλίμα στο άμεσο μέλλον. Το διοξείδιο του άνθρακα συμβάλει στην υπερθέρμανση της ατμόσφαιρας κατά 50%. Σύμφωνα με στατιστικά, σε περίπου 2 αιώνες καταφέραμε να αυξήσουμε κατά 25% το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας και κάθε χρονιά περίπου επιβαρύνουμε την ατμόσφαιρα με 6 δισεκατομμύρια τόνους διοξείδιο του άνθρακα.

Οι συνέπειες της υπερθέρμανσης, σύμφωνα με έρευνες της Αμερικής και της Ευρώπης, δείχνουν ότι θα επιφέρουν έντονες κλιματολογικές αλλαγές όπως ξηρασίες, βροχοπτώσεις, πλημμύρες, το el nino (ωκεάνιο φαινόμενο) οι οποίες θα εμφανίζονται συχνότερα.

Οι πιο σημαντικές συνέπειες της παγκόσμιας υπερθέρμανσης είναι:

- Οι υψηλές θερμοκρασίες κατά την θερινή περίοδο
- Η μεταβολή της θερμοκρασίας του πλανήτη
- Η μείωση παροχής νερού
- Η μείωση των ειδών
- Η μετακινήσεις πληθυσμού και αγαθών
- Η είσοδος των θαλάσσιων υδάτων στο παράκτιο υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.

Τα τελευταία χρόνια έχουν παρατηρηθεί 3 φορές περισσότερες φυσικές καταστροφές (πλημμύρες, τυφώνες) ενώ παράλληλα έχει τετραπλασιαστεί το κόστος των καταστροφών από παρόμοια φαινόμενα.



*Εικόνα 9: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου [Πηγή:
<http://www1.aegean.gr/gympeir/thermokipio.htm>]*

Το μεγαλύτερο μέρος ευθύνης για την περιβαλλοντική κρίση το έχουν τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία καίνε λιγνίτη, πετρέλαιο, λιθάνθρακα και άλλα ορυκτά καύσιμα. Η διαδικασία της καύσης αυτής μολύνει το έδαφος, το υπέδαφος, τον αέρα, τον υδροφόρο ορίζοντα καθώς και την υγεία των ανθρώπων αφού τα εισπνέουν. Οι πιο ρυπογόνοι σταθμοί ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκονται στην Γερμανία, την Πολωνία, την Ισπανία και την Ελλάδα.

(Πηγή: Σ.Ν.Καπλάνης, *Περιβάλλον και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*, 1^η έκδοση, Αθήνα 2003)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Για να γίνει ο κατάλληλος σχεδιασμός των Υδροηλεκτρικών Σταθμών χρειάζεται να γίνουν όλες οι απαραίτητες διαδικασίες από άποψη οικονομικής και τεχνικής πλευράς. Η θέση ενός σταθμού παίζει τον σημαντικότερο ρόλο αφού έτσι προσδιορίζεται η βιωσιμότητα του έργου. Ανάλογα με την ποσότητα νερού που διαθέτει η περιοχή προσδιορίζεται και το ποσό ενέργειας που μπορεί να παραχθεί κ άθολη την διάρκεια ζωής του έργου.

Ανάλογα με την επιλογή της θέσης του έργου, η οικονομικότερη λύση εξαρτάται από το δυναμικό και την ενέργεια που μπορεί να παράγει το ίδιο το έργο. Η ισχύς που καταναλώνεται από μια απομακρυσμένη περιοχή, στατιστικά είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνα τα συστήματα που είναι συνδεδεμένα στο κεντρικό δίκτυο.

Για τον λόγο αυτό, οι περιοχές που είναι απομακρυσμένες δεν έχουν πάντα την ευκαιρία να αντλήσουν και να χρησιμοποιήσουν όλη την διαθέσιμη ενέργεια που τους παράγεται από τους Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς λόγω των εποχιακών μεταβολών που παρουσιάζεται ανά περιοχή και επηρεάζει την ροή του νερού και την κατανάλωση ενέργειας.

Στις μελέτες σχεδιασμού αυτά που πρέπει να λάβει υπόψιν του ο υπεύθυνος ανάπτυξης του έργου είναι τα κόστη και τα κέρδη της κατασκευής. Για να προβεί σε μια πλήρη μελέτη σχεδιασμού θα πρέπει να ακολουθήσει τα εξής βήματα:

- ✓ Μελέτη περιοχής ώστε να διαπιστώσει πως η περιοχή αυτή είναι η κατάλληλη για την κατασκευή του έργου.
- ✓ Να αξιολογήσει αν υπάρχουν διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι.
- ✓ Να υπολογίσει περίπου πόσο θα είναι το κόστος εγκατάστασης του έργου.
- ✓ Να εκτιμήσει τα οικονομικά του έργου μετά από χρηματοδότηση επιχορήγησης που γίνεται από εθνικές κυβερνήσεις, από Ε.Ε κλπ.
- ✓ Να ελέγξει τις απαιτήσεις που χρειάζονται καθώς και τις ανάλογες ρυθμίσεις ώστε να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί το επιθυμητό έργο.
- ✓ Η τελική του απόφαση αν θα πραγματοποιηθεί η μελέτη η όχι.(Πηγή: [A3](#))

2.1 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Η τυπική καμπύλη διάρκειας της ροής (ΚΔΜ) (βλ. *Διάγραμμα 3*), μας δείχνει το ποσοστό του χρόνου κατά την διάρκεια του οποίου η απορροή μεταβάλλεται. Με την μεταβολή της απορροής προσδιορίζεται η διαθεσιμότητα του υδάτινου πόρου όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί από στρόβιλους ανεξαρτήτου μεγεθών.

Εξετάζοντας το διάγραμμα (βλέπε Διάγραμμα 3), η διαθέσιμη ισχύς (P) μεταβάλλεται με τον χρόνο (t) αφού μεταβάλλεται η παροχή (Q).

Ας υποθέσουμε ότι ο συνολικός βαθμός απόδοσης ενός εξοπλισμού είναι 0,81. Η ισχύς (P) δίνεται από τον τύπο:

$$P = 8 * Q * H \quad (1)$$

Όπου Q είναι η παροχή και μονάδα μέτρησης (m/s) και H είναι το καθαρό ύψος πτώσης με μονάδα μέτρησης (m). Εάν το ύψος πτώσης δίνεται σταθερό τότε η εξίσωση (1) μπορεί να γραφτεί με τη βοήθεια μιας σταθεράς ως εξής:

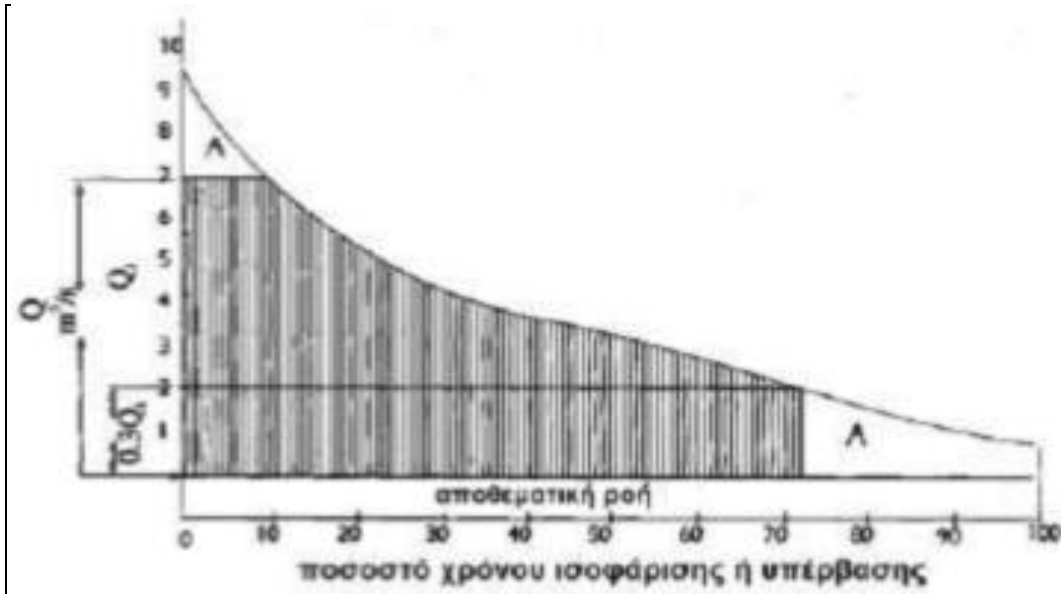
$$P = c * Q \quad (2)$$

Για να μπορεί να υπάρξει η συνέχιση της φυσικής ροής θα πρέπει να αφαιρεθεί από την καμπύλη διάρκειας ροής (ΚΔΡ) η αποθεματική ροή.

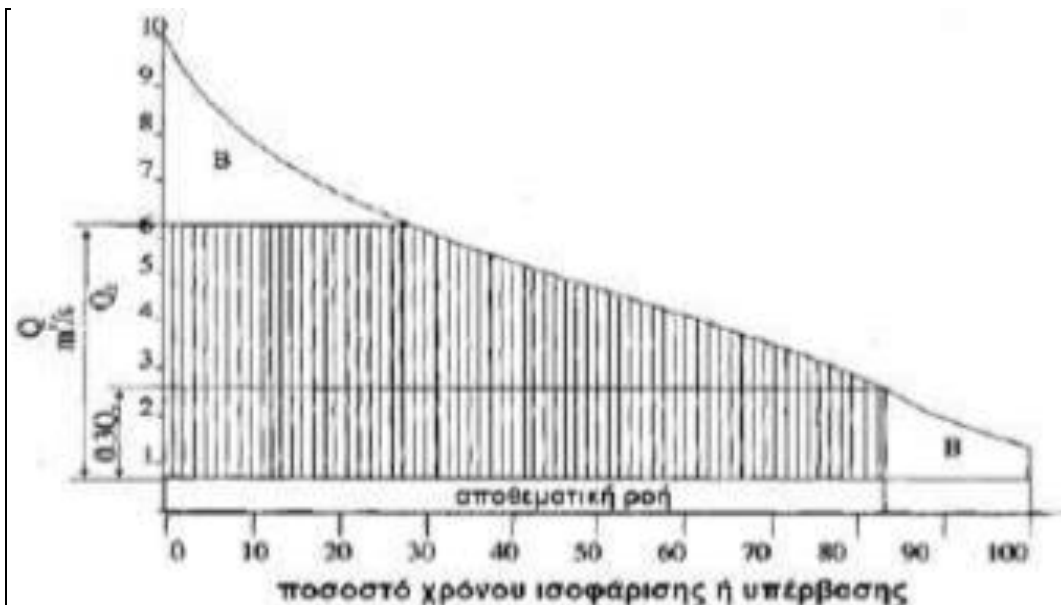
Όπως βλέπουμε στο Διάγραμμα 3, στο σχήμα η αποθεματική ροή απεικονίζεται στην μη γραμμοσκιασμένη περιοχή στη βάση του διαγράμματος. Στο κομμάτι πάνω από αυτή την ροή διαγράφεται η ωφέλιμη ροή. Για να αξιοποιηθεί όλη αυτή η περιοχή θα πρέπει να τοποθετηθεί ένας στρόβιλος μεγάλων διαστάσεων και σαφώς ακριβότερος που θα λειτουργούσε στο μέγιστο δυναμικό του σε μικρό χρονικό διάστημα ώστε να επιφέρει τα ανάλογα αποτελέσματα. Σε καμία περίπτωση η ενέργεια που κερδίζεται σε συνδυασμό με μικρότερο δυναμικό δεν δικαιολογεί το επιπλέον κόστος του εξοπλισμού.

Οι περισσότεροι στρόβιλοι μπορούν να λειτουργήσουν μόνο πάνω από 60% περίπου της ονομαστικής παροχής τους. Ακόμα και ο καλύτερος στρόβιλος δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει κάτω από το ένα πέμπτο της ονομαστικής παροχής. Συμπεραίνουμε πως όσο μεγαλύτερη είναι η ονομαστική παροχή τόσο μεγαλύτερη είναι η διακοπή λειτουργίας στις χαμηλές παροχές.

Τα διαγράμματα 3 και 4 απεικονίζουν έναν στρόβιλο όπου η ονομαστική παροχή του εκτιμάται περίπου στο 30%. Οι περιοχές A και B στο διάγραμμα δεν αξιοποιούνται κάπως. Παρατηρούμε επίσης πως ο σταθμός παραγωγής στο πρώτο διάγραμμα παράγει πολύ μικρή ενέργεια σε σχέση με την μεγάλη επένδυση που έχει καθώς επίσης έχει και κατά 25% μεγαλύτερο δυναμικό από τον δεύτερο σταθμό παραγωγής.



Διάγραμμα 3: Καμπύλες διάρκειας ροής για διαφορετικούς στροβίλους [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]



Διάγραμμα 4: Καμπύλες διάρκειας ροής για διαφορετικούς στροβίλους [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]

(Πηγή: Βατάλλης, Εισαγωγή στο δίκαιο ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Νοέμβριος 2007).

2.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Για να πραγματοποιηθεί μια μελέτη ενός υδροηλεκτρικού σταθμού θα πρέπει πρώτα να εξετασθεί το σημείο του εδάφους που θα τοποθετηθεί καθώς και πόσο έκταση θα καλύψει ο σταθμός στην ανάλογη περιοχή. Μια τέτοια μελέτη έχει τρία στάδια:

- **Αναγνωριστική μελέτη:** Είναι το πρώτο στάδιο που πραγματοποιείται με χρονική διάρκεια 1 με 2 μήνες και γίνεται για την αξιολόγηση της επιλογής της θέσης που θα γίνει η τοποθέτηση του σταθμού. Επίσης πριν την αναγνωριστική μελέτη, πρέπει να εξετασθεί στην ανάλογη περιοχή αν έχει κάποιο ιστορικό μελέτης και αν έχει εκδοθεί κάποια άδεια από άλλον ενδιαφερόμενο.

Για να πραγματοποιηθεί μια αναγνωριστική μελέτη εξ ολοκλήρου ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

- **Αξιολόγηση της περιοχής:** Απαιτείται αξιολόγηση του τόπου ως προς την θέση, τις συνθήκες τις περιοχής καθώς και την ύπαρξη νερού. Μελετάται το έργο σε γεωγραφικό χαρτί κλίμακας 1:50000 και 1:5000.
- **Μελέτη χάραξης του έργου:** Η μελέτη αυτή καθίσταται απαραίτητη και γίνεται ώστε να βρεθεί μια γραμμή μέσης τάσης για την σύνδεση του σταθμού.
- **Εύρεση υδραυλικών:** Αξιολόγηση των ήδη υπαρχόντων υδραυλικών και σε περίπτωση που υπάρχει έλλειψη γίνεται μελέτη για γειτονικές λεκάνες απορροής. Ακόμα, γίνεται ο υπολογισμός της μέγιστης πλημμυρικής παροχής και της ελάχιστης παροχής υδατορεύματος.
- **Υπολογισμός παραγόμενης ενέργειας:** Επιτυγχάνει τον προσδιορισμό των αριθμών υδροτροβίλων που θα πρέπει να έχουμε υπόψιν μας για την κατασκευή του έργου.
- **Υπολογισμός κόστους έργου:** Γίνεται μια εκτίμηση του κόστους του έργου σύμφωνα με τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε και την ανάλογη εγκατάσταση που θα γίνει συγκρίνοντας παρόμοια έργα.
- **Επαναληπτική διαδικασία:** Είναι η διαδικασία που γίνεται ξανά σύμφωνα με τα δυο προηγούμενα βήματα με σκοπό να καταλήξουμε στη βέλτιστη τιμή του έργου καθώς και στην βέλτιστη ονομαστική ισχύ.
- **Τρόποι χρηματοδότησης του έργου:** Συνήθως, τρόποι χρηματοδότησης γίνονται μέσω ιδιωτικών επιχειρήσεων ή από ευρωπαϊκά προγράμματα.
- **Αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων:** Γίνεται καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όσων αφορά την αλλοίωση του οικοσυστήματος και θέματα κοινωνικά, οικονομικά και πολιτιστικά.

- **Σύνταξη αναγνωριστικής φάσεως:** Αναλύονται όλα τα προηγούμενα βήματα με μεγαλύτερη προσοχή και ακρίβεια. Και ανάλογα με το αν αξιολογηθούν σωστά ή όχι περνάμε στην επόμενη φάση της μελέτης που είναι η προκαταρκτική μελέτη.
- **Προκαταρκτική μελέτη:** Η μελέτη αυτή έχει διάρκεια 6 μηνών και βασίζεται κυρίως στο οικονομικό κομμάτι του έργου. Περιλαμβάνει τη διαστασιολόγηση των επιμέρους κομματιών που απαρτίζουν το έργο καθώς και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε για την εξέταση εναλλακτικών τρόπων.

Για την πραγματοποίηση της μελέτης ακολουθούν τα εξής βήματα:

- **Καθορισμός εκ νέου της εφαρμογής του έργου:** Μετά από ανάλυση και μελέτη του έργου μπορεί να χρειαστεί να μετατοπιστεί η δεξαμενή φόρτισης, η υδροληψία, ακόμα και ολόκληρο το έργο ώστε να πετύχουμε το καλύτερο αποτέλεσμα και να μην υπάρξει κάποια αστοχία στο έργο μελλοντικά.
- **Τοπογραφική αποτύπωση:** Πραγματοποιείται σε έκταση 200 m γύρω από τον άξονα του έργου με στόχο να καταγραφούν τα ακριβή μήκη των έργων προσαγωγής και την ακριβή τιμή της υδραυλικής πτώσης. Επίσης γίνεται και καταγραφή των συνθηκών της περιοχής, περιβαλλοντικές και γεωλογικές για να εξακριβωθεί αν είναι το κατάλληλο σημείο για την τοποθέτηση του έργου.
- **Έλεγχος υδρολογικών στοιχείων:** Σε αυτή τη φάση ελέγχονται όλα τα υδρολογικά στοιχεία για να βεβαιωθούμε ότι βρίσκονται σε άρτια κατάσταση αλλά και για να δούμε αν χρειάζεται συμπλήρωση άλλων. Η συμπλήρωση γίνεται με δειγματολογικές μετρήσεις οι οποίες γίνονται στην αρχή της προκαταρκτικής μελέτης είτε στην εγκατάσταση των υδρολογικών στοιχείων που σχετίζονται με βροχοπτώσεις ή με υδρολογικά στοιχεία γειτονικής λεκάνης απορροής και βεβαίως μετά από μελέτη έχουμε καταλήξει ότι σχετίζεται με το δικό μας έργο. Ακόμα μελετάται και υπολογίζεται η στάθμη του ποταμού της περιοχής όπου θα εγκατασταθεί το έργο για τυχόν αποφυγή πλημμυρών όπου θα καταστρέψουν τον εξοπλισμό και τα έργα. Επιπρόσθετα, απαιτείται ο υπολογισμός της μέγιστης παροχής η οποία συνδέεται με την διαστασιολόγηση του εκχειλιστή και της ελάχιστης παροχής που συνδέεται με την στάθμη του ποταμού.
- **Διαστασιολόγηση του έργου:** Αφού έχει σχεδιαστεί το έργο πρέπει να εξετασθεί και να υπολογιστεί η ονομαστική παροχή λειτουργίας όπου θα προκύψει η εγκατεστημένη ισχύς. Από την αναγνωριστική μελέτη προκύπτουν τιμές της ονομαστικής ισχύς όπου σύμφωνα με αυτές μπορεί να καθοριστεί ο αγωγός προσαγωγής, η υδραυλική πτώση καθώς και ο τύπος του υδροστροβίλου που μέσα από τον τύπο εκτιμάται η καμπύλη του βαθμού απόδοσης, επιλέγεται η ταχύτητα και ο τύπος περιστροφής της γεννήτριας και η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα.
- **Υπολογισμός παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας:** Εφόσον έχουν γίνει όλα τα υπόλοιπα βήματα φτάνουμε έτσι στο υπολογισμό την παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Κόστος έργου:** Περιλαμβάνεται το συνολικό κόστος του έργου με τα επιμέρους κομμάτια του, το κόστος σύνδεσης του έργου με το δίκτυο μέσης τάσης και το κόστος ελαχιστοποίησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αφού γίνει λεπτομερής ανάλυση του κόστους καθορίζονται μετέπειτα και τρόποι χρηματοδότησης του έργου.
- **Τελική διάταξη του έργου:** Εφόσον έχει επιλεγεί η καλύτερη λύση οριστικοποιείται έτσι το μέγεθος του έργου και στη συνέχεια αποτυπώνεται σε σχέδια ώστε να αρχίσει η διαδικασία της εγκατάστασης.
- **Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου:** Σε αυτό το χρονοδιάγραμμα πρέπει να γίνουν όλες οι απαραίτητες εργασίες καθώς επίσης πρέπει να συμπεριληφθούν και οι καιρικές συνθήκες τις περιοχής ώστε να ξεκινήσει η εγκατάσταση του έργου κατά την χειμερινή περίοδο.
- **Καταγραφή προκαταρκτικής μελέτης:** Συντάσσεται μια έκθεση όπου περιλαμβάνει τα τεχνικά σχέδια, του υπολογισμούς και τις αναλύσεις που έχουν γίνει καθ' όλη την μελέτη του έργου για να φτάσουμε στο συμπέρασμα ότι το έργο που μελετάμε είναι βιώσιμο σύμφωνα με την αναγνωριστική μελέτη.
- **Μελέτη εφαρμογής του έργου:** Η διάρκεια αυτής της μελέτης διαρκεί από 6 έως και 24 μήνες. Σκοπός της είναι να τελειοποιηθούν τα σχέδια του έργου και να καθοριστεί η κατασκευή και η εγκατάσταση ηλεκτρομηχανολογικών εξοπλισμών με αποτέλεσμα να διαμορφωθεί ο επιθυμητός υδροηλεκτρικός σταθμός. Ο ανάδοχος του έργου επιλέγεται μέσω από μια διαδικασία δημοπρασίας που γίνεται όπου ο καθένας ενδιαφερόμενος παραθέτει την δικιά του προσφορά για την απόκτηση του έργου. Αφού γίνει η δημοπρασία παραδίδουν στον ανάδοχο τα αναλυτικά σχέδια του έργου και την έκθεση προκαταρκτικής μελέτης όπου έχει όλες τις πληροφορίες περί διαστασιολόγησης και διάφορων υπολογισμών και όλα τα οικονομικά στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψιν. (Πηγή: [A2](#))

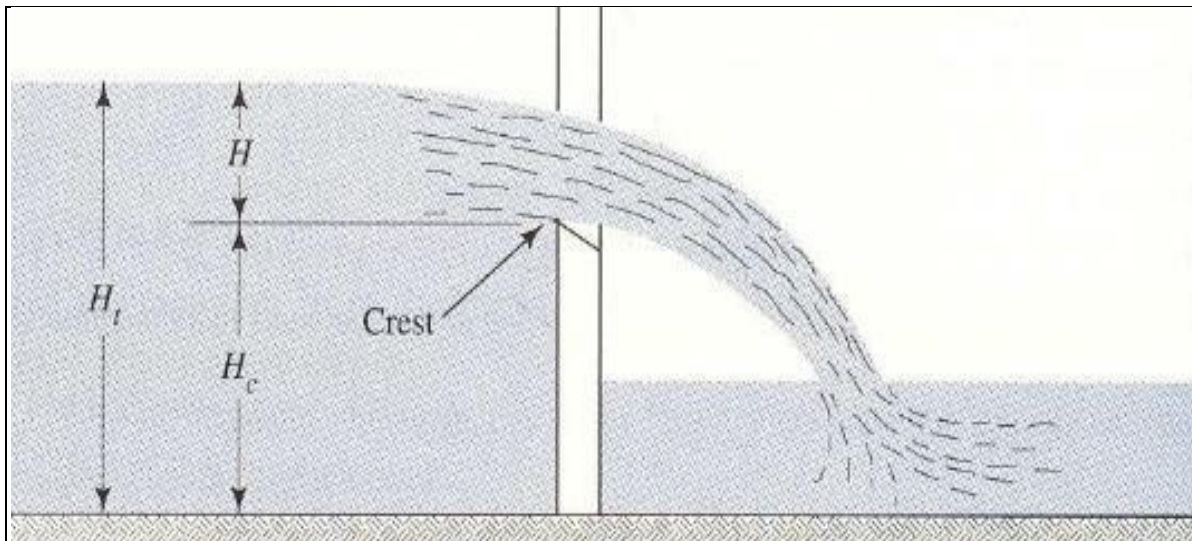
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° : ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

Ένας υδροηλεκτρικός σταθμός απαρτίζεται από κάποια βοηθητικά τεχνικά έργα για την μέγιστη λειτουργία του, όπως:

- **Υπερχειλιστής:** Είναι ένα από τα σημαντικότερα έργα καθώς η λειτουργία του είναι να αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες νερού που οδηγούν σε ανύψωση της στάθμης και υπάρχει κίνδυνος να καταστραφεί το φράγμα. Για να γίνει η τοποθέτηση γίνεται ανάλυση των στατιστικών των παροχών του υδατορεύματος και οι ευρύτερες οικονομικές συνθήκες.

