



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ**



**ΜΑΥΡΟΚΟΤΑΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ, ΑΜ: 6903**

**ΜΠΑΜΠΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΑΜ:6912**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2022**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της δημιουργίας υδροηλεκτρικών σταθμών είναι μια πρακτική διαδεδομένη και μάλιστα συγκαταλέγεται στις ανανεώσιμες πηγές. Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια παρουσιάζουν πολλά περιβαλλοντολογικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας αφού δεν υπάρχει εκπομπή καυσαερίων αλλά και λειτουργικά πλεονεκτήματα καθώς η συντήρηση τους και η λειτουργία τους είναι πολύ εύκολη. Συνήθως όμως δημιουργούν ανακατατάξεις στα οικοσυστήματα λόγω της μεγάλης ανθρώπινης παρέμβασης στην φύση προκειμένου να καταστεί εκμεταλλεύσιμη η ποσότητα του νερού.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται ο ΗΥΣ Λάδωνα. Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια γενική περιγραφή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Κατόπιν στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η συγκεκριμένος υδροηλεκτρικός σταθμός από τη λεκάνη απορροής μέχρι και τον υποσταθμό. Ακολουθεί το τρίτο κεφάλαιο, όπου παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των υδροτροβίλων που χρησιμοποιούνται στο εργοστάσιο (Francis) αλλά και των υπόλοιπων τύπων υδροτροβίλων (Pelton, Kaplan, κλπ). Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η μελέτη του σταθμού κατά την οποία θα επαληθευτεί, με βάση τα στοιχεία που έχουν δοθεί από τη ΔΕΗ, η ηλεκτρική ισχύς των γεννητριών του εργοστασίου.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	I
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	II
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	V
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	V
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενικά .....	1
1.2 Τύποι Υδροηλεκτρικών Σταθμών .....	1
1.2.1 Εγκατάσταση Δέσμησης Ύδατος (Φράγμα) .....	2
1.2.2 Εκτροπή.....	2
1.2.3 Αντλία αποθήκευσης .....	3
1.3 Τα μέρη ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου .....	5
1.4 Κυριότερα πλεονεκτήματα των μεγάλων ΥΗΣ .....	6
1.5 Επιπτώσεις μεγάλων ΥΗΕ στο περιβάλλον .....	7
1.6 Τεχνικοί Όροι υδροηλεκτρικής ενέργειας .....	8
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΤΗΣ ΔΕΗ Α.Ε. ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ.....	19
2.1 Γενικά .....	19
2.2 Ιστορικό .....	19
2.3 Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί στην Ελλάδα σήμερα.....	20
2.4 Σύντομη περιγραφή ΥΗΣ .....	21
2.4.1 Αχελώος.....	21
2.4.2 Αλιάκμονας.....	21
2.4.3 ‘Αραχθος.....	22
2.4.4 Νέστος.....	22
2.4.5 Λάδωνας .....	22

2.4.6	Ταυρωπός.....	23
2.4.7	Λούρος .....	23
2.4.8	Μόρνος.....	23
2.4.9	Εδεσσαίος (Βόδας).....	23
2.5	Οι ΥΗΣ ως εγκαταστάσεις πολλαπλού σκοπού .....	24
2.5.1	Παραγωγή Ενέργειας.....	24
2.5.2	Επικουρικές Υπηρεσίες .....	24
2.5.3	Αντιπλημμυρική Προστασία .....	24
2.5.4	Αρδέυσεις .....	24
2.5.5	υδρευση .....	24
2.5.6	Ναυταθλητισμός .....	25
2.5.7	Αλιεία.....	25
2.5.8	Αναψυχή .....	25
2.5.9	Αναβάθμιση περιβάλλοντος .....	25
2.5.10	Ενεργειακή συμβολή των ΥΗΣ στο εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα .....	25
3	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΗΣ ΛΑΔΩΝΑ .....	28
3.1	Λεκάνη απορροής.....	28
3.2	Λίμνη .....	30
3.3	Φράγμα.....	31
3.4	Υπερχειλιστές φράγματος .....	31
3.5	Σήραγγα εκτροπής – εκκένωσης λίμνης και θύρες αυτής.....	32
3.6	Υδρολυψία.....	32
3.7	Σήραγγα προσαγωγής.....	32
3.8	Πύργος εκτονώσεως.....	33
3.9	Δικλείδα πεταλούδα και αγωγός υπό πίεση .....	33

3.10	Κτήριο σταθμού .....	34
3.11	Περιστροφική δικλείδα .....	34
3.12	Υδροστρόβιλος.....	35
3.13	Ρυθμιστής στροφών .....	35
3.14	Ανακουφιστική βαλβίδα .....	36
3.15	Γεννήτριες .....	37
3.16	Έδρανα μονάδων και λίπανση αυτών .....	37
3.17	.Κυκλώματα ψύξεως .....	38
3.18	Ρυθμιστής τάσεως.....	39
3.19	Υποσταθμός ανύψωσης τάσεως 15/150KV .....	39
3.20	Υποσταθμός 15KV.....	40
3.21	Υποσταθμός 150 KV .....	41
3.22	Προστασίες σταθμού.....	42
3.23	Υδρολογικά και στοιχεία λειτουργίας .....	43
3.24	Αγωγός φυγής των μονάδων .....	43
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ.....	44
4.1	Κατάταξη των υδροστροβίλων - Υδροστρόβιλοι αντίδρασης – Υδροστρόβιλοι δράσης.....	44
4.2	Περιγραφή και λειτουργία των υδροστροβίλων δράσης. Pelton, Francis και Kaplan .....	50
4.2.1	Περιγραφή και λειτουργία των υδροστροβίλων δράσης, απώλειες, απόδοση. ....	50
4.2.2	Περιγραφή και λειτουργία των υδροστροβίλων αντίδρασης, απώλειες, απόδοση. ....	57
5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ .....	67
5.1	Παραδοχές – Δεδομένα .....	67
5.2	Πινάκες και διαγράμματα.....	67

5.3	Υπολογισμοί .....	70
5.4	Συμπεράσματα .....	71
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	72

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 4-1	<i>Περιοχές τιμών ύψους πτώσης – παροχής για την εφαρμογή υδροστροβίλων διαφόρων τύπων]</i> .....	47
Σχήμα 4-2	Διαδρομή ενός στοιχείου ρευστού από τον άνω (σημείο 1) μέχρι τον κάτω (σημείο 4) ταμιευτήρα. ....	52
Σχήμα 4-3	Υδροστρόβιλος Kaplan με διπλό ημισπειροειδές κέλυφος.....	59

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

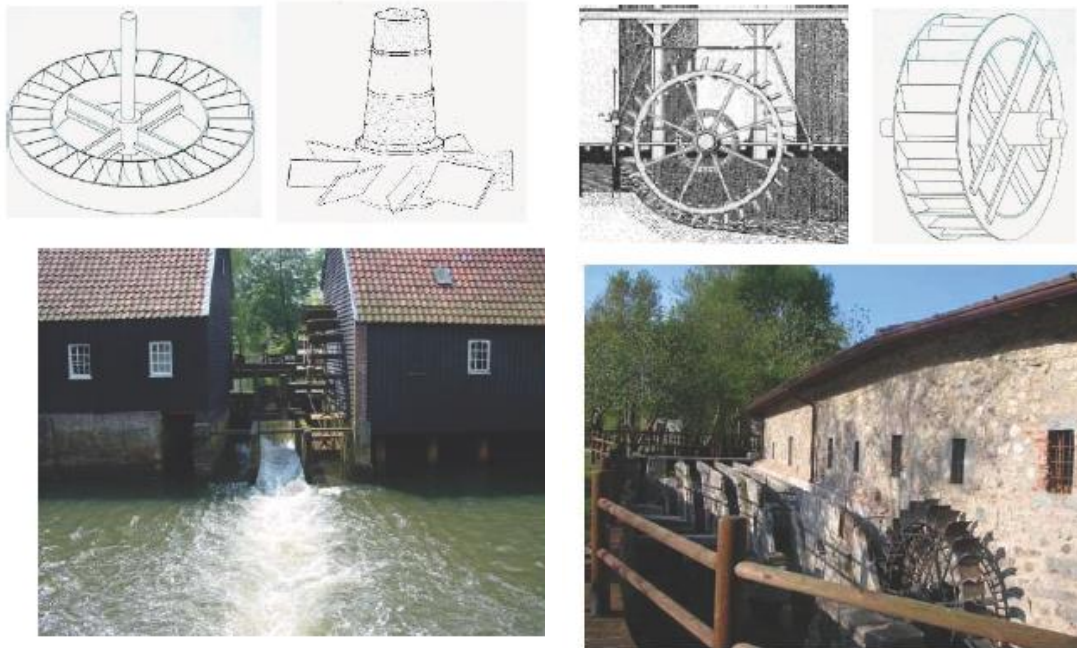
Εικόνα 1-1	Οριζόντιος υδροτροχός Κατακόρυφος υδροτροχός .....	1
Εικόνα 1-2	ΥΗΣ με φράγμα .....	2
Εικόνα 1-3	ΥΗΣ με εκτροπή .....	3
Εικόνα 1-4	Το νερό αντλείται από τη χαμηλότερη στην υψηλότερη δεξαμενή και παράγεται έτσι ενέργεια που αποθηκεύεται .....	4
Εικόνα 1-5	Το νερό απελευθερώνεται πίσω στην κάτω δεξαμενή και στρέφει έναν στρόβιλο, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια .....	4
Εικόνα 1-6	Διάγραμμα υδροηλεκτρικού εργοστασίου. Α: Ταμιευτήρας Ε: Υδατοφράκτης F: Υδαταγωγός C: Τουρμπίνα D: Γεννήτρια Β: Εγκατάσταση παραγωγής ισχύος G: Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Η: Συνέχεια ροής ποταμού 6	
Εικόνα 4-1	<i>Ομοίωμα υδροστροβίλου Pelton, ακροφύσιο με βελονοειδή βαλβίδα, στροφέιο με σκαφίδια.....</i>	45
Εικόνα 4-2	<i>Ο υδροστρόβιλος τύπου Cross-Flow ή Banki .....</i>	46
Εικόνα 4-3	<i>Φράγμα Three Gorges(Κίνα), Υδροστρόβιλος Francis.....</i>	48

Εικόνα 4-4	Φράγμα Grand Coulee(ΗΠΑ), Υδροστρόβιλος Francis .....	48
Εικόνα 4-5	Υδροστρόβιλος Pelton, Υδροηλεκτρικός σταθμός Sima (Νορβηγία)	49
Εικόνα 4-6	Υδροστρόβιλος Kaplan, Υδροηλεκτρικός σταθμός Estreito (Βραζιλία)	49
Εικόνα 4-7	<i>Αγωγός προσαγωγής του νερού στο στρόβιλο υδροηλεκτρικού σταθμού και δεξαμενή απορρόφησης υδραυλικού πλήγματος .....</i>	<i>55</i>
Εικόνα 4-8	<i>Ολόσωμο στροφείο Pelton από ανοξείδωτο χάλυβα .....</i>	<i>56</i>
Εικόνα 4-9	Σπειροειδές κέλυφος τροφοδοσίας στροβίλων αντίδρασης με ρυθμιζόμενης κλίσης ακίνητα πτερύγια οδήγησης της ροής. ....	59
Εικόνα 4-10	Ομοίωμα οδηγού πτερύγωσης σε στρόβιλο Francis(κίτρινο χρώμα, ανοικτή- κλειστή θέση).....	61
Εικόνα 4-11	Σωληνωτός υδροστρόβιλος (φαίνεται η οπή στο περίβλημα για την έξοδο του άξονα προς τη γεννήτρια)[Wikimedia] .....	62

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Γενικά

Υδροηλεκτρική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια του νερού το οποίο, μέσω υδατοπτώσεων κινεί υδροστροβίλους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας πραγματοποιούνταν από την αρχαιότητα μέσω των υδρόμυλων για το άλεσμα των δημητριακών και την κοπή ξυλείας (υδροπρίονα)



Εικόνα 1-1 Οριζόντιος υδροτροχός

Κατακόρυφος υδροτροχός

## 1.2 Τύποι Υδροηλεκτρικών Σταθμών

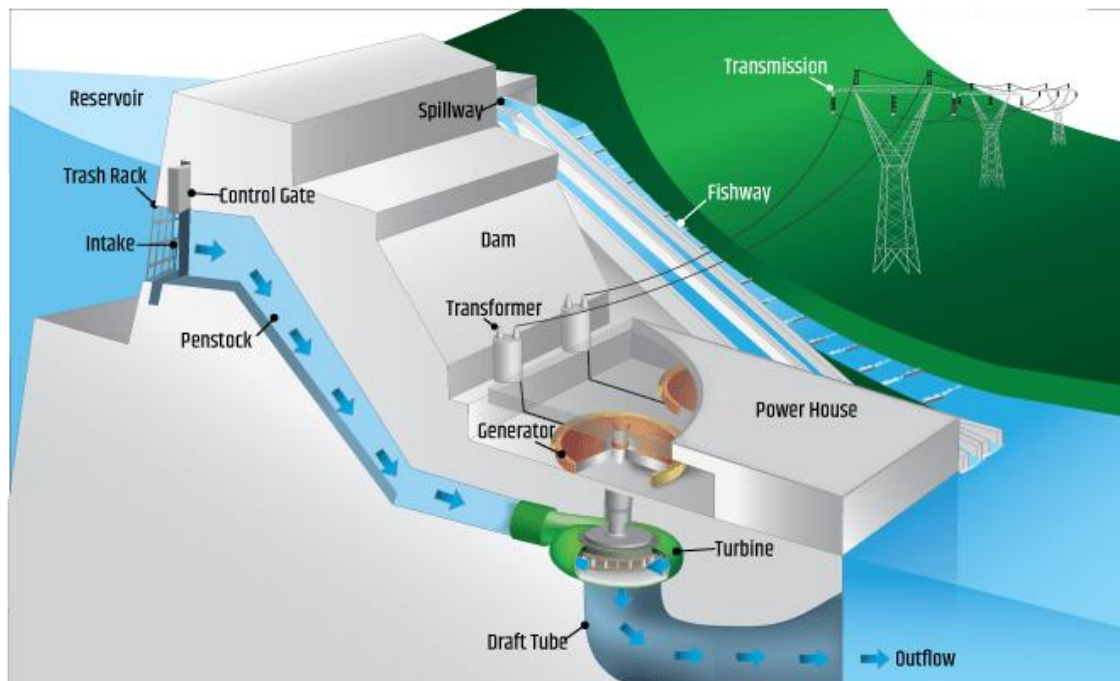
Υπάρχουν τρεις τύποι εγκαταστάσεων υδροηλεκτρικής ενέργειας: δέσμευση, εκτροπή και αντλία αποθήκευσης. Ορισμένοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούν φράγματα και άλλοι όχι. Αν και δεν κατασκευάστηκαν όλα τα φράγματα για υδροηλεκτρική ενέργεια, έχουν αποδειχθεί χρήσιμα για την άντληση τόνων ανανεώσιμης ενέργειας στο δίκτυο.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί κυμαίνονται σε μέγεθος από μικρά συστήματα κατάλληλα για ένα μόνο σπίτι ή χωριό έως μεγάλα έργα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας



### 1.2.1 Εγκατάσταση Δέσμευσης Ύδατος (Φράγμα)

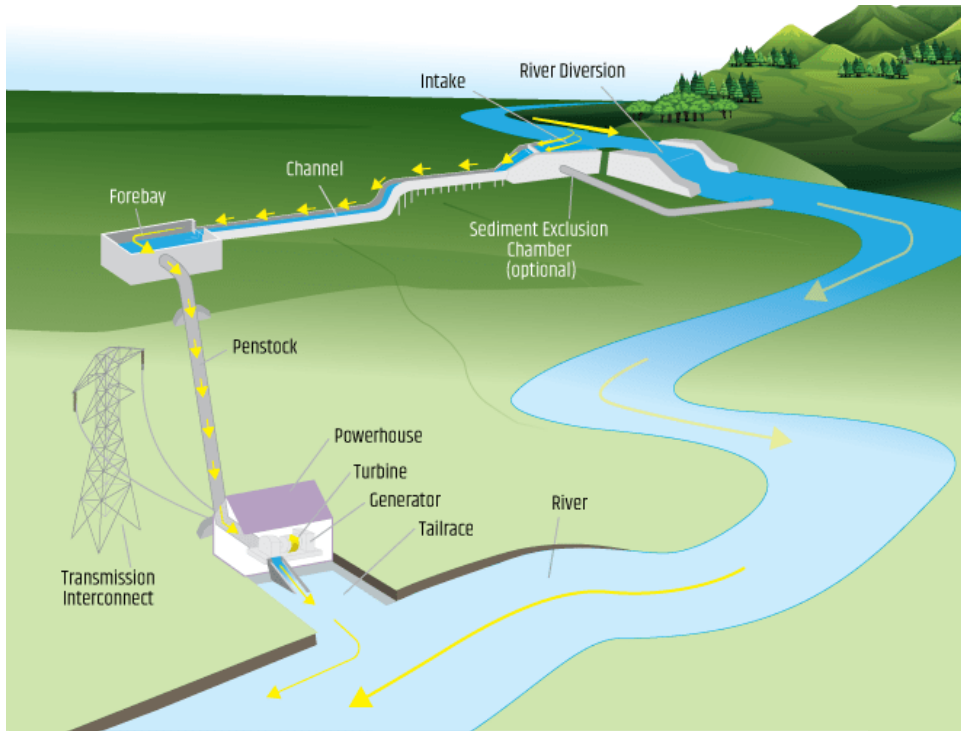
Ο πιο κοινός τύπος υδροηλεκτρικού σταθμού είναι οι εγκαταστάσεις δέσμευσης. Μια εγκατάσταση δέσμευσης, συνήθως ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό σύστημα, χρησιμοποιεί ένα φράγμα για την αποθήκευση του νερού του ποταμού σε μια δεξαμενή. Το νερό που απελευθερώνεται από τη δεξαμενή ρέει μέσω μιας τουρμπίνας, περιστρέφοντάς την, η οποία με τη σειρά της ενεργοποιεί μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το νερό μπορεί να απελευθερωθεί για να καλύψει τις μεταβαλλόμενες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια ή άλλες ανάγκες, όπως ο έλεγχος των πλημμυρών, η αναψυχή, η διέλευση των ψαριών και άλλες περιβαλλοντικές και ποιοτικές ανάγκες του νερού.



Εικόνα 1-2 ΥΗΣ με φράγμα

### 1.2.2 Εκτροπή

Μια εκτροπή, που μερικές φορές ονομάζεται εγκατάσταση «διαρροής ποταμού», διοχετεύει ένα τμήμα ενός ποταμού μέσω ενός καναλιού ή/και ενός αποθέματος για να αξιοποιήσει τη φυσική πτώση του υψομέτρου της κοίτης του ποταμού για την παραγωγή ενέργειας. Ένα κλειστός αγωγός διοχετεύει τη ροή του νερού στους στρόβιλους με τη ροή του νερού να ρυθμίζεται από πύλες, βαλβίδες και τουρμπίνες. Μια εκτροπή μπορεί να μην απαιτεί τη χρήση φράγματος.

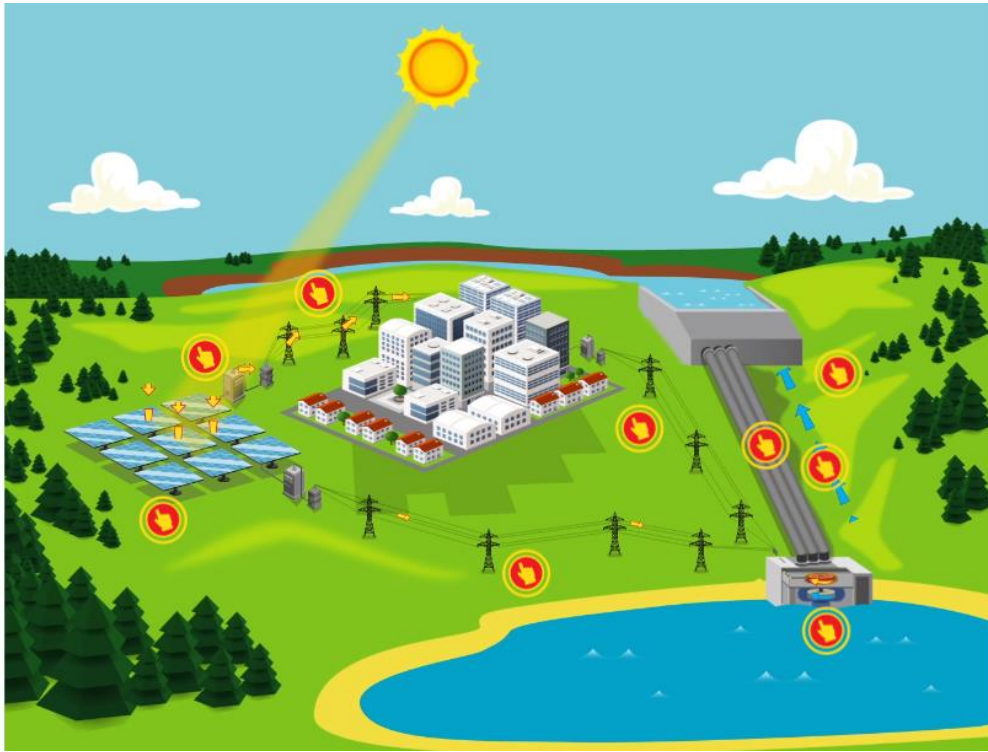


Εικόνα 1-3 ΥΗΣ με εκτροπή

### 1.2.3 Αντλία αποθήκευσης

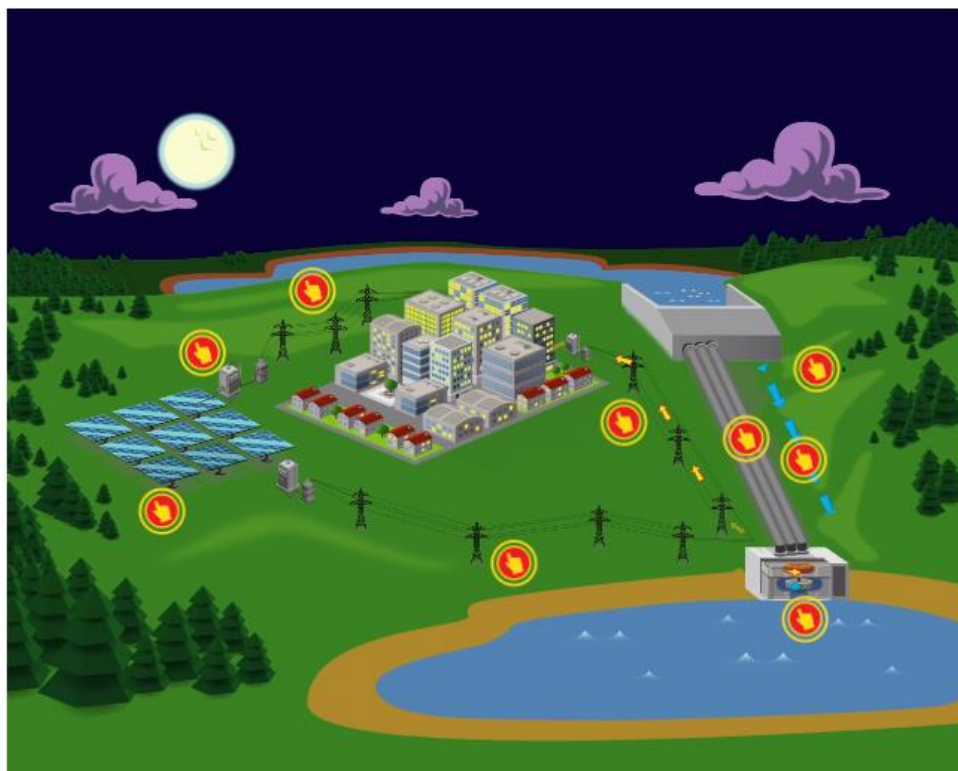
Ένας άλλος τύπος υδροηλεκτρικής ενέργειας, που ονομάζεται υδροηλεκτρική ενέργεια με αντλία αποθήκευσης, λειτουργεί σαν μια γιγάντια μπαταρία. Μια εγκατάσταση με αντλία αποθήκευσης είναι σε θέση να αποθηκεύσει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από άλλες πηγές ενέργειας, όπως ηλιακή, αιολική και πυρηνική ενέργεια, για μελλοντική χρήση. Αυτές οι εγκαταστάσεις αποθηκεύουν ενέργεια αντλώντας νερό από μια δεξαμενή σε χαμηλότερο υψόμετρο σε μια δεξαμενή σε υψηλότερο υψόμετρο.

Όταν η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια είναι χαμηλή, μια εγκατάσταση με αντλία αποθήκευσης, αποθηκεύει ενέργεια αντλώντας νερό από την κάτω δεξαμενή σε μια ανώτερη δεξαμενή.



