

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Συγκριτική Μελέτη Ηλεκτρομηχανικού Εξοπλισμού.  
Τεχνικά Χαρακτηριστικά και Αναλύσεις κόστους  
μεταξύ τοπικών φραγμάτων στην Δυτική Ελλάδα.**



**ΣΤΡΟΥΖΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Δρ. ΣΚΟΥΡΑΣ ΕΥΓΕΝΙΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ  
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2017**



## Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1 Συνοπτική Περιγραφή Μελέτης Εγκατάστασης.....	9
1.1 Μελέτη Τοποθεσίας.....	10
1.2 Κριτήρια κατασκευής.....	11
1.3 Η διαδικασία της μελέτης.....	12
1.4 Το κόστος εγκατάστασης.....	14
1.5 Οικονομική βιωσιμότητα.....	14
1.6 Συμμετοχή Υδροηλεκτρικών Έργων στην παραγωγή ενέργειας.....	15
1.6.1 Ορισμοί υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων.....	16
1.7 Διαταραχές στην εκμετάλλευση των ΥΗΣ λόγω άλλων χρήσεων.....	17
2 Τμήματα Φράγματος.....	19
2.1 Ταμιευτήρας.....	19
2.2 Υπερχειλιστής.....	20
2.3 Έργο υδροληψίας.....	20
2.4 Σήραγγα προσαγωγής.....	21
2.5 Αγωγός νερού.....	21
2.6 Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός.....	21
2.7 Κτήριο της μονάδας.....	26
3 Στοιχεία Φράγματος Γλαύκου.....	27
3.1 Η Περίπτωση του ΜΥΗΣ Γλαύκου.....	27
3.2 Ταμιευτήρας.....	29
3.3 Σήραγγα προσαγωγής.....	30
3.4 Πύργος εκτόνωσης (Υδατόπυργος).....	30
3.5 Προστασία από υδραυλικό πλήγμα.....	31
3.6 Αγωγός πτώσης.....	32
3.7 Μονάδες υδροστροβίλων φράγματος Γλαύκου.....	33
3.8 Ηλεκτρονικό σταθμόμετρο.....	34
3.9 Αγωγός φυγής.....	34
4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΑΣΤΕΡΙΟΥ.....	35
4.1 Ιστορικά Στοιχεία.....	36
4.2 Χαρακτηριστικά φράγματος Αστερίου.....	36
4.3 Περιοχή Μελέτης.....	37
4.4 Ύδρευση της Πάτρας.....	38
4.5 Ιστορική αναφορά έργου φράγματος Πείρου – Παραπείρου.....	39
4.6 Περιγραφή του έργου.....	40
4.6.1 Φράγμα Βαλμαδούρας.....	41
4.6.2 Αγωγός Προσαγωγής.....	41
4.6.3 Φράγμα Αστερίου.....	41
4.6.4 Αγωγοί Μεταφοράς.....	41
4.6.5 Εγκατάσταση επεξεργασίας του νερού.....	41
4.6.6 Λοιπά Έργα.....	41
5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ.....	43
5.1 Γενικά στοιχεία.....	43
5.2 Υδραυλική ενέργεια ΥΗΕ.....	43
5.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	44
5.3.1 Ετήσια καμπύλη διάρκειας 2014.....	45
5.4 Μελέτη Ταμιευτήρα.....	51
5.5 Διαστασιολόγηση Ταμιευτήρα με βάση το ισοζύγιό του. Απαραίτητα δεδομένα είναι: ...	52
5.6 Έλεγχος της Απόδοσης των Ταμιευτήρων.....	54
6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ.....	56
6.1 Καμπύλες λειτουργίας υδροστροβίλων.....	58

6.2	Συστήματα εισόδου του νερού.....	59
6.3	Αγωγός πτώσης.....	59
6.4	Απώλειες πίεσης στον αγωγό πτώσης.....	61
6.5	Υδροστροβίλος Francis.....	61
6.6	Κύρια μέρη υδροστροβίλου Francis.....	62
6.6.1	<i>Τμήμα εισόδου</i> .....	63
6.6.2	<i>Συστροφή</i> .....	64
6.6.3	<i>Δρομέας</i> .....	65
6.6.4	<i>Τμήμα εξόδου ή αγωγός απαγωγής (ή φυγής.)</i> .....	66
6.7	Υδροστροβίλος Pelton.....	68
6.8	Κύρια μέρη υδροστροβίλου Pelton.....	69
6.8.1	<i>Τμήμα εισόδου</i> .....	71
6.8.2	<i>Δρομέας</i> .....	72
6.8.3	<i>Τμήμα εξόδου</i> .....	72
6.8.4	<i>Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδροστροβίλου Pelton. ΟΔρομέας</i> .....	72
7	Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.....	75
7.1	Γενικά.....	75
7.2	Περιβαλλοντικές Συνέπειες Φράγματος.....	76
7.3	Προβλήματα ανάπτυξης φραγμάτων στην Ελλάδα.....	77
7.4	Η διαχείριση των υδάτινων πόρων.....	77
7.5	Τεχνικοί Παράμετροι και Λειτουργικά Χαρακτηριστικά ΥΗΣ πολλαπλού σκοπού.....	78
7.6	Διαχείριση των Ταμιευτήρων.....	79
7.7	Προτάσεις για την ορθή διαχείριση των ΥΗΣ.....	79

## Πίνακας Εικόνων-Σχημάτων

<i>Εικόνα 1: Σχηματική Αναπαράσταση φράγματος. ....</i>	<i>10</i>
<i>Εικόνα 2: Βασικά τμήματα ενός φράγματος – γεννήτρια παραγωγής ισχύος. ....</i>	<i>11</i>
<i>Εικόνα 3: Το φράγμα και ο ταμιευτήρας του ΥΗΣ Αώου. ....</i>	<i>19</i>
<i>Εικόνα 4: Ταμιευτήρας ΥΗΣ Κρεμαστώνστο σύστημα του Αχελώου. ....</i>	<i>19</i>
<i>Εικόνα 5: Εβδομαδιαίος ταμιευτήρας ΥΗΣ Καστρακίου στο σύστημα ταμιευτήρων Αχελώου. ....</i>	<i>20</i>
<i>Εικόνα 6: Ημερήσιος / Αναρρυθμιστικός ταμιευτήρας ΥΗΣ Στράτου στο σύστημα ταμιευτήρων Αχελώου. ....</i>	<i>20</i>
<i>Εικόνα 6: Ρυθμιστής στροφών, εξωτερικά οι ενδείξεις, εσωτερικά ο μηχανισμός.(πηγή: ΔΕΗ Α.Ε).....</i>	<i>22</i>
<i>Εικόνα 7: Ταμπλό ρυθμιστή στροφών αριστερά, θάλαμος ελαίου ψύξης δεξιά. .(πηγή: ΔΕΗ Α.Ε).....</i>	<i>22</i>
<i>Εικόνα 12: Τοπογραφικό Σχέδιο φράγματος Γλαύκου.....</i>	<i>28</i>
<i>Εικόνα 13: Φράγμα Γλαύκου (μακέτα μουσείου Γλαύκου).....</i>	<i>28</i>
<i>Εικόνα 14: Το φράγμα του Γλαύκου.....</i>	<i>30</i>
<i>Εικόνα 15: Υδατόπυργος φράγματος Γλαύκου.....</i>	<i>31</i>
<i>Εικόνα 16: Αγωγοί που έχουν αντικατασταθεί πρόσφατα στην εγκατάσταση.....</i>	<i>33</i>
<i>Εικόνα 17: Διάγραμμα λειτουργίας υδροστροβίλων. ....</i>	<i>58</i>
<i>Εικόνα 18: Διαμόρφωση του υδροστροβίλου Francis οριζοντίου άξονα (α) – Γλαύκος, κατακορύφου άξονα (β). ....</i>	<i>63</i>
<i>Εικόνα 19: Σχηματική αναπαράσταση υδροστροβίλου Pelton.....</i>	<i>69</i>
<i>Εικόνα 20: Χαρακτηριστικά του υδροστροβίλου Pelton. ....</i>	<i>70</i>

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται σε μια συγκριτική μελέτη δυνατοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανάμεσα στον ΜΥΗΣ Γλαύκου και στο φράγμα των ποταμών Πείρου – Παραπεύρου.

Το νερό είναι ένας παράγοντας ζωτικής σημασίας, ο οποίος υποστηρίζει όλες τις μορφές ζωής πάνω στον πλανήτη. Δυστυχώς η πηγή αυτή δεν είναι ισότιμα κατανομημένη τόσο γεωγραφικά όσο και εποχιακά. Ορισμένα μέρη του πλανήτη αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο της ξηρασίας, κάνοντας τα νερό να είναι πολύτιμο και ιδιαίτερα σπάνιο, ενώ σε άλλα σημεία οι πλημμύρες προκαλούν απώλειες ανθρώπινων ζωών και πολλαπλά προβλήματα. Ιστορικά, τα φράγματα, και γενικότερα οι υδροταμιευτήρες, χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή, αποθήκευση και διαχείριση του νερού που είναι απαραίτητο για τη στήριξη του πολιτισμού.

Ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι διαθέσιμων υδάτινων πόρων, επικρατούν διάφορες απόψεις γύρω από την υδροηλεκτρική ενέργεια. Στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν είναι ζήτημα υψηλής σημασίας στα μάτια του κοινού. Τα περισσότερα φραγματα και υδροηλεκτρικά εργοστάσια βρίσκονται μακριά από την προσοχή του πλατύ κοινού είτε υπέργεια είτε υπόγεια παράγοντας σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Άλλα πάλι βρίσκονται εκτεθειμένα σε κοινή θέα προσφέροντας λύσεις πολύ περισσότερες της ενέργειας, όπως η υδροδότηση περιοχών, ο έλεγχος του νερού, άρδευση, λύσεις για ψυχαγωγία (ψάρεμα κτλ.). Όσον αφορά στην απόφαση δημιουργίας φραγμάτων οι κυβερνήσεις οφείλουν να λάβουν υπόψη τους μία ευρεία γκάμα ζητημάτων και να μην περιοριστούν μόνο στο οικονομικό μέρος. Πολλά από τα ζητήματα έρχονται σε σύγκρουση μεταξύ τους, γεγονός που φέρνει τη συζήτηση σε πολιτικό επίπεδο.

Στην παρούσα εργασία μελετώνται τα ζητήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη από τους υπεύθυνους κατά την απόφαση κατασκευής ενός υδροηλεκτρικού φράγματος καθώς και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Ταυτόχρονα θα μελετηθεί τεχνολογικά και από άποψη εγκαταστάσεων το φράγμα Γλαύκου στην Πάτρα. Μέσα από αυτό το παράδειγμα θα γίνει σύγκριση με τη δυνατότητα που θα είχε το φράγμα Πείρου – Παραπεύρου ως μια εναλλακτική λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στον Επιβλέποντα Δρ. Σκούρα Ευγένιο, για τις πολύτιμες συμβουλές του και την αμέριστη συμπαράστασή του κατά την διεξαγωγή της παρούσας εργασίας. Τον ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υπομονή και στήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας αλλά και συνολικά κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

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

Ο σπουδαστής  
(Ονοματεπώνυμο)

.....

Υπογραφή

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι μια συγκριτική μελέτη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το φράγμα του Γλαύκου και το φράγμα Πείρου – Παράπειρου στην περιοχή της Πάτρας. Πιο συγκεκριμένα η εργασία αναλύεται ως ακολούθως:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην υδροηλεκτρική ενέργεια και στα μέρη που απαρτίζουν ένα φράγμα. Περιγράφονται τα τμήματα που αποτελούν όλο το έργο ενός φράγματος ενώ στο τέλος του κεφαλαίου δίνονται και κάποια στατιστικά στοιχεία για τη συμμετοχή των υδροηλεκτρικών έργων στην παραγωγή ενέργειας τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και ειδικότερα για τον Ελλαδικό χώρο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη μελέτη της εγκατάστασης και στα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιεί συνολικά η μελέτη σκοπιμότητας.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά τα στοιχεία του φράγματος του ποταμού Γλαύκου ο οποίος χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή. Δίνονται λεπτομέρειες αναφορικά με τις μονάδες και τα χαρακτηριστικά των υδροστροβίλων που είναι εγκατεστημένοι. Οι μονάδες των υδροστροβίλων είναι η καρδιά του υδροηλεκτρικού έργου και τα κριτήρια επιλογής τους καθορίζουν αποφασιστικά τις δυνατότητες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται αναλυτικότερα τα χαρακτηριστικά των υδροστροβίλων, δίνονται τα κύρια μέρη που απαρτίζουν τις μονάδες που χρησιμοποιούνται στο φράγμα του Γλαύκου. Τα στοιχεία αυτά θα είναι πολύ χρήσιμα σε επόμενο βήμα της εργασίας κατά την επιλογή υδροστροβίλων για το φράγμα του Αστερίου στο σενάριο που στο μέλλον χρησιμοποιηθεί για ηλεκτροπαραγωγή.

Στο πέμπτο κεφάλαιο δίνονται τα στοιχεία του φράγματος Αστερίου. Δίνονται πληροφορίες τόσο για την τοποθεσία όπως και χαρακτηριστικά που θα χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι στη μελέτη ηλεκτροπαραγωγής από αυτό το φράγμα.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μια επισκόπηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υδροηλεκτρικών έργων, ο τρόπος που επεμβαίνουν στο φυσικό περιβάλλον και που πιθανόν το διαταράσσουν και προτείνονται τρόποι βελτίωσης και άμβλυνσης των αρνητικών επιπτώσεων.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι ένας παράγοντας ζωτικής σημασίας, ο οποίος υποστηρίζει όλες τις μορφές ζωής πάνω στον πλανήτη. Δυστυχώς η πηγή αυτή δεν είναι ισότιμα κατανομημένη τόσο γεωγραφικά όσο και εποχιακά. Ορισμένα μέρη του πλανήτη αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο της ξηρασίας, κάνοντας τα νερό να είναι πολύτιμο και ιδιαίτερα σπάνιο, ενώ σε άλλα σημεία οι πλημμύρες προκαλούν απώλειες ανθρώπινων ζώων και πολλαπλά προβλήματα. Ιστορικά, τα φράγματα, και γενικότερα οι υδροταμιευτήρες, χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή, αποθήκευση και διαχείριση του νερού που είναι απαραίτητο για τη στήριξη του πολιτισμού.

Στον εικοστό αιώνα, η χρήση νέων τεχνολογιών έκανε δυνατή την κατασκευή μεγάλων φραγμάτων, τα οποία είχαν την δυνατότητα να ανταποκριθούν σε διάφορους στόχους και συνδυασμούς πιθανών λειτουργιών (Turan 2001). Στο δεύτερο μισό του αιώνα, η κατασκευή φραγμάτων σε παγκόσμια κλίμακα επιταχύνθηκε με αποτέλεσμα να σχεδιαστούν περισσότερα από 35 χιλιάδες μεγάλα φράγματα (IUCN 1997), το μεγαλύτερο από τα οποία φθάνει τα τριακόσια μέτρα ύψος, στο Nurek του Τατζικιστάν. Από τα μεγάλα φράγματα της Δυτικής Ευρώπης το 91% περίπου βρίσκονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση και μόλις το 1,08% στην Ελλάδα. Τα μεγάλα φράγματα στην Ελλάδα προορίζονται κατά κύριο λόγο για αστικές και βιομηχανικές χρήσεις (Αλιάκμονας, Αξιός, Στρυμόνας, Νέστος, Άρδας, Πηνειός, Αλφειός, Λίμνη Πλαστήρα και εκτροπές Βοιωτικού/ Κηφισού, Μόρνου και Ευήνου) και λιγότερο για αρδεύσεις (εκτροπή Αχελώου) ή άλλες χρήσεις.

Ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι διαθέσιμων υδάτινων πόρων, επικρατούν διάφορες απόψεις γύρω από την υδροηλεκτρική ενέργεια. Στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν είναι ζήτημα υψηλής σημασίας στα μάτια του κοινού. Τα περισσότερα φράγματα και υδροηλεκτρικά εργοστάσια βρίσκονται μακριά από την προσοχή του ευρύτερου κοινού είτε υπέργεια είτε υπόγεια, παράγοντας σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Άλλα πάλι βρίσκονται εκτεθειμένα σε κοινή θέα προσφέροντας λύσεις πολύ περισσότερες της ενέργειας, όπως η υδροδότηση περιοχών, ο έλεγχος του νερού, άρδευση, λύσεις για ψυχαγωγία (ψάρεμα κτλ.)

Όσον αφορά στην απόφαση δημιουργίας φραγμάτων οι κυβερνήσεις οφείλουν να λάβουν υπόψη τους μία ευρεία γκάμα ζητημάτων και να μην περιοριστούν μόνο στο οικονομικό μέρος. Πολλά από τα ζητήματα έρχονται σε σύγκρουση μεταξύ τους, γεγονός που φέρνει τη συζήτηση στην πολιτική αρένα. Στην παρούσα εργασία θα μελετηθούν τα ζητήματα που πρέπει να μελετηθούν από τους υπεύθυνους στην δημιουργία ενός υδροηλεκτρικού φράγματος καθώς και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που ίσως παίζουν κάποιο ρόλο. Ταυτόχρονα θα μελετηθεί τεχνολογικά και από άποψη εγκαταστάσεων το φράγμα Γλαύκου στην Πάτρα.



# 1 Συνοπτική Περιγραφή Μελέτης Εγκατάστασης.

Η ενέργεια που προσφέρει το νερό είναι πρωτεύουσας σημασίας και έχει χρησιμοποιηθεί από την ανθρωπότητα από πολύ παλιά. Στον υδρολογικό κύκλο, το νερό εξατμίζεται από τους ωκεανούς και μεταφέρεται στην ξηρά μέσω των βροχών για να συνεχιστεί ο αένας κύκλος. Το νερό που πέφτει στην γη, συγκεντρώνεται σε λεκάνες και ποταμούς και βρίσκεται στη διάθεση του ανθρώπου προκειμένου να το χρησιμοποιήσει. Το τρεχούμενο νερό των ποταμών ή ακόμα τον συγκεντρωμένων αποθεμάτων σε μεγάλο υψόμετρο φέρει ενέργεια εκμεταλλεύσιμη. Αυτή η πηγή ενέργειας καλείται «ανανεώσιμη», καθώς αποτελεί μέρος του κύκλου που προαναφέρθηκε. Για την ακρίβεια το νερό δεν σπαταλιέται, όπως ο άνθρακας, αλλά χρησιμοποιείται για την παραγωγή μηχανικής ή ηλεκτρικής ενέργειας. Από τη στιγμή που η δύναμη του νερού δεν παράγει διοξείδιο του άνθρακα, δεν συμβάλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη επομένως η χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι επιπλέον και φιλική προς το περιβάλλον, αφού δεν το επιβαρύνει με ρύπους όπως άλλες μορφές παραγωγής ενέργειας π.χ από συμβατικά καύσιμα.

Σε κάθε σχεδόν βιομηχανικό κράτος, η οικονομική εκμετάλλευση της υδροηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται σε υψηλό επίπεδο σχετιζόμενη βέβαια με τις υδρολογικές συνθήκες που προσφέρει η γεωγραφική της θέση. Στη Γερμανία παράγεται από υδροηλεκτρικά εργοστάσια μόνο το 3% της ενέργειας που καταναλώνει η χώρα, ενώ στη Βραζιλία και τη Νορβηγία το ποσοστό αγγίζει το 90%

Συνολικά παγκοσμίως, μόλις το 20% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από υδροηλεκτρικά εργοστάσια, το 65% από θερμική ενέργεια και το υπόλοιπο 15% από πυρηνική. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι αποτελεί τη δεύτερη, για την ώρα, πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με προοπτική να βελτιώσει τη θέση της, καθώς σε πολλές χώρες της Ασίας, της Αφρικής και της Νοτίου Αμερικής δεν έχει γίνει σοβαρή προσπάθεια εκμετάλλευσης του νερού (Heinloth, 2006).

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται λίστα με τις πιο ανεπτυγμένες χώρες στον τομέα της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Τα ποσοστά επί της συνολικής παραγόμενης ενέργειας είναι υψηλά, ενώ η Παραγουάη, όχι μόνο καλύπτει τις ανάγκες της χώρας της σε ηλεκτρισμό, αλλά ακριβώς λόγω της μορφολογίας των εδαφών της διαθέτει πολλές υδατοπτώσεις τόσες που να δίνεται η δυνατότητα εξαγωγής ενέργειας στην Αργεντινή και τη Βραζιλία.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας από Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς.**

Χώρα	Ετήσια παραγωγή ενέργειας (TWh)	Ποσοστό επί της συνολικής παραγωγής ηλεκτρισμού (%)
Κίνα	585.2	17.18
Καναδάς	369.5	61.12
Βραζιλία	363.8	85.56
Η.Π.Α	250.6	5.74
Ρωσία	167.0	17.64
Νορβηγία	140.5	98.25
Ινδία	115.6	15.80
Βενεζουέλα	86.8	67.17
Ιαπωνία	69.2	7.21
Σουηδία	65.5	44.34
Γαλλία	63.4	11.23

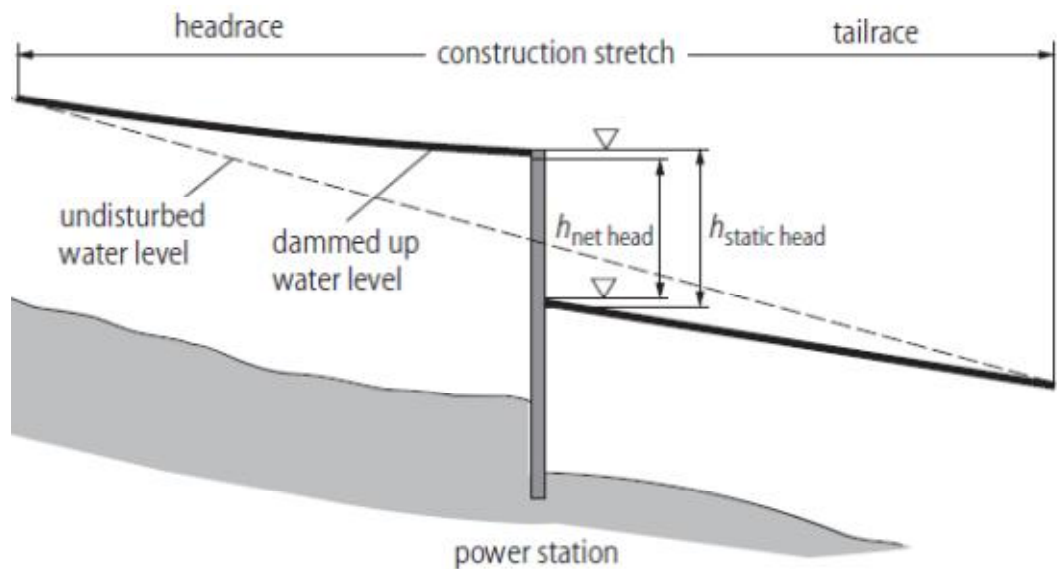
## 1.1 Μελέτη Τοποθεσίας

Ένα φράγμα πρέπει να πληροί δύο παράγοντες προκειμένου να έχει μεγάλη υδραυλική ισχύ. Το υδραυλικό ύψος και η παροχή του νερού είναι σημαντικά στοιχεία που προσδιορίζουν την ιδανική τοποθεσία για να ανεγερθεί ένα φράγμα. Πιο συγκεκριμένα δύο είναι τα σημαντικότερα μεγέθη με βάση τα οποία αποφασίζεται η κατασκευή ενός φράγματος σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία και με βάση τα οποία υπολογίζεται η υδραυλική ισχύς:

- ∅ *Υδραυλικό ύψος:* Με την έννοια αυτή αναγνωρίζεται η υψομετρική διαφορά που χωρίζει το υψηλότερο σημείο του αγωγού μέχρι το σημείο όπου το νερό εξάγεται από τον υδροστρόβιλο.
- ∅ *Παροχή νερού:* Είναι ουσιαστικά η ποσότητα του νερού που διέρχεται από μία διατομή του αγωγού στη μονάδα του χρόνου.

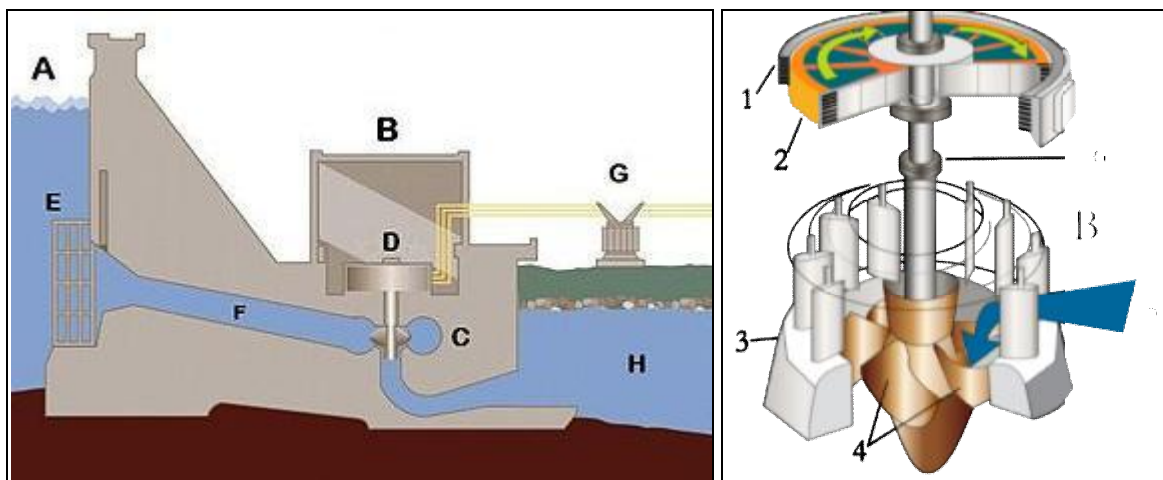
Είναι απαραίτητο για ένα φράγμα να έχει μεγάλο ύψος και μεγάλη παροχή προκειμένου να πετυχαίνεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ισχύς. Αξίζει να σημειωθεί πως οι μελέτες που αφορούν στο ύψος και στην παροχή, πρέπει να είναι ακριβείς, προκειμένου να μην υπερεκτιμηθούν οι δυνατότητες ενός φράγματος. Για να μετρήσει κανείς αποτελεσματικά την παροχή, η καλύτερη περίοδος για να το κάνει είναι η περίοδος του καλοκαιριού, όπου δεν έχουν υπάρξει βροχές για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Σε σχέση με τη μέτρηση των μεγεθών (παροχής και ύψους) τρεις είναι οι μέθοδοι μέτρησης παροχής (μέθοδος δοχείου, μέθοδος Float, μέθοδος Salt Gulp), ενώ αντίστοιχα τρεις είναι και οι μέθοδοι μέτρησης ύψους και αυτές είναι με κλισίμετρο, με σωλήνα και με μετρητή. (Maher & Smith, 2001).



Εικόνα 1: Σχηματική Αναπαράσταση φράγματος.

Γενικά μια αρχική αλλά και βασική ωστόσο εικόνα ενός φράγματος φαίνεται στην παρακάτω Εικ. 2, όπου δίνονται τα βασικά τμήματα που απαρτίζουν την όλη κατασκευή. Στη γενική περίπτωση φράγματος υπάρχει ένας ταμιευτήρας (Α), στον οποίο συσσωρεύεται το νερό. Για να είναι δυνατή η εκμετάλλευση του νερού υπάρχει ένας υδατοφράκτης (Ε) ο οποίος όταν είναι ανοικτός επιτρέπει τη διέλευση του νερού μέσα από έναν αγωγό – υδαταγωγό (F). Το νερό διαρρέοντας τον αγωγό φτάνει στην ρευστοδυναμική μηχανή – τουρμπίνα (C) που έχει επιλεγεί κατάλληλα κατά την προμελέτη. Η μηχανή είναι συνδεδεμένη με γεννήτρια (D) η οποία ουσιαστικά αποτελεί την εγκατάσταση παραγωγής ισχύος και συνδέεται με κατάλληλο συμπληρωματικό ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (B). Τέλος η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς στη γεννήτρια συνδέεται κατάλληλα σε γραμμές μεταφοράς (G) για την περαιτέρω διοχέτευση σε δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας προς κατανάλωση. Σε σχέση με τη διέλευση του νερού μετά την μηχανή παραγωγής ισχύος αυτό διοχετεύεται στη συνέχεια του ποταμού (H).



*Εικόνα 2: Βασικά τμήματα ενός φράγματος – γεννήτρια παραγωγής ισχύος.*

## 1.2 Κριτήρια κατασκευής.

Το φράγμα κατασκευάζεται στην κοίτη του ποταμού όπου η έκταση του εδάφους επιτρέπει τη δημιουργία μιας λίμνης ή μιας δεξαμενής. Επιπλέον τα φράγματα χωρίζονται σε κατηγορίες με βάση το αν είναι κινητά ή σταθερά, με γνώμονα το τύπο κατασκευής τους, όπως επίσης και τη χρησιμότητα τους δηλαδή το λόγο για τον οποίο έχουν φτιαχτεί για παράδειγμα αρδευτικά, αντιπλημμυρικά, ύδρευσης.

Τα φράγματα μπορεί να έχουν πολλά πλεονεκτήματα στις εφαρμογές τους αλλά έχουν και ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα αφού η ύπαρξη φράγματος συνεπάγεται την εξαφάνιση κάτω από το νερό ολόκληρων οικοσυστημάτων με όποιες συνέπειες έπονται, βέβαια τα οικοσυστήματα που χάνονται αντικαθίστανται από τα αντίστοιχα υδάτινα που δημιουργούνται από τις τεχνητές λίμνες. Το φράγμα είναι το σπουδαιότερο και δαπανηρότερο τεχνικό έργο του Υ.Η.Σ.

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

- Ø Ο σχηματισμός ταμιευτήρα μεγάλης χωρητικότητας.
- Ø Ο σχηματισμός μεγάλης υψομετρικής διαφοράς με το μικρότερο δυνατό μήκος αγωγού πρόσπτωσης του νερού.
- Ø Το κόστος.

Ø Η ευκολία κατασκευής του φράγματος.

Τα παραπάνω αποτελούν τα κριτήρια μιας οικονομοτεχνικής μελέτης η οποία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί για την επιλογή της θέσης ενός φράγματος. Τα φράγματα δημιουργούν με τεχνητό τρόπο λίμνες με τις οποίες γίνεται αποθήκευση του νερού. Έτσι ανάλογα με τις ανάγκες κάλυψης του φορτίου απελευθερώνεται η κατάλληλη ποσότητα νερού που χρειάζεται για την παραγωγή ισχύος. Αυτό γίνεται μέσω θυρών ολίσθησης του νερού οι οποίες ανοίγουν έτσι ώστε να περάσει περισσότερο νερό στον υδροστρόβιλο όταν αυτό είναι απαραίτητο. Η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται τόσο από την παροχή νερού όσο και από την υψομετρική διαφορά μεταξύ της ανώτατης στάθμης του νερού και του σημείου όπου βρίσκεται ο υδροστρόβιλος. Τέλος τα υδροηλεκτρικά φράγματα σχεδιάζονται και κατασκευάζονται ώστε να εκμεταλλεύονται στο μέγιστο τον όγκο αλλά και την ταχύτητα του νερού.

### 1.3 Η διαδικασία της μελέτης.

Η κατασκευή ενός φράγματος σίγουρα δεν αποτελεί εύκολη υπόθεση. Τα ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι πολλά και καθοριστικά για τη λειτουργία και την απόδοση του. Φυσικά το βάθος της μελέτης σχετίζεται και με το μέγεθος του προς κατασκευή έργου. Βασικός σκοπός της μελέτης είναι να βρεθεί η ιδανική θέση για την εγκατάσταση της μονάδας. Αφού μελετηθεί ο χώρος, σημασία πλέον έχουν οι διαστάσεις του έργου καθώς και οι εναλλακτικές λύσεις που υπάρχουν προκειμένου να διασφαλιστεί η επένδυση. Αφού η ομάδα μελέτης καταλήξει στην τελική τοποθεσία και διασφαλίσει ότι οι εγκαταστάσεις θα είναι βιώσιμες, τότε θα συνταχτούν οι οικονομοτεχνικές μελέτες, θα σχεδιαστούν οι εγκαταστάσεις και θα ξεκινήσει η υλοποίηση του έργου. Παρακάτω παρουσιάζονται λεπτομερώς τα στάδια που θα ακολουθηθούν προκειμένου να μελετηθεί η κατασκευή ενός φράγματος. Συγκεκριμένα:

Ø **Η γεωγραφική μελέτη:** Το πρώτο και βασικό μέλημα μίας ομάδας μελέτης είναι ο χώρος που θα φιλοξενήσει το έργο. Ποιες είναι οι τοπικές συνθήκες και ποιες δυσκολίες μπορεί να επιφέρει η κατασκευή της σε μία ορισμένη τοποθεσία; Μήπως η κατασκευή του έργου προκαλέσει προβλήματα στους κατοίκους της περιοχής ή επιφέρει δυσκολίες στην ύδρευση και τη άρδευση της περιοχής; Γενικότερα στο αρχικό αυτό στάδιο καταγράφονται όλοι εκείνοι οι παράγοντες που θα δυσκολέψουν ή θα ματαιώσουν την κατασκευή του έργου. Ταυτόχρονα πέρα από τη γεωγραφική μελέτη της περιοχής, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην ζήτηση του ηλεκτρικού ρεύματος που θα παραχθεί. Η παρουσία ενός τέτοιου έργου πρέπει να δικαιολογείται από την ανάλογη ζήτηση. Το κόστος της επένδυσης είναι σημαντικό και γι αυτό το λόγο η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος πρέπει να εκτιμηθεί από την τοπική κοινωνία.

Ø **Υδρολογική μελέτη:** Συλλέγονται και αξιολογούνται τα υπάρχοντα υδρολογικά στοιχεία. Όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα επαρκή υδρολογικά στοιχεία (η πιο συνήθης περίπτωση) γίνεται προσεγγιστική εκτίμηση αυτών, συνεκτιμώντας στοιχεία από τη συγκεκριμένη λεκάνη απορροής, από γειτονικές λεκάνες, καθώς και από σχόλια και παρατηρήσεις κατοίκων της περιοχής.

Ø **Διαθεσιμότητα και έρευνα της αγοράς:** Στο τρίτο αυτό βήμα της μελέτης υλοποίησης του σχεδίου δημιουργίας ενός φράγματος, οφείλει η ομάδα μελέτης να μπει στην αγορά και να μελετήσει τις λύσεις που προσφέρει. Όσες περισσότερες είναι οι λύσεις, τόσο πιο οικονομικό θα είναι το αποτέλεσμα. Τα διαθέσιμα προϊόντα είναι αυτά που θα

προσδιορίσουν και την ποιότητα της κατασκευής. Η ομάδα πρέπει να μελετήσει τις γεννήτριες που θα χρησιμοποιηθούν, τους υδροστροβίλους, τους σωλήνες, καθώς και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή των κτιριακών εγκαταστάσεων του έργου. Πιο συγκεκριμένα :

- Ø **Η οικονομική βιωσιμότητα:** η δημιουργία ενός φράγματος είναι μία επένδυση πολλών εκατομμυρίων. Η παραγόμενη ισχύς και οι απαιτήσεις των εγκαταστάσεων που πρόκειται να δημιουργηθούν πρέπει να είναι καλά μελετημένες καθώς από αυτές θα προσδιοριστεί και ο βαθμός βιωσιμότητας αυτού του επιχειρηματικού σχεδίου. Με λίγα λόγια, το παραγόμενο αποτέλεσμα θα είναι αντίστοιχο ή και καλύτερο από τα χρήματα και τον κόπο που θα δαπανηθούν; Βιώσιμη κρίνεται η δημιουργία ενός φράγματος, που οι αποδοχές του θα ξεπερνούν το 25% του αρχικού κεφαλαίου. Ποσοστά της τάξεως του 10-25% θεωρούνται μάλλον ικανοποιητικά, ενώ μικρότερα ποσοστά καθιστούν την επένδυση ως μη βιώσιμη. Είναι κατανοητό λοιπόν ότι πρέπει να υπάρχει αντιστοιχία κόστους και παραγωγής.
- Ø **Οι απαιτήσεις εγκατάστασης:** Ποια θα είναι η ελάχιστη ηλεκτρική ισχύς που πρέπει να παράγεται από τη γεννήτρια της εγκατάστασης; Σε σχέση με τη γεννήτρια για παράδειγμα ανάλογα με τις δυνατότητες παραγωγής και τις διατιθέμενους τύπους και μεγέθη γεννητριών θα πρέπει να γίνει η κατάλληλη επιλογή. Αντίστοιχα ισχύουν και για το προγενέστερο βήμα της επιλογής υδροστροβίλου.
  - **Υδραυλικό ύψος:** Στο σημείο αυτό πρέπει να μελετηθεί ο συνδυασμός παροχής και ύψους.
  - **Η ισχύς εξόδου:** Αφού εκτιμήθηκαν τα δεδομένα, θα πρέπει να μελετηθεί το μέγεθος της γεννήτριας. Εάν υπάρχει αμφιβολία για τα μεγέθη, τότε είναι προτιμότερο να επιλεγθεί γεννήτρια μικρότερου μεγέθους.
  - **Ο σχεδιασμός:** από το σημείο αυτό αρχίζει να αποτυπώνεται στο χαρτί, το πλάνο των εγκαταστάσεων. Ποιες θα είναι οι μονάδες και ποιες θα είναι οι διαστάσεις τους; Ποιο θα είναι το μήκος των σωληνώσεων,
  - **Εναλλακτικές λύσεις:** Πως μπορεί να σχεδιαστεί διαφορετικά το συγκεκριμένο φράγμα; Ποια μπορεί να είναι η οικονομικότερη λύση; Ο επαναπροσδιορισμός του σχεδιασμού είναι πολύ σημαντικός, γιατί μπορεί να εξοικονομήσει από την επένδυση πολλά χρήματα.
  - **Το κόστος:** στο σημείο αυτό πρέπει να υπολογιστεί το κόστος όλων των μηχανημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην υλοποίηση. Σαφέστατα πρέπει να υπολογιστεί κατά προσέγγιση το ποσό, καθώς δεν είναι σίγουρες οι τιμές για όλο τον εξοπλισμό. Σε κάθε επένδυση μπορούν να προκύψουν απρόβλεπτα έξοδα που μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο τον όλο σχεδιασμό της επένδυσης.
  - **Επανελέγχος βιωσιμότητας:** με βάση τα νέα δεδομένα θα πρέπει να γίνει επανελέγχος της οικονομικής βιωσιμότητας της επένδυσης. Εάν ο προϋπολογισμός έχει επιβαρυνθεί σε μεγάλο βαθμό, τότε θα πρέπει να γίνει επανεξέταση και μελέτη εναλλακτικών λύσεων.
  - **Παραγγελία:** η διαδικασία μελέτης του εξοπλισμού έχει ολοκληρωθεί και ήρθε η ώρα της παραγγελίας. Η ομάδα μελέτης οφείλει να παραγγείλει με τις καλύτερες δυνατές

τιμές τον εξοπλισμό της μονάδας και στη συνέχεια να τον παραλάβει. Επίσης πρέπει να βεβαιωθεί ότι θα παραλάβει το υλικό που παρήγγειλε και να είναι αρίστης ποιότητας.