Το φράγμα είναι αυτό που καθορίζει την μορφή του υπερχειλιστή. Δηλαδή, εάν το φράγμα είναι από σκυρόδεμα τότε η τοποθέτηση του υπερχειλιστή γίνεται μέσα στο φράγμα. Αν το φράγμα είναι χωμάτινο τότε γίνεται μια κατασκευή σήραγγας στο πλάι η κάτω από το φράγμα, όπου αυτό γίνεται και πιο σπάνιο. Η πιο συνηθισμένη λύση είναι η τοποθέτηση του ελεύθερου υπερχειλιστή από τα άκρα του χωμάτινου φράγματος.

Πολλοί τύποι υπερχειλιστών υπάρχουν και διακρίνονται σε απλούς και σε ρυθμιζόμενους. Οι απλοί υπερχειλιστές επιτρέπουν τη ροή του νερού που πλεονάζει. Συνήθως μπορεί να διαθέτουν διάφραγμα (όπως βλέπουμε στην εικόνα 3) το οποίο υποχωρεί με την βοήθεια ενός μηχανισμού όταν το νερό φτάσει σε μια ορισμένη στάθμη. Αφού το νερό περάσει από τον υπερχειλιστή έπειτα περνά ελεύθερα η μέσα από ανοιχτό αγωγό με απότομη κλίση ο οποίος είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που η ροή του νερού συνεχίζεται σε ανοιχτό αγωγό παράλληλα προς το φράγμα όταν έχουμε μικρή διατομή ποταμού και δεν υπάρχει χώρος για ελεύθερη ροή.



Εικόνα 10:Υπερχειλιστής με θυρίδα [Πηγή: <https://estia.hua.gr/file/lib/default/data/15744/theFile>]

Μια άλλη περίπτωση είναι ο υπερχειλιστής κατασκευασμένος με σήραγγα. Δηλαδή, κατασκευάζεται στη πλαγιά της λίμνης ένας κατακόρυφος αγωγός σε σχήμα χωνιού και

οδηγεί σε έναν οριζόντιο αγωγό η αλλιώς σήραγγα η οποία κάνει παράκαμψη το φράγμα και οδηγεί το νερό στο ποτάμι.



Εικόνα 11:Υπερχειλιστής με σήραγγα [Πηγή:
<https://estia.hua.gr/file/lib/default/data/15744/theFile>]

Επίσης υπάρχουν υπερχειλιστές ασφαλείας που τοποθετούνται κυρίως στην αρχή του φράγματος και λειτουργούν ως επιπρόσθετοι υπερχειλιστές όταν οι κύριοι δεν μπορούν να παραλάβουν όλη την ποσότητα του νερού που ρέει. Η κατασκευή τους είναι απλή και συνήθως τέτοιου είδους υπερχειλιστές συνδέουν τα γαιοφράγματα. Άλλοι επιπρόσθετοι υπερχειλιστές είναι οι εξής:

- **Ελεύθερος υπερχειλιστής:** Το νερό υπερχειλίζει από την στέψη και οδηγείται σε έναν ανοιχτό αγωγό ορθογωνικής κατανομής. Το πλάτος του είναι πλατύ προς τα κατάντι έτσι ώστε η ταχύτητα του νερού να μειώνεται. Η σχεδίαση του γίνεται έτσι ώστε ο εκσκαφέας να κατασκευαστεί μικρός και τα τοιχώματα στο πλάι να έχουν κάποιο ύψος ώστε το νερό να μην ξεχειλίζει.
- **Πλευρικός υπερχειλιστής:** Το νερό περνάει μέσα από την στέψη και οδηγείται σε έναν αγωγό ο οποίος κατασκευάζεται δίπλα στον υπερχειλιστή αυτόν. Αυτός ο τύπος υπερχειλιστή δημιουργείται όταν υπάρχει στένωση της κοιλάδας γιατί τότε δεν υπάρχει ο χώρος να τοποθετηθεί σε μεγάλο μήκος η στέψη. Επίσης, παρουσιάζεται διαφοροποίηση στις συνθήκες τις ροής οπότε απαιτείται ιδιαίτερη μελέτη για τον σχεδιασμό του πλευρικού υπερχειλιστή.
- **Φρεατοειδής υπερχειλιστής:** Το νερό ρέει κατακόρυφα σε ένα φρεάτιο και έτσι οδηγείται μετά το κατάντι του φράγματος. Αυτός ο τύπος υπερχειλιστή μελετάται και κατασκευάζεται μόνο όταν δεν μπορούν να δημιουργηθούν οι προηγούμενοι δυο τύποι όπως αναφέραμε προηγουμένως.

- **Υπερχειλιστής μορφής σιφώνα:** Σε αυτή την περίπτωση η υπερχειλίση της ροής γίνεται αυτόματα όπου η έξοδος του υπερχειλιστή μπορεί να είναι ελεύθερη η βυθισμένη. Ένα μειονέκτημα στην κατασκευή αυτή είναι ότι γίνεται διακοπή της ροής του νερού όταν συγκεντρωθεί αρκετός αέρας στο ψηλότερο σημείο του σιφώνα και για να αντιμετωπιστεί αυτό κατασκευάζεται ένας αεροεξαγωγός.
- **Εκκενωτής:** Περιλαμβάνεται από το στόμιο εισόδου, το οποίο δημιουργείται με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρξουν όλο και λιγότεροι στροβιλισμοί όταν το νερό θα εισέρχεται στον αγωγό. Επίσης, αποτελείται από τον αγωγό, όπου στην αγορά έχουμε δυο τύπους αγωγών, τον σωληνωτό η τον δίδυμο και η επιλογή γίνεται με βάση τον υπολογισμό της ποσότητας νερού και της ταχύτητας ροής του ρευστού. Ωστόσο υπάρχουν οι θυρίδες και οι ρυθμιστικές δικλείδες οι οποίες τοποθετούνται σε κατάλληλη θέση για να είναι προσβάσιμες. Και τέλος έχουμε το έργο εξόδου. Για να έχουμε ακρίβεια στην κατασκευή αυτή, η χάραξη του αγωγού χρειάζεται να είναι ευθύγραμμη. (Πηγή: [A3](#))

3.1 ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα περισσότερα φράγματα έχουν μεγάλες ποσότητες νερού επομένως αυτό επιφέρει και μεγάλη πίεση στην κατασκευή. Υπάρχει μεγάλη ενέργεια κατά την έξοδο του νερού που λειτουργεί αρνητικά για την κατασκευή του φράγματος. Για αυτό πρέπει να γίνει μείωση της ενέργειας ώστε να πραγματοποιηθεί η διάβρωση της κοίτης του αποδέκτη, να μειωθεί όσο το δυνατόν γίνεται η υποσκαφή και να προστατευτεί το φράγμα στο σημείο όπου γίνεται εκροή του νερού.

Η πραγματοποίηση της μείωσης της ενέργειας γίνεται με τον διασκεδασμό που επιτυγχάνεται με την τριβή του νερού στα τοιχώματα του αγωγού, με τον αέρα και τη δημιουργία έντονων στροβιλισμών.

Η λεκάνη ηρεμίας αποτελεί ένα βασικό έργο διασκεδασμού της ενέργειας και κατασκευάζεται στην έξοδο του νερού από τον αγωγό υπερχειλίσης και δημιουργεί μείωση της κινητικής ενέργειας του νερού με την χρήση του υδραυλικού άλματος.

3.2 ΚΑΔΟΙ ΕΚΤΡΟΠΗΣ

Η δημιουργία λεκάνης ηρεμίας δεν είναι η καλύτερη κατασκευή αλλά δεν συμφέρει και οικονομικά. Για αυτό έχουν γίνει πειραματικές έρευνες και έχουν αποδείξει ότι για την μείωση της ενέργειας η καλύτερη λύση είναι η κατασκευή κάδων εκτροπής. Οι κάδοι εκτροπής χωρίζονται σε δύο τύπους:

- ✓ Χαμηλοί κάδοι εκτροπής, οι οποίοι οδηγούν τη δέσμη του νερού στο αέρα χαμηλά από την κοίτη του αποδέκτη.

- ✓ Υψηλοί κάδοι εκτροπής, οι οποίοι οδηγούν τη δέσμη του νερού στον αέρα ψηλά από την κοίτη του αποδέκτη. Το νερό περνάει μέσα από στενούς αγωγούς όπου κατά την κάθοδο του αποκτά μεγάλη ταχύτητα και με την προς τα πάνω καμπυλότητα του άκρου πετιέται προς τα επάνω μακριά από το φράγμα. Με αυτόν τον τρόπο το νερό χάνει τη μορφή της δέσμης και πέφτει λόγω βαρύτητας μακριά από το φράγμα έχοντας έτσι χάσει το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας του. Είναι η συνηθέστερη μέθοδος αυτή. (Πηγή: [A7](#))

3.3 ΑΓΩΓΟΙ ΠΤΩΣΗΣ

Αγωγοί πτώσεις είναι τα τμήματα των αγωγών που μεταφέρουν το νερό από τον πύργο ισορροπίας μέχρι τον σταθμό παραγωγής. Εάν λείπει ο αγωγός προσαγωγής ή έχει μορφή ανοιχτής διώρυγας τότε ονομάζουμε τα τμήματα των αγωγών από τη λίμνη ή τη δεξαμενή φόρτισης, μέχρι τον σταθμό παραγωγής. Εάν υπάρχει ο αγωγός προσαγωγής υπό πίεση και δεν υπάρχει ο πύργος ισορροπίας τότε ο υπό πίεση αγωγός προσαγωγής ονομάζεται αγωγός πτώσης.

Η κατασκευή τους είναι σωληνωτοί αγωγοί κυκλικής διατομής κυρίως από χαλύβδινα ελάσματα. Γίνεται επιλογή χαλύβδινων ελασμάτων για δύο λόγους: επειδή ο αγωγός έχει έντονη κλίση και υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης και στα κατώτερα σημεία του αγωγού αναπτύσσονται θλιπτικές τάσεις.

Για την καλύτερη κατασκευή των αγωγών πτώσεων πρέπει να ακολουθούν γραμμές μέγιστης κλίσης μεταξύ της αφετηρίας τους και του σταθμού παραγωγής. Όταν έχουμε επιφανειακούς αγωγούς γίνονται αυξομειώσεις των μηκών τους λόγω θερμοκρασιακής παρεμβολής, για αυτό τοποθετούμε στην κατασκευή τους ειδικά κουτιά που ονομάζονται φρεάτια. Επίσης, η ταχύτητα ροής του νερού μέσα στους αγωγούς πτώσης, σε μικρά και μεσαία ύψη, μπορεί να αναπτυχθεί από 1.50 – 4.50 m/sec. Ενώ στα μεγάλα ύψη φτάνει έως και 6 m/sec. (Πηγή: [A7](#))

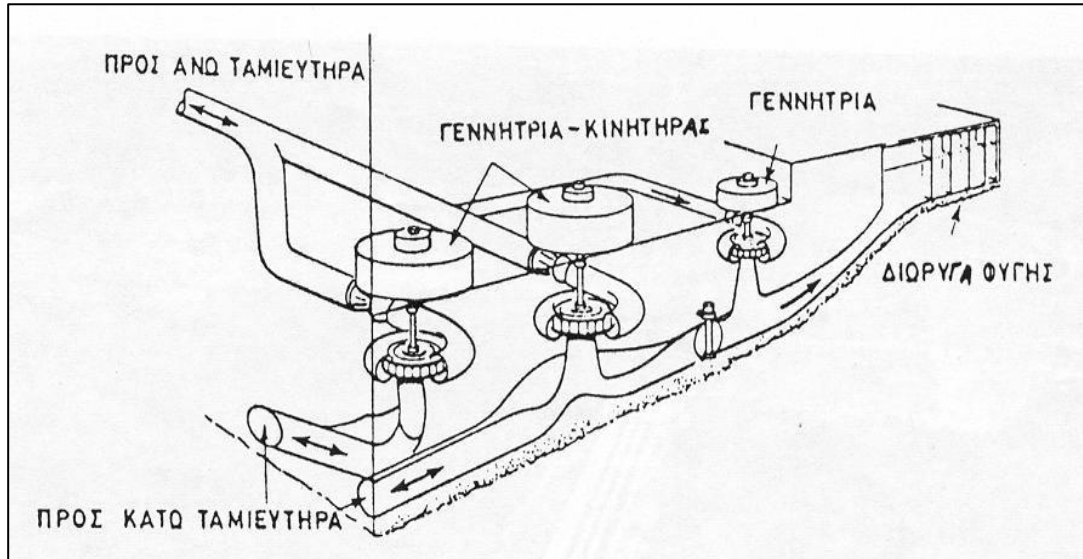
3.4 ΑΝΤΛΗΤΙΚΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ

Υπάρχουν συστήματα που αποτελούνται από θερμικούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς όπου συνήθως τις νυχτερινές ώρες υπάρχει πλεόνασμα ενέργειας κυρίως από τους θερμικούς σταθμούς. Το πλεόνασμα αυτό χρησιμοποιείται αρκετές φορές για να αντλήσει σημαντικές ποσότητες νερού προς τις δεξαμενές αποθήκευσης των υδροηλεκτρικών σταθμών κατά την διάρκεια της ημέρας αλλά και σε ώρες αιχμής για την παραγωγή ενέργειας.

Για να πραγματοποιηθεί αυτή η διαδικασία έγινε η σχεδίαση και η εγκατάσταση των αντλητικών υδροηλεκτρικών. Τέτοιου είδους υδροηλεκτρικά φέρουν κατάντη του σταθμού παραγωγής και άλλη μια δεξαμενή των κάτω ταμιευτήρα, ενώ υπάρχει και ανάντη του σταθμού παραγωγής ο άνω ταμιευτήρας.

Οι εγκαταστάσεις άντλησης – ταμίευσης λειτουργούν ως εξής:

- ✓ Στη διάρκεια της νύχτας οι μονάδες παραγωγής λειτουργούν σαν αντλίες και πραγματοποιούν την ανύψωση του νερού από τον κάτω προς τον πάνω ταμιευτήρα χρησιμοποιώντας αγωγούς προσαγωγής όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 12: Διαδικασία άντλησης – ταμίευσης [Πηγή:
<https://estia.hua.gr/file/lib/default/data/15744/theFile>]

- ✓ Στη διάρκεια της ημέρας και κυρίως στις ώρες αιχμής η παραγωγή ενέργειας γίνεται μέσω των μονάδων παραγωγής η αλλιώς τους στροβίλους όπου η ροή του νερού από τον άνω οδηγείται στον κάτω ταμιευτήρα.

Επομένως, δεν παράγεται περισσότερη ενέργεια, αντιθέτως η απαιτούμενη ενέργεια είναι πολύ μεγαλύτερη από την παραγόμενη ενέργεια από το υδροηλεκτρικό έργο λόγω του ότι οι αντλίες έχουν μικρό βαθμό απόδοσης. Στην προκειμένη περίπτωση το κέρδος είναι πως ότι περίσσευμα ενέργειας υπάρχει κατά τις νυχτερινές ώρες γίνεται συμπλήρωση ενέργειας τις ώρες αιχμής. Επόμενος η αξία της ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της νύχτας.

Τα αντλητικά υδροηλεκτρικά έχουν τις αντλίες τους στον ίδιο οριζόντιο η κατακόρυφο άξονα κάτω η παρά τον σρόβιλο αντίστοιχα. Τον τελευταίο καιρό τοποθετούνται και χρησιμοποιούνται και οι αναστρέψιμοι υδροσρόβιλοι οι οποίοι λειτουργούν και μόνοι τους σαν αντλίες.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου ο άνω ταμιευτήρας τοποθετείται σε κοιλάδες υψηλής στάθμης. Η διαμόρφωση του ταμιευτήρα γίνεται με το ανάχωμα όπου μπορεί να φτάσει τα 30 με 40m. Το ανάχωμα ακολουθεί μία κλειστή διαδρομή γύρω γύρω από τον χώρο του ταμιευτήρα. (Πηγή: [A8](#))

3.5 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ

Αυτή η κατηγορία υδροηλεκτρικών χρησιμοποιεί το θαλασσίνο νερό και κυρίως την παλίρροια που δημιουργείται από τις διακυμάνσεις της στάθμης της θάλασσας. Για να γίνει εφικτό αυτό το έργο είναι σημαντικό η παλίρροια που δημιουργείται να είναι αρκετά μεγάλη. Τέτοια έργα σημειώνονται στην περιοχή της Γαλλίας στη RANCE με μέση τιμή 8,10m, στο στενό του BRISTOL με μέση τιμή 10m και άλλο ένα στην Βόρεια θάλασσα με μέση τιμή 3,70m.

Για να γίνει η κατασκευή τέτοιου έργου πρέπει να μελετηθεί η παλίρροια που δημιουργείται στον κόλπο όπου επιθυμούμε να τοποθετήσουμε την εγκατάσταση και έπειτα σχεδιάζουμε και χτίζουμε ένα φράγμα. Στις περιπτώσεις αυτές ο υδροηλεκτρικός σταθμός χτίζεται πάνω στον ίδιο άξονα με το φράγμα.

Η λίμνη που δημιουργείται γεμίζει κατά την διάρκεια του φαινομένου της παλίρροιας και αδειάζει κατά την διάρκεια της πτώσης της στάθμης των υδάτων.

(Πηγή: Τσόγκας Χρήστος Ε. ,Υδροδυναμικά έργα, 1^η έκδοση, Θεσσαλονίκη, 2018)



Εικόνα 13:Εξοπλισμός για παλιρροϊκά ρεύματα [Πηγή: Τσόγκας Χρήστος Ε. ,Υδροδυναμικά έργα, 1^η έκδοση, Θεσσαλονίκη, 2018]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Υδραυλικοί κινητήρες είναι οι μηχανές οι οποίες εκμεταλλεύονται την υδραυλική ενέργεια για την παραγωγή του ωφέλιμου έργου. Η υδραυλική ενέργεια είναι η δυναμική ενέργεια του νερού. Δηλαδή το βάρος, η πίεση ή η κινητική του νερού όπου προσδιορίζεται ανάλογα με την ταχύτητα του.

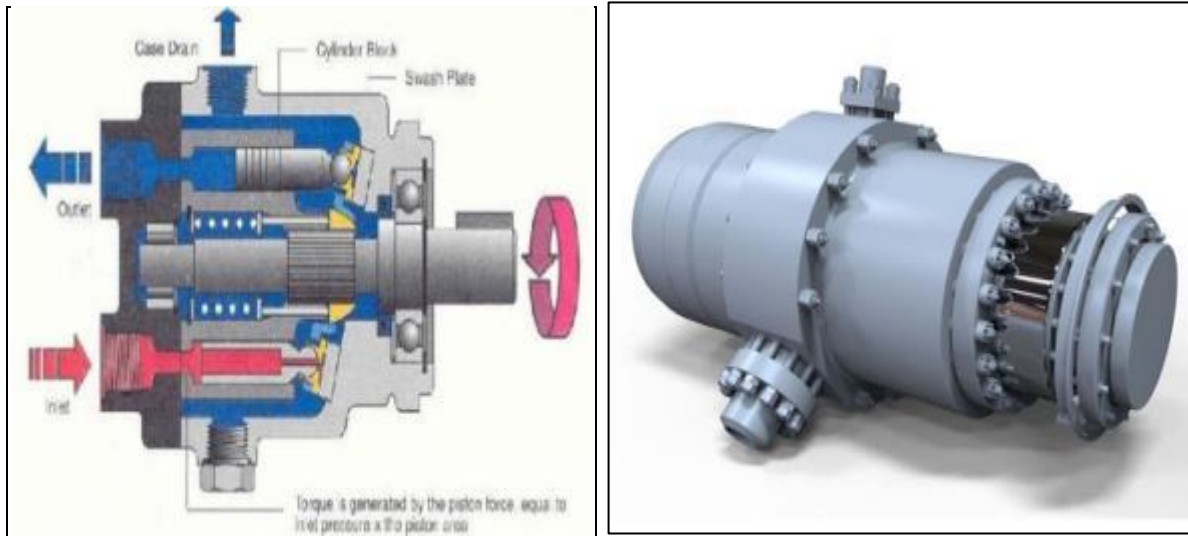
Υπάρχουν 3 βασικά ήδη υδροηλεκτρικών κινητήρων:

- ✓ **Υδραυλικοί τροχοί:** Οι κινητήρες αυτοί λειτουργούν με την πίεση του νερού. Οι συγκεκριμένοι χρησιμοποιήθηκαν τα παλιά χρόνια σε μηχανισμούς όπως π.χ.: ανεμόμυλους, γεννήτριες κ.α. Σήμερα προτιμώνται στην αγορά σε μικρό βαθμό.