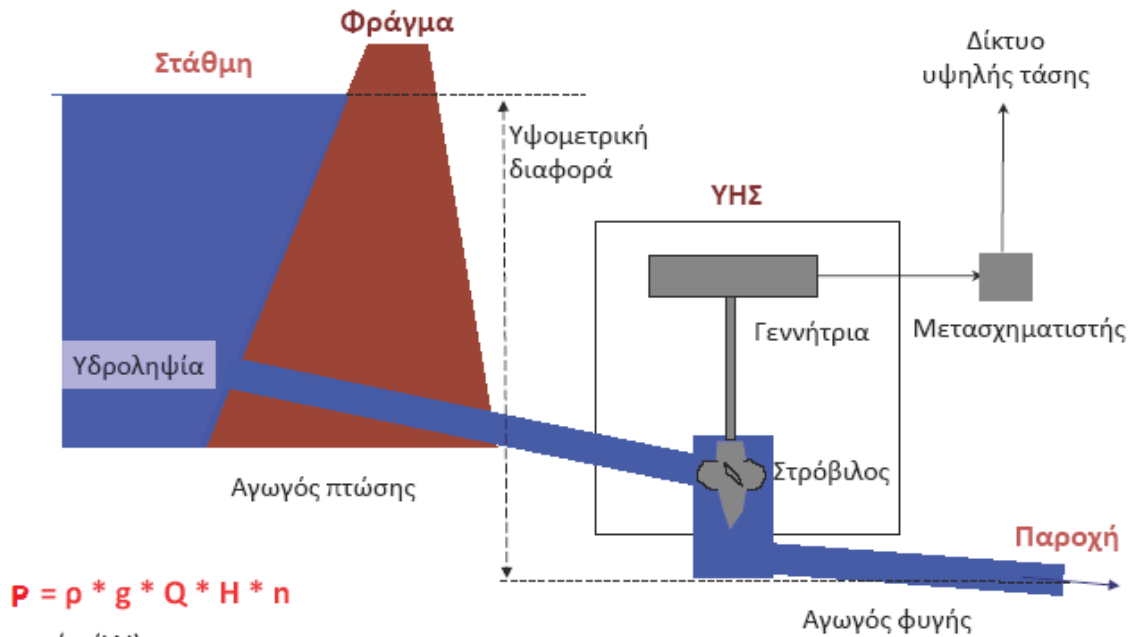
Εικόνα 1-4 Το νερό αντλείται από τη χαμηλότερη στην υψηλότερη δεξαμενή και παράγεται έτσι ενέργεια που αποθηκεύεται

Σε περιόδους υψηλής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, το νερό απελευθερώνεται πίσω στην κάτω δεξαμενή και στρέφει έναν στρόβιλο, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 1-5 Το νερό απελευθερώνεται πίσω στην κάτω δεξαμενή και στρέφει έναν στρόβιλο, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια

### 1.3 Τα μέρη ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου



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

**P:** ισχύς (W)

**ρ:** πυκνότητα νερού 1000 kg/m<sup>3</sup>

**g:** επιτάχυνση βαρύτητας 9.81 m/s<sup>2</sup>

**Q:** παροχή m<sup>3</sup>/s

**H:** υψομετρική διαφορά m

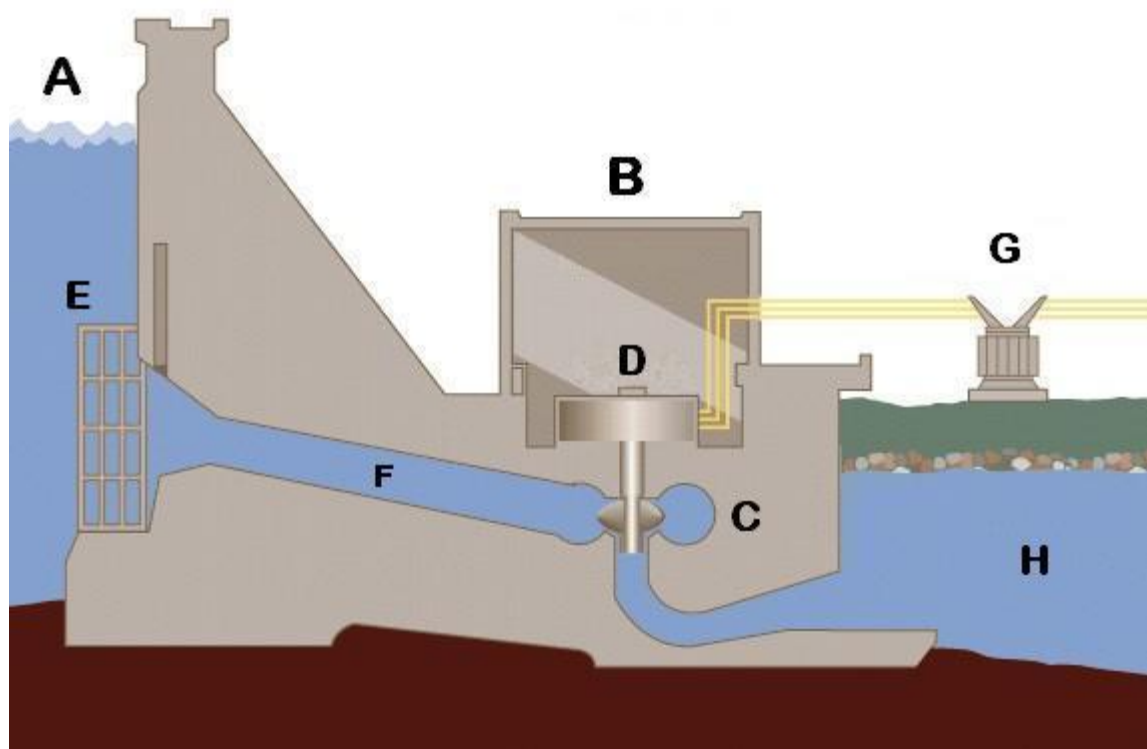
**n:** συνολικός βαθμός απόδοσης 85 %

$$P(\text{kW}) = 9.81 * Q (\text{m}^3/\text{s}) * H (\text{m}) * n$$

Το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- Αρχικά κατασκευάζεται ένα φράγμα, το οποίο συγκρατεί το νερό σε μια τεχνητή λίμνη (ταμιευτήρα). Το νερό αυτό πρέπει να μπορεί να ρέει προς τα κάτω, γι' αυτό τα φράγματα κατασκευάζονται σε σημεία με σχετικά απότομες κλίσεις της κοίτης των ποταμών. Με τη ροή αυτή η δυναμική ενέργεια του νερού του ταμιευτήρα μετατρέπεται σε κινητική.
- Στο κάτω μέρος του φράγματος τοποθετούνται υδατοφράκτες. Με τη βοήθειά τους ρυθμίζεται η ποσότητα ροής του νερού από τον ταμιευτήρα προς την τουρμπίνα μέσω του υδαταγωγού.
- Τουρμπίνα (ή τουρμπίνες, ανάλογα με το μέγεθος του εργοστασίου): Είναι συσκευές με ειδικά πτερύγια, χάρη στα οποία η κινητική ενέργεια του νερού που ρέει μετατρέπεται σε περιστροφική. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ στάθμης του ταμιευτήρα και της θέσης της τουρμπίνας προκαλεί την κίνηση του νερού, το οποίο με τη σειρά του θέτει σε κίνηση την τουρμπίνα.

- Γεννήτρια (γεννήτριες, όπως πιο πάνω): Άμεσα συνδεδεμένη στον άξονα της τουρμπίνας βρίσκεται συνδεδεμένη μια γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος, την οποία θέτει σε κίνηση η τουρμπίνα. Με τον τρόπο αυτό η κινητική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα.
- Γραμμές μεταφοράς: Από την εγκατάσταση παραγωγής ισχύος εκκινούν γραμμές μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας προς τους τόπους κατανάλωσής της.



Εικόνα 1-6 Διάγραμμα υδροηλεκτρικού εργοστασίου. Α: Ταμιευτήρας Ε: Υδατοφράκτης F: Υδατοαγωγός C: Τουρμπίνα D: Γεννήτρια Β: Εγκατάσταση παραγωγής ισχύος G: Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Η: Συνέχεια ροής ποταμού

#### 1.4 Κυριότερα πλεονεκτήματα των μεγάλων ΥΗΣ

- Γρήγορη παραλαβή και απόρριψη φορτίου, και κάλυψη των αιχμών της ζήτησης
- Μεγάλη διάρκεια ζωής
- Δεν υπάρχει υποβάθμιση του φυσικού πόρου
- Πολύ χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- Βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος (δημιουργία λίμνης και υδροβιότοπου)

- Μηδενικές εκπομπές ρύπων
- Χρήση του νερού και για άλλες ανάγκες (άρδευση, ύδρευση, περιβαλλοντική)
- Έργα υποδομής που συμβάλλουν στην ανάπτυξη της περιοχής
- Παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό ενεργειακής απόδοσης για ΑΠΕ
- Μεγάλη αξιοπιστία των υδροστροβίλων
- Παραγωγή ενέργειας χωρίς διακυμάνσεις
- Θέσεις εργασίας
- Χαμηλή έκθεση σε μεταβολές τιμών ενέργειας
- Ταμιευτήρες πολλαπλού σκοπού μεγάλων ΥΗΕ
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κάλυψη ενεργειακών αιχμών
- Άρδευσεις καλλιεργειών (σήμερα διατίθεται το 35% του ωφέλιμου
- Όγκου των υπαρχόντων ταμιευτήρων)
- Ύδρευση πόλεων
- Αντιπλημμυρική προστασία
- Ψύξη μονάδων Θερμοηλεκτρικών Σταθμών
- Βιομηχανικές χρήσεις
- Δραστηριότητες στους ταμιευτήρες (αλιεία, αναψυχή,
- Περιβαλλοντική εκπαίδευση, εναλλακτικός τουρισμός)
- Κατασκευή δρόμων και δημιουργία υποδομών
- Αναβάθμιση τοπίου, δημιουργία υδροβιότοπου

### 1.5 Επιπτώσεις μεγάλων ΥΗΕ στο περιβάλλον

- **Οπτική όχληση:** από τα έργα οδοποιίας, μεγάλα πρηνή, κατολισθήσεις σε ασταθή εδάφη, αλόγιστη διάθεση των μπαζών σε κοντινά ρέματα ή χαράδρες, αλλαγή της εμφάνισης κάποιου καταρράκτη στο εκτρεπόμενο τμήμα των νερών, επιπτώσεις από την κατάκλιση της γης, επίδραση στη γεωργία.
- **Επιπτώσεις στη χλωρίδα – πανίδα:** η παροχή στη φυσική κοίτη του ποταμού μπορεί να μηδενιστεί (επιβάλλεται η εξασφάλιση οικολογικής παροχής), αποψίλωση της βλάστησης κατά τη φάση της κατασκευής και από την κατάληψη του δημιουργούμενου ταμιευτήρα, εμπόδια στην ελεύθερη κίνηση της ιχθυοπανίδας (ειδική τεχνική κατασκευή ιχθυοδρόμου, όμως μόνο για τα μικρού ύψους φράγματα).

- **Έδαφος, επιφανειακά και υπόγεια νερά:** η διακοπή της ροής των φερτών από την υδροληψία-φράγμα δημιουργεί μακροπρόθεσμα μεταβολή στην κοίτη και την εκβολή του ποταμού, ανύψωση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, αλλαγή στις χρήσεις του νερού κατάντη του έργου υδροληψίας.

## 1.6 Τεχνικοί Όροι υδροηλεκτρικής ενέργειας

Σημείωση: Πολλοί από αυτούς τους όρους χρησιμοποιούνται ευρέως σε όλους τους ενεργειακούς τομείς και οι ορισμοί που παρατίθενται παρακάτω αναφέρονται συγκεκριμένα στη χρήση τους στη βιομηχανία υδροηλεκτρικής ενέργειας.

**Τεχνολογία ρυθμιζόμενης ταχύτητας:** Στην υδροηλεκτρική ενέργεια, αναφέρεται σε μηχανές που έχουν την ικανότητα να επιτρέπουν τη μεταβολή της ισχύος που καταναλώνεται (αντλίες) ή που παράγεται (στρόβιλοι), παρέχοντας έτσι μεγαλύτερη ευελιξία.

**Βασικό φορτίο:** Ελάχιστη ζήτηση ενέργειας σε ένα δεδομένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

**Κλίμακα λεκάνης απορροής:** Περιλαμβάνει τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή της γης που αποστραγγίζεται από έναν ποταμό και τους παραποτάμους του.

**Βιοποικιλότητα:** Η ποικιλία της ζωής στον κόσμο ή σε ένα συγκεκριμένο βιότοπο ή οικοσύστημα.

**Βιογενές:** Παράγεται ή προκαλείται από ζωντανούς οργανισμούς

**Βιολογικός σχεδιασμός:** Σχεδιασμός υδροηλεκτρικού εξοπλισμού, όπως τουρμπίνες, που λαμβάνει υπόψη τις άμεσες ή έμμεσες βιολογικές του επιπτώσεις στα ψάρια και σε άλλα υδρόβια είδη.

**Black start:** Μια διαδικασία επαναφοράς σε λειτουργία ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής χωρίς να βασίζεστε στο εξωτερικό δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

**Ισχύς όγκου:** Ισχύς από εγκαταστάσεις παραγωγής απαραίτητη για τη διατήρηση της αξιοπιστίας του συστήματος μεταφοράς.

**Προσέγγιση παράκαμψης:** Το τμήμα μιας φυσικής υδάτινης οδού μεταξύ της εισαγωγής και του αυλακιού, όπου οποιαδήποτε και όλη η ροή συνήθως προέρχεται από τον υπερχειλιστή.

**Συντελεστής χωρητικότητας (καθαρός):** Λόγος της πραγματικής παραγωγής ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής για μια χρονική περίοδο προς τη δυνητική του παραγωγή, εάν ήταν δυνατό να λειτουργεί συνεχώς με την πλήρη ισχύ της πινακίδας για την ίδια χρονική περίοδο.

**Σηλαιώση:** Φαινόμενο που επηρεάζει τους υδροηλεκτρικούς στρόβιλους όταν σχηματίζονται φυσαλίδες ατμού και εκρήγνυνται λόγω γρήγορων μεταβολών της πίεσης, δημιουργώντας κρουστικά κύματα που δημιουργούν κοιλότητες στη μεταλλική επιφάνεια.

**Έργα πολιτικού μηχανικού:** Υποδομές υδροηλεκτρικού έργου, όπως φράγματα, αγωγοί, εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, σήραγγες και αποθήκες.

**Υδροηλεκτρική αντλία αποθήκευσης κλειστού βρόχου:** Αποτελείται από δύο ταμιευτήρες που δεν συνδέονται με πηγές νερού που ρέουν φυσικά.

**Συντήρηση βάσει συνθηκών:** Πρόγραμμα συντήρησης που συνιστά ενέργειες συντήρησης με βάση τις πληροφορίες που συλλέγονται από τον εξοπλισμό παρακολούθησης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.

**Αγωγός:** Μια κατασκευή για τη μεταφορά νερού, όπως κανάλια, σήραγγες και/ή αγωγοί.

**Πύλη ελέγχου:** Ένα φράγμα που ρυθμίζει το νερό που απελευθερώνεται από μια δεξαμενή στη μονάδα παραγωγής ενέργειας.

**Κρίσιμη υποδομή:** Περιουσιακά στοιχεία που θεωρούνται ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια της ενέργειας, της οικονομίας, της υγείας ή/και της ασφάλειας, όπως δεξαμενές αποθήκευσης για παροχή νερού και διαχείριση πλημμύρας, φράγματα για παραγωγή ενέργειας και το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

**Περικοπή:** Μείωση της παραγωγής (ράμπα ή διακοπή λειτουργίας) που είναι η απάντηση μιας μονάδας παραγωγής στο αίτημα ενός διαχειριστή δικτύου ή στα σήματα της αγοράς.



**Δυνατότητες υποκατάστατων του κυβερνοχώρου:** Συστήματα σχεδιασμένα να βοηθούν στον εντοπισμό εισβολών στο υδροηλεκτρικό δίκτυο αξιολογώντας ύποπτη κίνηση δικτύου ή ασυνέπειες στα σήματα/λειτουργία του συστήματος.

**Απονιτροποίηση:** Μείωση του διαλυμένου ατμοσφαιρικού αζώτου σε μια δεξαμενή.

**Κατανομή:** Η λειτουργία μιας μονάδας παραγωγής εντός ενός συστήματος ισχύος σε καθορισμένο επίπεδο παραγωγής για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

**Κατανεμημένη παραγωγή:** Μικρά, συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα παραγωγής ενέργειας που βρίσκονται κοντά στο φορτίο που εξυπηρετούν.

**Εκτροπή:** Μια εγκατάσταση που διοχετεύει ένα τμήμα ενός ποταμού μέσω ενός καναλιού ή ενός αποθέματος.

**Σωλήνας βύθισης:** Ένας αγωγός νερού, ο οποίος μπορεί να είναι ευθύς ή καμπύλος ανάλογα με την εγκατάσταση του στροβίλου, ο οποίος διατηρεί μια στήλη νερού από την έξοδο του στροβίλου και τη στάθμη του νερού κατάντη.

**Ηλεκτρική ζήτηση:** Ο ρυθμός με τον οποίο καταναλώνεται ηλεκτρική ενέργεια σε μια δεδομένη στιγμή ή υπολογίζεται κατά μέσο όρο για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

**Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας:** Η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει μια γεννήτρια κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου.

**Ενεργειακό αρμπιτράζ:** Αγορά (αποθήκευση) ενέργειας όταν οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλές και πώληση (εκφόρτιση) ενέργειας όταν οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλές.

**Υπηρεσίες ενεργειακής ανισορροπίας (αποθεματικά):** Μια υπηρεσία αγοράς που παρέχεται για τη διαχείριση μη προγραμματισμένων αποκλίσεων στην απόδοση της μεμονωμένης γεννήτριας ή στην κατανάλωση φορτίου.

**Παραγωγή:** Η αναγκαστική διέλευση ψαριών στο νερό που ρέει σε μια τουρμπίνα ή εισαγωγή νερού ψύξης σε μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

**Περιβαλλοντικές ροές:** Ροές που απαιτούνται για την προστασία των φυσικών, πολιτιστικών και ψυχαγωγικών πόρων.

**Ψαρόσκαλα:** Μια δομή μεταφοράς για ασφαλή ανάντη διέλευση ψαριών γύρω από έργα υδροηλεκτρικής ενέργειας.

**Δομή διέλευσης ψαριών:** Δομή πάνω ή γύρω από ένα φράγμα για τη διευκόλυνση της μετακίνησης των αποδημητικών ψαριών.

**Τεχνολογία σταθερής ταχύτητας:** Μονάδες αντλιών και στροβίλων που λειτουργούν με σταθερή ταχύτητα.

**Ευελιξία:** Η ικανότητα του συστήματος ισχύος ή της μεμονωμένης μονάδας να ανταποκρίνεται γρήγορα στις διακυμάνσεις της προσφοράς ή/και της ζήτησης.

**Ροή:** Όγκος νερού, εκφρασμένος σε κυβικά πόδια ή κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο, που διέρχεται ένα σημείο σε δεδομένο χρονικό διάστημα.

**Καθεστώς ροής:** Το μέγεθος, η διάρκεια, ο χρόνος, η εποχικότητα και ο ρυθμός μεταβολής των ροών σε μια φυσική υδάτινη οδό.

**Forebay:** Κατακράτηση ή δεξαμενή αμέσως πάνω από ένα φράγμα ή μια δομή εισαγωγής σε υδροηλεκτρικό σταθμό.

**Ρύθμιση συχνότητας:** Προσπάθειες από μια αρχή εξισορρόπησης για τη διατήρηση της προγραμματισμένης συχνότητας στο δίκτυο.

**Απόκριση συχνότητας:** Δυνατότητα παραγωγής για αύξηση και μείωση της παραγωγής για τη διατήρηση της συχνότητας του συστήματος

**Γεννήτρια:** Συσκευή που μετατρέπει την περιστροφική ενέργεια από τουρμπίνα σε ηλεκτρική ενέργεια.

**Δίκτυο:** Σύστημα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

**Απώλεια κεφαλής:** Η ενέργεια που χάνεται ως ροή του νερού, που μετακινείται από το κεφαλικό νερό στο ουραίο νερό ενός φράγματος, αντιμετωπίζει τριβή λόγω παραγόντων όπως οι τουρμπίνες, οι βαλβίδες και οι αναταράξεις.

**Headwater:** Η στάθμη του νερού πάνω από το εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας ή στην ανάντη όψη ενός φράγματος.

**Υδραυλική κεφαλή:** Μέτρο της πίεσης του υγρού, που εκφράζεται ως το ύψος μιας στήλης νερού, που αντιπροσωπεύει τη συνολική ενέργεια του νερού.

**Υδροακουστική:** Υποβρύχιος ήχος. επίσης μια τεχνολογία για την παρακολούθηση της διέλευσης, της αφθονίας και της διανομής των ψαριών.

**Υδρολογικός κύκλος:** Ο φυσικός κύκλος του νερού της Γης περιλαμβάνει τις διαδικασίες εξάτμισης, συμπύκνωσης, καθίζησης, αναχαίτισης, διείσδυσης, διήθησης, διαπνοής, απορροής και αποθήκευσης.

**Hydropeaking:** Οι ασυνεχείς απελευθερώσεις νερού μέσω στροβίλων για την κάλυψη των απαιτήσεων αιχμής ενέργειας που προκαλούν διακυμάνσεις στη ροή του νερού κατάντη.

**Υδροηλεκτρική ενέργεια:** Η αξιοποίηση του ρέοντος νερού χρησιμοποιώντας ένα φράγμα ή άλλου τύπου δομή εκτροπής για τη δημιουργία ενέργειας που μπορεί να δεσμευτεί μέσω ενός στροβίλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ονομάζεται και υδροηλεκτρική ενέργεια.

**Κατακράτηση:** Υδάτινο σώμα που δημιουργείται από μια κατασκευή που εμποδίζει τη ροή, όπως ένα φράγμα.

**Ανεξάρτητος Παραγωγός Ηλεκτρικής Ενέργειας:** Κάθε οντότητα που κατέχει ή εκμεταλλεύεται εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που δεν περιλαμβάνεται στη βάση τιμολογίων της εταιρείας κοινής ωφέλειας.

**Ανεξάρτητος Διαχειριστής Συστήματος:** Οργανισμός που συντονίζει, ελέγχει και παρακολουθεί τη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας εντός μιας καθορισμένης γεωγραφικής περιοχής.

**Εισαγωγή:** Δομή που εκτρέπει το νερό από μια φυσική υδάτινη οδό στον στρόβιλο.

**Διασύνδεση:** Σημαντικά σημεία στο ηλεκτρικό δίκτυο των Ηνωμένων Πολιτειών όπου συνδέονται μεγάλα περιφερειακά δίκτυα μεταξύ τους.

**Φορτίο:** Η ποσότητα ηλεκτρικής ισχύος που παρέχεται ή απαιτείται σε οποιοδήποτε συγκεκριμένο σημείο ή σημεία ενός συστήματος.

**Παρακολούθηση φορτίου, Μετατόπιση φορτίου:** Η ικανότητα ενός υδροηλεκτρικού σταθμού να προσαρμόζει την ισχύ του καθώς η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αλλάζει κατά τη διάρκεια της ημέρας.

**Αποθεματικά παρακολούθησης φορτίου:** Διατίθεται πρόσθετη χωρητικότητα για την αντιμετώπιση της μεταβλητότητας και της αβεβαιότητας φορτίου.

**Θαλάσσιες και υδροκινητικές τεχνολογίες:** Συσκευές που συλλαμβάνουν ενέργεια από κύματα, παλίρροιες, ωκεάνια ρεύματα, τη φυσική ροή του νερού στα ποτάμια και τις θαλάσσιες θερμικές κλίσεις - - αυτές οι συσκευές αναφέρονται επίσης ευρέως ως θαλάσσια ενέργεια ή τεχνολογίες θαλάσσιας ανανεώσιμης ενέργειας. Συνήθως, αυτές οι τεχνολογίες δεν αξιοποιούν τις υδραυλικές κεφαλές ως μέρος της προσέγγισης δέσμευσης ισχύος.

**Εκσυγχρονισμός:** Αναφέρεται στην αναβάθμιση ή προσθήκη νέων δυνατοτήτων υδροηλεκτρικού συστήματος.

**Χωρητικότητα πινακίδας (εγκατεστημένη):** Η μέγιστη ονομαστική ισχύς μιας γεννήτριας ή άλλου εξοπλισμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας υπό συγκεκριμένες συνθήκες που ορίζονται από τον κατασκευαστή.

**Νέα πρόσβαση σε ρέματα:** Υποδηλώνει υδάτινες οδούς που δεν έχουν αναπτυχθεί για υδροηλεκτρική ενέργεια - αναφέρονται επίσης ως τοποθεσίες πρασίνου.

**Μη ηλεκτροκίνητα φράγματα:** Φράγματα που δεν έχουν εγκατεστημένο εξοπλισμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

**Μη περιστρεφόμενες λειτουργικές εφεδρείες:** Πρόσθετη χωρητικότητα που δεν είναι συνδεδεμένη στο σύστημα αλλά μπορεί να διατεθεί για την κάλυψη της ζήτησης εντός καθορισμένου χρόνου. Γνωστό και ως συμπληρωματικά αποθέματα.

**Υδροηλεκτρική ενέργεια αποθήκευσης με αντλία ανοιχτού βρόχου:** Αποτελείται από δύο ταμιευτήρες που συνδέονται συνεχώς με πηγές νερού που ρέουν φυσικά.

**Peaking:** Τρόπος λειτουργίας κατά τον οποίο η ισχύς παράγεται μόνο σε περιόδους αιχμής ζήτησης.

**Σταθμός ηλεκτροπαραγωγής αιχμής:** Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής που λειτουργούν για να βοηθήσουν στην εξισορρόπηση των κυμαινόμενων απαιτήσεων ισχύος του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.

**Διείσδυση:** Κλάσμα της ενέργειας που παράγεται από επιλεγμένες πηγές παραγωγής (όπως ο άνεμος και η ηλιακή) σε σύγκριση με τη συνολική παραγωγή.

**Penstock:** Ένας κλειστός αγωγός ή σωλήνας για τη διοχέτευση του νερού από το μπροστινό μέρος στους στρόβιλους στο εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας.