- *Το προσωπικό:* μία σημαντική παράμετρος της όλης διαδικασίας είναι και η εκπαίδευση του προσωπικού. Η σωστή εκπαίδευση θα διασφαλίσει την ποιοτική ολοκλήρωση της διαδικασίας, αλλά και τον ασφαλή χειρισμό του εξοπλισμού.
- *Η ολοκλήρωση:* τώρα πλέον τα πάντα είναι στη θέση τους και υπάρχει το εκπαιδευμένο προσωπικό να θέσει σε λειτουργία το έργο.

#### 1.4 Το κόστος εγκατάστασης.

Ποιο όμως είναι το κόστος μίας τέτοιας εγκατάστασης; Το κόστος ενός προγράμματος υλοποίησης διαμορφώνεται από πολλούς παράγοντες και δεν είναι μοναδικό για όλα τα προγράμματα. Είναι αυτονόητο ότι το κόστος ενός τέτοιου προγράμματος είναι μοναδικό για κάθε περίπτωση.

- ∅ **Αρχικό κόστος:** με την έννοια αυτή αναφέρεται το χρηματικό ποσό που δαπανήθηκε στα πρώτα στάδια υλοποίησης του έργου. Το αρχικό ποσό περιλαμβάνει το κόστος μελέτης καθώς και το κόστος αγοράς του εξοπλισμού και της κατασκευής των εγκαταστάσεων.
- ∅ **Ετήσιο κόστος:** συνοπτικά το ετήσιο κόστος δεν είναι τίποτε άλλο από τα λειτουργικά έξοδα της μονάδας. Στη βιβλιογραφία (Wang et. al., 2008) αναφέρεται ότι τα μικρά φράγματα απαιτούν υψηλό κεφάλαιο για την κατασκευή τους, αλλά έχουν πολύ χαμηλό λειτουργικό. Κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί να ζητήσει τη βοήθεια από τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην κατασκευή φραγμάτων και υδροηλεκτρικών μονάδων προκειμένου να προσδιορίσει το αρχικό, αλλά και το ετήσιο κόστος. Η μελέτη του κόστους απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, αφού κάθε λάθος μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του οικονομικού μεγέθους που θα δαπανηθεί και ίσως θέσει σε κίνδυνο την υλοποίηση του έργου. Ο υπολογισμός του κόστους πρέπει να γίνει σε δύο επίπεδα. Αφενός θα πρέπει να γίνει μελέτη του ποσού που θα απαιτηθεί για τον **ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό** και αφετέρου στη συνέχεια θα μελετηθεί το συνολικό κόστος του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα:
- ∅ **Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός:** σε αυτόν πρέπει να συνυπολογιστούν τα έξοδα για τον υδροστρόβιλο, τη γεννήτρια, τον ρυθμιστή στροφών, τον μετασχηματιστή κ.α.
- ∅ **Το συνολικό κόστος:** το συνολικό κόστος αφορά όλες τις διεργασίες και τις υπηρεσίες που θα απαιτηθούν μαζί με τα έξοδα του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

Για λόγους οικονομίας και εφόσον καλύπτονται τα όρια αντοχής σε αστοχία του υλικού των σωληνώσεων, μπορούν να επιλεγούν πλαστικοί αγωγοί νερού για να επιτευχθεί χαμηλότερο κόστος. Επίσης μείωση των εξόδων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εγκατάστασης ενός ηλεκτρονικού ελεγκτή φορτίου. Τέλος η αγορά μικρότερων τμημάτων του εξοπλισμού από την τοπική αγορά είναι δυνατό να επιφέρει μεγαλύτερη οικονομία εφόσον αυτό είναι εφικτό. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται και τα μεταφορικά έξοδα επίσης.

#### 1.5 Οικονομική βιωσιμότητα.

Ο Παπαντώνης (2001), αναφέρει τα κριτήρια που απαιτούνται, προκειμένου να καθορίσουν την οικονομική βιωσιμότητα ενός φράγματος. Για να μελετηθεί το κατά πόσο βιώσιμη είναι

μία τέτοια επένδυση, πρέπει να γίνει οικονομική ανάλυση μέσα από μία συγκεκριμένη μελέτη μεγεθών:

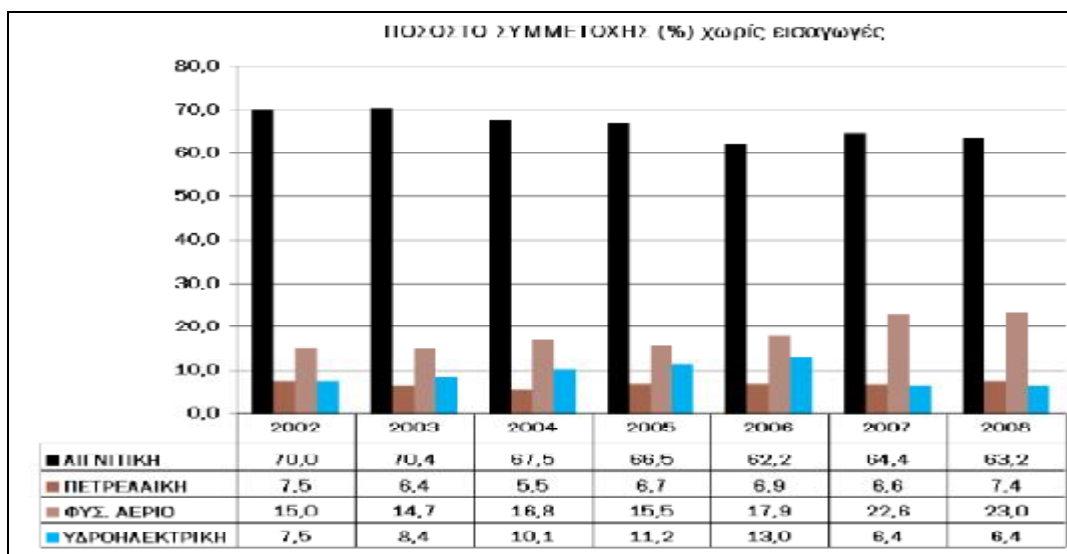
- Τα ετήσια λειτουργικά έξοδα (προσωπικό, συντήρηση κτλ.)
- Πληθωρισμός
- Δάνεια και καταθέσεις
- Προϋπολογισμός του έργου
- Περίοδος διαχείρισης

## **1.6 Συμμετοχή Υδροηλεκτρικών Έργων στην παραγωγή ενέργειας.**

Η Ελλάδα δεν βρίσκεται στις πρώτες θέσεις εκμετάλλευσης των υδάτινων πόρων της για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά προσπάθειες και κινήσεις έχουν γίνει και συνεχίζουν να γίνονται. Στην Ελλάδα, τα υδροηλεκτρικά έργα παρέχουν το 7% - 9% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας. Παρόλα αυτά δεν αξιοποιείται μεγάλο ποσοστό σε σχέση με τις συνολικές δυνατότητες της χώρας. Μελέτες δείχνουν ότι μόλις το 33% του οικονομικά αξιοποιήσιμου υδροδυναμικού χρησιμοποιείται αυτή τη στιγμή. Σύμφωνα με μελέτες για τον ελλαδικό χώρο στο υποθετικό σενάριο πλήρους αξιοποίησης των υδάτινων πόρων θα μπορούσε να καλυφθεί το 25% των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρισμό. Σαφέστατα οι υδάτινοι πόροι που διατίθενται από τη φύση δεν είναι πάντοτε οι ίδιοι και φυσικά επηρεάζονται σημαντικά από την κλιματική αλλαγή.

Λόγω ακριβώς της κλιματικής αλλαγής το υδάτινο δυναμικό επηρεάζεται ήδη αρνητικά. Η ΔΕΗ έχει δώσει έμφαση στα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα και φράγματα ενώ σε δεύτερη μοίρα έχουν υποπέσει τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα. Τα τελευταία δεν προϋποθέτουν τη διακοπή ή τη ρύθμιση της ροής του ποταμού και γι' αυτό είναι και άκρως φιλικά προς το περιβάλλον. Όμως τα τελευταία χρόνια, ως συνέπεια της αντίστοιχης ευρωπαϊκής πολιτικής, των επιδοτήσεων και της αλλαγής του θεσμικού πλαισίου, το ενδιαφέρον για μικρά υδροηλεκτρικά έργα αναζωπυρώθηκε. Όσον αφορά στη σημερινή εικόνα, βρίσκονται σε λειτουργία 62 μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί που προσφέρουν 130 MW. Όμως η προσπάθεια δεν σταματά εκεί καθώς έχει δοθεί άδεια για άλλα 200 μικρά που μπορούν να προσφέρουν άλλα 300 MW. Τα μικρά όμως υδροηλεκτρικά έργα βασίζονται αποκλειστικά στη ροή του ποταμού και δεν μπορούν να κάνουν αποταμίευση σε ταμιευτήρες. Η αποθήκευση ενέργειας, δηλαδή νερού, είναι πολύ σημαντική, καθώς η ανάγκη είναι διαρκής ανεξαρτήτως των εποχών (Ινστιτούτο Μελετών Κοινωνικής Οικονομίας).

**ΠΙΝΑΚΑΣ : Ποσοστά Συμμετοχής Μορφών Ενέργειας.**



Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί που έχει δημιουργήσει η ΔΕΗ μέσω φραγμάτων στον ελληνικό χώρο, καθώς και η παραγόμενη ισχύς τους.

**ΠΙΝΑΚΑΣ: ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΜΥΗΣ**

ΜΥΗΣ	Περιοχή	Ισχύς (MW)
Λούρου	Πρέβεζα	10.3
Γκιώνας	Άμφισσα	8.4
Στράτος II	Αγρίνιο	6.3
Μακροχωρίου	Βέροια	10.8
Γλαύκου	Πάτρα	3.6
Βέρμιου	Βέροια	1.5
Αλμυρού	Χανιά	0.3
Αγ. Ιωάννη	Σέρρες	0.7
Γιτάνης	Ηγουμενίτσα	2.1
Βοραινίου	Αριδαία	2.1
Σμοκόβου	Καρδίτσα	10.4
Αγ. Βαρβάρας	Βέροια	0.9
Ελεούσας	Θεσσαλονίκη	3.2
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>60.6</b>

**1.6.1 Ορισμοί υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων.**

Αρχικά δόκιμο θα ήταν να γίνει αναφορά στις κατηγορίες υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων προκειμένου να μπορέσουμε να εντάξουμε στη συνέχεια τον υδροηλεκτρικό σταθμό του Γλαύκου σε κάποια από τις κατηγορίες που θα ακολουθήσουν. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί μπορούν να είναι τεσσάρων ειδών με βάση την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια. Αυτές είναι:

- Οι **πico υδροηλεκτρικοί σταθμοί** (ΥΗΣ): οι σταθμοί αυτής της κατηγορίας παράγουν ενέργεια της τάξης των 10kW ή μικρότερες. Είναι χρήσιμοι σε μικρές και απομακρυσμένες κοινότητες που απαιτούν μόνο μια μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας - για παράδειγμα, για την κάλυψη μόνο οικιακής ενέργειας π.χ. για τη



λειτουργία τηλεόρασης ή ραδιόφωνου. Σε πολλές περιπτώσεις δεν χρειάζονται ειδικές και ακριβές εγκαταστάσεις προκειμένου να τροφοδοτηθούν με νερό αφού αντλούν ενέργεια από κοντινές πηγές και ποτάμια.

- Οι **micro υδροηλεκτρικοί σταθμοί** (ΥΗΣ): αυτοί είναι σταθμοί με δυνατότητα παραγωγής 100kW ή και λιγότερο. Σε κάποιες χώρες τα όρια που χαρακτηρίζουν ένα σταθμό ως micro μπορεί να διαφέρουν, ανάλογα με τη δυνατότητα των υδροηλεκτρικών εργοστασίων που διαθέτει. Γενικότερα όμως τα 100kW αποτελούν το ανώτατο όριο παραγωγής που χαρακτηρίζει ένα micro υδροηλεκτρικό σταθμό. Οι περισσότεροι micro υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με τουρμπίνα Pelton και συνήθως βρίσκονται στην κατάληξη ενός σωλήνα που πηγάει από μία παροχή νερού σε ορισμένο υψόμετρο.
- Οι **mini υδροηλεκτρικοί σταθμοί** (ΥΗΣ): οι σταθμοί αυτής της κατηγορίας ανήκουν παράγουν ενέργεια της τάξεως των 100-1000kW. Αναφερόμαστε δηλαδή σε μεγάλες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες.
- Οι **mega υδροηλεκτρικοί σταθμοί** (ΥΗΣ): τέλος οι mega σταθμοί παράγουν ενέργεια 1-30MW. Την παρούσα φάση σχεδιάζεται ο μεγαλύτερος υδροηλεκτρικός σταθμός στον κόσμο στη περιοχή της Ερυθράς Θάλασσας και θα φέρει την ονομασία Red Sea dam.

Στην παρούσα εργασία όπου πρόκειται να γίνει μια συγκριτική μελέτη του φράγματος Γλαύκου με εκείνο της Βαλμαντούρας θα δοθεί βάση στις δύο μικρότερες κατηγορίες σταθμών, αφού σε αυτές ανήκει ο Γλαύκος. Ο χρόνος απόσβεσης των σταθμών της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι μικρός και το κόστος τους μικρό. Γι' αυτό το λόγο αποτελούν και ιδανική λύση για φτωχές χώρες που δεν έχουν τη δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλων εγκαταστάσεων

### **1.7 Διαταραχές στην εκμετάλλευση των ΥΗΣ λόγω άλλων χρήσεων.**

Το όφελος που προσφέρουν οι ΥΗΣ σε ένα διασυνδεδεμένο Ηλεκτρικό Σύστημα το οποίο τροφοδοτείται κυρίως από θερμοηλεκτρικές μονάδες σταθερού φορτίου, είναι το γεγονός ότι, μπορούν να αναλαμβάνουν με ευελιξία την αιχμή της ζήτησης που εμφανίζεται στο δίκτυο, απαλλάσσοντας έτσι τις τελευταίες από επώδυνες μεταβολές φορτίου. Για τον λόγο αυτό η αξία της ενέργειας που παράγεται από έναν ΥΗΣ είναι αντιστρόφως ανάλογη της έκτασης των περιορισμών που επιβάλλονται από τη ζήτηση του νερού για την εξυπηρέτηση τρίτων. Από πλευράς υδροηλεκτρικής παραγωγής οι ΥΗΣ κατατάσσονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

- Ø ΥΗΣ που εξυπηρετούν τις εκτός ηλεκτροπαραγωγής χρήσεις (π.χ. άρδευση), οι οποίες απαιτούν οι σταθμοί παραγωγής να βρίσκονται εκτός λειτουργίας για ορισμένες χρονικές περιόδους. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε αυτούς συνεισφέρει απλώς στην εξοικονόμηση καυσίμου που καταναλώνουν οι θερμικοί σταθμοί και κάθε φορά που τίθενται εκτός λειτουργίας, τα φορτία τους πρέπει να αναληφθούν από άλλους σταθμούς του συστήματος. Στην κατηγορία αυτή υπάγεται ο ΥΗΣ Ν. Πλαστήρα στον ποταμό Ταυρωπό, ο οποίος σήμερα λειτουργεί σε συνάρτηση με τις αρδευτικές ανάγκες.
- Ø ΥΗΣ συντονισμένοι με τις χρήσεις οι οποίες έχουν ανάγκη συνεχούς κατανάλωσης νερού (ύδρευση, ναυσιπλοΐα). Οι συγκεκριμένοι ΥΗΣ μπορούν να συγκριθούν, ως προς τη λειτουργία τους, με ένα θερμικό σταθμό σταθερού φορτίου. Λειτουργούν υποχρεωτικά όλο το 24ωρο επειδή η χωρητικότητα του ταμιευτήρα τους είναι ασήμαντη. (ΥΗΣ Λούρου κοντά στη Φιλιπιάδα).

- Ø ΥΗΣ με ταμειυτήρες ημερήσιας ή εβδομαδιαίας ρύθμισης, στους οποίους η λειτουργία του σταθμού επικεντρώνεται στις ώρες αιχμής των φορτίων του διασυνδεδεμένου ηλεκτρικού συστήματος, με τις δεσμεύσεις που επιβάλλονται από πιθανές άλλες χρήσεις και τη συνολική επάρκεια του νερού (ΥΗΣ Στράτου, Πλατανόβρυσης, Καστρακίου, και Σφηκιάς).
- Ø ΥΗΣ που τροφοδοτούνται από μεγάλους ταμειυτήρες ετήσιας ρύθμισης, στους οποίους η παραγωγή ενέργειας προέχει σε σχέση με τις άλλες χρήσεις που θεωρούνται δευτερεύουσες. Οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν συνήθως σε συμφωνία με τις ανάγκες του διασυνδεδεμένου ηλεκτρικού συστήματος (ΥΗΣ Κρεμαστών, Πολυφύτου, Θησαυρού, κ.ά.).
- Ø Φυσικά υπάρχουν και ΥΗΣ που η συντονισμένη εκμετάλλευσή τους δεν ταξινομείται στις παραπάνω περιπτώσεις. Η τελική αξία της παραγόμενης ενέργειας στις περιπτώσεις των τεσσάρων κατηγοριών πρέπει να αναπροσαρμόζεται με βάση τους εξής συντελεστές:
  - για την ομάδα 1: 0.5,
  - για την ομάδα 2: 1.0,
  - για την ομάδα 3: 2.0,
  - για την ομάδα 4: 2.5

Οι συντελεστές αυτοί αναδεικνύουν σε πιο βαθμό μπορεί να επηρεαστεί η τελική αξία της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας των ΥΗΣ, αναλόγως των διευθετήσεων που ισχύουν για την εξυπηρέτηση διαφορετικών σκοπών από την παραγωγή ενέργειας.

## 2 Τμήματα Φράγματος.

Στο κεφάλαιο αυτό δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά των κυριότερων κατασκευαστικών τμημάτων ενός φράγματος όπως είναι ο ταμιευτήρας, ο υπερχειλιστής, η σήραγγα προσαγωγής, ο πύργος εκτόνωσης. Η σύντομη περιγραφή των παραπάνω τμημάτων θα λειτουργήσει ως υπόβαθρο για την ανάλυση σε επόμενα κεφάλαια των υπό μελέτη έργων του Γλαύκου και του φράγματος Αστερίου.

### 2.1 Ταμιευτήρας

Οι ταμιευτήρες ανάλογα την χωρητικότητά τους σε σχέση με το ισοζύγιο της λεκάνης απορροής και τον τρόπο που χρησιμοποιούνται στην εκμετάλλευση διακρίνονται σε: Ετήσιους, Εβδομαδιαίους, Ημερήσιους και Αναρρύθμισης.

Ο **ετήσιος** ταμιευτήρας σε μια αλυσίδα ΥΗΣ ενός ποταμού έχει μεγάλη χωρητικότητα. Η διακύμανση της στάθμης του είναι σημαντική λόγω των μεγάλων ποσοτήτων νερού που αποθηκεύονται. Επίσης, ο ταμιευτήρας αυτός χρησιμεύει για την ανάσχεση των πλημμυρών και την τροποποίηση της πορείας του ποταμού. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι των Κρεμαστών (Αχελώος), του Πολυφύτου (Αλιάκμονας), του Λάδωνα, του Πουρναρίου Ι, (Αραχθός), των Πηγών Αώου (Αώος), του Ν. Πλαστήρα (Ταυρωπός) και του Θησαυρού (Νέστος).

Ο **εβδομαδιαίος** ταμιευτήρας βρίσκεται συνήθως αμέσως μετά τον ετήσιο. Έχει μικρή σχετικά χωρητικότητα και διακύμανση στάθμης μέχρι 5 μέτρα περίπου. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Καστρακίου (Αχελώος) και της Σφηκιάς (Αλιάκμονας).

Ο **ημερήσιος** ταμιευτήρας έχει μικρή χωρητικότητα που επαρκεί να αποθηκεύσει τις εισροές το πολύ για μία ημέρα, όταν λειτουργεί ο προηγούμενος σταθμός. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Στράτου (Αχελώος), των Ασωμάτων (Αλιάκμονας), της Πλατανόβρυσης (Νέστος) και του Άγρα (Βόδας).

Ο ταμιευτήρας **αναρρύθμισης** είναι μικρής χωρητικότητας. Αποθηκεύεται νερό για λίγες ώρες ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες των άλλων χρήσεων (ύδρευση, άρδευση, περιβάλλον) χωρίς να αιτείται η λειτουργία των ανάντη σταθμών κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν η λειτουργία είναι ασύμφορη διότι η αξία της ΚWH είναι μειωμένη. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Στράτου (Αχελώος), της Αγ. Βαρβάρας (Αλιάκμονας) και του Ν. Πλαστήρα (Ταυρωπός).



*Εικόνα 3: Το φράγμα και ο ταμιευτήρας του ΥΗΣ Αώου.*



*Εικόνα 4: Ταμιευτήρας ΥΗΣ Κρεμαστών στο σύστημα του Αχελώου.*



*Εικόνα 5: Εβδομαδιαίος ταμιευτήρας ΥΗΣ Καστρακίου στο σύστημα ταμιευτήρων Αχελώου.*



*Εικόνα 6: Ημερήσιος / Αναρρυθμιστικός ταμιευτήρας ΥΗΣ Στράτου στο σύστημα ταμιευτήρων Αχελώου.*

## **2.2 Υπερχειλιστής.**

Η αλλαγή της προδιδόμενης ενέργειας η οποία προσφέρεται από τη φύση μπορεί να είναι καταστροφική για ένα φράγμα καθώς σε περιόδους μεγάλων υδατοπτώσεων θα δημιουργείται υπερχειλίση του φράγματος και πιθανές καταστροφές όπως πλημύρες, ρήγματα στο φράγμα, με αποτέλεσμα έως και καταστροφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού κ.α. Προς αποφυγή τέτοιων καταστάσεων χρειάζεται η κατασκευή ενός καλά σχεδιασμένου υπερχειλιστή επάνω στο φράγμα, ο οποίος θα διοχετεύει το πλεονάζον νερό προς την κατάντη πλευρά. Λόγω του ότι οι μεγάλες ταχύτητες νερού μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή στο φράγμα, ο υπερχειλιστής θα πρέπει να έχει την μορφή της τροχιάς την οποία θα ακολουθήσει το νερό. Η τροχιά μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος της στάθμης του νερού πάνω από τον υπερχειλιστή. Για μεγάλες τιμές αυτού του ύψους ως προς το ύψος σχεδιασμού μπορεί να συμβεί αποκόλληση της ροής με κίνδυνο εμφάνισης του φαινομένου της σπηλαιώσης. Υπάρχουν διάφορες διατάξεις υπερχειλιστών στις οποίες δεν θα γίνει αναφορά, αξίζει μόνο να αναφερθεί ότι σε κάποιες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η ύπαρξη διατάξεων καταστροφής ενέργειας, διατάξεων εκτροπής του υδατορρεύματος προς αποφυγή των καταστροφικών συνεπειών αποκόλλησης της ροής. Ο Υπερχειλιστής αποτελεί σημαντικό τμήμα ενός φράγματος και ο σκοπός που επιτελεί είναι η εξασφάλιση της ασφάλειας του φράγματος σε ακραίες καιρικές συνθήκες (μεγάλες πλημμύρες) ή ακόμα και κινδύνους γεωλογικής φύσης (σεισμοί, υποχώρηση εδάφους, κατολισθήσεις κ.λπ.).

## **2.3 Έργο υδροληψίας.**

Σκοπός του έργου υδροληψίας είναι η οδήγηση της παροχής του νερού στη διώρυγα προσαγωγής (ανοικτός αγωγός) ή κατ' ευθείαν στον αγωγό πτώσεως (ή προσαγωγής), για την περίπτωση στην οποία δεν παρεμβάλλεται ανοικτή διώρυγα, εξασφαλίζοντας τη δυνατότερη ομοιόμορφη ροή ώστε να μην αναπτυχθούν υπερβολικές ταχύτητες, οι οποίες θα προκαλούσαν αποκόλληση και σχηματισμό στροβιλισμών. Το έργο υδροληψίας πρέπει να είναι εφοδιασμένο με σχάρα η οποία θα συγκρατεί τα επιπλέοντα σώματα (κλαδιά δένδρων κλπ.), με θυρόφραγμα (ή βάννα) ώστε να διακόπτεται η ροή στην περίπτωση ηθελημένης διακοπής της λειτουργίας (πχ. στην περίπτωση συντήρησης) και να φέρει διάταξη εξαμμωτή,

ώστε τα αιωρούμενα σωματίδια να απομακρύνονται και να μη συμπαρασύρονται προς τους υδροστροβίλους, Η διαμόρφωση εξαμμωτή είναι πολύ μεγάλης σημασίας στην περίπτωση κατά την οποία η χωρητικότητα και η έκταση του ταμιευτήρα ανάντη του φράγματος (ή του εκχειλιστή) είναι μικρή, όπως συνήθως συμβαίνει στα μικρά ΥΗΕ. Διάταξη εξαμμωτή δεν απαιτείται, σε περίπτωση σταθμού με μικρό ύψος πτώσης κατά το ρου του ποταμού, όταν η κλίση του υδατορεύματος, σε αρκετή απόσταση ανάντη του έργου, είναι μικρή οπότε και η ταχύτητα της ροής είναι μικρή με αποτέλεσμα η ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων να είναι αμελητέα. Θα πρέπει όμως σε περίπτωση εξαιρετικών πλημμυρικών επεισοδίων να διακόπτεται η λειτουργία των υδροστροβίλων ώστε να αποφεύγεται η φθορά τους από μηχανική διάβρωση.

## **2.4 Σήραγγα προσαγωγής.**

Ο αγωγός ή σήραγγα προσαγωγής είναι από σκυρόδεμα, τοποθετημένος μέσα στο έδαφος, τόσο για λόγους ασφαλείας, αλλά και για περιβαλλοντικούς λόγους (απρόσκοπτη μετακίνηση της πανίδας). Ο αγωγός προσαγωγής κατασκευάζεται σύμφωνα με οικονομικοτεχνικά κριτήρια. Στην περίπτωση μεγάλου μήκους όπως στον Γλαύκο προτιμάται η κατασκευή ενός αγωγού ενώ σε αντίθετη περίπτωση κάθε υδροστρόβιλος τροφοδοτείται από έναν αγωγό. Η σήραγγα προσαγωγής οδηγεί το νερό από τον ταμιευτήρα στο σταθμό παραγωγής και μετά την διέλευσή του από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη κοίτη του ποταμού κατάντη ή στον επόμενο ταμιευτήρα (ανάλογα με την περίπτωση). Η σήραγγα προσαγωγής στον ΥΗΣ του Γλαύκου έχει μήκος 1.695 m και η διατομή της δεν είναι σταθερή αλλά κυμαίνεται από 1,64 m<sup>2</sup> ως 1,95 m<sup>2</sup>. Ο πυθμένας της σήραγγας στην υδροληψία έχει στάθμη 334,60 m. Η κλίση της σήραγγας είναι 1,67% το δε πάχος της επένδυσης από μπετόν αρμέ κυμαίνεται από 0,10 m ως 0,40 m.

## **2.5 Αγωγός νερού.**

Μέσω του αγωγού νερού διοχετεύεται το νερό με πίεση στον υδροστρόβιλο. Συνήθως ξεκινάει από τη δεξαμενή του νερού, ενώ ενίοτε μπορεί να ξεκινάει από την πηγή. Στην είσοδο του αγωγού εγκαθίσταται ένα φίλτρο για να φιλτράρεται το νερό που εισάγεται. Στην κατάληξη του αγωγού υπάρχει και μία βαλβίδα που ανοιγοκλείνει προκειμένου να ρυθμίζει την παροχή στον υδροστρόβιλο. Οι αγωγοί είναι κατασκευασμένοι από πλαστικό, αφού είναι αδιάβροχο, εύκαμπτο και φτηνό. Η διάμετρος του αγωγού έχει σχέση με τη διαθέσιμη ισχύ. Καθώς μεγαλώνει η διάμετρος, μεγαλώνει και η διαθέσιμη ισχύς. Το εσωτερικό του αγωγού είναι κατασκευασμένο για να επιβραδύνει εν μέρη την κυκλοφορία του νερού και για αυτό η επιλογή του αγωγού είναι σημαντική. Είναι αυτονόητο λοιπόν ότι όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση τόσο μεγαλύτερο πρέπει να είναι και το πάχος του αγωγού. Μικρή πίεση σε αντίστοιχο αγωγό μπορεί να προκαλέσει φθορά και ενδεχομένως και αστοχία υλικού (σπάσιμο του αγωγού).

## **2.6 Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός.**

Μία γεννήτρια μπορεί να μετατρέψει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Μία γεννήτρια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα φράγμα μπορεί να είναι είτε συνεχούς είτε εναλλασσόμενου ρεύματος. Συνήθως τα φράγματα χρησιμοποιούν σύγχρονες γεννήτριες και επαγωγικούς (ασύγχρονους) κινητήρες σε ρόλο γεννήτριας.

Ο Ρυθμιστής Στροφών είναι η καρδιά του συστήματος της Μονάδας και υπεύθυνος για τον έλεγχο του υδροστροβίλου κατά την παράλληλη λειτουργία σε ένα σύστημα με άλλους στροβίλους ή την λειτουργία σε ένα απομονωμένο σύστημα. Επίσης, ο Ρυθμιστής είναι κατάλληλος για την αυτόματη εκκίνηση ή στάση της Μονάδας και επιτελεί δύο βασικές λειτουργίες. Πρώτον μας παρέχει την δυνατότητα να ελέγχουμε την κίνηση των περυγίων του στροβίλου και δεύτερον σαν επακόλουθο της προηγούμενης λειτουργίας παρέχει την δυνατότητα να κρατάμε τις στροφές της μονάδας σταθερές, πράγμα το οποίο είναι απαραίτητο για να είναι σταθερή και η συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος.



**Εικόνα 6: Ρυθμιστής στροφών, εξωτερικά οι ενδείξεις, εσωτερικά ο μηχανισμός.(πηγή: ΔΕΗ Α.Ε)**

Βασική προϋπόθεση για να λειτουργήσει ο ρυθμιστής στροφών είναι ότι πρέπει το σύστημα του υπό πίεση ελαίου να βρίσκεται σε κανονική λειτουργία. Με άλλα λόγια όλα τα μέρη του συστήματος ελαίου να είναι σε κανονική λειτουργία, οι αντλίες σε αυτόματη λειτουργία, κανονική στάθμη λαδιού και πίεση και οι απαραίτητες δια την κυκλοφορία του λαδιού βάνες να είναι ανοιχτές.



**Εικόνα 7: Ταμπλό ρυθμιστή στροφών αριστερά, θάλαμος ελαίου ψύξης δεξιά. (πηγή: ΔΕΗ Α.Ε)**

Επίσης τις περισσότερες φορές στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό συμπεριλαμβάνεται και ένας αυτόματος ρυθμιστής στροφών. Πρόκειται για ρυθμιστή τάσης συνεχούς ελέγχου, ο οποίος ανταποκρίνεται στη μέση τάση των 3 φάσεων της γεννήτριας.

Αποτελεί εφαρμογή του στρεφόμενου ενισχυτή (amplidyne) τύπου HTD (Hitachi Tuning Dynamo) και καθιστά δυνατή τη συνεχή ρύθμιση της τάσης μέσα σε ευρεία περιοχή τιμών, με μεγάλη ακρίβεια και γρήγορη απόκριση.

Το σύστημα ελέγχου του ρυθμιστή τάσης τύπου HTD είναι ένα κύκλωμα κλειστού βρόγχου, το οποίο περιλαμβάνει:

- μετασηματιστές τάσης (για τη μέτρηση της τάσης εξόδου της γεννήτριας)
- γέφυρα διόδων (για την ανόρθωση της παραπάνω τάσης)
- ανιχνευτή απόκλισης τάσης και μαγνητικό ενισχυτή (για τη σύγκριση της πραγματικής τάσης με την επιθυμητή και τη διαμόρφωση του σήματος σφάλματος τάσης)
- στρεφόμενους ενισχυτές (amplidynes) τύπου HTD (για την ενίσχυση του σήματος σφάλματος τάσης)
- βοηθητικό διεγέρτη DC (για τη διέγερση του κύριου διεγέρτη DC)
- κύριο διεγέρτη DC (για την τροφοδοσία του τυλίγματος διέγερσης της γεννήτριας) και τη γεννήτρια

Με αυτό το κύκλωμα κλειστού βρόγχου πραγματοποιείται:

1. η σύγκριση της τάσης στα τερματικά της γεννήτριας με την τάση αναφοράς
2. η ενίσχυση του σήματος απόκλισης τάσης και
3. μια ανάλογη μεταβολή του ρεύματος διέγερσης, ώστε να επανακτηθεί η επιθυμητή τάση στα τερματικά της γεννήτριας

Ο κύριος διεγέρτης, στον οποίο εφαρμόζεται ο ρυθμιστής τάσης, έχει δύο ξεχωριστά τυλίγματα πεδίου, από τα οποία:

- το ένα τροφοδοτείται από το βοηθητικό διεγέρτη και χρησιμοποιείται για χειροκίνητο έλεγχο της διέγερσης μέσω ενός ροοστάτη ρύθμισης πεδίου και
- το άλλο τροφοδοτείται από το στρεφόμενο ενισχυτή και χρησιμοποιείται για τον αυτόματο έλεγχο της διέγερσης από το ρυθμιστή τάσης

Τα τερματικά εξόδου του στρεφόμενου ενισχυτή συνδέονται στα τερματικά του κύριου διεγέρτη και παρέχουν το σήμα ρεύματος ελέγχου, το οποίο κατευθύνεται στα τερματικά της γεννήτριας. Το τυλίγμα διέγερσης της γεννήτριας τροφοδοτείται από την τάση εξόδου του κύριου διεγέρτη.

Θάλαμος  
Ρυθμιστή  
Στροφών



**Εικόνα 8. Ρυθμιστής τάσης μονάδας. (πηγή: ΔΕΗ Α.Ε)**



**Εικόνα 9 Γεννήτρια υδροστροβίλου - Προσαρμογή άξονα γεννήτριας με το στροφέιο υδροστροβίλου Francis.**

Σύγχρονη γεννήτρια ονομάζεται η ηλεκτρική μηχανή που μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια στην είσοδό της σε ηλεκτρική ενέργεια συγκεκριμένης τάσης και συχνότητας. Επειδή ακριβώς η συχνότητα, της τάσης εξόδου, της γεννήτριας προσδιορίζεται από την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα, η μηχανή αυτή ονομάστηκε *σύγχρονη*. Στις γεννήτριες αυτού του είδους βασίζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη συντριπτική πλειοψηφία των εφαρμογών παγκοσμίως.

Για να συνδεθεί η μονάδα στο δίκτυο, ελέγχονται 3 βασικές παράμετροι:

1. Η συχνότητά της να είναι ίδια με την συχνότητα του δικτύου (60 Hz) και αυτό επιτυγχάνεται με τη συμβολή του ρυθμιστή στροφών ( $n=σταθ.$ ).
2. Η τάση εξόδου της γεννήτριας να είναι ίση με την τάση του δικτύου και η εξισορρόπηση διαμορφώνεται από τον αυτόματο ρυθμιστή τάσεως.
3. Η φασική απόκλιση να είναι κατά το δυνατόν ίση με 0.

Για να λειτουργήσει μια σύγχρονη γεννήτρια απαραίτητη προϋπόθεση είναι η τροφοδοσία του τυλίγματος του δρομέα της με συνεχές ρεύμα. Αυτό το ρεύμα δημιουργεί μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό της γεννήτριας και καθώς ο δρομέας περιστρέφεται παίρνοντας κίνηση από κάποια εξωτερική κινητήρια μηχανή (υδροστροβίλος Francis) το πεδίο περιστρέφεται μαζί του. Τελικά, το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο παράγει τριφασική τάση στα τυλίγματα του στάτη, η οποία εμφανίζεται στην έξοδο της μηχανής.

Ο δρομέας μιας σύγχρονης γεννήτριας μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας μεγάλος ηλεκτρομαγνήτης τόσο στην περίπτωση που η γεννήτρια είναι εκτύπων πόλων, όσο και όταν αυτή διαθέτει κυλινδρικό δρομέα. Ο δρομέας των σύγχρονων γεννητριών κατασκευάζεται από δυναμοελάσματα με σκοπό τη μείωση των απωλειών λόγω των δινορρευμάτων. Πράγματι, επειδή ο δρομέας εκτίθεται σε συχνές μεταβολές του μαγνητικού πεδίου, η ανάπτυξη δινορρευμάτων στο εσωτερικό του είναι αναπόφευκτη.

Το τύλιγμα του δρομέα στις σύγχρονες γεννήτριες θα πρέπει να τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα. Επειδή ο δρομέας περιστρέφεται είναι ανάγκη να αναπτυχθεί κάποιος ειδικός τρόπος τροφοδοσίας του τυλίγματός του. Οι πιο συνηθισμένες τεχνικές τροφοδοσίας του δρομέα είναι:

1. Με τροφοδοσία από εξωτερική πηγή συνεχούς ρεύματος, οπότε ο δρομέας θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος με ψήκτες (brushes) και δαχτυλίδια (sliprings).
2. Με τροφοδοσία από ειδική πηγή συνεχούς ρεύματος τοποθετημένη πάνω στον άξονα της γεννήτριας.

Η τάση που αναπτύσσεται στο εσωτερικό μιας σύγχρονης γεννήτριας εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα της και από τη μαγνητική ροή στο εσωτερικό της. Η



τάση στα άκρα κάθε φάσης μιας σύγχρονης γεννήτριας (φασική τάση) διαφέρει από αυτήν που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της, λόγω της πτώσης τάσης που οφείλεται στην αντίδραση οπλισμού και στη σύνθετη αντίσταση των τυλίγμάτων οπλισμού. Η πολική τάση της σύγχρονης γεννήτριας είναι ίση με τη φασική τάση, όταν το τυλίγμα οπλισμού συνδέεται σε τρίγωνο και πολλαπλασιάζεται επί  $\sqrt{3}$ , όταν το τυλίγμα συνδέεται σε αστέρα.

Ο τρόπος με τον οποίο η σύγχρονη γεννήτρια συνεργάζεται με κάποιο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας προσδιορίζεται από τους περιορισμούς που της επιβάλλει το συγκεκριμένο σύστημα. Όταν η σύγχρονη γεννήτρια είναι συνδεδεμένη σε κάποιο άπειρο ζυγό (ΥΗΣ Καστρακίου), τόσο το πλάτος όσο και η συχνότητα της τάσης εξόδου δεν είναι δυνατόν να μεταβάλλονται. Η ρύθμιση της ενεργού και της άεργης ισχύος είναι δυνατή μέσω της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα και του ρεύματος διέγερσης αντίστοιχα.