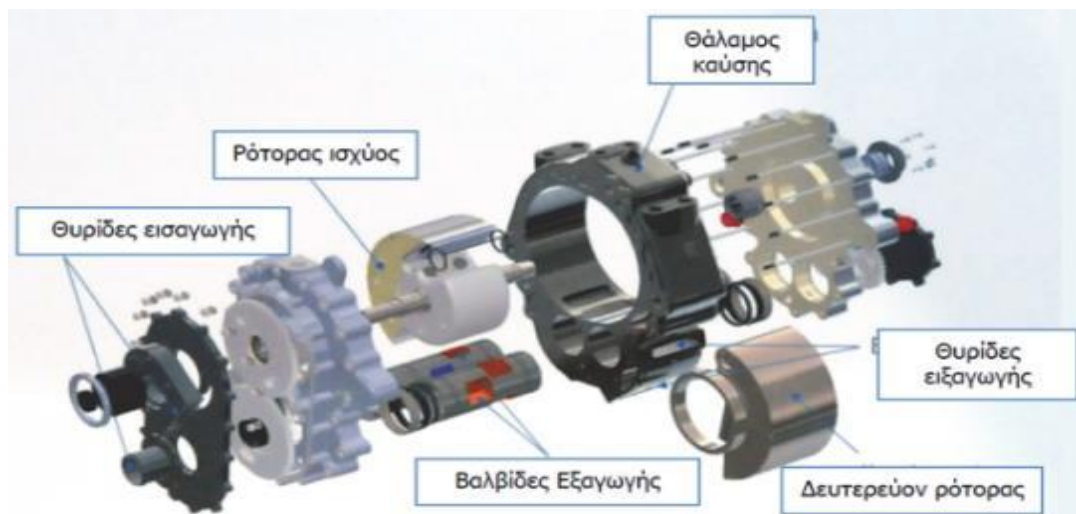


Εικόνα 14:Μέρη του υδραυλικού κινητήρα [Πηγή: <https://docplayer.gr/1436225-Ydrylikoi-kinitires-syndyasmos-ydrylikis-antlias-kai-ydrylikoy-kinitira-se-ena-ydryliko-systima-metadosis-symvolo-ydrylikis-antlias.html>]

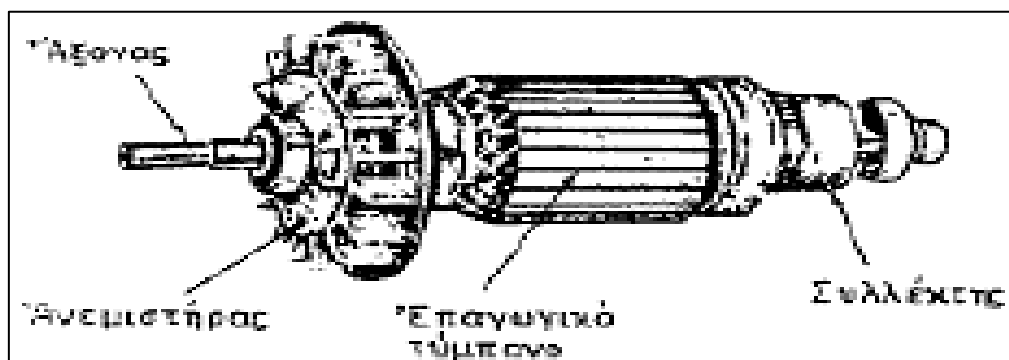
- ✓ **Εμβολοφόροι υδροκινητήρες, υδραυλικά πιεστήρια, περιστροφικοί κινητήρες:** Αυτοί ανήκουν στην κατηγορία όπου λειτουργούν με την πίεση του νερού. Οι εμβολοφόροι κινητήρες χρησιμοποιούνται σε λίγες και ειδικές περιπτώσεις για την κίνηση ορισμένων μηχανισμών ενώ τα υδραυλικά πιεστήρια σε μεγάλα μηχανήματα όπου απαιτούν μεγάλη δύναμη και μικρή ταχύτητα.
- ✓ **Υδροστρόβιλοι:** Είναι οι κινητήρες οι οποίοι εκμεταλλεύονται την κινητική ενέργεια του νερού για την λειτουργία τους. Η κύρια χρησιμότητά τους είναι για την κίνηση των ηλεκτρογεννητριών και κατασκευάζονται σε μονάδες με ισχύ από 10 kW έως και 500.000 kW.



Εικόνα 15: Εμβολοφόρος κινητήρας [Πηγή: <https://docplayer.gr/1436225-Ydraylikoi-kinitires-syndyasmos-ydraylikis-antlias-kai-ydraylikoy-kinitira-se-ena-ydrayliko-systima-metadosis-symvolo-ydraylikis-antlias.html>]



Εικόνα 16: Τα μέρη ενός περιστροφικού κινητήρα [Πηγή: <https://docplayer.gr/1436225-Ydraylikoi-kinitires-syndyasmos-ydraylikis-antlias-kai-ydraylikoy-kinitira-se-ena-ydrayliko-systima-metadosis-symvolo-ydraylikis-antlias.html>]



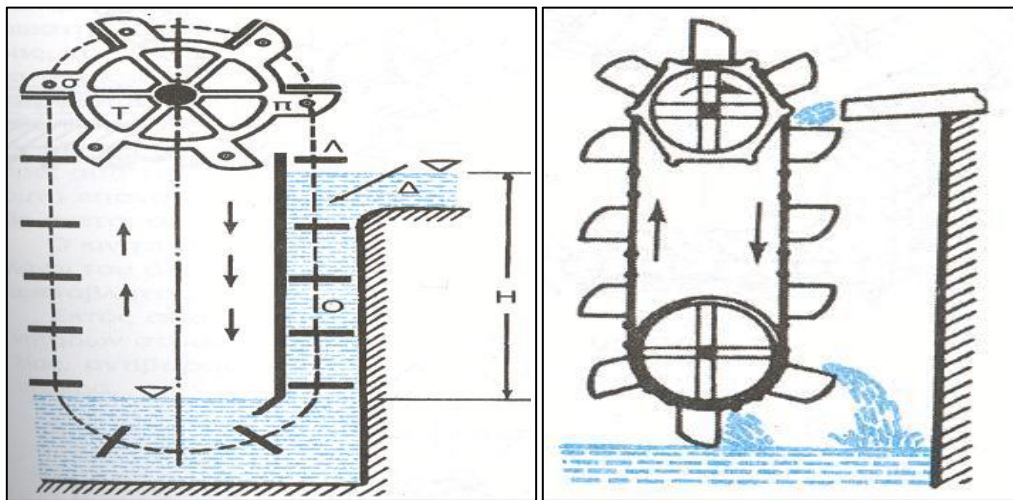
Εικόνα 17: Υδροστρόβιλος κινητήρας όπου τα κύρια μέρη του είναι: Ο Άξονας, ο ανεμιστήρας, το επαγωγικό τύμπανο και ο συλλέκτης. [Πηγή: <https://docplayer.gr/1436225-Ydraylikoi-kinitires-syndyasmos-ydraylikis-antlias-kai-ydraylikoy-kinitira-se-ena-ydrayliko-systima-metadosis-symvolo-ydraylikis-antlias.html>]

4.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΤΡΟΧΟΙ

Οι υδραυλικοί τροχοί θέτονται σε λειτουργία με το βάρος του νερού. Είναι μεγάλες σε διαστάσεις, το βάρος τους επίσης είναι μεγάλο αλλά η ισχύς και η ταχύτητα τους είναι σχετικά μικρή για την κατασκευή τους.

Αποτελούνται από έναν μεγάλο κατακόρυφο τροχό (Τ) όπου κινείται περιστροφικά, ενώ το κέντρο του τροχού αποτελείται από ακτινικούς προβόλους (Π) όπου καταλήγουν σε έναν πείρο. Περιμετρικά του άξονα τοποθετείται μια αλυσίδα η οποία επιπλέον συνδέεται και από επίπεδα ελάσματα (Λ) ίσων αποστάσεων. Στα πτερύγια του τροχού είναι κατασκευασμένοι οι λεγόμενοι πρόβολοι όπου από εκεί περνάει η αλυσίδα.

Παρακάτω, βλέπουμε στην εικόνα πως το νερό απελευθερώνεται από την στάθμη της δεξαμενής (Δ) κατευθύνεται μέσα στο αγωγό (Ο) όπου περνάει από όλα τα ελάσματα. Και με το βάρος που βάζει στα ελάσματα ωθεί τον τροχό να κάνει περιστροφική κίνηση. Έτσι ο τροχός θέτεται σε λειτουργία.

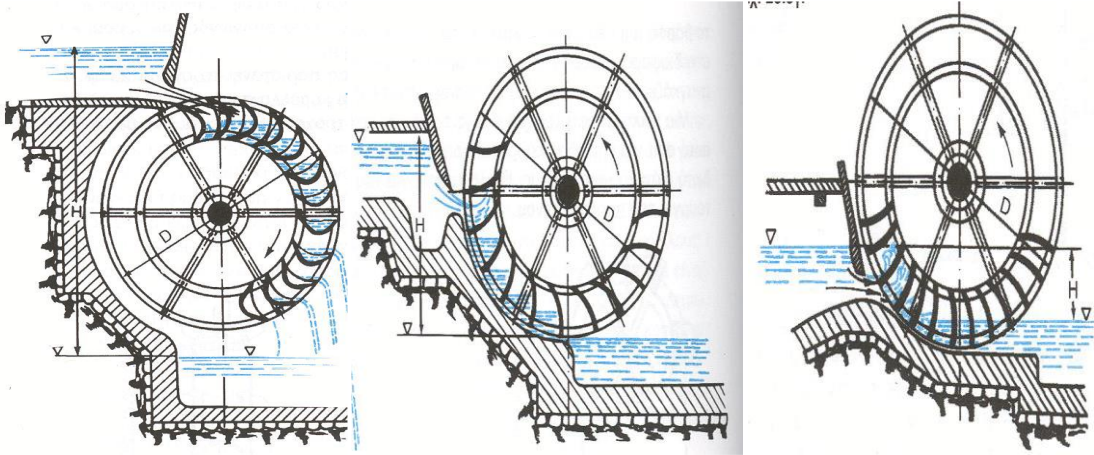


Εικόνα 18: Τα μέρη ενός υδραυλικού τροχού (όπου $H = \text{ύψος}$) [Πηγή: <https://slideplayer.gr/slide/1971626/>]

Υπάρχουν και άλλες μορφές υδραυλικού τροχού όπως μια από αυτές απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα:

Η συγκεκριμένη λειτουργεί όπως η προηγούμενη με την διαφορά ότι τα ελάσματα της δεν είναι επίπεδα, Αντί αυτά χρησιμοποιεί κύπελλα όπου είναι συνδεδεμένα με την αλυσίδα σε ίση απόσταση μεταξύ τους.

Άλλες 3 μορφές πιο εξελιγμένες, έχουν την ιδιαιτερότητα πως τα κύπελλα είναι προσαρμοσμένα μέσα και περιμετρικά στο στεφάνι του τροχού. Οι μορφές αυτές διαφοροποιούνται ως προς την είσοδο η την προσβολή του νερού.



Εικόνα 19: Διαδοχικά βλέπουμε τον τροχό άνω προσβολής, τον τροχό μεσαίας προσβολής και τον τροχό κάτω προσβολής [Πηγή: <https://slideplayer.gr/slide/1971626/>]

Οι συγκεκριμένοι τροχοί περιστρέφονται και αυτοί με το βάρος του νερού όμως όταν το νερό βρίσκεται στο εσωτερικό των κύπελλων. Όσο περισσότερα κύπελλα είναι τοποθετημένα στον τροχό τόσο αυξάνεται και η ταχύτητα περιστροφής. Σημαντικό ρόλο στην κίνηση ωστόσο παίζει και το ύψος από όπου πέφτει το νερό καθώς και με τι δύναμη καταλήγει στα κύπελλα. Επομένως η περιστροφική κίνηση του νερού δεν εξαρτάται μόνο από το βάρος του νερού αλλά και από την δύναμη κρούσεως που δημιουργείται από την ταχύτητα του.

4.3 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΟΙ

Η χρησιμότητα των υδροστροβίλων συνεισφέρει στην κίνηση των ηλεκτρογεννητριών οι οποίες παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Για την παραγωγή του έργου απαραίτητο στοιχείο είναι το νερό και κυρίως η ταχύτητα που έχει το νερό. Άρα υπάρχει κινητική ενέργεια. Η ταχύτητα του νερού εξαρτάται από το ύψος, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η εκροή/πτώση νερού τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ταχύτητα του. Στις εγκαταστάσεις όπου το νερό αποταμιεύεται με μεγάλο ύψος, η ταχύτητα του στο υδροστρόβιλο θα είναι μεγάλη. Ενώ στις εγκαταστάσεις όπου το νερό παρέχεται από μια πηγή, όπως ένας ποταμός με την δικιά του ροή, η ταχύτητα θα είναι αρκετά πιο μικρή.

Από αυτό το έργο η ενέργεια των υδατοπτώσεων με την χρήση των υδροστροβίλων και των ηλεκτρογεννητριών παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όπου διανέμεται στο ηλεκτρικό δίκτυο προς κατανάλωση. Ένα καύσιμο χρήσιμο και εκμεταλλεύσιμο καθημερινά από τον άνθρωπο. Η διαδικασία που ακολουθεί το έργο ονομάζεται υδραυλικός κύκλος είναι η εξής:

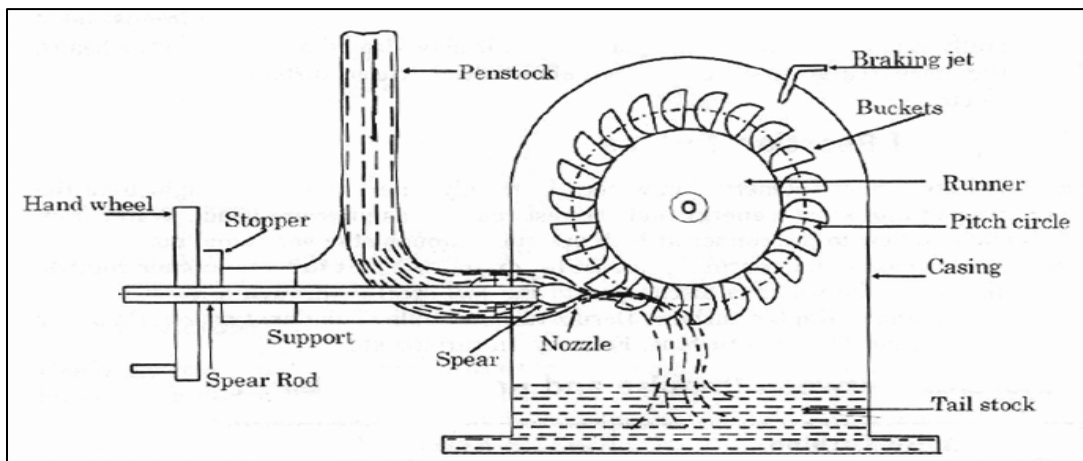
Δημιουργείται εξάτμιση των ποταμών, λιμνών κ.α. όπου γίνεται από την ηλιακή ενέργεια και φέρει ως αποτέλεσμα τις υδατοπτώσεις. Στις βροχοπτώσεις και τις χιονοπτώσεις, μια ποσότητα νερού καταλήγει στις υδρολογικές λεκάνες και μέσω των ποταμών οδηγείται πίσω στη θάλασσα. Η ποσότητα του νερού κατά την διαδρομή του προς τη θάλασσα εξατμίζεται σταδιακά και ενέργεια του υποβαθμίζεται λόγω θερμότητας, μεταφορά φερτών υλικών, τύρβης και υδραυλικών απωλειών.

Για να εκμεταλλευτούμε την ταχύτητα του νερού πρέπει η συγκεκριμένη ποσότητα νερού να χτυπήσει τα κύπελλα ενός τροχού ή να οδηγηθεί εσωτερικά στα πτερύγια ενός στροβίλου ώστε να υπάρξει περιστροφική κίνηση του άξονα και από εκεί παραλαμβάνεται το μηχανικό έργο. Αφού προκύψει η επιθυμητή ενέργεια από την άτρακτο της πτερωτής, τότε τοποθετείται στην άκρη της άτρακτου του στροβίλου ηλεκτρογεννήτρια όπου παράγει ηλεκτρική ενέργεια έτοιμη για κατανάλωση.

Επομένως, ο υδροστρόβιλος αποτελεί ένα απαραίτητο μηχανικό εξάρτημα ενός υδροηλεκτρικού έργου. Έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί διάφοροι τύποι υδροστροβίλων για να εξυπηρετεί κάθε είδους περιοχή.

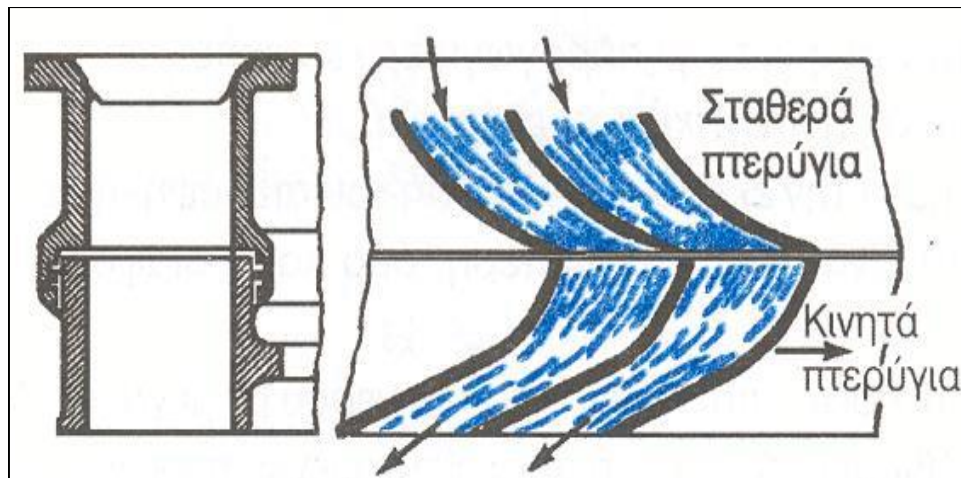
Γενικά, οι υδροστρόβιλοι κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

- ✓ **Υδροστρόβιλοι δράσεως:** όταν το νερό πέφτει από ένα ύψος, όλη η ενέργεια του μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια. Η μετατροπή της ενέργειας αυτής επιτυγχάνεται με τον εξαναγκασμό του νερού να περάσει από τα σταθερά πτερύγια τα οποία είναι σχεδιασμένα σε ακροφύσια ή σκαφίδια. Έπειτα το νερό οδηγείται από τα κινητά πτερύγια του τροχού, χτυπά πάνω στους αύλακες του, όπου δεν τους γεμίζει με ποσότητα νερού, έτσι ώστε να προκαλεί την περιστροφική κίνηση του τροχού, μετά αλλάζει κατεύθυνση και εξέρχεται από τον στρόβιλο. Οι υδροστρόβιλοι δράσεως πρέπει να τοποθετούνται στη χαμηλότερη θέση της στήλης νερού.



Εικόνα 20: Υδροστρόβιλος δράσεως [Πηγή: <https://slideplayer.gr/slide/1971626/>]

- ✓ **Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως:** Σε αυτή την περίπτωση, μόνο μια ποσότητα ενέργειας νερού μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια. Το υπόλοιπο μέρος που μένει είναι με μορφή δυναμικής ενέργειας ή πίεσης. Το νερό οδηγείται μέσα στα σταθερά και κινητά πτερύγια όπου οι αύλακες είναι γεμίζουν από την ποσότητα που τους αναλογεί. Ο υδροστρόβιλος αντιδράσεως έχει την ικανότητα να λειτουργεί ακόμα και αν το νερό εξέρχεται από αυτόν ή και όταν το νερό οδηγείται σε δεξαμενή της οποίας η στάθμη είναι μέχρι και 8 μέτρα ψηλότερα από τα κινητά πτερύγια του τροχού. Ακόμα το νερό, λόγω της ταχύτητας του δρα με την δύναμη δράσεως και λόγω της πίεσης του δρα με την δύναμη αντιδράσεως.



Εικόνα 21: Υδροστρόβιλος αντιδράσεως [Πηγή: <https://slideplayer.gr/slide/1971626/>]

Επομένως αυτοί οι υδροστρόβιλοι, δεν είναι καθαροί αντιδράσεως διότι το έργο του νερού λειτουργεί με ένα ποσοστό λόγω αντιδράσεως και ότι μένει σε ποσοστό, λόγω δράσης. Αυτή η σχέση δράσεως – αντιδράσεως λέγεται βαθμός αντιδράσεως (r). Όπου οι υδροστρόβιλοι δράσεως έχουν βαθμό αντιδράσεως $r = 0$ ($r =$ πτώση στην πτερωτή/συνολική πτώση), διότι δεν υπάρχει στην πτερωτή μετατροπή ενέργειας, δηλ. $H(L) = 0$.

Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως έχουν βαθμό αντιδράσεως που κυμαίνεται από 0 μέχρι 1 ($0 < r < 1$), διότι υπάρχει πριν και μετά την πτερωτή διαφορά πίεσης.

Ανάλογα με την διεύθυνση ροής του νερού, οι υδροστρόβιλοι των δυο κατηγοριών διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Ακτινικής ροής
- Αξονικής ροής
- Εφαπτομενικής ροής

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι που μπορούμε να υπολογίσουμε τους υδροστρόβιλους:

- Θεωρία της δυναμικής ροής
- Θεωρία της πτέρυγας και
- Μέθοδος της ομοιόμορφης ροής ως προς τα πτερύγια.

Σε όλους τους υδροστρόβιλους το νερό κάνει μια καθορισμένη διαδρομή. Εισέρχεται από μια διατομή στην πτερωτή και εξέρχεται από μια άλλη διατομή από την πτερωτή. Στην πτερωτή μεταξύ του νερού και του τροχού δημιουργούνται δυνάμεις οι οποίες προκαλούνται από τις αλλαγές της ταχύτητας του νερού. Η αλλαγή αυτή μπορεί να επηρεάζεται στην διεύθυνση ή στο μέγεθος ή και στα δυο.

Κάθε αλλαγή της ταχύτητας υπάρχει επιτάχυνση (a) και επιβράδυνση ($-a$). Η μάζα του νερού συμβολίζεται με (m) και ο τύπος της δύναμης δίνεται με την μορφή $F = m * a$ (N). (Πηγή: [A9](#))

4.4 ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΩΝ

4.4.1 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΟΣ PELTON

Ο υδροστρόβιλος Pelton είναι μια στροβιλομηχανή δράσεως και μπορεί να καλύψει ένα αρκετά μεγάλο εύρος για την παραγωγή ισχύος. Ειδικότερα, μπορεί να παράγει από μερικά KW μέχρι εκατοντάδες MW. Αποτελείται από έναν τροχό όπου περιμετρικά σε αυτόν είναι τοποθετημένα κύπελλα με διπλή κοιλότητα. Χρησιμοποιείται για υψομετρική διαφορά άνω των 300m. Επίσης, η παροχή είναι αρκετά μικρή καθώς ρυθμίζεται από την διατομή των αντίστοιχων αγωγών.