**Ισχύς:** Ο ρυθμός παραγωγής ή κατανάλωσης ενέργειας. Ηλεκτρική ισχύς είναι ο ρυθμός με τον οποίο η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

**Powerhouse:** Η δομή που στεγάζει γεννήτριες και στρόβιλους σε μια εγκατάσταση υδροηλεκτρικής ενέργειας.

**Πρακτικός πόρος:** Τμήμα του τεχνικού πόρου που είναι διαθέσιμο όταν λαμβάνονται υπόψη άλλοι περιορισμοί —συμπεριλαμβανομένων οικονομικών, περιβαλλοντικών και κανονιστικών—.

**Υδροηλεκτρική ενέργεια με αντλία αποθήκευσης:** Είδος υδροηλεκτρικού έργου όπου μπορεί να αποθηκευτεί και να παραχθεί ενέργεια με τη μετακίνηση νερού μεταξύ δύο ταμιευτήρων διαφορετικών υψομέτρων.

**Πιστοποιημένη Υδροηλεκτρική Εγκατάσταση:** Εγκατάσταση που ανήκει ή λειτουργεί αποκλειστικά από μια μη Ομοσπονδιακή οντότητα που παράγει υδροηλεκτρική ενέργεια προς πώληση και η οποία προστίθεται σε υπάρχον φράγμα ή αγωγό.

**Ρυθμός ράμπας:** Ο ρυθμός με τον οποίο οι ροές από το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο νερό της ουράς και κατάντη προς τη φυσική πλωτή οδό αυξάνονται ή μειώνονται.

**Δυνατότητα ράμπας:** Η ικανότητα ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να αλλάζει την ισχύ του με την πάροδο του χρόνου.

**Αδραστική παροχή:** Μέρος ηλεκτρικής ενέργειας που υποτίθεται ότι διατηρεί τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία του εξοπλισμού εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), όπως οι μετασχηματιστές.

**Περιφερειακός Διαχειριστής Μεταφοράς:** Οργανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τη μεταφορά και την παρακολούθηση της ηλεκτρικής ενέργειας σε συγκεκριμένες διακρατικές περιοχές. Παρόμοια με τους Ανεξάρτητους Διαχειριστές Συστήματος, οι οποίοι συντονίζουν, ελέγχουν και παρακολουθούν τη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας εντός μιας καθορισμένης γεωγραφικής περιοχής.

**Ρυθμιστικά αποθεματικά:** Διαθέσιμη χωρητικότητα για την παροχή γρήγορων υπηρεσιών εξισορρόπησης σε πραγματικό χρόνο.

**Αποκατάσταση:** Διαδικασία επέκτασης, αναβάθμισης και βελτίωσης της απόδοσης των υφιστάμενων υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

**Περίοδος εκ νέου αδειοδότησης:** Περίοδος κατά την οποία ο κάτοχος άδειας υδροηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να υποβάλει ειδοποίηση πρόθεσης για να δηλώσει εάν ο κάτοχος άδειας προτίθεται να αναζητήσει νέα άδεια για το έργο του (τουλάχιστον 5 χρόνια πριν από τη λήξη της άδειας) και κατά τη διάρκεια της οποίας ο κάτοχος άδειας πρέπει πράγματι να υποβάλει την αίτηση για μια νέα άδεια (τουλάχιστον 2 χρόνια πριν από τη λήξη μιας άδειας).

**Ταμιευτήρας επαναρρύθμισης :** Ταμιευτήρας που βρίσκεται κατάντη από μια μονάδα αιχμής υδροηλεκτρικής ενέργειας με ικανότητα αποθήκευσης κυμαινόμενων εκκενώσεων και απελευθέρωσης ανάλογα με τις περιβαλλοντικές ανάγκες ροής.

**Ταμιευτήρας :** Υδάτινος όγκος που συσσωρεύεται πίσω από ένα φράγμα. Δείτε επίσης κατάσχεση.

**Δυνατότητα πόρων :** Ποσότητα ισχύος που θα μπορούσε να παραχθεί από έναν συγκεκριμένο πόρο. βλέπε επίσης θεωρητικές, τεχνικές και πρακτικές δυνατότητες.

**Rotor :** Περιστρεφόμενο εσωτερικό τμήμα μιας γεννήτριας που αποτελείται από μια σειρά περιελίξεων που περιβάλλουν τους πόλους πεδίου.

**Ανώμαλη ζώνη :** Μέρος του εύρους μεταξύ ελάχιστης και μέγιστης απόδοσης που πρέπει να αποφεύγεται λόγω επιδείνωσης των επιπτώσεων στον εξοπλισμό της εγκατάστασης, π.χ. λόγω κραδασμών.

**Απορροή :** Κατακρήμνιση, τήξη χιονιού, τήξη παγετώνων ή νερό άρδευσης που εμφανίζεται σε μη ελεγχόμενα επιφανειακά ρεύματα, ποτάμια, αποχετεύσεις ή υπονόμους.

**Runner :** Το περιστρεφόμενο τμήμα του στροβίλου που μετατρέπει την ενέργεια του νερού που πέφτει σε μηχανική ενέργεια.

**Run-of-river :** Τύπος έργου υδροηλεκτρικής ενέργειας στο οποίο είναι διαθέσιμη περιορισμένη χωρητικότητα αποθήκευσης και το νερό απελευθερώνεται περίπου με τον ίδιο ρυθμό με τη φυσική ροή του ποταμού.

**Salmonid :** Οποιοδήποτε από τα διάφορα ψάρια της οικογένειας Salmonidae, που περιλαμβάνει τον σολομό, την πέστροφα, το γκριζάρισμα και το λευκόψαρο.

**Στρόβιλοι αερισμού :** Στροβίλοι που χρησιμοποιούν χαμηλές πιέσεις που δημιουργούνται από ροές που εξέρχονται από τον στρόβιλο για να προκαλέσουν πρόσθετες ροές αέρα.

**Υπερχείλιση :** Κατασκευή που χρησιμοποιείται για την απελευθέρωση ροών από ένα φράγμα σε μια κατάντη περιοχή.

**Αποθέματα περιστροφής :** Πρόσθετη, ταχέως διαθέσιμη δυναμικότητα διαθέσιμη σε μονάδες παραγωγής που λειτουργούν σε μικρότερη από τις δυνατότητές τους.

**Αποθήκευση :** Η αποθήκευση νερού σε μια δεξαμενή σε περιόδους υψηλής εισροής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

**Βιώσιμη υδροηλεκτρική ενέργεια; βιωσιμότητα :** Για την υδροηλεκτρική ενέργεια, ένα έργο ή αλληλένδετα έργα που χωροθετούνται, σχεδιάζονται, κατασκευάζονται και λειτουργούν για την εξισορρόπηση κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών στόχων σε πολλαπλές γεωγραφικές κλίμακες (π.χ. εθνική, περιφερειακή, λεκάνη, τοποθεσία) και για την εσωτερίκευση όλων των κοινωνικών, περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη και κόστος με τρόπο που παρέχει μακροπρόθεσμο καθαρό όφελος στους δημόσιους κατόχους του πόρου.

**Tailrace :** Το κανάλι που μεταφέρει νερό από ένα φράγμα.

**Tailwater :** Το νερό αμέσως κατάντη του εργοστασίου παραγωγής ενέργειας ή του φράγματος.

**Τεχνικός πόρος :** Τμήμα ενός θεωρητικού πόρου που μπορεί να συλληφθεί χρησιμοποιώντας μια συγκεκριμένη τεχνολογία.

**Θεωρητικός πόρος :** Ετήσια μέση ποσότητα φυσικής ενέργειας που είναι υποθετικά διαθέσιμη.

**Μετασηματιστής :** Μια συσκευή για την αλλαγή εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) σε υψηλότερες ή χαμηλότερες τάσεις.

**Μετάδοση :** Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από εγκαταστάσεις παραγωγής σε τοπικά συστήματα διανομής.

**Θολότητα :** Μέτρο της σχετικής διαύγειας ενός ρευστού, που χρησιμοποιείται συνήθως ως μέτρο της ποιότητας του νερού.

**Στρόβιλος :** Μηχάνημα που παράγει ισχύ στην οποία ένας τροχός ή ένας ρότορας περιστρέφεται από μια ταχέως κινούμενη ροή νερού.

**Μεταβλητή ανανεώσιμη πηγή παραγωγής :** Μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που παρουσιάζει διακυμάνσεις λόγω φυσικών συνθηκών που δεν ελέγχονται από τον φορέα εκμετάλλευσης, όπως η αιολική και η ηλιακή.

**Λεκάνη απορροής :** Γη από την οποία το νερό ρέει κατά μήκος ή κάτω από το δρόμο του προς ένα ρυάκι, ποτάμι, λίμνη ή ωκεανό.

**Weir :** Ένα φράγμα που χτίζεται κατά μήκος ενός ρέματος ή ποταμού για να αλλάξει τα χαρακτηριστικά ροής του.



**Χονδρική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας :** Είδος αγοράς όπου κάθε οντότητα που μπορεί να παράγει ενέργεια και να συνδεθεί στο δίκτυο μπορεί να ανταγωνιστεί για την πώληση της ισχύος της. η διάθεση και το ποιος εμπλέκεται ποικίλλει σε περιφερειακό επίπεδο.

**Πύλες Wicket :** Ρυθμιζόμενα στοιχεία που ελέγχουν τη ροή του νερού προς τον στρόβιλο.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΤΗΣ ΔΕΗ Α.Ε. ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ**

### **2.1 Γενικά**

Το νερό αποτελεί φυσικό πόρο, η αξία του οποίου και η σπουδαιότητα συνεχώς αυξάνεται για όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, ενώ η διαθεσιμότητα του δεν είναι πάντα εξασφαλισμένη.

Η διαχείριση του συνεπώς θα πρέπει να στοχεύει στην ορθολογιστική χρήση του με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών με τον βέλτιστο και πιο αποδοτικό τρόπο.

Η Ελλάδα κατά το πλείστον ορεινή χώρα (πάνω από 80%), συγκεντρώνει τα περισσότερα βουνά της στο βορειοδυτικό της μέρος, το οποίο, ως επί το πλείστον, προσφέρεται για υδροηλεκτρική ανάπτυξη.

- Το ετήσιο θεωρητικό υδροδυναμικό της ανέρχεται σε περίπου: 80Twh
- Το οικονομικά εκμεταλλεύσιμο υδροδυναμικό φτάνει τις: 12Twh. Μέχρι σήμερα έχει αναπτυχθεί περίπου το: 40%

### **2.2 Ιστορικό**

Η ανάπτυξη του Υδροδυναμικού της Ελλάδας ουσιαστικά συμπίπτει με την ίδρυση της ΔΕΗ Δημόσιας Επιχείρησης Κοινής Ωφέλειας το 1950. Πριν από την ίδρυση της ΔΕΗ (1950), είχαν τεθεί σε λειτουργία πολύ μικρά Υδροηλεκτρικά Εργοστάσια την περίοδο 1927 – 1931 (Γλαύκος, Βέρμιο, Αγιά Χανίων, Αγ. Ιωάννης Σερρών), συνολικής εγκατεστημένης ισχύος περίπου 6MW.

Την περίοδο 1950 – 1975 κατασκευάστηκαν οκτώ (8) Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (Άγρας, Λάδωνας, Λούρος, Ταυρωπός/Πλαστήρας, Κρεμαστά, Καστράκι, Εδεσσαίος και Πολύφυτο), συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1.410Μ. Μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνονται και οι τρεις (3) μεγαλύτεροι: Κρεμαστά, Καστράκι, Πολύφυτο.

Την περίοδο 1976 – Σήμερα κατασκευάσθηκαν 8 μεγάλοι και 3 μικροί ΥΗΣ (Πουρνάρι Ι και ΙΙ, Σφηκιά, Ασώματα, Στράτος Ι, Στράτος ΙΙ, Πηγές Αώου, Θησαυρός, Πλατανόβρυση, Γκιώνα και Μακροχώρι), συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1.630MW. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται και δύο αναστρέψιμοι Αντλητικοί Σταθμοί (Σφηκιά και Θησαυρός).

### 2.3 Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί στην Ελλάδα σήμερα

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των Υδροηλεκτρικών Σταθμών της ΔΕΗ Α.Ε. ανέρχεται σε 3.060MW. (16 μεγάλοι και 8 μικροί σταθμοί). Η συνολική μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας είναι περίπου 5000Gwh. Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί σήμερα κατατάσσονται σε τέσσερα (4) κυρίως Συγκροτήματα, σε δύο Ανεξάρτητους ΥΗΣ και σε άλλους μικρούς.

- Συγκρότημα Αχελώου: (Κρεμαστά, Καστράκι, Στράτος Ι και ΙΙ, Γκιώνα και Γλαύκος). Συνολικής Εγκατεστημένης Ισχύος 925,6MW.
- Συγκρότημα Αλιάκμονα:(Πολύφυτο, Σφηκιά, Ασώματα, Μακροχώρι, Άγρας, Εδεσσαίος, Βέρμιο). Συνολικής Εγκατεστημένης Ισχύος 879,3MW.
- Συγκρότημα Αράχθου: (Πηγές Αώου, Πουρνάρι Ι, Πουρνάρι ΙΙ, Λούρος). Συνολικής Εγκατεστημένης Ισχύος 553,9MW.
- Συγκρότημα Νέστου: (Θησαυρός, Πλατανόβρυση). Συνολικής Εγκατεστημένης Ισχύος 500MW.
- Ν. Πλαστήρας Εγκατεστημένη Ισχύς 129,9MW.
- Λάδωνας :Εγκατεστημένη Ισχύς 70MW.
- Λοιποί μικροί ΥΗΣ: (Αγ. Ιωάννης Σερρών, Αγιά, Αλμυρός). Συνολικής Εγκατεστημένης Ισχύος 1,3MW.

Η Υδροηλεκτρική Ισχύς σήμερα των 3.060MW καλύπτει το 28% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος των Συμβατικών Σταθμών η οποία ανέρχεται σε 11.079MW.

Η Μέση Ετήσια Υδροηλεκτρική Παραγωγή, ανάλογα με την υδραυλικότητα του έτους καλύπτει το 9÷10% της παραγωγής της ΔΕΗ. Ειδικά για το 2006, έτος υψηλής υδραυλικότητας, η Υδραυλική Παραγωγή ανήλθε σε 6.270Gwh δηλαδή κάλυψε το 13% της συνολικής παραγωγής της ΔΕΗ.

Η Σημερινή Οργάνωση της αρμόδιας Διεύθυνσης Εκμετάλλευσης των Υδροηλεκτρικών Σταθμών της ΔΕΗ Α.Ε. αποτελείται από τις κεντρικές Υπηρεσίες, τα τέσσερα Συγκροτήματα που προαναφέρθηκαν και τους δύο ανεξάρτητους ΥΗΣ

## 2.4 Σύντομη περιγραφή ΥΗΣ

### 2.4.1 Αχελώος

- ΥΗΣ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ: Απέχει 60km από το Αγρίνιο, τέθηκε σε λειτουργία το 1965. Έχει μεγάλο χωμάτινο φράγμα, με μεγάλο ταμιευτήρα υπερετήσιας ρύθμισης. Συνολική Ισχύς 437MW.
- ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ: Μετά τα Κρεμαστά, τέθηκε σε λειτουργία το 1970, με χωμάτινο φράγμα και λίμνη ημερήσιας ρύθμισης. Συνολική Ισχύς 320MW.
- ΥΗΣ ΣΤΡΑΤΟΥ Ι: Μετά το Καστράκι, τέθηκε σε λειτουργία το 1988. Έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 150MW.
- ΥΗΣ ΣΤΡΑΤΟΥ ΙΙ: Μικρός ΥΗΣ, έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 6,2MW.

Οι ΥΗΣ Αχελώου είναι πολύ σημαντικοί για το Σύστημα Παραγωγής γιατί συμμετέχουν περίπου στο 35 - 40% της Συνολικής Υδροηλεκτρικής Παραγωγής.

### 2.4.2 Αλιάκμονας

- ΥΗΣ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ: Κοντά στα Σέρβια Κοζάνης, τέθηκε σε λειτουργία το 1974. Έχει χωμάτινο φράγμα και ταμιευτήρα υπερετήσιας ρύθμισης. Έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 360MW. Είναι ο κύριος ταμιευτήρας, που εξασφαλίζει νερό στην Μακεδονία.
- ΥΗΣ ΣΦΗΚΙΑΣ: Κατάντη του Πολυφύτου, 25km από την πόλη της Βέροιας, με χωμάτινο φράγμα τέθηκε σε λειτουργία το 1985. Έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 315MW. Ο Σταθμός είναι αναστρέψιμος δηλαδή λειτουργεί και ως αντλητικός.
- ΥΗΣ ΑΣΩΜΑΤΩΝ: Κατάντη της Σφηκιάς τέθηκε σε λειτουργία το 1985 και έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 108MW.
- ΥΗΣ ΜΑΚΡΟΧΩΡΙΟΥ: κατάντη του ΥΗΣ Ασωμάτων. Είναι μικρός Σταθμός ροής εγκατεστημένης στην διώρυγα απαγωγής

των νερών από τα Α σώματα. Τέθηκε σε λειτουργία το 1992 και έχει εγκατεστημένη ισχύ 10,8MW.

### 2.4.3 Άραχθος

- ΥΗΣ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ: Απέχει 45km από τα Ιωάννινα, εκτρέπει μικρό μέρος των νερών του ποταμού Αώου προς τον Άραχθο. Τέθηκε σε λειτουργία το 1990 και έχει εγκατεστημένη ισχύ 210MW.
- ΥΗΣ ΠΟΥΡΝΑΡΙΟΥ I: Απέχει 4km από την πόλη της Άρτας στον ποταμό Άραχθο, τέθηκε σε λειτουργία το 1981. Διαθέτει χωμάτινο φράγμα και ταμιευτήρα υπερετήσιας ρύθμισης και έχει εγκατεστημένη ισχύ 300MW.
- ΥΗΣ ΠΟΥΡΝΑΡΙΟΥ II: Ευρίσκεται αμέσως κατάντη του ΥΗΣ Πουρναρίου I επί του ποταμού Αράχθου. Τέθηκε σε λειτουργία το 2000 και έχει εγκατεστημένη ισχύ 31,5MW.

### 2.4.4 Νέστος

- ΥΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ: Ευρίσκεται σε απόσταση 60km από την πόλη της Δράμας κοντά στο χωριό Παρανέστι. Τέθηκε σε λειτουργία το 1997. Ο Θησαυρός είναι ο δεύτερος μεγάλος αναστρέψιμος (αντλητικός) σταθμός στην Ελλάδα με εγκατεστημένη ισχύ 384MW. Το φράγμα είναι γεώφραγμα και είναι το υψηλότερο στην Ελλάδα.
- ΥΗΣ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗΣ: Ευρίσκεται κατάντη του Θησαυρού στον ποταμό Νέστο με εγκατεστημένη ισχύ 116MW. Το φράγμα του έχει κατασκευασθεί από κυλινδρικό σκυρόδεμα (RCC), μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί την ιπτάμενη τέφρα, παραπροϊόν των λιγνιτικών Σταθμών ως πρόσμιξη. Τέθηκε σε λειτουργία το 1999.

### 2.4.5 Λάδωνας

Ο ΥΗΣ Λάδωνα βρίσκεται κοντά στην Αρχαία Ολυμπία, στον ποταμό Λάδωνα. Τέθηκε σε λειτουργία το 1956 και έχει εγκατεστημένη ισχύ 70MW. Το φράγμα είναι τσιμεντένιο. Ο Σταθμός είναι μεν μικρός, αλλά πολύ παραγωγικός.

#### 2.4.6 Ταυρωπός

Ο ΥΗΣ Ν. Πλαστήρα αποτελεί την πρώτη μερική εκτροπή του Αχελώου προς το Θεσσαλικό κάμπο. Κατασκευασμένος επί του ποταμού Ταυρωπού, παραπόταμου του Αχελώου, διαθέτει Φράγμα τσιμεντένιο, τοξωτό. Ευρίσκεται σε απόσταση 40km από την πόλη της Καρδίτσας και τέθηκε σε λειτουργία από το 1962. Έχει εγκατεστημένη ισχύ 129,9MW. Αποτελεί τυπικό παράδειγμα Σταθμού Πολλαπλής Χρήσης.

#### 2.4.7 Λούρος

Ο ΥΗΣ Λούρος στον Λούρο ποταμό βρίσκεται κοντά στην Φιλιπιάδα με φράγμα τσιμεντένιο – βαρύτητας. Τέθηκε σε λειτουργία το 1954 και έχει ισχύ 10,5MW. Είναι πολύ παραγωγικός και λειτουργεί ως σταθμός ροής.

#### 2.4.8 Μόρνος

Ο ΥΗΣ Γκιώνας βρίσκεται κοντά στην Αμφισσα και έχει κατασκευασθεί στο κανάλι προσαγωγής νερού από Μόρνο προς την ύδρευση της Αθήνας. Λειτουργεί από το 1988 και έχει εγκατεστημένη ισχύ περί τα 9,6MW.

#### 2.4.9 Έδεσσαίος (Βόδας)

- ΥΗΣ ΑΓΡΑΣ: Ευρίσκεται σε απόσταση 2km από την πόλη της Έδεσσας και τέθηκε σε λειτουργία το 1956. Έχει εγκατεστημένη ισχύ 50MW.
- ΥΗΣ ΕΔΕΣΣΑΙΟΥ: Ευρίσκεται στην Έδεσσα κατόντη των καταρρακτών της Έδεσσας. Τέθηκε σε λειτουργία το 1969 και διαθέτει εγκατεστημένη ισχύ 19MW.

Τέλος υπάρχει μια ομάδα πολύ μικρών, ιστορικής σημασίας (πολύ παλαιών) ΥΗΣ με μικρή εγκατεστημένη ισχύ και παραγωγή:

- Αλμυρός και Αγιά στην Κρήτη.
- Γλαύκος στην Πάτρα (Πελοπόννησος).
- Βέρμιο στην πόλη της Βέροιας.
- Αγ. Ιωάννης κοντά στην πόλη των Σερρών.

Πρόσφατα έχει ιδρυθεί η νέα θυγατρική εταιρεία ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε. της ΔΕΗ Α.Ε. η οποία είναι στο εξής και ο ιδιοκτήτης των μικρών ΥΗΣ (ΥΗΣ με ισχύ μικρότερη των 15MW)

## **2.5 Οι ΥΗΣ ως εγκαταστάσεις πολλαπλού σκοπού**

Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί ως Εγκαταστάσεις Πολλαπλού σκοπού παίζουν πολύ σοβαρό ρόλο στην Εθνική Οικονομία και συμβάλλουν τα μέγιστα στην κοινωνική ζωή των περιοχών που βρίσκονται και λειτουργούν.

### **2.5.1 Παραγωγή Ενέργειας**

Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί συμβάλλουν σε ποσοστό περισσότερο από 9% στην συνολική παραγωγή της ΔΕΗ Α.Ε. Η παραγόμενη ενέργεια είναι «πράσινη – καθαρή» δηλαδή δεν επιβαρύνει με εκπομπές και υψηλής ποιότητας δηλαδή καλύπτει αιχμές φορτίου, έχει δε μεγάλη ευελιξία στην ένταξη της.

### **2.5.2 Επικουρικές Υπηρεσίες**

Οι ΥΗΣ εξαιτίας των ειδικών τους χαρακτηριστικών παρέχουν επικουρικές υπηρεσίες στο Ηλεκτρικό Σύστημα δηλαδή εφεδρεία ισχύος, ρύθμιση συχνότητας, τάσης, κ.λ.π.

### **2.5.3 Αντιπλημμυρική Προστασία**

Οι κύριοι ταμιευτήρες των ποταμών με την αποθηκευτική τους ικανότητα δημιουργούν ανάσχεση των πλημμυρικών φαινομένων παρέχοντας την αντιπλημμυρική προστασία στις κατάντη των ΥΗΣ περιοχές.

### **2.5.4 Αρδέυσεις**

Από τους ταμιευτήρες των ΥΗΣ αρδεύονται περίπου 5.000.000 στρέμματα συμβάλλοντας έτσι στην γεωργική παραγωγή της χώρας.

### **2.5.5 υδρευση**

Οι πληθυσμοί πολλών πόλεων υδρεύονται από τους ταμιευτήρες των ΥΗΣ (π.χ. Θεσσαλονίκη, Καρδίτσα, Αγρίνιο, Άρτα κ.λ.π.).

### 2.5.6 Ναυταθλητισμός

Πολλές περιοχές των λιμνών των ΥΗΣ χρησιμοποιούνται για ναυταθλητικές δραστηριότητες όπως θαλάσσιο σκι, κωπηλασία, καγιάκ κ.λ.π. (Λίμνη Στράτου, Λίμνη Πολυφύτου κ.λ.π.).

### 2.5.7 Αλιεία

Η αλιεία τόσο σε επαγγελματικό όσο και ερασιτεχνικό επίπεδο είναι μία από τις πολλές δραστηριότητες στους ταμιευτήρες των ΥΗΣ, οι οποίοι διαθέτουν καθαρό νερό και τους οποίους η ΔΕΗ Α.Ε. εμπλουτίζει με γόνιο ψαριών.

### 2.5.8 Αναψυχή

Οι όχθες των λιμνών είναι ιδανικές θέσεις για δημιουργία πόλων αναψυχής και τουρισμού. Χαρακτηριστικά παραδείγματα η λίμνη Πηγών Αώου, η πλαζ Λαμπερού στη Λίμνη Πλαστήρα κ.λ.π.

### 2.5.9 Αναβάθμιση περιβάλλοντος

Γενικά οι ΥΗΣ αναβαθμίζουν το περιβάλλον τους με τη δημιουργία οικοσυστημάτων στην περιοχή των λιμνών και με τη διατήρηση εντός των κοιτών των ποταμών των οικολογικών παροχών για τη διατήρηση της ιχθυοπανίδας.