Οι δυνατότητες παραγωγής ισχύος μιας σύγχρονης γεννήτριας περιορίζονται βασικά από τη θερμότητα που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της. Κάθε φορά που η θερμοκρασία της γεννήτριας ξεπερνάει την ονομαστική της τιμή, η διάρκεια ζωής της μειώνεται σημαντικά. Επειδή σε μια σύγχρονη γεννήτρια υπάρχουν δυο τυλίγματα (οπλισμού και διέγερσης), οι περιορισμοί υπερθέρμανσης είναι δύο. Η μέγιστη επιτρεπόμενη φαινόμενη ισχύς εξόδου της μηχανής προσδιορίζονται από το όριο υπερθέρμανσης του τυλίγματος οπλισμού της, ενώ η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της  $E_A$  προσδιορίζεται από το όριο υπερθέρμανσης του τυλίγματος διέγερσής της. Τέλος, οι μέγιστες τιμές των  $E_A$  και  $I_A$  ορίζουν από κοινού τον ονομαστικό συντελεστή ισχύος της γεννήτριας.



*Εικόνα: 10Τομή γεννήτριας υδροηλεκτρικού σταθμού*

## **2.7 Κτήριο της μονάδας**

Το κτήριο είναι πολύ σημαντικό να είναι καλά σχεδιασμένο προκειμένου να προστατευτεί όλος ο εξοπλισμός που βρίσκεται μέσα σε αυτό. Ο σχεδιασμός του κτιρίου δεν είναι δεδομένος, αφού εξαρτάται από διάφορους τοπογραφικούς παράγοντες. Πολύ σημαντικό επίσης είναι η κατασκευή του δαπέδου, το οποίο πρέπει να υψώνεται πάνω από το επίπεδο του εδάφους, προκειμένου να αποφευχθούν περιστατικά πλημμυρών. Το οίκημα θα πρέπει να φωτίζεται με φυσικό και τεχνητό φωτισμό ενώ πρέπει να ληφθεί υπόψη και η δημιουργία φυσικού αερισμού. Επιπλέον θα πρέπει να δοθεί προσοχή στο δάπεδο ώστε να αποφευχθεί η παρουσία υδάτων σε αυτό λόγω των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Κάτω από τον χώρο των Μ/Σ θα υπάρχει σκάμμα με σκύρα όπου θα συλλέγονται τα έλαια των Μετασχηματιστών σε περίπτωση διαρροής. Το υλικό κατασκευής του κτιρίου πρέπει να είναι το μπετόν για την καλύτερη προστασία των μηχανημάτων. Επίσης το πάχος του τοίχου πρέπει να είναι μεγάλο και γενικότερα να χρησιμοποιηθούν υλικά που θα προστατεύουν το κτήριο από πυρκαγιές.

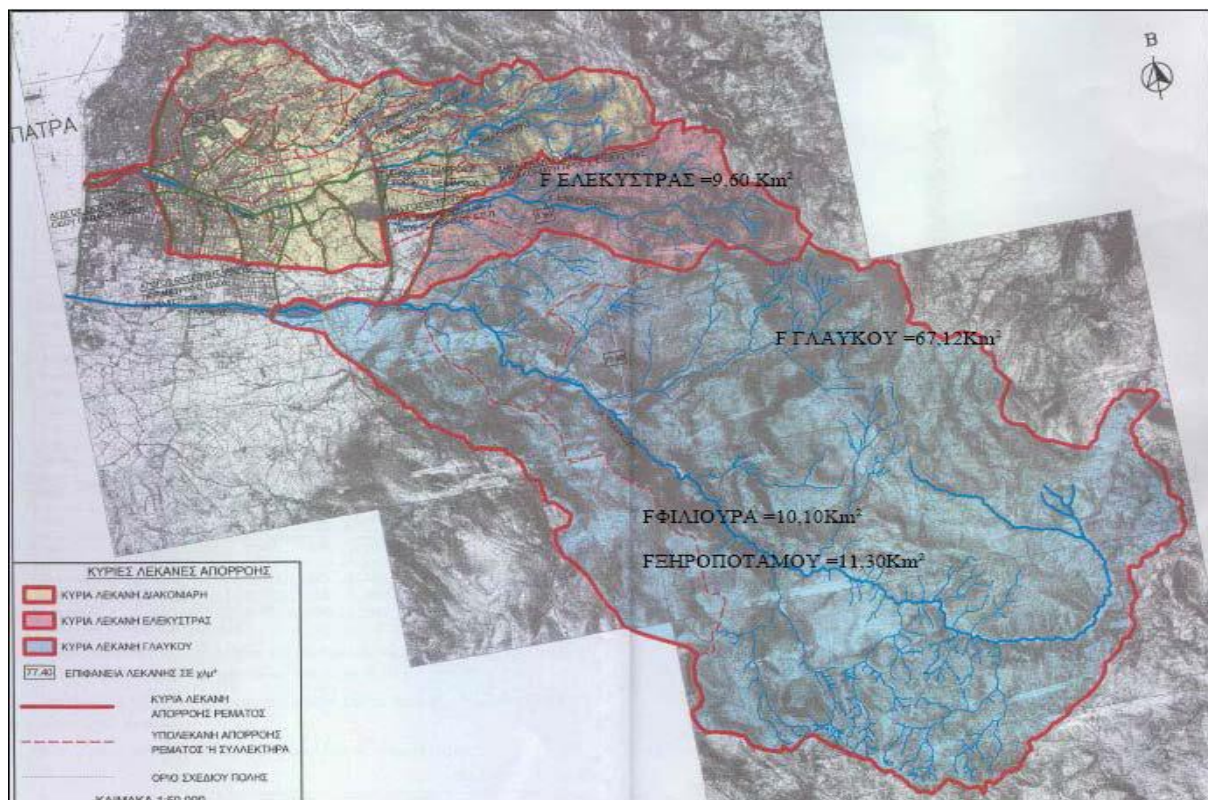
### 3 Στοιχεία Φράγματος Γλαύκου.

#### 3.1 Η Περίπτωση του ΜΥΗΣ Γλαύκου.

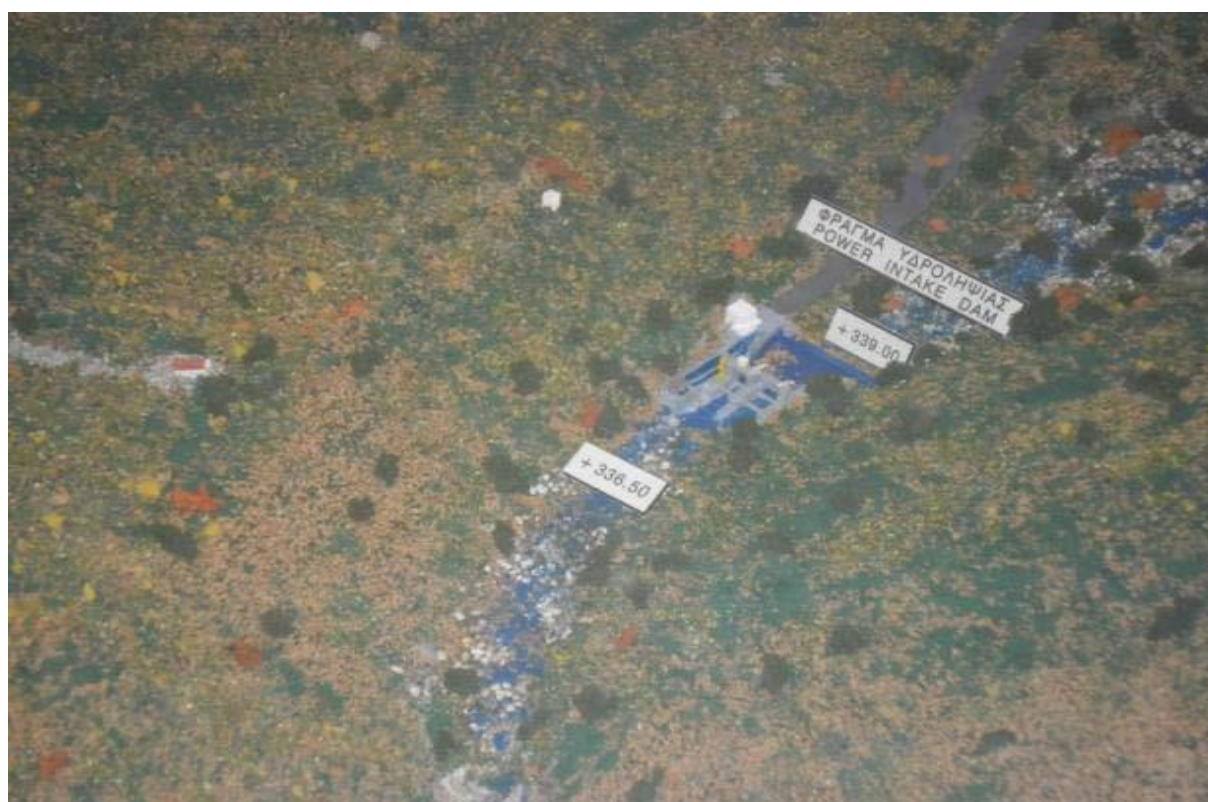
Η ευρύτερη περιοχή του φράγματος του Γλαύκου διασχίζεται από τον ποταμό Γλαύκο και από διάφορους χειμάρρους που πηγάζουν από τη Δυτική πλευρά του Παναχαϊκού όρους. Όσον αφορά στην οριοθέτηση του, στο βόρειο τμήμα του βρίσκεται η πόλη της Πάτρας, στην ανατολική πλευρά βρίσκονται οι συνοικίες της Εγλυκάδας και του Γηροκομείου. Στο ανατολικό τμήμα ορίζεται από τις απολήξεις του Παναχαϊκού και από δυτικά από τον Πατραϊκό κόλπο. Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε τις λεκάνες απορροής της περιοχής του Γλαύκου.

Η περιοχή του Γλαύκου περιλαμβάνει μία πληθώρα χειμάρρων. Αυτοί είναι: χειμάρρος Μαλαμαμούτης, Ρωμανού, Διακονιάρης, Ελεκίστρας, οι Φίλιουρας και Ξηροπόταμος και ο χειμάρρος Νερομάνας.

Σε σχέση με τα υπόλοιπα εδαφολογικά στοιχεία (πέραν των λεκάνων απορροής και παραποτάμων χειμάρρων) του κύριου ποταμού Γλαύκου, η τοποθεσία του φράγματος βρίσκεται στο νότιο μέρος της Πάτρας και πηγάζει από τη ΝΔ πλευρά του Παναχαϊκού και εκβάλλει στη θάλασσα κοντά στη θέση Ιτιές των Πατρών. Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου Γλαύκου περιλαμβάνει την περιοχή των χωριών Σούλι-Μοίρα-Ζούμπατα. Έχει συνολική έκταση 72.000 km<sup>2</sup> και ύψος πάνω από τη θάλασσα 150-1925μ. με διεύθυνση ΒΔ. Το Παναχαϊκό όρος ως γνωστό ανήκει στην κεντρική ορεινή ζώνη Πίνδου-Ερυμάνθου που είναι τμήμα του δειναροταυρικού τόξου των αλπικών πτυχώσεων. Αποτελείται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα καθώς και από ψαθυρά πυριτιοαργυλικά στρώματα. Η κοιλάδα του Γλαύκου έγινε από τις διαβρώσεις κατά μήκος των κανονικών ρηγμάτων των πυριτιοαργυλικών πετρωμάτων. Η πεδινή κοίτη του Γλαύκου αποτελείται από προσχώσεις που αρχίζουν από τη θάλασσα μέχρι 150μ. υψόμετρο και σε απόσταση 5km από τη θάλασσα στη θέση Μαυρομαντήλα. Τα υλικά που παρασύρονται από το χειμάρρο Γλαύκο προέρχονται κυρίως από την αριστερή όχθη του χειμάρρου και σε απόσταση 7km από τη θέση Μαυρομαντήλα. Ιδιαίτερα απέναντι από το χωριό Σούλι, όπου ο χειμάρρος διαβρώνει τις όχθες και σχηματίζονται τεράστιες καταπτώσεις οι οποίες όταν διαποτιστούν από τις βροχές διασπάται η συνοχή και έτσι τροφοδοτούν τον χειμάρρο με τεράστιους όγκους φερτών υλών. Φερτές ύλες φέρνει επίσης και ο χειμάρρος Δερβενίκος που ενώνεται με τον χειμάρρο Γλαύκο κατάντη του χωριού Σουλίου. Η λεκάνη του Δερβενίκου έχει έκταση 11.00 km<sup>2</sup> και το μήκος της διαδρομής του 4 km περίπου. Η κλίση του πυθμένα είναι μεγάλη καθώς και τα πρανή, σε αυτό οφείλεται άλλωστε η ορμητικότητα των πλημμύρων του χειμάρρου που έχει σαν συνέπεια τη μεταφορά μεγάλων όγκων φερτών υλών. Η λεκάνη απορροής του Γλαύκου είναι γενικά διαπερατή και αυτό αποδεικνύεται από τις πολλές πηγές που υπάρχουν στο Σούλι, Ζουμπάτα, Θάνα, και μέσα στο Δερβενίκιο σε υψόμετρο 900μ. Η συνολική παροχή των πηγών αυτών κατά τους μήνες της ξηρασίας περνάει τα 0.5m<sup>3</sup>/sec ενώ τους χειμερινούς μήνες σε περίοδο πλημμύρας φθάνει και τα 150 m<sup>3</sup>/sec. Η μέγιστη αυτή παροχή υπολογίστηκε με βάση τις βροχομετρικές παρατηρήσεις του Μετεωρολογικού σταθμού Πατρών. Κατά τα τελευταία χρόνια δεν παρατηρήθηκε παροχή μεγαλύτερη από 100 m<sup>3</sup>/ sec και αυτό σπάνια. Πάντως τα τεχνικά έργα του Δασαρχείου Πατρών υπολογίστηκαν για παροχές 140 m<sup>3</sup>/sec για το Γλαύκο και 45m<sup>3</sup>/sec για το Δερβενικό.



*Εικόνα 11: Τοπογραφικό Σχέδιο φράγματος Γλαύκου.*



*Εικόνα 12: Φράγμα Γλαύκου (μακέτα μουσείου Γλαύκου).*

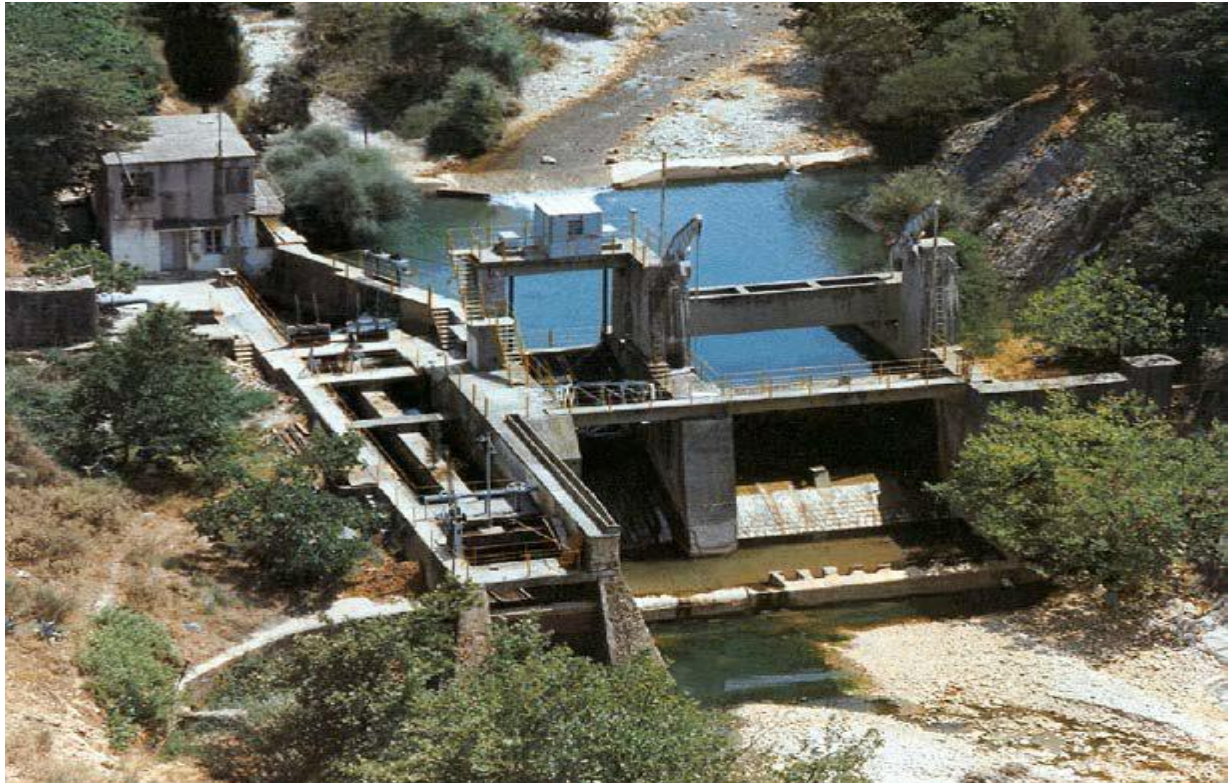
Η υδροληψία βρίσκεται σε υψόμετρο 339 μέτρων και χρησιμεύει στη δημιουργία μικρής δεξαμενής για την οδήγηση του νερού και την είσοδο στη σήραγγα προσαγωγής. Υπάρχουν πολλά είδη φραγμάτων και χωρίζονται ανάλογα το υλικό με το οποίο κατασκευάζονται (πέτρα, σκυρόδεμα, χώμα και άλλα υλικά). Επίσης, ανάλογα με το ύψος τους, διακρίνονται σε μεγάλα, μεσαία και μικρά. Στην περίπτωση του Γλαύκου το φράγμα έγινε από οπλισμένο σκυρόδεμα και θεμελιώθηκε πάνω στο παλιό από σκυρόδεμα φράγμα που είχε προσχωθεί από φερτές ύλες. Πριν από την υδροληψία υπάρχουν δύο διώρυγες προσαγωγής (αμμοσυλλέκτες με βάνες στον πυθμένα τους για την εκκένωση των φερτών υλών). Για την προστασία του φράγματος αυτού έχει γίνει ένα πρόφραγμα σε 400 μέτρα. Με τα έργα αυτά και με άλλα που έγιναν αργότερα από το Δασαρχείο Πατρών περιορίστηκαν οι φερτές ύλες καθώς και οι πλημμύρες του χειμάρρου. Το φράγμα είναι κατασκευασμένο κάθετα στην κοίτη του ποταμού Γλαύκου με σκοπό την αποθήκευση, παροχέτευση ή ανάσχεση της πλημμυρικής παροχής του ρεύματος. Για το λόγο αυτό εγκάρσια στην κοίτη του χειμάρρου υπάρχουν δύο θυροφράγματα : ένα αυτόματο και ένα ηλεκτροκίνητο. Έτσι δημιουργείται μια μικρή δεξαμενή, που επιτρέπει τη ροή του νερού προς τον αγωγό προσαγωγής . Λόγω του μικρού ύψους του φράγματος υπάρχει μικρός ταμιευτήρας και επίσης η έκλυση των φερτών γίνεται μέσω του τοξωτού θυροφράγματος. Αυτό είχε σαν ορθή συνέπεια να μην κατασκευαστεί εκκενωτής πυθμένα.

Το 1922-1926 είχε πραγματοποιηθεί η κατασκευή του πρώτου φράγματος του Γλαύκου το οποίο είχε υπερχειλιστή με ένα θυρόφραγμα το οποίο είχε τελείως διαφορετική μορφή από το σημερινό. Το 1928 δηλαδή δύο χρόνια μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής υπήρξε κατολίσθηση και μεγάλου βάρους ογκόλιθοι κατέστρεψαν το έργο. Η καταστροφή αυτή είχε σαν αποτέλεσμα το έργο να επανασχεδιαστεί και να πάρει την μορφή που έχει σήμερα και που αποτελείται από δύο θυροφράγματα, ένα αυτόματο με αντίβαρο και ένα τοξωτό ηλεκτροκίνητο. Το φράγμα υδροληψίας διαρρυθμίστηκε σε δύο τμήματα. Ένα τμήμα που είναι αυτόματο θυρόφραγμα και έχει άνοιγμα 9μ. και βάθος 4μ. και ένα άλλο χειροκίνητο θυρόφραγμα (ηλεκτροκίνητο από το 1969), που έχει άνοιγμα 4μ. και βάθος 4 μ. και που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό της λεκάνης υδροληψίας. Το αυτόματο φράγμα έχει την πόρτα η οποία ανοιγοκλείνει αυτόματα με χρήση του αντίβαρου όταν υπάρχει υπερχειλίση. Έτσι η πόρτα σηκώνεται όταν το αντίβαρο πέφτει. Για μεγάλες παροχές όταν η στάθμη του νερού ξεπερνάει τα 15 με 20cm, για να μην πέσει απότομα το αντίβαρο ανοίγει τοξωτά το χειροκίνητο φράγμα. Για κανονικές παροχές και τα δύο φράγματα, αυτόματο και χειροκίνητο, παραμένουν κλειστά και το νερό περνάει από τα κανάλια όπου υπάρχουν σχάρες για την κατακράτηση μεγάλων αντικειμένων. Η στέψη του φράγματος που στην πραγματικότητα είναι ένας ροοφράκτης έχει στάθμη 337,5μ. Πριν από την υδροληψία υπάρχουν δύο διώρυγες προσαγωγής(αμμοσυλλέκτες με βάνες στον πυθμένα τους για την εκκένωση των φερτών υλών).

### **3.2 Ταμιευτήρας.**

Η λεκάνη απορροής του Γλαύκου, είναι γενικά διαπερατή και αυτό αποδεικνύεται από τις πολλές πηγές που υπάρχουν στο Σούλι (Κεφαλόβρυσο), Ζουμπάτα, Θάνα και μέσα στο Δερβένικο, σε υψόμετρο 900m. Η συνολική παροχή των πηγών αυτών, κατά την καλοκαιρινή περίοδο, περνάει τα 0.5 m<sup>3</sup>/s, ενώ τους χειμερινούς μήνες σε περίοδο πλημμύρας φτάνει και τα 150 m<sup>3</sup>/s. Η μέγιστη αυτή παροχή, υπολογίστηκε με βάση τις βροχομετρικές παρατηρήσεις του Μετεωρολογικού Σταθμού Πατρών. Κατά τα τελευταία, όμως, χρόνια δεν παρατηρήθηκε παροχή μεγαλύτερη από 100 m<sup>3</sup>/s (Δεκέμβριος 1981). Πάντως, τα τεχνικά έργα του Δασαρχείου Πατρών, υπολογίστηκαν για παροχές 140 m<sup>3</sup>/s για τον Γλαύκο και 45 m<sup>3</sup>/s για τον Δερβένικο. Το φράγμα χρησιμοποιείται για να παρέχει στην υδροηλεκτρική μονάδα την

απαραίτητη παροχή νερού αλλά και να σχηματίζει ταμιευτήρες ώστε να ανεξαρτητοποιήσουν τη λειτουργία του σταθμού από τις μεταβολές της φυσικής παροχής νερού.



*Εικόνα 13: Το φράγμα του Γλαύκου.*

### **3.3 Σήραγγα προσαγωγής.**

Ο αγωγός ή σήραγγα προσαγωγής είναι από σκυρόδεμα, τοποθετημένος μέσα στο έδαφος, τόσο για λόγους ασφαλείας, αλλά και για περιβαλλοντικούς λόγους (απρόσκοπτη μετακίνηση της πανίδας). Ο αγωγός προσαγωγής κατασκευάζεται σύμφωνα με οικονομικοτεχνικά κριτήρια. Στην περίπτωση μεγάλου μήκους όπως στον Γλαύκο προτιμάται η κατασκευή ενός αγωγού ενώ σε αντίθετη περίπτωση κάθε υδροστρόβιλος τροφοδοτείται από έναν αγωγό. Η σήραγγα προσαγωγής οδηγεί το νερό από τον ταμιευτήρα στο σταθμό παραγωγής και μετά την διέλευσή του από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη κοίτη του ποταμού κατάντη ή στον επόμενο ταμιευτήρα (ανάλογα με την περίπτωση). Η σήραγγα προσαγωγής στον ΥΕΗ του Γλαύκου έχει μήκος 1.695 m και η διατομή της δεν είναι σταθερή αλλά κυμαίνεται από 1,64 m<sup>2</sup> ως 1,95 m<sup>2</sup>. Ο πυθμένας της σήραγγας στην υδροληψία έχει στάθμη 334,60 m. Η κλίση της σήραγγας είναι 1,67% το δε πάχος της επένδυσης από μπετόν αρμέ κυμαίνεται από 0,10 m ως 0,40 m.

### **3.4 Πύργος εκτόνωσης (Υδατόπυργος).**

Στο τέλος της σήραγγας υπάρχει ο πύργος εκτόνωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα με εσωτερική διάμετρο 9m και ύψος 9m. Στον πυθμένα του υπάρχει ένα κωνικό άνοιγμα με διάμετρο 1,50 m προς τον αγωγό πτώσης. Η στάθμη του πιο πάνω μέρους του υδατόπυργου όπου υπάρχει και ένας μικρός υπερχειλιστής είναι 337,5 m η στάθμη δε στον πυθμένα 328,5 m. Ο

πύργος εκτόνωσης χρησιμοποιείται για την προστασία του αγωγού προσαγωγής από υπερβολικές πιέσεις καθώς και την παροχή της πρόσθετης ποσότητας νερού που απαιτείται κατά την εκκίνηση των μονάδων. Μετά τον πύργο εκτόνωσης, ο αγωγός προσαγωγής συνεχίζει προς την άνω βαλβίδα με μεταλλική επένδυση. Η άνω βαλβίδα είναι μια βαλβίδα τύπου πεταλούδας με διάμετρο 3m που χρησιμοποιείται για προστασία του αγωγού προσαγωγής στο τμήμα που ξεκινάει απ' αυτήν και καταλήγει στο σταθμό παραγωγής σε περίπτωση υπερβολικής ταχύτητας του νερού στον αγωγό. Στον πυθμένα του επίσης υπάρχει και ένας μικρός αγωγός εκκένωσης ο οποίος χρησιμεύει στον καθαρισμό του υδατόπυργου από φερτές ύλες. Από τον υπερχειλιστή του υδατόπυργου ξεκινά και ένας παρακαμπτήριος αγωγός μέσω του οποίου τα νερά της υπερχειλίσης καταλήγουν δίπλα στο εργοστάσιο και μέσα στον αγωγό φυγής. Ακριβώς κάτω από τον πύργο εκτονώσεως βρίσκεται ο θάλαμος δικλίδων, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με δύο δικλείδες. Η μία είναι χειροκίνητη 0.90 m. και η άλλη τύπου πεταλούδας 0.90 m. η οποία λειτουργεί με τηλεχειρισμό από το σταθμό ή αυτόματα από υπέρβαση της ταχύτητας της ροής του νερού μέσα στον αγωγό πτώσεως.



*Εικόνα 14: Υδατόπυργος φράγματος Γλαύκου.*

### **3.5 Προστασία από υδραυλικό πλήγμα.**

Πολλά δίκτυα ύδρευσης με θερμομικτικές βάνες στην τελική κατανάλωση, παρουσιάζουν προβλήματα στην στεγανότητα των σωληνώσεων και διαρροές ύστερα από κάποια περίοδο λειτουργίας τους, με αποτέλεσμα να φουσκώνουν οι τοίχοι μέσα από τους οποίους περνάνε οι σωληνώσεις και από τις διαρροές να έχουμε άσκοπη κατανάλωση και διάβρωση των δομικών στοιχείων της κτιριακής εγκατάστασης. Έτσι πολλές φορές χρειάζεται επισκευή του υδραυλικού δικτύου και επέμβαση στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, με αποτέλεσμα μεγάλο κόστος και φασαρία. Το μυστικό για αυτά τα προβλήματα, δεν είναι ορατό, αλλά μπορεί να ακουστεί κατά το κλείσιμο της βρύσης. Κλείνοντας απότομα την βρύση, συνήθως ακούγετε ένας μεταλλικό θόρυβο σαν στιγμιαία έκρηξη, μέσα από τις

σωληνώσεις του δικτύου ύδρευσης της κατοικίας. Αυτός ο θόρυβος αντιπροσωπεύει το φαινόμενο του «υδραυλικού πλήγματος», του αδυσώπητου εχθρού των δικτύων ύδρευσης. Το υδραυλικό πλήγμα δημιουργείται όταν διακόπτουμε απότομα την ροή του νερού μέσα σε έναν αγωγό (π.χ. με μία σφαιρική βάνα). Επειδή το νερό είναι ασυμπίεστο ρευστό, η ενέργεια ροής που κατείχε κατά την διάρκεια της ομαλής λειτουργίας του δικτύου ύδρευσης (πριν από την απότομη διακοπή της παροχής), μετατρέπεται σε μια διαταραχή εναλλαγής της στατικής πίεσης στα εσωτερικά τοιχώματα της σωληνώσεως κατά το ανάντη της αρχικής ροής, η οποία παλινδρομεί μέχρι να μετατραπεί σε θερμότητα. Αυτό γίνεται πολύ γρήγορα, συνήθως εντός μερικών δευτερολέπτων. Οι στατικές πιέσεις που αναπτύσσονται ανά πάσα στιγμή σε οποιαδήποτε θέση του αγωγού είναι πολύ μεγάλες, αντιστρόφως ανάλογες με τον χρόνο που απαιτείται για το κλείσιμο της βαλβίδας και μπορούν να φτάσουν έως και 8 φορές (800%) την τιμή της πίεσης λειτουργίας του δικτύου. Επειδή οι σωληνώσεις των δικτύων ύδρευσης δεν έχουν ελαστικά τοιχώματα για να διασταλούν κατάλληλα και να απορροφήσουν το πλήγμα, η στατική πίεση αυτή που αναπτύσσεται στα εσωτερικά τοιχώματα των σωληνώσεων του δικτύου, είναι ικανή να προκαλέσει ζημιά σε οποιοδήποτε σημείο των σωληνώσεων του δικτύου και συνήθως προσβάλλει τις συνδέσεις των σωληνώσεων, που είναι και τα πιο τρωτά σημεία της εγκατάστασης και εκεί εμφανίζονται οι περισσότερες διαρροές. Μεγάλη υδραυλική καταπόνηση, δέχονται και οι συσκευές που είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο (Θερμοσίφωνες, λέβητες, βρύσες κτλ.) Υπάρχει περίπτωση κατά την λειτουργία του φράγματος να επέλθει κάποιο σφάλμα και να σταματήσουν απότομα οι μηχανές. Σε αυτήν την περίπτωση κλείνουν οι βαλβίδες με αποτέλεσμα να δημιουργείται υδραυλικό πλήγμα. Η εκτόνωση γίνεται στον υδατόπυργο ο οποίος είναι ανοικτός. Το υδραυλικό πλήγμα γίνεται αμέσως αισθητό από τον ήχο που δημιουργείται.

### **3.6 Αγωγός πτώσης.**

Από τον υδατόπυργο το νερό οδηγείται προς το Σταθμό παραγωγής μέσα από τον μεταλλικό αγωγό πτώσης του οποίου το μήκος είναι 308 m, η διάμετρος 0,90 m , η μέση κλίση του περίπου 48% και το πάχος του κυμαίνεται από 7-14mm. . Είναι υπεύθυνος για την διοχέτευση των νερών από τον πύργο εκτόνωσης στον σταθμό για την παραγωγή ενέργειας μέσω των αεροστροβίλων. Το 1995 έγινε αντικατάσταση των αγωγών, οι οποίοι ήταν συνδεδεμένοι με φλάντζες , με αγωγούς οι οποίοι φέρουν ελικοειδή συγκόλληση. Μετά την αντικατάσταση των φλαντζωτών αγωγών, παρατηρήθηκε η ύπαρξη των αναπτυχθέντων αλάτων στο εσωτερικό τους τοίχωμα, όπου αυτό συνεπάγει τις απώλειες σε μια σωληνογραμμή. Οι νέοι αγωγοί είναι πλέον μονωμένοι με βιολογική μόνωση τέτοια ώστε να μην καθιστά το νερό τοξικό. Ο λόγος με τον οποίο επιλέχθηκαν αγωγοί με ελικοειδή συγκόλληση ήταν για να εκτονώνεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια (επιφάνεια συγκόλλησης) η πίεση που ασκείται στο εσωτερικό των αγωγών, σε αντίθεση με τους φλαντζωτούς όπου η πίεση ασκείται στην σύνδεση (φλάντζα).

Παρατηρήθηκε ότι ο αγωγός πτώσεως στηρίζεται σε στηρίξεις από μπετό, καθώς επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι τα σημεία αλλαγής κλίσης του αγωγού είναι πακτωμένα από μπετό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αναπτύσσονται μεγάλες δυνάμεις και υπάρχει κίνδυνος αστοχίας. Ιδιαίτερα στο τελευταίο κομμάτι το αγωγού πτώσεως, το οποίο είναι πλέον οριζόντιο τα σημεία πάκτωσης είναι εντονότερα.





*Εικόνα 15: Αγωγοί που έχουν αντικατασταθεί πρόσφατα στην εγκατάσταση.*

### **3.7 Μονάδες υδροστροβίλων φράγματος Γλαύκου.**

Το φράγμα βρίσκεται σε υψόμετρο 183μ. κτίστηκε για πρώτη φορά το 1926. Τοποθετήθηκαν τότε τρεις μονάδες υδροστροβίλων τύπου Francis της εταιρίας GANZ. Ο σταθμός παραγωγής σήμερα περιλαμβάνει δύο υδροστροβίλους, τύπου PELTON (παλιότεροι) και μια τύπου Francis (νεότερη). Και οι δύο μονάδες χρησιμοποιούν ίδιου τύπου συστήματα για τη ρύθμιση τόσο της τάσης όσο και των στροφών των στροβίλων. Οι μονάδες είναι και οι δύο οριζοντίου άξονα αλλά χρησιμοποιούν διαφορετικό σύστημα διέγερσης.

Ο υδροστροβίλος Pelton συνδέεται με κινητήρα συνεχούς ρεύματος ο οποίος είναι συνδεδεμένος στον άξονα και μέσω των ψυκτρών τροφοδοτεί με ρεύμα το τύλιγμα του δρομέα της μηχανής. Αντίθετα ο υδροστροβίλος Francis συνδέεται με κινητήρα εναλλασσομένου ρεύματος μέσω του οποίου παρέχεται η διέγερση και με ένα σύστημα στρεφόμενων διόδων οι οποίες βρίσκονται πάνω στον άξονα της γεννήτριας και σχηματίζουν μια γέφυρα ανόρθωσης.

Ο Υ.Η.Σ Γλαύκου, μετά την ανακαίνιση που ξεκίνησε το 1995 και τελείωσε το 1997 έχει πλέον τρεις μονάδες :

1. Δύο μονάδες **PELTON** ισχύος **1.4 MW** η καθεμιά (υδροστροβίλος δράσης) και
2. Μία μονάδα **FRANCIS** ισχύος **2.29 MW** (ελικοφόρων υδροστροβίλος αντίδρασης).

Η εγκατεστημένη ισχύς είναι της τάξης των 3.7 MW, τη στιγμή που η Πάτρα σε ώρες αιχμής χρειάζεται 80 MW . Η συνολική μέση ετήσια παραγωγή είναι 3.7 GWH. Το νερό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας μετά τους στροβίλους οδηγείται μέσω του αγωγού φυγής , ένα μέρος προς τα διυλιστήρια της ΔΕΥΑΠ και ένα άλλο για την άρδευση αγροτικών εκτάσεων. Το φράγμα του Γλαύκου είναι ένας σταθμός συνεχούς ροής και εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις και τα χιόνια που πέφτουν στην περιοχή, γιατί δεν έχει ταμειυτήρα.

### **3.8 Ηλεκτρονικό σταθμόμετρο.**

Για την λειτουργία του φράγματος έχει εγκατασταθεί, στον εξαμμωτή της υδροληψίας, ηλεκτρονικό σταθμόμετρο λήψης πίεσης που συνδέεται με τον ρυθμιστή στροφών στον σταθμό παραγωγής. Το αισθητήριο του σταθμημέτρου έχει τοποθετηθεί μέσα σε σωλήνα από ανοξείδωτο χάλυβα, και φέρει αλεξικέραυνα για την προστασία του από υπερτάσεις. Τα κύρια χαρακτηριστικά αλλά και πλεονεκτήματα των σταθμημέτρων είναι η ακρίβεια μέτρησης, ο υψηλός βαθμός προστασίας καθώς και το ότι η έξοδος χρησιμοποιείται για την παροχή του απαραίτητου ρεύματος διέγερσης.