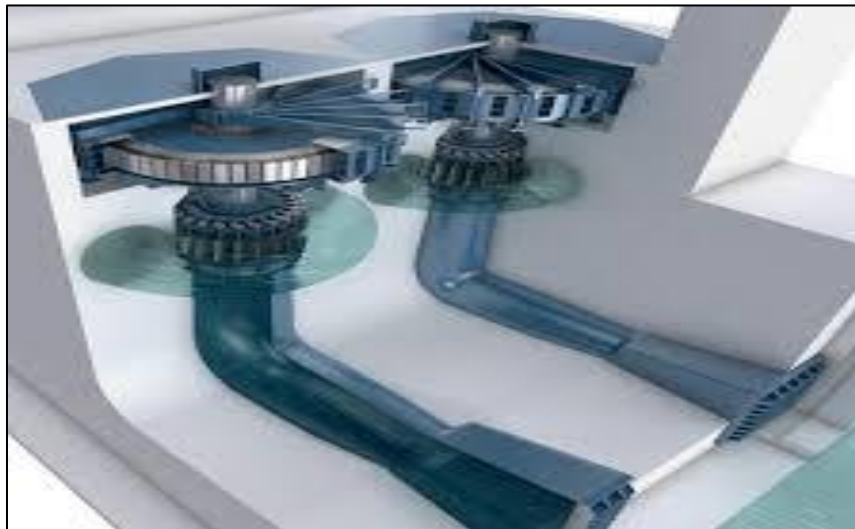
Εικόνα 22: Υδροστρόβιλος Pelton και τα κύπελλα με διπλή κοιλότητα [Πηγή: <https://core.ac.uk/download/pdf/228081165.pdf>]

Η κατασκευή του υδροστρόβιλου Pelton γίνεται με τους εξής δυο τρόπους:

- **Οριζόντιος:** Σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν δυο ακροφύσια όπου η τοποθέτηση τους γίνεται με τρόπο έτσι ώστε να είναι συμμετρικά ως προς το κέντρο του τροχού και η ροή του νερού να ασκεί επάνω στον τροχό ίσες και αντίθετες δυνάμεις. Έπειτα, οι δυνάμεις αυτές δημιουργούν ένα ζεύγος περιστροφής με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται η περιστροφική κίνηση του τροχού δίχως να επιφέρει καμία κάμψη στον άξονα του.
- **Κατακόρυφος:** Η κατασκευή σε αυτόν τον τύπο υδροστρόβιλου απαρτίζεται από περισσότερα ακροφύσια, συγκεκριμένα από 2 έως 6, τα οποία είναι τοποθετημένα ομοιόμορφα περιμετρικά στον τροχό.



Εικόνα 23: Υδροστρόβιλος Pelton, οριζοντίου τύπου [Πηγή:
<https://core.ac.uk/download/pdf/228081165.pdf>]



Εικόνα 24: Υδροστρόβιλος Pelton, κατακόρυφου τύπου [Πηγή:
<https://core.ac.uk/download/pdf/228081165.pdf>]

Η λειτουργία ενός υδροστρόβιλου Pelton γίνεται ως εξής:

Μια ποσότητα νερού που καταλαμβάνει μεγάλη ταχύτητα εισέρχεται από την υψηλή στάθμη αποταμιεύσεως και εξέρχεται από ένα οριζόντιο ακροφύσιο κατευθυνόμενο προς τον τροχό όπου τον ωθεί στην περιστροφική κίνηση του. Εφόσον το νερό έχει κυλήσει πάνω στα κύπελα του τροχού και τον έχει περιστρέψει 180 μοίρες, εξέρχεται από τον υδροστρόβιλο κατευθυνόμενο προς τον αγωγό αποχέτευσης. Όταν η ποσότητα νερού μεταφερθεί έξω από το ακροφύσιο, η περιφερειακή ταχύτητα του νερού θα ισούται με το μισό της ταχύτητας του και έτσι η απόδοση θα είναι αρκετά μεγάλη.

Επίσης, στον ίδιο άξονα με τον τροχό βρίσκεται και η γεννήτρια η οποία παράγει ηλεκτρικό ρεύμα. Εσωτερικά του υδροστροβίλου, η ταχύτητα του νερού δεν υφίσταται καμία μεταβολή κατά την διάρκεια που η ποσότητα νερού ρέει στα κύπελλα του τροχού. Το μόνο που μεταβάλλεται είναι η διεύθυνση του. Με αυτό τον τρόπο δεν υπάρχει επιτάχυνση νερού και κατά συνέπεια καμία δύναμη αντιδράσεως.

Η κατασκευή των υδροστροβίλων Pelton γίνεται για οποιαδήποτε ισχύ από λίγους ίππους μέχρι και περισσότερους από 120.000kW. Η απόδοση τους φθάνει στο 90% περίπου.

4.4.2 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΙΟΣ FRANCIS

Ο υδροστροβίλος Francis είναι μια στροβιλομηχανή αντιδράσεως και συνηθίζεται η διάταξη του να είναι κατακόρυφη. Οι συγκεκριμένοι κατασκευάζονται για ιπποδυνάμεις έως και 200.000 kW. Είναι υδροστροβίλοι κατασκευασμένοι για μεγάλες ισχύς που φτάνουν έως και 120000 kW ανά μονάδα. Ο συγκεκριμένος τύπος στροβίλου αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Τα σταθερά οδηγία πτερύγια, τα οποία οδηγούν το νερό στη κατάλληλη διεύθυνση,
- Τον τροχό, όπου πάνω σε αυτόν είναι τοποθετημένα τα κινητά πτερύγια
- και τον σωλήνα αναρροφήσεως

Η κατασκευή του μπορεί να καλύψει μεσαία ύψη, δηλαδή περίπου 500 με 600 μέτρα.

Για μικρά ύψη, οι υδροστροβίλοι τοποθετούνται μέσα στο νερό, το οποίο οδηγείται στο εσωτερικό του στροβίλου με ανοιχτό οχετό από μπετό, δίχως το σπειροειδές κέλυφος, που είναι συνδεδεμένο με την άνω και κάτω στάθμη νερού, με σκοπό το νερό να εισέρχεται κατευθείαν στα ρυθμιστικά πτερύγια.

Η λειτουργία ενός υδροστροβίλου Francis:

Η εισροή του νερού από τα οδηγία πτερύγια οδηγούνται από την εξωτερική περιφέρεια προς τα κινητά πτερύγια του τροχού, τα οποία είναι κάθετα προς τον άξονα και έχουν την κατάλληλη κλίση ως προς την περιφέρεια.

Τα σταθερά πτερύγια είναι στερεωμένα σε έναν δακτύλιο όπου με την περιστροφή του μεταβάλλεται η κλίση τους. Με αυτό τον τρόπο ρυθμίζεται η διατομή εισόδου του νερού, η παροχή και η ισχύς του υδροστροβίλου. Τα σταθερά πτερύγια τροφοδοτούνται από ένα σπειροειδές κέλυφος που είναι φτιαγμένο από χάλυβα ή μπετόν. Το κέλυφος αυτό είναι τοποθετημένο περιμετρικά του υδροστροβίλου και συνδέεται με τον σωλήνα πτώσεως όπου και κατευθύνει το νερό.

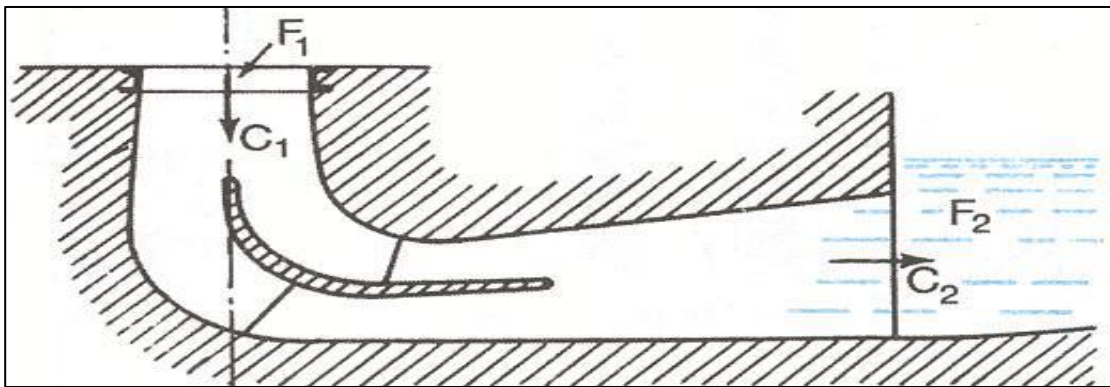
Όσο περισσότερο τα οδηγία πτερύγια είναι ανοικτά άλλο τόσο περισσότερο η κατεύθυνση της ροής του νερού πλησιάζει την ακτίνα του τροχού. Στη φάση αυτή, η παροχή μεγαλώνει και η ποσότητα νερού πέφτει πάνω στα κινητά πτερύγια με κατεύθυνση πιο κάθετη πάνω στην επιφάνεια τους.

Η διεργασία του σωλήνα αναρρόφησης είναι να οδηγήσει το νερό προς την έξοδο χωρίς να υπάρξει καμία απώλεια ποσότητας από διάφορα αίτια όπως, στροβιλισμός κ.α. Σε

κατασκευές στροβίλων με μικρό ύψος πτώσεως, ο σωλήνας αναρρόφησης πρέπει να διαμορφώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει απώλεια ενέργειας από την ταχύτητα του νερού όταν αυτό φτάνει στην έξοδο.

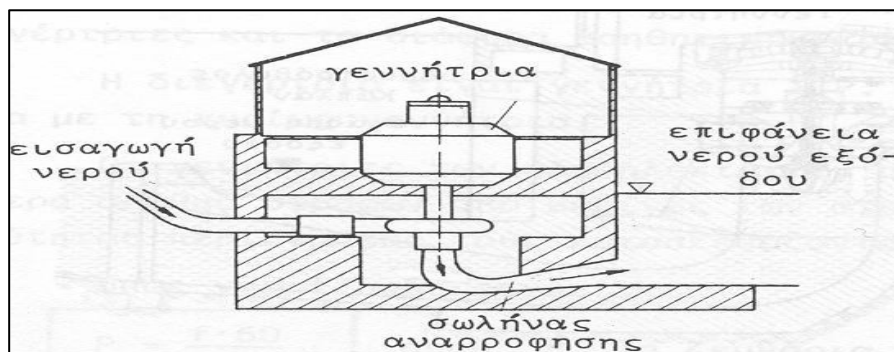
Επομένως, η διατομή του σωλήνα αναρρόφησης προσαρμόζεται ανάλογα με το ύψος. Όταν υπάρχει μικρό ύψος, η διατομή του σωλήνα αυξάνεται και στην συγκεκριμένη περίπτωση από την διατομή (F_1) εξόδου του νερού από τον τροχό, όπου υπάρχει υπολογίσιμη ταχύτητα (C_1), μέχρι την μεγαλύτερη διατομή (F_2) στην τελική έξοδο, όπου υπάρχει μηδενική ταχύτητα (C_2), ελαττώνεται η ταχύτητα, η κινητική ενέργεια είναι μηδέν και με αυτό τον τρόπο δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας κατά την έξοδο του νερού.

Όμως στην έξοδο του νερού (F_2), υπάρχει ατμοσφαιρική πίεση όπου σύμφωνα με το νόμο Bernoulli στην έξοδο έχουμε πίεση μικρότερη από την ατμοσφαιρική, που σημαίνει κενό. Το κενό δημιουργεί αναρρόφηση του νερού και αυξάνεται η ισχύς.



Εικόνα 25: Σωλήνας αναρρόφησης. F_1 = διατομή νερού κατά την είσοδο του στον σωλήνα, F_2 =διατομή νερού κατά την έξοδο του από τον σωλήνα, C_1 = υπολογίσιμη ταχύτητα στην είσοδο του σωλήνα, C_2 = μηδενική ταχύτητα κατά την έξοδο του σωλήνα [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]

Οι υδροστροβίλοι Francis είναι καλύτεροι από τους Pelton, διότι εκμεταλλεύονται όλο το ύψος μέχρι το βαθύτερο σημείο της κατασκευής. Ενώ οι Pelton χρειάζεται να τοποθετηθούν κάποια μέτρα πιο ψηλά από το πιο ψηλό σημείο της κάτω στάθμης του νερού. Η απόδοση του Francis κυμαίνεται από 80 έως 100 %, όμως ο Pelton σε μικρότερα φορτία έχει καλύτερη απόδοση.



Εικόνα 26: Υδροστροβίλος Francis [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]

4.4.3 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ ΚΑΡΛΑΝ

Ο Karlan είναι ένας υδροστρόβιλος τύπου έλικα. Αυτού του τύπου οι υδροστρόβιλοι χρησιμοποιούνται για μικρά ύψη, περίπου 60 μέτρα, ακόμα και για μεγάλες ποσότητες νερού π.χ. σε μεγάλα παραποτάμια υδροηλεκτρικά εργοστάσια καταναλώνουν περισσότερο από 500 m³/s.

Ένας υδροστρόβιλος Karlan αποτελείται από:

- ένα σπειροειδές κέλυφος εισόδου
- τα σταθερά οδηγιά πτερύγια
- τον τροχό και
- τον σωλήνα αναρροφήσεως

Η εισαγωγή του νερού στον υδροστρόβιλο γίνεται με μια ρυθμιστική διάταξη η οποία αποτελείται από μια στεφάνη όπου στην περίμετρο της είναι τοποθετημένα τα κινητά πτερύγια με μια ελαφριά κλίση. Ο τρόπος κατασκευής τους είναι τέτοιος έτσι ώστε να δημιουργείται περιστροφική κίνηση στο νερό το οποίο βρίσκεται σε έναν κενό χώρο επάνω από τις πτέρυγες της πτερωτής.

Τα πτερύγια αυτά μπορεί να είναι ή μονίμως τοποθετημένα επάνω στον τροχό ή να κάνουν περιστροφική κίνηση γύρω από τον άξονά τους (τα οποία λέγονται και μεταβλητού βήματος). Στην δεύτερη περίπτωση, που τα πτερύγια περιστρέφονται, ο στρόβιλος γίνεται πιο αποδοτικός και ο βαθμός απόδοσης του παραμένει σταθερός ακόμα και στα μικρά φορτία.

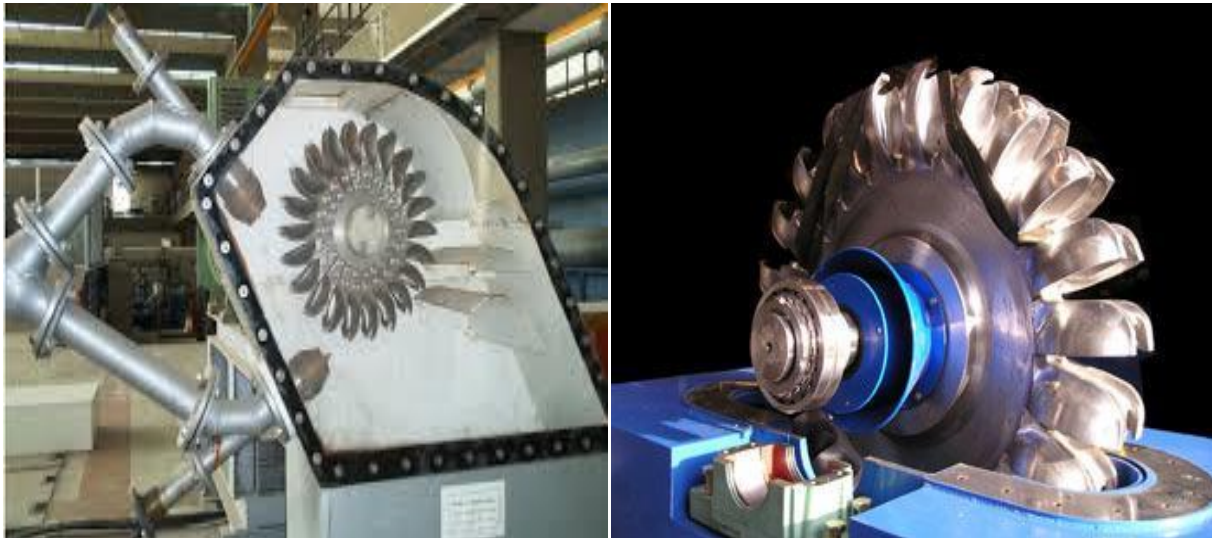
Η χρησιμότητα του υδροστρόβιλου Karlan είναι πιο σπάνια καθώς στην λειτουργία του με μερικό φορτίο, η απόδοση του είναι μέτρια. Για τον λόγο αυτόν χρησιμοποιείται μόνο ως στρόβιλος για πλήρους φορτία. Ο βαθμός απόδοσης σε περίπτωση που έχουμε μερικά φορτία, μειώνεται λόγω ακατάλληλης γωνίας προσβολής των πτερυγίων. Ενώ ο βαθμός αντιδράσεων κυμαίνεται μεταξύ 0,6 και 0,9. Επίσης, με τον υδροστρόβιλο Francis έχουν αρκετές ομοιότητες. Όπως, τα κομμάτια από τα οποία αποτελούνται. Η μοναδική διαφορά τους είναι ως προς τον τροχό, ο οποίος αποτελείται από πτερύγια που μοιάζουν με τα ελικοειδή πτερύγια.



Εικόνα 27: Υδροστρόβιλος Karlan [Πηγή: <https://core.ac.uk/download/pdf/228081165.pdf>]

4.4.4 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ TURGO

Ο υδροστρόβιλος αυτός φέρει κοινά χαρακτηριστικά με τον υδροστρόβιλο Pelton καθώς απαρτίζεται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια και μια σειρά σκαφιδίων που βρίσκονται περιμετρικά του άξονα. Οι άξονες, στους οποίους είναι τοποθετημένα τα σκαφίδια, έχουν κλίση περίπου 20 μοίρες. Διαθέτουν μικρό βαθμό απόδοσης, μεγάλη παροχή και χρησιμοποιείται για μεγάλα ύψη.



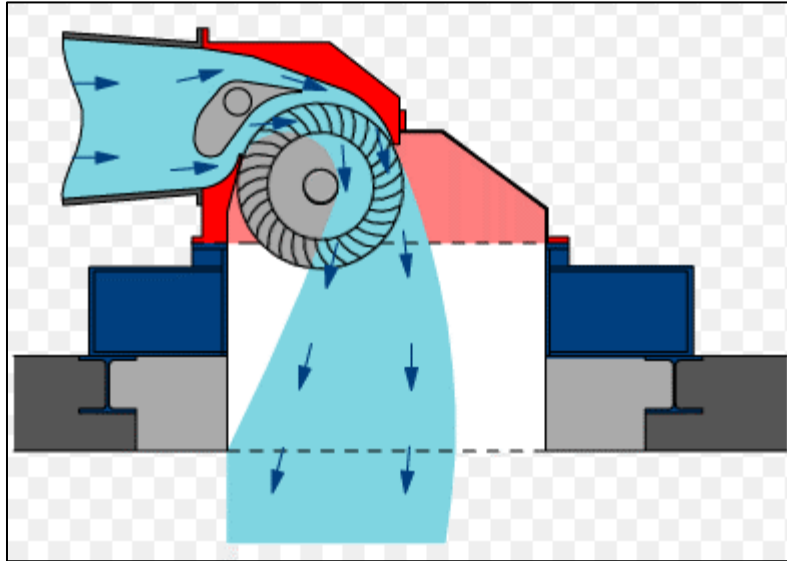
Εικόνα 28: Υδροστρόβιλος Turgo [Πηγή: <http://greek.hydrotu.com/quality-1808171-impulse-turgo-hydro-turbine>]

4.4.5 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ CROSS FLOW (Η BANKI)

Ο υδροστρόβιλος Cross Flow θεωρείται ένας υδροστρόβιλος δράσης. Αρχικά κατασκευάστηκε για να παριστάνει ένα πειραματικό μοντέλο στροβιλομηχανής με σκοπό να γίνεται πιο σαφής η απεικόνιση της ροής κατά την είσοδο του κατά μήκος του ακροφυσίου. Αυτός ο σχεδιασμός βοηθάει στην μέτρηση των ταχυτήτων σε επιλεγμένα σημεία καθώς επιπλέον προσφέρει στατική πίεση στα τοιχώματα. Επίσης εφαρμόζει μέτρηση και στις ταχύτητες ανάντι και κατάντι της πτερωτής σε οποιοσδήποτε συνθήκες λειτουργίας και αν βρίσκεται.

Η ονομαστική ισχύς κυμαίνεται από 100 έως και 10000 KW. Έχει μηδενικό βαθμό απόδοσης, κατασκευάζεται για μικρές τιμές ισχύος καθώς και για μικρά ύψη περίπου $H < 100m$. Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του κατατάσσεται στους αργόστροφους υδροστρόβιλους με δισδιάστατη ροή.

Η σχεδίαση του υδροστρόβιλου Cross Flow περιλαμβάνει δύο ενεργειακές βαθμίδες όπου σαν κύριο πλεονέκτημα είναι η κατάλληλη αξιοποίηση των υδατοπτώσεων σε σημαντικές διακυμάνσεις παροχής. Επίσης, αποτελείται από ένα καθοδηγητικό πτερύγιο όπου ρυθμίζει την οριζόντια ή κατακόρυφη ροή έτσι ώστε όταν υπάρχει περιστροφική κίνηση ένα μέρος του νερού να τοποθετείται μέσα σε ένα τμήμα του.



Εικόνα 29: Υδροστρόβιλος Cross Flow (ή Banki) [Πηγή:
http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/837/hlg_00737.pdf?sequence=1&isAllowed=y]

4.4.6 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ ΤΥΠΟΥ S

Ο υδροστρόβιλος τύπου S ανήκει στην κατηγορία υδροστροβίλων αντιδράσεων. Όπως ο υδροστρόβιλος Cross-Flow έτσι και αυτός κατασκευάστηκε ως ένα πειραματικό μοντέλο στο εργαστήριο υδροδυναμικών μηχανών του ΕΜΠ.

Ο υδροστρόβιλος αυτός έχει σχήμα S και μεταβάλλει την διεύθυνση της ροής ανάντη της πτερωτής. Κύριο χαρακτηριστικό αυτών των τύπων στροβιλομηχανών είναι πως δεν διαθέτουν σπειροειδής κέλυφος που σημαίνει πως ναι μεν καθιστά τις απώλειες ελάχιστες όμως η μεταβολή της διεύθυνσης της ροής αποτελεί μονόδρομος για την μεταφορά της κινητήριας ροπής μέσω του άξονα της γεννήτριας.

Το μοντέλο αυτό αποτελείται από μια πτερωτή, η οποία πτερωτή αποτελείται από πέντε πτερύγια όπου ο μηχανισμός τους είναι ομοιόμορφης κατανομής και η κλίση τους ρυθμίζεται με βάση τα υδραυλικά χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις που έχουν τα φορτία στην κατασκευή. Κάτω από την πτερωτή στο κέντρο της σχηματίζεται ένας κώνος όπου στο εσωτερικό του υπάρχει ο μηχανισμός όπου οδηγεί στην περιστροφική κίνηση των πτερυγίων και αποτελείται, επίσης, από ένα σύστημα πέντε κωνικών οδοντωτών τροχών.