### 2.5.10 Ενεργειακή συμβολή των ΥΗΣ στο εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα

Όπως έχει προαναφερθεί οι ΥΗΣ συμβάλλουν σε σημαντικό ποσοστό στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του Συστήματος. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των Μονάδων Παραγωγής της ΔΕΗ Α.Ε. στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα σήμερα ανέρχεται σε 11.612 MW από την οποία οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί διαθέτουν τα 3.060 MW, δηλαδή διαθέτουν το 26,5 % περίπου της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς της ΔΕΗ Α.Ε.

Η μέση ετήσια παραγωγή των ΥΗΣ καλύπτει περίπου το 9% της παραγόμενης ενέργειας από το Παραγωγικό δυναμικό της ΔΕΗ Α.Ε. Η ετήσια παραγωγή των ΥΗΣ εξαρτάται από την υδραυλικότητα του έτους. Με στοιχεία των τελευταίων έξι (6) ετών η ετήσια παραγωγή κυμαίνεται



από 3.150 GWh έως 6.230 GWh δηλαδή η συμμετοχή τους συνέβαλλε από 6 % έως 13 %.

Χαρακτηριστική είναι η Υδροηλεκτρική Παραγωγή κατά το έτος 2006, η οποία έφθασε τις 6.232GWh και κάλυψε το 13 % της Παραγωγής του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος.

Πέραν όμως των ποσοτικών χαρακτηριστικών η παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από τους ΥΗΣ έχει τα εξής χαρακτηριστικά, τα οποία της προσδίδουν ιδιαίτερη αξία στο Εθνικό Σύστημα.

- Η ισχύς των ΥΗΣ είναι ευέλικτη και εντάσσεται γρήγορα στο Σύστημα. Η αναφερόμενη ιδιότητα καθιστά πολύτιμη τη συμβολή της στην κάλυψη αιχμών φορτίου (σε περιόδους αυξημένης ζήτησης), με την αντίστοιχη ενέργεια να αποτελεί ενέργεια υψηλής οικονομικής αξίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ένταξη μιας Υδροηλεκτρικής μονάδας στο Σύστημα απαιτεί μόλις λίγα λεπτά ώστε από ακινησία να παραλάβει το πλήρες της φορτίο. Έτσι οι Υδροηλεκτρικές μονάδες παρέχουν εφεδρεία ισχύος που αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος. Η ευελιξία τους, η ικανότητα τους δηλαδή σε γρήγορες αυξομειώσεις του φορτίου, τις καθιστά πολύ χρήσιμες στην παροχή Επικουρικών Υπηρεσιών δηλαδή στη συμβολή τους στη ρύθμιση των χαρακτηριστικών του Συστήματος (Συχνότητα, Τάση κλπ) δηλαδή στοιχεία που εξασφαλίζουν την ποιότητα της Ηλεκτρικής Ενέργειας.
- Η παραγόμενη ενέργεια είναι «πράσινη», ή καθαρή χωρίς ρύπους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια μέση παραγωγή της τάξεως των 5.000 GWh κατ' έτος από ΥΗΣ υποκαθιστά, εκπομπές ρύπων CO<sub>2</sub> που είναι της τάξης των 3 ÷ 8 εκατομμυρίων τόνων CO<sub>2</sub> κατ' έτος ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου που υποκαθιστά (φυσικό αέριο ή λιγνίτη). Από αυτό προκύπτουν τα προφανή οικολογικά και περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση της Υδροηλεκτρικής Παραγωγής αλλά και τα οικονομικά οφέλη για την ΔΕΗ Α.Ε. και κατ' επέκταση της Εθνικής Οικονομίας από το εναλλακτικό σενάριο αγοράς δικαιωμάτων ρύπων των οποίων το κόστος είναι πολύ υψηλό. Τρέχουσες τιμές της αγοράς είναι της τάξης των 15€/ton, (τιμές από 8 έως 28€/ton), οπότε το κόστος αγοράς

ισοδύναμων δικαιωμάτων κυμαίνεται από 45 έως 100 εκ. € ανά έτος.

- Ορισμένοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί της ΔΕΗ Α.Ε. όπως ο ΥΗΣ Σφηκιάς και ο ΥΗΣ Θησαυρού λειτουργούν και ως αναστρέψιμοι – αντλητικοί Σταθμοί. Με τη λειτουργία αυτή αποθηκεύουν νερό στους άνω ταμιευτήρες με άντληση κατά τις ώρες χαμηλού φορτίου χρησιμοποιώντας ενέργεια χαμηλού κόστους και την αποδίδουν σε ώρες αιχμής συμβάλλοντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών της ημερήσιας καμπύλης φορτίου με αποτέλεσμα αφ' ενός τη δυνατότητα κάλυψης αυξημένων ενεργειακών αναγκών τις συγκεκριμένες ώρες, αφ' ετέρου και την μείωση του κόστους παραγωγής (βελτιστοποίηση ενεργειακού ισοζυγίου).

Εάν δεν υπήρχαν οι ΥΗΣ με τα παραπάνω χαρακτηριστικά το Εθνικό Σύστημα θα απαιτούσε υποκατάσταση της αντίστοιχης ισχύος με ευέλικτη παραγωγή (αεροστροβίλους κλπ), υψηλού κόστους και Περιβαλλοντική Επιβάρυνσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΗΣ ΛΑΔΩΝΑ

### 3.1 Λεκάνη απορροής

Η λεκάνη απορροής της τεχνητής λίμνης Λάδωνα, βρίσκεται ολόκληρη μέσα σε κεντρικό υψίπεδο της Πελοποννήσου, πάνω σε μεσημβρινό  $145'$  (δυτικά του μεσημβρινού της Αθήνας) και πάνω σε παράλληλο  $37^{\circ}45'$ , καλύπτει δε το κεντρικό και βόρειο τμήμα Νομού Αρκαδίας, το νότιο τμήμα του Νομού Αχαΐας και το νοτιοδυτικό τμήμα του Νομού Κορινθίας.

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Λάδωνα, αποτελείται και από δευτερεύουσες κλείσες λεκάνες χωρίς επιφανειακή διέξοδο, οι οποίες από προηγούμενες ειδικές παρατηρήσεις και από παρατηρήσεις των περιοίκων, τροφοδοτούν τρεις κυρίως μεγάλες πηγές που η κάθε μία πηγάζει και ένας κλάδος του ποταμού Λάδωνα, δηλ. Τράγος, Λάδωνας και Αροάνειος.

Η εταιρεία EBASCO στην προμελέτη της που έγινε το έτος 1950, υπολόγισε ότι η κύρια λεκάνη απορροής, έχει έκταση  $749 \text{ χμ}^2$ , η δευτερεύουσα συνολικά  $477 \text{ χμ}^2$ , με εκβέστερους υπολογισμούς, και οι επιφάνειες αυτές είναι  $762 \text{ χμ}^2$  και  $504 \text{ χμ}^2$ .

Η διάταξη των λεκανών αυτών καθώς και περισσότερες λεπτομέρειες δίνονται στο συνημμένο σχέδιο Δ – 2340, που έγινε από επιτελικούς χάρτες και από παρατηρήσεις επί τόπου.

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, οι τρεις κλάδοι του Λάδωνα, πλην των επιφανειακών απορροών, υπογείων στραγγίσεων και μικροπηγών, τροφοδοτούνται από μεμονωμένες μεγάλες πηγές ως εξής:

- Τράγος: Από τις πηγές του χωριού Παναγίτσα.
- Λάδωνας: Από την πηγή Λυκουριά.
- Αροάνειος: Από την πηγή του χωριού Πλανητέρο.

Κάθε μια από τις πηγές αυτές, που η παροχή είναι σημαντικότερη της τάξεως  $2-4 \text{ m}^3/\text{δευτ.}$ , φαίνεται να αντιστοιχεί σε μια από τις αναφερθείσες κλειστές λεκάνες και η πορεία των υδάτων είναι ως εξής: Από την κλειστή λεκάνη Σουδενών, όπως επίσης και του ορεινού όγκου των Αροανείων που βρίσκεται πάνω από το χωριό Πλανερό, όπου οι

πηγές του Αροανείου, νερά από διήθηση και με υπόγειους δρόμους εμφανίζονται στην πηγή Πλανητερού. Από το ένα μέρος οι βροχοπτώσεις, που είναι αυξημένες στα μεγάλα υψόμετρα (από 1.000-2.400μ.) και από το άλλο το χιόνι που πέφτει στο μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, τροφοδοτούν υπόγεια την πηγή.

Οι βροχές και τα χιόνια που πέφτουν στον ορεινό όγκο της Κυλλήνης, στα ίδια περίπου ψηλά επίπεδα, από το ένα μέρος τροφοδοτούν πηγές στις ορεινές πλευρές της Στυμφαλίας λίμνης, καθώς και στις ορεινές παρυφές του έλους Φενεού, ταυτόχρονα δε τροφοδοτούν και το χειμάρρο Ολβιό, που ρέει μέσα στην πεδιάδα Φενεού, η οποία είναι κλειστή από παντού. Τα νερά του χειμάρρου Ολβιού, καθώς και τα νερά που προέρχονται από τις πηγές, από τις επιφανειακές βροχοπτώσεις και από τα υπόγεια του ορεινού όγκου Κυλλήνης, τερματίζουν την ροή αυτών στην νοτιοδυτική παρυφή της πεδιάδας Φενεού όπου υπάρχουν τρεις καταβόθρες μέσω των οποίων τα νερά αυτά αποχετεύονται. Κατά τους χειμερινούς μήνες, η αποστράγγιση αυτή δεν είναι επαρκής, κατακλύζονται δε εκτάσεις, που αποστραγγίζονται μόνο κατά τους τρεις ή τέσσερους καλοκαιρινούς μήνες. Οι παρατηρήσεις που έγιναν στο παρελθόν, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα νερά των καταβόθρων αυτών διοχετεύονται υπόγεια, στην πλησιέστερη προς τις καταβόθρες πηγή Λυκουριάς, του ποταμού Λάδωνα.

Από τους ψηλότερους ορεινούς όγκους μέχρι και τους χαμηλότερους, που βρίσκονται μεταξύ της Στυμφαλίας λίμνης, της πεδιάδας Φενεού και της πεδιάδας Ορχομενού ή Χωτούσας, πιθανόν και από τη λίμνη Στυμφαλία και το έλος Φενεού, διοχετεύονται νερά υπόγεια, που εμφανίζονται σε πολυάριθμες πηγές (Τοιχίό, Βρυόνι, Μάνα του νερού, Σίτζι, Κουρπά) στην πεδιάδα Ορχομενού. Τα νερά από τις πηγές αυτές, αφού διασχίσουν την πεδιάδα Ορχομενού, καταλήγουν στην τεχνητή διώρυγα στη μεγάλη καταβόθρα Βλαχέρνας, που βρίσκεται στη νότια παρυφή της πεδιάδας. Από διάφορες παρατηρήσεις τα νερά της καταβόθρας αυτής, διοχετεύονται στην πηγή κοντά στο χωριό Παναγίτσα, που τροφοδοτεί τον ποταμό Τράγο.

Οι τρεις παραπόταμοι Τράγος, Λάδωνας και Αροάνειος, ενώνονται και σχηματίζουν το καθαυτό Λάδωνα, ο οποίος μετά από ροή 10 περίπου χιλ.

φτάνει στη λίμνη Λάδωνα που τροφοδοτεί τον ομώνυμο Υδροηλεκτρικό Σταθμό.

Η παραπάνω πορεία του νερού από τους ορεινούς όγκους μέχρι τις πηγές των τριών κλάδων του ποταμού Λάδωνα, είναι δικαιολογημένη και από τη συνεχή πτώση υψόμετρου από τους ορεινούς όγκους, μέχρι τις πηγές αυτές. Έτσι οι ορεινοί όγκοι Αροανείου και Κυλλήνης, ξεπερνούν τα 2.300 μ. πεδιάδα Φενεού έχει υψόμετρο περίπου 720μ. στις καταβόθρες της κοιλάδας Χωτούσα 30μ. Τα δε υψόμετρα των πηγών των τριών κλάδων του Λάδωνα, κυμαίνονται μεταξύ 60 και 630m. Η μέση ετήσια απορροή της λεκάνης για 15 χρόνια 20,16 m<sup>3</sup>/sec.

### 3.2 Λίμνη

Η λίμνη του ΥΗΣ λάδωνα, σχήματος φιδιού, βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής, έχει προσανατολισμό από Δυτικά προς Ανατολικά. Το δυτικότερο άκρο της λίμνης, είναι κοντά στη θέση «ΠΗΔΗΜΑ» σε απόσταση 10 χιλ. από την κωμόπολη των Τροπαίων της επαρχίας Γορτυνίας, Νομού Αρκαδίας, όπου έχει κατασκευαστεί και το Φράγμα του Σταθμού.

Τα **τεχνικά χαρακτηριστικά** της λίμνης, είναι τα παρακάτω:

• Μέγιστη στάθμη λειτουργίας	420m
• Ελάχιστη στάθμη λειτουργίας	400m
• Ανώτατη στάθμη πλημμυρών	422m
• Χωρητικότητα (σε στάθμη 420 m)	49.000.000m <sup>3</sup>
• Χωρητικότητα (σε στάθμη 400 m)	2.800.000 m <sup>3</sup>
• Χωρητικότητα (σε στάθμη 422 m)	57.600.000 m <sup>3</sup>
• Ωφέλιμη χωρητικότητα (σε στάθμη 420m)	46.200.000 m <sup>3</sup>
• Μήκος λίμνης (σε στάθμη 420m)	15km
• Μέγιστο πλάτος (σε στάθμη 420m)	1,5km
• Ελάχιστο πλάτος (σε στάθμη 420m)	75m
• Βάθος κοντά στο πόδι του Φράγματος(σε στάθμη 420 m)	47,50m
• Επιφάνεια (σε στάθμη 420 m)	3,99 km <sup>2</sup>
• Επιφάνεια (σε στάθμη 400 m)	0,8 km <sup>2</sup>
• Επιφάνεια (σε στάθμη 422 m)	4,36 km <sup>2</sup>

### 3.3 Φράγμα

Το φράγμα έχει κατασκευαστεί κοντά στη θέση «Πήδημα» σε απόσταση 10χιλ. από την κωμόπολη των Τροπαίων, της επαρχίας Γορτυνίας, του Νομού Αρκαδίας. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτού είναι όπως παρακάτω:

- Τύπος και υλικό κατασκευής: Φράγμα βαρύτητας (αντιστήριξης) που αποτελείται από τρία κοίλα και δύο συμπαγή στοιχεία από σκυρόδεμα (βλέπε σχέδιο F-1278 της EDISON-MILANO).
- Ύψος Φράγματος 50m
- Ύψόμετρο στέφews 422,40m
- Μήκος στέφews 105,50m
- Πλάτος στέφews 3.40m
- Μέγιστο μήκος βάσεως 16m
- Μέγιστο πλάτος Φράγματος 52m
- Κατασκευαστής: Louigiani (Ιταλίας)
- Συνολικός όγκος σκυροδέματος 34.000m<sup>3</sup>

### 3.4 Υπερχειλιστές φράγματος

Στο σώμα του Φράγματος της τεχνητής λίμνης, είναι τοποθετημένοι δυο υπερχειλιστες για την εκφόρτιση των πλημμυρικών νερών, πάνω από τη στάθμη των 420 Μ. Οι υπερχειλιστές έχουν σχεδιαστεί στο σχέδιο F-1278 της EDISON και έχουν τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Τύπος υπερχειλιστή: Επίπεδη θύρα σχήματος παραλληλόγραμμου, αρθρωτή στην κάτω πλευρά αυτής και συνδέεται στην ελεύθερη μέσω δυο αρθρωτών βραχιόνων με τους ζυγούς, οι οποίοι στο άλλο άκρο τους έχουν το κατάλληλα ρυθμισμένο αντίβαρο, ώστε η θύρα να ανοίγει αυτόματα από την υδραυλική πίεση που ασκείται σε αυτήν. Ο υπερχειλιστής μπορεί να ανοιχθεί και με ανύψωση του αντίβαρου, μέσα από τα υδραυλικά έμβολα, που τροφοδοτούνται με πιεσμένο λάδι από μία ηλεκτροκίνητη αντλία, που κινείται από κατάλληλη ποδοκίνητη διάταξη.
- Αποχετευτική ικανότητα υπερχειλιστών για μεγαλύτερη στάθμη πλημμυρών με πλήρες άνοιγμα θυρών:
  - Μικρού υπερχειλιστή (διαστ.14x3m): 260m<sup>3</sup>/sec.

- Μεγάλο υπερχειλιστή (διαστ.16,50x4,80m):500m<sup>3</sup>/sec.
- Κατασκευαστής: GALILEO (Ιταλίας).

### 3.5 Σήραγγα εκτροπής – εκκένωσης λίμνης και θύρες αυτής

Η σήραγγα εκτροπής είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα και έχει μήκος 313,68m, εσωτερική διάμετρο 4,20m και παροχευτική ικανότητα 290m<sup>3</sup>/sec με μεγαλύτερη στάθμη πλημμυρών λίμνης.

Η σήραγγα φράσσεται με δυο σε σειρά διατεταγμένες θύρες, διαστάσεων 3x4 m, ελεγχόμενες με υδραυλικό σύστημα λαδιού. Το με πίεση λάδι ελέγχου των θυρών, παρέχεται με τέσσερες αμοιβές αντλιών, δηλ. δυο ηλεκτροκίνητες, μια βενζινοκίνητη και μια χειροκίνητη. Η σήραγγα έχει κατασκευαστεί από την εταιρεία LODIGIANI (Ιταλίας) και οι θύρες από την A.T.B.(Ιταλίας).

### 3.6 Υδροληψία

Η είσοδος της σήραγγας προσαγωγής (υψόμετρο δαπέδου 382,50m) προστατεύεται από σχάρα, που αποτελείται από έξι (6) στοιχεία. Τα 3 κάτω στοιχεία βρίσκονται σε επίπεδα παράλληλα προς τα αντίστοιχα των τριών πάνω στοιχείων και μπροστά από αυτά.

Η θύρα υδροληψίας είναι ορθογωνική 3.80x3m, βρίσκεται δε σε απόσταση 54,56m από την είσοδο της σήραγγας και ελέγχεται επιτόπια ηλεκτρικά με ανυψωτικό βαρούλκο ή χειροκίνητα. Η θύρα είναι κατασκευής A.T.B.(Ιταλίας).

### 3.7 Σήραγγα προσαγωγής

Η σήραγγα προσαγωγής έχει τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά

- Τύπος σήραγγας: Υπόγειος, από οπλισμένο σκυρόδεμα, κυκλικής διατομής.
- Μήκος σήραγγας: 8.620m
- Διάμετρος σήραγγας: 3.90m
- Μέγιστη επιτρεπόμενη παροχευτική ικανότητα σήραγγας: 36m<sup>3</sup>/sec.
- Κατασκευαστής: LODIGIANI και REOCHI (Ιταλίας).

### 3.8 Πύργος εκτονώσεως

Ο πύργος εκτονώσεως, κατασκευής LODIGIANI, βρίσκεται στο τελευταίο τμήμα της σήραγγας προσαγωγής, σε απόσταση 43,40 m ανάντη του πάνω άκρου του μεταλλικού αγωγού με πίεση και είναι ολόκληρος υπόγειος και επενδυμένος με σκυρόδεμα. Αποτελείται από 3 στοιχεία δηλ. τον θάλαμο τροφοδότησης, το κατακόρυφο φρέαρ και τον θάλαμο εκτονώσεως.

Ο θάλαμος τροφοδοτήσεως είναι ένας οριζόντιος κύλινδρος, διάμετρος 6m και μήκους 72,70m και όγκου  $2.050\text{m}^3$ , βρίσκεται δε σε κάθετη θέση προς τη σήραγγα προσαγωγής.

Το κατακόρυφο φρέαρ είναι κυλινδρικής μορφής, διαμέτρου 6m και ύψους 65m. Τούτο συνδέει τα άλλα δυο στοιχεία του πύργου εκτονώσεως και βρίσκεται σε κάθετη θέση ως προς τα δυο άλλα και τη σήραγγα προσαγωγής. Τέλος ο θάλαμος εκτονώσεως είναι οριζόντιος, έχει διατομή πεταλοειδούς περίπου μορφής, μήκος 65,80m και όγκο  $2.850\text{m}^3$ .

### 3.9 Δικλείδα πεταλούδα και αγωγός υπό πίεση

Η δικλείδα πεταλούδα, κατασκευής A.T.B. (Ιταλίας), βρίσκεται σε απόσταση 146,10 κατάντη του πύργου εκτονώσεως και 10,50m, πριν την έναρξη της κλίσεως του αγωγού με πίεση. Ο αγωγός με πίεση, κατασκευής TERNI (Ιταλίας), είναι κοινός για τις δυο Μονάδες του Σταθμού, και διακλαδίζεται σε δυο σκέλη στο κατώτερο άκρο αυτού.

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Τύπος και λειτουργία δικλείδας πεταλούδας: Το αποφρακτικό όργανο της δικλείδας, είναι δίσκος μορφής αμφίκυρτου φακού, διαμέτρου 3,245m που στρέφεται γύρω από οριζόντιο άξονα και εδραιωμένος σε δυο έδρανα του κελύφους της δικλείδας. Το κλείσιμο της δικλείδας πραγματοποιείται με απελευθέρωση του μηχανισμού συγκρατήσεως του αντίβαρου, ο οποίος ελέγχεται ηλεκτρικά (Σ.Ρ.) από απόσταση, ή μηχανικά επιτόπια. Η δικλείδα είναι επίσης εφοδιασμένη με μηχανισμό αυτόματης πτώσεως που λειτουργεί κατά την υπερτάχυνση του νερού. Το άνοιγμα της δικλείδας, πετυχαίνεται με ανύψωση του αντίβαρου με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρα, που τίθεται σε λειτουργία επιτόπια. Υπάρχει



δυνατότητα ανύψωσης του αντίβαρου επιτόπια με χειροστρόφαλο. Πριν το άνοιγμα της δικλείδας πρέπει να γίνεται προπλήρωση του αγωγού πτώσεως μέσω της παρακαμπτήριας δικλείδας που υπάρχει και να ελέγχεται το κλείσιμο της αεροβαλβίδας του αγωγού.

- Τύπος και υλικό αγωγού πτώσεως: Συγκολλητός από χάλυβα, κυκλικής διατομής, με δυο αρμούς συστολής – διαστολής.
- Μήκος αγωγού πτώσεως: 411,7m
- Μέγιστη εσωτερική διάμετρος αγωγού πτώσεως 3.325m
- Ελάχιστη εσωτερική διάμετρος αγωγού πτώσεως 2,850m
- Μέγιστη επιτρεπόμενη παροχέτευση 36m<sup>3</sup>/sec
- Μήκος κάθε σκέλους (από το σημείο διακλάδωσης του αγωγού μέχρι της φλάντζας του σπειροειδούς θαλάμου) 24,96m

### 3.10 Κτήριο σταθμού

Οίκημα ορθογώνιο, ύψους 27,7m, μήκους 34,74m και πλάτους 17,04m. Είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα και έχει ισόγειο και τρεις ορόφους προς τα κάτω. Το ισόγειο (χώρος εκφορτώσεως) και ο πρώτος όροφος (χώρος γεννητριών) δεν εκτείνονται οριζόντια σε όλη την επιφάνεια του κτιρίου.

Ο δεύτερος όροφος είναι χώρος των στροβίλων και ο τρίτος χώρος των αγωγών φυγής και περιστροφικών δικλείδων. Η επικοινωνία γίνεται με κλίμακα. Η αίθουσα ελέγχου βρίσκεται στο πλευρικό προς το κτίριο οίκημα και είναι διαστάσεων: μήκους 24,54m, πλάτους 7m και ύψους 8,78m. Έχει ισόγειο (αίθουσα ελέγχου) και έναν όροφο προς τα κάτω (χώρος βοηθητικών συσσωρευτών και ουδέτερων κόμβων Μονάδων). Μέσα στο Σταθμό υπάρχουν δυο γερανογέφυρες. Κάθε μια από αυτές έχει δυο ανυψωτικές μηχανές ικανότητας 5 και 58 τόνων.

### 3.11 Περιστροφική δικλείδα

Η δικλείδα κατασκευής FRANCO TOSI (Ιταλίας), βρίσκεται σε απόσταση 1,90M προς τη φλάντζα του σπειροειδούς θαλάμου κάθε στροβίλου. Αριθμός δικλείδων: δυο. Η περιστροφική δικλείδα αποτελείται από το κέλυφος του σώματος που στρέφεται του δακτυλίου στεγανότητας και του σερβομηχανισμού λαδιού. Ο έλεγχος της δικλείδας γίνεται ηλεκτρικά από απόσταση μέσω πηνίου Σ.Ρ. και βαλβίδων

διανομής λαδιού και νερού. Το στρεφόμενο σώμα σχήματος κοίλου κυλίνδρου, εσωτερικής διαμέτρου 2,15m φέρει άξονα κινήσεως κάθετο στο γεωμετρικό άξονα αυτού. Η κίνησή του πραγματοποιείται με τη βοήθεια του σερβομηχανισμού. Ο δακτύλιος στεγανότητας, κυκλικής μορφής, εσωτερικής διαμέτρου 1,40m κινείται αξονικά κατά τη διεύθυνση της ροής του νερού ή αντίθετα προς αυτή, με κατάλληλη χρησιμοποίηση του νερού του με πίεση αγωγού.

