

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ
ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΩΝ “ΑΧΕΛΩΟΥ” – “ΓΛΑΥΚΟΥ”**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΑΝΤΑΖΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΚΟΥΡΑΣ ΕΥΓΕΝΙΟΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ**

ΠΑΤΡΑ 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στη συγκριτική μελέτη τεχνικών χαρακτηριστικών μεταξύ των σταθμών του υδροηλεκτρικού συγκροτήματος Αχελώου και του ΥΗΣ “Γλαύκου”. Επίσης μέσα από αυτή την σύγκριση γίνεται αναφορά στις δυνατότητες αναβάθμισης του ΥΗΣ “Γλαύκου”.

Στην αρχή γίνεται περιγραφή των υδροστροβίλων και συγκεκριμένα στους τύπους και τη λειτουργία τους. Επίσης επισημαίνεται η λειτουργία των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων και η εκμετάλλευσή τους. Ακολουθεί μια μικρή αναφορά στους διεθνείς ΥΗΣ και στη συνέχεια περιγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των σταθμών του υδροηλεκτρικού συγκροτήματος Αχελώου και του ΥΗΣ “Γλαύκου”. Τέλος μελετάται ο εκσυγχρονισμός και αναβάθμιση των εγκαταστάσεων του “Γλαύκου” συγκριτικά με τον ΥΗΣ Στράτος Ι.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ευγένιο Σκούρα, Επιστημονικό συνεργάτη του Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που προσέφερε για την πραγματοποίηση της εργασίας και τέλος τον κ. Σπύρο Σπυριδόπουλο και κ. Δημήτριο Λουκά, Προϊστάμενο του σταθμού “Γλαύκου” για τις απαραίτητες πληροφορίες και στοιχεία του Υδροηλεκτρικού Συγκροτήματος Αχελώου και ΥΗΣ “Γλαύκου” αντίστοιχα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στη συγκριτική μελέτη τεχνικών χαρακτηριστικών μεταξύ υδροηλεκτρικών στροβιλομηχανών “Αχελώου” – “Γλαύκου”. Ο Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός “Γλαύκου” έχει πολύ μικρή απόδοση σε σύγκριση με τους σταθμούς του Υδροηλεκτρικού Συγκροτήματος Αχελώου. Μια περαιτέρω αναβάθμισή του θα οδηγούσε σε μεγαλύτερη εκμετάλλευση της υδροηλεκτρικής ενέργειας και κατ’ επέκταση θα είχε μεγαλύτερη παραγωγή.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε έξι κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους υδροστροβίλους και ειδικότερα στους τύπους που διακρίνονται, οι οποίοι είναι υδροστροβίλοι δράσεως και αντιδράσεως. Στη συνέχεια ακολουθεί περιγραφή της λειτουργίας τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσεται η διάταξη που έχει μια υδροηλεκτρική εγκατάσταση με τα επιμέρους τμήματα. Επίσης επισημαίνεται η εκμετάλλευσή τους και ιδιαίτερα των ταμιευτήρων ως έργα πολλαπλού σκοπού. Εν συνεχεία ακολουθεί διάκριση των φραγμάτων με βάση τα υλικά κατασκευής και γεωμετρίας τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους διεθνείς ΥΗΣ. Αρχικά αναφέρεται ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός που άρχισε να παράγει ενέργεια με τη χρήση ενός μικρού υδρο-στροβιλοκινητήρα και μιας ηλεκτρογεννήτριας τύπου “Κ” του Edison. Επίσης ακολουθεί μια περιγραφή των μεγάλων και σύγχρονων υδροηλεκτρικών έργων όπως είναι το Hoover Dam, το Itaipu Dam και το Three Gorges Dam.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των σταθμών του Υδροηλεκτρικού Συγκροτήματος Αχελώου. Η αξιοποίηση του ποταμού Αχελώου και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται από τους ΥΗΣ Κρεμαστών, Καστρακίου, Στράτος Ι και Στράτος ΙΙ. Οι σταθμοί παραγωγής των ανωτέρων υδροηλεκτρικών λειτουργούν με μονάδες Francis και δίνουν ισχύ 440 MW, 320 MW, 150 MW και 6.7 MW αντίστοιχα. Επίσης λόγω του μεγάλου όγκου του ταμιευτήρα η παροχή φθάνει και τα 4000 m³/sec.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στον υδροηλεκτρικό σταθμό του “Γλαύκου”. Γίνεται μια μικρή ιστορική αναδρομή στο έργο και εν συνεχεία ακολουθεί η τεχνική περιγραφή του. Συγκεκριμένα πρόκειται για φράγμα από σπλισμένο σκυρόδεμα, ο εκχειλιστής του οποίου αποτελείται από δύο τμήματα, ένα αυτόματο και ένα χειροκίνητο. Ο σταθμός παραγωγής του ΥΗΣ “Γλαύκου” αποτελείται από μια μονάδα Francis 2.3 MW και μια μονάδα Pelton 1.8 MW.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μελέτη εκσυγχρονισμού και αναβάθμισης των εγκαταστάσεων του “Γλαύκου”. Αρχικά για την επίτευξη μεγαλύτερης παροχής γίνεται προσθήκη άλλων δύο υπερχειλιστών με σκοπό την αύξηση της επιφάνειας υπερχείλισης. Κατόπιν μελετάται η αντικατάσταση της μονάδας Pelton με άλλη μία Francis 2.3 MW και το κόστος που έχει και τέλος η αντικατάσταση και των δύο μονάδων με δύο Francis 4.6 MW, συν. Ισχύος 9.2 MW και το κόστος που έχει.