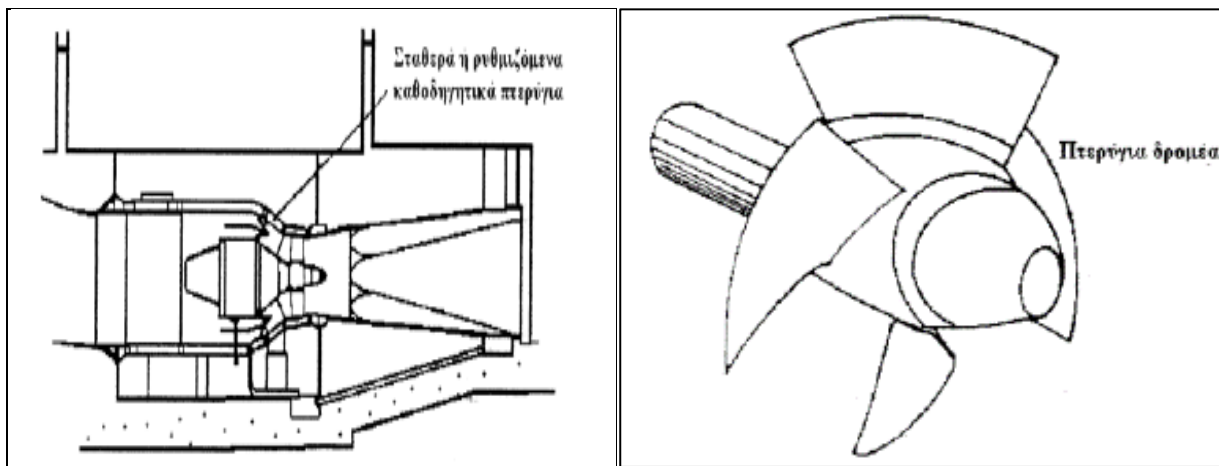
Επίσης, η παροχή του υδροστροβίλου ρυθμίζεται από τον μηχανισμό που ρυθμίζει την κλίση των πτερυγίων το οποίο αποτελείται από 18 ρυθμιστικά πτερύγια. Είναι σχεδιασμένος να βρίσκεται πάνω από την πτερωτή ανάμεσα σε δύο κωνικές επιφάνειες και κάτω από τέσσερα σταθερά πτερύγια που είναι τοποθετημένα στο κέντρο του υδροστροβίλου, όπου εκεί είναι τοποθετημένο και το ακτινικό έδρανο στήριξης.



Εικόνα 30:Υδροστρόβιλος τύπου S [Πηγή: Βικιπαίδεια, Είδη υδροστροβίλων]

4.4.7 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ ΤΥΠΟΥ BULB

Ο υδροστρόβιλος τύπου Bulb τοποθετείται κυρίως οριζόντια, όπως βλέπουμε και στην παρακάτω εικόνα 36. Αποτελείται από καθοδηγητικά πτερύγια, τα οποία μπορεί να είναι είτε σταθερά είτε ρυθμιζόμενα και η ροή διαμέσου της στεφανής είναι αξονική και από μηχανικούς βολβούς όπου έχουν αντίστροφη λειτουργία ως αντλίες.



Εικόνα 31:Στροβιλομηχανή τύπου Bulb (ή σωληνοειδής) [Πηγή:
http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/837/hlg_00737.pdf?sequence=1&isAllowed=y] A4

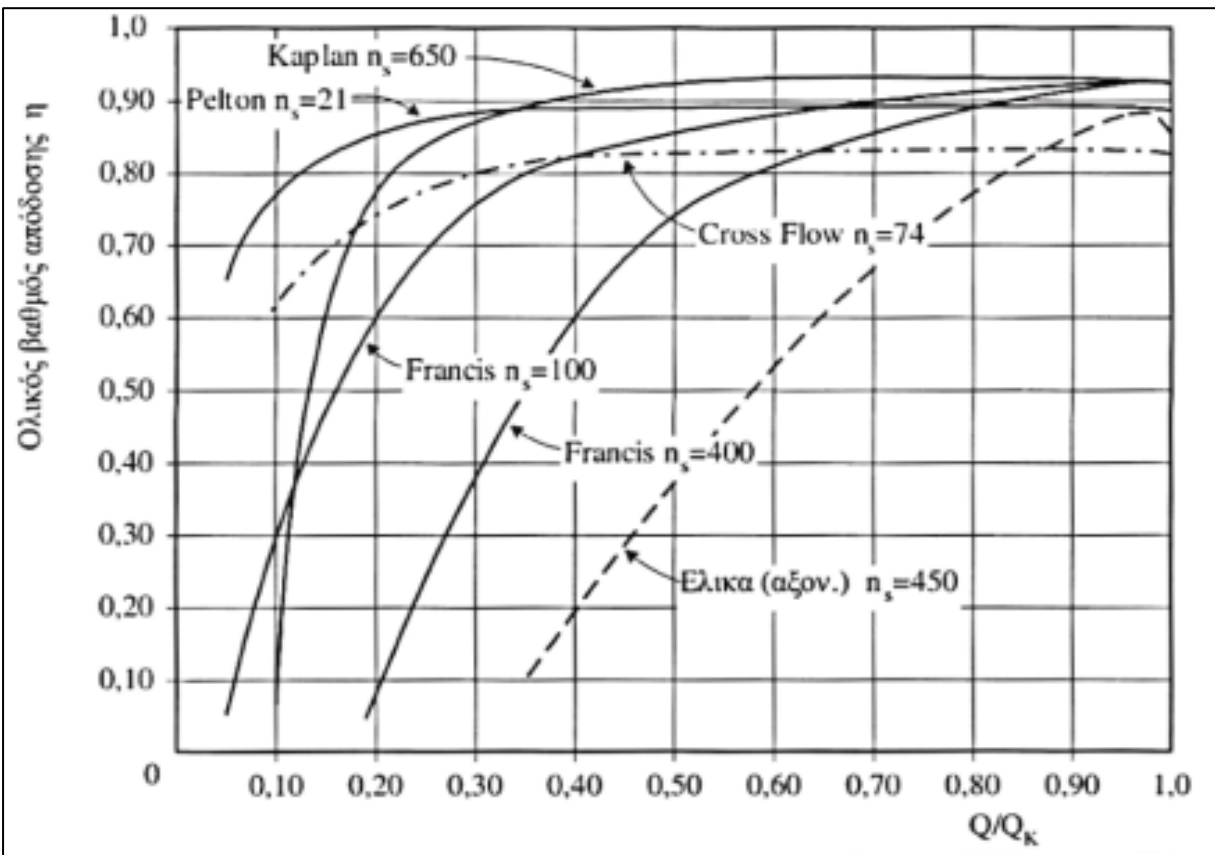
4.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

Η επιλογή τύπου υδροστροβίλου γίνεται με τα χαρακτηριστικά που έχει δώσει και έχει εγκρίνει ο κατασκευαστής. Άλλοι βασικοί παράγοντες είναι:

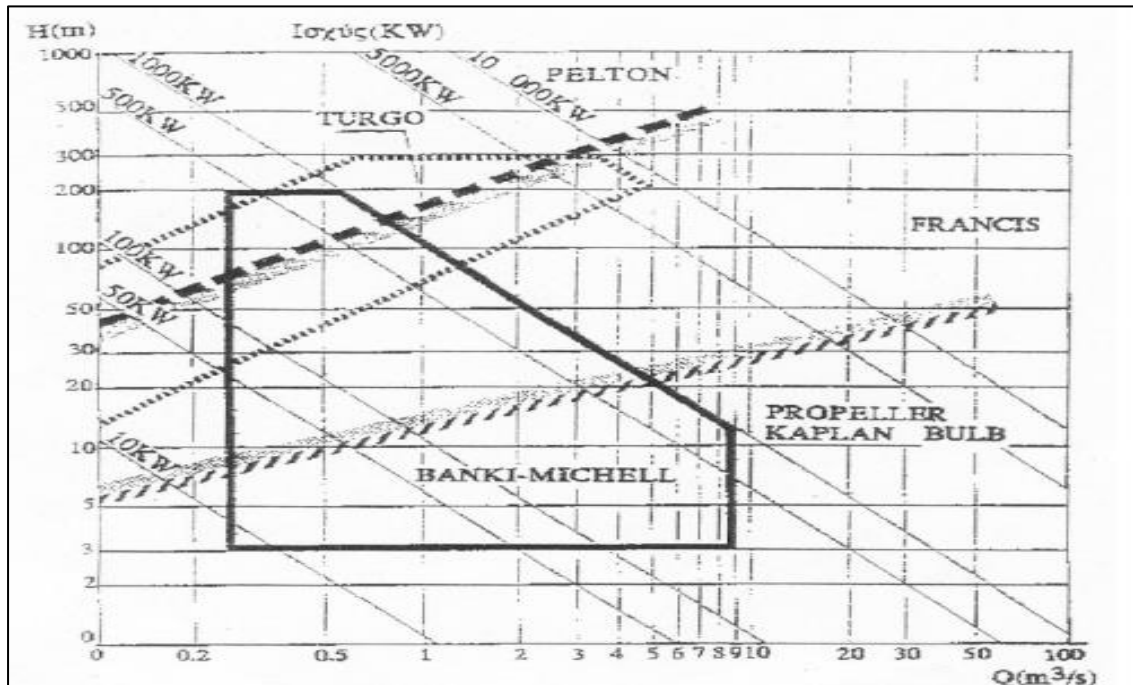
- **ο βαθμός απόδοσης:** καθορίζεται ως ο λόγος της αποδιδόμενης ισχύς προς την προσφερόμενη ισχύ προς τον στρόβιλο. Για το λόγο του ότι η αποδιδόμενη ισχύ είναι

πάντα μικρότερη από την προσφερόμενη, αυτό συμβαίνει λόγω των απωλειών εντός του υδροστροβίλου, ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε μικρότερος από 1 ($n < 1$).

Από το διάγραμμα 5, παρατηρούμαι ότι οι υδροστρόβιλοι Pelton και Kaplan εμφανίζουν μεγαλύτερη σταθερότητα καθώς μεταβάλλεται το φορτίο όμως μικρότερο βαθμό απόδοσης σε σχέση με των υπολοίπων υδροστροβίλων (π.χ. βαθμός απόδοσης Francis, $n=0,90$ και Pelton, $n=0,86$ περίπου).



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα $[\eta/(Q/Q_k)]$ [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]



Διάγραμμα 6: Τυποποίηση υδροστροβίλων με βάση την παροχή νερού και το ύψος πτώσεως
[Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]

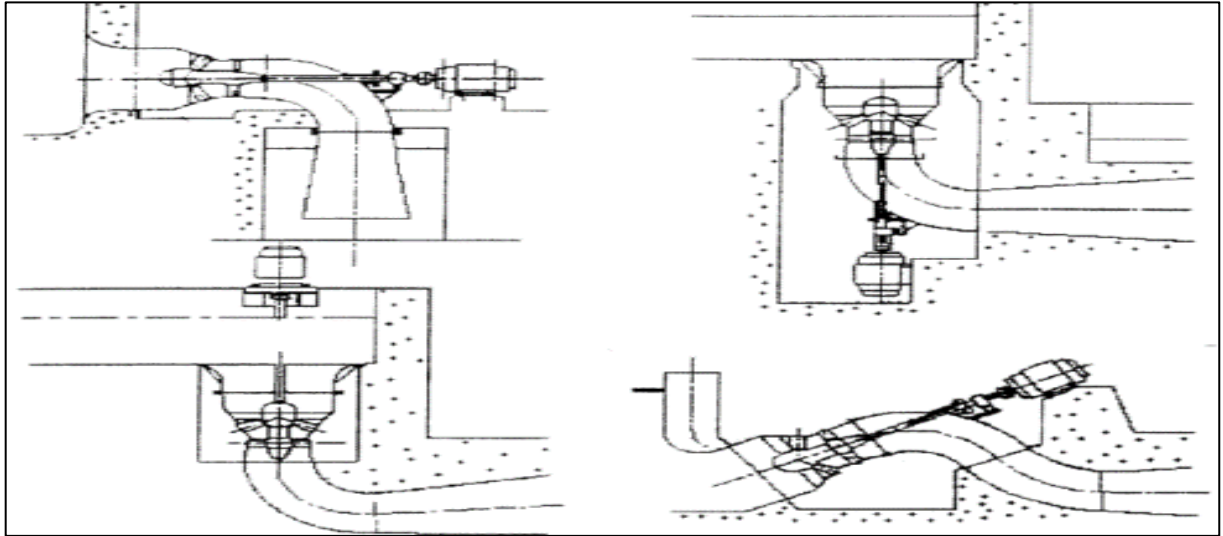
- **η ζώνη επιρροής:** Είναι το εύρος ζώνης επιρροής των στροβίλων στο διάγραμμα ύψους πτώσης-παροχής (H-Q).

Με βάση την παροχή νερού και το ύψος πτώσεως καθορίζονται τα παρακάτω:

- ✓ για μικρού ύψους πτώσεως (≤ 80 m), είναι κατάλληλοι οι υδροστρόβιλοι Kaplan, Bulb και τύπου έλικα.
- ✓ για μεσαίου ύψους πτώσεως (≤ 500 m), είναι κατάλληλος ο υδροστρόβιλος Francis και
- ✓ για μεγάλου ύψους πτώσεως (≤ 2000 m), είναι κατάλληλοι οι υδροστρόβιλοι Pelton και Turgo.

Στο παραπάνω σχήμα διακρίνουμε τις ζώνες επιρροής των υδροστροβίλων που ανήκουν σε μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια περίπου μέχρι 10MW. (Τα νούμερα είναι ενδεικτικά καθώς μεταβάλλονται ανάλογα με τις ανάγκες των εταιριών).

- **ο προσανατολισμός του άξονα περιστροφής:** Οι στροβιλομηχανές τοποθετούνται οριζόντια, κάθετα ή και τα δύο. Κατακόρυφα ή οριζόντια τοποθετούνται όλες οι μηχανές εκτός από τον υδροστρόβιλο cross-flow που ακολουθεί μόνο την οριζόντια διάταξη. Επίσης οι μηχανές δράσεις (Pelton, Turgo κ.α) τοποθετούνται στην επιφάνεια του νερού (όπως η μηχανή Bulb) ή σε ένα ύψος από το νερό όπου και παρατηρούνται για τυχόν ζημιές-πλημμύρες. Αντιθέτως, οι μηχανές αντίδρασης τοποθετούνται με τρόπο ώστε να μειώνεται το φαινόμενο της σπηλαιώσης.



Εικόνα 32: Τοποθέτηση άξονας περιστροφής [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]

- **Ειδική ταχύτητα μηχανών(ns):** Ορίζεται ως η περιστροφική ταχύτητα σε στρ/μιν την οποία θα είχε ένας υδροστρόβιλος εάν ήταν αναλογικά τόσο μικρός, ώστε να παράγει ισχύ 1HP με $H=1$ m (όπου H =υψομετρική διαφορά). Η ειδική ταχύτητα (ns) ορίζεται από τον τύπο:

$$ns = n \frac{\sqrt{P}}{h^{\sqrt[3]{h}}} \quad (3)$$

Όπου n =οι στροφές ανά λεπτό του στροβίλου
 P =η ισχύς του στροβίλου σε HP
 h =ύψος υδατοπτώσεως σε μέτρα

Η έννοια της ειδικής ταχύτητας αποτελεί σημαντικό κριτήριο για τους υδροστροβίλους διότι συγκρίνει το μέγεθος των μηχανών ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής. Επίσης αποτελεί χαρακτηριστική ιδιότητα των μηχανών όπου οφείλεται στην σχεδίαση τους.

Η ταχύτητα περιστροφής ρυθμίζεται ανάλογα με την διάμετρο του στροβίλου, δηλαδή αν θέλουμε να αυξήσουμε την ταχύτητα περιστροφής τότε θα μειώσουμε την διάμετρο της μηχανής. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να χρησιμοποιηθούν πολλές μηχανές μαζί για την επιθυμητή παραγωγή ισχύος.

Από την παραπάνω σχέση, επίσης, προκύπτουν και οι στροφές(n) του στροβίλου ανά λεπτό:

$$n = ns \frac{h^{\sqrt[3]{h}}}{\sqrt{P}} \text{ στρ}/\text{min} \quad (4)$$

Ο συσχετισμός στροφών, ισχύς και ύψος αποτελεί κύριο άξονα για την επιλογή τύπου υδροστροβίλων που θα τοποθετηθούν σε έναν υδροηλεκτρικό σταθμό. Σε περιπτώσεις μεγάλης υδατόπτωσης χρειάζεται να τοποθετηθεί υδροστρόβιλος με μικρή ταχύτητα (Pelton). Αντιθέτως, σε μικρή υδατόπτωση, χρειάζεται μεγάλη ταχύτητα (Kaplan).

Στη συνέχεια δίνονται τυπικές τιμές ειδικών ταχυτήτων στους διάφορους τύπους υδροστροβίλων:

- Δράσεως (όπως Pelton) : 1-20 στρ/min
- Αντιδράσεως (όπως Francis) : 20-120 στρ/min
- Προώθησης (όπως Kaplan) : 100-200 στρ/min

Οι τυπικές τιμές δηλώνουν πως οι υδροστρόβιλοι δράσεως χρησιμοποιούνται σε μεγάλα ύψη, έχουν τις μικρότερες ειδικές ταχύτητες και με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουν τις κανονικές στροφές στροβίλου και γεννήτριας. Το ακριβές αντίθετο συμβαίνει για τους υδροστροβίλους προώθησης οι οποίοι είναι κατάλληλοι για πολύ μικρά ύψη.

Εάν ο υδροστρόβιλος και η γεννήτρια συνδεθούν κατευθείαν θα πρέπει οι αριθμοί στροφών να συμπίπτουν μεταξύ τους.

Για συχνότητα 50 Hz του ηλεκτρικού δικτύου, η ταχύτητα περιστροφής της ηλεκτρογεννήτριας αποτυπώνεται από το κλάσμα:

$$n = 3000/Jp \quad (5)$$

όπου, Jp = ο αριθμός ζευγών των πόλων της γεννήτριας.

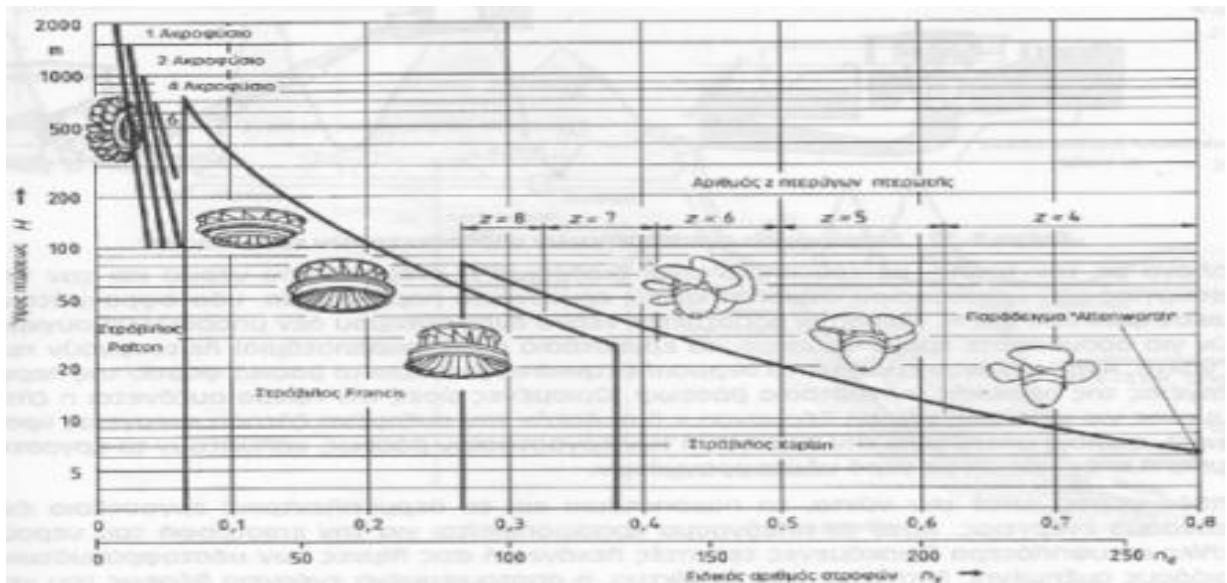
• **Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής στροφείου**

Πίνακας 3:Ενδεικτικές τιμές της ονομαστικής ταχύτητας περιστροφής [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]

Τύπος στροβίλου	Ονομαστική N (RPM)	N_{ma}
Έλικας	75-100	1,8-
Francis	500-1500	1,8-
Pelton	500-1500	1,8-
Turgo	600-1000	2
Cross-flow	60-1000	1,8-

Πίνακας 4:Ενδεικτικές τιμές n_s για 3 τύπους υδροστροβίλων [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]

Pelton		Francis		Kaplan	
H m	n_s	H m	n_s	H m	n_s στ/min
1000	12	200	70-100	40	380
800	14	150	120	30	420
600	16	100	160	20	470-600
400	20-25	85	190	15	530-700
200	25-30	50	220	10	600-800



Διάγραμμα 7: Η συνάρτηση $ns=f(H)$ με ενδεικτικές τιμές [Πηγή: Παπανίκας, Ρευστοδυναμικές μηχανές, 1^η έκδοση, Αθήνα 2012]

(Πηγή: [A5](#))

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΦΥΛΟ RETSCREEN

Η κεντρική σελίδα του λογισμικού, όπως φαίνεται παραπάνω στην εικόνα, παρουσιάζει τις δυνατότητες που έχει το πρόγραμμα και τις επιλογές που παρέχει για την κατάλληλη αξιοποίηση εκ μέρους μας. Όπως θα δούμε, σε πολλές και διαφορετικές δικτυακές τοποθεσίες εμφανίζονται παραπομπές για την εύρεση ποικίλων πληροφοριών.

Συγκεκριμένα, το RETScreen αποτελείται από έξι λογιστικά φύλλα:

- Το ενεργειακό μοντέλο
- Η υδρολογία και το φορτίο του συστήματος
- Τα στοιχεία εξοπλισμού
- Η ανάλυση κόστους
- Η ανάλυση μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και
- Η χρηματοοικονομική ανάλυση



Εικόνα 15:Κεντρική σελίδα του υπολογιστικού φύλλου RETScreen

Το υπολογιστικό φύλλο RETScreen υποστηρίζει αρχείο πληροφοριών που καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια του πλανήτη. Κατανοητό στην χρήση του, αν και παρέχεται οδηγίες χρήσης. Μεταφράζεται σε 36 γλώσσες, που σημαίνει ότι καλύπτει περίπου τα 2/3 πληθυσμού παγκοσμίως.