Στη θέση ανοικτή της δικλείδας, ο γεωμετρικός άξονας του κοίλου κυλίνδρου, συμπίπτει με τον άξονα του αγωγού πτώσεως και ο δακτύλιος στεγανότητας έχει μετατοπισθεί στην ανάντη θέση αυτού. Στη θέση κλειστή ο κοίλος κύλινδρος έχει περιστραφεί κατά 90° σε σχέση με αυτή την ανοικτή και ο δακτύλιος έχει μετατοπισθεί στην κατάντη θέση αυτού και βρίσκεται επικολλημένος στην κατάλληλα διαμορφωμένη εξωτερική πλευρά του στρεφόμενου σώματος.

### 3.12 Υδροστρόβιλος

Στο σταθμό είναι εγκατεστημένοι δυο στρόβιλοι, κατασκευής FRANCO TOSI (Ιταλίας) των παρακάτω τεχνικών χαρακτηριστικών:

- Τύπος στροβίλου: FRANCIS, κατακόρυφου άξονα.
- Ονομαστική ισχύς στροβίλου: 34.900KW.
- Μέγιστη πραγματική ισχύς (από δοκιμές): 34.500KW.
- Μέγιστο ονομαστικό καθαρό ύψος πτώσεως: 235,75m.
- Ελάχιστο ονομαστικό καθαρό ύψος πτώσεως: 216,85m.
- Παροχή με μέγιστο ύψος και μέγιστη ισχύ: 16,90m<sup>3</sup>/sec
- Αριθμός στροφών: 428,57rpm.

### 3.13 Ρυθμιστής στροφών

Κάθε στρόβιλος είναι εφοδιασμένος με αυτόματο ρυθμιστή στροφών τύπου 39 κατασκευής FRANCO TOSI (Ιταλίας). Ο ταχυεπιταχυντικός μηχανισμός του ρυθμιστή, περιστρέφεται από ένα ασύγχρονο κινητήρα, του οποίου οι στροφές εξαρτώνται από της στροφές της Μονάδας, δηλ. την συχνότητα του δικτύου, όταν η Μονάδα είναι παραλληλισμένη. Αν υπάρξει διαφορά μεταξύ της ισχύος του στροβίλου και του φορτίου, ο

ταχυεπιταχυντικός μηχανισμός γίνεται κέντρο θετικής ή επιταχυντικής επιτάχυνσης. Τότε λόγω της επιτάχυνσης και της φυγόκεντρης δυνάμεως αλλάζει η πίεση που ασκείται στο μανομετρικό θάλαμο και μετατοπίζεται το βάκτρο της κεφαλής και ο κύριος ζυγός. Η κίνηση του ζυγού μεταφέρεται μέσω βαλβίδων και μετακινείται το έμβολο της βαλβίδας του κύριου διανομέα, πράγμα που προκαλεί μετακίνηση του εμβόλου του σερβομηχανισμού και επομένως άνοιγμα ή κλείσιμο των κινητών πτερυγίων του στροβίλου.

Το λάδι με πίεση που απαιτείται για την κίνηση του σερβομηχανισμού βρίσκεται αποθηκευμένο στον αεροκώδωνα και δίνεται από μια γριναζωτή ηλεκτραντλία ή από μια στροβιλαντλία PELTON. Η συμπλήρωση αέρα στον κώδωνα, γίνεται από ένα ηλεκτροκίνητο αεροσυμπιεστή, κοινό και για τους δυο ρυθμιστές των Μονάδων.

Ο ρυθμιστής είναι εφοδιασμένος με διατάξεις προσαγωγής στροφών, στατισμού, ορίου φορτίου και περιορισμού ανοίγματος σε κενό οι οποίες επιδρούν άμεσα ή έμεσα στον κύριο ζυγό. Φέρει επίσης δυο βαλβίδες, με τις οποίες πετυχαίνεται το κλείσιμο του ρυθμιστή μηχανικά επιτόπια και ηλεκτρικά από απόσταση, καθώς και άλλες βοηθητικές διατάξεις και βαλβίδες.

### **3.14 Ανακουφιστική βαλβίδα**

Ο σπειροειδής θάλαμος κάθε στροβίλου έχει συνδεθεί με την ανακουφιστική βαλβίδα κατασκευής FRANCO TOSI (Ιταλίας). Η δικλείδα βρίσκεται κανονικά στη θέση κλειστή και ανοίγει μόνο κατά το γρήγορο κλείσιμο των κινητών πτερυγίων του στροβίλου. Η κίνηση του ρυθμιστή στροφών, εφόσον είναι γρήγορη μεταδίδεται με τη βοήθεια των εμβόλων υδραυλικά στην οδηγό βαλβίδα. Αυτή ανυψωμένη εκφορτίζει το νερό με πίεση που βρίσκεται πάνω από την κύρια βαλβίδα. Στη συνέχεια ανοίγει η κύρια βαλβίδα και παροχετεύει στον αγωγό φυγής νερό από τον σπειροειδή θάλαμο.

Το άνοιγμα της βαλβίδας μπορεί να πραγματοποιηθεί και χειροκίνητα. Ο ρυθμιστής στροφών είναι εφοδιασμένος με κατάλληλες διατάξεις βραδυπορείας της κίνησης αυτού η οποία λειτουργεί σε περίπτωση γρήγορου κλεισίματος των κινητών πτερυγίων και μη πραγματοποιήσεως του αντίστοιχου ανοίγματος της ανακουφιστικής βαλβίδας.

### 3.15 Γεννήτριες

Στο σταθμό είναι εγκατεστημένες δύο γεννήτριες, κατασκευής C.G.E. Ιταλίας, των παρακάτω τεχνικών χαρακτηριστικών:

- Τύπος γεννητριών: κατακόρυφου άξονα, 7 ζεύγη εκτύπων πόλων, 2 διεγερτριών (βοηθητική και κύρια διεγέρτρια).
- Μέγιστη πραγματική ισχύς: 34.500KW.
- Ονομαστική ισχύς: 27.778KVA.
- Συντελεστής ισχύος: 0.90
- Τάση μεταξύ φάσεων γεννήτριας: 15.750KV.
- Στροφές – Συχνότητα: 428.57rpm-50HZ.
- Τύπος και συνδεσμολογία τυλίγματος: Βροχοειδές τύλιγμα γειωμ. αστέρος.

### 3.16 Έδρανα μονάδων και λίπανση αυτών

Κάθε Μονάδα είναι εξοπλισμένη με τα παρακάτω έδρανα:

- Ωστικό έδρανο τύπου MICHELL.
- Πάνω οδηγό έδρανο Γεννήτριας.
- Κάτω οδηγό έδρανο Γεννήτριας.
- Οδηγό έδρανο Στροβίλου.

Το ωστικό έδρανο, κατασκευής FRANCO TOSI (Ιταλίας), βρίσκεται μέσα σε κλειστό δοχείο γεμάτο λάδι και είναι αυτολίπαντο. Η φύξη του λαδιού γίνεται με ένα λακτήρα θερμότητας, που βρίσκεται μέσα στο κέλυφος του εδράνου.

Η ικανότητα του εδράνου είναι 280 τόνοι, από τους οποίους οι 170 απαιτούν για το υδραυλικό μέρος και οι 110 για το ηλεκτρικό. Τα οδηγά έδρανα ολισθήσεως της Γεννήτριας, κατασκευής C.G.E. βρίσκονται πάνω-κάτω του δρομέα και λιπαίνονται με ένα κλειστό κύκλωμα λαδιού.

Μια ηλεκτραντλία (E.P.) παίρνει το λάδι από τη δεξαμενή αποθήκευσης και το διοχετεύει στα δυο έδρανα και τη δεξαμενή επείγουσας ανάγκης, αφού προηγούμενο έχει φυχθεί αυτό σε ένα εναλλακτήρα θερμότητας.

Το λάδι αφού λιπώνει τα έδρανα, συγκεντρώνονται στις πυξίδες αυτών και επιστρέφει στη δεξαμενή μέσω σωληνώσεων. Η δεξαμενή επείγουσας

ανάγκης βρίσκεται πάνω από τα δύο έδρανα και σε περίπτωση ανωμαλίας του συστήματος, η λίπανση γίνεται με τη βαρύτητα. Η δεξαμενή επείγουσας ανάγκης έχει σαν αποστολή τη λίπανση εδράνων κατά το χρόνο πεδήσεως της Μονάδας, όταν έχει τεθεί αυτόματα αυτή η λειτουργία, λόγω ανωμαλίας της ελαιαντλίας. Εκτός από την ηλεκτραντλία λαό που αναφέρθηκε, υπάρχει ακόμα μια αμοιβή αντλία που μπορεί να κινηθεί με έναν ηλεκτροκινητήρα E.P. ή Σ.P.

Το οδηγό έδρανο ολισθήσεως του στροβίλου, κατασκευής FRANCO TOSI Ιταλίας, είναι τύπου περιστρεφόμενης πυξίδας με οδηγούς σωλήνες λιπάνσεως. Λόγω της περιστροφής, το λάδι ανεβαίνει μέσω των σωληνώσεων στο πάνω μέρος εδράνου και από εκεί με την βαρύτητα και την περιστροφή, λιπαίνει την επιφάνεια ολισθήσεως. Στο κέλυφος του εδράνου κυκλοφορεί νερό με την φύξη αυτού.

### **3.17 .Κυκλώματα ψύξεως**

Η φύξη των διαφόρων βοηθητικών μηχανημάτων και στοιχείων των Μονάδων γίνονται με εναλλακτικές θερμότητας, που τροφοδοτούνται με αποσκληρυμένο νερό από ένα κλειστό κοινό υδραυλικό δίκτυο. Η κυκλοφορία του φυκτικού μέσου πραγματοποιείται με δύο ηλεκτροκίνητες αντλίες και η συμπλήρωση των απωλειών του κυκλώματος γίνεται από μια δεξαμενή 3m<sup>3</sup>. Το αποσκληρυμένο νερό δίνεται στη δεξαμενή 3 ή απευθείας στο κλειστό κύκλωμα από ένα αποσκληρυντή αμπερλίτου, που τροφοδοτείται από μια δεξαμενή 27 m<sup>3</sup>. Η στάθμη της δεξαμενής 27 m<sup>3</sup> τηρείται πάντοτε σε προκαθορισμένα όρια, με δυο ηλεκτροκίνητες αντλίες που αντλούν νερό από άλλη δεξαμενή, που επικοινωνεί με τον αγωγό φυγής.

Δύο άλλες αντλίες που αντλούν νερό από την ίδια δεξαμενή, που επικοινωνεί με αγωγό φυγής, τροφοδοτούν τους (5) εναλλακτικές θερμότητας όπου γίνεται φύξη του αποσκληρυμένου νερού του κλειστού κυκλώματος και στη συνέχεια στέλνουμε αυτό στον αγωγό φυγής του Σταθμού. Ο έλεγχος της κυκλοφορίας του αποσκληρυμένου νερού γίνεται με ενδεικτικά όργανα ροής, στις εξόδους των εναλλακτικών θερμότητας των μονάδων. Τα κυκλώματα ψύξεως έχουν εγκατασταθεί από τον οίκο SERAFINI (Ιταλίας).

### 3.18 Ρυθμιστής τάσεως

Κάθε Γεννήτρια είναι εφοδιασμένη με ένα αυτόματο ρυθμιστή τάσεως, κατασκευής C.G.E. τύπου GFA 5 ροοστατικού πεδίου διεγέρσεως. Το στοιχείο ανιχνεύσεως των μεταβολών της τάσεως είναι ένας τριφασικός κινητήρας ροπής, ο στάτης του οποίου τροφοδοτείται από το τριφασικό σύστημα με ρύθμιση, μέσω μετασχηματιστών τάσεως και εντάσεως, ο δε δρομέας είναι από χάλυβα και εβράζεται σε Ενσφαιρούς τριβείς. Πάνω στον άξονα του δρομέα είναι συνδεδεμένος, κάθετα προς αυτόν, ο κύριος βραχίονας, που φέρει τέσσερες ελατηριωτές επαφές (ένα ζεύγος για την βραδεία και ένα ζεύγος για την ταχεία αυξομείωση της τάσεως). Μεταξύ των επαφών περιστρέφονται δύο δίσκοι, μέσω των οποίων οι ελατηριωτές επαφές κλείνουν το κύκλωμα εντολής λειτουργίας του κινητήρα Σ.Ρ. της ταστιέρας, για τη βραδεία παρεμβολή αντιστάσεων στο πεδίο διεγέρσεως, ή το κύκλωμα διεγέρσεως των H/N ταχείας παρεμβολής αντιστάσεων στο πεδίο διεγέρσεως.

Οι δύο δίσκοι περιστρέφονται από ένα σύγχρονο κινητήρα, που ο αριθμός των στροφών υποβιβάζεται με μειωτήρα. Οι παρεμβαλλόμενες αντιστάσεις αυξομείωσης της τάσεως, έχουν συνδεθεί στο κύκλωμα διεγέρσεως της κύριας διεγέρτριας σε διάταξη γέφυρας. Στο κύκλωμα τροφοδότησης του κινητήρα ροπής, παρεμβάλλεται ένας τριφασικός ροοστάτης χειροκίνητης ρύθμισης, με τον οποίο μπορούμε να μεταβάλλουμε τη ροπή του κινητήρα και επομένως την τάση της γεννήτριας. Το σύστημα αυτόματου ελέγχου της τάσεως, καθώς και το σύστημα ταχείας αυξομείωσης αυτής, μπορεί να τεθεί με μεταγωγέα εκτός λειτουργίας, οπότε η ρύθμιση γίνεται χειροκίνητα με το σύστημα γρήγορης αυξομείωσης.

### 3.19 Υποσταθμός ανύψωσης τάσεως 15/150KV

Οι έξοδοι των τριών φάσεων κάθε γεννήτριας οδηγούνται μέσω ζυγών στον υπαίθριο Υποσταθμό 15/150KV, όπου διακλαδίζονται σε τρία σκέλη μετά το χειροκίνητο αποζεύκτη της Μονάδας. Το ένα σκέλος τροφοδοτεί τον μετασχηματιστή ισχύος, το άλλο τον μετασχηματιστή βοηθητικής υπηρεσίας και το τελευταίο, τον Υποσταθμό 15/15KV μέσω υπόγειου καλωδίου. Πριν την αναχώρηση του υπόγειου καλωδίου, υπάρχει χειροκίνητος ασφαλειοαποζεύκτης.

Οι μετασχηματιστές ισχύος και βοηθητικής υπηρεσίας βρίσκονται εγκατεστημένοι στον υποσταθμό που έγινε λόγος και έχουν τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Μετασχηματιστές ισχύος
  - Ονομαστική ισχύς: 32.500KVA
  - Σχέση σε κενό: 15.750/161.250-168.750V
  - Συνδεσμολογία: Τρίγωνο-αστέρας γειωμένος
  - Συχνότητα: 50HZ
  - Ψύξη λαδιού: Βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα
  - Κατασκευαστής: INDUSTRIE ELETTRICHE DILEGNANO
  
- Μετασχηματιστές βοηθητικής υπηρεσίας:
  - Ονομαστική ισχύς: 300KVA
  - Σχέση σε κενό: 16.250-14.750/400-320V
  - Συνδεσμολογία: Τρίγωνο-αστέρα γειωμένο
  - Συχνότητα: 50HZ
  - Ψύξη λαδιού: Φυσική κυκλοφορία αέρα
  - Κατασκευαστής: OCREN (Ιταλίας)

Οι έξοδοι των μετασχηματιστών ισχύος οδηγούνται με εναέριες γραμμές υψηλής τάσεως στον Υποσταθμό 150KV και οι έξοδοι των μετασχηματιστών βοηθητικής υπηρεσίας, μέσω υπόγειων καλωδίων στους ζυγούς του πίνακα διανομής τροφοδότησης των βοηθητικών μηχανημάτων του Σταθμού. Πριν την άφιξη των υπόγειων καλωδίων στους ζυγούς, υπάρχουν ηλεκτροκίνητοι αεροδιακόπτες και χειροκίνητοι αποζεύκτες.

### **3.20 Υποσταθμός 15KV**

Ο Υποσταθμός αυτός είναι υπαίθριου τύπου με ικρίωμα πάνω στο οποίο είναι εγκατεστημένα τα στοιχεί ζεύξεως, οι ζυγοί και οι μετασχηματιστές μετρήσεως και προστασίας. Η τροφοδότηση του υποσταθμού γίνεται με δυο τριφασικά υπόγεια καλώδια από τον Υποσταθμό 15/150KV. Ο εγκατεστημένος εκεί μετασχηματιστής ρυθμίσεως της τάσεως 15/15KV παρεμβάλλεται μεταξύ των ζυγών άφιξης και των ζυγών αναχώρησης.

Το τέλος κάθε υπόγειου καλωδίου συνδέεται με τους ζυγούς άφιξης με χάλκινες ράβδους, αφού παρεμβάλλεται ο ηλεκτροκίνητος τηλεχειριζόμενος αποζεύκτης. Οι τρεις γραμμές διανομής 15KV μπορούν

να συνδεθούν στις αναχωρήσεις αυτών, μέσω δυο χειροκίνητων αποζευκτών (BY-PASS).

Τεχνικά χαρακτηριστικά μετασχηματιστή 15/15 KV και ελαιοδιακοπών γραμμών:

- Μετασχηματιστής 15/15 KV:
  - Ονομαστική ισχύς: 3.000KVA
  - Σχέση σε κενό: 15.700/18.110 έως 13.390V
  - Συνδεσμολογία: Τρίγωνο – Z γειωμένο ουδέτερο (DZO)
  - Συχνότητα: 50HZ
  - Ψύξη λαδιού: Βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα
  - Κατασκευαστής: SAVOISIENNE (Γαλλίας)
- Ελαιοδιακόπτες γραμμών: P – 210 P- 220 P – 390
  - Ονομαστική τάση: 15KV 20KV
  - Ονομαστικό ρεύμα: 400A 1200A
  - Ρεύμα διακοπής: 5.780A 10.100A
  - Συχνότητα: 50HZ 50HZ
  - Κατασκευαστής: SCARPA MAGNANO INOUE ELECTRIC

### 3.21 Υποσταθμός 150 KV

Ο Υποσταθμός αυτός είναι υπαίθριου τύπου, με ικρίωμα, πάνω στο οποίο είναι εγκατεστημένα τα στοιχεία ζεύξεως και οι μετασχηματιστές μετρήσεως και προστασίας. Πάνω στους ζυγούς του Υποσταθμού συνδέονται, μέσω ελαιοδιακοπών, οι αναχωρήσεις των δυο γραμμών, μεταφοράς 150KV και τα πέρατα των γραμμών, οι οποίες ξεκινούν από τους μονωτήρες ψηλής τάσεως των μετασχηματιστών ισχύος 15/150KV. Πάνω και κάτω κάθε ελαιοδιακόπτη, υπάρχουν χειροκίνητοι αποζεύκτες. Στις αναχωρήσεις κάθε γραμμής μεταφοράς είναι εγκατεστημένος ένας χειροκίνητος γειωτής. Η γραμμή Νο 1 φεύγει προς τον Υποσταθμό του ΑΗΣ Μεγαλόπολης και η γραμμή Νο 2 προς τον Υποσταθμό Πύργου. Οι ελαιοδιακόπτες των Μονάδων και της γραμμής μεταφοράς Νο 1 είναι του ίδιου τύπου.

Τεχνικά χαρακτηριστικά των ελαιοδιακοπών είναι τα παρακατω:

- Ελαιοδιακόπτες Μονάδων και Γραμμής Νο 1:
  - Ονομαστική τάση: 150KV



- Ονομαστική ένταση: 600A
- Ένταση διακοπής: 7.700A
- Συχνότητα: 50HZ
- Κατασκευαστής: SCARPA – MAGNANO (Ιταλίας)
- Ελαιοδιακόπτης Γραμμής Νο 2:
- Ονομαστική τάση: 170KV
- Ονομαστική ένταση: 1.000A
- Ένταση διακοπής: 13.500A
- Συχνότητα: 50HZ
- Κατασκευαστής: DELLE (Γαλλίας)

### 3.22 Προστασίες σταθμού

Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός του Σταθμού, λόγω της μεγάλης οικονομικής σημασίας αυτού, είναι εφοδιασμένος με πλήθος συσκευών προστασίας έναντι δυσφόρων σφαλμάτων. Από αυτές τις προστασίες, άλλες μεν δίνουν πτώση της Μονάδας άλλες δε απλά προειδοποιητική ηχητική και οπτική σήμανση.

Από το πλήθος των προστασιών που είναι εγκατεστημένες στο Σταθμό, αναφέρονται παρακάτω τις κυριότερες:

- 22.1 Προστασία υπερτάχυνσης της ροής του νέρου στον αγωγό πτώσεως.
- 22.2 Προστασία υπέρτασης Γεννήτριας.
- 22.3 Διαφορική προστασία Γεννήτριας.
- 22.4 Προστασία υπερέντασης με ανταγωνισμό τάσης Γεννήτριας.
- 22.5 Προστασία αντίστροφης ισχύος Γεννήτριας.
- 22.6 Προστασία γείωσης στάτου Γεννήτριας.
- 22.7 Διαφορική καθολική προστασία Γεννήτριας – Μ/Σ ισχύος.
- 22.8 Προστασία υπερτάχυνσης Μονάδας.
- 22.9 Προστασία έλλειψης λίπανσης εδράνων Μονάδας.
- 22.10 Προστασία πτώσεως πίεσεως λαδιού ρυθμιστή στροφών.
- 22.11 Προστασία πυρκαϊάς Γεννήτριας.
- 22.12 Προστασία BUCHHOLZ, υπερθέρμανσης λαδιού και τυλίγματος Μ/Σ ισχύος.

- 22.13 Προστασία BUCHHOLZ, υπερέντασης, υπερθέρμανσης λαδιού, Μ/Σ βοηθητικής υπηρεσίας.
- 22.14 Προστασία υπερθέρμανσης εδράνων Μονάδας και χαλκού-σιδήρου στάτου Γεννήτριας.
- 22.15 Προστασία πτώσεως στάθμης λαδιού MICHELL.
- 22.16 Προστασία σφαλμάτων γραμμών μεταφοράς 150 KV και 15 KV.
- 22.17 Προστασία πτώσεως στάθμης λαδιού Μ/Σ ισχύος, βοηθητικής υπηρεσίας και 15/15 KV.
- 22.18 Προστασία γείωσης δρομέως Γεννήτριας.
- 22.19 Διαφορική προστασία ζυγών.
- 22.20 Προστασία πτώσεως πίεσεως αέρα πέδησης Μονάδων.
- 22.21 Προστασία διακοπής κυκλοφορίας νερού κλειστού και ανοικτού κυκλώματος.

### 3.23 Υδρολογικά και στοιχεία λειτουργίας

Και οι δύο Μονάδες του Σταθμού, εργάζονται συνέχεια σε όλο το χρόνο σαν Γεννήτριες, ή σαν σύγχρονοι αντισταθμιστές, εκτός από τις περιόδους της συντήρησης αυτών. Από το μήνα Δεκέμβριο κάθε χρόνου, μέχρι και το μήνα Απρίλιο του επόμενου χρόνου, λόγω ψηλών παροχών του ποταμού και για να αποφύγουμε απώλεια νερού, ο Σταθμός εργάζεται συνήθως σαν βάση, τους δε υπόλοιπους μήνες σαν Σταθμός αιχμής. Η διάρκεια των χρονικών περιόδων που γίνεται λόγος, είναι δυνατό να αυξομειωθεί, εφόσον εξαρτάται άμεσα από τις βροχοπτώσεις του χρόνου. Γενικά τα στοιχεία λειτουργίας του Σταθμού, μεταβάλλονται από χρόνο σε χρόνο, λόγω μετεωρολογικών συνθηκών και των κάθε φορά αναγκών του συνδεδεμένου δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας 150KV.