Τα σπουδαιότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα Εργασία είναι (α) Η υδροηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ΥΗΣ του συγκροτήματος Αχελώου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που παράγει ο μικρός ΥΗΣ “Γλαύκου” και (β) Ο ΥΗΣ “Γλαύκου” είναι δυνατόν να εκσυγχρονιστεί με αντικατάσταση του υδροστροβίλου Pelton με άλλη μία μονάδα Francis 2.3 MW, αλλά και με αντικατάσταση και των δύο μονάδων, με δύο Francis 4.6 MW, συν. ισχύος 9.2 MW, το οποίο όμως θα είχε μεγάλο κόστος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

| | |
|--|---|
| 1. Ιστορική αναδρομή..... | 1 |
| 2. Διάκριση μεταξύ μικρών και μεγάλων ΥΗΕ..... | 1 |
| 3. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα ΥΗΕ..... | 3 |

1. ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΟΙ

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1.1 Ορισμός..... | 5 |
| 1.2 Τύποι υδροστροβίλων..... | 5 |
| 1.2.1 Υδροστρόβιλοι Δράσεως..... | 6 |
| 1.2.1.1 Υδροστρόβιλος Pelton..... | 6 |
| 1.2.2 Υδροστρόβιλοι Αντιδράσεως..... | 8 |
| 1.2.2.1 Υδροστρόβιλος Francis..... | 9 |
| 1.2.2.2 Υδροστρόβιλος Kaplan..... | 11 |

2. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

| | |
|---|----|
| 2.1 Υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις..... | 13 |
| 2.2 Διαχείριση του νερού των ταμιευτήρων των ΥΗΣ..... | 14 |
| 2.3 Είδη ταμιευτήρων..... | 14 |
| 2.4 Οι ΥΗΣ ως έργα πολλαπλού σκοπού..... | 15 |
| 2.5 Φράγματα..... | 17 |
| 2.5.1 Άκαμπτα φράγματα (βαρύτητας, αντηριδωτά, τοξωτά)..... | 19 |
| 2.5.2 Φράγματα επιχώσεως (χωμάτινα, λιθόρριπτα)..... | 20 |

3. ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΥΗΣ

| | |
|--|----|
| 3.1 Ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός..... | 25 |
| 3.2 Σύγχρονα φράγματα..... | 27 |
| 3.2.1 Φράγμα Hoover..... | 27 |
| 3.2.2 Φράγμα Itaipu..... | 32 |
| 3.3 Τελευταίο μεγάλο έργο..... | 37 |
| 3.3.1 Φράγμα Three Gorges..... | 37 |

4. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΑΧΕΛΩΟΥ

| | |
|---|----|
| 4.1 Υδροηλεκτρικός σταθμός Κρεμαστών..... | 44 |
| 4.1.1 Περιγραφή του έργου..... | 45 |
| 4.1.2 Τομή στροβίλου – γεννήτριας (μονάδας)..... | 48 |
| 4.1.3 Σχηματική διάταξη εγκαταστάσεων υδροηλεκτρικού σταθμού Κρεμαστών..... | 51 |
| 4.1.4 Συνεισφορά του ΥΗΣ Κρεμαστών στη συνολική παραγωγή ενέργειας..... | 54 |
| 4.2 Υδροηλεκτρικός σταθμός Καστρακίου..... | 55 |
| 4.2.1 Τεχνική περιγραφή του έργου..... | 56 |
| 4.2.2 Τομές φράγματος και σταθμού..... | 65 |

| | |
|--|----|
| 4.3 Υδροηλεκτρικό έργο Στράτου..... | 68 |
| 4.3.1 Τεχνική περιγραφή του έργου..... | 68 |
| 4.3.2 Ταμιευτήρας και φράγμα..... | 69 |
| 4.3.3 Εκτροπή του ποταμού..... | 69 |
| 4.3.4 Συγκρότημα εκχειλιστή..... | 70 |
| 4.3.5 Σύστημα προσαγωγής..... | 70 |
| 4.3.6 Σταθμός παραγωγής – ΥΗΣ Στράτος Ι..... | 70 |
| 4.3.7 Υποσταθμός ζεύξης..... | 71 |
| 4.3.8 Σήραγγες και Διώρυγα φυγής..... | 71 |
| 4.3.9 Μικρός ΥΗΣ Στράτος ΙΙ..... | 71 |
| 4.3.10 Βοηθητικά έργα..... | 72 |
| 4.4 Πλημμύρα Αχελώου..... | 74 |

5. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ “ΓΛΑΥΚΟΥ”

| | |
|--|----|
| 5.1 Η ιστορία του ΥΗΣ “Γλαύκου”..... | 81 |
| 5.2 Τεχνική περιγραφή ΥΗΣ “Γλαύκου”..... | 82 |
| 5.2.1 Ταμιευτήρας..... | 82 |
| 5.2.2 Φράγμα..... | 82 |

6. ΜΕΛΕΤΗ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ “ΓΛΑΥΚΟΥ”

| | |
|---|----|
| 6.1 Μέγιστη απόδοση / Μέγιστο Κόστος : ανανέωση ή αλλαγή υδροστροβίλου και σωληνώσεων..... | 89 |
| 6.2 Άμεση απόδοση / Ελάχιστο Κόστος : ανανέωση ή αλλαγή υδροστροβίλου, υπάρχουσες σωληνώσεις..... | 92 |

| | |
|---------------------------|----|
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 93 |
| ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ | 94 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ | 95 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 97 |

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

ω : γωνιακή ταχύτητα

acre : μονάδα μέτρησης των επιφανειών που ισούται με 4 στρέμματα

cu ft : κυβικά πόδια = 28.3 lit

ft : πόδια = 0.3048 m

H : ύψος

M : κινητήρια ροπή

mi : μίλια = 1.6 km

N : μηχανική ισχύς

sq mi : τετραγωνικά μίλια = 2.5 km²

yd : γιάρδα = 0.9144 m

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Δ.Ε.Η. = Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

Μ.Υ.Η.Σ. = Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός

Υ.Η.Σ. = Υδροηλεκτρικός Σταθμός

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η εκμετάλλευση της υδραυλικής ενέργειας ήταν γνωστή από τους αρχαίους χρόνους με τη χρήση των νερόμυλων. Η τεχνολογία των νερόμυλων δεν εξελίχθηκε ουσιαστικά μέχρι την εμφάνιση, στις αρχές του 19ου αιώνα, των πρώτων μηχανών που θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως υδροστρόβιλοι. Τα έργα αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας που κατασκευάστηκαν στις τελευταίες δεκαετίες του 19ου αιώνα ήταν μικρής ισχύος γιατί αυτό επέτρεπαν τα τεχνικά μέσα της εποχής. Σταδιακά, η αύξηση των ενεργειακών αναγκών, που συμβάδισε με τις τεχνολογικές προόδους και τα διαθέσιμα μέσα, επέτρεψε την κατασκευή όλο και μεγαλύτερων έργων μετατροπής της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική. Σημαντικός σταθμός στην αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας ήταν η ανάπτυξη των εφαρμογών του ηλεκτρισμού, μία μορφή ενέργειας της οποίας η μεταφορά από την θέση παραγωγής στην θέση της κατανάλωσης είναι σχετικά εύκολη. Έκτοτε το έργο αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας γίνεται Υδροηλεκτρικό, δηλ. η υδραυλική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική από τον υδροστρόβιλο και στην συνέχεια σε ηλεκτρική από την ηλεκτρική γεννήτρια που είναι συζευγμένη με αυτόν.