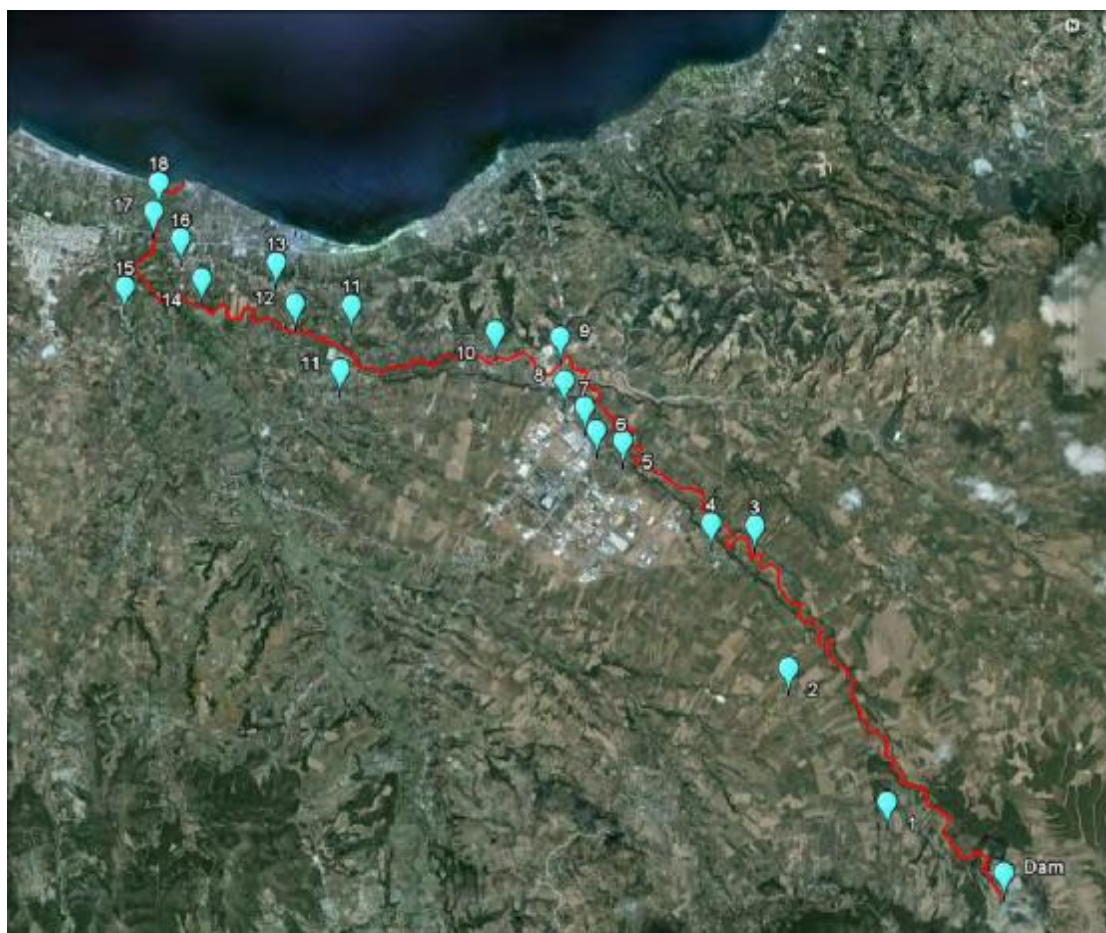
### **3.9 Αγωγός φυγής.**

Το νερό μετά τους στροβίλους οδηγείται σε διώρυγα και εξυπηρετεί την ύδρευση της πόλης των Πατρών και αρδευτικές ανάγκες της περιοχής η οποία ρέει δια μέσω των αγωγών φυγής. Η διώρυγα φυγής βοηθά στην αποφυγή της διάβρωσης του πυθμένα του σημείου εξόδου του νερού. Το νερό που εξέρχεται από τις μονάδες όπου κατά τους χειμερινούς μήνες το εκμεταλλεύεται ο Δήμος 100% για πόσιμο νερό (μετά από επεξεργασία), ενώ το καλοκαίρι το 70% διατίθεται για πότισμα μέσω του ΤΟΕΒ στις περιοχές Περιβόλα, Γλαύκου και Εγλυκάδας .

Σκοπός του αγωγού απαγωγής είναι η οδήγηση του νερού στην διώρυγα απαγωγής με παράλληλη επιβράδυνση του έτσι ώστε η ταχύτητα εξόδου να είναι της τάξεως των 1-2,50 m/sec. Κατάντη της διατομής εξόδου του δρομέα διαμορφώνεται ευθύγραμμο κωνικό αποκλίνον τμήμα, γωνίας κώνου όχι μεγαλύτερης των 70° περίπου ώστε να αποφεύγεται κίνδυνος αποκόλλησης της ροής. Στους μικρού μεγέθους οριζόντιου άξονα υδροστροβίλους Francis, όπως στην περίπτωση του Γλαύκου, ο αγωγός απαγωγής είναι κωνικός, καμπυλώνεται κατά 90° μέχρι την ελεύθερη επιφάνεια της διώρυγας απαγωγής και κατασκευάζεται από χαλυβοέλασμα. Στην περίπτωση υδροστροβίλων αξονικής ροής, οριζόντιου ή κεκλιμένου άξονα, όπως στους σωληνωτούς και βολβοειδείς υδροστροβίλους, ο αγωγός φυγής είναι ευθύγραμμος, κωνικός, κυκλικής διατομής μέχρι την έξοδό του, και κατασκευάζεται από χαλυβοέλασμα με επένδυση από σκυρόδεμα. Επειδή ακριβώς ο αγωγός απαγωγής έχει σημαντικό ρόλο στην λειτουργία και τον βαθμό απόδοσης του υδροστροβίλου, ως διατομή εξόδου της μονάδας θεωρείται η διατομή εξόδου του αγωγού απαγωγής, ο οποίος σχεδιάζεται και κατασκευάζεται από τον κατασκευαστή του υδροστροβίλου.

## 4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΑΣΤΕΡΙΟΥ.

Το Φράγμα Αστερίου, ή αλλιώς Πείρου – Παραπείρου, είναι έργο που κατασκευάζεται στην Αχαΐα. Το έργο αναμένεται να λύσει το πρόβλημα ύδρευσης της Πάτρας, της Βιομηχανική περιοχής Πατρών και όλης της βορειοδυτικής Αχαΐας. Με την αποπεράτωση του φράγματος, το χωριό Τόσκες θα κατακλυστεί από τα νερά του ταμειυτήρα.



Στη δορυφορική φωτογραφία επισημαίνονται η θέση του φράγματος (Dam) και η κύρια ροή του ποταμού Παραπείρου, από το φράγμα έως τη συμβολή με τον ποταμό Πείρο και από εκεί έως την εκβολή του ποταμού στον Πατραϊκό κόλπο (κόκκινη γραμμή).

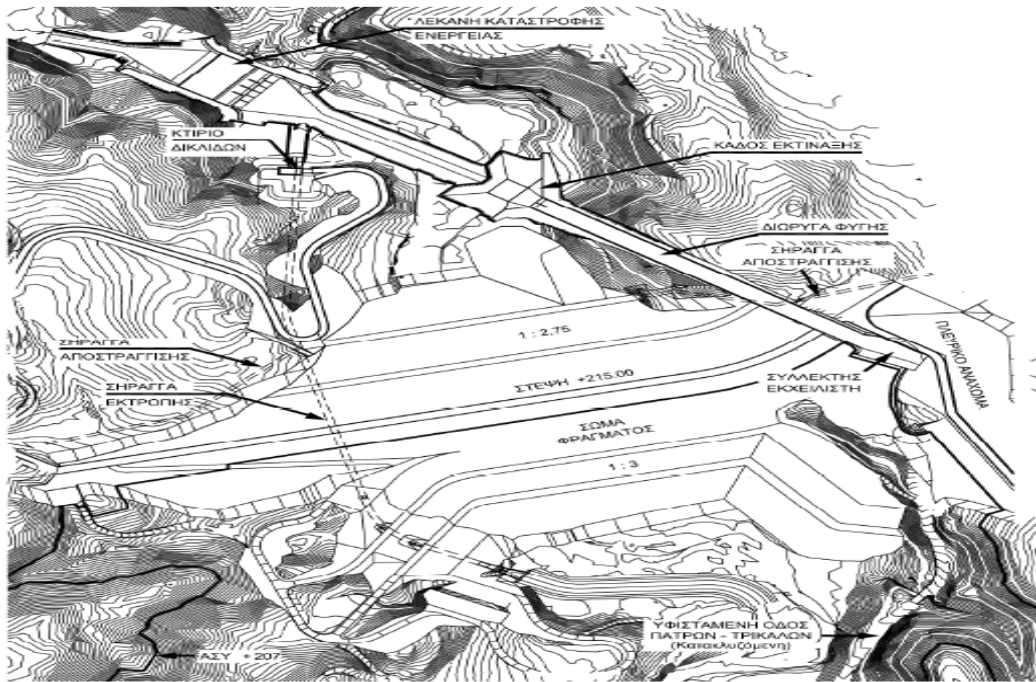
Ακόμη σημειώνονται οι δεκαοκτώ (18) «κρίσιμες» θέσεις του πλημμυρικού πεδίου κατάντη του φράγματος. Το υπό κατασκευή φράγμα ταμίευσης βρίσκεται πλησίον του χωριού Αστέρι και επί του ποταμού Παραπείρου. Ο Παραπείρος είναι ποταμός της Αχαΐας που είναι πιο γνωστός ως Τυθεύς. Πηγάζει από τις παρυφές του Ερύμανθου και στην πορεία του χύνεται στον Πείρο. Ο Πείρος είναι ο μεγαλύτερος ποταμός της Αχαΐας. Πηγάζει από τα ανατολικά του Ερύμανθου και χύνεται στον Πατραϊκό κόλπο. Κατά καιρούς είχε διάφορα ονόματα όπως Καμενίτσα, Μέλλας, Πίερος, Νεζερίτικο, Πρέβεδος και Αχελώος. Ο Πείρος εκβάλλει στο Δήμο Δύμης. Το έργο περιλαμβάνει χωμάτινο φράγμα, χαμηλό φράγμα υδροληψίας από σκυρόδεμα στην Βαλαμαδούρα και αγωγό μεταφοράς νερού το οποίο θα είναι από χαλυβδοσωλήνες.

#### **4.1 Ιστορικά Στοιχεία.**

Ο Πείρος είναι ο μεγαλύτερος ποταμός της Αχαΐας. Κατά καιρούς είχε διάφορα ονόματα, όπως Καμενίτσα, Μέλας, Νεζερίτικο, Πρέβεδος και στην αρχαιότητα Αχελώος. Υπάρχουν πολλές εκδοχές και παραδόσεις για το όνομα. Το Πείρος ή Πίερος το πήρε από τον Πείρο γιο του Κρόνου και πατέρα των Μουσών. Μια άλλη εκδοχή είναι να προήλθε από το ρήμα *πείρω* που σημαίνει διαπερνώ, όπως ο ποταμός διαπερνά τον Ερύμανθο. Άλλη εκδοχή επίσης είναι ότι πήρε το όνομα του από τον βασιλιά της Ηπείρου Πύρρο, που στην προσπάθεια του να περάσει το ποτάμι στην περιοχή της Βαλμαντούρας, ήταν τότε η ορμή του Πείρου, ώστε παρέσυρε την χρυσή του άμαξα. Κατά τα μεσαιωνικά χρόνια τον αποκαλούσαν Καμενίτσα, Πρεβέδου και Νεζερίτικο λόγω ότι περνούσε από τα χωριά Καμενίτσα, Νεζερά και Πρέβεδος. Η Καμενίτσα σήμερα είναι ένα μικρό χωριό σε λόφο στα ανατολικά του Άνω Αλισσού, και υπάρχει ερωτηματικό αν το όνομα του χωριού προήλθε από τον ποταμό «Καμενίτσα» (Πείρος) ή ο ποταμός πήρε το όνομα του από το χωριό. Στις όχθες του ζούσε και είχε σπίτι η Περίβοια από την Ώλενο στο έργο του Ησίοδου Ηοΐαι. Στην αρχαιότητα στις εκβολές υπήρχε άλσος πλατάνων, όπου είχαν τόσο βαθιές κουφάλες που άνθρωποι ζούσαν μέσα σε αυτές. Κατά την περίοδο της Β΄ Τουρκοκρατίας (1715-1821) οι κάτοικοι των χωριών της ευρύτερης περιοχής (Φώσταινα, Άρλα, Ριόλος) ασχολούνται με την κτηνοτροφία μερικώς, αλλά κυρίως ήταν καλλιεργητές. Καλλιεργούσαν ελιές, σταφιδαμπέλους ή και δημητριακά. Η σταφιδοκαλλιέργεια εισήχθηκε μεν για πρώτη φορά από τους Ενετούς, κυρίως όμως αναπτύχθηκε με την παρακίνηση των Άγγλων εμπόρων. Αξιολογότερες φαίνεται ότι ήταν οι σταφιδοφυτείες των Τούρκων, οι οποίοι κατείχαν τα πλούσια εδάφη της κοιλάδας του Πείρου (Καράμπελας 1987, 1995). Ο ποταμός Παραπείρος ήταν γνωστός παλιά ως Τυθεύς ή Τευθέας ποταμός και αργότερα ως Τόσκεσι.

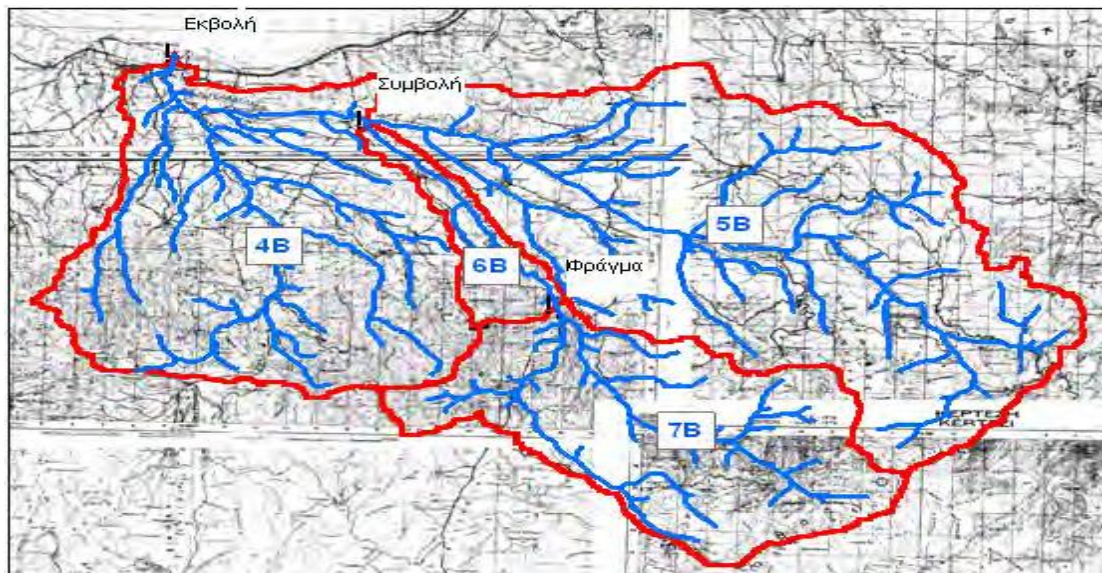
#### **4.2 Χαρακτηριστικά φράγματος Αστερίου.**

Το φράγμα Αστερίου, έχει μέγιστο ύψος 75 m και μήκος στέψης 1000 m περίπου. Η στέψη προβλέπεται με πλάτος 14 m, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα διέλευσης της οδού Πάτρας-Τρίπολης από αυτήν έως να κατασκευαστεί η προβλεπόμενη νέα χάραξη του κατά μήκος του αριστερού αντερείσματος. Η στάθμη μέγιστης πιθανής πλημμύρας ανέρχεται στο +213,05 και με ελεύθερο ύψος 1,95 m, η ονομαστική στάθμη της στέψης προβλέπεται στο +215,00, προκειμένου να υπάρχουν ασφαλή περιθώρια για την προστασία της στέψης από κυματισμούς και παραμορφώσεις του φράγματος σε περιπτώσεις σεισμών. Η στέψη του υπερχειλιστή έχει μήκος 50,00 m και πλάτος 85,00 m. Σύμφωνα με την οριστική μελέτη του φράγματος Αστερίου (Οριστική Μελέτη, 2003), η παροχή σχεδιασμού του υπερχειλιστή είναι 1700 m<sup>3</sup>/s.



### 4.3 Περιοχή Μελέτης.

Η περιοχή μελέτης, στην παρούσα εργασία, περιλαμβάνει το φράγμα Αστερίου και τον ταμιευτήρα του, τον ποταμό Παραπείρο, κατάντη του φράγματος, έως τη συμβολή με τον ποταμό Πείρο και την λεκάνη απορροής του και τον ποταμό Πείρο, κατάντη της συμβολής του με τον ποταμό Παραπείρο και την λεκάνη απορροής του.



Λεκάνες απορροής στα ρεύματα Πείρου και Παραπείρου. 4B: Τμήμα λεκάνης Πείρου κατάντη της συμβολής των δύο ρευμάτων. 5B: Λεκάνη Πείρου ανάντη της συμβολής των δύο ρευμάτων. 6B: Τμήμα λεκάνης Παραπείρου μεταξύ φράγματος και συμβολής των δύο ρευμάτων. 7B: Λεκάνη Παραπείρου ανάντη του φράγματος.

Το μήκος της κύριας μισγάγκειας του ποταμού Πείρου, από τη συμβολή με τον ποταμό Παραπείρο έως την εκβολή του ποταμού στον Πατραϊκό κόλπο, είναι 10,46 χλμ. με το υψόμετρο του πυθμένα να κυμαίνεται από 44 μ. έως 0 μ.. Στη λεκάνη απορροής, αυτού του τμήματος του ποταμού, υπάρχουν αρκετοί οικισμοί και οι γέφυρες κοντά στη ΒΙ.ΠΕ. και στους οικισμούς Αχαϊκό και Αλισσό, η γέφυρα αγωγού ύδρευσης και οι γέφυρες της Νέας Εθνικής Οδού Πατρών–Πύργου, Παλαιάς Εθνικής Οδού Πατρών–Πύργου και του της σιδηροδρομικής γραμμής του ΟΣΕ. Ορισμένοι από τους πιο σημαντικούς οικισμούς εντός της λεκάνης είναι το Αχαϊκόν, ο Αλισσός, τα Στεναϊτικά, ο Κάτω Αλισσός και η Κάτω Αχαΐα.

#### **4.4 Ύδρευση της Πάτρας.**

Η Πάτρα, το τρίτο σε μέγεθος πολεοδομικό συγκρότημα της Ελλάδας (μετά την Αθήνα και Θεσσαλονίκη) με πληθυσμό 213.984 (μαζί με τα προάστια, απογραφή 2011), δεν διαθέτει ικανοποιητικό υδροδοτικό σύστημα από άποψη ποσότητας και ποιότητας υδατικών πόρων, επάρκειας του δικτύου διανομής και ποιότητας των προσφερόμενων υπηρεσιών. Το υδρευτικό πρόβλημα της Πάτρας, παρά τις αλληπάλληλες μελέτες της τελευταίας τριακονταετίας, παραμένει οξύ και αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα στην αναπτυξιακή πορεία της πόλης, η οποία είναι μάλλον φθίνουσα.

Τα τελευταία χρόνια, με τη συνεργασία του ΥΠΕΧΩΔΕ και της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πάτρας (ΔΕΥΑΠ), και με τη βοήθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης (κοινοτικούς πόρους) έχουν γίνει σημαντικά βήματα βελτίωσης και εκσυγχρονισμού. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκαν τα έργα αξιοποίησης των επιφανειακών νερών του Γλαύκου, νέες γεωτρήσεις στη μέση και ορεινή ζώνη ανάντη της πόλης, νέα υδραγωγεία για τη μεταφορά του νερού από τις νέες πηγές υδροδότησης και η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Νερού (ΕΕΝ) στη θέση Ριγανόκαμπος. Επί πλέον, αντικαταστάθηκαν τα πιο πεπαλαιωμένα και προβληματικά τμήματα του δικτύου διανομής με την κατασκευή 424 km αγωγών σε περιοχές που συγκεντρώνουν το 70% του πληθυσμού της Πάτρας, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας του νερού καθώς και τη μείωση των διαρροών και του κόστους λειτουργίας και συντήρησης. Η ΕΕΝ Ριγανόκαμπου περιλαμβάνει μονάδες κροκίδωσης, καθίζησης, δύλισης και απολύμανσης. Η παροχή σχεδιασμού της ανέρχεται σε 1.44 m<sup>3</sup>/s με σημερινή δυναμικότητα 0.75 m<sup>3</sup>/s (η αύξηση στα 1.44 m<sup>3</sup>/s θα απαιτήσει την κατασκευή των έργων της δεύτερης φάσης). Το σύστημα περιλαμβάνει, τέλος, επτά δεξαμενές και τρία αντλιοστάσια.

Συμπερασματικά, σήμερα η υδροδότηση της πόλης γίνεται από τα επιφανειακά νερά του Γλαύκου, χωρίς έργα ρύθμισης, με αποτέλεσμα να μην είναι διαθέσιμα τη θερινή περίοδο, και από υπόγεια νερά από 32 γεωτρήσεις. Το νερό των γεωτρήσεων εμφανίζει ποιοτικά προβλήματα, με την εξαίρεση, ωστόσο, των γεωτρήσεων της ορεινής ζώνης του Γλαύκου και αυτών της βορινής πλευράς που παρουσιάζουν πολύ καλή ποιότητα με ελάχιστα δείγματα φυσικής ρύπανσης. Το υδατικό ισοζύγιο του όλου συστήματος είναι σήμερα αρνητικό και οδηγεί στην εξάντληση και υφαλμύριση υπογείων υδροφορέων. Το έργο φράγματος Αστερίου που προωθείται επιλύει οριστικά τα ποσοτικά και ποιοτικά προβλήματα αυτά δίνοντας επιπλέον προοπτικές επάρκειας και βιωσιμότητας για ορίζοντα άνω των 30 ετών.

Η ΒΙΠΕ Πάτρας, με μικτή έκταση 405 ha και αξιοποιημένο το 47% περίπου της έκτασης της, μέση ημερήσια χειμερινή κατανάλωση νερού 6500 m<sup>3</sup>/d και θερινή 8500 m<sup>3</sup>/d, υδροδοτείται μέσω γεωτρήσεων από τον υπό πίεση υπόγειο υδροφόρα των πλειστοκαινικών ιζημάτων εντός του χώρου της ΒΙΠΕ και από τον προσχωματικό υδροφόρα του ποταμού Πείρου

#### **4.5 Ιστορική αναφορά έργου φράγματος Πείρου – Παραπείρου.**

Στη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για το έργο «Υδρευση της Πάτρας από τους ποταμούς Πείρο και Παραπείρο» του 2001, γίνεται μια ιστορική ανασκόπηση του έργου στο κεφάλαιο 5 παρ.5.2. Οι σημαντικότερες χρονολογίες αναφοράς παρουσιάζονται κατωτέρω (ΥΠΕΧΩΔΕ 2001).

**1960:** Στις αρχές της δεκαετίας αυτής και στα πλαίσια ενός γενικότερου προγράμματος του Υπουργείου Γεωργίας για την εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων των διαφόρων διαμερισμάτων της χώρας, μελετήθηκε η δυνατότητα αξιοποίησης των λεκανών Πείρου και Παραπείρου.

**1965:** Στη συνέχεια του προγράμματος εκπονήθηκε προκαταρκτική μελέτη για την αξιοποίηση της περιοχής Κάτω Αχαΐας που αφορούσε στην άρδευση καλλιεργήσιμης γης 180.000 στρεμμάτων. Στην έκθεση αυτή προβλεπόταν κατασκευή τεσσάρων φραγμάτων, των Θεριανού και Βαλμαδούρας στο ποταμό Πείρο, Αστερίου στον ποταμό Παραπείρο και Λουσιικών στο χείμαρρο Σερδίνης.

**1967-1969:** Τη διετία αυτή, το Υπουργείο Δημοσίων Έργων ανέθεσε την Υδρολογική Μελέτη της περιοχής της Αχαΐας για την εξεύρεση ποσοτήτων νερού τόσο για την άρδευση της πεδιάδας Κάτω Αχαΐας –Χαλανδρίτσας, όσο και για την ύδρευση του πολεοδομικού συγκροτήματος της Πάτρας. Στη μελέτη αυτή προτάθηκε η κατασκευή του φράγματος της Θέας, το οποίο θα συγκέντρωνε την περίσσεια των χειμερινών κυρίως απορροών του ποταμού Γλαύκου.

**1981:** Ολοκληρώθηκε η μελέτη του φράγματος αλλά η κατασκευή του κρίθηκε ασύμφορη λόγω του υψηλού του κόστους.

**1988:** Από την 5η Περιφερειακή Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων του Υπουργείου Γεωργίας εκπονήθηκε σχέδιο αξιοποίησης των νερών των ποταμών Πείρου και Παραπείρου. Στο σχέδιο αυτό προβλεπόταν η κατασκευή φράγματος στη θέση Αστέρι στον ποταμό Παραπείρο, ύψους 60m περίπου. Στο σχεδιασμό προβλεπόταν η ενίσχυση του ταμιευτήρα με ποσότητες νερού από την ορεινή περιοχή του ποταμού Πείρου, με την κατασκευή φράγματος εκτροπής στη θέση Βαλμαδούρα και τη διοχέτευση των υδάτων με αγωγό. Για πολλά χρόνια μελετούνταν η συνδυασμένη αξιοποίηση των υδάτων των ποταμών Πείρου και Παραπείρου με σκοπό την ενίσχυση της ύδρευσης του πολεοδομικού συγκροτήματος της Πάτρας, της ΒΠΠΕ Πάτρας και των πεδινών και παραλιακών κοινοτήτων της ευρύτερης περιοχής της ΒΔ Αχαΐας. Στα πλαίσια αυτά εκπονήθηκε η Μελέτη Σκοπιμότητας των έργων, με πρωτοβουλία της Εταιρίας Διαχείρισης Τεχνικής Βοήθειας.

**1996:** Ανατέθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ/ΓΓΔΕ/ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ – ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ (Δ6) η μελέτη Ύδρευσης Πάτρας από τους ποταμούς Πείρο και Παραπείρο.

Τον **Νοέμβριο του 2001**, το ΥΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με μελετητικά γραφεία συμβούλων (ΟΤΜΕ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ - ΤΕΚΕΜ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ - Αλέξιος Παρασκευόπουλος και Γιαννέλης Γεώργιος) συντάχθηκε μια Συνολική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για το έργο με ονομασία «Υδρευση Πάτρας από τους ποταμούς Πείρο και Παραπείρο». Το εισαγωγικό μέρος της μελέτης εγκρίθηκε με την υπ. Αριθ. Δ6/οικ/2272/20.12.96 απόφαση του ΥΠΕΧΩΔΕ/ΓΓΔΕ, ενώ η προμελέτη των

φραγμάτων Αστερίου και Βαλμαδούρας και του αγωγού μεταφοράς νερού εγκρίθηκε με το υπ. Αριθ. Δ6/602/6.4.1999.

Τον Δεκέμβριο του 2006, συντάχθηκε μια Συμπληρωματική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων, στην οποία συμπεριληφθήκαν επιπλέον οικισμοί του Ν. Αχαΐας οι οποίοι θα υδροδοτούνταν από το ίδιο έργο (ΥΠΕΧΩΔΕ 2006).

#### **4.6 Περιγραφή του έργου**

Όπως προαναφέρθηκε, το 1965 εκπονήθηκε μια προκαταρκτική μελέτη στην οποία και εξετάστηκαν διάφορες θέσεις για την κατασκευή των φραγμάτων και προτάθηκαν διάφορες εναλλακτικές λύσεις, έτσι ώστε επιλυθεί το πρόβλημα ύδρευσης και άρδευσης της ευρύτερης περιοχής της Κάτω Αχαΐας. Στη μελέτη αυτή προβλεπόταν η κατασκευή τεσσάρων φραγμάτων. Στο ποταμό Πείρο προτάθηκε η κατασκευή των φραγμάτων Βαλμαδούρας και Θεριανού, στον ποταμό Παραπείρο προτάθηκε το φράγμα Αστερίου και στο χείμαρρο Σερδινής προτάθηκε το φράγμα Λουσικών. Πολλές από τις εξετασθείσες θέσεις παρουσίαζαν αρκετά μειονεκτήματα, με αποτέλεσμα να απορριφθούν.

Το φράγμα στην περιοχή του Θεριανού προβλεπόταν με μεγάλο μήκος στέψης, άνω των 600m, ενώ για τη μεταφορά του νερού στην πόλη της Πάτρας απαιτούνταν άντληση με σημαντικό μανομετρικό ύψος, άνω των 10m, γεγονός που καθιστούσε το έργο εξαιρετικά ενεργοβόρο. Ως κύρια μειονεκτήματα του έργου αναφέρονταν και οι διαπερατοί σχηματισμοί που δομούν τη λεκάνη κατάκλισης και οι σημαντικές επιπτώσεις στους οικισμούς της περιοχής και στη Β.Π.Ε. Πατρών με τη δημιουργία του ταμιευτήρα. Επιπλέον σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα στην κατασκευή του έργου αποτέλεσε και η έλλειψη από την περιοχή σε υλικά κατασκευής και κυρίως υλικά απαραίτητα για την κατασκευή του πυρήνα του φράγματος (ΥΠΕΧΩΔΕ 2001).

Η κατασκευή του φράγματος Λουσικών επί του χείμαρρου Σερδινής δεν επιλέχθηκε, λόγω της μικρής λεκάνης απορροής και των σημαντικών αρνητικών επιπτώσεων που προέκυπταν στους οικισμούς της περιοχής από τη δημιουργία του ταμιευτήρα. Σημαντικό πρόβλημα παρουσίαζε επίσης η ασφαλής διοχέτευση των πλημμυρικών παροχών του υπερχειλιστή (ΥΠΕΧΩΔΕ 2001).

Η ταμίευση των απορροών στην περιοχή της Βαλμαδούρας απορρίφθηκε, διότι αφενός η σχέση ύψους φράγματος και όγκου ταμίευσης προέκυπτε δυσμενής και αφετέρου διαπιστώθηκαν προβλήματα στεγανότητας της λεκάνης και κατολισθήσεων των πρανών, καθώς και έλλειψη κατάλληλων δομικών υλικών και υψηλής στερεοπαροχής (ΥΠΕΧΩΔΕ 2001). Στη ΜΠΕ του 2001 (ΥΠΕΧΩΔΕ 2001), γίνεται περιγραφή του έργου και παρουσιάζονται οι προτεινόμενες θέσεις των φραγμάτων (Εικόνα 2.3 και Εικ.1 του Παρατήματος Α) στο Αστέρι και τη Βαλμαδούρα, που θεωρούνται ως η ευνοϊκότερη λύση, από άποψη γεωλογικών, υδρογεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών και σημαντικής χωρητικότητας της λεκάνης κατάκλισης. Επίσης στη μελέτη περιγράφονται και τα υπόλοιπα έργα κατασκευής που θα χρειαστεί να υλοποιηθούν με σκοπό την ολοκλήρωση του έργου (αγωγός προσαγωγής, αγωγοί μεταφοράς υδάτων και εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού). Αναλυτικότερα:



#### **4.6.1 Φράγμα Βαλμαδούρας.**

Το φράγμα εκτροπής Βαλμαδούρας κατασκευάζεται επί του ποταμού Πείρου στην ομώνυμη θέση, περί τα 350m περίπου ανάντη της συμβολής του ποταμού με το ρέμα Βορίλα. Πρόκειται για υπερπηδητή κατασκευή από σκυρόδεμα ύψους 5m από τη σημερινή στάθμη της κοίτης και 8m από τη στάθμη έδρασης. Το φράγμα θα οριοθετείται πλευρικά από τοίχους, εκ των οποίων ο μεν αριστερός είναι τοίχος αντιστήριξης των γαιών του αντερείσματος, ο δε δεξιός είναι διαχωριστικός τοίχος από τη διώρυγα υδροληψίας και έκπλυσης των φερτών υλικών.

#### **4.6.2 Αγωγός Προσαγωγής.**

Το φράγμα της Βαλμαδούρας συνοδεύεται από κατάλληλα έργα υδροληψίας και εξάμμωσης των υδάτων της εκτροπής, τα οποία στη συνέχεια μέσω του κλειστού σωληνωτού αγωγού προσαγωγής μήκους 10,5 km διοχετεύονται στον ταμιευτήρα Αστερίου. Η ονομαστική παροχή σχεδιασμού του αγωγού ανέρχεται σε 1,3m<sup>3</sup>/s ενώ η διάμετρος του κυμαίνεται μεταξύ 900 και 1100mm. Ο αγωγός προσαγωγής διέρχεται κυρίως από εκτάσεις με θαμνώδη βλάστηση (μέχρι τον οικισμό Λαλιώτη) και στη συνέχεια από αγροτικές εκτάσεις μέχρι τον ταμιευτήρα. Στο μεγαλύτερο τμήμα του οδεύει κατά μήκος υφιστάμενων αγροτικών, κοινοτικών ή επαρχιακών οδών, όπου όμως αυτό δεν είναι εφικτό προβλέπεται να γίνουν οι αναγκαίες απαλλοτριώσεις για την κατασκευή των απαιτούμενων έργων οδοποιίας.

#### **4.6.3 Φράγμα Αστερίου.**

Το φράγμα Αστερίου κατασκευάζεται επί του ποταμού Παραπεύρου στην ομώνυμη θέση, περί τα 700m κατάντη της γέφυρας Παραπεύρου της Εθνικής Οδού Πάτρας-Τρίπολης. Πρόκειται για χωμάτινο φράγμα, ύψους 68m με το οποίο θα εξασφαλίζεται η αποθήκευση νερού συνολικού (ωφέλιμου) όγκου 38,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> περίπου.

#### **4.6.4 Αγωγοί Μεταφοράς.**

Ο αγωγός μεταφορά νερού στο Πολεοδομικό Συγκρότημα (Π.Σ.) Πάτρας έχει συνολικό μήκος 31 km, ξεκινάει από το φράγμα Αστερίου και τερματίζει στο διυλιστήριο Πάτρας, στη θέση Ριγανόκαμπος. Στο σύνολο του τοποθετείται υπόγεια, κάτω από το κατάστρωμα των οδών από τις οποίες διέρχεται, ενώ η διάμετρος του θα είναι 1000-1100mm. Ο αγωγός μεταφοράς νερού στη ΒΙ.ΠΕ. και στους οικισμούς ΒΔ Αχαΐας θα είναι υπόγειος και θα έχει συνολικά μήκος 60km. Η μέγιστη διάμετρος του θα είναι 700mm ενώ η ελάχιστη 110mm.

#### **4.6.5 Εγκατάσταση επεξεργασίας του νερού.**

Η εγκατάσταση επεξεργασίας του νερού θα κατασκευαστεί κατάντη του φράγματος Αστερίου και θα είναι δυναμικότητας 1.667m<sup>3</sup>/h σε τελική φάση. Αποτελείται από τις εξής επιμέρους μονάδες: παροχόμετρο και ρυθμιστική δικλίδα, δεξαμενή ταχείας μίξης, μονάδα κροκιδώσης- καθίζησης, μονάδα πάχυνσης, κλίνες διύλισης, μονάδα απολύμανσης και δεξαμενή αποθήκευσης ωφέλιμης χωρητικότητας 8000m<sup>3</sup>. Εκτός από τη μονάδα πάχυνσης της ιλύος θα λειτουργεί και μονάδα αφυδάτωσης της παχυμένης ιλύος σε κλίνες ξήρανσης.

#### **4.6.6 Λοιπά Έργα**

Στη συμπληρωματική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του 2006 (ΥΠΕΧΩΔΕ 2006), στην οποία συμπεριλαμβάνονται στο έργο και άλλοι οικισμοί, αναφέρονται και άλλα προτεινόμενα έργα που θα χρειαστούν για την υδροδότηση αυτών των περιοχών. Τα έργα αυτά είναι κάποιοι επιπλέον αγωγοί υδροδότησης με τα απαραίτητα φρεάτια και συσκευές, τα αντλιοστάσια και οι δεξαμενές αποθήκευσης του νερού, καθώς και η εγκατάσταση ενός

συστήματος Τηλεμετρίας, Αυτόματου Ελέγχου και Διαχείρισης Δικτύων (SCADA) και οι τροποποιήσεις στην εγκατάσταση επεξεργασίας πόσιμου νερού.

## 5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ.

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια σύγκριση της δυνατότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ του φράγματος του Γλαύκου και το φράγματος Αστερίου (Πείρου – Παραπαίρου). Αρχικά μελετάται η περίπτωση του Γλαύκου για παροχές του έτους 2014 που έχουν ληφθεί από τον υποσταθμό της ΔΕΗ.

### 5.1 Γενικά στοιχεία.

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

Η δέσμευση/ αποθήκευση ποσοτήτων ύδατος σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες, για ένα Υδροηλεκτρικό Σταθμό, ισοδυναμεί πρακτικά με αποταμίευση Υδροηλεκτρικής Ενέργειας. Η προγραμματισμένη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων ύδατος και η εκτόνωσή τους στους υδροστροβίλους οδηγεί στην ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με δεδομένη την ύπαρξη κατάλληλων υδάτινων πόρων και τον επαρκή εφοδιασμό τους με τις απαραίτητες βροχοπτώσεις, η Υ/Ε καθίσταται μια σημαντικότερη εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη ενός Υδροηλεκτρικού Σταθμού είναι ποικίλα. Ακόμα και το μειονέκτημα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εξ αιτίας των μεγάλης κλίμακας έργων πολιτικού μηχανικού, τα οποία ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο προϋποθέτει, με μια καλοσχεδιασμένη μελέτη, μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της λίμνης Πλαστήρα, κατά την οποία ο κατακλυσμός της περιοχής από ύδατα μετά τη δημιουργία του φράγματος, δημιούργησε ένα νέο υγροβιότοπο, ο οποίος σύντομα μετατράπηκε σε πόλο τουριστικής έλξης δίνοντας ταυτόχρονα νέες αρδευτικές δυνατότητες στη γύρω περιοχή.

Τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά έργα (ΜΥΗΕ) είναι κυρίως "συνεχούς ροής", δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή και αποταμίευση ύδατος, και συνεπώς ούτε κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων. Γι' αυτό το λόγο γίνεται συνήθως και ο διαχωρισμός μεταξύ μικρών και μεγάλων υδροηλεκτρικών. Ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, καθώς το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων στην περιοχή εγκατάστασης του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τους τοπικούς πόρους.

### 5.2 Υδραυλική ενέργεια ΥΗΕ.

Σε ένα ΥΗΕ η ενέργεια του νερού ανά μονάδα μάζας του είναι ουσιαστικά η δυναμική του ενέργεια λόγω θέσης (ύψους) και ισούται με την επονομαζόμενη διαθέσιμη υδραυλική πτώση  $h = Z_E - Z_A$

Όπου  $Z_E$  είναι η στάθμη της επιφάνειας του νερού στον ταμιευτήρα ή στη δεξαμενή φόρτισης, όταν υπάρχει και

$Z_A$  είναι η στάθμη του νερού κατόπιν του ΥΗΣ, όταν η παροχή οδηγείται στη φυσική κοίτη.

Επομένως η διαθέσιμη υδραυλική πτώση ή καθαρό ύψος ενέργειας  $H$  δηλ. η ενέργεια της οποίας η μετατροπή σε μηχανική, ζητείται από τον υδροστρόβιλο θα είναι ίση με:

$$H = h - \delta h_{fEe} \Leftrightarrow H = h - k \cdot Q^2 \Leftrightarrow H = Z_E - Z_A - k \cdot Q^2 \quad (3)$$

και εκφράζει την ανά μονάδα μάζας ενέργεια του ρευστού που είναι δυνατό να μετατραπεί σε μηχανική ισχύ. Η πραγματική μηχανική ισχύς που αποδίδεται από τον υδροστρόβιλο αν αυτός περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  δίνεται:

$$N = M\omega$$

όπου  $M$  η κινητήρια ροπή που αναπτύσσεται στον άξονα του υδροστρόβιλου.

Ισχύει  $N < N_i$  και η διαφορά  $\delta N = N - N_i$  αντιστοιχεί στις συνολικές απώλειες του υδροστρόβιλου, οι οποίες εκφράζονται με τον βαθμό απόδοσης  $\eta$ :

$$\eta = \frac{N}{N_i} \quad \text{ή} \quad N = \eta N_i$$

Η ηλεκτρική ενέργεια  $N_e$  που παράγεται από τον υδροστρόβιλο θα είναι μικρότερη της  $N$  κατά τις απώλειες της γεννήτριας και του μετασχηματιστή, που εκφράζονται μέσω των αντίστοιχων βαθμών απόδοσης  $\eta_G$  και  $\eta_{Tr}$ :

$$N_e = \eta_G \cdot \eta_{Tr} \cdot N \quad \text{ή} \quad N_e = \eta_G \cdot \eta_{Tr} \cdot \eta \cdot (r \cdot gH \cdot Q)$$

Η τελική ηλεκτρική ενέργεια που τελικά θα διατίθεται στο ηλεκτρικό δίκτυο θα είναι μικρότερη της  $N_e$  κατά το ποσό της ενέργειας που ιδιοκαταναλώνεται από τον ίδιο τον ΥΗΣ (φωτισμός, αυτοματισμοί κλπ.)