### 3.24 Αγωγός φυγής των μονάδων

Ο μεταλλικός αγωγός αναρρόφησης κάθε Στροβίλου, συνδέεται με μια υπόγεια διώρυγα φυγής, επενδυμένη με σκυρόδεμα, ορθογωνικής περίπου διατομής, διαστάσεων 4,50x6,50m. Σε απόσταση 44,04m από τους άξονες των Στροβίλων, οι δύο διώρυγες φυγής των Μονάδων συνενώνονται σε μια κοινή, που εκβάλλει στην κοίτη του ποταμού Λάδωνα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

### 4.1 Κατάταξη των υδροστροβίλων - Υδροστρόβιλοι αντίδρασης - Υδροστρόβιλοι δράσης

Οι υδροστρόβιλοι ταξινομούνται πρωτίστως με βάση το βαθμό αντίδρασης. Οι υδροστρόβιλοι αντίδρασης είναι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρη η πτερωτή βρίσκεται σε επαφή με το νερό και παραλαμβάνει ενέργεια ανά μονάδα βάρους προσερχομένου ρευστού, ενώ οι υδροστρόβιλοι δράσης (βαθμός αντίδρασης  $RD=0$ ) είναι μερικής προσβολής, και σε κάθε χρονική στιγμή τμήμα μόνο της πτερωτής συμμετέχει στην ενεργειακή υποβάθμιση του ρευστού [1]. Ως βαθμός αντίδρασης (*reaction degree*) ενός στροβίλου ορίζεται ο λόγος της μεταβολής της ενθαλπίας του ρευστού στο στροφέιο προς τη μεταβολή της ενθαλπίας του ρευστού στο σύνολο της βαθμίδας του στροβίλου (στροφέιο και ακίνητη οδηγός διάταξη). Όπως έχει ορισθεί στο 2ο Κεφάλαιο, ενθαλπία ενός ρευστού είναι το άθροισμα της εσωτερικής του ενέργειας και του γινομένου της πίεσης επί τον όγκο του:

$$H = U + P \cdot V$$

Η παραπάνω σχέση αν εκφράσει το μέγεθος της ενθαλπίας του ρευστού ανά μονάδα μάζας, διαμορφώνεται:

$$h = \frac{H}{m} = \frac{U}{m} + P \cdot \frac{V}{m} = u + \frac{P}{\rho}$$

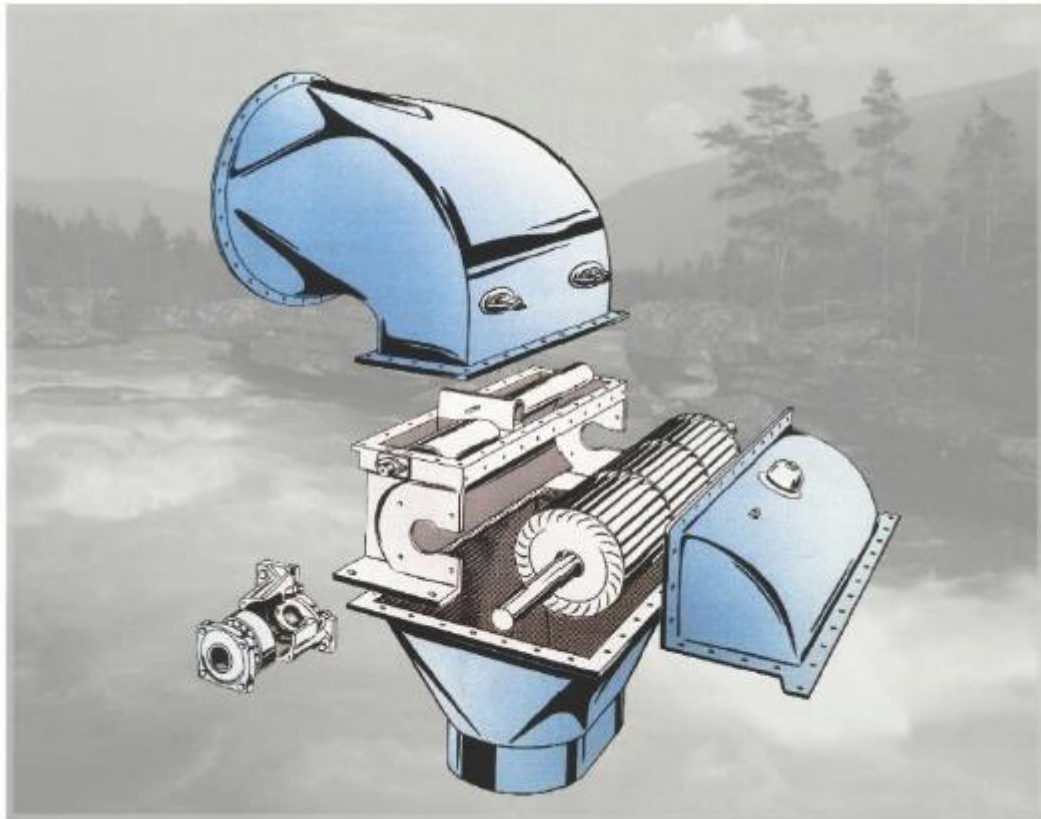
Το χρησιμοποιούμενο ρευστό στη λειτουργία των υδροστροβίλων είναι το νερό. Αν, κατά τη λειτουργία, θεωρηθεί σταθερή η θερμοκρασία του και, συνεπώς, και η εσωτερική του ενέργεια (ενέργεια αποθηκευμένη στους δομικούς λίθους της ύλης η οποία εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία), τότε η μεταβολή της ενθαλπίας του νερού εκφράζεται από τη μεταβολή της πίεσης προς την πυκνότητά του. Επειδή η πυκνότητα των υγρών είναι σταθερή, ο βαθμός αντίδρασης ενός υδροστροβίλου μπορεί να εκφραστεί και ως ο λόγος της μεταβολής της πίεσης του ρευστού στο στροφέιο προς τη μεταβολή της πίεσης του νερού στο σύνολο της βαθμίδας. Στους υδροστροβίλους δράσης ολόκληρη η μεταβολή της πίεσης του νερού συντελείται στο ακροφύσιο, όπου η πίεση υποβαθμίζεται μέχρι το επίπεδο της ατμοσφαιρικής, και η ταχύτητα αυξάνεται. Στο στροφέιο η πίεση παραμένει σταθερή, ίση με την ατμοσφαιρική και, καθώς η δέσμη του νερού αναστρέφεται, προσβάλλοντας το ένα μετά το άλλο τα κοίλα σκαφίδια, δημιουργείται, σύμφωνα με το νόμο της ορμής, δύναμη, η οποία περιστρέφει το στροφέιο που με τη σειρά του,

διαμέσου του άξονά του περιστρέφει, για παράδειγμα, το φορτίο μιας γεννήτριας παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Συνεπώς στους υδροστροβίλους δράσης ο βαθμός αντίδρασης είναι μηδενικός, αφού η μεταβολή της πίεσης στο στροφέιο είναι μηδενική. Ο μοναδικός τύπος υδροστρόβιλου δράσης που χρησιμοποιείται σήμερα ευρύτατα στις υδροηλεκτρικές εφαρμογές, για μεγάλα ύψη υδατοπτώσεων, είναι ο υδροστρόβιλος Pelton.



*Εικόνα 4-1 Ομοίωμα υδροστροβίλου Pelton, ακροφύσιο με βελονοειδή βαλβίδα, στροφέιο με σκαφίδια*

Ο υδροστρόβιλος τύπου Cross-Flow ή Banki συμπεριφέρεται ως υδροστρόβιλος δράσης, με μηδενικό βαθμό αντίδρασης στην περιοχή του κανονικού σημείου λειτουργίας (μέγιστος βαθμός απόδοσης) και κατασκευάζεται για μικρές ισχύς (μικρότερες των 2 MW) και σχετικά μικρές τιμές υδατόπτωσης ( $H < 100$  m).

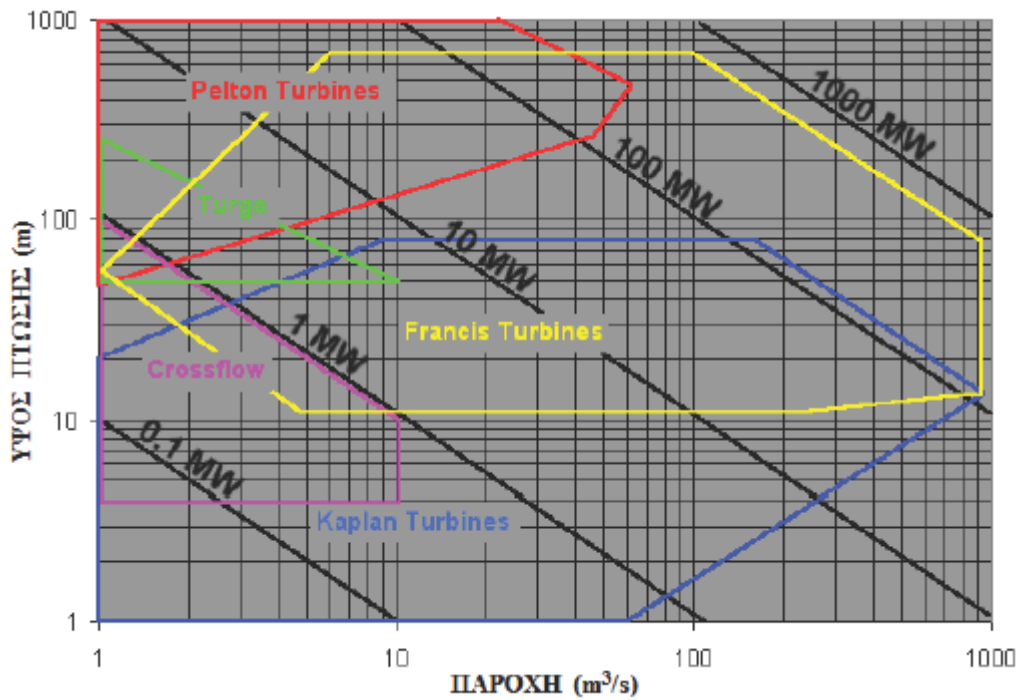


Εικόνα 4-2 Ο υδροστροβίλος τύπου *Cross-Flow* ή *Banki*

Στους υδροστροβίλους αντίδρασης μέρος της πτώσης της πίεση του νερού συντελείται στην ακίνητη οδηγό περύγωση και ένα άλλο σημαντικό μέρος υλοποιείται στην κινητή περύγωση (στροφείο). Οι υδροστροβίλοι αντίδρασης, που χρησιμοποιούνται, συνήθως, σήμερα στις εφαρμογές είναι οι υδροστροβίλοι τύπου Francis, για ένα μεγάλο εύρος μέσων τιμών υδατοπτώσεων ( $z=50-500$  m), οι υδροστροβίλοι τύπου Deriaz διαγώνιας ροής, και διάφοροι ομοειδείς σχεδιασμοί υδροστροβίλων αξονικής ροής, για μικρές τιμές της υδατόπτωσης ( $H < 50$  m), όπως ο τύπος Kaplan. [Εικόνα 4.1.].

Οι υδροστροβίλοι ταξινομούνται, επίσης, ανάλογα με τη διεύθυνση της ροής στο στροφείο. Οι υδροστροβίλοι Francis είναι ακτινικής και μικτής (διαγώνιας) ροής, ενώ οι υδροστροβίλοι της μορφής Kaplan είναι αξονικής ροής.

Από πλευράς διάταξης των δομικών τους στοιχείων στο χώρο, μπορεί να γίνει διάκριση σε υδροστροβίλους οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα



Σχήμα 4-1 *Περιοχές τιμών ύψους πτώσης – παροχής για την εφαρμογή υδροστροβίλων διαφόρων τύπων*

Η ανάπτυξη των υδροστροβίλων έχει μεγάλη οικονομική, τεχνική και περιβαλλοντική σημασία. Χρησιμοποιούνται, κυρίως, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, φιλική προ το περιβάλλον, με πολύ φθηνό λειτουργικό κόστος. Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα έχουν κατασκευασθεί, και βρίσκονται σε λειτουργία σε όλο τον κόσμο, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη των κοινωνιών με περιβαλλοντική ευαισθησία. Ευνοούνται, φυσικά, οι κοινωνίες που διαθέτουν εδάφη με σημαντικό ανάγλυφο και πολλές βροχοπτώσεις. Παρατίθεται, ενδεικτικά, ένας μικρός κατάλογος μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών ανά τον κόσμο:

Το φράγμα Three Gorges είναι ένα υδροηλεκτρικό φράγμα στον ποταμό Γιάνκτσε της Κίνας. Είναι ο μεγαλύτερος υδροηλεκτρικός σταθμός σε όλο τον κόσμο με εγκατεστημένη ισχύ 22500 MW [7].



**Εικόνα 4-3** Φράγμα *Three Gorges*(Κίνα), Υδροστρόβιλος *Francis*

Το υδροηλεκτρικό έργο Ιταίρι (Βραζιλία-Παραγουάη), στον ποταμό Παρανά, είναι το δεύτερο μεγαλύτερο στον κόσμο με 20 μονάδες υδροστροβίλων Francis, συνολικής ισχύος 14000 MW.

Το φράγμα Grand Coulee στον ποταμό Κολούμπια των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, φιλοξενεί έναν από τους μεγαλύτερους στον κόσμο υδροηλεκτρικούς σταθμούς συνολικής ισχύος 6809 MW.



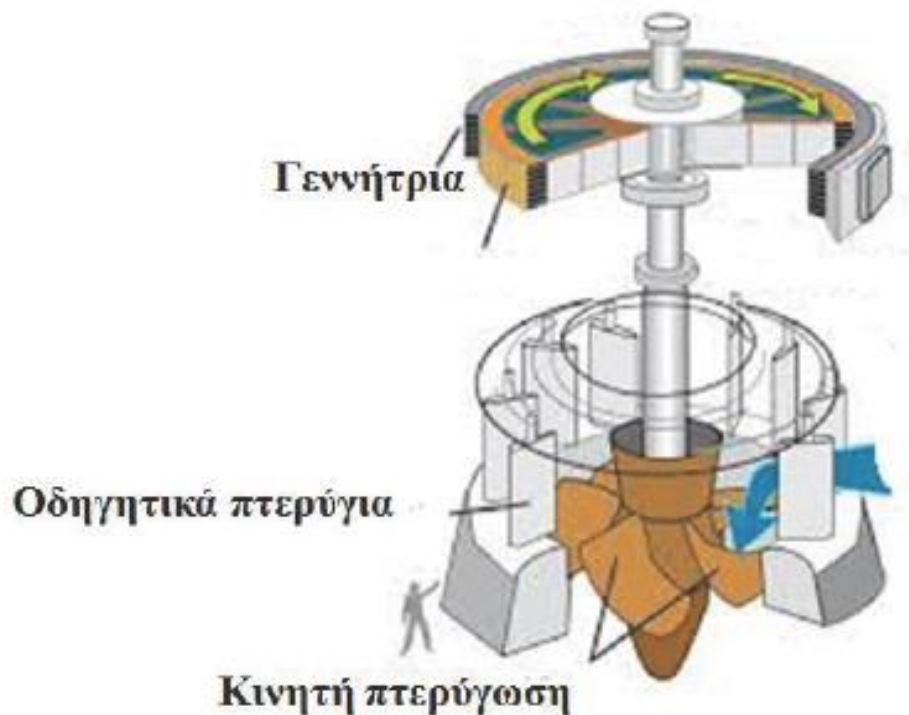
**Εικόνα 4-4** Φράγμα *Grand Coulee*(ΗΠΑ), Υδροστρόβιλος *Francis*

Ο υδροηλεκτρικός σταθμός Sima (Νορβηγία), διαθέτει δύο(2) μονάδες υδροστροβίλων Pelton με ισχύ 350 MW η καθεμία, σε υδατόπτωση 885 m, με ταχύτητας περιστροφής 300 rpm, διαμέτρου 5m και βάρους 37tn η κάθε μια.



Εικόνα 4-5 Υδροστρόβιλος Pelton, Υδροηλεκτρικός σταθμός Sima (Νορβηγία)

Ο υδροηλεκτρικός σταθμός Estreito (Βραζιλία), διαθέτει οκτώ (8) μονάδες υδροστροβίλων Kaplan με συνολική ισχύ 1087 MW, σε υδατόπτωση(φράγμα σε ποτάμι) 22 m.



Εικόνα 4-6 Υδροστρόβιλος Kaplan, Υδροηλεκτρικός σταθμός Estreito (Βραζιλία)



## 4.2 Περιγραφή και λειτουργία των υδροστροβίλων δράσης. Pelton, Francis και Kaplan

### 4.2.1 Περιγραφή και λειτουργία των υδροστροβίλων δράσης, απώλειες, απόδοση.

Οι υδροστρόβιλοι δράσης εφαρμόζονται για μια μεγάλη περιοχή τιμών παραγόμενης ισχύος που κυμαίνεται από 500 kW μέχρι 500 MW. Για μεγάλες τιμές της υδατόπτωσης, στην περιοχή των 500 m μέχρι και 1000 [m], και μικρές σχετικά τιμές της παροχής ενδείκνυται η ανάπτυξη και χρησιμοποίηση υδροστροβίλων μερικής προσβολής (Pelton). Στο συμπέρασμα αυτό οδηγούν κατασκευαστικοί και λειτουργικοί λόγοι. Η μεγάλη πτώση πίεσης μέσα σε στροφείο ολικής προσβολής συντείνει στην ανάπτυξη πολύ μεγάλης ταχύτητας μεταξύ των πτερυγώσεων του στροφείου. Επειδή παράλληλα και η παροχή είναι μικρή, προκύπτουν μικρές διατομές διέλευσης του νερού διαμέσου του στροφείου. Η μεγάλη ταχύτητα και η μικρή διατομή διέλευσης συντελούν στην ανάπτυξη σημαντικών ενεργειακών απωλειών, λόγω τριβών με αποτέλεσμα την πτώση της απόδοσης του στροβίλου. Στους υδροστροβίλους δράσης όλη η πτώση πίεσης συμβαίνει στον περιορισμένο χώρο του ακροφυσίου και οι απώλειες ενέργειας είναι συγκριτικά πολύ λιγότερες. Επιπλέον η μεγάλη πίεση εσωτερικά του κελύφους των μηχανών αντίδρασης ολικής προσβολής, συμβάλλει στη μεγιστοποίηση των διαρροών και στη μείωση του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης του στροβίλου. Τέλος η ανάπτυξη μεγάλων δυνάμεων, λόγω υψηλής πίεσης δημιουργεί και μεγάλη καταπόνηση στο ογκώδες σπειροειδές κέλυφος και στα πτερύγια οδήγησης της ροής των στροβίλων αντίδρασης με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους κατασκευής του υδροηλεκτρικού έργου, για να εξασφαλισθεί ικανοποιητική αντοχή των υλικών, που υπόκεινται στις μεγάλες αυτές πιέσεις. Είναι προφανές ότι είναι πολύ οικονομικότερο να φροντίσει κανείς για την ικανοποιητική αντοχή των ακροφυσίων των στροβίλων δράσης.

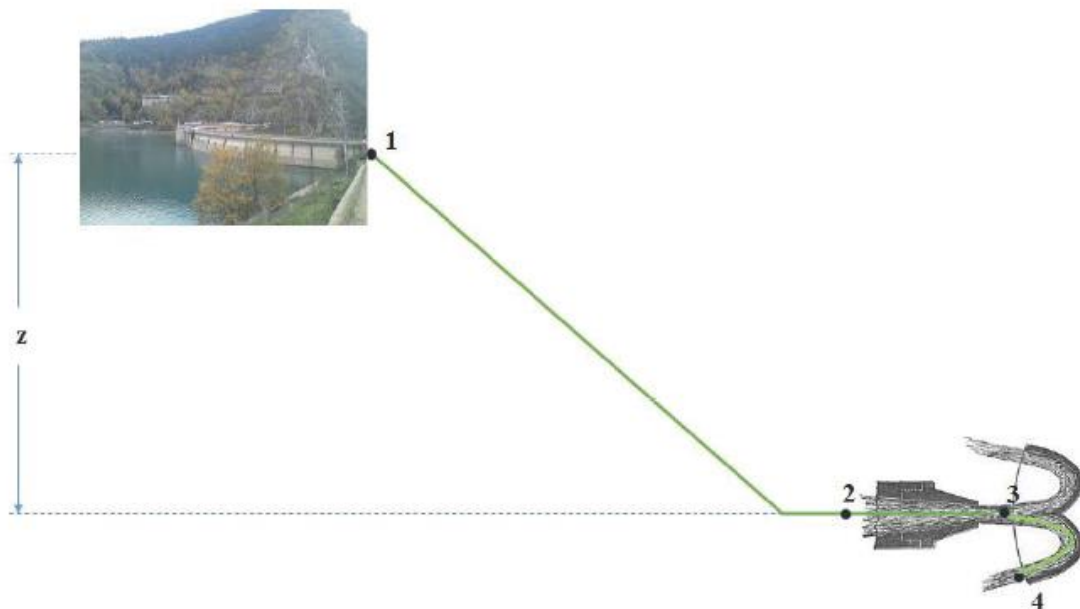
Το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου Pelton αρχίζει από το διακόπτη, στα άκρο του αγωγού προσαγωγής του νερού από τη λίμνη, και καταλήγει στο ή στα ακροφύσια τροφοδοσίας. Ο αγωγός προσαγωγής, μετά το διακόπτη, μπορεί να παρέχει νερό σε ένα ή περισσότερα ακροφύσια.

Γενικά το ακροφύσιο (υποηχητικής ροής) είναι μια συγκλίνουσα σωληνοειδής συσκευή στην οποία ρευστό εισέρχεται με μεγάλη πίεση και αμελητέα ταχύτητα στη διατομή εισόδου, και εξέρχεται από τη σημαντικά μικρότερη διατομή εξόδου με πολύ μεγάλη ταχύτητα και μικρή πίεση (ατμοσφαιρική, αν η εκτόνωση γίνεται στην ατμόσφαιρα). Με τον τρόπο αυτό, η ενέργεια, που είναι εγκλωβισμένη στο νερό λόγω της υψηλής στατικής πίεσης, γίνεται κινητική ενέργεια. Η όλη κατασκευή του ακροφυσίου είναι υψηλής μηχανικής αντοχής, λόγω της μεγάλης τιμής της στατικής πίεσης πριν από τη στένωση της διατομής του ακροφυσίου και των μεγάλων ταχυτήτων του νερού στην διατομή εξόδου του. Το νερό με μεγάλη ταχύτητα, υπό μορφή δέσμης κυκλικής διατομής, προσπίπτει κατά την εφαπτομενική διεύθυνση στην περιφέρεια του στροφείου δράσης, το οποίο φέρει κατάλληλα σχεδιασμένη πτερύγωση, η οποία εκτρέπει τη σχετική ροή του ρευστού. Η αλλαγή αυτή στη διεύθυνση της ροής της δέσμης του νερού δημιουργεί δύναμη κατά την εφαπτομενική διεύθυνση στον υδροτροχό, σύμφωνα με το νόμο της ορμής. Η δύναμη αυτή δημιουργεί ροπή ως προς το κέντρο του στροφείου, η οποία περιστρέφει το στρόβιλο. Το ακροφύσιο, ή τα ακροφύσια τοποθετούνται στο κατώτερο άκρο του σωλήνα της υδατόπτωσης ο οποίος μεταφέρει το νερό από την υπερκείμενη φυσική ή τεχνητή λίμνη. Μετά την έξοδο του νερού από το στρόβιλο οδηγείται σε κατάλληλα διαμορφωμένα διώρυγα απομάκρυνσης, συνήθως προς κάποια παρακείμενη κοίτη ποταμού.

Οι υδροστρόβιλοι Pelton είναι, συνήθως, οριζοντίου άξονα περιστροφής. Όταν όμως τα ακροφύσια είναι περισσότερα του ενός, ο άξονας του στροβίλου διατάσσεται συνήθως κατακόρυφα. Τότε το στροφείο του στροβίλου είναι οριζόντιο, και όλα τα ακροφύσια βρίσκονται στην ίδια επιφάνεια με αυτό. Με τον τρόπο αυτό, δεν επηρεάζεται η λειτουργία των ακροφυσίων από το νερό που απομακρύνεται μετά την πρόσκρουση στα σκαφίδια, που φέρει περιμετρικά το στροφείο και αποτελούν την πτερύγωση.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2., ένα ροϊκό στοιχείο, που ευρίσκεται στη θέση (1), σε υψομετρική στάθμη  $z$  από την υψομετρική στάθμη στην οποία ευρίσκεται το στροφείο, διέρχεται αφού περάσει τον αγωγό πτώσης, από τη θέση (2) ακριβώς πριν από το ακροφύσιο. Στη θέση αυτή,

όπως και στη θέση (1) όπου επικρατεί ατμοσφαιρική πίεση, η ταχύτητα του ρευστού είναι σχετικά μικρή και θεωρείται αμελητέα, . Στη συνέχεια το ρευστό διέρχεται από ακροφύσιο και όλη του η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική στη θέση (3). Ακολουθεί η πρόσπτωση του ρευστού στα σκαφίδια του στροφείου, όπου η ροή αναστρέφεται, μεταβάλλει την ορμή της, ασκεί δύναμη στο στροφείο και αποδίδει ενέργεια ανά μονάδα βάρους του ρευστού στο στρόβιλο (μανομετρικό του στροβίλου,  $H_t$ ). Τέλος το ρευστό απομακρύνεται από τα πτερύγια του στροφείου ενεργειακά υποβαθμισμένο  $v_4 \cong 0$ , και απορρέει ελεύθερα στον κάτω ταμιευτήρα σε ατμοσφαιρική πίεση. Όπως είναι φανερό  $z_3 \cong z_2 = 0$



**Σχήμα 4-2** Διαδρομή ενός στοιχείου ρευστού από τον άνω (σημείο 1) μέχρι τον κάτω (σημείο 4) ταμιευτήρα.

Αν γραφεί ο νόμος της ενέργειας για τον όγκο ελέγχου του ρευστού της σωληνογραμμής μεταξύ των σημείων (1) και (2), προκύπτει:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \rightarrow \frac{P_2}{\gamma} - \frac{P_1}{\gamma} = z$$

Η παραπάνω σχέση καταδεικνύει ότι η σχετική πίεση πριν το ακροφύσιο καθορίζεται από την υψομετρική στάθμη z και αυξάνεται ανάλογα με αυτό.

Αν γραφεί ο νόμος της ενέργειας για τον όγκο ελέγχου του ρευστού της σωληνογραμμής μεταξύ των σημείων (1) και (3), προκύπτει:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z = \frac{P_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2 \cdot g} \rightarrow \frac{v_3^2}{2 \cdot g} = z \rightarrow v_3 = \sqrt{2 \cdot g \cdot z}$$

$$P_1 = P_3 = P_4 = P_{atm}$$

Η παραπάνω σχέση καταδεικνύει ότι η ταχύτητα της δέσμης του ρευστού μετά το ακροφύσιο εξαρτάται μόνο από την υψομετρική στάθμη  $z$  και αυξάνεται καθώς αυξάνεται το ύψος της υδατόπτωσης.

Τέλος, αν γραφεί ο νόμος της ενέργειας για τον όγκο ελέγχου του ρευστού της σωληνογραμμής μεταξύ των σημείων (1) και (4), προκύπτει:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z = \frac{P_4}{\gamma} + \frac{v_4^2}{2 \cdot g} + H_t \rightarrow H_t = z$$

Όπως γίνεται φανερό, το συνολικό μανομετρικό του στροβίλου (το θεωρητικό και το ύψος απωλειών σε αυτόν) είναι ίσο με την υψομετρική στάθμη  $z$ . Δηλαδή μεγάλες υδατοπτώσεις δίνουν και μεγάλα μανομετρικά ύψη (μεγάλη ενέργεια ανά μονάδα βάρους του ρευστού αποδίδεται στο στρόβιλο). Στις παραπάνω ενεργειακές εξισώσεις αγνοήθηκαν οι απώλειες του αγωγού πτώσης λόγω της μικρής ταχύτητας της ροής σε αυτόν.