Στην Ευρώπη τουλάχιστον, οι δυο-τρεις δεκαετίες μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως η χρυσή περίοδος των μεγάλων ΥΗΕ επειδή η έντονη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδραυλικού δυναμικού έγινε με μονάδες μεγάλης ισχύος, μερικών εκατοντάδων MW η κάθε μία. Σε σύγκριση με τα μεγάλα ΥΗΕ, τα παλαιάς τεχνολογίας μικρά ΥΗΕ που ήδη υπήρχαν αποδείχθηκαν αντισοικονομικά (χαμηλός βαθμός απόδοσης και υψηλό κόστος παραγόμενης KWh) και σταδιακά εγκαταλείφθηκαν. Από την δεκαετία του 1980 περίπου παρατηρείται διεθνώς ένα έντονο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των μικρών ΥΗΕ που εκδηλώνεται είτε με την αξιοποίηση νέων μικρών υδατοπτώσεων είτε με την επανασχεδίαση και επανεξοπλισμό των μικρών ΥΗΕ που είχαν απομείνει ή εγκαταλειφθεί. Το διεθνές ενδιαφέρον για τα μικρά ΥΗΕ αντικατοπτρίζεται από την ανάπτυξη σημαντικού αριθμού κατασκευαστριών εταιρειών, τις περισσότερες φορές θυγατρικές των εταιρειών που κατασκευάζουν εξοπλισμό για τα μεγάλα ΥΗΕ, που ειδικεύονται στην κατασκευή τυποποιημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για τα νέας γενεάς μικρά ΥΗΕ.

2. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΗ ΜΙΚΡΩΝ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΩΝ ΥΗΕ

Θα πρέπει αρχικά να διευκρινισθεί ότι από πλευράς αρχής λειτουργίας, τόσο στη μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική και στη μετατροπή της τελευταίας σε ηλεκτρική, ένα μικρό ΥΗΕ δεν διαφέρει από ένα μεγάλο. Επίσης δεν

διαφέρουν ως προς το πλήθος και το είδος των επί μέρους έργων-τμημάτων από τα οποία απαρτίζεται ένα ΥΗΕ.

Ο χαρακτηρισμός ενός Υδροηλεκτρικού Έργου (ΥΗΕ) ως “μικρού” δεν αναφέρεται αποκλειστικά στην εγκατεστημένη ισχύ ή στις διαστάσεις των μονάδων αλλά σε ένα σύνολο χαρακτηριστικών, πολλά από τα οποία δεν είναι μετρήσιμα, δηλ. οι διαφορές μεταξύ μικρών και μεγάλων ΥΗΕ δεν είναι μόνο ποσοτικές αλλά κυρίως και ποιοτικές. Στα μεγάλα ΥΗΕ ο χαρακτηρισμός τους ως “μεγάλων” παραλείπεται ως εννοούμενος.