### 5.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. είναι η μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, με περίπου 7,4 εκατομμύρια πελάτες. Διαθέτει μια μεγάλη υποδομή σε εγκαταστάσεις ορυχείων λιγνίτη, παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Κατέχει περίπου το 68% της εγκατεστημένης ισχύος των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα συμπεριλαμβάνοντας στο ενεργειακό της μείγμα λιγνιτικούς, υδροηλεκτρικούς και πετρελαϊκούς σταθμούς, καθώς και σταθμούς φυσικού αερίου, αλλά και μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Στον τομέα των ΑΠΕ, η ΔΕΗ δραστηριοποιείται μέσω της θυγατρικής της «ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε.», έχοντας στο χαρτοφυλάκιό της αιολικά πάρκα, μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς καθώς και φωτοβολταϊκούς, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 116 MW (μη συμπεριλαμβανομένων των σταθμών στους οποίους η ΔΕΗ Ανανεώσιμες συμμετέχει μέσω κοινοπραξιών, από την εγκατεστημένη ισχύ των οποίων της αναλογούν 29 MW).

### 5.3.1 Ετήσια καμπύλη διάρκειας 2014.

Το προσωπικό του υδροηλεκτρικού σταθμού πρόσφερε στοιχεία όσο αφορά την παροχή νερού (Qποταμού (m<sup>3</sup>/s) ), τα νερά που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή (m<sup>3</sup>) και την παραγωγή συνολικά του σταθμού(m<sup>3</sup>) για το έτος 2014. Εμείς θα επεξεργαστούμε τα στοιχεία μας για κάθε έτος ξεχωριστά. Για το έτος 2014 έχουμε:

	Ημ/μία	Qπ (m <sup>3</sup> /s)	ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται (m <sup>3</sup> )	ποσότητα νερού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (m <sup>3</sup> )
31	Ιαν-14	1,42	2589810	952400
28	Φεβ-14	1,95	4379760	1605360
31	Μαρ-14	1,91	4276350	1546690
30	Απρ-14	1,54	2965590	1067800
31	Μαϊ-14	1,75	4044730	1513270
30	Ιουν-14	1,13	2789640	1027960
31	Ιουλ-14	0,68	1789570	630150
31	Αυγ-14	0,4	1071360	371000
30	Σεπ-14	0,55	969580	328430
31	Οκτ-14	0,55	980440	336440
30	Νοε-14	0,57	751130	253860
31	Δεκ-14	2,9	2003720	690120

Μέσου των δεδομένων μπορούμε να εξάγουμε πληροφορίες σχετικά με το νερό του ποταμού τις απώλειες στα νερά που υπάρχουν και να υπολογίσουμε την ισχύς που παράγεται.

- Η μηνιαία παροχέτευση ύδατος την βρίσκουμε από τον εξής τύπο:

$$\text{μηνιαία παροχέτευση ύδατος } V = 3600(\text{sec}) * 24(\text{hour}) * 31(\text{month}) * Q_p$$

- Η ισχύς που παράγεται δίνεται από τον εξής τύπο:

$$P_{\text{νερού}} = \rho * g * H * Q_p$$

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται όλα τα στοιχεία που μας χρειάζονται έτσι ώστε να κατασκευάσουμε την ετήσια καμπύλη διάρκειας.

Ημ/μία	Qπ (m <sup>3</sup> /s)	μηνιαία παροχέτευση ύδατος (m <sup>3</sup> )	ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται (m <sup>3</sup> )	ποσότητα νερού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (m <sup>3</sup> )	απώλειες (m <sup>3</sup> )	ποσοστό %	Ρνερού (ρgHQ) Watt	Ρνερού (MW)
Ιαν-14	1,42	3803328	2589810	952400	1213518	68%	2180076	2,18
Φεβ-14	1,95	4717440	4379760	1605360	337680	93%	2993767	2,99
Μαρ-14	1,91	5115744	4276350	1546690	839394	84%	2932356	2,93
Απρ-14	1,54	3991680	2965590	1067800	1026090	74%	2364308	2,36
Μαϊ-14	1,75	4687200	4044730	1513270	642470	86%	2686714	2,69
Ιουν-14	1,13	2928960	2789640	1027960	139320	95%	1734849	1,73
Ιουλ-14	0,68	1821312	1789570	630150	31742	98%	1043980	1,04
Αυγ-14	0,4	1089430	1071360	371000	18070	98%	614106	0,61
Σεπ-14	0,55	1425600	969580	328430	456020	68%	844395	0,84
Οκτ-14	0,55	1473120	980440	336440	492680	67%	844395	0,84
Νοε-14	0,57	1477440	751130	253860	726310	51%	875101	0,88
Δεκ-14	2,9	7767360	2003720	690120	5763640	26%	4452269	4,45

Στη συνέχεια για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας θα χρειαστούμε ένα ακόμα πίνακα ο οποίος θα περιέχει τα εξής στοιχεία: παροχή του νερού , των αριθμό των ημερών , την παραγωγή της ισχύος , την παραγωγή της ενέργειας και το ποσοστό χρόνου .Επίσης για ευκολία χρήσης τα δεδομένα κατανεμήθηκαν σε περιόδους (χειμερινή – εαρινή - ετήσια). Η παραγωγή ισχύος δίνεται από τον εξής τύπο :

$$P_{iscioV} = n_{ol} \cdot (r \times g \times H \times Q)$$

$$\text{Όπου } n_{ol} = n_{turbine} \times n_{tranc} \times n_{gen} = 0.93 \times 0.97 \times 0.98 = 0.88$$

Η παραγωγή ενέργειας υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$E_e = \frac{N_i + N_{i+1}}{2} \times (t_{i+1} - t_i) \times 24h$$

Για καλύτερη κατανόηση της δυνατότητας παραγωγής μεταξύ χειμερινής και καλοκαιρινής περιόδου η καμπύλη διάρκειας χωρίζεται στη συνέχεια και σε δύο ξεχωριστές.

#### · ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Η χειμερινή περίοδος είναι μεταξύ Οκτώβριο μέχρι Μάρτιο και τα δεδομένα μας είναι τα εξής:

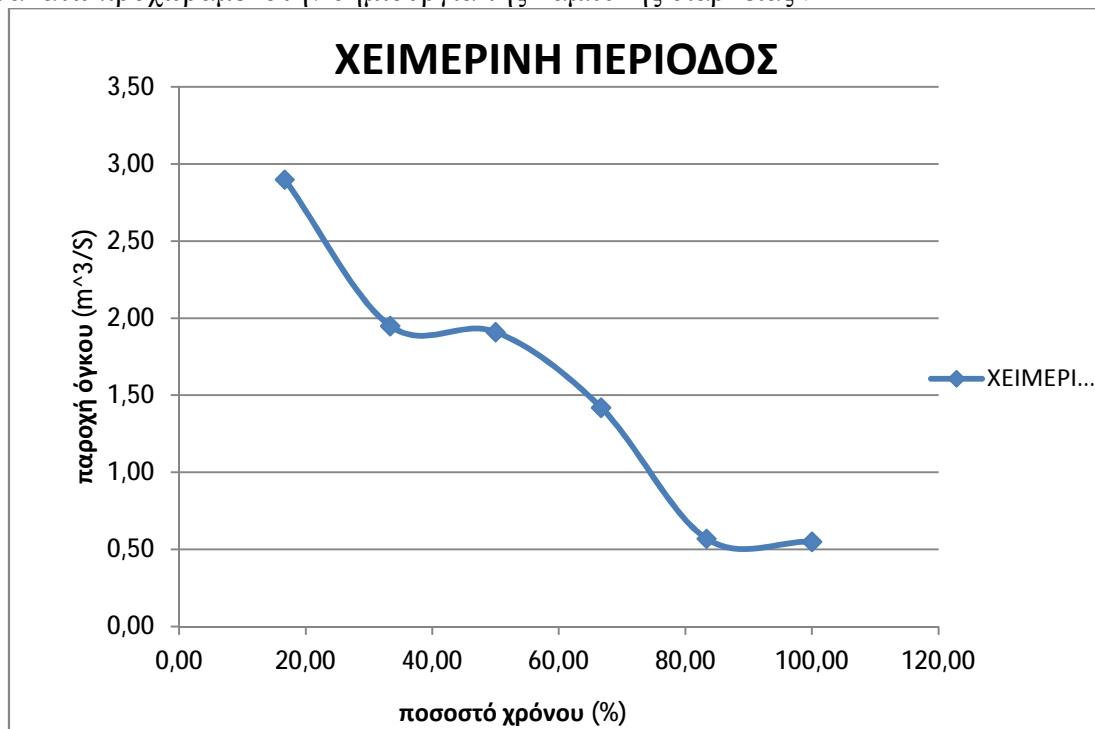
	Ημ/μία	Qπ (m <sup>3</sup> /s)

31	Οκτ-14	0,55
30	Νοε-14	0,57
31	Δεκ-14	2,9
31	Ιαν-14	1,42
28	Φεβ-14	1,95
31	Μαρ-14	1,91

Ο αντίστοιχος πίνακας για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας είναι:

ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ						
Παροχή (m <sup>3</sup> /s)	0,55	0,57	1,42	1,91	1,95	2,90
Αριθμός Ημερών	180	150	120	90	60	30
Παραγωγή Ισχύος (kW)	746	773	1927	2592	2646	3936
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)		972	1627	1886	2369	
Ποσοστό Χρόνου	100	83,3	66,6	50	33,3	16,6

Παρακάτω προχωράμε στην δημιουργία της καμπύλης διάρκειας :



#### · ΕΑΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Η εαρινή περίοδος είναι μεταξύ Απρίλιο μέχρι Σεπτέμβριο και τα δεδομένα μας είναι τα εξής:

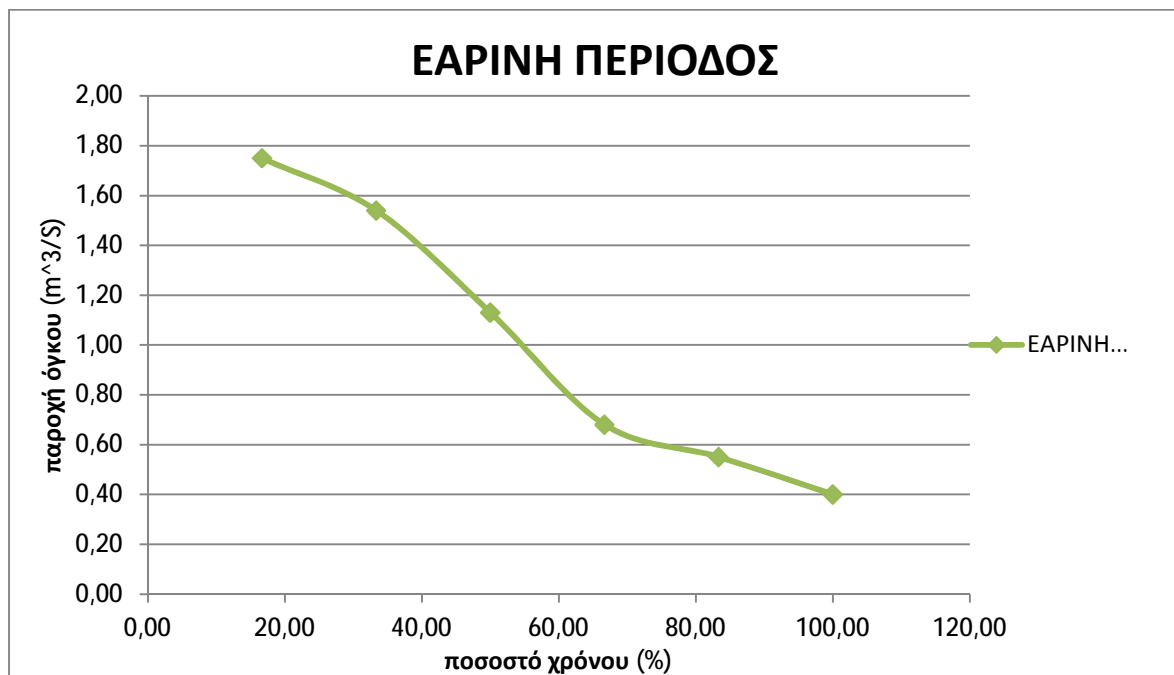
	Ημ/μία	Οπ (m <sup>3</sup> /s)
--	--------	---------------------------

30	Απρ-14	1,54
31	Μαϊ-14	1,75
30	Ιουν-14	1,13
31	Ιουλ-14	0,68
31	Αυγ-14	0,4
30	Σεπ-14	0,55

Ο αντίστοιχος πίνακας για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας είναι:

ΕΑΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ						
Παροχή (m <sup>3</sup> /s)	0,40	0,55	0,68	1,13	1,54	1,75
Αριθμός Ημερών	180	150	120	90	60	30
Παραγωγή Ισχύος (kW)	542,9	746,4	922,9	1533,7	2090,1	2375,2
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)		601,0	884,3	1304,6	1607,5	
Ποσοστό Χρόνου	100	83,3	66,6	50	33,3	16,6

Παρακάτω προχωράμε στην δημιουργία της καμπύλης διάρκειας :



Παρακάτω θα εισάγουμε τα δεδομένα για ολόκληρο το έτος έτσι ώστε να έχουμε μια ολοκληρωμένη άποψη για την λειτουργία της εγκατάστασης :

	Ημ/μία	Q (m <sup>3</sup> /s)
31	Ιαν-14	1,42
28	Φεβ-14	1,95
31	Μαρ-14	1,91
30	Απρ-14	1,54

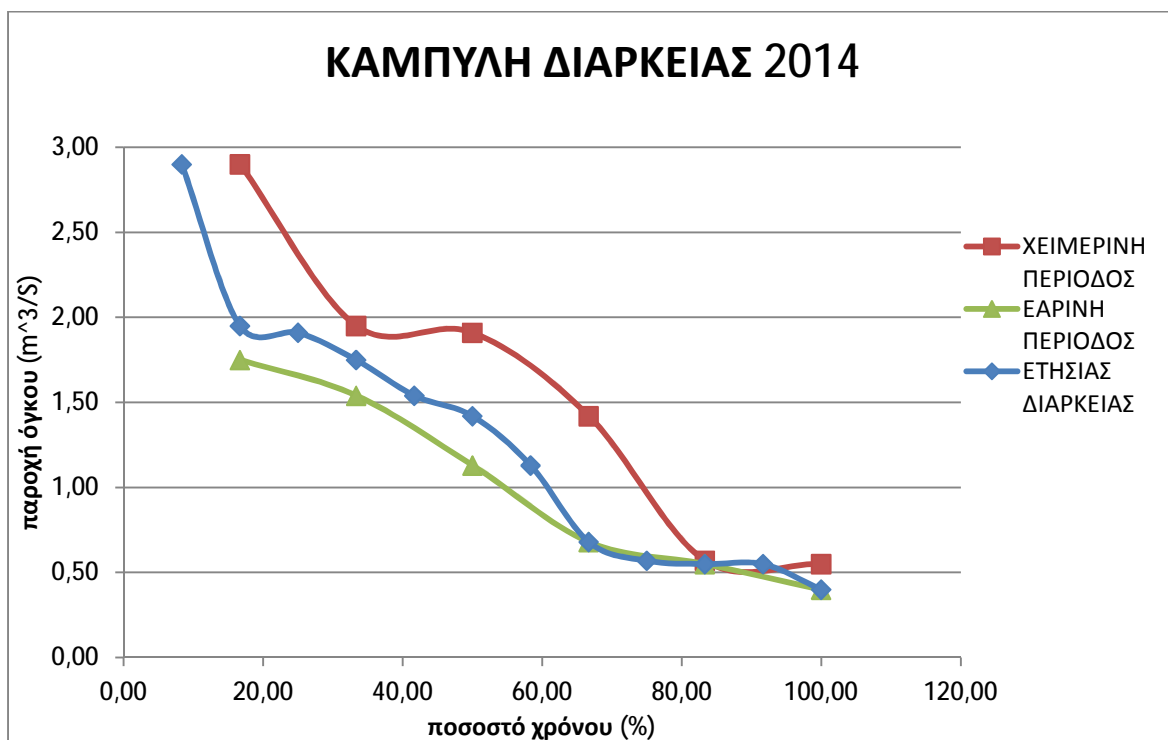


31	Μαϊ-14	1,75
30	Ιουν-14	1,13
31	Ιουλ-14	0,68
31	Αυγ-14	0,4
30	Σεπ-14	0,55
31	Οκτ-14	0,55
30	Νοε-14	0,57
31	Δεκ-14	2,9

Ο αντίστοιχος πίνακας για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας είναι:

Παροχή (m <sup>3</sup> /s)	0,4	0,55	0,55	0,57	0,68	1,13	1,42	1,54	1,75	1,91	1,95	2,9
Αριθμός Ημερών	360	330	300	270	240	210	180	150	120	90	60	30
Παραγωγή Ισχύος (kW)	542	746	746	773	922	1533	1927	2090	2375	2592	2646	3936
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)		537	547	610	884	1246	1446	1607	1788	1886	2369	
Ποσοστό Χρόνου	100	91,7	83,3	75,0	66,7	58,3	50	41,7	33,3	25	16,7	8,3

Παρακάτω προχωράμε στην δημιουργία της ετήσιας καμπύλης διάρκειας και στην καμπύλη διάρκειας η οποία κατασκευάστηκε μέσω των δύο περιόδων:

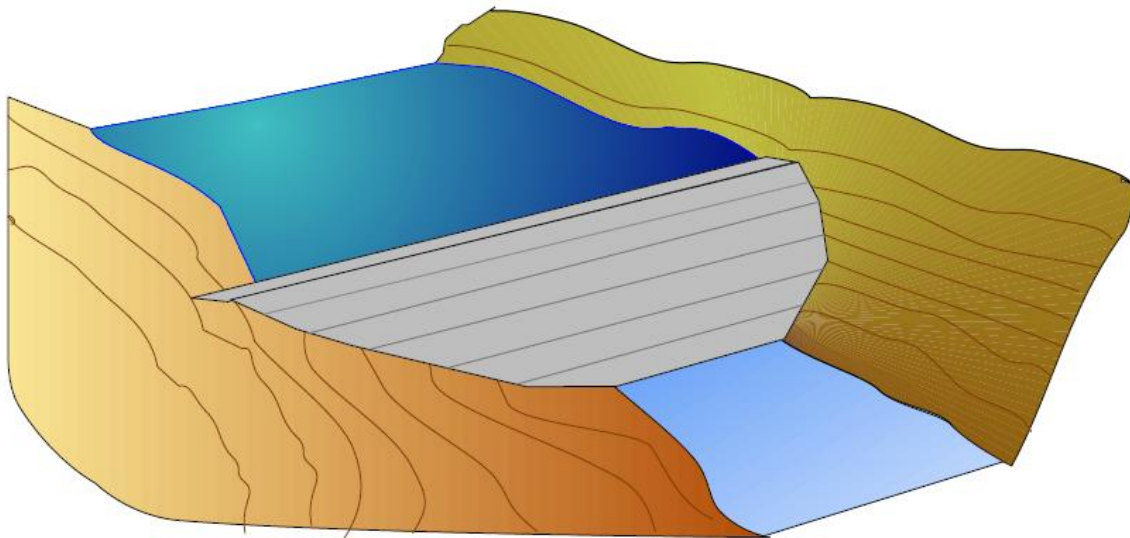


Προκύπτει ότι η συνολική παραγωγή ενέργειας για το έτος 2014 είναι 12(GWh).

## 5.4 Μελέτη Ταμιευτήρα.

Από την άλλη πλευρά το έργο του Φράγματος Πείρου – Παραπείρου διαθέτει ταμιευτήρα κάτι που στα περισσότερα μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται απουσία αυτής της διάταξης.

Για την διαστασιολόγηση και τους υπολογισμούς της χωρητικότητας και λειτουργίας του ταμιευτήρα και την διαστασιολόγηση του φράγματος, καθώς και για τον υπολογισμό του υπερχειλιστή ασφαλείας και των βοηθητικών έργων για την κατασκευή (πρόφραγμα, σήραγγα εκτροπής κλπ.) απαιτούνται μακροχρόνιες σειρές μετρήσεων και σοβαρή υδρολογική μελέτη.



Δημιουργία ταμιευτήρα με κατασκευή φράγματος και απόφραξη κοιλάδας

Το ύψος του φράγματος εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της λεκάνης κατάκλισης, ώστε να επιτευχθεί ο επιθυμητός μέγιστος όγκος ταμιευτήρα, αλλά και από την χρήση του φράγματος. Για παραγωγή ενέργειας είναι επιθυμητή η αύξηση του ύψους του φράγματος, ενώ για απλή αποθήκευση ή αντιπλημμυρική προστασία είναι αδιάφορο. Σήμερα, οι ταμιευτήρες σχεδιάζονται γενικά σαν **πολλαπλού ρόλου**, δηλαδή έτσι ώστε να συνδυάζουν δύο ή περισσότερες από τις ακόλουθες λειτουργίες: Ύδρευση, Άρδευση, Παραγωγή ενέργειας, Αντιπλημμυρική προστασία, Ψυχαγωγία, Εκτροπή προς άλλη περιοχή.

Οι ταμιευτήρες αποθηκεύουν μεγάλο όγκο νερού και να τον αποδίδουν αργότερα και οπωσδήποτε ελεγχόμενα. Ακόμη, στις περιπτώσεις υψηλών πλημμυρικών παροχών έχουν την δυνατότητα να καθυστερούν την διέλευση και να αμβλύνουν την αιχμή του πλημμυρικού κύματος.

Η λειτουργία ενός ταμιευτήρα βασίζεται στην εξίσωση συνεχείας:

$$\text{ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΟΣ ΟΓΚΟΣ} = \text{ΕΙΣΡΟΗ} - \text{ΑΠΟΛΗΨΗ} - \text{ΑΠΩΛΕΙΕΣ}$$

Όπου «ΑΠΩΛΕΙΕΣ» είναι οι απώλειες από εξάτμιση, διήθηση ή υπερχειλίση.

Η απόφαση για το ποιος πρέπει να είναι ο όγκος ενός συγκεκριμένου ταμιευτήρα, βασίζεται σε ανάλυση των υδρολογικών δεδομένων της λεκάνης απορροής που θα τον

τροφοδοτήσει και σε οικονομοτεχνικά κριτήρια που προσδιορίζουν τις χρήσεις και το προσδοκώμενο επίπεδο εξυπηρέτησεως και ασφάλειας, που θα πρέπει να ικανοποιήσει ο υπό μελέτη ταμιευτήρας. Οι ταμιευτήρες γενικά υπολογίζονται για ετήσιο κύκλο λειτουργίας, δηλαδή για αποθήκευση νερού κατά τους υγρούς μήνες (από Οκτώβριο έως Μάιο) και απόδοση του αποθηκευμένου νερού κατά τους ξηρούς μήνες.

Ο συνολικός όγκος του ταμιευτήρα είναι πάντοτε μεγαλύτερος από τον ωφέλιμο όγκο του, διότι προβλέπεται ένας νεκρός όγκος στον πυθμένα, που θα γεμίσει με τον χρόνο από τα φερτά υλικά, και ένα επιπλέον όγκος επάνω από τον ωφέλιμο για ανάσχεση των πλημμυρών, όταν ο ταμιευτήρας θα είναι πλήρης.



Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την διαστασιολόγηση του ταμιευτήρα που η κάθε μια έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της.

## 5.5 Διαστασιολόγηση Ταμιευτήρα με βάση το ισοζύγιο του.

Για τη διαστασιολόγηση ενός ταμιευτήρα είναι απαραίτητα κάποια δεδομένα όπως:

- ∅ η ετήσια χρονοσειρά των εισροών (μηνιαίες τιμές) που μπορεί να προκύψει από την αντίστοιχη πολυετή χρονοσειρά μηνιαίων τιμών απορροής της λεκάνης απορροής που τροφοδοτεί τον ταμιευτήρα μετά από στατιστική επεξεργασία και επιλογή του επιπέδου αξιοπιστίας σαν ποσοστού είτε των μέσων τιμών είτε των ελαχίστων τιμών. Αυτό είναι απαραίτητο διότι υπάρχουν «υγρά» και «ξηρά» χρόνια, οπότε ο συνολικός ετήσιος αλλά και ο μηνιαίος όγκος απορροής μεταβάλλεται σημαντικά. Αν η διαστασιολόγηση γίνει με βάση τις μέσες παροχές, τότε ο ταμιευτήρας θα έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα και απόδοση, εκτός από κάποια έτη με μικρή εισροή που δεν θα μπορεί να γεμίσει και να ικανοποιήσει την ζήτηση. Αν η διαστασιολόγηση γίνει με βάση τις ελάχιστες παροχές, τότε ο ταμιευτήρας θα έχει μικρότερη χωρητικότητα, θα ικανοποιεί πάντοτε την ζήτηση, αλλά η συνολική απόδοσή του θα είναι μικρότερη, αφού δεν θα μπορεί να συγκρατήσει αρκετά σημαντικές ποσότητες νερού που θα είναι διαθέσιμες κατά τον μεγαλύτερο αριθμό ετών.
- ∅ η ετήσια χρονοσειρά της ζήτησεως (υδροληψίας) που καθορίζεται από την χρήση του ταμιευτήρα σε συνδυασμό και με την ετήσια χρονοσειρά των εισροών.

- Ø η ετήσια χρονοσειρά των απωλειών που προκύπτει από την ετήσια χρονοσειρά των εισροών με βάση τα τοπογραφικά, κλιματολογικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης κατάκλισης του ταμιευτήρα.
- Ø Σε περίπτωση επιφανειακής αποθηκείωσης του νερού σε ταμιευτήρα ή λιμνοδεξαμενή χωρίς ειδική προστασία, θα υπάρξουν σημαντικές απώλειες νερού λόγω εξατμίσεως και διηθήσεων. Οι απώλειες αυτές εξαρτώνται άμεσα από τον όγκο του αποθηκευμένου νερού στον ταμιευτήρα και την ελεύθερη επιφάνεια του νερού, που εξαρτάται και αυτή από τον αποθηκευμένο όγκο νερού. Όσο μεγαλύτερη η ελεύθερη επιφάνεια του νερού (και η επιφάνεια της λεκάνης κατάκλισης), τόσο μεγαλύτερες και οι απώλειες.

Οι απώλειες από εξάτμιση πρέπει να εκτιμηθούν με βάση μετρήσεις σε ανάλογους ταμιευτήρες. Μετρήσεις στο φράγμα του Μαραθώνα στην Αττική έδειξαν ότι οι απώλειες από εξάτμιση σε ένα μεσαίου μεγέθους ταμιευτήρα στην Ελλάδα μπορεί να είναι της τάξεως των 1000mm/έτος.

Ο συντελεστής κατεισδύσεως  $W$  που προσδιορίζει τις απώλειες από διήθηση μπορεί να εκτιμηθεί με βάση την γεωλογική μελέτη, στην οποία εκτιμάται ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας  $k$  και οι ανοιχτές επιφάνειες πετρώματος του πυθμένα του ταμιευτήρα  $F_m$ .

$$W = F_m \times k \text{ [mm/ημέρα]}$$

Για τον υπολογισμό των απωλειών νερού σε ένα ταμιευτήρα, είναι απαραίτητη η κατάστρωση και ο υπολογισμός του ισοζυγίου νερού ανά μήνα που μπορεί γενικά να εκφρασθεί από την παρακάτω εξίσωση:

$$S = I + P - Et - G - Ax$$

όπου:  $S$  = όγκος που αποθηκεύεται

$V$  = όγκος εισροών

$P$  = όγκος κατακρημνίσεων

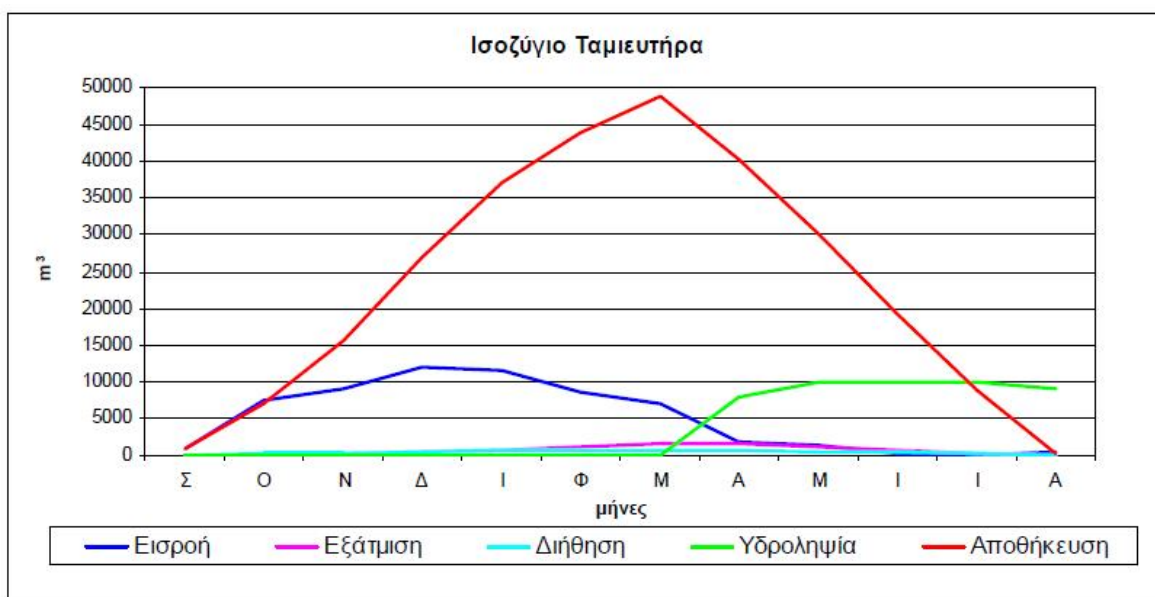
$Et$  = όγκος που εξατμίζεται

$G$  = όγκος που διηθείται στο έδαφος

$Ax$  = όγκος υδροληψίας (τεχνητή αφαίρεση)

Στη συνέχεια δίνεται ένα παράδειγμα υδρολογικών εισροών για παραγωγή ενέργειας από ταμιευτήρα.

Μήνες	Σ	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	ΕΤΟΣ
Εισροή (m <sup>3</sup> )	852	7375	9132	11954	11582	8653	7055	1810	1464	319	0	453	
Εισροή Αθροιστικά (m <sup>3</sup> )	852	8227	17359	29314	40895	49548	56604	58414	59878	60198	60198	60651	60651
Εξάτμιση (m <sup>3</sup> )	29	109	189	399	696	1118	1557	1658	1242	737	272	22	7999
Διήθηση (m <sup>3</sup> )	50	191	303	441	605	666	666	605	493	392	225	30	4615
Υδροληψία (m <sup>3</sup> )	0	0	0	0	0	0	0	8000	10000	10000	10000	9000	47000
Αποθ/ση (m <sup>3</sup> )	958	7075	15716	26830	37111	43980	48813	40361	30091	19281	8784	185	958



## 5.6 Έλεγχος της Απόδοσης των Ταμιευτήρων.

Αφού αποφασισθεί ο όγκος του ταμιευτήρα θα πρέπει στην συνέχεια να ελεγχθεί για να φανεί κατά πόσο η λειτουργία του θα είναι ικανοποιητική όταν είναι γνωστά, ο όγκος του ταμιευτήρα, οι σταθερές απαιτήσεις σε νερό και οι πιθανότητες ετήσιας εισροής στον ταμιευτήρα.

$$\boxed{\text{ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ}} + \boxed{\text{ΕΙΣΡΟΗ - ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ - ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ}} = \boxed{\text{ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ}}$$

Για παράδειγμα, έστω ταμιευτήρας που έχει όγκο 15.768.000 m<sup>3</sup>. Αυτό αντιστοιχεί σε 30 m<sup>3</sup>/min.έτος ή 0.5 m<sup>3</sup>/sec.έτος (Δηλαδή εκφράζουμε τον όγκο με το γινόμενο μιας συνεχούς παροχής επί ένα έτος). Ο ταμιευτήρας έχει κατασκευαστεί για να καλύψει μία σταθερή ετήσια απαίτηση ίση με 12 m<sup>3</sup>/min.έτος. Θεωρείται ότι η λειτουργία του ταμιευτήρα ξεκινά το 1980, οπότε και ο ταμιευτήρας είναι τελείως κενός. Από τις μετρήσεις προκύπτει ότι οι παροχές εισροής και αντίστοιχα οι αποθηκευμένοι όγκοι είναι αυτοί που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΕΤΟΣ	ΕΙΣΡΟΗ	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ	ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ
1980	17.10	5.10	
1981	19.00	12.10	
1982	12.70	12.80	
1983	15.30	16.10	
1984	18.20	18.00	4.30
1985	9.00	15.00	
1986	7.00	10.00	
1987	6.40	4.40	
1988	5.10	0.00	
1989	9.60	0.00	
1990	13.60	1.60	

Με την παραπάνω ανάλυση δημιουργείται μια αρχική ιδέα για το πώς λειτουργήσει ο ταμιευτήρας τα προηγούμενα χρόνια, όμως δεν μπορεί να εκτιμηθεί ικανοποιητικά η μελλοντική του απόδοση. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να υπάρξει μια εκτίμηση της πιθανότητας να ικανοποιήσει την σταθερή απαίτηση μας με τον καθορισμένο όγκο αποθηκεύσεως για τις πιθανές παροχές εισροής που προκύπτουν από την ανάλυση των παροχών του υδατορρεύματος που τροφοδοτεί τον ταμιευτήρα.

Η νέα θεώρηση για τον ταμιευτήρα του παραδείγματος θα είναι η ακόλουθη: Ο ταμιευτήρας θα λειτουργεί σε διαδοχικούς ετήσιους κύκλους που θα ικανοποιούν την εξίσωση συνεχείας: Δηλαδή θεωρούμε ότι υπάρχει κάποια ποσότητα στην αρχή του κύκλου μέσα στον ταμιευτήρα, που μπορεί να είναι ίση με μηδέν ή μεγαλύτερη, αλλά πάντως όχι μεγαλύτερη από την διαφορά του συνολικού όγκου του ταμιευτήρα μείον την σταθερή απαίτηση. Σ' αυτήν την ποσότητα έρχεται να προστεθεί η εισροή στον ταμιευτήρα. Αν το άθροισμα της αρχικής ποσότητας συν την εισροή είναι μεγαλύτερο από την χωρητικότητα του ταμιευτήρα, τότε θα συμβεί υπερχειλίση, ώστε ο όγκος που θα αποθηκευτεί να είναι το πολύ ίσος με την συνολική χωρητικότητα του ταμιευτήρα. Από αυτόν τον όγκο, στην συνέχεια, θα αφαιρεθεί η σταθερή απαίτηση και έτσι στο τέλος του κύκλου θα απομείνει μία άλλη ποσότητα νερού στον ταμιευτήρα, που θα είναι η αρχική αποθηκευμένη ποσότητα για την αρχή του νέου κύκλου. Αν το άθροισμα της αρχικής ποσότητας συν την εισροή στην διάρκεια ενός κύκλου είναι μικρότερο από την σταθερή απαίτηση, τότε στο τέλος του κύκλου ο ταμιευτήρας θα είναι κενός και η σταθερή απαίτηση δεν θα έχει ικανοποιηθεί, πράγμα που σημαίνει αστοχία του ταμιευτήρα.

## 6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία συνοπτική αναφορά στα συστατικά στοιχεία ενός φράγματος. Μία πιο λεπτομερής ματιά θα δοθεί με βάση το φράγμα του Γλαύκου, όπου θα μελετηθεί στο τρίτο κεφάλαιο. Συνοπτικά ένα φράγμα αποτελείται από τους υδροστροβίλους. (Maher & Smith, 2001)

Οι υδροστροβίλοι βασίζονται στην ενέργεια που φέρει το νερό, προκειμένου να μετατραπεί το υδραυλικό ύψος και η παροχή νερού, σε μηχανική ισχύ. Το νερό πέφτει σε έναν άξονα, ο οποίος περιστρέφεται. Οι κατηγορίες υδροστροβίλων είναι δύο: οι υδροστροβίλοι δράσης και οι υδροστροβίλοι αντίδρασης. Η κατηγοριοποίηση τους βασίζεται στην μέθοδο που χρησιμοποιείται για να παραχθεί η μηχανική ισχύς, και εν συντομία, από το τμήμα του στροβίλου που χρησιμοποιείται. Ταυτόχρονα το υδραυλικό ύψος είναι μεγάλης σημασίας, καθώς ανάλογα με το ύψος χρησιμοποιούνται και διαφορετικού τύπου υδροστροβίλοι. Οι υδροστροβίλοι διακρίνονται σε αυτούς του μεγάλου, του μεσαίου και του μικρού υδρολογικού ύψους. Στον πίνακα που παρατίθεται παρουσιάζονται τύποι των στροβίλων (Microhydropower.net).

(Microhydropower.net).

Μεγάλου Υδρ. Ύψους	Μεσαίου Υδρ. Ύψους	Μικρού Υδρ. Ύψους	
Στροβίλοι αντιδράσεως	Francis	Αξονικής Ροής Βολβοειδής Kaplan	
Στροβίλοι δράσεως	Pelton Turgo	Turgo Pelton Cross-Flow	Cross-Flow

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται οι τυπικές μονάδες υδροστροβίλων που χρησιμοποιούνται ευρέως σε υδροηλεκτρικά φράγματα στις μέρες μας.