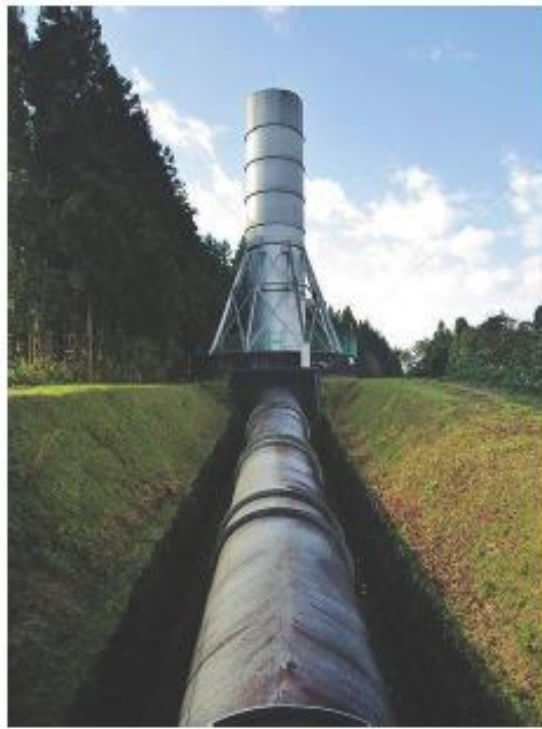
Η παροχή των ακροφυσίων είναι δυνατόν να μεταβάλλεται εύκολα και να ρυθμίζεται στην επιθυμητή τιμή με υδραυλικά ή μηχανικά, συνήθως, συστήματα, που επιτρέπουν και τον τηλεχειρισμό. Η οπή του άκρου του ακροφυσίου είναι κωνικά διαμορφωμένη εσωτερικά, έτσι ώστε να επιτρέπει την κίνηση, κατά τον άξονα του ακροφυσίου, κωνικής βελόνης, η οποία, μετακινούμενη, είναι δυνατόν να μεταβάλλει την ελεύθερη κυκλική διατομή εξόδου του νερού [Σχήμα 4.2.]. Η μεταβολή της διατομής της δέσμης του νερού μεταβάλλει ανάλογα και την παροχή όγκου ή μάζας, εφόσον η πυκνότητα του νερού παραμένει σταθερή. Σημειώνεται ότι, όπως αναλύθηκε παραπάνω, η ταχύτητα της δέσμης,  $v_3$ , είναι σχεδόν σταθερή για μια δεδομένη υψομετρική διαφορά  $z$ . Η όλη κατασκευή του ακροφυσίου είναι πολύ στιβαρή λόγω της μεγάλης τιμής

της στατικής πίεσης πριν από τη στένωση και των μεγάλων ταχυτήτων στην διατομή εξόδου του ακροφυσίου.

Όταν απαιτείται γρήγορη αποσύνδεση του ηλεκτρικού φορτίου από το σύστημα (τα υδροηλεκτρικά χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αιχμών του φορτίου), τότε δε γίνεται απότομος χειρισμός φραγής του ακροφυσίου με τη βελονοειδή βαλβίδα, διότι έτσι δημιουργείται ισχυρό υδραυλικό πλήγμα με καταστροφικές συνέπειες για τον αγωγό προσαγωγής του νερού. Η αποσύνδεση του φορτίου γίνεται με εκτροπή της δέσμης αμέσως μετά την έξοδό της από το ακροφύσιο, έτσι ώστε να μην προσβάλλει την πτερύγωση του στροβίλου. Στη συνέχεια η μείωση της παροχής γίνεται με αργή μετακίνηση της βελόνης μέχρι φραγής της οπής του ακροφυσίου, έτσι ώστε το υδραυλικό πλήγμα, που θα δημιουργηθεί, να προκαλέσει παραδεκτές τιμές πιέσεων στο σύστημα του αγωγού προσαγωγής του νερού.

Επισημαίνεται ότι οι αγωγοί προσαγωγής του νερού στα υδροηλεκτρικά έργα με υδροστροβίλους δράσης έχουν μεγάλο μήκος, όχι μόνο διότι στις εφαρμογές αυτές απαιτείται μεγάλο γεωδαιτικό ύψος,  $z$ , αλλά και διότι ο αγωγός πρέπει να ακολουθήσει το ανάγλυφο του εδάφους από τη φυσική ή τεχνητή λίμνη μέχρι τον κατώτερο ταμιευτήρα συλλογής και διάθεσης του νερού για άρδευση, ύδρευση ή όδευση μέσω ποταμών προς τη θάλασσα [Εικόνα 4.7.].

Τα ακροφύσια κατασκευάζονται, συνήθως, από χυτοχάλυβα υψηλής μηχανικής αντοχής. Η μύτη της βελόνης της βελονοειδούς βαλβίδας, που είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα υψηλής σκληρότητας, είναι ευάλωτη στη μηχανική διάβρωση από στερεά σωματίδια, άμμου, κυρίως, μεγάλης ταχύτητας, που την προσβάλλουν.



*Εικόνα 4-7 Αγωγός προσαγωγής του νερού στο στρόβιλο υδροηλεκτρικού σταθμού και δεξαμενή απορρόφησης υδραυλικού πλήγματος*

Το στροφείο του υδροστροβίλου Pelton φέρει στην περιφέρειά του σκαφίδια [Εικόνα 4.8]). Τα σκαφίδια έχουν ημισφαιρική μορφή, η οποία διαιρείται από διαχωριστή δέσμης (splitter) σε δύο συμμετρικά μέρη. Ο διαχωριστής δέσμης διαιρεί τη δέσμη του νερού σε δύο ίσα μέρη. Το κάθε μέρος, ακολουθώντας την καμπυλότητα του σκαφιδίου, αναστρέφεται κατά 160-170°. Η διαίρεση της δέσμης γίνεται για λόγους συμμετρίας στη φόρτιση των σκαφιδίων και, για να μη δημιουργούνται καμπτικές ροπές στον άξονα της περωτής. Το στροφείο κατασκευάζεται είτε ενιαίο και αδιαίρετο είτε διαιρετό με ανεξάρτητα σκαφίδια, τα οποία κοχλιώνονται στην πλήμνη με κατάλληλη ασφάλιση έναντι αποκοχλίωσης. Τα σκαφίδια, ανάλογα με το συνολικό μανομετρικό ύψος και τον κίνδυνο διάβρωσης, κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο, χυτά κράματα χάλυβα – μπρούντζου ή από ανοξείδωτο χάλυβα.

Η ταχύτητα της δέσμης είναι  $v_3 = \sqrt{2 \cdot g \cdot z}$

και είναι συνάρτηση μόνο του ύψους,  $z$ , της υδατόπτωσης. Η διάμετρος,  $d$ , της δέσμης του ρευστού υπολογίζεται, αν είναι γνωστή η παροχή,  $Q$ , του ρευστού στο κανονικό σημείο λειτουργίας του στροβίλου (μέγιστη απόδοση). Έτσι για ένα μόνον ακροφύσιο στην εγκατάσταση του στροβίλου, για τη διάμετρο της δέσμης του ρευστού ισχύει:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v_3 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z}}}$$

Το πλάτος των σκαφιδίων, B, είναι συνάρτηση της διαμέτρου της δέσμης του ρευστού:

B=3.1d για 1 ακροφύσιο

B=3.2d για 2 ακροφύσια

B=3.3d για 4 μέχρι 5 ακροφύσια

B=3.4d για 6 ακροφύσια

Το πλήθος των σκαφιδίων είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 17 και κυμαίνεται, συνήθως, μεταξύ 20 και 22. Η διάμετρος της περρωτής, D (του κύκλου που διέρχεται από τα μέσα της απόστασης της βάσης και του άκρου των πτερυγίων), επιλέγεται εμπειρικά,  $D=(12-15)d$ , με τις μεγάλες τιμές στα μεγάλα ύψη πτώσεων. Πρέπει, επίσης, η περιφερειακή ταχύτητα του τροφείου στα σημεία της διαμέτρου D, να έχει υποδιπλάσια τιμή από αυτή της ταχύτητας της δέσμης .



Εικόνα 4-8 Ολόσωμο τροφείο Pelton από ανοξείδωτο χάλυβα

Το **τμήμα εξόδου** του υδροστροβίλου συγκεντρώνει το νερό που εξέρχεται από το τροφείο και το οδηγεί στον ταμιευτήρα συλλογής και

διάθεσης. Αποτελεί μια ενότητα με το κέλυφος του υδροστροβίλου, το οποίο καλύπτει το στροφείο και εμποδίζει τον άτακτο διασκορπισμό του νερού. Πέρα από τη συλλογή και διάθεση του νερού, το τμήμα εξόδου του υδροστροβίλου Pelton δεν έχει άλλη υδραυλική λειτουργία.

#### **4.2.2 Περιγραφή και λειτουργία των υδροστροβίλων αντίδρασης, απώλειες, απόδοση.**

Οι υδροστρόβιλοι αντίδρασης έχουν ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών για μέσου ύψους υδατοπτώσεις και ισχύ από 500 kW μέχρι 800 MW. Στους υδροστροβίλους αυτούς η πτώση της στατικής πίεσης δε γίνεται εξολοκλήρου στην ακίνητη οδηγό πτερύγωση και ένα σημαντικό μέρος της αποκλιμάκωσης (πτώσης) της στατικής πίεσης του νερού συμβαίνει κατά τη ροή του στην πτερύγωση του στροφείου. Συνεπώς ο βαθμός αντίδρασης είναι μεγαλύτερος του μηδενός, και το νερό πρέπει να προσβάλει όλη την πτερύγωση. Διαθέτουν δηλαδή πτερωτές ολικής προσβολής, στις οποίες το νερό προσάγεται και διαμοιράζεται ομοιόμορφα σε ολόκληρη την επιφάνεια εισόδου στο στροφείο της υδροδυναμικής μηχανής. Οι σημαντικότεροι τύποι υδροστροβίλων αντίδρασης είναι ο υδροστρόβιλος Francis, ακτινικής και μικτής ή διαγώνιας ροής και οι υδροστρόβιλοι αξονικής ροής, όπως κυρίως ο τύπος Kaplan και οι σχεδιαστικές διαφοροποιήσεις του ως προς τη θέση του άξονα του στροφείου και όχι ως προς τη μορφή της πτερύγωσης (βολβοειδής (bulb), ο τύπος δακτυλίου (Straflo) και ο σωληνωτός (tube)].

Οι στρόβιλοι, για να αναπτύξουν βέλτιστο μανομετρικό ύψος ή ειδικό έργο (να μεταφέρουν μέγιστη ενέργεια ανά μονάδα βάρους της ροής) απαιτείται, κατά το δυνατόν, μεγαλύτερη τιμή της εφαιπτομενικής συνιστώσας της απόλυτης ταχύτητας. Επίσης το τμήμα εισόδου της ροής στον υδροστρόβιλο ολικής προσβολής πρέπει να είναι σχεδιασμένο, έτσι ώστε να γίνεται ομοιόμορφης παροχής περιφερειακή τροφοδοσία νερού. Αυτό σημαίνει ότι ο αγωγός τροφοδοσίας νερού, που μεταφέρει το νερό από την υψηλότερη στάθμη, πρέπει στην απόληξή του να περιβάλει τα ακίνητα οδηγητικά πτερύγια που διαμορφώνουν την τελική μορφή της ροής του νερού, πριν αυτό εισέλθει ομοιόμορφα στην περιφερειακή επιφάνεια του στροφείου κατά την ακτινική διεύθυνση. Η απαίτηση

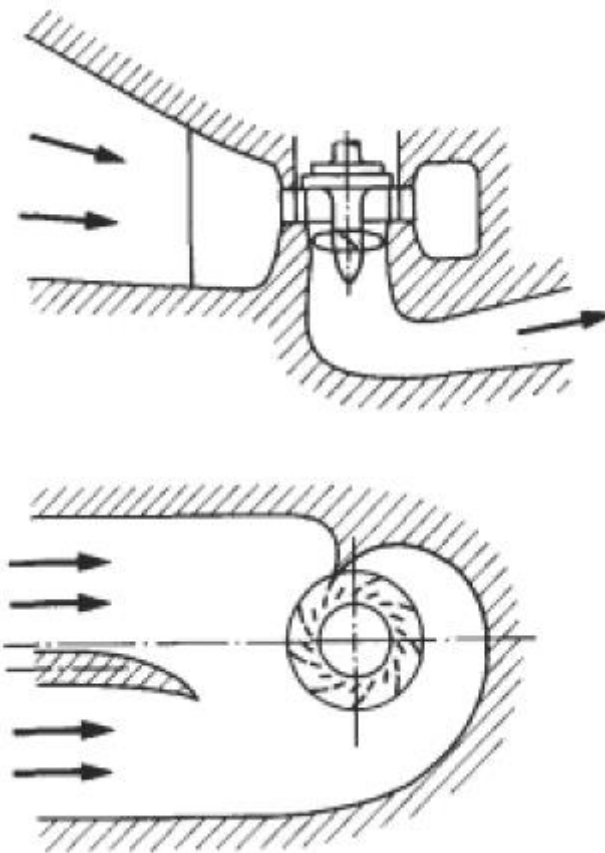


ομοιόμορφης παροχής περιφερειακά της ακίνητης περύγωσης δημιουργεί την ανάγκη σταδιακής μείωσης της διατομής του αγωγού τροφοδοσίας νερού γύρω από τη στεφάνη των ακινήτων περυγίων [Εικόνα 4.9.]. Για τους λόγους αυτούς επιλέγεται σπειροειδούς μορφής αγωγός τροφοδοσίας των υδροστροβίλων αντίδρασης, ο οποίος δίνει και αρχική συστροφή στο νερό, αλλά και τροφοδοτεί ομοιόμορφα την οδηγό περύγωση προς την περωτή. Οι επίπεδες τομές του σπειροειδούς κελύφους που εμπεριέχουν τον άξονα της ρευστοδυναμικής μηχανής είναι κυκλικής διατομής η οποία μειώνεται κατά την περιφερειακή διεύθυνση. Το σπειροειδές περίβλημα είναι η πιο ογκώδης και στιβαρή κατασκευή της εγκατάστασης του υδροστροβίλου διότι δέχεται τη μεγαλύτερη στατική πίεση. Για πολύ μικρούς υδροστροβίλους αντίδρασης κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο. Για πολύ μικρές υδατοπτώσεις, μικρότερες των 10[m], δε διαμορφώνεται σπειροειδές περίβλημα που δημιουργεί ακτινική διεύθυνση εισόδου στα οδηγία περύγια των αξονικών υδροστροβίλων, αλλά η ροή στο τμήμα εισόδου γίνεται απευθείας αξονικά. Για μικρές υδατοπτώσεις, μικρότερες των 30[m] που διαμορφώνονται, συνήθως, σε ποταμούς και κινούν υδροστροβίλους αξονικής ροής Kaplan, το σπειροειδές κέλυφος εντάσσεται στα έργα πολιτικού μηχανικού και κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα εδώ και έναν αιώνα. Η διατομή της σπείρας είναι ορθογωνική και η εσωτερική επιφάνεια του κελύφους δε φέρει ιδιαίτερη επικάλυψη. Το σκυρόδεμα έχει αποδειχθεί ότι είναι ανθεκτικό στη μηχανική και στη χημική διάβρωση, έχει μεγάλο χρόνο μεταξύ δύο συντηρήσεων και χαμηλό κόστος σχετικά με τις χαλύβδινες κατασκευές. Στα περιβλήματα από σκυρόδεμα λαμβάνεται μέριμνα διατήρησης σχετικά μικρών ταχυτήτων, με ρύθμιση των διαστάσεων της διατομής, για την αποφυγή μηχανικών διαβρώσεων. Για μεγαλύτερες υδατοπτώσεις το σπειροειδές περίβλημα είναι χαλύβδινο, εγκιβωτισμένο σε οπλισμένο σκυρόδεμα.



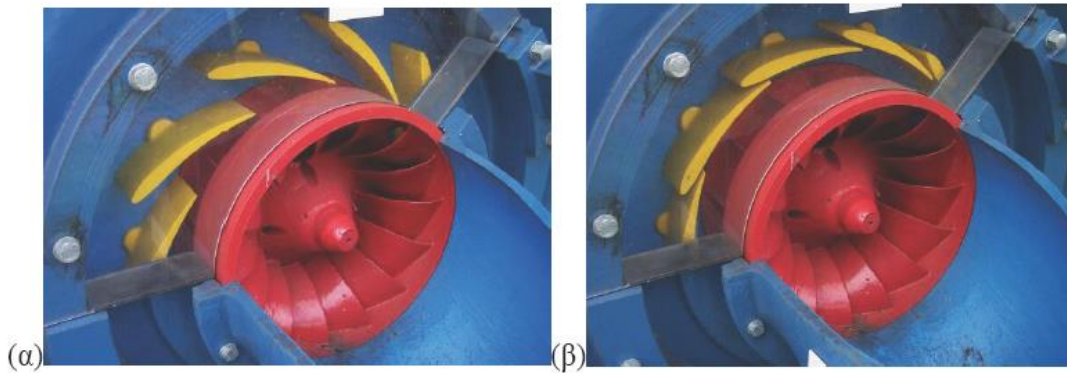
Εικόνα 4-9 Σπειροειδές κέλυφος τροφοδοσίας στροβίλων αντίδρασης με ρυθμιζόμενης κλίσης ακίνητα πτερύγια οδήγησης της ροής.

Σε μεγάλες εγκαταστάσεις συναντάται, επίσης, η διαμόρφωση του κελύφους τροφοδοσίας υδροστροβίλων Καρλιαν σε διπλή ημισπειροειδή μορφή [Σχήμα 4.3.].



Σχήμα 4-3 Υδροστρόβιλος Καρλιαν με διπλό ημισπειροειδές κέλυφος

Το σπειροειδές περίβλημα τροφοδοτεί ομοιόμορφα με νερό την είσοδο της οδηγού περύγωσης [Σχήμα 4.1., κίτρινο χρώμα] η οποία είναι προσαρμοσμένη σε αυτό. Κατασκευαστικά, το συγκρότημα των περυγίων οδήγησης της ροής αποτελεί μια ξεχωριστή ενότητα, η οποία προσαρμόζεται στεγανά με κατάλληλους συνδέσμους στο σπειροειδές κέλυφος. Κατασκευάζεται κατά τμήματα, όταν το μέγεθός του είναι μεγάλο, και για να υπάρχει ομοιότητα των τμημάτων, προτιμάται ζυγός αριθμός περυγίων και συμμετρία περυγίων και μηχανισμών περιστροφής ως προς το κέντρο του συγκροτήματος. Ο ρόλος των ρυθμιστικών οδηγών περυγίων είναι διπλός. Δίνουν στη ροή την τελική διεύθυνση της απόλυτης ταχύτητας εισόδου στα περύγια του στροφείου και ρυθμίζουν την παροχή του νερού. Οδηγούν τη ροή αποκλειστικά επάνω σε επίπεδο κάθετο στον άξονα του στροβίλου (ακτινική ροή), αποκλείοντας κάθε αξονική συνιστώσα της ταχύτητας του νερού. Τα ρυθμιστικά αυτά περύγια έχουν δυνατότητα σύγχρονης περιστροφής περί άξονα παράλληλο με τον άξονα του στροβίλου, μέσω κατάλληλου μηχανισμού, έτσι ώστε να δημιουργούνται ομοιόμορφοι συγκλίνοντες δίοδοι του ρευστού. Είναι μεγάλης αντοχής καμπυλωμένα μεταλλικά ορθογωνικά στοιχεία με μέση γραμμή διατομής απλού κυκλικού τόξου και αεροδυναμική διατομή. Το μήκος της χορδής των κυκλικών τόξων επιλέγεται σχετικά μικρό, έτσι ώστε οι καταπονήσεις των περυγίων να είναι στα επιτρεπτά πλαίσια. Στα μεγάλα συγκροτήματα με βάση τον υπολογισμό της αντοχής προκύπτει μεγάλος αριθμός περυγίων. Όλες οι γενέτειρές τους είναι παράλληλες με τον άξονα του στροφείου. Στους υδροστροβίλους αξονικής ροής τύπου Kaplan η ακτινική ροή στην έξοδο της κυλινδρικής λωρίδας του συστήματος της οδηγού περύγωσης, μετατρέπεται ομαλά και βαθμιαία σε αξονική, καθώς πλησιάζει το στροφείο.

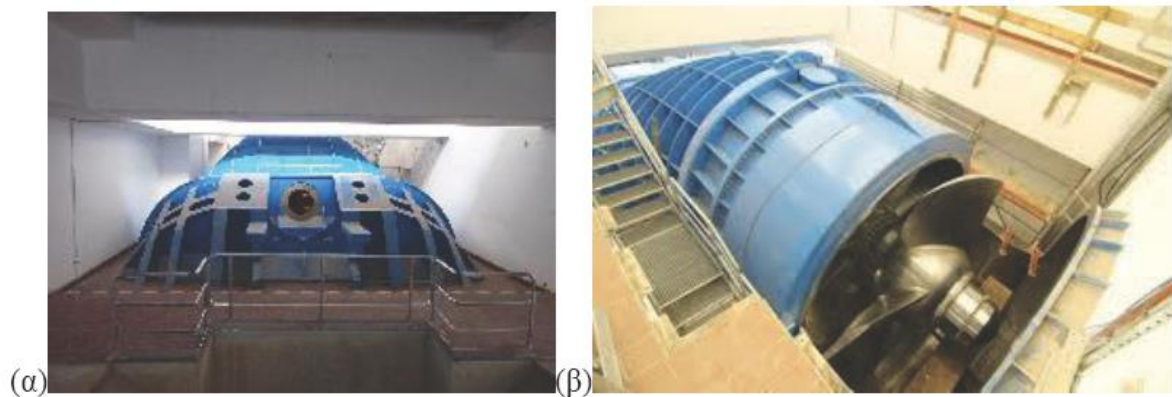


**Εικόνα 4-10** Ομοίωμα οδηγού πτερύγωσης σε στρόβιλο Francis(κίτρινο χρώμα, ανοικτή- κλειστή θέση)

Όταν μεταβληθεί το φορτίο στον άξονα ενός υδροστροβίλου, για να κρατηθούν σταθερές οι στροφές ανά μονάδα χρόνου, δεδομένου ότι το μανομετρικό ύψος του υδροστροβίλου είναι σταθερό, πρέπει να μεταβληθεί η παροχή του νερού. Αύξηση, δηλαδή, του φορτίου απαιτεί και αύξηση της παροχής του νερού. Αυτό γίνεται, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, με την κατάλληλη περιστροφή των ρυθμιστικών πτερυγίων. Όταν σε μια εγκατάσταση υδροστροβίλου είναι γνωστό το φορτίο, δηλαδή η ροπή που πρέπει να έχει στον άξονά του και οι στροφές ανά μονάδα χρόνου με τις οποίες πρέπει να στρέφεται το φορτίο, δεδομένου ότι το μανομετρικό ύψος είναι γνωστό από την υδατόπτωση, με τη ρύθμιση της παροχής προσδιορίζεται το κανονικό σημείο λειτουργίας του υδροστροβίλου. Με το σύστημα των ρυθμιστικών πτερυγίων ρυθμίζεται το κανονικό σημείο λειτουργίας, επιτυγχάνεται δηλαδή η κατάλληλη παροχή, έτσι ώστε η απόδοση του υδροστροβίλου να είναι μέγιστη. Στην Εικόνα 4.10. φαίνονται δύο θέσεις ρύθμισης της οδηγού πτερύγωσης. Στην πρώτη θέση η πτερύγωση τροφοδοτεί την πτερωτή με νερό, ενώ στη δεύτερη η πτερύγωση φράσσει τη δίοδο και αποκόπτει την παροχή του νερού, που έχει ως συνέπεια να τεθεί η μονάδα εκτός λειτουργίας. Στη θέση αυτή ασκούνται στα οδηγητικά πτερύγια πολύ μεγάλες δυνάμεις και, για το λόγο αυτό, απαιτείται υψηλή μηχανική αντοχή των υλικών και στιβαρότητα στην κατασκευή. Τα ρυθμιστικά πτερύγια και οι στροφείς τους κατασκευάζονται συνήθως από ανθρακούχους χάλυβες, υψηλής αντοχής μικροκράμματα (HSMA), ανοξειδωτους χάλυβες και θερμικά επεξεργασμένους χάλυβες. Πρέπει, επίσης, να προβλέπεται η ασφαλής αντιμετώπιση αστοχιών θραύσης ή κινητικού ελέγχου των πτερυγίων. Σε περίπτωση καταστροφής του

μηχανισμού οδήγησης των πτερυγίων, αυτά είναι σχεδιασμένα, έτσι ώστε να κλείνουν με την επενέργεια της διερχόμενης ροής.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για πολύ μικρές υδροηλεκτρικές εφαρμογές ( $z < 10$  m) χρησιμοποιούνται δύο σχεδιαστικές διαφοροποιήσεις του υδροστροβίλου αξονικής ροής Kaplan, ο βολβοειδής (bulb) και ο σωληνωτός (tube) υδροστρόβιλος [Εικόνα 4.11.]. Στους υδροστροβίλους αυτούς δε διαμορφώνεται σπειροειδές κέλυφος, το στροφείο τοποθετείται μέσα στον αγωγό προσαγωγής του νερού και η ροή εισέρχεται απευθείας αξονικά στο στροφείο, αφού περάσει από τα αξονικά επίσης ακίνητα πτερύγια οδήγησης. Με τον τρόπο αυτό στα μικρά υδροηλεκτρικά έργα γίνεται οικονομία χρημάτων και μειώνονται οι απώλειες τριβής.