5.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Σε αυτό το λογιστικό φύλλο αναφέρεται το ενεργειακό μοντέλο όπου πρόκειται να επεξεργαστεί από τον χρήστη. Γίνεται η επεξεργασία και συμπλήρωση των στοιχείων παράλληλα με τα λογιστικά φύλλα Υδροληψία, φορτίο συστήματος, στοιχεία εξοπλισμού και τις διάφορες παραπομπές του κάθε φύλλου ώστε να μπορέσουμε εκ πρώτης όψεως να βγάλουμε ένα συμπέρασμα για τον υδροηλεκτρικό σταθμό που αναλύουμε. Παρακάτω θα αναλύσουμε δύο σενάρια υδροηλεκτρικών έργων.

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά των δυο υδροηλεκτρικών σταθμών που είναι υπό μελέτη.

	Υδροηλεκτρικοί σταθμοί	
	1^ο Σενάριο	2^ο Σενάριο
Υδροστροβίλος	Francis	Pelton
Αριθμός υδροστροβίλων	1	2
Ηλεκτρική ισχύς (MW)	65	88
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MW)	65	(88x2) = 176
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MW)	444	557
Ύψος φράγματος (m)	105	154
Μήκος στέψης (m)	483	562
Όγκος φράγματος (m ³)	5.1x10 ⁶	6.4x10 ⁶
Χωρητικότητα ταμιευτήρα (m ³)	154x10 ⁶	166x10 ⁶
Επιφάνεια (m ²)	22.3	27.1
Παροχή σχεδιασμού για τον υπερχειλιστή (m ³ /s)	3400	4800

5.1.2 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ

Η δεύτερη καρτέλα ονομάζεται Τοποθεσία και περιγράφει τις συνθήκες τοποθεσίας που βρίσκεται το ενεργειακό μοντέλο. Ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τα απαραίτητα στοιχεία σχετικά με το μοντέλο που επιθυμεί να δουλέψει. Κάποια από αυτά είναι, η ονομασία και η τοποθεσία του ενεργειακού μοντέλου, το υψόμετρο, οι μέγιστες απώλειες.

5.1.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Βρίσκεται στο ίδιο λογιστικό φύλλο με τις συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας και χρειάζεται από τον χρήστη να περιγράψει τα χαρακτηριστικά με βάση την κατασκευή σταθμού. Δεδομένα που πρέπει να συμπληρωθούν είναι η παροχή των υδροστροβίλων (m³/sec), οι μέγιστες υδραυλικές απώλειες, η απόδοση της γεννήτριας, οι απώλειες του μετασχηματιστή, οι παρασιτικές και ετήσιες απώλειες βλαβών, συντήρησης και πτώσης τάσης.

Μετά την συμπλήρωση των δεδομένων, ο χρήστης συμπληρώνει και το φύλλο Στοιχεία εξοπλισμού. Τελειώνοντας και αυτό το φύλλο βλέπουμε πως στο φύλλο Ενεργειακό μοντέλο, ο τύπος, ο αριθμός και η απόδοση των στροβίλων έχουν συμπληρωθεί αυτόματα.

5.1.4 ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Αποτελεί την τρίτη ενότητα του λογισμικού και εμπεριέχει όλες τις ενεργειακές παραμέτρους που εμφανίζει ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός. Συμπληρώνεται το δεδομένο CF, όπου είναι ο συντελεστής που δείχνει το ποσοστό της παροχής του ποταμού που είναι διαθέσιμο το οποίο στη συνέχεια ο υδροηλεκτρικός σταθμός θα εκμεταλλευτεί προς όφελος του.

Έπειτα, το λογισμικό μετά από ανάλυση δεδομένων θα εμφανίσει μια καμπύλη που θα δείχνει την διαθέσιμη και χρησιμοποιούμενη παροχή ως προς τον χρόνο που χρησιμοποιήθηκε και μια δεύτερη καμπύλη που θα δηλώνει την ισχύ του σταθμού ως προς τον χρόνο.

Άλλες πληροφορίες που πρέπει να εισέλθουν στο λογισμικό είναι η ελάχιστη καθορισμένη ισχύς του σταθμού (KW), η συνολική εγκατεστημένη ισχύς (KW), ο συνολικός βαθμός απόδοσης (%), το ποσό ενέργειας που προσφέρει ο σταθμός (MWh) και για απομακρυσμένο δίκτυο το ακριβές ποσό ενέργειας που προσφέρει ο σταθμός (MWh) καθώς και η περίσσια ενέργεια του υδροηλεκτρικού σταθμού (MWh).

Εφόσον έχουμε εισάγει τα δεδομένα που αναφέρονται στο υπολογιστικό φύλλο RETScreen η ετήσια παραγωγή ενέργειας για το 1^ο Σενάριο είναι 47 MWh και για το 2^ο σενάριο είναι 120 MWh.

Μανομετρικό ύψος ορίζεται η απόσταση του νερού που διανύει από την επιφάνεια του ταμιευτήρα έως και την είσοδο του στροβίλου ώστε να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια.

Παρακάτω στον πίνακα 6 και πίνακα 7 παρουσιάζονται τα στοιχεία λειτουργίας του υδροστροβίλου Francis και των δύο υδροστροβίλων Pelton για κάθε μήνα. Συγκεκριμένα έχουμε:

- W_{ap} (m^3) που ορίζεται ως ο διαθέσιμος όγκος νερού ο οποίος απαιτείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ορισμένου ποσού.
- t (h) ορίζεται ο χρόνος λειτουργίας στη διάρκεια ενός μήνα.
- H (m) ορίζεται ως το μανομετρικό ύψος του υδροστροβίλου δηλαδή την απόσταση από τον ταμιευτήρα μέχρι την αναρρόφηση του υδροστροβίλου που θα διανύσει το νερό με σκοπό την παραγωγή ενέργειας.

Για αρχή θα υπολογίσουμε την παροχή (m^3 / s) για την πρώτη γραμμή του πίνακα, δηλαδή τον **Ιανουάριο**, ως εξής:

$$Q = \frac{W_{ap}}{t \cdot 3600} \quad (6)$$

$$Q = \frac{10038964}{27,4 \cdot 3600} = 101,77 \text{ (m}^3 / \text{s)} \quad (7)$$

Ο υπολογισμός της ισχύος (MW) δίνεται από τον τύπο:

$$P_e = \frac{E_{net}}{t} \quad (8)$$

$$P_e = \frac{2130}{27,4} = 77,74 \text{ MW}$$

(9)

Όπου,

- E_{net} ορίζεται η παραγόμενη ενέργεια σε MWh.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η ειδική κατανάλωση του νερού (m^3 / kWh) από τον τύπο:

$$\lambda = \frac{W_{ap}}{E_{net} * 1000} \quad (10)$$

$$\lambda = \frac{10038964}{2130 * 1000} = 4,7 \text{ (m}^3 \text{ / kWh)} \quad (11)$$

Η υδραυλική ισχύος (MW) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$P_h = \rho * g * Q * H = 1000 * 9,81 * 101,77 * 83,14 = 83,14 \text{ MW} \quad (12)$$

Όπου,

- ρ η πυκνότητα του νερού ίση με $1000 \text{ (kg / m}^3\text{)}$,
- g η επιτάχυνση της βαρύτητας ίση με $9,81 \text{ (m / s}^2\text{)}$.

Ακόμα, ο βαθμός απόδοσης του υδροστροβίλου υπολογίζεται με τον τύπο:

$$\eta_p = \frac{P_e}{P_h} = \frac{77,64}{83,4} = 93,01\% \quad (13)$$

Τέλος, υπολογίζουμε τον όρο:

$$\frac{Q}{Q_{max}} = \frac{101,77}{116} = 0,89 \quad (14)$$

Όπου,

- Q_{max} ορίζεται ως η μέγιστη παροχή του αγωγού όπου είναι ίση με $116 \text{ (m}^3\text{/sec)}$.

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε τα δεδομένα για όλους τους μήνες και για τα δύο σενάρια που μελετάμε.

Πίνακας 6: Υπολογισμός χαρακτηριστικών υδροτροβίλου Francis για το 1ο σενάριο

Μήνας	Μονάδα	Wap	t	H	Q	Pe	Enet	λ	Ph	ηp	Q / Qmax
		m ³	h	m	m ³ / sec	MW	MWh	m ³ / kWh	MW		-
Ιαν.	1	10038964	27,40	83,14	101,77	77,74	2130,00	4,71	83,40	0,93	0,89
Φεβ.	1	10028569	26,80	82,56	102,64	71,42	1914,00	5,24	83,10	0,86	0,88
Μαρ.	1	7338630	18,30	82,34	111,39	70,33	1287,00	5,70	89,90	0,78	0,96
Απρ.	1	5288430	14,35	83,02	102,37	72,06	1034,00	5,11	83,37	0,86	0,88
Μαιος	1	2142933	4,90	83,02	121,48	74,49	365,00	5,87	98,30	0,76	0,99
Ιουν.	1	8563320	22,01	83,56	108,07	70,79	1558,00	5,50	87,04	0,81	0,96
Ιουλ.	1	20115701	56,32	83,59	99,21	70,99	3998,00	5,03	81,35	0,87	0,96
Αυγ.	1	3325710	78,11	83,28	11,83	79,44	6205,00	5,14	96,60	0,82	0,97
Σεπ.	1	6594368	17,00	83,18	107,75	87,47	1487,00	4,43	87,92	0,99	1,00
Οκτ.	1	4596786	16,68	83,17	76,55	83,27	1389,00	3,31	77,16	0,98	0,00
Νοεμ.	1	33100247	81,33	83,14	113,05	78,18	6358,00	5,21	92,20	0,85	0,97
Δεκ.	1	118240019	304,10	83,12	108,01	69,31	21078,00	5,61	88,06	0,79	0,93

Πίνακας 7: Υπολογισμός χαρακτηριστικών των υδροτροβίλων Pelton για το 2ο σενάριο.

Μήνας	Μονάδα	Wap	t	H	Q	Pe	Enet	λ	Ph	ηp	Q / Qmax
		m ³	h	m	m ³ / sec	MW	MWh	m ³ / kWh	MW	%	-
Ιαν.	1	10257441	28,33	74,45	100,57	72,54	2055	4,99	73,45	98,75	0,87
	2	27885100	68,25	74,46	113,49	80,42	5489	5,08	82,9	97,01	0,98
Φεβ.	1	10025810	24,2	74,47	115,08	77,15	1867	5,37	84,07	91,76	0,99
	2	46620101	114,2	74,48	113,40	77,62	8864	5,26	82,85	93,68	0,98
Μαρ.	1	7221507	16,28	75,32	123,22	75,55	1230	5,87	91,04	82,98	1,06
	2	4125874	10,1	75,36	113,47	75,05	758	5,44	83,88	89,47	0,98
Απρ.	1	0	20,5	76,01	0,00	0,00	0	0,00	0	0	0,00
	2	8452257	20,5	76,01	114,53	75,22	1542	5,48	85,39	88,08	0,99
Μαιος	1	2145741	5,1	76,11	116,87	78,24	399	5,38	87,26	89,65	1,01
	2	2114025	5,2	76,25	112,93	79,04	411	5,14	84,47	93,64	0,97
Ιουν.	1	8524102	21,02	76,29	112,65	74,55	1567	5,44	84,3	88,43	0,97
	2	12236895	31,01	76,34	109,61	80,14	2485	4,92	82,02	97,7	0,94
Ιουλ.	1	21330589	56,47	77,11	104,93	70,80	3998	5,34	79,37	89,2	0,90
	2	24187745	61,55	77,18	109,16	79,11	4869	4,97	82,64	95,72	0,94
Αυγ.	1	31254001	79,15	76,78	109,69	76,12	6025	5,19	82,61	92,14	0,95
	2	27524889	66,25	76,77	115,41	77,01	5102	5,39	86,91	88,61	0,99
Σεπ.	1	7889578	18,9	76,76	115,95	67,99	1285	6,14	87,31	77,87	1,00
	2	16952478	42,33	76,79	111,25	78,55	3325	5,10	83,8	93,73	0,96
Οκτ.	1	0	0	76,81	0,00	0,00	0	0,00	0	0	0,00
	2	9218857	21,2	76,81	120,79	79,58	1687	5,46	91,01	87,43	1,04
Νοεμ.	1	33485778	82,17	76,82	113,20	77,38	6358	5,27	85,3	90,71	0,98
	2	67895578	184,44	76,82	102,25	67,15	12385	5,48	77,05	87,15	0,88
Δεκ.	1	109985710	300,02	76,83	101,83	70,17	21052	5,22	76,75	91,47	0,88
	2	139985200	342,91	76,83	113,40	80,40	27569	5,08	85,45	94,08	0,98

Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρούμε πως και στα δύο σενάρια οι τιμές του μανομετρικού ύψους διαφοροποιούνται ανά μήνα.

Παρατηρούμε πως και στα δύο σενάρια η μέγιστη τιμή του μανομετρικού ύψους εμφανίζεται τον μήνα Ιούλιο καθώς η θερμοκρασία αυτόν τον μήνα είναι στο μέγιστο που μπορεί να φτάσει με αποτέλεσμα να λιώνουν οι πάγοι και να δημιουργείται μεγαλύτερη ροή νερού. Και τους χειμερινούς μήνες το μανομετρικό είναι αρκετά μεγάλο λόγω των έντονων καιρικών συνθηκών.

Στο 2^ο σενάριο παρατηρούμε επίσης πως η τιμή του μανομετρικού και στους 2 υδροστροβίλους Pelton παραμένει ίδια διότι η συνδεσμολογία τους είναι παράλληλη με αποτέλεσμα το νερό να έχει την ίδια απόσταση κάθε φορά να διανύσει. Επίσης, οι δύο υδροστροβίλοι δεν δουλεύουν στους ίδιους χρόνους και ιδιαίτερα ο 2^{ος} υδροστροβίλος λειτουργεί περισσότερες ώρες από τον 1^ο, που σημαίνει ότι ο 2^{ος} διαθέτει μεγαλύτερη ποσότητα νερού. Αυτό το φαινόμενο δημιουργείται διότι η η παροχή που εξαρτάται από την ποσότητα νερού που αξιοποιείται και ο χρόνος λειτουργίας του στροβίλου είναι μικρότερη σε σύγκριση με τον 1^ο στροβίλο. Έτσι, έχουμε σαν αποτέλεσμα μικρότερη ισχύος από τον 1^ο στροβίλο.

5.1.5 ΠΑΡΟΧΗ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Ακολουθεί ένας πίνακας όπου με αυτά τα χαρακτηριστικά μας βοηθάει να καταλάβουμε περισσότερο την συμπεριφορά των δύο υδροηλεκτρικών έργων που μελετάμε.

Για αρχή, θα υπολογίσουμε τον συντελεστή χρησιμοποίησης νερού που ορίζεται ως ο όγκος νερού προς την συνολική εισροή νερού. Ως αποτέλεσμα έχουμε τη μέση ειδική κατανάλωση νερού (m³/kWh) σύμφωνα και με τον μέσο όρο των ειδικών καταναλώσεων λ όπου τα δεδομένα έχουν υπολογιστεί παραπάνω στους πίνακες 6 & 7. Έπειτα, υπολογίζουμε την ισχύς-φορτίο (MW) ως το άθροισμα της ενέργειας P_e για κάθε στροβίλο ξεχωριστά. Το φορτίο (MW) υπολογίζεται ως το άθροισμα της ενέργειας P_h επίσης για κάθε στροβίλο ξεχωριστά. Υπολογίζεται και ο μέσος χρόνος λειτουργίας των μονάδων για κάθε μήνα με βάση όλα τα δεδομένα παραπάνω.

Ο υπολογισμός της παροχής (m³/sec) γίνεται ως εξής:

$$\text{Παροχή} = \frac{\text{Όγκος}}{t \cdot 3600} = \frac{7872563}{27,40 \cdot 3600} = 7,98 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \quad (15)$$

Έγινε ο υπολογισμός για το 1^ο σενάριο και για τον μήνα Ιανουάριο. Με τον ίδιο τρόπο γίνονται οι επόμενοι μήνες καθώς και η διαμόρφωση του 2^{ου} σεναρίου.

Πίνακας 8: Υπολογισμός παροχής για το 1ο σενάριο.

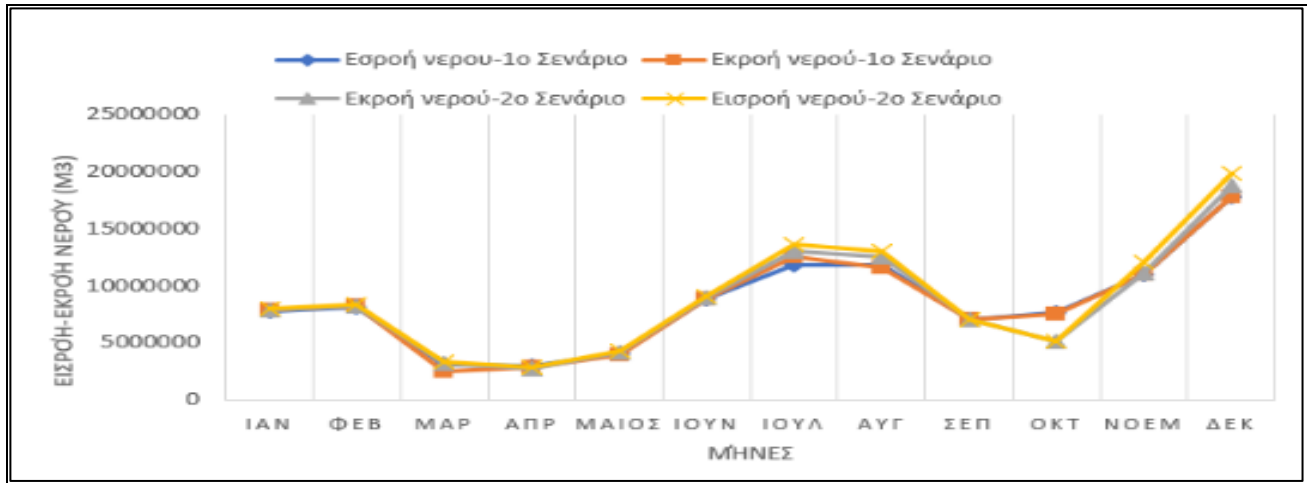
Μήνας	Συνολική εισροή νερού	Συνολική εκροή νερού	Όγκος νερού για παραγωγή ή ενέργειας	Συντελεστής χρησιμοποίησης νερού για παραγωγή ή ενέργειας	Μέση ειδική κατανάλωση νερού	Φορτίο - Ισχύς	Φορτίο	Μέσος χρόνος λειτουργίας	Παροχή
	m ³	m ³	m ³		m ³ / kWh	MW	MW	h	m ³ /sec
Ιαν	7758229	7822450	7872563	101,47	4,71	77,74	83,4	27,40	7,98
Φεβ	8122589	8263587	8254472	101,62	5,24	71,42	83,1	26,80	8,56
Μαρ	3029998	2488573	2475110	81,68	5,70	70,33	89,9	18,30	3,76
Απρ	2985764	2876495	2865943	95,9	5,11	72,06	83,37	14,35	5,58
Μαιος	4021441	3896220	3885725	96,62	5,87	74,49	98,3	4,90	2,21
Ιουν	8857333	8852101	8832660	99,72	5,50	70,79	87,04	22,01	11,15
Ιουλ	11827754	12552847	11985279	101,33	5,03	70,99	81,35	56,32	5,91
Αυγ	11752248	11528876	11567098	98,42	5,14	80,25	96,6	78,11	4,11
Σεπ	6958742	7022847	7011482	100,75	5,29	70,19	10,47	17,00	11,46
Οκτ	7588426	7435982	7395840	97,4	5,46	79,58	91,01	21,20	9,69
Νοεμ	10998520	10999527	10852793	98,67	5,21	78,18	92,2	81,33	3,71
Δεκ	17824451	17793590	17528850	98,34	5,61	69,31	88,06	304,10	16,00

Πίνακας 9: Υπολογισμός παροχής για το 2ο σενάριο.

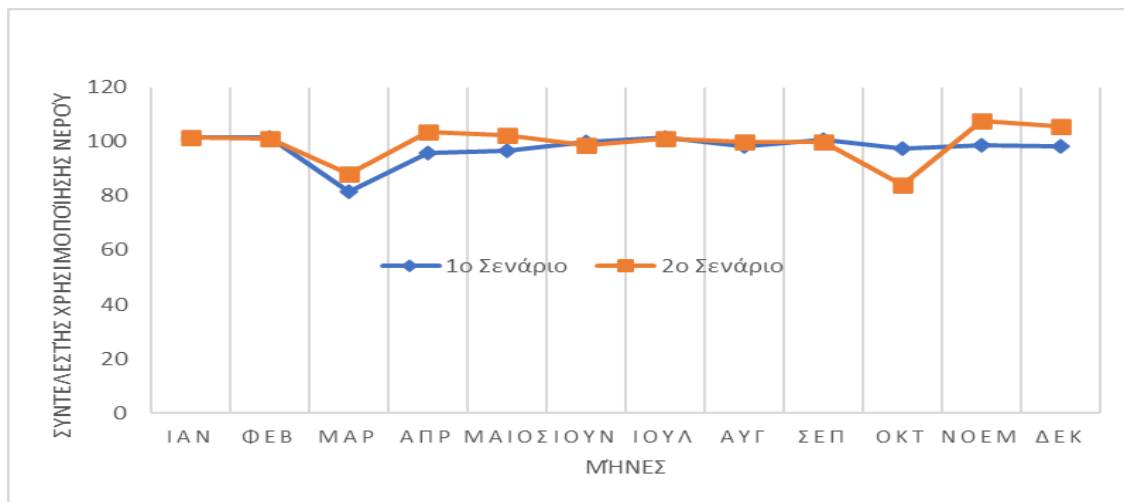
Μήνας	Συνολική εισροή νερού	Συνολική εκροή νερού	Όγκος νερού για παραγωγή ή ενέργειας	Συντελεστής χρησιμοποίησης νερού για παραγωγή ή ενέργειας	Μέση ειδική κατανάλωση νερού	Φορτίο - Ισχύς	Φορτίο	Μέσος χρόνος λειτουργίας	Παροχή
	m ³	m ³	m ³		m ³ / kWh	MW	MW	h	m ³ /sec
Ιαν	7825996	7935882	7930527	101,33	5,04	152,96	156,35	48,29	4,56
Φεβ	8233598	8322415	8310257	100,93	5,31	154,77	166,92	69,20	3,34
Μαρ	3155892	3266580	3158964	87,93	5,66	150,60	174,92	13,19	6,65
Απρ	2758639	2865493	2852401	103,4	5,48	75,22	85,39	20,50	3,8
Μαιος	4122579	4255902	4220357	102,3	5,26	154,00	87,26	5,15	2,27
Ιουν	8930558	9055278	8795634	98,48	5,18	154,68	166,32	26,02	9,39
Ιουλ	12995207	13558290	11824920	100,96	5,15	157,00	162,01	59,01	5,56
Αυγ	12558720	12998563	11420589	99,8	5,29	153,13	169,52	72,70	4,36
Σεπ	7029351	7055896	7010238	99,72	5,62	146,54	171,11	30,62	6,36
Οκτ	5042895	5120489	5112487	84	5,46	79,58	91,01	21,20	6,7
Νοεμ	11125789	12058935	11985347	107,72	5,37	144,53	162,35	133,31	2,50
Δεκ	18752203	19857742	19762548	105,38	5,15	150,57	162,2	321,47	17,1

Οι παραπάνω πίνακες 8,9, μας δείχνουν πως τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο ο συντελεστής νερού εκροής είναι μεγαλύτερος από τον συντελεστή νερού εισροής και αυτό συμβαίνει λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που υπάρχει εκείνη την περίοδο. Το ίδιο συμβαίνει και στους μήνες Νοέμβρη, Δεκέμβρη, λόγω έντονων καιρικών συνθηκών.