Οι υδροστροβίλοι είναι η εξέλιξη των υδροτροχών. Είναι περιστρεφόμενες μηχανές, με πτερύγια, πάνω στα οποία πέφτει με ορμή - δύναμη το νερό και τις αναγκάζει να περιστραφούν. Στον ίδιο άξονα με τον υδροστροβίλο είναι συνδεδεμένη η ηλεκτρογεννήτρια, που παράγει την ηλεκτρική ενέργεια. Όπως κάθε κινητήρια μηχανή, που κινεί ηλεκτρογεννήτρια, οι υδροστροβίλοι είναι εφοδιασμένοι με σύστημα ρύθμισης της ταχύτητας περιστροφής τους και κατ' επέκταση της ταχύτητας της ηλεκτρογεννήτριας, ώστε η ταχύτητα να διατηρείται σταθερή ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις της πίεσης του νερού και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ως υδροστροβίλος ορίζεται η μηχανή που μετατρέπει



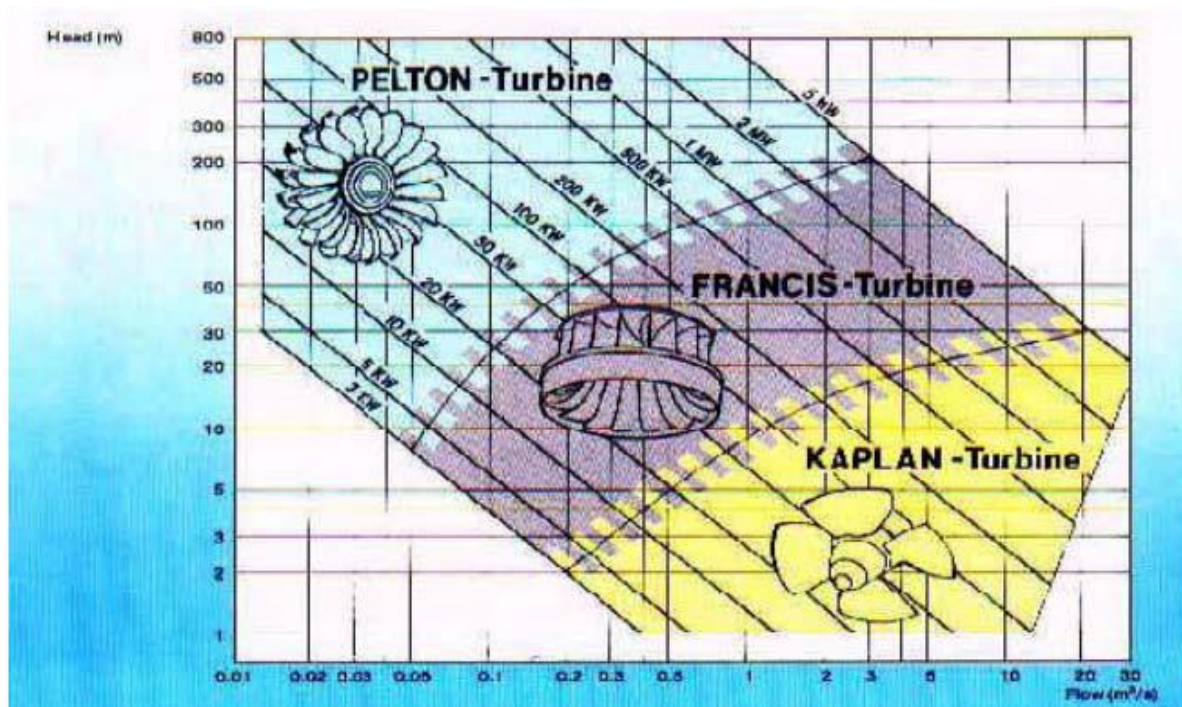
την ενέργεια του υγρού (νερού) σε μηχανική ενέργεια μέσω συνεχούς ροής του υγρού και σταθερής περιστροφικής κίνησης του άξονα. Η μετατροπή (μέρους) της ενέργειας του διερχόμενου υγρού υπό σταθερή παροχή σε μηχανική ενέργεια λαμβάνει χώρα στο στρεφόμενο μέρος της μηχανής, το οποίο καλείται δρομέας, μέσω της ανάπτυξης της κινητήριας ροπής  $M$  σε αυτό. Συμβολίζοντας με  $\omega$  την γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα η αντίστοιχη μηχανική ισχύς θα είναι ίση προς:  $N=M \omega$ . Η άτρακτος του δρομέα είναι συζευγμένη με την άτρακτο της ηλεκτρικής γεννήτριας μέσω της οποίας μετατρέπεται η μηχανική ισχύς  $N$  σε ηλεκτρική  $N_e$ , δηλ. σε μία μορφή ενέργειας η οποία είναι εύκολο να μεταφερθεί στον τόπο κατανάλωσής της.

Οι υδροστρόβιλοι γενικότερα μετατρέπουν την ενέργεια του νερού που πέφτει σε ισχύ περιστρεφόμενου άξονα και διακρίνονται σε υδροστρόβιλους δράσεως και σε υδροστρόβιλους αντιδράσεως, ανάλογα με την διαδικασία που χρησιμοποιείται προκειμένου να μετατραπεί το υδραυλικό ύψος και η παροχή του νερού, σε μηχανική ισχύ.

Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως είναι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρος ο δρομέας λειτουργεί αξονοσυμμετρικά, ενώ οι υδροστρόβιλοι δράσεως είναι μερικής προσβολής, και σε κάθε χρονική στιγμή τμήμα του δρομέα συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή.

Επίσης οι υδροστρόβιλοι κατηγοριοποιούνται σε υδροστρόβιλους μεγάλου, μεσαίου και μικρού ύψους, ανάλογα προφανώς με το μέγεθος του υδραυλικού ύψους. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται συνδυαστικά οι πιο συνήθεις τύποι υδροστρόβιλων, για τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν.

	Μεγάλο Υδρ. Ύψος	Μεσαίο Υδρ. Ύψος	Μικρό Υδρ. Ύψος
<b>Στρόβιλοι Δράσεως</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pelton</li> <li>•Turgo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Cross-Flow (ή Banki)</li> <li>•Pelton Πολλαπλών Δέσμεων Υγρού</li> <li>•Turgo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Cross-Flow (ή Banki)</li> </ul>
<b>Στρόβιλοι Αντιδράσεως</b>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Francis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Αξονικής Ροής</li> <li>•Βολβοειδής</li> <li>•Kaplan</li> </ul>



Εικόνα 16: Διάγραμμα λειτουργίας υδροστροβίλων.

### 6.1 Καμπύλες λειτουργίας υδροστροβίλων.

Ως χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας υδροστροβίλου εννοούνται οι καμπύλες μεταβολής της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης  $H$  συναρτήσει της παροχής  $Q$  με παράμετρο το άνοιγμα  $A$  των ρυθμιστικών περυγίων και για σταθερή ταχύτητα περιστροφής. Για την επίτευξη της ισχύος εξόδου  $N$  υπό δεδομένη τιμή της υδραυλικής πτώσης  $H$  δεν είναι σκόπιμη η επιλογή της κλίσης των περυγίων του δρομέα ανεξάρτητα από την κλίση των ρυθμιστικών περυγίων: θα πρέπει να επιλέγεται ο συνδυασμός αυτός (κλίσης των ρυθμιστικών περυγίων και κλίσης των περυγίων του δρομέα) με τον οποίο επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη τιμή του ολικού βαθμού απόδοσης. Σε κάθε σημείο λειτουργίας η ταχύτητα περιστροφής του ζεύγους υδροστροβίλου-γεννήτριας διατηρείται σταθερή λόγω του ότι η ισχύς που παράγεται από τον υδροστρόβιλο απορροφάται από την ηλεκτρική γεννήτρια. Στην περίπτωση κατά την οποία η γεννήτρια τεθεί εκτός δικτύου λόγω ηλεκτρικού σφάλματος, η μηχανική ενέργεια που παράγεται από τον υδροστρόβιλο δεν απορροφάται πλέον από την γεννήτρια με αποτέλεσμα αυτή να μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια των στρεφόμενων μαζών (της ατράκτου, του δρομέα του υδροστροβίλου και του ρότορα της γεννήτριας) και να επιταχύνει τις στρεφόμενες μάζες μέχρι μία ταχύτητα περιστροφής που χαρακτηρίζεται ως ταχύτητα φυγής,  $n_e$ . Στην ταχύτητα  $n_e$  η παραγόμενη από τον υδροστρόβιλο μηχανική ισχύς μηδενίζεται καθώς η διαθέσιμη υδραυλική πτώση  $H$ , καταναλώνεται εξ ολοκλήρου στις υδραυλικές απώλειες στο εσωτερικό της μηχανής. Για τον λόγο αυτό οι στρεφόμενες μάζες δεν επιταχύνονται πέραν της ταχύτητας φυγής. Η ταχύτητα φυγής είναι της τάξεως του:  $n_e = 2,50 n$  για τους υδροστροβίλους αξονικής ροής  $n_e = 1,80 n$  για τους υδροστροβίλους Pelton  $n_e = 2,0 n$  για τους «αργόστροφους» (χαμηλού ειδικού αριθμού στροφών) υδροστρόβιλους Francis.

## **6.2 Συστήματα εισόδου του νερού.**

Στόχος του συστήματος εισόδου του νερού είναι η εκτροπή του απαιτούμενου μέρους της ροής του νερού και η ελεγχόμενη είσοδος του στην υδροηλεκτρική εγκατάσταση. Το σύστημα εισόδου του νερού μπορεί ανάλογα με τις συνθήκες να υλοποιηθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Για παράδειγμα, μπορεί να αποτελείται από έναν σωλήνα βυθισμένο στον πάτο του ποταμού με έξοδο στο κανάλι προσαγωγής ή τον αγωγό πτώσεως ή από έναν μικρό υδατοφράκτη και το στόμιο του καναλιού προσαγωγής σε μία πλευρά του ποταμού. Ανεξάρτητα όμως από τον τρόπο υλοποίησής του, το σημαντικότερο χαρακτηριστικό λειτουργίας του πρέπει να είναι ο αξιόπιστος έλεγχος της ροής που εισέρχεται στην υδροηλεκτρική εγκατάσταση. Πρέπει να εξασφαλίζει ότι η εισερχόμενη ροή θα βρίσκεται εντός ενός αποδεκτού εύρους τιμών, είτε ο ποταμός εμφανίζει υψηλή είτε χαμηλή ροή. Ακόμη το σύστημα εισόδου πρέπει να είναι ανθεκτικό και να μπορεί να αντέξει την υπερπίεση που μπορεί να εμφανιστεί στην περίπτωση πλημμύρας, ώστε να προστατέψει και το υπόλοιπο κομμάτι της εγκατάστασης που μπορεί να υποστεί σοβαρή ζημιά στην περίπτωση ανεξέλεγκτης ροής του νερού σε αυτό. Παράλληλα, πρέπει να είναι σωστά τοποθετημένο ώστε να εξασφαλίζεται η απαραίτητη ροή για τη λειτουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού ακόμα και τη θερινή περίοδο κατά την οποία η ροή του νερού στον ποταμό είναι πιθανότατα ελάχιστη. Επίσης, είναι απαραίτητη η ύπαρξη δυνατότητας αρχικού φιλτραρίσματος του νερού ώστε να εμποδίζεται η είσοδος πετρών και γενικότερων φερτών υλών του νερού που μπορούν αργότερα να μπλοκάρουν τους σωλήνες και να προκαλέσουν ζημιά. Τέλος, το σύστημα εισόδου του νερού θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο ώστε να είναι φιλικό προς το περιβάλλον, δηλαδή να μην εμποδίζει την πιθανή πορεία ψαριών στο ποτάμι και γενικότερα να αλλοιώνει το τοπικό οικοσύστημα.

## **6.3 Αγωγός πτώσης.**

Ο αγωγός πτώσεως ή αγωγός νερού ή σωλήνας καταθλίψεως (penstock) είναι ο σωλήνας που μεταφέρει το νερό υπό πίεση στον υδροστρόβιλο. Μπορεί να ξεκινάει καταθετικά από το σημείο υδροληψίας αν και συνήθως ξεκινάει από τη δεξαμενή φόρτισης, αφού έτσι έχει μικρότερο μήκος και χαμηλότερο κόστος. Ο αγωγός πτώσεως αποτελεί μία σημαντική συνιστώσα του συνολικού κόστους κατασκευής του micro-υδροηλεκτρικού έργου και για τον λόγο αυτό η σχεδιάσή και η εγκατάστασή του πρέπει να γίνονται με εξαιρετική προσοχή ώστε να διασφαλίζεται μεγάλος χρόνος ζωής και ασφαλής και αποδοτική λειτουργία. Η τυπική μορφή ενός επιφανειακού σωλήνα καταθλίψεως με τα βασικότερα συστατικά του στοιχεία φαίνεται στο εικόνα. Στην αρχή του αγωγού τοποθετείται φίλτρο ώστε να εξασφαλιστεί ικανοποιητική καθαρότητα του νερού και επίσης τοποθετείται μία βαλβίδα εξαέρωσης. Κατά μήκος του αγωγού υπάρχει εξοπλισμός στήριξής του, ενώ στο σημείο που καταλήγει ο αγωγός στον υδροστρόβιλο τοποθετείται μία βαλβίδα που χρησιμεύει στο να ανοίγει ή να κλείνει η παροχή και μετά από αυτήν βρίσκεται το ακροφύσιο που συγκεντρώνει το νερό σε μία υψηλής πίεσης δέσμη. Η διαδικασία επιλογής του κατάλληλου αγωγού συνίσταται στην επιλογή υλικού, διαμέτρου και πάχους τοιχωμάτων του σωλήνα, καθώς και της καλύτερης όδευσης του αγωγού. Αρχικά, επιλέγεται η όδυσή του η οποία εξαρτάται από τις θέσεις της δεξαμενής φόρτισης και του σταθμού παραγωγής, την υφιστάμενη τοπογραφία και τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Το υλικό και οι διαστάσεις του αγωγού επιλέγονται με τεχνοοικονομικά κριτήρια επιδιώκεται δηλαδή η βέλτιστη οικονομικά λύση που πληροί συγκεκριμένα τεχνικά κριτήρια σχεδιασμού. Προηγείται η επιλογή του υλικού και ακολουθεί η επιλογή της διαμέτρου του σωλήνα με βάση τις προκύπτουσες υδραυλικές απώλειες και του πάχους των τοιχωμάτων του με βάση

την υδραυλική πίεση κανονικής και μεταβατικής λειτουργίας. Τέλος, υπολογίζεται το συνολικό κόστος χωρίς να αγνοείται ο εξοπλισμός και τα διάφορα εξαρτήματα που απαιτούνται για την κατασκευή την εγκατάσταση και τη σύνδεση των διαφόρων κομματιών σωλήνα.

Κατά τη διαδικασία επιλογής του καταλληλότερου υλικού για τις σωληνώσεις, τα βασικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι η υδραυλική πίεση που θα πρέπει να αντέχει ο σωλήνας, η τραχύτητα του υλικού (η οποία σχετίζεται με τις υδραυλικές απώλειες λόγω τριβών στα τοιχώματα), η διαθεσιμότητα και το κόστος του, η διάρκεια ζωής του και ο βαθμός διάβρωσης αυτού, οι πιθανές απαιτήσεις συντήρησης και η μέθοδος συγκόλλησης των τμημάτων του σωλήνα, το βάρος, η ευκολία χειρισμού μεταφοράς και η προσβασιμότητα του σημείου τοποθέτησης, η μορφολογία και ο τύπος του εδάφους στο σημείο εγκατάστασης καθώς και οι καιρικές συνθήκες. Τα υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν είναι ο χάλυβας, συνθετικά υλικά όπως το PVC, το πολυαιθυλένιο (PE) και το ενισχυμένο με υαλονημάτα πλαστικό (GRP), ο εάτός χυτοσίδηρος, το ξύλο και το σκυρόδεμα (για πιθανές σήραγγες). Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συχνότερα σε αυτής της κλίμακας τα υδροηλεκτρικά έργα είναι ο χάλυβας, το PVC και το πολυαιθυλένιο (PE).

Η διάμετρος επιλέγεται ως αποτέλεσμα μιας αντιστάθμισης μεταξύ του κόστους του αγωγού και των απωλειών ισχύος. Οι απώλειες ισχύος προκύπτουν από τις υδραυλικές απώλειες λόγω τριβής στα τοιχώματα του σωλήνα οι οποίες εκφράζονται σε μέτρα και αντιστοιχούν σε απώλειες του ύψους υδατόπτωσης. Οι απώλειες λόγω τριβής εξαρτώνται από την τραχύτητα του υλικού η οποία εκφράζεται μέσω του συντελεστή τραχύτητας  $k$ , και από την ταχύτητα με την οποία ρέει το νερό μέσα στον αγωγό. Η μέση ταχύτητα με την οποία ρέει το νερό στον αγωγό εξαρτάται από την τιμή της παροχής,  $Q$ , και την εσωτερική διάμετρο του αγωγού,  $d$ , σύμφωνα με τον τύπο:

$v = 4 \cdot Q / \pi \cdot d^2$  ταχύτητα του νερού και επομένως οι απώλειες τριβής αυξάνονται με την αύξηση της διατομής του ακροφυσίου λόγω επακόλουθης αύξησης της παροχής και με τη μείωση της διαμέτρου του σωλήνα. Επίσης, οι απώλειες τριβής αυξάνονται αναλογικά με το μήκος του αγωγού.

Αν είναι πολύ μεγάλες, τότε το καθαρό υδραυλικό ύψος  $H_{net}$  και κατ' επέκταση η ταχύτητα περιστροφής του υδροστροβίλου μειώνονται σημαντικά. Στην περίπτωση που οι απώλειες τριβής είναι υψηλές η εποχιακή μεταβολή της ροής θα επιφέρει ανεπιθύμητη αλλαγή στην ταχύτητα του υδροστροβίλου, με αποτέλεσμα να μη λειτουργούν αποδοτικά ούτε αυτός ούτε η γεννήτρια που κινεί. Ωστόσο, καθώς ο αγωγός πτώσεως είναι το μοναδικό στοιχείο του υδροηλεκτρικού συστήματος που λειτουργεί καλύτερα σε συνθήκες μερικής ροής και επειδή είναι σημαντικότερη η σωστή αξιοποίηση της χαμηλής ροής κατά τους θερινούς μήνες συνιστάται η σχεδίαση και επιλογή του υδροστροβίλου ώστε να μπορεί να λειτουργεί πιο αποδοτικά με την ταχύτητα που προκύπτει σε συνθήκες χαμηλής ροής. Συνήθως, προτείνεται η διατήρηση των συνολικών υδραυλικών απωλειών σε ένα ποσοστό 5-15% του διαθέσιμου ύψους υδατόπτωσης αλλά αυτός δεν είναι ένας κανόνας που ακολουθείται σε κάθε περίπτωση καθώς μπορεί το διαθέσιμο ύψος να είναι παραπάνω από αρκετό ή η διατήρηση σταθερής ταχύτητας να μη θεωρείται απαραίτητη και να γίνονται αποδεκτές μεγαλύτερες απώλειες ή αντίθετα το διαθέσιμο ύψος να είναι μικρό και να πρέπει να αξιοποιηθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του με αποτέλεσμα απώλειες ίσες ακόμα και με το 5% του να κρίνονται μεγάλες. Παράλληλα πρέπει να έχει κανείς υπόψη του ότι με την αύξηση της διαμέτρου του σωλήνα, αυξάνεται σημαντικά και το κόστος αγοράς του. Το πάχος του τοιχώματος του αγωγού εξαρτάται από το όριο θραύσης και λυγισμού του υλικού, τη διάμετρο του σωλήνα και τις πιέσεις λειτουργίας. Όταν αυξάνεται η πίεση αυξάνεται και το απαιτούμενο πάχος τοιχώματος και συνεπώς το κόστος του αγωγού. Επειδή η πίεση λειτουργίας εξαρτάται από το ύψος υδατόπτωσης συνεπάγεται ότι στο αρχικό κομμάτι του αγωγού πτώσεως η αναπτυσσόμενη πίεση είναι μικρότερη από αυτή στο κάτω μέρος του. Για τον λόγο αυτό,

μπορεί να γίνει συνδυασμός σωλήνων με διαφορετικά πάχη (μικρότερο υψηλότερα και μεγαλύτερο στο τέλος), ώστε να μειωθεί το κόστος. Κατά την εκτίμηση του απαραίτητου πάχους πρέπει να συνυπολογίζονται οι μεταβατικές πιέσεις κυματισμού. Σε συνθήκες απότομης εκκίνησης ή παύσης της λειτουργίας (απόρριψη φορτίου μπλοκάρισμα των ακροφυσίων) μπορεί να αναπτυχθούν στον αγωγό υποπίεσεις ή υπερπίεσεις πολλαπλάσιες της στατικής λόγω μεταβατικών δυναμικών φαινομένων που συνοψίζονται στον όρο υδραυλικό πλήγμα (surge, water hammer effect).

#### 6.4 Απώλειες πίεσης στον αγωγό πτώσης.

Κατά τον σχεδιασμό των μικρών υδροηλεκτρικών απαιτούνται πολλά στάδια τεχνικών και οικονομικών μελετών για τη εύρεση της κατάλληλης θέσης για την εγκατάστασή του. Η βιωσιμότητα του κάθε έργου είναι άμεσα εξαρτώμενη από τη θέση του καθώς η παραγωγή ισχύος εξαρτάται από την παροχή και το ύψος της πτώσης του διαθέσιμου νερού και το ποσό της παραγόμενης ενέργειας εξαρτάται από την ποσότητα του νερού και τη μεταβλητότητα της ροής κατά τη διάρκεια του έτους. Για την ακρίβεια η ισχύς  $P$  στην έξοδο ενός υδροηλεκτρικού σταθμού δίνεται από τον τύπο: όπου  $\eta$ : η συνολική απόδοση του υδροηλεκτρικού σταθμού (ισούται με το γινόμενο των βαθμών απόδοσης των επιμέρους τμημάτων του υδροηλεκτρικού σταθμού)  $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>]: η πυκνότητα του νερού  $Q$  [m<sup>3</sup>/sec]: η παροχή νερού στον υδροστρόβιλο  $g = 9,81$  [m/sec<sup>2</sup>]: η επιτάχυνση της βαρύτητας,  $H$  [m]: το ύψος υδατόπτωσης ή υδραυλικό ύψος, που είναι ίσο με την κάθετη υψομετρική διαφορά της δεξαμενής φόρτισης με τον υδροστρόβιλο. Η μελέτη σχεδιασμού είναι ουσιαστικά μία επαναληπτική διαδικασία κατά την οποία συγκρίνονται συνεχώς τα κέρδη και τα κόστη του έργου καθώς επίσης περιλαμβάνει διάφορες φάσεις η έκταση και η εμπάθυνση των οποίων εξαρτώνται σημαντικά από τον χαρακτήρα και το μέγεθος της εγκατάστασης. Αρχικός σκοπός της μελέτης είναι η διαπίστωση του εάν η εξεταζόμενη θέση αξίζει περισσότερης διερεύνησης και εν συνεχεία η διαμόρφωση και η διαστασιολόγηση όπως αυτές προκύπτουν από την εξέταση και ανάλυση διαφόρων εναλλακτικών λύσεων. Το τελευταίο στάδιο της μελέτης περιλαμβάνει σύνταξη των σχεδίων, των υπολογισμών, των αποτελεσμάτων οικονομικής ανάλυσης και των προδιαγραφών του απαραίτητου εξοπλισμού.  $P = \eta Q g H = \rho$

#### 6.5 Υδροστρόβιλος Francis.

Το έτος 1849 κατασκεύασε ο Αμερικάνος μηχανικός James B. Francis (Φράσις, 1815-1892) ένα νέο υδροστρόβιλο, ο οποίος έκτοτε φέρει το όνομά του και αποτελεί το συνηθέστερο τύπο στροβίλου σε υδροηλεκτρικά έργα μεσαίου μεγέθους.

Ο στρόβιλος Francis χρησιμοποιείται συνήθως για ύψος πτώσης νερού από 10 μέχρι 250 m και για διερχόμενες ποσότητες νερού από 0,2 μέχρι 20 m<sup>3</sup>/s, με ισχύς από 10 kW μέχρι 770 MW. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιβεβαιώνονται και από τις καμπύλες λειτουργίας παραπάνω.

Το νερό κινείται υπό πίεση στα πτερύγια της περωτής, και διοχετεύεται σ' αυτά μέσω περιμετρικού κοχλιοειδούς καναλιού. Η γωνία πρόσπτωσης και η ταχύτητα του εισερχομένου νερού ελέγχονται μέσω ενός σταθερού τροχού καθοδήγησης με τοποθετημένα πτερύγια που στρέφονται κατά την αντίθετη φορά της κατεύθυνσης των πτερυγίων της περωτής. Ρυθμίζοντας με αυτό τον τρόπο την ταχύτητα και την γωνία πρόσπτωσης ουσιαστικά ελέγχεται η ισχύς του στροβίλου. Η γεννήτρια συνδέεται απευθείας με τον περιστρεφόμενο δρομέα του στροβίλου και έτσι επιτυγχάνεται πλήρης μεταφορά ροπής στην γεννήτρια.

Ο υδροστρόβιλος Francis είναι ένας τροχός – δρομέας (runner) – που φέρει περιφερειακά ειδικά διαμορφωμένα σταθερά πτερύγια (vanes). Ο δρομέας βρίσκεται μέσα σε

μια φωλιά – κατοικία – μεταβλητής κυκλικής διατομής και σπειροειδούς γεωμετρίας η οποία φέρει μεταβλητής θέσης πτερύγια – κλαπέτα (guide vanes). Η φωλιά του δρομέα τροφοδοτείται με νερό από τον αγωγό τροφοδοσίας και τα κλαπέτα της φωλιάς καθοδηγούν το νερό, ώστε να προσκρούει εφαπτομενικά στα πτερύγια του δρομέα. Η φωλιά είναι σπειροειδούς γεωμετρίας ώστε το εναπομείναν νερό – νερό που δεν έχει ακόμα εισρεύσει στον δρομέα - στα κατάντη της κυκλικής του ροής να αποκτά μεγαλύτερη στροφορμή. Επειδή η περιφερειακή ροή του νερού στη φωλιά, ελαττώνεται λόγω εισροής του νερού στο δρομέα, ελαττώνεται παράλληλα και η διατομή του σπειροειδούς αγωγού της φωλιάς. Τα κλαπέτα της φωλιάς εκτρέπουν το νερό, δημιουργούν μια εφαπτομενική ταχύτητα στο νερό και κατά συνέπεια μια στροφορμή στο νερό. Το νερό μετά εισέρχεται στον δρομέα της τουρμπίνας και μεταφέρει την στροφορμή του σαν ροπή στον άξονα της τουρμπίνας. Η γεωμετρία των πτερυγίων είναι τέτοια ώστε να εξασκείται δύναμη στον τροχό και να τον θέτει σε περιστροφή.

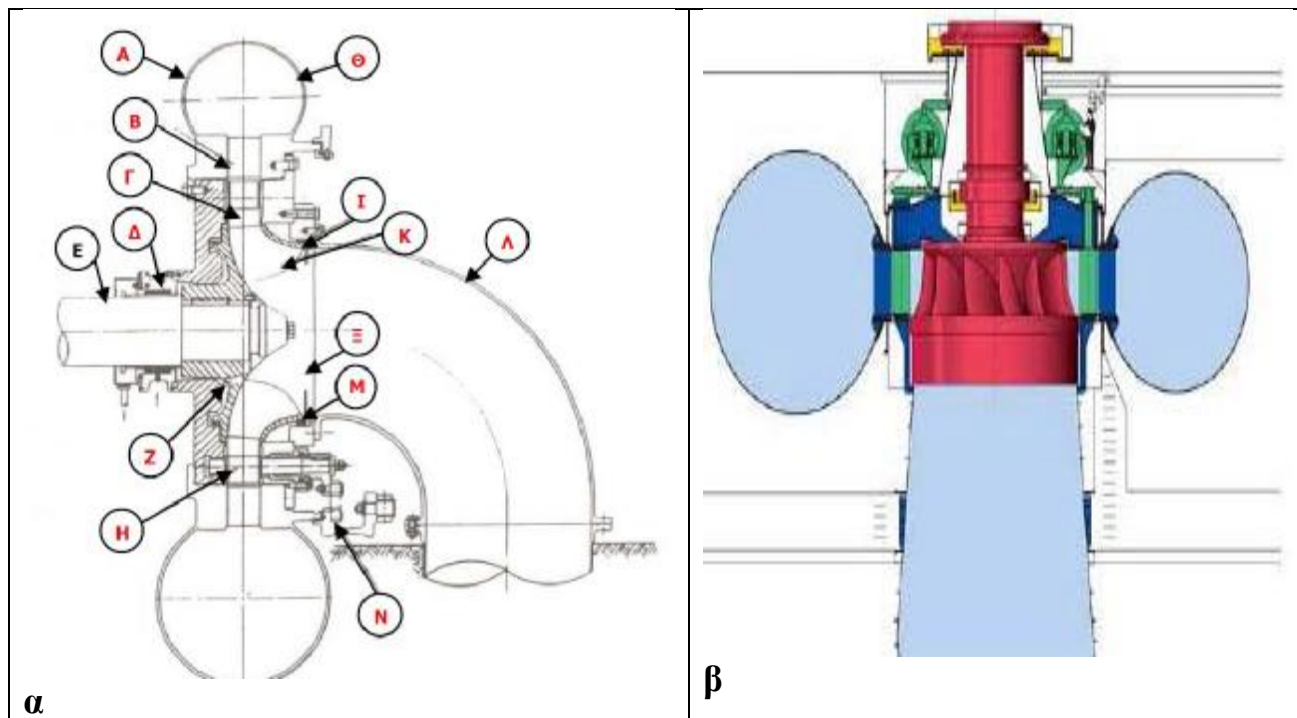
Το νερό αφού περάσει από τον δρομέα της τουρμπίνας παροχετεύεται σε κατάλληλο παρακείμενο αποδέκτη – ποταμό ή άλλη τεχνητή λίμνη. Σκοπός ενός βέλτιστου σχεδιασμού μιας τουρμπίνας *Francis* είναι το νερό να εξέρχεται χωρίς στροβιλισμό με την ελάχιστη δυνατή κινητική και δυναμική ενέργεια. Έτσι το νερό θα έχει αποδώσει σχεδόν όλο το μηχανικό ενεργειακό του περιεχόμενο/φορτίο στο στροφείο (impeller).

Οι υδροτουρμπίνες *Francis* μπορούν ακόμα, να λειτουργήσουν και αντίθετα, δηλ. ως αντλίες και να αντλήσουν το νερό από ένα ρεζερβουάρ νερού χαμηλότερης υψομετρικής στάθμης σ' ένα ανώτερης στάθμης σε περιόδους χαμηλής ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου προς επαναχρησιμοποίηση του σε περιόδους υψηλής ζήτησης. Η μετάδοση της ορμής του νερού στον τροχό *Francis*, θέτει σε κίνηση τα οδηγία πτερύγια και επομένως και τον άξονα στον οποίο είναι προσαρμοσμένα ο οποίος είναι κοινός με εκείνον της γεννήτριας.

Εδώ, θα αναπτύξουμε τη μαθηματική ανάλυση της φυσικής αυτής κατάστασης λειτουργίας και θα προσδιορίσουμε τη ροπή που αναπτύσσει μια υδροτουρμπίνα *Francis* στον άξονά της.

## **6.6 Κύρια μέρη υδροστροβίλου *Francis*.**

Οι υδροστροβίλοι *Francis* ανήκουν στην κατηγορία των υδροστροβίλων αντιδράσεως. Τα κύρια μέρη στα οποία διακρίνεται ένας υδροστροβίλος είναι το τμήμα εισόδου, ο δρομέας και το τμήμα εξόδου ή απαγωγής.



**Εικόνα 17: Διαμόρφωση του υδροστροβίλου Francis οριζοντίου άξονα (α) – Γλαύκος, κατακορύφου άξονα (β).**

Στην Εικ.17 δίνονται αναλυτικά τα επιμέρους τμήματα ενός τυπικού υδροστροβίλου με τα ακόλουθα σύμβολα. Πιο αναλυτικά:

<b>A:</b> Διατομή εισόδου e	<b>Θ:</b> Σπειροειδές κέλυφος
<b>B:</b> Οδηγητικά περύγια	<b>I :</b> Λαβύρινθος
<b>Γ:</b> Διατομή εισόδου I του δρομέα	<b>K:</b> Δρομέας
<b>Δ:</b> Σπυιοθλίπτης	<b>Λ:</b> Αγωγός απαγωγής
<b>E:</b> Άτρακτος	<b>M:</b> Δακτύλιος φθοράς
<b>Z:</b> Οπές εξισορρόπησης	<b>N:</b> Μηχανισμός περιστροφής ρυθμιστικών περυγίων
<b>H:</b> Ρυθμιστικά περύγια	<b>Ξ:</b> Διατομή εξόδου a

### 6.6.1 Τμήμα εισόδου

Η λειτουργία του υδροστροβίλου βασίζεται στην αφαίρεση από το δρομέα της συστροφής (ως προς τον άξονα του δρομέα) που έχει η ροή στην είσοδο του δρομέα. Άρα το τμήμα εισόδου πρέπει να εξασφαλίζει την οδήγηση της ροής από τη διατομή εισόδου e μέχρι τη διατομή εισόδου I του δρομέα με την κατά το δυνατόν ομοιόμορφη τροφοδοσία του δρομέα κατά την περιφέρεια. Οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται διαμορφώνοντας το τμήμα εισόδου με τη μορφή σπειροειδούς κελύφους. Θεωρώντας ομοιόμορφη την ταχύτητα της ροής στη διατομή εισόδου  $c_e=c_u$  (με εφαπτομενική διεύθυνση σε επίπεδο κάθετο προς τον άξονα περιστροφής), λόγω της εκκεντρότητας της διατομής ως προς τον άξονα περιστροφής, το υγρό στη διατομή εισόδου έχει μια τιμή συστροφής ίση προς:  $u_e*c_e=\omega*r_e*c_e$ , όπου  $\omega$  η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα. Στην περίπτωση όπου μεταξύ της διατομής εισόδου e και της διατομής εισόδου στο δρομέα I δεν παρεμβάλλεται καμία στερεή επιφάνεια, λόγω της αρχής διατήρησης της συστροφής, η συστροφή του υγρού στην είσοδο του δρομέα θα είναι σταθερή, δηλαδή  $u_1*c_{u1}=u_e*c_{ue}$  και άρα σταθερή θα είναι η εναλλαγή

της ενέργειας

Όμως στους υδροστροβίλους είναι επιθυμητή η μεταβολή της μηχανικής ισχύος μέσω της μεταβολής τόσο της διερχόμενης παροχής  $Q$ , όσο και της ενέργειας ανά μονάδα μάζας του υγρού που εναλλάσσεται σε μηχανική ενέργεια. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω αξονοσυμμετρικής στεφάνης ρυθμιστικών πτερυγίων, συνήθως ακτινικής ροής, που τοποθετείται ανάντη του δρομέα. Τα ρυθμιστικά πτερύγια περιστρέφονται ομοιόμορφα μέσω μηχανισμού, αλλάζοντας την κλίση της ταχύτητας στην διατομή εξόδου τους και άρα την συστροφή του υγρού ανάντη του δρομέα, δηλαδή το γινόμενο  $U_1 C_{u1}$ . Δεδομένου ότι η στεφάνη των ρυθμιστικών πτερυγίων δεν περιστρέφεται, η μεταβολή της συστροφής του υγρού μέσω αυτής είναι άεργη.

### 6.6.2 Συστροφή

Ονομάζεται η ροπή της ορμής του υγρού ως προς τον άξονα περιστροφής και η οποία, ανά μονάδα μάζας του υγρού εκφράζεται από το γινόμενο της ακτίνας  $r$  επί την αντίστοιχη περιφερειακή συνιστώσα της ταχύτητας  $c_u$ . Όπως αναπτύχθηκε, στην στεφάνη των ρυθμιστικών πτερυγίων αναπτύσσεται μηχανική ροπή, σύμφωνα με το θεώρημα της ροπής της ορμής, και η οποία παραλαμβάνεται από την έδραση της μηχανής. Με την περιστροφή των ρυθμιστικών πτερυγίων, εκτός από την μεταβολή της κλίσης της απόλυτης ταχύτητας, επιτυγχάνεται η μεταβολή του διακένου, άρα της διατομής μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων, με αποτέλεσμα την μεταβολή της παροχής και άρα της ισχύος εξόδου του υδροστροβίλου, για σταθερή ταχύτητα περιστροφής και διαθέσιμη υδραυλική πτώση. Επομένως η στεφάνη των ρυθμιστικών πτερυγίων αποτελεί το όργανο ρύθμισης του σημείου λειτουργίας του υδροστροβίλου αντιδράσεως.

Τα πτερύγια σχεδιάζονται έτσι ώστε στην θέση 'κλειστή' η διατομή διέλευσης του υγρού να μηδενίζεται (σχεδόν) και να επιτυγχάνεται η κράτηση της μονάδας. Η θέση των ρυθμιστικών πτερυγίων και η όλη γεωμετρία της στεφάνης μεταβάλλεται με την κλίση των πτερυγίων, η οποία όμως στην πράξη είναι δύσκολα μετρήσιμο μέγεθος. Για τον λόγο αυτό η κλίση των ρυθμιστικών πτερυγίων προκύπτει από την αντίστοιχη τιμή του διακένου μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων η οποία μετράται (στο γεωμετρικά όμοιο μοντέλο) με δισκοειδείς καλίμπρες κυκλικής διατομής και αδιαστατοποιείται ως προς το διάκενο που αντιστοιχεί στο κανονικό σημείο λειτουργίας, δηλαδή από το σχετικό άνοιγμα ή ως προς την μέγιστη τιμή του διακένου. Από την χάραξη της στεφάνης των ρυθμιστικών πτερυγίων σε κάθε τιμή του σχετικού ανοίγματος συνάγεται η κλίση των πτερυγίων που αντιστοιχεί.

Το πλήθος των ρυθμιστικών πτερυγίων είναι πάντοτε ζυγό, για να έχει συμμετρία η στεφάνη και ο μηχανισμός περιστροφής των πτερυγίων και να είναι δυνατή η κατασκευή της σε 2 ή 4 τμήματα (για μεγάλου μεγέθους μηχανές), τα οποία στην συνέχεια συγκολλούνται διευκολύνοντας έτσι την μεταφορά μέχρι το εργοτάξιο. Με σκοπό τον περιορισμό του μήκους της χορδής των πτερυγίων, ώστε να δύνανται να περιστρέφονται χωρίς την διαμόρφωση μεγάλου διακένου μεταξύ του δρομέα και της στεφάνης, το πλήθος τους είναι σημαντικό και αυξάνει με το μέγεθος του υδροστροβίλου. Προσεγγιστικά το πλήθος  $z_d$  των ρυθμιστικών πτερυγίων λαμβάνεται από την σχέση:

$$z_d = 17 R_{d1/3}$$

όπου  $R_d$  η ακτίνα της στεφάνης, δηλαδή η ακτίνα του κύκλου των αξόνων περιστροφής τους. Κατά προτίμηση το  $z_d$  λαμβάνεται ως ο πλησιέστερος ακέραιος, πολλαπλάσιο του 4 ή του 2 που προκύπτει από την εφαρμογή της προηγούμενης σχέσης. Τα ρυθμιστικά πτερύγια και οι στροφείς τους κατασκευάζονται συνήθως από χυτοχάλυβα ή σφυρήλατο χάλυβα. Ιδιαίτερη φροντίδα δίνεται στην στιβαρή και καλή κατασκευή της στεφάνης των ρυθμιστικών πτερυγίων και την ασφάλεια της μονάδας στην περίπτωση θραύσεως ή σφηνώσεως ενός



περυγίου. Για τον λόγο αυτό προβλέπεται διωστήρας θραύσεως ενώ η σχεδίαση της στεφάνης γίνεται έτσι ώστε στην περίπτωση που ο μηχανισμός περιστροφής τους μείνει ανενεργός τα πτερύγια να οδηγούνται στην θέση κλειστή από την ροπή που αναπτύσσεται σε αυτά από την διερχόμενη ροή.