**Εικόνα 4-11** Σωληνωτός υδροστρόβιλος (φαίνεται η οπή στο περίβλημα για την έξοδο του άξονα προς τη γεννήτρια)[Wikimedia]

Στους βολβοειδείς υδροστροβίλους η γεννήτρια του ηλεκτρικού ρεύματος βρίσκεται πίσω ακριβώς από το στρόβιλο, μέσα σε ένα βολβοειδές περίβλημα. Η απαίτηση απόλυτης στεγανότητας στο περίβλημα και στο σημείο εισόδου του άξονα σε αυτό αυξάνει το κόστος της κατασκευής. Στους σωληνωτούς υδροστροβίλους ο κινητήριος άξονας της γεννήτριας εξέρχεται από το περίβλημα με κατάλληλη διαμόρφωση του περιβλήματος και η απαίτηση στεγανοποίησης περιορίζεται στο σημείο εξόδου [Εικόνα 4.11] Έτσι η γεννήτρια ευρίσκεται έξω από το νερό και αποφεύγονται προβλήματα διαρροών νερού προς αυτή.

Το στροφείο ή πτερωτή αποτελεί το τμήμα του υδροστροβίλου που μετατρέπει την ενέργεια ανά μονάδα βάρους προσερχομένου υγρού σε μηχανική ενέργεια. Τα στροφεία των υδροστροβίλων αντίδρασης φέρουν

κατάλληλα καμπυλωμένα πτερύγια διατομής αεροτομών. Η σχετική, ως προς την πτερωτή, ροή του ρευστού ακολουθεί την καμπυλότητα των πτερυγίων. Η εκτροπή αυτή της σχετικής ταχύτητας της ροής έχει ως αποτέλεσμα την άσκηση δύναμης συνεχώς επάνω στα πτερύγια του στροβίλου σύμφωνα με το νόμο της ορμής. Η δύναμη δημιουργεί ροπή ως προς το κέντρο του στροφείου και το περιστρέφει. Η αναπτυσσόμενη δύναμη, όπως αποδείχθηκε στο 3ο Κεφάλαιο, είναι ευθέως ανάλογη της παροχής του νερού και της απόλυτης ταχύτητας με την οποία το νερό προσβάλλει τα πτερύγια. Η απόλυτη ταχύτητα του ρευστού που αναπτύσσεται πριν την είσοδό του στην πτερωτή είναι μεγάλη, όταν η υδατόπτωση είναι υψηλή, διαθέτει δηλαδή το νερό μεγάλη ενέργεια ανά μονάδα βάρους, η οποία από δυναμική στην υψηλή στάθμη γίνεται σε μεγάλο βαθμό κινητική, πριν την είσοδο στη στρεφόμενη πτερωτή. Συνεπώς για την ίδια παροχή νερού μια πτερωτή υψηλής υδατόπτωσης δέχεται μεγαλύτερες δυνάμεις από μια άλλη χαμηλότερης. Τα στροφεία τύπου Francis χρησιμοποιούνται στις μέσου ύψους υδατοπτώσεις και τα πτερύγιά τους καταπονούνται από ισχυρές δυνάμεις. Για την αντιμετώπιση αυτών των δυνάμεων, που προέρχονται από τη ροή και τη δημιουργία μιας στιβαρής κατασκευής, τα καμπύλα πτερύγια πακτώνονται αμφίπλευρα την πλήμνη και στη στεφάνη του στροφείου. Οι πτερωτές τύπου Kaplan, αξονικής ροής δέχονται μικρότερες δυνάμεις, διότι χρησιμοποιούνται σε υδροηλεκτρικά έργα χαμηλού ύψους υδατόπτωσης. Έτσι δεν απαιτείται αμφίπλευρη πάκτωση και τα πτερύγια σχεδιάζονται με μορφή προβόλου με ενισχυμένη πάκτωση στην πλήμνη, ενώ η στεφάνη καταργείται και τα ακροπτερύγια είναι ελεύθερα να περιστρέφονται με ελάχιστη χάρη μεταξύ αυτών και του περιβλήματος του στροβίλου. Δημιουργείται δηλαδή μια πτερωτή τύπου έλικα και η ροή γίνεται αξονική.

Τα πτερύγια των υδροστροβίλων αξονικής ροής (Kaplan, σωληνωτός, βολβοειδής) κατασκευάζονται διαιρετά και τοποθετούνται στην πλήμνη, έτσι ώστε να είναι δυνατή η περιστροφή τους με μηχανικά ή υδραυλικά συστήματα μετάδοσης, που διατρέχουν το εσωτερικό του κοίλου άξονα του στροβίλου. Σε πολύ μικρούς αξονικούς υδροστρόβιλους, ο έλικας κατασκευάζεται ενιαίος χωρίς δυνατότητα περιστροφής των πτερυγίων του. Οι αξονικοί υδροστρόβιλοι με πτερύγια ρυθμιζόμενης κλίσης

παρουσιάζουν υψηλότερο κόστος και αυξημένη κατασκευαστική δυσκολία αλλά έχουν μεγαλύτερο πεδίο τιμών λειτουργικών συνθηκών παροχής και μανομετρικού ύψους με υψηλό βαθμό απόδοσης. Ένας αξονικός στρόβιλος με συγκεκριμένη κλίση πτερυγίων για κάποιες συνθήκες παροχής και μανομετρικού ύψους παρουσιάζει μέγιστο βαθμό απόδοσης (σημείο λειτουργίας). Για να υπάρχει δυνατότητα αποδοτικής λειτουργίας του στροβίλου με διαφοροποιημένη παροχή ή με κυμαινόμενο μανομετρικό ύψος, πρέπει να είναι δυνατή η ρύθμιση της κλίσης των πτερυγίων του ως προς την επερχόμενη ροή.

Ο αριθμός των πτερυγίων στους υδροστροβίλους Francis, επιλέγεται περιττός (11, 13, 15 συνήθως) για λόγους αποφυγής δονήσεων και συντονισμού από υψηλής συχνότητας διακυμάνσεις πίεσης, που προκαλούνται από το πέρασμα των κινητών πτερυγίων διαμέσου των απορρεμάτων και της στροβιλότητας, που δημιουργείται στην ακμή φυγής της ροής από τα οδηγητικά πτερύγια των οποίων ο αριθμός είναι πάντα άρτιος, για κατασκευαστικούς λόγους, που αναφέρθηκαν προηγούμενα. Στους υδροστροβίλους Kaplan και στις σχεδιαστικές παραλλαγές τους, ο αριθμός των πτερυγίων επιλέγεται από 3 έως 6 [1] ανάλογα με το ύψος της υδατόπτωσης. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των συγκολλήσεων, σήμερα η πάκτωση των πτερυγίων στην πλήμνη και στη στεφάνη των υδροστροβίλων Francis γίνεται με υψηλής αντοχής ηλεκτροσυγκολλήσεις.

Τα πτερύγια των στροφείων των υδροστροβίλων αντίδρασης κατασκευάζονται από υψηλής αντοχής ανοξείδωτους χρωμιονικελιούχους χάλυβες. Το κεντρικό τμήμα της πτερωτής του υδροστροβίλου Kaplan, στο οποίο στερεώνονται τα ρυθμιζόμενα πτερύγια, κατασκευάζεται από ανθρακούχους χάλυβες, υψηλής αντοχής μικροκράμματα και ανοξείδωτους χάλυβες. Η πλήμνη και η στεφάνη της πτερωτής του υδροστροβίλου Francis κατασκευάζεται, επίσης, από ανοξείδωτο χάλυβα (Cr-Ni). Οι άξονες των πτερωτών των υδροστροβίλων κατασκευάζονται από υψηλής αντοχής μικροκράμματα και από χάλυβες με θερμική επεξεργασία.

Το τμήμα εξόδου αποτελεί ένα ιδιαίτερο τμήμα των υδροστροβίλων αντίδρασης και χρήζει ιδιαίτερου σχεδιασμού. Έχει σωληνωτή μορφή με

βαθμιαία αυξανόμενη διατομή από την είσοδο προς την έξοδο. Συνδέει την έξοδο του στροφείου με την κατώτερη στάθμη της απορροής του νερού. Η βασική λειτουργία του τμήματος αυτού είναι η απόδοση της ικανότητας στον υδροστρόβιλο να εκμεταλλευθεί το συνολικό ύψος της υδατόπτωσης, αποκαθιστώντας τη συνέχεια της σωλήνωσης από την ανώτερη επιφάνεια του νερού μέχρι την κατώτερη. Επιπροσθέτως με τη μορφοποίησή του επιτρέπει τη μετατροπή σημαντικού μέρους της κινητικής ενέργειας ανά μονάδα βάρους του νερού,  $\frac{v^2}{2 \cdot g}$ , που θα αποβαλλόταν αχρησιμοποίητη, σε δυναμική ενέργεια, αυξάνοντας την πίεση που επικρατεί στην έξοδο του στροβίλου από υποπίεση (κάτω της ατμοσφαιρικής) σε ατμοσφαιρική. Η ταχύτητα του νερού στην έξοδο της πτερωτής είναι 6-10 m/s [1]. Στους υδροστροβίλους αντίδρασης μικτής ροής η κινητική ενέργεια του νερού, που εξέρχεται από την πτερωτή, φθάνει το 15% ενώ στους χαμηλού μανομετρικού ύψους αξονικούς στροβίλους η κινητική ενέργεια, που αφήνει το στροφέα, μπορεί να φθάσει και το 50% της συνολικής εισερχόμενης στο στροφείο ενέργειας. Η ανάκτηση της κινητικής ενέργειας επιτυγχάνεται με την αύξηση της διατομής της σωλήνωσης του τμήματος εξόδου κατά τη διεύθυνση της ροής, έτσι ώστε η ταχύτητα εξόδου να μειωθεί στην περιοχή 1-2,50 m/s, ενώ η πίεση να αυξηθεί. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ενέργεια που διατίθεται στο στρόβιλο, και συνεπώς, η απόδοσή του.

Χρησιμοποιούνται τρεις τύποι διαμόρφωσης του τμήματος εξόδου του νερού προς την κατώτερη στάθμη της υδατόπτωσης:

(1) Ευθεία κωνική διαμόρφωση της σωλήνωσης που χρησιμοποιείται συχνά σε υδροστροβίλους Francis. Η γωνία του κώνου ποικίλλει από 4° μέχρι 8° (για να αποφεύγεται αποκόλληση της ροής) και η ενεργειακή απόδοση της κωνικής σωλήνωσης κυμαίνεται από 85-90%

(2) Σωληνωτή διάταξη κεκαμμένου αγωγού με γωνία 90ο και κυκλική διατομή εισόδου η οποία, με κατάλληλη διαμόρφωση του γωνιακού τεμαχίου, καταλήγει σε ορθογωνική διατομή εξόδου. Το πρώτο τμήμα του αγωγού είναι κατακόρυφο και το δεύτερο οριζόντιο. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται στους υδροστροβίλους Kaplan με ενεργειακή απόδοση 70%.



(3) Σωληνωτή ευθεία κωνική διάταξη στην αρχή του τμήματος με διεύρυνση της διατομής στο τέλος. Η ενεργειακή απόδοση αυτών των διατάξεων είναι 85%.

Ως διατομή εξόδου του υδροστροβίλου ως ρευστοδυναμικής μηχανής θεωρείται η διατομή εξόδου του τμήματος εξόδου.

Στους υδροστροβίλους μεγάλου μεγέθους το τμήμα εξόδου κατασκευάζεται από ελάσματα ανθρακούχου χάλυβα, ανοξείδωτου χάλυβα ή χάλυβα θερμικής επεξεργασίας, και εγκιβωτίζεται σε οπλισμένο σκυρόδεμα. Το ακραίο τμήμα του τμήματος εξόδου κατασκευάζεται, συνήθως, από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στους μικρού μεγέθους υδροστροβίλους Francis, ο αγωγός απαγωγής καμπυλώνεται κατά 90° μέχρι την κατώτερη στάθμη του νερού και κατασκευάζεται από ελάσματα ανθρακούχου χάλυβα, ανοξείδωτου χάλυβα, υψηλής αντοχής μικροκράμματα και θερμικά επεξεργασμένο χάλυβα. Στους σωληνωτούς και βολβοειδείς υδροστροβίλους το τμήμα εξόδου είναι ευθύγραμμο, κωνικό και κατασκευάζεται μέχρι την έξοδό του από σκυρόδεμα.

Επειδή ακριβώς το τμήμα εξόδου και το τμήμα εισόδου έχουν σημαντικό ρόλο στη λειτουργία, στην ενεργειακή μετατροπή και στο βαθμό απόδοσης του υδροστροβίλου σχεδιάζονται με προσοχή και αποτελούν μαζί με το στροφέιο τα κύρια τμήματα ενός υδροηλεκτρικού έργου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Οι υπολογισμοί που ακολουθούν θα επιβεβαιώσουν τα δεδομένα του ΥΗΣ Λάδωνα

### 5.1 Παραδοχές - Δεδομένα

- Τύπος σήραγγας: Υπόγειος, από οπλισμένο σκυρόδεμα, κυκλικής διατομής.
- Μήκος σήραγγας:  $8.620\text{m} + 411.7\text{m}=9031.7\text{m}$   
Όπου  $411.7\text{m}$ = Μήκος αγωγού πτώσεως
- Διάμετρος σήραγγας:  $3.90\text{M}$
- Μέγιστη επιτρεπόμενη παροχетеυτική ικανότητα σήραγγας:  $36\text{m}^3/\text{sec}$ .
- Αλλαγές κλίσης : 1,  $40^\circ$
- Βάνες τύπου πεταλούδας :1
- Γεωδαιτικό ύψος:  $H_{\text{ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ}}=422\text{m} -220\text{m}=212\text{m}$ , όπου  $422\text{m}$  είναι η ανώτατη στάθμη της λιμνής και  $210\text{m}$  είναι το ύψος πάνω από τη θάλασσα του σταθμού παραγωγής

### 5.2 Πινάκες και διαγράμματα

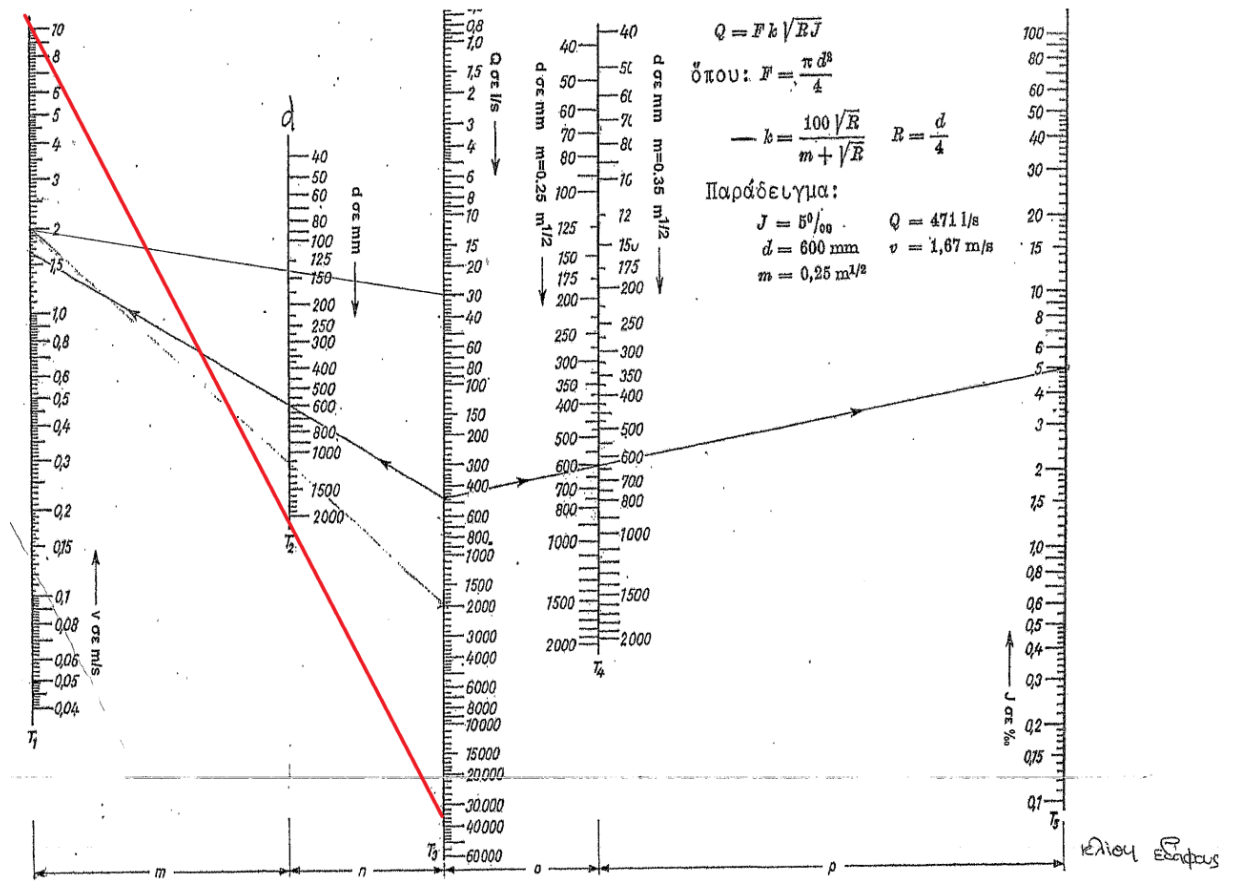
Οι παρακάτω πίνακες και διαγράμματα χρησιμοποιούνται στο μάθημα «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας» του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

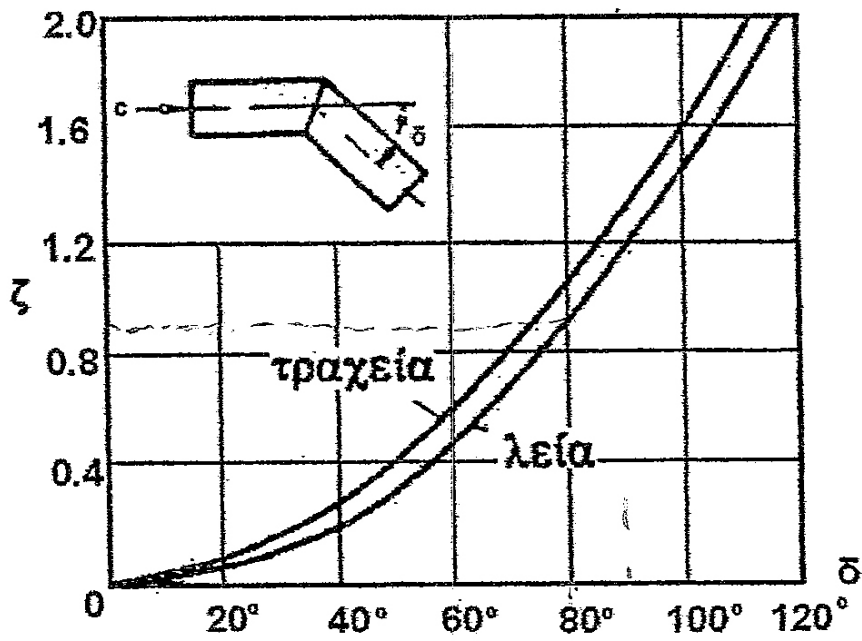
Πίνακας 6: ΤΙΜΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ Ζ ΒΑΝΝΩΝ, ΘΕΣΗ ΠΛΗΡΩΣ ΑΝΟΙΚΤΗ ( $\zeta_0$ )

Τύπος βάννας	$\zeta_0$
Πεταλούδα (για πεταλούδα πάχους $0.1D$ )	0.20
Σφαιρική πλήρους ανοίγματος	0.02
Δισκοβαλβίδα	3.40
Γωνιακή δισκοβαλβίδα	1.80
Σύρτης (πλήρους ανοίγματος)	0.15

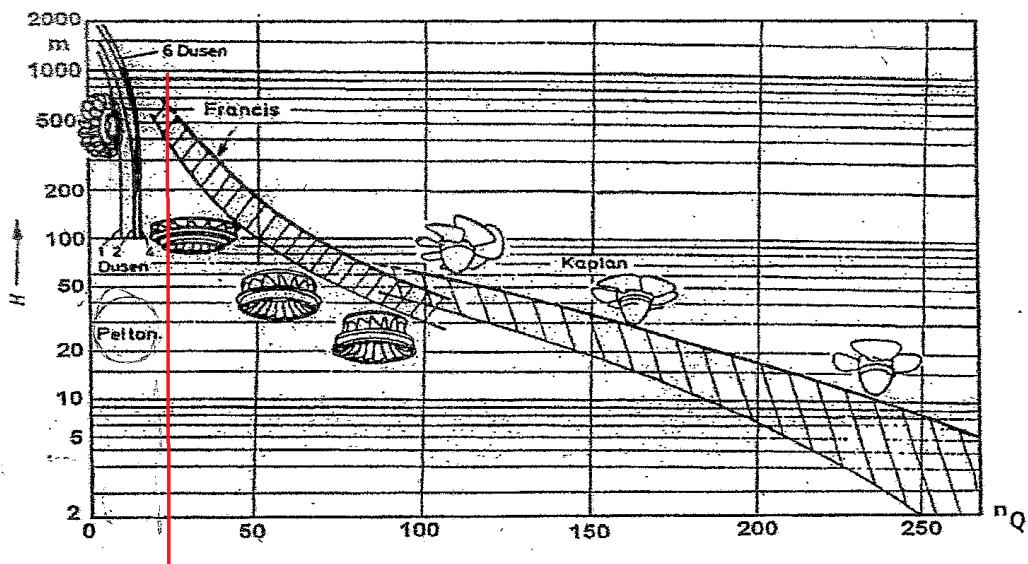
Πίνακας 4: ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ C Hazen-Williams ΓΙΑ ΑΓΩΓΟ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Σωλήνας	C
Εξαιρετικά λείος	140
Πολύ λείος	130
Σωλήνας από σκυρόδεμα	120
Νέος σιδηροσωλήνας	110
Κανονικός χυτοσίδηρος σωλήνας, χαλύβδινος 10-ετή χρήση ή παλιός ξύλινος	100
Σωλήνας με έντονη φθορά	60





Σχ 1. Συντελεστής αντίστασης για αλλαγή κλίσης χωρίς καμπυλότητα



Σχ. 2 Συσχέτιση του ειδικού αριθμού στροφών  $n_Q$  και του τύπου του υδροστροβίλου συναρτήσει της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης  $H_K$

### 5.3 Υπολογισμοί

Παροχή:  $Q=36\text{m}^3/\text{sec}=36\times 1000\text{lit}/\text{sec}=36000\text{lit}/\text{sec}$

$D=3.9\text{m}=3900\text{mm}$

Από νομογράφημα λαμβάνουμε :  $U=10\text{m}/\text{sec}$

Από ΠΙΝΑΚΑ 4 για σωλήνα από σκυρόδεμα, λαμβάνουμε  $c=120$

Απώλειες λόγω σωλήνα:

$$\Delta h_1 = \frac{L \cdot u^{1.85}}{0,147 \cdot c^{1.85} \cdot D^{1.17}} = \frac{9031.7 \cdot 10^{1.85}}{0,147 \cdot 120^{1.85} \cdot 3900^{1.17}} = 0.39\text{m}$$

Απώλειες λόγω αλλαγής κλίσης του σωλήνα

$$\Delta h_2 = j \frac{u^2}{2g} = 1 \cdot 0.2 \frac{10^2}{2 \cdot 10} = 1\text{m}$$

Από ΠΙΝΑΚΑ 6 για βάνα τύπου πεταλούδας λαμβάνουμε  $j=0.2$

Απώλειες λόγω διακοπτικών μέσων

$$\Delta h_3 = j \frac{u^2}{2g} = 1 \cdot 0.2 \frac{10^2}{2 \cdot 10} = 1\text{m}$$

Υπολογισμός ωφέλιμου ύψους

$$h_{\omega\phi} = h_{\text{ΓΕΩΔΕΤΙΚΟ}} - \Delta h_1 - \Delta h_2 - \Delta h_3 = (422 - 210) - 0.39 - 1 - 1 = 209.61\text{m}$$

Ειδικός αριθμός στροφών

$$n_Q = n_g \frac{\sqrt{u}}{h^{\frac{3}{4}}} = 428 \frac{\sqrt{10}}{209.61^{\frac{3}{4}}} = 24.57$$

Άρα από σχήμα 2 τύπος υδροστροβίλου FRANCIS

Υπολογισμός Υδραυλικής Ισχύος

$$P_{\text{ΥΔΡ}} = g \cdot Q \cdot h_{\omega\phi} = 9.81 \cdot \frac{36000}{2} \cdot 209.61 = 37\text{MW}$$

Όπου  $Q$ : η παροχή διαιρείται σε δυο υδροστροβίλους

#### **Υπολογισμός παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος**

$$P_{ΗΛ} = n_g \cdot P_{ΥΔΡ} = 0.9 \cdot 37.42 = 33.3 \text{ MW}$$

Όπου  $n_g = 0.9$  (δίνεται)

#### **5.4 Συμπεράσματα**

Ο Τύπος του υδροστροβίλου (FRANCIS) και η ηλεκτρική ισχύς εξόδου της γεννήτριας (33.3 MW) που υπολογίστηκαν παραπάνω συμφωνούν με τα πραγματικές προδιαγραφές του ΥΗΣ ΛΑΔΩΝΑ

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

«Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας» του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου (Σημειώσεις μαθήματος)

<https://www.energy.gov/eere/water/types-hydropower-plants>

[https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CIVIL114/ene\\_yhs\\_11.pdf](https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CIVIL114/ene_yhs_11.pdf)

<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/5.1.pdf>

[https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1119/2/02\\_chapter\\_8.pdf](https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1119/2/02_chapter_8.pdf)