Τα παραπάνω δεδομένα μπορούν να αποτυπωθούν στα εξής διαγράμματα:



Διάγραμμα 8: Συνολική εισροή-εκροή νερού συναρτήσει των μηνών και για τα δύο σενάρια.

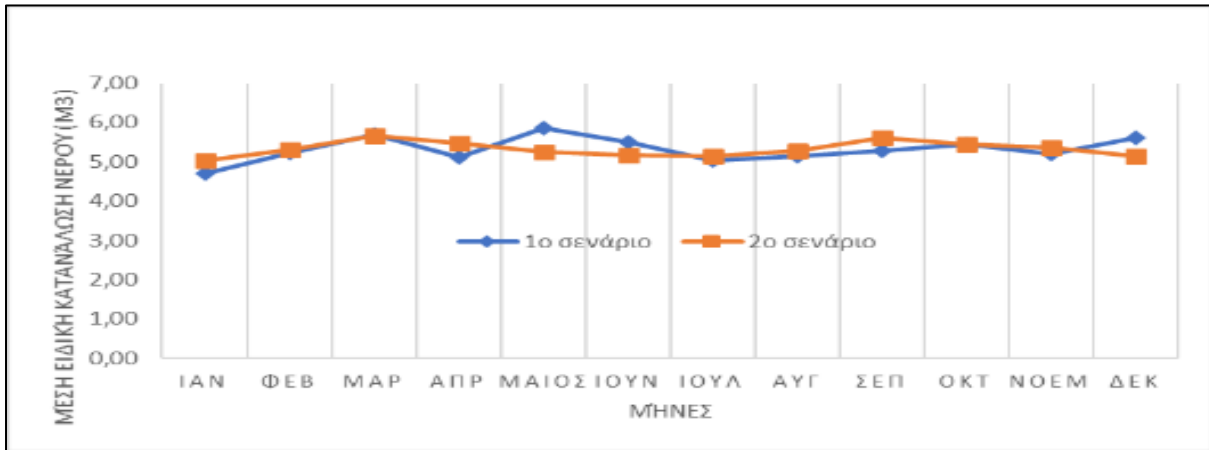


Διάγραμμα 9: Συντελεστής χρησιμοποίησης νερού για παραγωγή ενέργειας συναρτήσει των μηνών και για τα δύο σενάρια που μελετάμε.

Το παραπάνω διάγραμμα 8, παρουσιάζει την συνολική εισροή και εκροή του νερού σε συνάρτηση με τους μήνες. Παρατηρούμε, όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως πως υπάρχει αύξηση ποσότητας νερού τους καλοκαιρινούς καθώς και τους χειμερινούς μήνες. Όπως παρατηρήσαμε και παραπάνω, υπάρχει αύξηση της εκροής σε κάποιους μήνες και αυτό οφείλεται επειδή στα σημεία αυτά υπάρχουν παραπτώαμοι. Στην

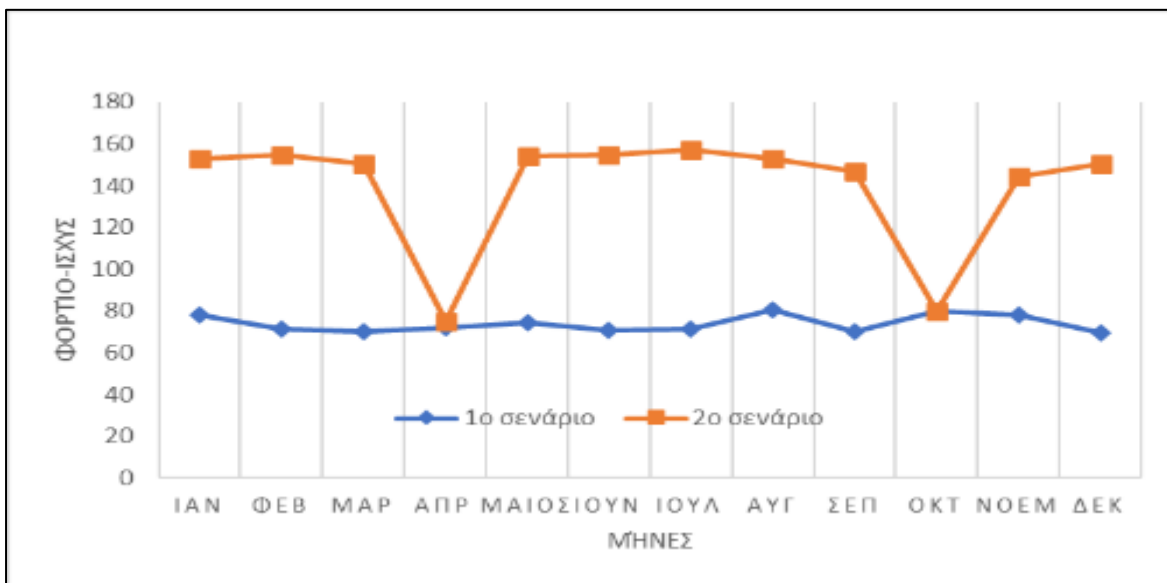
περίπτωση μας το 2^ο σενάριο παρουσιάζει μια ελάχιστα πιο αυξημένη ποσότητα νερού κατά την λειτουργία του.

Από το διάγραμμα 9, παρατηρούμε πως μεταβάλλεται ο συντελεστής χρησιμοποίησης νερού για παραγωγή ενέργειας και κυρίως τους μήνες Μάρτιο και Οκτώβρη ο συντελεστής είναι σε πιο χαμηλή τιμή σε σχέση με τους άλλους μήνες στο 2^ο σενάριο. Στο 1^ο σενάριο το μήνα Μάρτιο η τιμή είναι στην χαμηλότερη εκδοχή του και μπορεί να οφείλεται στο γεγονός πως σε εκείνους τους μήνες δεν υπάρχει κάποια απαίτηση στο συγκεκριμένο σημείο για κάλυψη ενεργειακών αναγκών.



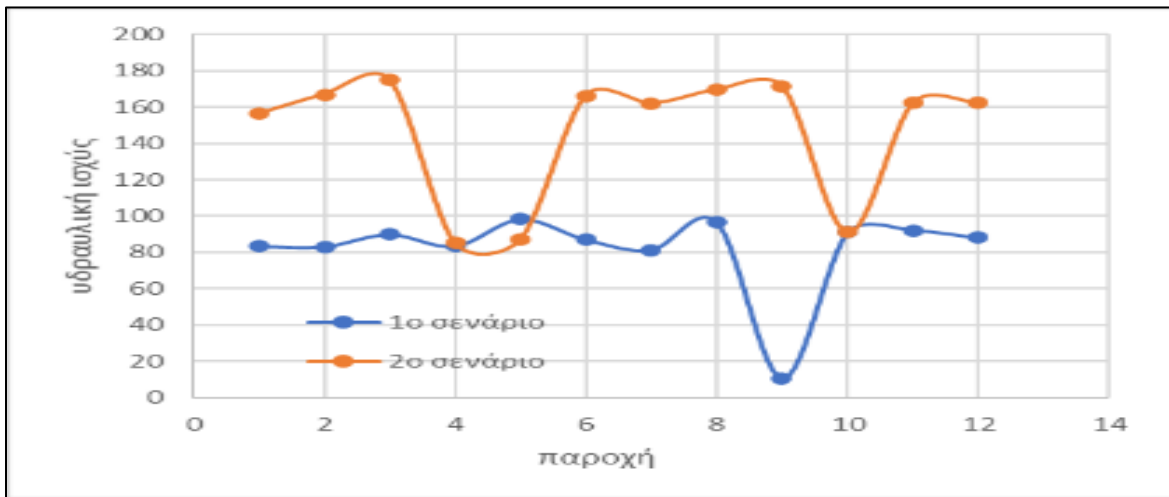
Διάγραμμα 10: Μέση κατανάλωση νερού συναρτήσει των μηνών.

Παρατηρούμε στο διάγραμμα 10, πως η μέγιστη μέση ειδική κατανάλωση νερού εμφανίζεται τον Μάρτιο και τον Μάιο. Η ειδική κατανάλωση νερού συνδέεται άμεσα με την ποσότητα νερού που γεμίζει τον ταμιευτήρα και με την ενέργεια που παράγεται κατά την λειτουργία του σταθμού.



Διάγραμμα 11: Φορτίο-ισχύς συναρτήσεϊ των μηνών.

Παρατηρούμε στο διάγραμμα 11 την μεταβολή του φορτίου συναρτήσεϊ με τους μήνες. Η μέγιστη ισχύς παρατηρείται στους καλοκαιρινούς μήνες Ιούλιο-Αύγουστο. Αντίθετα, στους μήνες Απρίλη και Οκτώβρη παρατηρείται η ελάχιστη ισχύς και αυτό μπορεί να συμβαίνει διότι μπορεί να υπάρχουν ελάχιστες απαιτήσεϊς στο μέρος αυτό τον καιρό εκείνο.



Διάγραμμα 12: Υδραυλική ισχύς συναρτήσεϊ της παροχής.

Παρατηρούμε στο διάγραμμα 12 την μεταβολή της υδραυλικής ισχύος σε συναρτήσεϊ με την παροχή για όλους τους υδροστροβίλους. Τον μήνα Ιούλιο και Αύγουστο παρατηρείται η μέγιστη υδραυλική ισχύος και εφόσον συνδέεται άμεσα με την παροχή από την σχέση:

$$Ph = \rho * g * Q * H \quad (16)$$

Τότε παρατηρείται και μέγιστη παροχή.

5.1.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

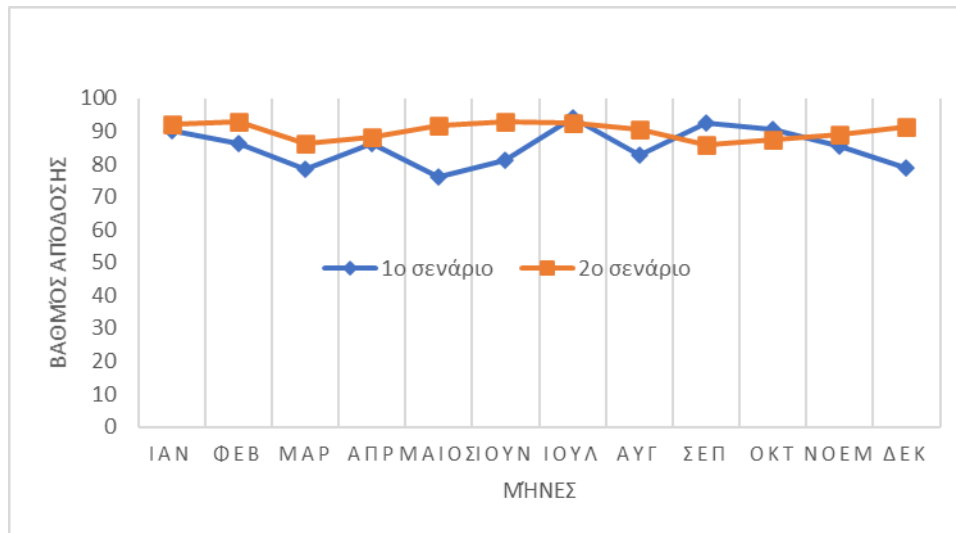
Ο βαθμός απόδοσης όπως αναφέραμε και προηγουμένως υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\eta_p = \frac{P_e}{P_h} \quad (17)$$

Στον πίνακα 10, παρουσιάζεται ο βαθμός απόδοσης και των δύο υδροηλεκτρικών σταθμών ο οποίος στο 2^ο σενάριο προκύπτει από τον μέσο όρο των δυο στροβίλων Pelton.

Πίνακας 10: Υπολογισμός βαθμού απόδοσης υδροτροβίλων 1ου & 2ου σεναρίου.

1ο σενάριο	2ο σενάριο
ΥΗΣ	ΥΗΣ
90,05	91,98
86,2	92,72
78,35	86,225
86,12	88,08
76,25	91,645
81,01	93,065
94	92,46
82,65	90,375
92,35	85,8
90,58	87,43
85,3	88,93
79	91,25



Διάγραμμα 13: Υπολογισμός βαθμού απόδοσης υδροηλεκτρικών σταθμών (1ο & 2ο σενάριο).

Παρατηρούμε όπως και στα προηγούμενα διαγράμματα πως τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχει αύξηση, που είναι φυσιολογικό διότι τους μήνες εκείνους έχουμε μεγάλη παροχή και κατά συνέπεια πολύ μεγάλη ενέργεια σε σύγκριση με τους άλλους μήνες.

5.1.7 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η ενότητα αυτή συμπληρώνεται παράλληλα με το φύλλο Ενεργειακό μοντέλο και Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας. Χωρίζεται σε δύο υποενότητες, της Υδρολογίας και του φορτίου συστήματος.

5.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Στο φύλλο Υδρολογία, οι απαραίτητες πληροφορίες που πρέπει να συμπληρωθούν κατά την είσοδο του χρήστη είναι ο τύπος του υδροηλεκτρικού σταθμού και εισαγωγή δεδομένων για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας της παροχής.

Ένας υδροηλεκτρικός σταθμός μπορεί να είναι ελεύθερης ή ρυθμιζόμενης παροχής. Όσον αφορά την σχεδίαση της καμπύλης έχουμε πως στην πρώτη περίπτωση που ο σταθμός είναι ελεύθερης παροχής η εισαγωγή δεδομένων γίνεται είτε από τον χρήστη με το χέρι είτε πρέπει να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ειδικής απορροής. Όπου επίσης, χρειάζεται να συμπληρωθεί και η έκταση της λεκάνης απορροής και η ειδική επιφάνεια. Στην δεύτερη περίπτωση, η συμπλήρωση δεδομένων γίνεται μόνο από τον χρήστη.

Επιπρόσθετα, ζητείται να συμπληρωθεί από τον χρήστη η υπολειπόμενη παροχή και το ποσοστό όπου η υπολειπόμενη παροχή είναι διαθέσιμη. Μόλις γίνει η συμπλήρωση όλων των παραπάνω δεδομένων σχεδιάζεται η καμπύλη διάρκειας της παροχής.

5.2.1 ΦΟΡΤΙΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το συγκεκριμένο φύλλο θα συμπληρωθεί μόνο στην περίπτωση που η σύνδεση του σταθμού θα είναι σε απομακρυσμένο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Εάν η εγκατάσταση είναι συνδεδεμένη με κεντρικό δίκτυο τότε το φορτίο δεν είναι απαραίτητο να οριστεί.

Για να σχεδιαστεί η καμπύλη διάρκειας του φορτίου και να συμπληρωθούν όλα τα απαραίτητα δεδομένα υπάρχουν δύο τρόποι οι οποίοι είναι οι εξής:

Ο πρώτος τρόπος είναι να εισαχθούν τα δεδομένα με το χέρι, μετά να υπολογιστεί η αιχμή του φορτίου από το λογισμικό και μετά να χαραχθεί η καμπύλη.

Ο δεύτερος τρόπος είναι να λάβει ως δεδομένο το λογισμικό τις πληροφορίες που εισάγει ο χρήστης για την αιχμή του φορτίου και μετά να επεξεργαστεί τα δεδομένα έτσι ώστε να σχεδιαστεί η απαιτούμενη καμπύλη διάρκειας του φορτίου.

Αφού συμπληρωθούν όλα τα παραπάνω δεδομένα, υπολογίζεται επίσης η ετήσια και ημερήσια ζήτηση σε ενέργεια του δικτύου, καθώς και ο μέσος συντελεστής δικτύου.

5.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Στην ενότητα αυτή γίνεται συμπλήρωση των δεδομένων μαζί με την ενότητα (5.1) όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως. Τα δεδομένα που εισάγονται στο σύστημα αφορούν κυρίως τους εξής τύπους υδροστροβίλων:

- Kaplan
- Francis
- Pelton
- Turbo
- Cross-Flow
- Propeller

Αφού γίνει η διαδικασία συμπλήρωσης δεδομένων σχεδιάζεται η καμπύλη που προσδιορίζει τον βαθμό απόδοσης των υδροτροβίλων. Έπειτα, υπολογίζεται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης (%), η παροχή (m³/sec) και τον βαθμό απόδοσης των υδροτροβίλων στην παροχή σχεδίασης των εγκαταστάσεων.

5.4 ΦΥΛΛΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ

Η διαδικασία της ανάλυσης κόστους πραγματοποιείται σε τρεις ενότητες:

5.4.1 ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ

Σε πρώτη φάση, γίνεται επιλογή της τοποθεσίας του υδροηλεκτρικού σταθμού. Έπειτα, ανάλογα την χώρα που έχει επιλεγεί πρέπει να βρεθεί η ισοτιμία που αναφέρεται σε όλα τα κόστη της κατασκευής ώστε να γίνει λεπτομερείς ανάλυση.

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω διαδικασιών, για να βρεθεί το αρχικό κόστος υπάρχουν δύο τρόποι:

➤ Η αναλυτική μέθοδος κοστολόγησης

Μέθοδος όπου αποτελείται από έξι υποενότητες:

1^η Υποενότητα: Κοστολογείται η μελέτη σκοπιμότητας του έργου. Δηλαδή περιλαμβάνονται τα κόστη της τοποθεσίας της κατασκευής, υδρολογικές έρευνες καθώς και περιβαλλοντικές, τον σχεδιασμό της εγκατάστασης, προετοιμασία αναφορών που αφορούν το έργο, μετακινήσεις των υπεύθυνων του έργου κ.α.

Π.χ. αν όλες οι διαδικασίες που έχουν αναφερθεί παραπάνω κοστολογούνται ανάλογα με τις ώρες ενασχόλησης τότε δίπλα σε κάθε μία μελέτη ξεχωριστά θα αναγράφονται οι ώρες εκτέλεσης και το ανάλογο κόστος που εκτιμήθηκε. Ενδεχομένως να υπάρξουν και επιπρόσθετα έξοδα ή και κέρδη.

2^η Υποενότητα: Κοστολογούνται οι διαδικασίες που γίνονται για να κατασκευαστεί το έργο. Περιλαμβάνουν κόστη εγγράφων που θα νομιμοποιούν την εν λόγω κατασκευής καθώς και την μετακίνηση των υπεύθυνων που έχουν αναλάβει την διαχείριση του έργου.

3^η Υποενότητα: Κοστολογούνται οι μηχανικές διαδικασίες. Δηλαδή αφορούν απαραίτητα έγγραφα (όπως συμβόλαια) και σχέδια που αφορούν το έργο. Περιλαμβάνεται και η επίβλεψη του έργου.

4^η Υποενότητα: Κοστολογείται όλος ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί για να κατασκευαστεί το έργο. Όπως, γεννήτριες, υδροστρόβιλοι, συσκευές ελέγχου. Επίσης περιλαμβάνεται στα κόστη η εγκατάσταση των παραπάνω εξοπλισμών καθώς και η μεταφορά αυτών.

5^η Υποενότητα: Κοστολογούνται διαδικασίες όπως κατασκευή δρόμου ώστε το έργο να είναι προσβάσιμο. Για αυτή την κατασκευή περιλαμβάνονται, εκκαθαρίσεις οικοπέδου, δρόμου, εκσκαφές, φράγμα, κανάλι, κ.α.

6^η Υποενοότητα: Κοστολογούνται χρέη τα οποία δεν έχουν εκτιμηθεί και μπορεί να προκύψουν κατά την διάρκεια κατασκευής του έργου.

Επομένως η τελική τιμή του αρχικού κόστους προκύπτει από το άθροισμα των πέντε παραπάνω υποενοοτήτων. Η τελευταία υποενοότητα περιλαμβάνεται στο ποσό που θα καταθέσει ο χρήστης.

➤ Η τυπική μέθοδος κοστολόγησης

Μέθοδος όπου δίνει επιλογές στον χρήστη θέτοντας του ερωτήσεις και αυτός δίνει μια απλή απάντηση τύπου ναι ή όχι. Με λίγα λόγια, το πρόγραμμα ξεκινάει παραθέτοντας ποια θα είναι η κατάσταση του υδροηλεκτρικού σταθμού (π.χ. μικρό, μεγάλο). Ο χρήστης καλείται να επιλέξει το μέγεθος χωρίς να σημαίνει ότι δεν υπάρχει η πιθανότητα απόκλισης όταν το έργο ολοκληρωθεί. Έπειτα χρειάζεται να συμπληρώσει μεταβλητές όπου θα προσδιορίσουν το αρχικό κόστος, όπως αναφέραμε παραπάνω.

Συνεχίζεται η διαδικασία με τις ερωτήσεις-απαντήσεις τύπου ναι ή όχι. Ο χρήστης θα διερωτηθεί αν υπάρχει φράγμα στην περιοχή. Στην ερώτηση αυτή θα εμφανίσει ένα κουτάκι όπου θα πρέπει να συμπληρωθεί το μήκος του φράγματος είτε το ήδη υπαρχών είτε το νέο φράγμα σε m. Επίσης, αν υπάρχει η περίπτωση ανακατασκευής δρόμου, αν θα χρησιμοποιηθεί ο δρόμος μόνο για την πρόσβαση του έργου και να χαρακτηριστεί ο βαθμός δυσκολίας του έργου αυτού. Επίσης χρειάζεται να συμπληρωθεί και εδώ το νέο μήκος του δρόμου σε km. Αν χρειάζεται να γίνει κατασκευή για τούνελ και πόσα θα μέτρα θα είναι ή κατασκευή καναλιού, το μήκος του και η κλίση που θα έχει ακόμα και αν πρέπει να τοποθετηθούν αγωγοί ύδατος όπου χρειάζεται συμπληρωθούν επίσης, το μήκος, ο αριθμός αγωγών και οι απώλειες.

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα που εισάγονται στο πρόγραμμα προκύπτει το κόστος από τις πέντε υποενοότητες που έχουν αναφερθεί παραπάνω. Τα λοιπά έξοδα που προκύπτουν τα οποία δεν περιλαμβάνονται σε καμία από τις κατηγορίες, ο χρήστης είναι υποχρεωμένος να καταθέσει το ποσό ο ίδιος και έτσι θα ολοκληρωθεί η διαδικασία του κόστους και την κατασκευή του σταθμού.

[Πηγή: Πεύκος Τ., Μανωλάς Γ., Πτυχιακή εργασία: Υδροηλεκτρική ενέργεια και οικονομική μελέτη με τη βοήθεια του λογιστικού RETSCREEN].

5.4.2 ΕΤΗΣΙΑ ΚΟΣΤΗ

Περιγράφονται και υπολογίζονται τα ετήσια κόστη για την λειτουργία και την συντήρηση του υδροηλεκτρικού σταθμού.