### 6.6.3 Δρομέας

Ο περιστρεφόμενος δρομέας αποτελεί το τμήμα του υδροστροβίλου που μετατρέπει την ενέργεια του υγρού σε μηχανική ενέργεια, δηλαδή στο οποίο αναπτύσσεται μηχανική κινητήρια ροπή. Τα πτερύγια του δρομέα των υδροστροβίλων Francis εκτείνονται μεταξύ της πλήμνης και της στεφάνης στις οποίες και είναι πακτωμένα. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η μηχανική στιβαρότητα της κατασκευής και η αντοχή της στις δυνάμεις που αναπτύσσονται στα πτερύγια από την διερχόμενη ροή. Υπενθυμίζεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διαθέσιμη υδραυλική πτώση  $H$ , δηλαδή η ενέργεια ανά μονάδα μάζας του υγρού, τόσο μεγαλύτερες είναι οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις.

Αντίθετα, στους δρομείς αξονικής ροής, κατάλληλους για την αξιοποίηση μικρών υδραυλικών πτώσεων, οι δυνάμεις είναι μικρότερες και με σκοπό την μείωση των υδραυλικών απωλειών τριβής, οι φέρουσες επιφάνειες των πτερυγίων (στις οποίες αναπτύσσονται οι ροπές και δυνάμεις) περιορίζονται στο ελάχιστο δυνατό, διαμορφώνοντας τον δρομέα με μορφή έλικας: η ροή είναι αξονική και τα πτερύγια έχουν μορφή προβόλου και στερεώνονται μόνο στην πλήμη μαζί με την οποία περιστρέφονται. Τις περισσότερες φορές τα πτερύγια των δρομέων υδροστροβίλων αξονικής ροής έχουν την δυνατότητα περιστροφής τους (ως προς την πλήμη) έτσι ώστε να μεταβάλλεται η κλίση τους ως προς την σχετική ροή. Από κατασκευαστικής πλευράς η ικανοποίηση αυτής της δυνατότητας περιστροφής αυξάνει την πολυπλοκότητα και το κόστος της μηχανής, από την άλλη πλευρά όμως, δίνει στον υδροστρόβιλο το πλεονέκτημα λειτουργίας με καλό βαθμό απόδοσης σε εκτεταμένη περιοχή λειτουργίας, με σημαντική διακύμανση της διακινούμενης παροχής ή της υδραυλικής πτώσης.

Συνήθως το πλήθος των πτερυγίων του δρομέα Francis επιλέγεται περιττό έτσι ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος συντονισμού και ταλαντώσεων λόγω του αναγκαστικά άρτιου πλήθους των ρυθμιστικών πτερυγίων, ενώ στους δρομείς αξονικής ροής το πλήθος των πτερυγίων επιλέγεται τόσο μικρότερο, όσο μικρότερη είναι η υδραυλική πτώση (μεταξύ 6 και 3). Οι κατασκευαστές προτιμούν τους εξής αριθμούς για το πλήθος  $z_b$  των πτερυγίων περωτής Francis:  $z_b=11,13,15$ , με κάποια προτίμηση στον  $z_b=13$ .

Με σταθερό το πλήθος των πτερυγίων του δρομέα Francis, όσο μειώνεται η διαθέσιμη υδραυλική πτώση,  $H$ , με σκοπό την μείωση των φερουσών επιφανειών, μειώνεται το μεσημβρινό μήκος τους και ο δρομέας γίνεται σταδιακά όλο και περισσότερο μικτής ροής.

Ο δρομέας του στροβίλου Francis στο φράγμα Γλαύκου έχει αριθμό πτερυγίων 17, δηλαδή  $z_b=17$ . Η πλήμη του δρομέα υδροστροβίλου Francis κατασκευάζεται συνήθως ολόσωμη, δηλαδή αποτελεί ένα χυτό τεμάχιο, συνήθως από ανοξείδωτο χρωμιούχο χάλυβα, όπως ακριβώς στην περίπτωση του Γλαύκου. Η σημερινή τεχνική της χύτευσης επιτρέπει την κατασκευή ολόσωμου δρομέα μεγάλης διαμέτρου που έχει το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης στιβαρότητας και αντοχής σε διάβρωση. Η λύση του χυτού δρομέα μεγάλου μεγέθους εγκαταλείπεται τα τελευταία χρόνια χάρη στην σημαντική ανάπτυξη της τεχνικής της ηλεκτροσυγκόλλησης, οπότε τα πτερύγια συγκολλούνται στην πλήμη και την στεφάνη. Η παλαιότερη μέθοδος της χύτευσης της στεφάνης και της πλήμνης μετά την τοποθέτηση των πτερυγίων στο καλούπι έχει εγκαταλειφθεί. Το πλεονέκτημα που παρουσιάζουν οι μη ολόσωμοι δρομείς είναι οικονομικό: είναι σε αυτούς δυνατή η κατασκευή της πλήμνης και της στεφάνης από υλικό λιγότερο ανθεκτικό και ευγενές (άρα λιγότερο δαπανηρό) από αυτό

των περυγίων. Ο δρομέας των τυποποιημένων υδροστροβίλων Francis κατασκευάζεται συνήθως ολόσωμος.

#### **6.6.4 Τμήμα εξόδου ή αγωγός απαγωγής (ή φυγής.)**

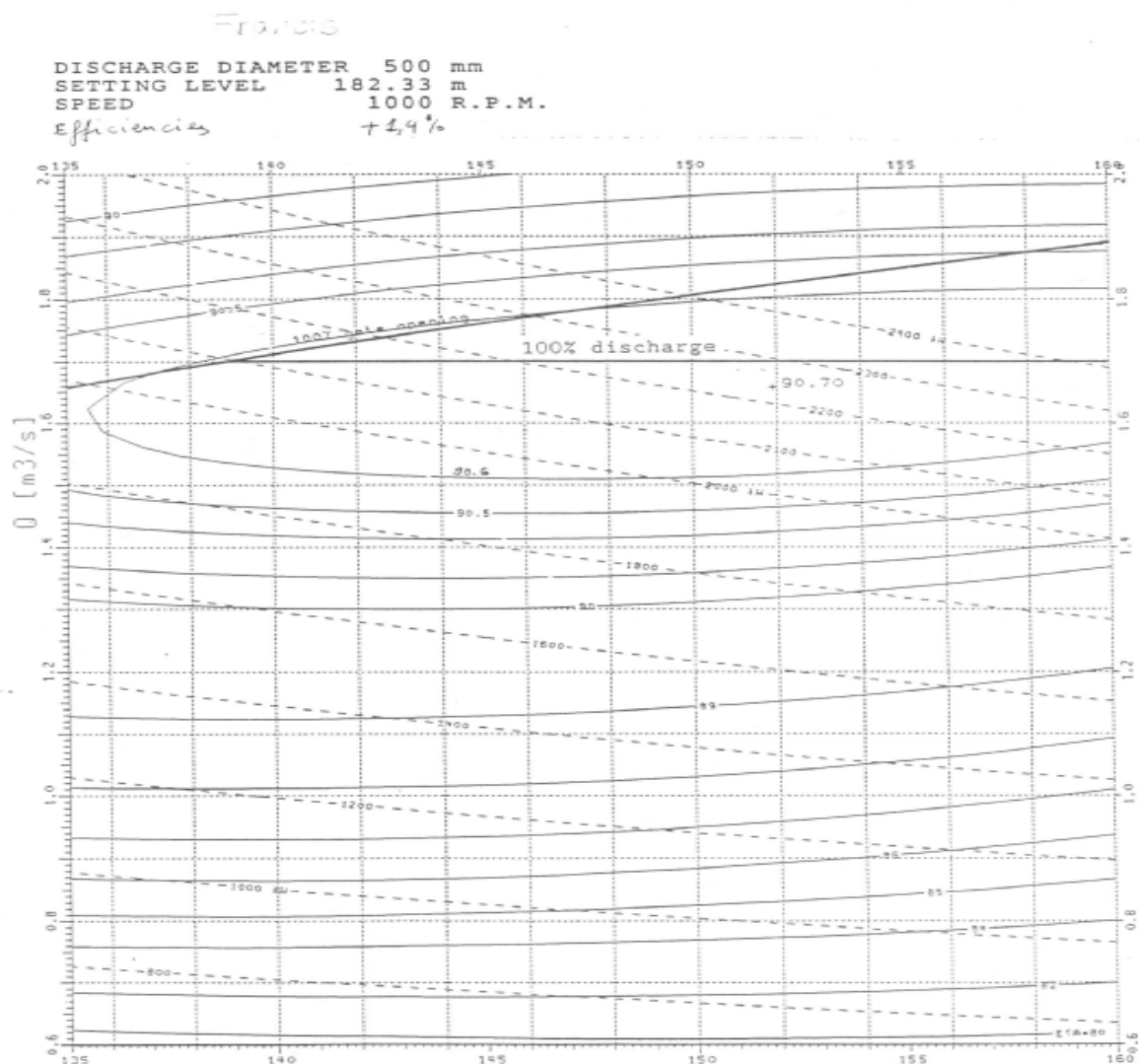
Η κινητική ενέργεια  $c_a^2/2g$  στην διατομή εισόδου της μηχανής θεωρείται ως απώλεια δεδομένου ότι αντιπροσωπεύει ενέργεια που διαφεύγει αναξιοποίητη. Από την άλλη πλευρά η μέση ταχύτητα της ροής στην περιοχή της διατομής εξόδου του δρομέα είναι σημαντική, της τάξεως των 6-10 m/sec (έτσι ώστε να μειώνεται το μέγεθος της μηχανής), και αντιπροσωπεύει σημαντικό ποσό της διαθέσιμης ενέργειας, ιδιαίτερα για τις μικρές τιμές της υδραυλικής πτώσης. Για το λόγο αυτό, σκοπός του αγωγού απαγωγής είναι η οδήγηση του υγρού στην διώρυγα απαγωγής με παράλληλη επιβράδυνση του έτσι ώστε η ταχύτητα εξόδου να είναι της τάξεως των 1-2,50 m/sec.

Κατάντη της διατομής εξόδου του δρομέα διαμορφώνεται ευθύγραμμο κωνικό αποκλίνον τμήμα, γωνίας κώνου όχι μεγαλύτερης των  $70^\circ$  περίπου ώστε να αποφεύγεται κίνδυνος αποκόλλησης της ροής. Στους μικρού μεγέθους οριζόντιου άξονα υδροστροβίλους Francis, όπως στην περίπτωση του Γλαύκου, ο αγωγός απαγωγής είναι κωνικός, καμπυλώνεται κατά  $90^\circ$  μέχρι την ελεύθερη επιφάνεια της διώρυγας απαγωγής και κατασκευάζεται από χαλυβδόελασμα. Στην περίπτωση υδροστροβίλων αξονικής ροής, οριζόντιου ή κεκλιμένου άξονα, όπως στους σωληνωτούς και βολβοειδείς υδροστροβίλους, ο αγωγός φυγής είναι ευθύγραμμος, κωνικός, κυκλικής διατομής μέχρι την έξοδό του, και κατασκευάζεται από χαλυβδόελασμα με επένδυση από σκυρόδεμα. Επειδή ακριβώς ο αγωγός απαγωγής έχει σημαντικό ρόλο στην λειτουργία και τον βαθμό απόδοσης του υδροστροβίλου, ως διατομή εξόδου της μονάδας θεωρείται η διατομή εξόδου του αγωγού απαγωγής, ο οποίος σχεδιάζεται και κατασκευάζεται από τον κατασκευαστή του υδροστροβίλου.

#### ***Τμήματα υδροστροβίλου Francis οριζόντιου άξονα, μονής παροχής***

Συγκεκριμένα για τον υδροστροβίλο Francis του φράγματος Γλαύκου περιλαμβάνονται τα παρακάτω τμήματα : \* Ένας δρομέας με στεγανοποιητικά, όλα από ανοξείδωτο χάλυβα ποιότητας (13/4). \* Ένας άξονας στροβίλου με αυτολιπαινόμενο, αυτορυθμιζόμενο και υψηλής αντοχής έδρανο, συμπεριλαμβανομένου και του κουτιού συσκευασίας. \* Ένα σπειροειδές χαλύβδινο περίβλημα συμπεριλαμβανομένου δακτυλίων επικαθήσεως, καλύμματος οροφής, και δακτυλίου πατώματος και εκροής. \* Ένα σετ από πλάκες εναντίον της φθοράς, κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα ποιότητας (13/4), με επιπλέον μηχανισμό λειτουργίας και σερβομηχανισμούς ρυθμίσεων. \* Ένα σύστημα χειρισμού και ελέγχου λειτουργιών συμπεριλαμβανομένου ενός ηλεκτρονικού χειριστηρίου, ενός πίνακα ελέγχου με όργανα, όλα τα μηχανήματα εξοπλισμού για την σωστή παροχή, βαλβίδες, σωληνώσεις και αντλίες πεπιεσμένου λαδιού.

## GLAFKOS - HILL CHART



**Εικόνα 18: Διάγραμμα παροχής - μανομετρικού υδροστροβίλου Francis στο φράγμα του Γλαύκου.**

Ανάμεσα στα πιο σημαντικά στοιχεία του στροβίλου Francis είναι ότι ο δρομέας έχει 17 περύγια και συνολικό βάρος 0,330 tn. Η διάμετρος εισόδου στον στρόβιλο είναι 780mm. Η διάμετρος εξόδου από τον στρόβιλο είναι 500mm. Η ισχύς του στροβίλου είναι 2,8 MW. Η παροχή ύδατος στο στρόβιλο είναι 1,6 κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Συνολική παροχή στο σταθμό: 3 κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Η πίεση στην είσοδο του στροβίλου είναι 15 atm. Η ταχύτητα περιστροφής του στροβίλου είναι 1000 στροφές ανά λεπτό.

Ως προς τα στοιχεία για τον άξονα συνδέσεως του στροβίλου με τη γεννήτρια, η διάμετρος του άξονα είναι κυμαινόμενη 250/190/160 (mm). Το μήκος του άξονα είναι 3400 mm. Το βάρος του άξονα είναι 1,8 tn.

### **4.4 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υδροστροβίλου Francis.**

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του υδροστροβίλου σε όλους τους τομείς του .

	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<b>ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ</b>	Μικρές συνολικές διαστάσεις της υδραυλικής μηχανής, που οφείλονται στη μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος εξόδου (σε αριθμό στροφών περίπου διπλάσιο από αυτόν ενός στροβίλου PELTON με έξι ακροφύσια)	
<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	⇒ 1% με 4% υψηλότεροι βέλτιστοι βαθμοί απόδοσης ⇒ Πλήρης χρήση του ύψους πίεσης που χρησιμοποιείται	⇒ Διακυμάνσεις του ύψους πίεσης σε μερικά φορτία, που οφείλονται στο σχηματισμό δεινών ⇒ Ο Συμπιεστής είναι συχνά απαραίτητος για την προμήθεια του απαραίτητου αέρα (απόσβεση θορύβων και κραδασμών)
<b>ΦΘΟΡΑ ΑΠΟ ΣΠΗΛΑΙΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΠΟ ΑΜΜΟ</b>	Γενικά λιγότερες μεταβολές του προφίλ εξαιτίας της διάβρωσης από άμμο	⇒ Η φθορά από σπηλαιώση για τις εγκαταστάσεις με χαμηλό επίπεδο οικονομικών δαπανών, είναι γενικά αναπόφευκτη ⇒ Διάβρωση από την άμμο των σταθερών πτερυγίων, των επάνω και των κάτω (φθειρόμενων) πλακών, των ανάντι και των κατάντι λαβυρίνθων και των πτερυγίων του δρομέα ⇒ Μεγαλύτερες απώλειες του βαθμού απόδοσης, που οφείλονται σε αυξημένα διάκενα στους λαβυρίνθους
<b>ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ</b>	-	⇒ Δεν είναι εύκολα προστά τα διάφορα σημεία του Στροβίλου ⇒ Οι επισκευές απαιτούν τη μετακίνηση αρκετών μερών της μηχανής ⇒ Απαιτείται Τόρνος για την επισκευή του λαβυρίνθου
<b>ΕΛΕΓΧΟΣ</b>	-	⇒ Μόνο ένα ρυθμιζόμενο μέρος ⇒ Μερικές φορές απαιτείται βαλβίδα ανακούφισης για να μειωθούν οι διακυμάνσεις της πίεσης

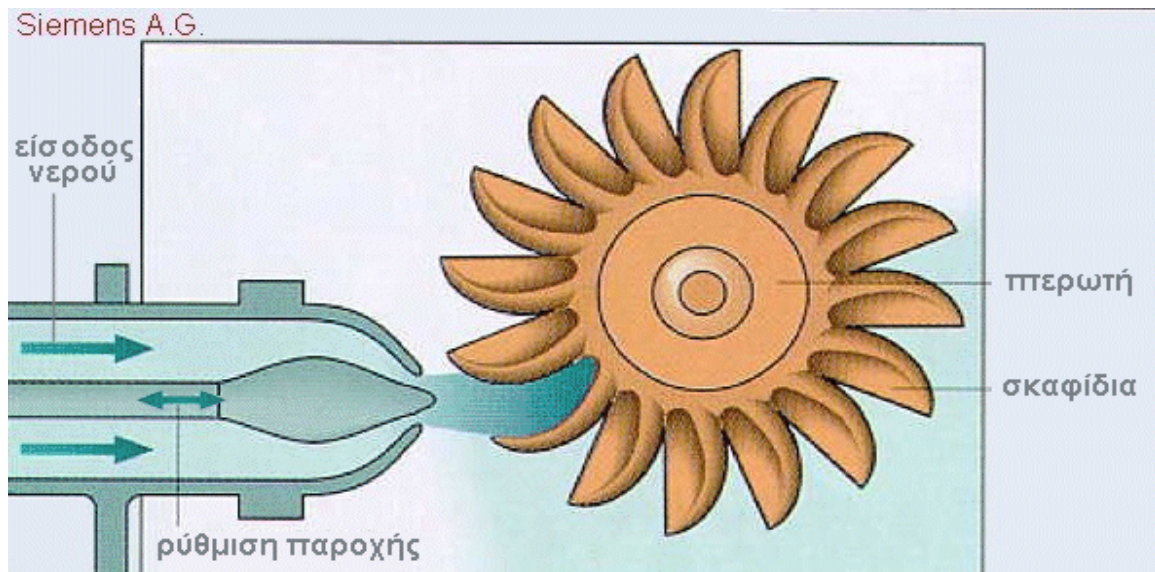
## 6.7 Υδροστρόβιλος Pelton.

Η μονάδα Pelton είναι μία από τις αποδοτικότερες τουρμπίνες νερού. Εφευρέθηκε στο 1870 από τον Lester Allan Pelton. Η ανακάλυψη αυτή έγινε από ένα τυχαίο γεγονός. Μια μέρα κυνηγώντας μια αγελάδα, έριξε νερό με πίεση από το λάστιχο στο ρουθούνι της και παρατήρησε ότι το νερό έκανε μια περιστροφή μέσα στη μύτη της και βγήκε από το άλλο. Η τουρμπίνα Pelton είναι μια μηχανή ώθησης, που σημαίνει ότι χρησιμοποιεί την αρχή του δεύτερου νόμου του Newton για να εξάγει ενέργεια μέσω της ροής ενός υγρού. Πριν από την εφεύρεση της μονάδας Pelton υπήρχε μεγάλη ποικιλία από τουρμπίνες ώθησης που όμως δεν ήταν τόσο αποτελεσματικές. Αυτές οι μηχανές άφηναν το νερό να περνάει με μεγάλη ταχύτητα και αυτό σήμαινε μικρότερη παραγωγή ενέργειας σε σχέση με την μονάδα Pelton η οποία χρησιμοποιούσε τέτοια γεωμετρία στα πέταλά της με αποτέλεσμα το νερό να αφήνει τον τροχό με πολύ μικρή ταχύτητα με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγόμενης ενέργειας.

Ο στρόβιλος Pelton χρησιμοποιείται συνήθως σε μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες, με μεγάλα ύψη και μικρές ποσότητες νερού. Για ένα ύψος πτώσης νερού περί τα 1.000 μέτρα η ταχύτητα εξόδου νερού στο ακροφύσιο φτάνει τα 500 km/h (139 m/s) και γι' αυτό η καταπόνηση των υλικών είναι τεράστια (σπηλαιώση του χάλυβα). Επίσης ο στρόβιλος λειτουργεί σε υψηλό αριθμό στροφών κατ' εκτίμηση 3.000 ανά λεπτό και αποδίδουν έργο έως 90%. Σ' αυτό τον τύπο στροβίλου οδηγείται το νερό σε ένα ή περισσότερα ακροφύσια, από τα οποία εκτοξεύεται το υγρό με μεγάλες ταχύτητες στα πτερύγια της περωτής. Αυτά τα πτερύγια είναι διαμορφωμένα σαν δίδυμα δοχεία (σκαφίδια), ώστε το νερό να διαχωρίζεται στην αιχμηρή ακμή των δύο σκαφιδιών και να «γλύφει» την εσωτερική επιφάνειά τους, ακολουθώντας έτσι τοξοειδή διαδρομή και αποδίδοντας όλη την κινητική ενέργεια. Κάθε ακροφύσιο διοχετεύει περί τα 10 m<sup>3</sup>/s και ο αριθμός των ακροφυσίων εξαρτάται από τις διαθέσιμες ποσότητες νερού.

Η παρεχόμενη ροή ρυθμίζεται με βελόνες στον αυλό του ακροφυσίου. Για μεγάλες ποσότητες νερού και πολλά ακροφύσια (μέχρι 6) τοποθετείται ο στρόβιλος κατακόρυφα.

Στις περιπτώσεις πολύ υψηλής ενέργειας ανά μονάδα μάζας του υγρού, δηλαδή για υψηλές τιμές της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης  $H$ , είναι προτιμότερη η χρήση στροβίλων μερικής προσβολής, δηλαδή στροβίλων στους οποίους η ροή δεν είναι αξονοσυμμετρική και σε κάθε χρονική στιγμή τροφοδοτείται και λειτουργεί ένα μόνο τμήμα του δρομέα.



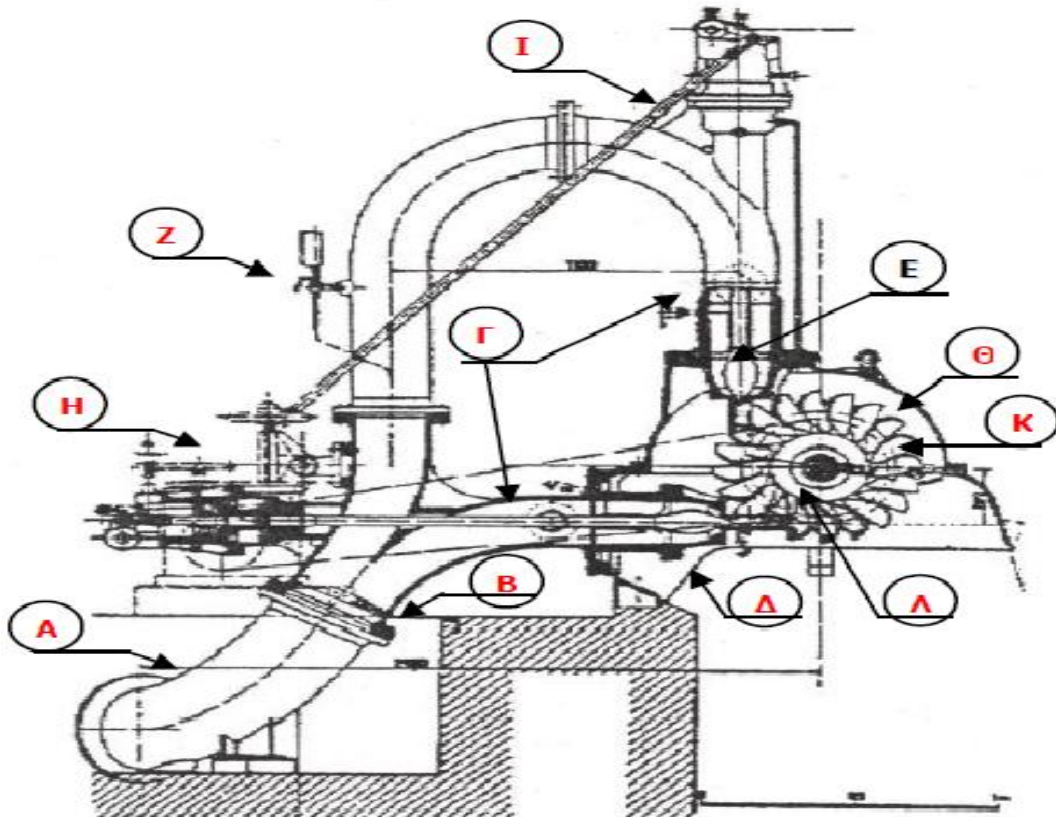
**Εικόνα 19: Σχηματική αναπαράσταση υδροστροβίλου Pelton.**

Ο όρος "δρομέας μερικής προσβολής" χρησιμοποιείται σε αντιδιαστολή με τους "δρομείς ολικής προσβολής", δηλαδή τους δρομείς των υδροστροβίλων Francis, Kaplan όπου οι συνθήκες της ροής είναι αξονοσυμμετρικές και η λειτουργία του δρομέα ομοιόμορφη.

Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους στις μεγάλες τιμές ενέργειας του υγρού είναι προτιμότερη η διαμόρφωση των υδροστροβίλων μερικής προσβολής είναι οι ακόλουθοι: η ταχύτητα της ροής είναι πολύ υψηλή το οποίο σε συνδυασμό με τις μικρές παροχές, άρα τις μικρές διατομές, έχει ως αποτέλεσμα την υπερβολική αύξηση των υδραυλικών απωλειών στο εσωτερικό της μηχανής, άρα την μείωση του βαθμού απόδοσης η τιμή της στατικής πίεσης είναι πολύ υψηλή με αποτέλεσμα να γίνεται προβληματική η μηχανική αντοχή του τμήματος εισόδου εάν αυτό ήταν μορφής σπειροειδούς κελύφους το οποίο αποτελεί και το ογκωδέστερο τμήμα της μηχανής. Στην περίπτωση υδροστροβίλου Pelton μόνο το τμήμα του ακροφυσίου τροφοδοσίας (που είναι μικρό σε μέγεθος) υπόκειται σε σημαντική τιμή της στατικής πίεσης. Η σημαντική διαφορά της στατικής πίεσης ανάντη και κατάντη του δρομέα θα είχε ως αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση των ογκομετρικών απωλειών στο εσωτερικό της μηχανής εάν αυτός ήταν ολικής προσβολής ή θα απαιτούσε την κατασκευή πολύπλοκων και δαπανηρών λαβυρίνθων για την διατήρηση των ογκομετρικών απωλειών σε αποδεκτό επίπεδο.

### **6.8 Κύρια μέρη υδροστροβίλου Pelton.**

Τα κύρια μέρη του υδροστροβίλου Pelton που χρησιμοποιείται στο φράγμα του Γλαύκου δίνονται στην Εικ. Ο άξονας του δρομέα μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Στην κατακόρυφη διάταξη το βάρος της γεννήτριας και του στροφείου της γεννήτριας παραλαμβάνεται από ωστικό έδρανο.



**Εικόνα 20: Χαρακτηριστικά του υδροστροβίλου Pelton.**

Στους υδροστροβίλους Pelton με περισσότερες δέσμες προτιμότερη είναι η κατακόρυφη διάταξη του άξονα, ώστε όλα τα ακροφύσια να βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο και να μην παρενοχλείται η λειτουργία τους από τα απόνερα των σκαφιδίων.

Στην Εικ.χχ δίνονται αναλυτικά τα επιμέρους τμήματα του υδροστροβίλου Pelton.

<b>Α:</b> Αγωγός προσαγωγής	<b>Η:</b> Αυτοματισμός
<b>Β:</b> Σημείο διαχωρισμού των δεσμών	<b>Θ:</b> Περίβλημα
<b>Γ:</b> Δακτύλιοιστεγανότητας ακροφυσίων αγωγού	<b>Ι:</b> Ράβδος στήριξης στο άνω ακροφύσιο
<b>Δ:</b> Κάτω ακροφύσιο	<b>Κ:</b> Δρομέας
<b>Ε:</b> Άνω ακροφύσιο	<b>Λ:</b> Άξονας μεταδόσεως περιστροφής στη γεννήτρια
<b>Ζ:</b> Μετρητής πίεσεως	

Το περίβλημα των στροβίλων Pelton δεν έχει μόνο τη λειτουργία της συλλογής και καθοδήγησης του νερού, το οποίο εξέρχεται του τροχού, αλλά σε μερικές περιπτώσεις πρέπει να παραλαμβάνει και τις αντιδράσεις των ακροφυσίων. Στα τμήματα, τα οποία είναι σε επαφή με το έδαφος, το περίβλημα είναι κατά κανόνα φτιαγμένο με τέτοιο πάχος, όπως απαιτείται από τους κανόνες της τεχνολογίας της χύτευσης. Στον άξονα του τροχού το περίβλημα έχει μια εγκοπή έτσι ώστε να είναι δυνατή η πρόσβαση στο δρομέα ύστερα από τη μετακίνηση του καλύμματος της κορυφής. Στην περιοχή επαφής ανάμεσα στην δέσμη και τον τροχό το πλάτος του περιβλήματος ισούται από (12) μέχρι (18) φορές τη διάμετρο της δέσμης και το πλάτος του πάνω περιβλήματος ισούται από (3) με (9) φορές τη διάμετρο της δέσμης. Προκειμένου να ελαττωθούν οι απώλειες εξαερισμού μέσα στο περίβλημα λόγω της περιστροφής του αέρα και του διασκορπισμού των ροϊκών στοιχείων του νερού, εγκαθίσταται

ένας καθαριστής πίσω από το σημείο εκροής του νερού από τον τροχό. Αυτός ο καθαριστής είναι φτιαγμένος ακριβώς σε συμφωνία με το περίγραμμα του σκαφιδίου καθώς το διάκενο ανάμεσα στον τροχό και τον καθαριστή πρέπει να έχει την ελάχιστη δυνατή τιμή, δηλαδή το πλάτος αυτό πρέπει να είναι από (0,5 mm) μέχρι (1 mm). Το κάτω τμήμα του περιβλήματος που κατά κανόνα εδράζεται σε τσιμέντο συνήθως συγκολλείται.

Το τμήμα, πάνω στο οποίο η δέσμη θα μπορούσε να επιδράσει στην ταχύτητα φυγής του στροβίλου, πρέπει να είναι καλά προστατευμένο. Κατά τη διέλευση του άξονα δια μέσου του περιβλήματος έχουν μονταριστεί δακτύλιοι κατά της στεγανοποίησης, οι οποίοι αποτρέπουν τη στεγανοποίηση του νερού, καθώς και τη διαφυγή του κατά μήκος του άξονα. Κατά κανόνα τα σώματα στα οποία πατούν τα έδρανα είναι χυτευμένα μέσα στο περίβλημα. Τα τελευταία δεν είναι απαραίτητα όταν ο δρομέας είναι μονταρισμένος σε μία κρεμαστή διάταξη στην άτρακτο της γεννήτριας. Καθώς η ταχύτητα φυγής είναι μεταβλητή και κατά συνέπεια μπορεί να ελαττωθεί, στο περίβλημα, στις περιοχές όπου η δέσμη του νερού επιδρά στην ταχύτητα φυγής, συνδέεται μια συσκευή, η οποία στρέφει τη δέσμη αντίθετα στη φορά περιστροφής του στροβίλου. Στους κατακόρυφους στροβίλους, οι οποίοι τις περισσότερες φορές κατασκευάζονται με ένα συγκριτικά μεγάλο πλήθος ακροφυσίων, το περίβλημα συγκολλάται και σχηματίζει τη δομή υποστήριξης της γεννήτριας. Κάτω από το δρομέα εντοπίζουμε μια εύκολα μετακινούμενη εσχάρα, η οποία μας επιτρέπει την άμεση πρόσβαση στο τροχό και το ακροφύσιο, χωρίς να είναι απαραίτητη η αποσυναρμολόγηση της διάταξης. Ακόμη πρέπει μια ανθρωποθυρίδα (manhole) να προβλέπεται για το περίβλημα ή για τον αγωγό εκροής της διάταξης.

### 6.8.1 Τμήμα εισόδου

Το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου Pelton αρχίζει από την σφαιρική βάνα, στα άκρο του αγωγού προσαγωγής, και καταλήγει στο ή στα ακροφύσια τροφοδοσίας. Η ρύθμιση της παροχής επιτυγχάνεται μέσω βελόνης, η οποία μετακινείται κατά τον άξονα του ακροφυσίου μέσω υδραυλικού συνήθως συστήματος. Με την μετακίνηση της βελόνης μεταβάλλεται η διατομή διέλευσης της παροχής, η διάμετρος της δέσμης και άρα μεταβάλλεται αντίστοιχα η παροχή.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ταχύτητα της δέσμης είναι σχεδόν σταθερή και της τάξεως του  $c \approx 2gH$ , όπου  $H$  η διαθέσιμη υδραυλική πτώση. Η όλη κατασκευή του ακροφυσίου είναι πολύ στιβαρή λόγω της υψηλής τιμής της στατικής πίεσης και των μεγάλων ταχυτήτων στην διατομή εξόδου του ακροφυσίου. Για την περίπτωση γρήγορης απόρριψης του φορτίου, ενεργοποιείται ο όνυχας εκτροπής της δέσμης, αμέσως μετά την διατομή εξόδου του ακροφυσίου. Ο όνυχας εκτρέπει την δέσμη, η οποία δεν προσπίπτει πλέον στον δρομέα. Στην συνέχεια η παροχή της μειώνεται (μέσω κλεισίματος της βελόνης) με ρυθμό που έχει υπολογισθεί έτσι ώστε η υπερπίεση, λόγω του φαινομένου του υδραυλικού πλήγματος, να μην ξεπερνά τις επιτρεπόμενες τιμές.

Επίσης ο αγωγός προσαγωγής των υδροστροβίλων Pelton έχει συνήθως σημαντικό μήκος (αφού η υψομετρική διαφορά των άκρων του είναι σημαντική). Για τον λόγο αυτό ένας χειρισμός στον αγωγό μπορεί να θεωρηθεί ως στιγμιαίος και να προκαλέσει υδραυλικό πλήγμα μεγάλης έντασης. Το σώμα του ακροφυσίου κατασκευάζεται συνήθως από χυτοχάλυβα ενώ το άκρο της βελόνης από ανοξείδωτο χάλυβα και αντικαθίσταται κατά χρονικά διαστήματα λόγω της μηχανικής διάβρωσης που συνήθως υφίσταται από την υψηλή ταχύτητα της ροής και την ύπαρξη σωματιδίων μέσα στο νερό (πχ. άμμος).

### **6.8.2 Δρομέας**

Ο δρομέας Pelton φέρει κατά την περιφέρεια σκαφίδια τα οποία έχουν συγκεκριμένη διαμόρφωση (Εικ. 20). Ο δρομέας κατασκευάζεται είτε ολόσωμος, είτε τα σκαφίδια είναι ανεξάρτητα και προσαρμίζονται στον δρομέα μέσω κοιλίωσης και κωνικής ασφάλειας. Λόγω των πολύ ισχυρών δυνάμεων που δέχονται τα σκαφίδια και της διάβρωσης που υφίστανται από την ροή, αυτά κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα. Φυσικά στην περίπτωση ολόσωμου δρομέα αυτός κατασκευάζεται εξ ολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα. Η διάμετρος του δρομέα εξαρτάται από το πλήθος και τις διαστάσεις των σκαφιδιών και είναι της τάξεως του  $D = (12-18)d$ , όπου με  $d$  συμβολίζεται η διάμετρος της δέσμης τροφοδοσίας στο κανονικό σημείο λειτουργίας. Το πλήθος των σκαφιδιών κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 20-22.

Η δέσμη προσπίπτει στον στρεφόμενο δρομέα και συγκεκριμένα στα σκαφίδια του, αλλάζει διεύθυνση ακολουθώντας την διπλή κοιλότητα των σκαφιδιών και εξέρχεται από αυτά με μηδενική σχεδόν περιφερειακή συνιστώσα της ταχύτητας. Σύμφωνα με την εξίσωση Euler των στροβιλομηχανών, το ύψος  $H$  που αξιοποιεί ο δρομέας θα είναι ίσο προς:  $H \approx u c/g$  όπου  $c$  η ταχύτητα της δέσμης (ίση με την περιφερειακή συνιστώσα της απόλυτης ταχύτητας στην είσοδο του δρομέα) και  $u = \omega D/2$ , η περιφερειακή ταχύτητα του δρομέα διαμέτρου  $D$ . Από τα προηγούμενα γίνεται αντιληπτός ο όρος "μερική προσβολή": σε κάθε χρονική στιγμή ένα μόνο τμήμα του δρομέα "λειτουργεί", της τάξεως των 2-3 σκαφιδιών ανά ακροφύσιο τα οποία δέχονται την δέσμη και τα οποία εναλλάσσονται διαδοχικά καθώς ο δρομέας περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα.

### **6.8.3 Τμήμα εξόδου.**

Το τμήμα εξόδου οδηγεί το νερό που πέφτει από τον δρομέα στην διάφυγα απαγωγής και στην συνέχεια στην κοίτη του υδατορεύματος. Με το τμήμα εξόδου συνδέεται και το περίβλημα του υδροστροβίλου που συγκεντρώνει τα νερά που εκτοξεύονται προς διάφορες διευθύνσεις από τον δρομέα, ανάλογα με το σημείο λειτουργίας (κυρίως σε παροχές διάφορες της κανονικής). Η σχεδίαση του περιβλήματος αποκτά ιδιαίτερη σημασία στους υδροστροβίλους Pelton με περισσότερα ακροφύσια τροφοδοσίας. Στην περίπτωση του φράγματος του Γλαύκου ο στροβίλος Pelton περιλαμβάνει δυο στροφεία με δυο ακροφύσια ανά στροφείο.

### **6.8.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδροστροβίλου Pelton. Ο Δρομέας**

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά (πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα) του υδροστροβίλου Pelton.