Ως μικρό χαρακτηρίζεται ένα Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ) όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μικρότερη των 10 MW, χωρίς η τιμή αυτή να αποτελεί ένα γενικά αποδεκτό όριο. Σημειώνεται ότι σε ορισμένες χώρες το όριο διάκρισης μεταξύ μεγάλων και μικρών ΥΗΕ ορίζεται στα 5 MW. Το ότι το όριο διάκρισης δεν είναι ιδιαίτερα σαφές οφείλεται στο ότι οι διαφορές τους δεν είναι τόσο ποσοτικές όσο ποιοτικές και αφορούν την επιλογή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, την διαμόρφωση και την εκμετάλλευση του ΥΗΕ. Όπως θα αναπτυχθεί στην συνέχεια, μία βασική διαφοροποίηση μεταξύ μικρών και μεγάλων ΥΗΕ έγκειται στην επιλογή και εγκατάσταση τυποποιημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού στην περίπτωση των μικρών ΥΗΕ. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τυποποίηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για τον εξοπλισμό μικρών ΥΗΕ φθάνει συνήθως μέχρι την ισχύ των 10 MW (αν και ορισμένες εταιρείες προσφέρουν τυποποιημένους υδροστροβίλους ον. ισχύος μέχρι 15 MW), φαίνεται ότι η τιμή αυτή αποτελεί το πλέον αποδεκτό όριο διάκρισης μεταξύ μικρών και μεγάλων ΥΗΕ, όπως άλλωστε δέχονται όλες οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το όριο διάκρισης μεταξύ μικρών και μεγάλων ΥΗΕ έχει σημασία και από πλευράς διαδικασιών και αδειοδοτήσεων καθώς για τα μικρά ΥΗΕ προβλέπονται διαδικασίες απλούστερες ενώ σε ορισμένες χώρες, όπως στην Ελλάδα, ένα μεγάλο ΥΗΕ δεν μπορεί να κατασκευασθεί παρά μόνο από την ΔΕΗ.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν και άλλες διακρίσεις: ως micro χαρακτηρίζεται ένα ΥΗΕ όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μικρότερη των 100 KW, ως mini όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μικρότερη από 1MW και ως μικρό όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μεταξύ του 1 MW και 10 MW. Τα όρια αυτά μεταξύ micro, mini και μικρής δεν είναι απόλυτα και υπάρχουν αποκλίσεις σε διάφορες χώρες καθώς συνδέονται κυρίως με τις διαδικασίες αδειοδότησης και τις προδιαγραφές σύνδεσης με το διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο.

Ένα μικρό ΥΗΕ δεν πρέπει να θεωρηθεί ως μικρογραφία ενός μεγάλου καθώς η προσέγγιση αυτή θα οδηγήσει σε οικονομική αποτυχία την επένδυση. Οι κύριες διαφορές μεταξύ μικρών και μεγάλων ΥΗΕ εντοπίζονται στην επιλογή και εγκατάσταση τυποποιημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού καθώς και στο πρόγραμμα εκμετάλλευσης το οποίο έχει άμεσο αντίκτυπο στην διάταξη και διαστασιολόγηση των διαφόρων στοιχείων που το απαρτίζουν.

Άλλοι παράγοντες ευνοϊκοί για την κατασκευή ενός μικρού ΥΗΕ είναι ότι μπορεί πιο εύκολα να συνδυασθεί με άλλες διευθετήσεις, π.χ. ύδρευση, άρδευση, οπότε θα ήταν δυνατόν να αξιοποιηθούν υπάρχοντα μικρά αρδευτικά φράγματα. Ακόμη, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρουν τα μικρά ΥΗΕ είναι πολύ

μικρότερες από αυτές των μεγάλων καθώς οι περισσότερες από αυτές οφείλονται στον σχηματισμό μεγάλου ανάντη ταμιευτήρα.

Μία άλλη διάκριση των ΥΗΕ αναφέρεται στο μέγεθος της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης H , η τιμή της οποίας εκφράζει την ανά μονάδα μάζας υδραυλική ενέργεια του νερού και την τάξη μεγέθους της στατικής πίεσης στον αγωγό προσαγωγής και το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου, ενώ από αυτή κυρίως εξαρτάται η επιλογή του τύπου του υδροστροβίλου. Διακρίνονται τρεις κατηγορίες:

- § μικρού ύψους όταν το H είναι μικρότερο των 20 m
- § μέσου ύψους, όταν $20 < H < 150$ m
- § μεγάλου ύψους όταν $H > 150$ m

Δεδομένου ότι η υδραυλική ισχύς είναι γινόμενο της παροχής του νερού και της υδραυλικής πτώσης γίνεται φανερό ότι το κόστος κατασκευής ενός μικρού ΥΗΕ είναι τόσο μικρότερο, και άρα η επένδυση τόσο πιο αποδοτική, όσο μεγαλύτερη είναι η υδραυλική πτώση H . Όμως κατά κανόνα οι μεγάλες υδραυλικές πτώσεις αναπτύσσονται σε ορεινές και απομακρυσμένες περιοχές οπότε ενδέχεται το κόστος των γραμμών μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας να είναι τόσο υψηλό ώστε να αντισταθμίζει το πλεονέκτημα του σχετικά χαμηλού κόστους του μικρού ΥΗΕ. Το αντίθετο συμβαίνει με τα μικρά ΥΗΕ μικρής υδραυλικής πτώσης: το ύψος της επένδυσης είναι αυξημένο όμως κατά κανόνα βρίσκονται κοντά σε πεδινές και κατοικήσιμες περιοχές οπότε το κόστος των έργων σύνδεσης με το διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο είναι μικρό.