Χρειάζεται να ερευνηθεί αν η περιοχή στην οποία θα κατασκευαστεί ο σταθμός έχει αγοραστεί ή όχι. Αν δεν έχει αγοραστεί τότε πρέπει ετησίως να καταθέτεται το ανάλογο ποσό για την ενοικίαση του. Κοστολογείται και η εκμετάλλευση του ποταμού για την χρήση του έργου όπου είναι ανάλογο της ισχύος σχεδίασης του σταθμού με συντελεστή που ορίζεται αποκλειστικά από τον χρήστη σε €/kW συν τα ασφάλιστρα. Ακόμα, στο ποσό λαμβάνουν υπόψιν τα ανταλλακτικά που θα διαθέσουν σε τυχόν αστοχίες καθώς και τη συντήρηση των καλωδίων μετάδοσης ισχύος που συνδέονται με την γεννήτρια.

Στον προϋπολογισμό των ετήσιων εξόδων συμπεριλαμβάνεται και η συντήρηση του έργου. Η εργασία αυτή προϋποθέτει άτομα. Η καταμέτρηση ατόμων είναι ανάλογη με τον αυτοματισμό ελέγχου που απαιτείται. Επομένως, το κόστος υπολογίζεται ετησίως ανά άτομο σε (€).

Ακόμα, περιλαμβάνονται λογιστικά έγγραφα, χρέη σε τράπεζες, επικοινωνία για την διοίκηση και ότι άλλο αφορά την διαχείριση του έργου. Σίγουρα, θα προκύψουν και έξοδα που ήταν εκτός προϋπολογισμού, τα οποία καλύπτονται από τον χρήστη.

Οι παραπάνω συνολικές ενέργειες εκφράζουν το ποσό που δύναται να κατατεθεί ετησίως για την λειτουργία και διαχείριση του υδροηλεκτρικού σταθμού.

5.4.3 ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΚΟΣΤΗ

Στα περιοδικά κόστη περιλαμβάνεται η πίστωση για το τέλος της ωφέλιμης ζωής του έργου καθώς επίσης η αντικατάσταση, επιδιόρθωση και συντήρηση γεννητριών και υδροστροβίλων.

5.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ

Η καρτέλα αυτή περιέχει έναν προϋπολογισμό ανάλυση κόστους του έργου. Δύναται να καθοριστεί η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των καυσίμων που έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς κάθε καύσιμο εμπεριέχει τον δικό του συντελεστή εκπομπής. Αυτό σημαίνει πως, ένα καύσιμο όσο περισσότερη συμμετοχή έχει στην διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας άλλη τόση συμμετοχή έχει και στην εκπομπή αερίων θερμοκηπίων. Η ανάλυση αυτή υφίσταται προαιρετική και καθορίζεται από το χρήστη για το αν αυτοί οι υπολογισμοί θα πραγματοποιηθούν.

5.6 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Σε αυτό το λογιστικό φύλλο αναφέρονται αναλυτικά όλα τα κόστη που έχουν αναφερθεί προηγουμένως για την υλοποίηση του έργου. Ωστόσο, προστίθενται και επιπλέον κόστη που αναλύουν αν το έργο συμφέρει να υλοποιηθεί από οικονομικής άποψης.

Το φύλλο της χρηματοοικονομικής ανάλυσης διακρίνεται σε 4 κατηγορίες:

➤ **Ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο:**

Σε αυτό το φύλλο περιέχονται δεδομένα που παρουσιάζονται και στο φύλλο ενεργειακό μοντέλο. Αναφέρεται στην τοποθεσία όπου γίνεται η υλοποίηση του έργου, στο είδος εφαρμογής, δηλ. αν είναι μικρός, μεσαίος ή μεγάλος υδροηλεκτρικός σταθμός. Επίσης, ένα μέρος της ενέργειας που δίνεται από τον υδροηλεκτρικό σταθμό (MWh), την πλεονάζουσα ενέργεια και την ισοδύναμη ενεργειακή απαίτηση, την χωρητικότητα του υδροηλεκτρικού σταθμού (KW), την αιχμή του απομονωμένου δικτύου (KW) καθώς και την κρίση του χρήστη για το αν θα επιλέξει να γίνει ανάλυση κόστους. Στην περίπτωση που ο χρήστης δηλώσει καταφατική απάντηση στην μείωση ανάλυσης κόστους εκπομπής αερίων

θερμοκηπίου τότε συμπληρώνεται επιπλέον και η καθαρή μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

➤ **Χρηματοοικονομικοί παράμετροι:**

Αφορά τα έξοδα που σχετίζονται με την μείωση ποσότητας υγρών ή αέριων καυσίμων και έχουν ως μονάδα μέτρησης \$/lt. Μετά ακολουθεί μια σειρά ενεργειών από τον χρήστη, ο οποίος καλείται να συμπληρώσει δεδομένα εσόδων-εξόδων. Αρχικά, εισάγει τον ρυθμό αύξησης ενεργειακού κόστους (%), τον πληθωρισμό (%), τον κύκλο ζωής του έργου και το επιτόκιο προεξόφλησης (%). Εισαγωγή νέων δεδομένων γίνονται επίσης και αν υπάρχει κάποιο κέρδος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Όπως, ο χρόνος παραγωγής ενέργειας, ο ρυθμός αύξησης των κερδών (%), το κέρδος σε χρηματικές μονάδες ανά τόνο CO₂, η διάρκεια εφαρμογής της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου καθώς και ο ρυθμός αύξησης των κερδών αυτών (%). Επίσης, αν υπάρχει γίνεται συμπλήρωση της καρτέλας δανεισμού (%) και εφόσον ο χρήστης το επιτρέψει μπορεί να πραγματοποιήσει και την αναλυτική φορολόγηση των εσόδων. Σε αυτό το σημείο χρειάζονται να συμπληρωθούν στοιχεία όπως, το ποσοστό της φορολόγησης των εσόδων (%), τυχόν απώλειες κατά την κατασκευή του έργου, τη μέθοδο της λογιστικής απόσβεσης που θα λάβουν υπόψη καθώς και το ποσοστό (%) αυτής και το ποσοστό της φορολογικής βάσης (%). Το επιτόκιο ανατοκισμού των οφειλών και τον ορίζοντα εξόφλησης των οφειλών (%) συμπληρώνονται μόνο και εάν υπάρχει το επιτόκιο ευημερίας. Στο τέλος, ο χρήστης χρειάζεται να απαντήσει με ένα ναι ή όχι για το αν υπάρχει σύμβαση για την φορολόγηση των εσόδων και πόσο διάρκεια έχει.

➤ **Κόστη επενδύσεων:**

Σε αυτή την καρτέλα αναφέρονται περιληπτικά τα αρχικά κόστη του έργου, όπου και είχαν υπολογιστεί στο φύλλο ανάλυσης κόστους. Εάν υπάρχει παραπανήσιο ποσό ο χρήστης καλείται να συμφωνήσει ή όχι για το αν θέλει να διαθέσει το υπόλοιπο αυτό ποσό σε δωρεές κλπ. Στα περιοδικά κόστη, όπου υπάρχει και εδώ μια περιληπτική ανάλυση, σχεδιάζονται διαγράμματα που αναφέρονται στο πότε πρέπει να γίνονται οι εργασίες για τον ολοκληρωτικό σχεδιασμό του έργου και ποια είναι τα περιοδικά κόστη που επιφέρουν. Π.χ. η γεννήτρια χρειάζεται να συντηρείται κάθε 10 χρόνια. Ακόμα, αναφορά γίνεται και στα ετήσια κόστη όπως έχουν υπολογισθεί παραπάνω.

➤ **Χρηματοοικονομική βιωσιμότητα του έργου:**

Στην καρτέλα αυτή παρουσιάζεται η μέθοδος IRR (ή αλλιώς μέθοδος εσωτερικού βαθμού απόδοσης στα δεδομένα) η οποία εφαρμόζεται στα οικονομικά στοιχεία για την ολοκλήρωση του έργου. Άλλη μια εφαρμογή μεθόδου που γίνεται και ονομάζεται μέθοδος απλής είσπραξης για την επένδυση του έργου, η οποία αναθεωρεί σε πόσο χρονικό διάστημα ο επενδυτής του έργου, θα πάρει πίσω το ποσό της επένδυσης που έχει καταβάλλει. Αυτή η μέθοδος μπαίνει σε λειτουργία αφού έχει ξεκινήσει το έργο να λειτουργεί κανονικά.

Επίσης, γίνεται εφαρμογή του κριτηρίου της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ή αλλιώς ΚΠΑ) όπου δημιουργεί σύγκριση μεταξύ των προβλεπόμενων καθαρών ταμειακών

ρών (που προέρχονται από το επενδυτικό έργο) με την αρχική δαπάνη του έργου. Η εφαρμογή του κριτηρίου είναι απλή. Όταν είναι θετική η Καθαρή Παρούσα Αξία τότε το έργο γίνεται αποδεκτό διότι το θετικό άθροισμα των προβλεπόμενων ταμειακών ροών που προκύπτει ξεπερνά την αρχική δαπάνη. Για την εκλογή μεταξύ δύο έργων, επιλέγουμε αυτό που έχει μεγαλύτερη ΚΠΑ. Στη συνέχεια, γίνεται ο υπολογισμός για τις ετήσιες εξοικονομήσεις για την διάρκεια ζωής του έργου και υπολογίζεται και ο δείκτης αποδοτικότητας.

$$\text{Δείκτης αποδοτικότητας} = \frac{\text{ΚΠΑ}}{\text{Συνολικά αρχικά κόστη}} \quad (18)$$

Έπειτα, ο χρήστης πρέπει να συμπληρώσει αν επιθυμεί να γίνει ο υπολογισμός του κόστους για την παραγωγή ενέργειας και του κόστους που αφορά την μείωση εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με την απάντηση που θα συμπληρώσει ο χρήστης, υπολογίζεται και το κόστος για την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου.

Ο υπολογισμός που προκύπτει για το χρέος του έργου υπολογίζεται ως εξής:

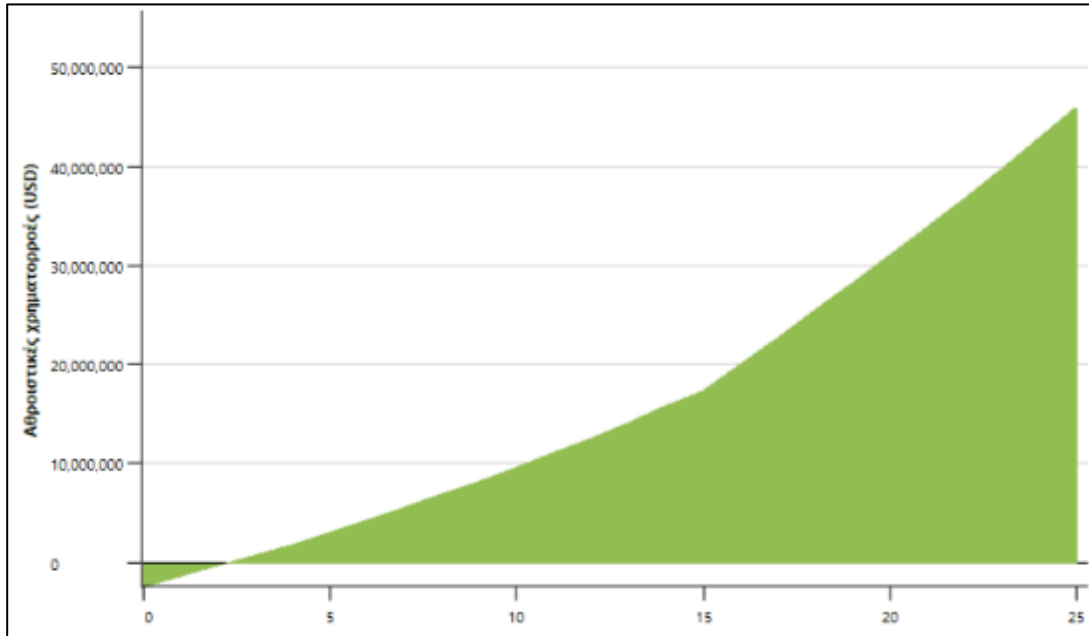
$$\text{Χρέος έργου} = (\text{αρχικά κόστη}) - (\text{αρχικά κόστη} * \text{προεξοφλητικό επιτόκιο}) \quad (19)$$

(Πηγή: [A6](#))

Παρακάτω βλέπουμε τι τιμές παίρνει το κάθε έργο ξεχωριστά με βάση όλα τα δεδομένα που έχουμε αναλύσει προηγουμένως.

Οικονομική Ανάλυση		
Οικονομικοί Παράμετροι		
Τιμή πληθωρισμού	%	2%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Τοκοχρεολύσιο	%	75%
Επιτόκιο δανεισμού	%	9%
Περίοδος χρέους	έτος	15
Συνολικά αρχικά κόστη	USD	9,793,841
Κίνητρα και επιχορηγήσεις	USD	
Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους		
Οριζόμενο από τον χρήστη	USD	231,657
Πληρωμές χρέους - 15 έτη	USD	911,260
Συνολικά ετήσια κόστη	USD	1,142,917
Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα		
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	USD	2,133,341
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ	USD	0
Λοιπά έσοδα (έξοδα)	USD	0
Έσοδα παραγωγής ΚΕ	USD	0
Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα	USD	2,133,341
Οικονομική Βιωσιμότητα		
(IRR) προ φόρου - μετοχές	%	45.8%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	13.7%
Απλή αποπληρωμή	έτος	5.2
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	2.3

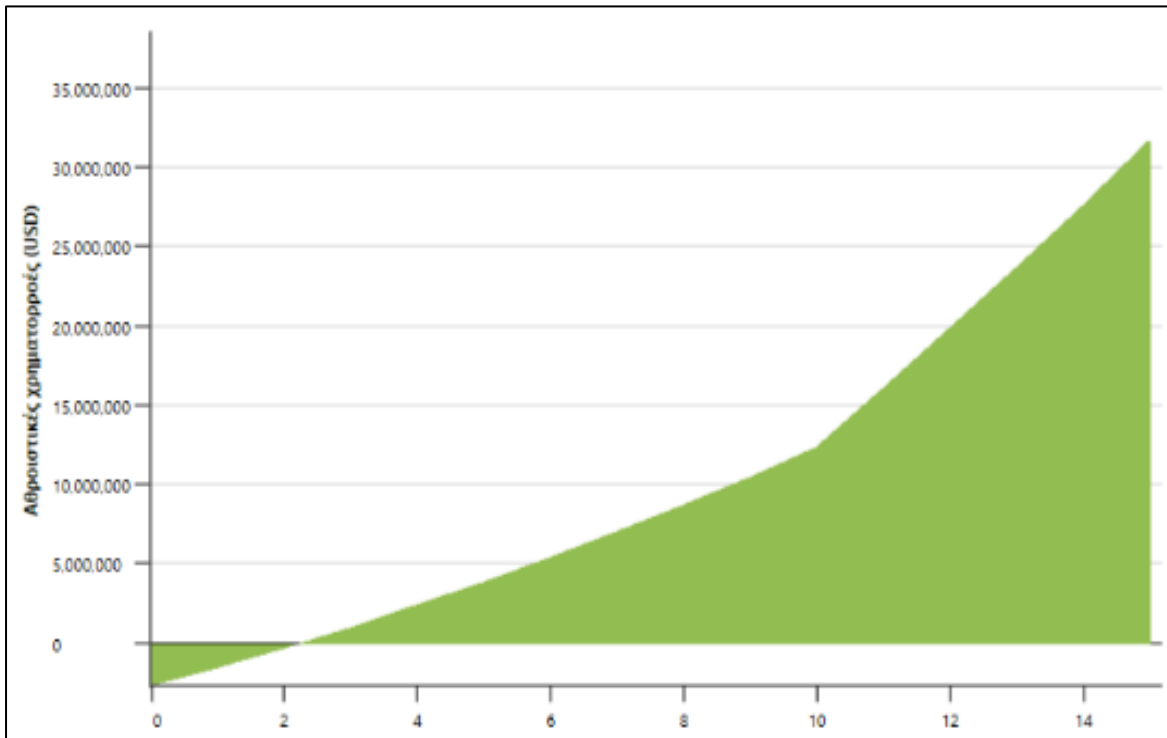
Εικόνα 33: Οικονομική ανάλυση του 1ο σεναρίου με την βοήθεια του υπολογιστικού φύλλου RETScreen Expert



Διάγραμμα 14: Χρηματοοικονομική ανάλυση του 1ο σεναρίου.

Οικονομική Ανάλυση		
Οικονομικοί Παράμετροι		
Τιμή πληθωρισμού	%	2,5%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	15
Τοκοχρεολύσιο	%	80%
Επιτόκιο δανεισμού	%	9%
Περίοδος χρέους	έτος	10
Συνολικά αρχικά κόστη	USD	13,657,000
Κίνητρα και επιχορηγήσεις	USD	
Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους		
Οριζόμενο από τον χρήστη	USD	268,096
Πληρωμές χρέους - 10 έτη	USD	1,702,428
Συνολικά ετήσια κόστη	USD	1,970,524
Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα		
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	USD	3,065,629
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ	USD	0
Λοιπά έσοδα (έξοδα)	USD	0
Έσοδα παραγωγής ΚΕ	USD	0
Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα	USD	3,065,629
Οικονομική Βιωσιμότητα		
(IRR) προ φόρου - μετοχές	%	49%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	10.8%
Απλή αποπληρωμή	έτος	4.9
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	2.3

Εικόνα 34: Οικονομική ανάλυση 2ου σεναρίου από το υπολογιστικό φύλλο RETScreen Expert



Διάγραμμα 15:Χρηματοοικονομική ανάλυση του 2ου σεναρίου.

5.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παραπάνω μελέτη μας βοηθάει να αποκτήσουμε μια ολική εικόνα μεταξύ δυο υδροηλεκτρικών σταθμών, από τα μέρη τα οποία απαρτίζονται μέχρι τι υπολογισμούς χρειάζεται να γίνουν για την σωστή λειτουργία τους στην τοποθεσία που επιθυμούμε. Είναι εφικτό να προσδιορίσουμε το χρονικό διάστημα που λειτουργούν οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί καθώς και την κατανάλωση ενέργειας που παράγουν και με τον τρόπο αυτό να τους αξιοποιήσουμε κατάλληλα και στο έπακρον. Η σχεδίαση των διαγραμμάτων βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση για την λειτουργία των στροβίλων που χρησιμοποιούνται για το κάθε έργο ξεχωριστά.

Το RETScreen είναι ένα υπολογιστικό φύλλο ιδιαίτερα χρήσιμο σε αυτές τις μελέτες. Γίνεται περισσότερο κατανοητός ο σχεδιασμός του υδροηλεκτρικού σταθμού καθώς επίσης και για τον χρήστη που εισάγει τα δεδομένα για να τα μελετήσει του είναι εύχρηστο με αποτέλεσμα να κάνει την δουλειά του ξεκούραστα, πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη επίγνωση.

Αρχικά αναλύουμε τα μέρη που απαρτίζουν έναν υδροηλεκτρικό σταθμό, τους υδροστροβίλους που υπάρχουν και την χρησιμότητα τους καθώς και πιο περιβάλλον είναι προσβάσιμο για αυτούς. Τι επιπτώσεις θα υπάρχει στο περιβάλλον και πως μπορούμε να τις μειώσουμε ανάλογα με την κατασκευή του.

Έπειτα, επιλέγουμε δυο σενάρια υδροηλεκτρικών σταθμών από το υπολογιστικό πρόγραμμα RETScreen το οποίο αναλυτικά εμφανίζει σε καρτέλες που διαθέτει, τα χαρακτηριστικά των υδροστροβίλων καθώς και τα οικονομοτεχνικά τους.

Σύμφωνα με το υπολογιστικό φύλο RETScreen και τους υπολογισμούς που αναπτύξαμε για την καλύτερη κατανόηση λειτουργίας των έργων έγινε δημιουργία διαγραμμάτων από κοινού ώστε να γίνει η απαραίτητη σύγκριση.

Και τα δύο σενάρια είναι λειτουργικά και κατάλληλα για να χρησιμοποιηθούν και να παράξουν ενέργεια κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες το κάθε ένα ξεχωριστά. Αυτό που θα προτιμήσουμε να αξιολογήσουμε ως το πιο κατάλληλο για την χρησιμότητα του ωστόσο είναι το σενάριο με υδροστρόβιλο Francis και ισχύς 6500kW. Η αποδοτικότητα του κατά την λειτουργία του φέρει ως αποτέλεσμα την λιγότερο δαπανηρή αλλοίωση του περιβάλλοντος καθώς και την περισσότερο εξοικονόμηση ενέργειας. Λειτουργεί αποδοτικά και γρήγορα. Οι παρεμβάσεις που θα χρειαστεί να γίνουν για την κατασκευή του είναι οικονομικά περισσότερο προσβάσιμες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ:

1. Παπανίκας « Ρευστοδυναμικές Μηχανές», Αθήνα 2012.
2. Παπαντώνης Ε. Δημήτριος, Μικρά υδροηλεκτρικά έργα, Δεκέμβριος 2016Σ.Ν.Καπλάνης, «Περιβάλλον και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας», 1^η έκδοση, Αθήνα 2003.
3. Βατάλλης, «Εισαγωγή στο δίκαιο ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας», Νοέμβριος 2007.
4. Τσόγκας Χρήστος Ε., «Υδροδυναμικά έργα», 1^η έκδοση, Θεσσαλονίκη 2018.
5. Παναγιωτόπουλος, Υδροηλεκτρικά έργα, Κ.Α.Π.Ε
6. Διαχείριση υδάτινων πόρων, τμήμα γεωργικών μηχανών και αρδεύσεων, ΤΕΙ Λάρισας.
7. Αύλακα, Διπλωματική εργασία, Μελέτη μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού στην περιοχή της Ευρυτανίας, Πάτρα 2019.
8. Πεύκος Τ., Μανωλάς Γ., Πτυχιακή εργασία: Υδροηλεκτρική ενέργεια και οικονομική μελέτη με τη βοήθεια του λογιστικού RETSCREEN

ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ:

A1: <http://www.allaboutenergy.gr/YdravlikiEnergeia.html>

A2: http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4768/depelec_79.pdf?sequence=1&isAllowed=y

A3: https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMA367/MYS_Karlis.pdf

A4: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1119/1/02_chapter_8.pdf

A5: <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/8194/%CE%A0%CE%91%CE%93%CE%99%CE%9F%CE%9B%CE%9B%CE%91%CE%A1%CE%99%20%CE%91%CE%A1%CE%9C%CE%A0%CE%95%CE%A1%CE%99%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

A6: <https://dias.library.tuc.gr/view/14762>

A7: <https://core.ac.uk/download/pdf/228081165.pdf>

A8: https://www.ypethe.gr/sites/default/files/archivefiles/2008_11_synedrio_fragmaton_-_oi_ydroilektrikoι_stathmoi_tis_dei_-_i._g._argyraki.pdf

A9: <https://aivazis.gr/pdf/PAGES-FROM-ISXIS-MIKRON-IDROSTROVILON.pdf>