	<b>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</b>	<b>ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</b>
<b>ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ</b>	Ελάχιστα έργα εκσκαφών, εφόσον δεν απαιτείται κατασκευή του Στροβίλου κάτω από το επίπεδο των κατάντη νερών	
<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	⇒ Μεγαλύτεροι βαθμοί απόδοσης (Πάνω από 15%) υπό μερικό φορτίο, χωρίς να επηρεάζεται η ομαλότητα της λειτουργίας ⇒ Κατά κανόνα λειτουργία χωρίς συμπίεστή ⇒ Δεν υπάρχει υδραυλική αξονική ώση στον άξονα	Απώλεια ύψους πίεσης εξαιτίας της απαραίτητης ελεύθερης κρεμαστής διάταξης
<b>ΦΘΟΡΑ ΑΠΟ ΣΠΗΛΛΙΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΠΟ ΑΜΜΟ</b>	Γενικά δεν εμφανίζεται συχνά το φαινόμενο της φθοράς από σπηλαιώση	⇒ Φθορά των δακτυλίων έδρασης του ακροφυσίου, των βελονών και των σκαφιδίων, από διάβρωση λόγω της περιεχόμενης στο νερό άμμου ⇒ Η επίδραση της άμμου είναι μεγαλύτερη, από τη στιγμή που οι σχετικές ταχύτητες είναι μεγαλύτερες ⇒ Μεγαλύτερες δευτερογενείς συνέπειες εξαιτίας πρωταρχικής διάβρωσης που γίνεται στην ανάντι ροή
<b>ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ</b>	⇒ Οι επισκευές στα ακροφύσια και στους δακτυλίους έδρασης είναι εύκολα πραγματοποιήσιμες ⇒ Απλούστερες οικοδομικές εγκαταστάσεις εξαιτίας της δυνατότητας προοικοδόμησης στα εργοτάξια και του μικρότερου αριθμού συναρμολογούμενων μερών	Ο φούρνος αποστατικής ανόπτησης είναι απαραίτητος όταν οι επισκευές είναι εκτεταμένες
<b>ΕΛΕΓΧΟΣ</b>	⇒ Δύο ρυθμιστικά μέρη : Βελόνας και εκτροπέα ροής ⇒ Η αλλαγή στο φορτίο ακολουθείται από μικρότερες μεταβολές στην ταχύτητα και την πίεση	

Αν είναι πολύ μεγάλες, τότε το καθαρό υδραυλικό ύψος  $H_{net}$  και κατ' επέκταση η ταχύτητα περιστροφής του υδροστροβίλου μειώνονται σημαντικά. Στην περίπτωση που οι απώλειες τριβής είναι υψηλές η εποχιακή μεταβολή της ροής θα επιφέρει ανεπιθύμητη αλλαγή στην ταχύτητα του υδροστροβίλου με αποτέλεσμα να μη λειτουργούν αποδοτικά ούτε αυτός ούτε η γεννήτρια που κινεί. Ωστόσο καθώς ο αγωγός πτώσεως είναι το μοναδικό στοιχείο του υδροηλεκτρικού συστήματος που λειτουργεί καλύτερα σε συνθήκες μερικής ροής και επειδή είναι σημαντικότερη η σωστή αξιοποίηση της χαμηλής ροής κατά τους θερινούς μήνες συνιστάται η σχεδίαση και επιλογή του υδροστροβίλου ώστε να μπορεί να λειτουργεί πιο αποδοτικά με την ταχύτητα που προκύπτει σε συνθήκες χαμηλής ροής. Συνήθως, προτείνεται η διατήρηση των συνολικών υδραυλικών απωλειών σε ένα ποσοστό 5-15% του διαθέσιμου ύψους υδατόπτωσης αλλά αυτός δεν είναι ένας κανόνας που ακολουθείται σε κάθε περίπτωση καθώς μπορεί το διαθέσιμο ύψος να είναι παραπάνω από αρκετό ή η διατήρηση σταθερής ταχύτητας να μη θεωρείται απαραίτητη και να γίνονται αποδεκτές μεγαλύτερες απώλειες ή αντίθετα το διαθέσιμο ύψος να είναι μικρό και να πρέπει να αξιοποιηθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του με αποτέλεσμα απώλειες ίσες ακόμα και με το 5% του να κρίνονται μεγάλες. Παράλληλα πρέπει να έχει κανείς υπόψη του ότι με την αύξηση της διαμέτρου του σωλήνα, αυξάνεται σημαντικά και το κόστος αγοράς του. Το πάχος του τοιχώματος του αγωγού εξαρτάται από το όριο θραύσης και λυγισμού του υλικού, τη διάμετρο του σωλήνα και τις πιέσεις λειτουργίας. Όταν αυξάνεται η πίεση αυξάνεται και το απαιτούμενο πάχος τοιχώματος και συνεπώς το κόστος του αγωγού. Επειδή η πίεση λειτουργίας εξαρτάται από το ύψος υδατόπτωσης συνεπάγεται ότι στο αρχικό κομμάτι του αγωγού πτώσεως η αναπτυσσόμενη πίεση είναι μικρότερη από αυτή στο κάτω μέρος του. Για τον λόγο αυτό, μπορεί να γίνει συνδυασμός σωλήνων με διαφορετικά πάχη (μικρότερο υψηλότερα και μεγαλύτερο στο τέλος), ώστε να μειωθεί το κόστος. Κατά την εκτίμηση του απαραίτητου πάχους πρέπει να συνυπολογίζονται οι μεταβατικές πιέσεις κυματισμού. Σε συνθήκες απότομης εκκίνησης ή παύσης της λειτουργίας (απόρριψη φορτίου μπλοκάρισμα των ακροφυσίων) μπορεί να αναπτυχθούν στον αγωγό υποπιέσεις ή υπερπιέσεις πολλαπλάσιες της στατικής λόγω μεταβατικών δυναμικών φαινομένων που συνοψίζονται στον όρο υδραυλικό πλήγμα (surge, water hammer effect).

### 5.3 Απώλειες λόγω τριβής- Τοπικές απώλειες.

Η απώλεια ενέργειας  $\Delta H$  κατά τη σταθερή και ομοιόμορφη ροή μέσα σε ένα σωλήνα δίνεται από τη γνωστή σχέση Darcy-Weisbach,

$$\Delta H = f(L/d) V^2/2g$$

όπου  $f$  = ο συντελεστής τριβής,  $L$  = το μήκος του αγωγού (m),  $d$  = η εσωτερική διάμετρος του αγωγού (m),  $V$  = η μέση ταχύτητα του ρευστού (m/s),  $g$  = η επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81 m/s<sup>2</sup>).

Για τυρβώδη ροή σε λείους σωλήνες τα πειράματα έδειξαν ότι η απώλεια ενέργειας είναι ευθέως ανάλογη του μήκους του σωλήνα σχεδόν ευθέως ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας σχεδόν αντιστρόφως ανάλογη της διαμέτρου και εξαρτάται από την πυκνότητα και το ιξώδες του ρευστού. Έτσι ο συντελεστής  $f$  πρέπει να παίρνει τις κατάλληλες τιμές ώστε με την παραπάνω εξίσωση να υπολογίζεται σωστά η απώλεια ενέργειας. Με διάφορους προσεγγιστικούς υπολογισμούς και με τη χρήση εμπειρικών δεδομένων έχουν βρεθεί ικανοποιητικές σχέσεις για το συντελεστή τριβής της τυρβώδους ροής για ορισμένες περιοχές του αριθμού Reynolds.

Οι τοπικές απώλειες δίνονται από την παρακάτω σχέση :

$$\Delta H = \zeta V^2/2g$$

όπου  $\zeta$  = ο συντελεστής τοπικών απωλειών.

## 7 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

### 7.1 Γενικά.

Το νερό αποτελεί ένα πολύτιμο ανανεώσιμο φυσικό πόρο και η σπουδαιότητα του για όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας αυξάνεται συνέχεια ενώ η διαθεσιμότητά του δεν είναι πάντοτε εξασφαλισμένη. Για τους λόγους αυτούς, η διαχείρισή του θα πρέπει να στοχεύει στην ορθολογική χρήση του με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών με το βέλτιστο και πιο αποδοτικό τρόπο. Επιπρόσθετα, το νερό αποτελεί ένα πολύτιμο εθνικό ενεργειακό πόρο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την ανάπτυξη κατάλληλων Υδροηλεκτρικών Έργων (ΥΗΕ). Η αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού και η συνετή διαχείριση του ανταποκρίνονται στους στρατηγικούς στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενέργεια και το περιβάλλον, που είναι η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, η βιώσιμη ανάπτυξη και η ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας. Τα φράγματα έχουν ωφέλιμο χρόνο ζωής που υπερβαίνει τα 50 χρόνια λόγω της άμεσης μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική, τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από όλους τους άλλους τρόπους ηλεκτροπαραγωγής και τον ευνοϊκότερο βαθμό «ενεργειακής αποπληρωμής», διότι η ενέργεια που παράγεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους είναι τουλάχιστον 200 φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια που απαιτείται να καταναλωθεί για την κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία τους. Αυτό σημαίνει ότι ο ορθός σχεδιασμός των φραγμάτων αποτελεί τον κρίσιμο παράγοντα για τη μεγιστοποίηση του οφέλους τους και τη συμβολή τους στην κάλυψη των σημερινών και των μελλοντικών αναγκών των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Η εξυπηρέτηση πολλαπλών σκοπιμοτήτων αποτελεί την καλύτερη επιλογή για την εξασφάλιση οφέλους στην κοινωνία, την οικονομία και το περιβάλλον. Η Ελλάδα δεν θεωρείται φτωχή σε υδάτινους πόρους, αλλά τεράστιες ποσότητες νερού καταλήγουν στη θάλασσα χωρίς ενεργειακή ή άλλη αξιοποίηση.

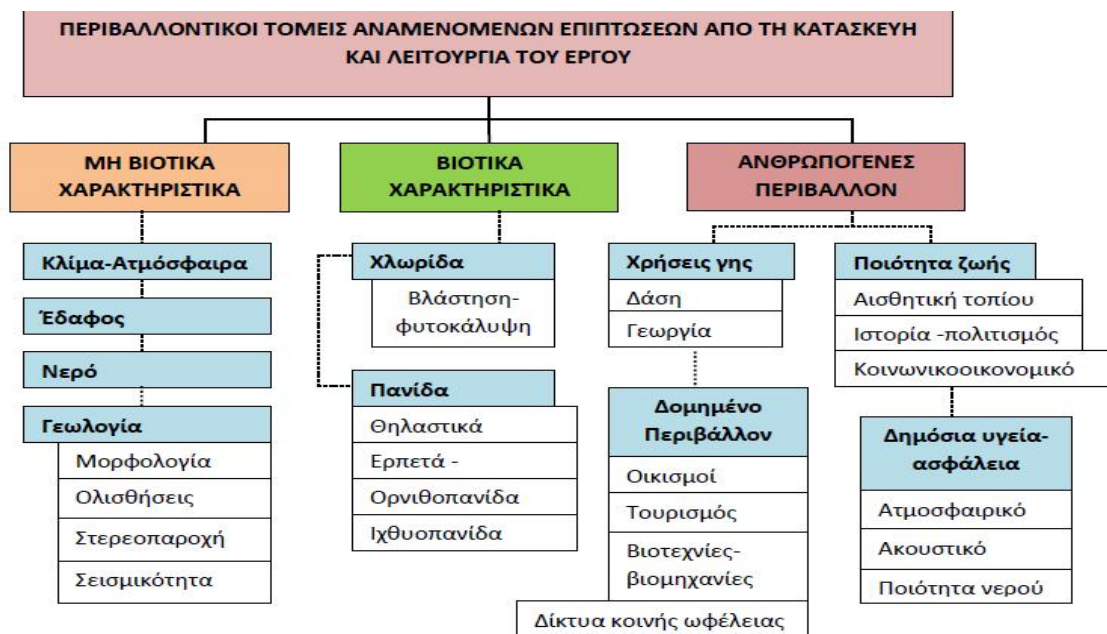
Επομένως, η αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού με έργα πολλαπλού σκοπού αποτελεί μία μεγάλη πρόκληση για τη χώρα η οποία παρουσιάζει χαμηλό βαθμό αξιοποίησης του σημαντικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμου υδατικού της δυναμικού. Αυτός είναι μικρότερος του 50% σε σχέση με τις άλλες χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης που είναι κατά μέσο όρο περίπου ίσος με 75%. Η συμβολή των μεγάλων φραγμάτων στην ισόρροπη και βιώσιμη ανάπτυξη καθώς και στην ενεργειακή επάρκεια της Ελλάδας είναι γενικά γνωστή. Παρά τις οποιεσδήποτε επιφυλάξεις για τις σοβαρές επεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον, δεν μπορεί να αμφισβητηθεί ότι τα Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα δεν προκαλούν κινδύνους στην ανθρώπινη και υδρόβια ζωή αλλά αντίθετα ομορφαίνουν τη φύση και δημιουργούν νέες αλλά και βελτιωμένες οικολογικές ισορροπίες.

Οι ταμειωτήρες τους εξελίσσονται σε υγροβιότοπους σπάνιας ομορφιάς, με πλούσια χλωρίδα και πανίδα (κυρίως ιχθυοπανίδα και ορνιθοπανίδα). Η σημασία των μεγάλων φραγμάτων για τη διαχείριση των υδατικών πόρων της Ελλάδας είναι πολύ μεγάλη, διότι τα περισσότερα από αυτά αποτελούν έργα πολλαπλού σκοπού, δηλαδή χρησιμοποιούνται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ύδρευση, άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία, αναψυχή, ιχθυοκαλλιέργειες, αθλητικές δραστηριότητες και συμβάλλουν στην ήπια τουριστική ανάπτυξη της Χώρας.

Τα μεγάλα φράγματα στην Ελλάδα μέχρι σχεδόν τα τέλη του περασμένου αιώνα αναπτύχθηκαν αποκλειστικά από τη ΔΕΗ με ικανοποιητικό ρυθμό. Πολλά από τα φράγματα σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν ως Έργα Πολλαπλού Σκοπού καλύπτοντας και άλλες ανάγκες της κοινωνίας και της οικονομίας χωρίς η ΔΕΗ να αποζημιώνεται κατά κανόνα για τις υπηρεσίες αυτές. Η κατασκευή των πρώτων ΥΗΕ άρχισε διεθνώς προς το τέλος του 19ου

αιώνα. Οι εγκαταστάσεις αυτές εξυπηρετούσαν βασικά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όμως, παράλληλα εξυπηρετούσαν και αρδευτικές ανάγκες γιατί με τη ρύθμιση των παροχών των λεκανών απορροής εξασφάλιζαν τις απαραίτητες παροχές νερού σε περιόδους ξηρασίας ενώ, αργότερα, κατασκευάστηκαν φράγματα για την τροφοδότηση των συστημάτων ύδρευσης των πληθυσμών. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί που εντάχθηκαν στα έργα αυτά αποδείχθηκαν εξαιρετικά χρήσιμοι για την κάλυψη των ημερήσιων αιχμών του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Από το έτος 2008, στην Ελλάδα λειτουργούν 15 Μεγάλα ΥΗΕ της ΔΕΗ Α.Ε. τα οποία έχουν συνολική εγκατεστημένη ισχύ ίση με περίπου 3000MW η οποία αποτελεί περίπου το 25% της εγκατεστημένης ισχύς όλων των σταθμών παραγωγής της Χώρας. Ανάλογα με την υδραυλικότητα του έτους, η ετήσια παραγόμενη ενέργεια τους καλύπτει περίπου 6% έως 10% των συνολικών ετήσιων απαιτήσεων ηλεκτρικής ενέργειας του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος. Επίσης, λειτουργούν αρκετά Μικρά ΥΗΕ με εγκατεστημένη ισχύ περίπου ίση με 150MW των οποίων ιδιοκτήτες είναι η ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε. και ιδιωτικές εταιρείες.



## 7.2 Περιβαλλοντικές Συνέπειες Φράγματος.

Τα αρδευτικά φράγματα στην χώρα μας έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ελληνική οικονομία, καθώς τα προβλήματα λειψυδρίας και διαχείρισης των υδάτων είναι εμφανή και σημαντικά. Τα μεγάλα φράγματα έχουν συχνά επικριθεί για τις αρνητικές περιβαλλοντικές ή κοινωνικές επιπτώσεις τους. Οι περιβαλλοντικές συνέπειες των μεγάλων φραγμάτων εξαρτώνται από το καθεστώς ροής του ποταμού, τη μεταφορά φερτών και θρεπτικών, το σχήμα του καναλιού, την θερμοκρασία και την χημική κατάσταση του νερού, τα οικολογικά ενδιαίτηματα, την ποικιλία υδατικών πληθυσμών, αλγών, ασπόνδυλων ή σπονδυλωτών κλπ. Ειδικότερα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεγάλων φραγμάτων συνδέονται κυρίως με (Χατζημπίρος 2007):

- ∅ Την κατάκλιση φυσικών και αγροτικών συστημάτων, οικισμών και ανθρωπίνων κατασκευών από το νερό των ταμιευτήρων,
- ∅ Την συγκράτηση φερτών και θρεπτικών υλικών, με συνέπεια την αφαίρεση τους από την κατάντη λεκάνη απορροής ή από την ακτή,

- Ø Αλλαγές στο καθεστώς διάβρωσης, στις πλημμύρες και στα χειμαρρώδη φαινόμενα της λεκάνης απορροής,
- Ø Μειωμένη οξυγόνωση του νερού,
- Ø Αλλαγές στην στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, στην ποσότητα και στην ποιότητα του υπόγειου νερού,
- Ø Αλλαγές στο μικροκλίμα της περιοχής,
- Ø Παρεμπόδιση της κίνησης των ιχθύων κατά μήκος του ποταμού,
- Ø Αλλαγές στα υδατικά οικοσυστήματα και σε φυσικοχημικές ή βιολογικές διεργασίες, ενδεχόμενη ανάπτυξη παθογόνων οργανισμών,
- Ø Υποβάθμιση του φυσικού τοπίου λόγω εκσκαφών, δανειοθαλάμων, αποθέσεων μπαζών
- Ø Αλλαγή του φυσικού τοπίου λόγω της παρουσίας του ταμιευτήρα.

Ωστόσο το είδος και η βαρύτητα των επιπτώσεων συνδέεται με το μέγεθος του φράγματος, καθώς και με τα χαρακτηριστικά του ποταμού και της λεκάνης. Επίσης τα υλικά κατασκευής ενός φράγματος επηρεάζουν και αυτά την περιβαλλοντική του συμπεριφορά. Τα τελευταία χρόνια το θέμα των μεγάλων φραγμάτων έχει τροφοδοτήσει αρκετές συζητήσεις για την ωφελιμότητα ή όχι των έργων αυτών, ενώ αποτέλεσαν την αιτία για την πραγματοποίηση σημαντικών επενδύσεων με στόχο τη μείωση των αρνητικών επιδράσεων. Όμως, παρά τη λήψη μέτρων, τις βελτιώσεις στον προγραμματισμό, το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη διαχείριση φραγμάτων, σήμερα παραμένει ευρέως διαδεδομένη η οικολογική ανησυχία ότι τα μεγάλα φράγματα οδηγούν σε σημαντικές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών των φυσικών οικοσυστημάτων (Φιλίντας & Πολύζος 2008).

### **7.3 Προβλήματα ανάπτυξης φραγμάτων στην Ελλάδα.**

Η αλλαγή του θεσμικού πλαισίου με την απελευθέρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και την είσοδο του ιδιωτικού τομέα στις επενδύσεις ηλεκτροπαραγωγής έχουν δημιουργήσει νέες συνθήκες στην αγορά οι οποίες παράλληλα με άλλους παράγοντες (π.χ. μεγάλη δαπάνη επένδυσης) επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη των φραγμάτων. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα έχει περάσει περίπου μία δεκαετία από τη χρονική περίοδο που χορηγήθηκαν άδειες παραγωγής σε ιδιώτες για δύο Μεγάλα φράγματα χωρίς να έχει παρουσιασθεί πρόοδος στην κατασκευή τους. Έχει παρατηρηθεί μία σημαντική καθυστέρηση στην αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού της χώρας, διότι κύρια το θεσμικό πλαίσιο δεν συμβάλλει στην υποστήριξη έργων πολλαπλού σκοπού, ενώ το φυσικό αέριο κατέστη η μοναδική ενεργειακή πηγή για τα νέα έργα ηλεκτροπαραγωγής. Τα κυριότερα εμπόδια που υπάρχουν σήμερα για την ανάπτυξη των φραγμάτων είναι η έλλειψη ρυθμίσεων για τη χωροθέτηση ταμιευτήρων, τα προβλήματα χρήσης νερού γιατί αργεί η ολοκλήρωση των θεσμικών μέτρων της διαχείρισης υδατικών πόρων και οι παρεμβάσεις φορέων και οργανώσεων για διάφορους περιβαλλοντικούς λόγους αγνοώντας τα μακροπρόθεσμα οφέλη.

### **7.4 Η διαχείριση των υδάτινων πόρων.**

Η συμβολή των μεγάλων φραγμάτων στην ισόρροπη ανάπτυξη και στην ενεργειακή επάρκεια της χώρας, είναι λίγο πολύ γνωστή σε όλους. Παρά τις επιφυλάξεις που υπάρχουν και πρέπει να υπάρχουν όταν γίνονται σοβαρές παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον, δεν αμφισβητείται ότι τα φράγματα -στις περισσότερες των περιπτώσεων- ομόρφυναν τη φύση και δημιούργησαν νέες, βελτιωμένες οικολογικές ισορροπίες.

Τα φράγματα, είναι συνήθως έργα πολλαπλού σκοπού. Πρόκειται για εξαιρετικά μεγάλες επενδύσεις και για το λόγο αυτό η βέλτιστη χρήση τους είναι ένα ζήτημα πολύ σημαντικό για την οικονομία της χώρας, αλλά και για την ανάπτυξη νέων υδραυλικών εγκαταστάσεων πολλαπλών χρήσεων. Αυτό όμως προϋποθέτει, εκτός των άλλων, τον καθορισμό της μεθοδολογίας με την οποία θα προσεγγιστεί το δυσεπίλυτο πρόβλημα του καταμερισμού του κόστους στους επιμέρους χρήστες. Μια χρήσιμη και κατατοπιστική προσέγγιση του προβληματισμού αυτού, ο οποίος για τους περισσότερους δεν είναι ορατός με την πρώτη ματιά, επιχειρείται με το κείμενο που ακολουθεί. Ταυτόχρονα δίδονται χρήσιμες πληροφορίες για την κατανόηση της πραγματικής φύσης και σημασίας αυτών των τόσο σημαντικών έργων. Το πόση μεγάλη σημασία έχει το νερό στη ζωή μας δεν χρειάζεται να τονιστεί. Το ζήτημα τίγεται με σκοπό να κατανοηθεί η πολυπλοκότητα της διαχείρισης του υδροδυναμικού της χώρας, που η βέλτιστη αξιοποίησή του απαιτεί ορθολογική εκμετάλλευση των υδροηλεκτρικών έργων ώστε παράλληλα με την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας να ικανοποιούνται και οι διάφορες άλλες ανάγκες.

Είναι γεγονός ότι οι υδάτινοι πόροι εξαντλούνται λόγω της ραγδαίας αύξησης των καταναλώσεων, που απορρέει από τη μεγάλη οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη των λαών. Σε κάθε χώρα μελετώνται πλαίσια για την ολοκληρωτική και πολλαπλή αξιοποίηση των γλυκών νερών που διατίθενται. Παλαιότερα, για τις αρδεύσεις χρησιμοποιούνταν τα νερά των ποταμών που όμως, το ακανόνιστο των παροχών τους κυρίως κατά τους ξηρούς μήνες που αναπτύσσονται και οι περισσότερες καλλιέργειες, δημιουργούσε μεγάλες ελλείψεις. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων του είδους αυτού, άρχισαν να κατασκευάζονται στη διάρκεια του 19ου αιώνα -με την εξέλιξη της τεχνικής- φράγματα και τεχνητές λίμνες.

## **7.5 Τεχνικοί Παράμετροι και Λειτουργικά Χαρακτηριστικά ΥΗΣ πολλαπλού σκοπού.**

Πρέπει να τονιστεί ότι, για ορισμένες χρήσεις, όπως είναι για παράδειγμα η οικιακή χρήση, το νερό είναι αναντικατάστατο. Σε άλλες περιπτώσεις όμως μπορεί εν μέρει να αντικατασταθεί αλλά με κάποιο κόστος. Η επιφάνεια των αρδευόμενων εκτάσεων μπορεί να μειωθεί και η γεωργική παραγωγή να αναπληρωθεί από παραγωγή άλλων περιοχών ή από ξερικές καλλιέργειες. Ακόμη, η υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας μπορεί να αντικατασταθεί με θερμοηλεκτρική. Σε κάθε περίπτωση όμως το νερό μπορεί να χρησιμοποιείται όχι μόνον για κατανάλωση, αλλά να έχει διαδοχικές ή ταυτόχρονες χρήσεις για διαφορετικούς σκοπούς. Η ρύθμιση της παροχής των ποταμών που στοχεύει στην άμβλυνση των μεταβολών των φυσικών παροχών, είναι γενικά ένα σοβαρό πλεονέκτημα για όλες τις χρήσεις. Τις περισσότερες φορές κατά την πολλαπλή χρήση των υδάτων υπάρχουν αντιτιθέμενες επιδιώξεις και η ικανοποίηση όλων αυτών των χρήσεων είναι συνήθως ένα οξύ πρόβλημα. Ιδίως σε περιπτώσεις που υπάρχει ανεπάρκεια νερού θα πρέπει να συντονίζονται όλοι οι ενδιαφερόμενοι και κατά τη συνεργασία τους να κυριαρχεί η φρόνηση. Προφανώς, στο οικονομικό επίπεδο, θα πρέπει το κόστος κατασκευής και λειτουργίας να επιμερίζεται σε όλους. Οι χρήσεις νερού που συνδυάζονται με την παραγωγή ενέργειας είναι: ύδρευση, βιομηχανική χρήση (ψύξη, κλιματισμός), άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία, ποτάμιες μεταφορές, αλιεία και αναψυχή. Ο καθορισμός της προτεραιότητας στις διάφορες χρήσεις είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως: ανάπτυξη, προτεραιότητες της χώρας, γεωγραφική θέση, μοντέλα ανάπτυξης κ.ά. Στη χώρα μας τα φράγματα εξυπηρετούν κυρίως την ύδρευση, άρδευση και αντιπλημμυρική προστασία.

## **7.6 Διαχείριση των Ταμιευτήρων.**

Τόσο από τις μετρήσεις όσο και από την εμπειρία μας στην εκμετάλλευση διαπιστώνεται ότι η δυτική πλευρά της Ελλάδας έχει διπλάσια έως τριπλάσια ποσότητα κατακρημνίσεων σε σχέση με την ανατολική πλευρά. Είναι ένα δεδομένο που πρέπει να λάβουμε υπόψη στις αποφάσεις για την κατασκευή των φραγμάτων, για την εκμετάλλευσή τους αλλά και γενικότερα για την σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Η υγρή περίοδος στην Ελλάδα διαρκεί από την αρχή Οκτωβρίου μέχρι το τέλος Μαΐου όταν ολοκληρώνεται το λιώσιμο των αποθεμάτων χιονιού στις ορεινές περιοχές των λεκανών απορροής. Η στρατηγική της ΔΕΗ Α.Ε., όσον αφορά στα αποθέματα νερού στους ταμιευτήρες των φραγμάτων, είναι να βρίσκονται στο μέγιστο στην αρχή της θερινής (ξηρής) περιόδου ώστε να καλύπτονται οι αυξημένες ανάγκες. Αναφέρεται ενημερωτικά ότι η συνολική ειδική κατανάλωση για την παραγωγή μιας kWh είναι περίπου 2m<sup>3</sup>. Οι ταμιευτήρες ανάλογα την χωρητικότητά τους σε σχέση με το ισοζύγιο της λεκάνης απορροής και τον τρόπο που χρησιμοποιούνται στην εκμετάλλευση διακρίνονται σε: Ετήσιους, Εβδομαδιαίους, Ημερήσιους και Αναρρύθμισης. Ο ετήσιος ταμιευτήρας σε μια αλυσίδα φράγματος ενός ποταμού έχει μεγάλη χωρητικότητα. Η διακύμανση της στάθμης του είναι σημαντική λόγω των μεγάλων ποσοτήτων νερού που αποθηκεύονται. Επίσης, ο ταμιευτήρας αυτός χρησιμεύει για την ανάσχεση των πλημμυρών και την τροποποίηση της διαίτας του ποταμού. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι των Κρεμαστών (Αχελώος), του Πολυφύτου (Αλιάκμονας), του Λάδωνα, του Πουρναρίου I, (Αραχθός), των Πηγών Αώου (Αώος), του Ν. Πλαστήρα (Ταυρωπός) και του Θησαυρού (Νέστος). Ο εβδομαδιαίος ταμιευτήρας βρίσκεται συνήθως αμέσως μετά τον ετήσιο. Έχει μικρή σχετικά χωρητικότητα και διακύμανση στάθμης μέχρι 5 μέτρα περίπου. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Καστρακίου (Αχελώος) και της Σφηκιάς (Αλιάκμονας). Ο ημερήσιος ταμιευτήρας έχει μικρή χωρητικότητα που επαρκεί να αποθηκεύσει τις εισροές το πολύ για μία ημέρα, όταν λειτουργεί ο προηγούμενος σταθμός. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Στράτου (Αχελώος), των Ασωμάτων (Αλιάκμονας), της Πλατανόβρυσης (Νέστος) και του Αγρα (Βόδας). Ο ταμιευτήρας αναρρύθμισης είναι μικρής χωρητικότητας. Αποθηκεύεται νερό για λίγες ώρες ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες των άλλων χρήσεων (ύδρευση, άρδευση, περιβάλλον) χωρίς να αιτείται η λειτουργία των ανάντη σταθμών κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν η λειτουργία είναι ασύμφορη διότι η αξία της kWh είναι μειωμένη. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Στράτου (Αχελώος), της Αγ. Βαρβάρας (Αλιάκμονας) και του Ν. Πλαστήρα (Ταυρωπός).

## **7.7 Προτάσεις για την ορθή διαχείριση των ΥΗΣ.**

Για τα φράγματα πολλαπλού σκοπού, όλοι οι κοινωνικοί εταίροι που θα ωφεληθούν θα πρέπει να συμβάλλουν στην υλοποίηση και στη διαχείριση τους έτσι ώστε οι σχετικές δαπάνες να κατανεμηθούν ανάλογα. Επομένως, για ένα καλύτερο επενδυτικό περιβάλλον ο Δημόσιος Τομέας θα πρέπει να αναλάβει τις υποχρεώσεις που του αναλογούν για τα οφέλη (κατανομή του κόστους στους χρήστες) έτσι ώστε το ενεργειακό μέρος να αποτελέσει μια βιώσιμη οικονομικά επένδυση. Για ορισμένες χρήσεις το νερό είναι αναντικατάστατο (π.χ. οικιακές καταναλώσεις), αλλά σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να αντικατασταθεί μερικά με κάποιο επιπρόσθετο κόστος. Για παράδειγμα, η επιφάνεια των αρδευόμενων εκτάσεων μπορεί να μειωθεί και οι σχετικές γεωργικές καλλιέργειες να αναπληρωθούν από ξερικές καλλιέργειες. Επισημαίνεται ότι η ρύθμιση της παροχής των ποταμών που στοχεύει στην άμβλυνση των μεταβολών των φυσικών παροχών αποτελεί γενικά ένα σοβαρό πλεονέκτημα για όλες τις χρήσεις. Τις περισσότερες φορές για την πολλαπλή χρήση των υδάτων υπάρχουν αντιτιθέμενες επιδιώξεις και η ικανοποίηση τους αποτελεί συνήθως ένα οξύ πρόβλημα. Η τάση επηρεασμού της εκμετάλλευσης των φραγμάτων σύμφωνα με τις προτεραιότητες που

έχει ο κάθε χρήστης σπάνια οδηγεί στη βέλτιστη συνολική χρήση. Επομένως, είναι αναγκαίο να καθοριστούν τα κριτήρια κατανομής του κόστους εκμετάλλευσης τους στις διαφορετικές και επί μέρους χρήσεις. Ο καθορισμός της προτεραιότητας στις διάφορες χρήσεις είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως ανάπτυξη, προτεραιότητες της χώρας, γεωγραφική θέση, κλπ. Το ελάχιστο κόστος συντήρησης και η μεγάλη διάρκεια ζωής των φραγμάτων είναι παράμετροι που τα καθιστούν ελκυστικά αλλά σε μακροχρόνιο ορίζοντα.

Η ρύθμιση του θεσμικού πλαισίου που θα έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη των Μεγάλων φραγμάτων είναι αναγκαία για την ανάπτυξη του υδατικού δυναμικού της χώρας, περιλαμβάνοντας όλους τους αναγκαίους όρους για έργα πολλαπλού σκοπού. Τα σχέδια διαχείρισης υδατικών πόρων πρέπει να επισπευσθούν και να ολοκληρωθούν, ώστε η αξιοποίηση του δυναμικού τους να μην συναντά δυσκολίες με καθυστερήσεις και πρόσθετες δαπάνες. Ο Δημόσιος Τομέας και οι Οργανισμοί που αναπτύσσουν υδραυλικά έργα για άρδευση και ύδρευση πρέπει να συμπεριλαμβάνουν και την υδροηλεκτρική αξιοποίηση στα έργα ή ακόμη και τη δυνατότητα για αντλητικά φράγματα. Τα μικρά φράγματα συνήθως σχεδιάζονται ως υδροηλεκτρικοί σταθμοί ροής και παρουσιάζουν μια απλότητα στη σχεδίαση και κατασκευή εξασφαλίζοντας χαμηλό κόστος επένδυσης και παραγωγής. Όμως, εξετάζοντας τα μεγάλα μεγέθη ισχύος (10MW ή 15MW), θα πρέπει να διερευνάται επαρκώς η δυνατότητα κατασκευής ταμιευτήρα έτσι ώστε το έργο να λειτουργεί πιο παραγωγικά στις περιόδους των ημερησίων αιχμών της ζήτησης φορτίου και να λειτουργεί ως έργο πολλαπλού σκοπού με πολλαπλά οφέλη. Η κατασκευή του ταμιευτήρα συγκρατεί τις πλημμυρικές παροχές που σημαίνει ότι το σχετικό όφελος αυξάνεται. Μια ρύθμιση του τιμολογίου αγοράς της ηλεκτρικής ισχύος για εγγυημένη ισχύ και ενέργεια στη ζώνη υψηλής ζήτησης που ανταποκρίνεται στους όρους της αγοράς θα αποτελούσε κίνητρο για τη σχεδίαση και κατασκευή ταμιευτήρων στα μικρά φράγματα. Στην περίπτωση που αυτό μπορεί να σχεδιασθεί ως έργο πολλαπλού σκοπού οι κοινωνικοί εταίροι που θα ωφεληθούν θα πρέπει να συμβάλλουν στην υλοποίηση των έργων και στη διαχείρισή τους. Μια άλλη πλευρά της πολλαπλής ωφελιμότητας των ΥΗΕ που καθίσταται ολοένα και περισσότερο επίκαιρη, είναι η δυνατότητα που προσφέρουν για κατάλληλη μίξη με τις άλλες ΑΠΕ (π.χ. αιολική και ηλιακή ενέργεια).

Τα υδραυλικά έργα για άρδευση και ύδρευση μπορούν να συνδυαστούν με την υδροηλεκτρική εκμετάλλευση και την άντληση. Αυτό σημαίνει ότι η δημιουργία ταμιευτήρων και η ενίσχυση των Υδροηλεκτρικών Έργων πολλαπλής σκοπιμότητας αποτελεί βασική προτεραιότητα για τη Χώρα μας, η οποία είναι μία Μεσογειακή χώρα που δοκιμάζεται πολλές φορές από περιόδους παρατεταμένης ξηρασίας. Για την απρόσκοπτη ανάπτυξη των Υδροηλεκτρικών Έργων, παράλληλα με τη βελτίωση και συμπλήρωση του θεσμικού πλαισίου, χρειάζεται η ευρεία ενημέρωση και συμμετοχή των τοπικών κοινωνιών στα οφέλη που προσφέρουν τα Υδροηλεκτρικά Έργα πολλαπλού σκοπού μακροπρόθεσμα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Παπαδόπουλος Μ., Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές.
2. Public Power Corporation - Glafkos Hydroelectric Project, Supply and installation of a New Hydroelectric Unit and Uprating and Refurbishment of the Existing unit, Hydroelectric Projects Development Department (Τεχνικές Σημειώσεις Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου)
3. Παπανίκας Δ., *Ρευστοδυναμικές Μηχανές και Εγκαταστάσεις I*, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών
4. Παπανίκας Δ., *Ρευστοδυναμικές Μηχανές και Εγκαταστάσεις II*, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών



5. Λέρης Γ., *ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2006 Διεθνές Συνέδριο «ENERGYTEC 2006» & 1<sup>η</sup> Διεθνής Έκθεση: Μορφές & Διαχείριση Ενέργειας*, 23-26 Νοεμβρίου 2006, Εκθεσιακό Κέντρο HELEXPO Palace
6. [http://en.wikipedia.org/wiki/Francis\\_turbine](http://en.wikipedia.org/wiki/Francis_turbine)
7. [http://en.wikipedia.org/wiki/Pelton\\_wheel](http://en.wikipedia.org/wiki/Pelton_wheel)
8. [http://www.cres.gr/kape/pdf/press/MYD\\_KAPE.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/press/MYD_KAPE.pdf)
9. Αργυράκης, Ι. (χ.χ.) *Εκμετάλλευση των Υδροηλεκτρικών Σταθμών ως Έργων Πολλαπλού Σκοπού*. Διαθέσιμο στο: [http://library.tee.gr/digital/m2380/m2380\\_argirakis.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2380/m2380_argirakis.pdf) [Πρόσβαση στις 29 Σεπτεμβρίου 2009].
10. ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε., <http://www.ppcr.gr>.
11. Δημόπουλος, Δ., Στεφανάκος, Ι (2008). Υπερχειλιστές και εκκενωτές πυθμένα στα τέσσερα παλαιότερα φράγματα της ΔΕΗ από σκυρόδεμα. Στο: 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, ΤΕΕ, ΤΕΕ – Τμ. Κεντρ. & Δυτικής Θεσσαλίας, 13-15 Νοεμβρίου, 2008: Λάρισα. Διαθέσιμο στο: [http://library.tee.gr/digital/m2354/m2354\\_contents.htm](http://library.tee.gr/digital/m2354/m2354_contents.htm), [Πρόσβαση στις 21 Δεκεμβρίου 2009].
12. Παπαντώνης Δ. (2001). *Μικρά υδροηλεκτρικά έργα*, ΕΜΠ, Αθήνα
13. Εργαστηριακές σημειώσεις Στροβιλομηχανών, Γιανναδάκη Αθανασίου
14. “Διερεύνηση Υδραυλικής Συμπεριφοράς Υπερχειλιστή Φράγματος Αστερίου Μέσω Εργαστηριακών Ομοιωμάτων”, ΥΠΕΧΩΔΕ.
15. Δημητρακόπουλος και Χατζηθεοδόρου Χ. (2001), “Στοιχεία Υδραυλικής”, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Πατρών.
16. Μπέλλος Κ. (2005): “Στοιχεία τεχνικής υδρολογίας”, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη.
17. Μελέτη (2003): “Υδρευση Πάτρας από τους Ποταμούς Πείρο και Παραπείρο. Οριστική Μελέτη Φραγμάτων Αστερίου Βαλμαδούρας και Μελέτη Αγωγού Προσαγωγής”, τεχνική έκθεση, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.