Ακόμη τα ΥΗΕ χαρακτηρίζονται από το εάν το φράγμα σχηματίζει ταμιευτήρα (δεξαμενή αποθήκευσης) μεγάλου όγκου ή εάν ο σταθμός λειτουργεί κατά τον ρου του ποταμού, όπως κυρίως συμβαίνει στα έργα μικρού ύψους πτώσεως.

3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΗΕ

Ανάμεσα στα κυριότερα πλεονεκτήματα των ΥΗΕ θεωρούνται ότι:

1. οι υδατοπτώσεις είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και έτσι δεν αντιμετωπίζουν ορατό κίνδυνο εξαντλήσεώς τους, όπως αντιμετωπίζεται το ενδεχόμενο αυτό για τα συμβατικά καύσιμα
2. τα ΥΗΕ δεν έχουν απόβλητα ή κατάλοιπα, δεν μολύνουν το περιβάλλον και (ουσιαστικά) δεν αυξάνουν την θερμοκρασία του νερού των ποταμών
3. η κατασκευή τους συνδυάζεται συχνά και με άλλες διευθετήσεις όπως άρδευση, ύδρευση, ρύθμιση πλημμύρας, αλιεία, αναψυχή, κλπ.
4. το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και αντιστοιχεί ουσιαστικά στις αποσβέσεις του έργου. Το λειτουργικό κόστος των ΥΗΕ (το κόστος συντήρησης και προσωπικού) είναι μικρό

5. οι υδροστροβίλοι είναι στιβαρές και αξιόπιστες μηχανές που απαιτούν μικρή συντήρηση και επίβλεψη (ο προληπτικός έλεγχος γίνεται μετά από 5000 ώρες λειτουργίας περίπου) και για τον λόγο αυτό το προσωπικό των ΥΗΕ είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με την εγκατεστημένη ισχύ (περίπου 25 άτομα για ΥΗΕ συνολικής ισχύος 300 MW) ή ένας τεχνίτης για την επίβλεψη ενός μικρού ΥΗΕ
6. για τις ανάγκες κατασκευής του ΥΗΕ κατασκευάζονται έργα υποδομής (δρόμοι, γέφυρες) που βοηθούν στην αξιοποίηση απομακρυσμένων περιοχών
7. η διάρκεια ζωής των ΥΗΕ είναι μεγάλη, της τάξεως των 50 ετών για τα μεγάλα και 20-30 ετών για τα μικρά. Η διάρκεια ζωής τους μπορεί να γίνει μεγαλύτερη με ανανέωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.
8. το πλέον σημαντικό και αναντικατάστατο πλεονέκτημα των υδροηλεκτρικών έργων (ΥΗΕ) είναι η δυνατότητα πολύ γρήγορης παραλαβής και απόρριψης φορτίου έτσι ώστε να γίνεται δυνατή η παρακολούθηση της μεταβολής της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και η κάλυψη των αιχμών ζήτησης του διασυνδεδεμένου δικτύου. Τον ρόλο αυτό αναλαμβάνουν τα μεγάλης ισχύος υδροηλεκτρικά έργα αποθήκευσης, δηλ. αυτών των οποίων φράγμα δημιουργεί δεξαμενή (ταμιευτήρα) μεγάλης χωρητικότητας. Η δυνατότητα κάλυψης των αιχμών ισχύος του δικτύου είναι πολύ σημαντική από τεχνικής και οικονομικής άποψης επειδή η αξία της KWh αιχμής είναι πολλαπλάσια της αξίας της KWh βάσεως. Σ' αυτό ακριβώς το πλεονέκτημα των ΥΗΕ βασίζεται η κατασκευή αναστρέψιμων μονάδων οι οποίες κατά την διάρκεια της χαμηλής ζήτησης (νύχτα) λειτουργούν αντλώντας νερό από τον κάτω ταμιευτήρα προς τον άνω δηλ. αποταμιεύοντας ενέργεια την οποία είναι έτοιμα να αποδώσουν κατά τις ώρες αιχμής. Όπως θα αναπτυχθεί στην συνέχεια το χαρακτηριστικό αυτό έχουν μόνο τα μεγάλης ισχύος ΥΗΕ.

Ως μειονεκτήματα των ΥΗΕ θα μπορούσαμε να αναφέρουμε:

1. έχουν μεγάλη διάρκεια κατασκευής (της τάξεως των 5-10 ετών για μεγάλο ΥΗΕ και 1-2 χρόνια για μικρό ΥΗΕ) ενώ επίσης μεγάλη είναι η διάρκεια των μελετών και συλλογής-επεξεργασίας υδρολογικών και γεωλογικών κλπ. στοιχείων, τα οποία πρέπει να είναι τόσο πιο πλήρη και αξιόπιστα όσο μεγαλύτερο είναι το έργο
2. η ετήσια παραγωγή ενέργειας υφίσταται διακυμάνσεις που σχετίζονται με την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων)
3. έχουν πολύ υψηλό κόστος (της τάξεως των 2000-4000 €/KW) και γι' αυτό απαιτούν την διάθεση πολύ μεγάλων κεφαλαίων
4. η κατασκευή τους προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλων υδατοπτώσεων και μεγάλων παροχών. Για τον λόγο αυτό η θέση τους είναι πολλές φορές πολύ μακριά από την κατανάλωση με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται σημαντικά το κόστος κατασκευής τους από το κόστος των έργων μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

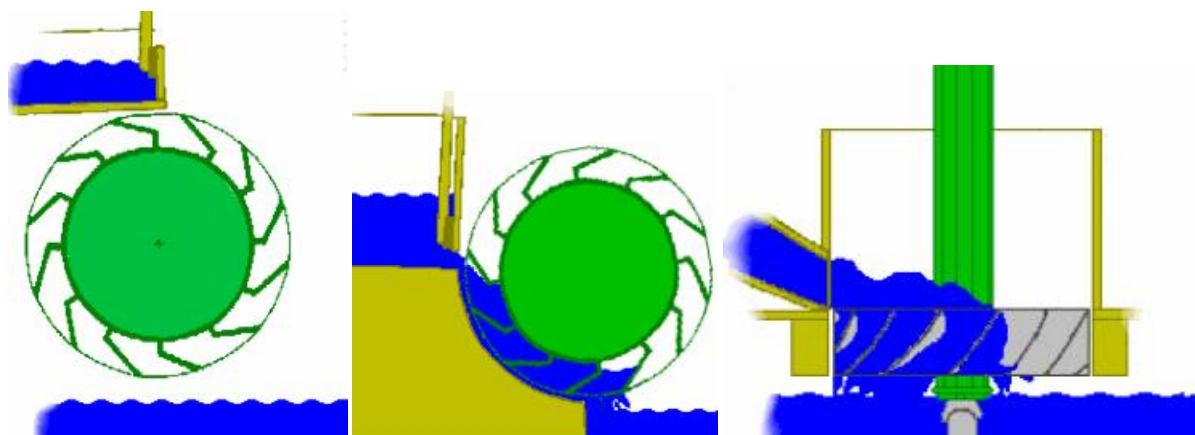
1. ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Ως υδροστρόβιλος ορίζεται η μηχανή που μετατρέπει την ενέργεια του υγρού (νερού) σε μηχανική ενέργεια μέσω συνεχούς ροής του υγρού και σταθερής περιστροφικής κίνησης. 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 ω 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 (Σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1 : Λειτουργία υδροστρόβιλων

1.2 ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

Οι υδροστρόβιλοι διακρίνονται σε υδροστρόβιλους δράσεως και σε υδροστρόβιλους αντιδράσεως, ανάλογα με τη διαδικασία που χρησιμοποιείται, προκειμένου να μετατραπεί το υδραυλικό ύψος και η παροχή 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 μόνο του δρομέα συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή.

Επίσης οι υδροστρόβιλοι κατηγοριοποιούνται σε υδροστροβίλους μεγάλου, μεσαίου και μικρού υδραυλικού ύψους, ανάλογα προφανώς με το μέγεθος του υδραυλικού ύψους.

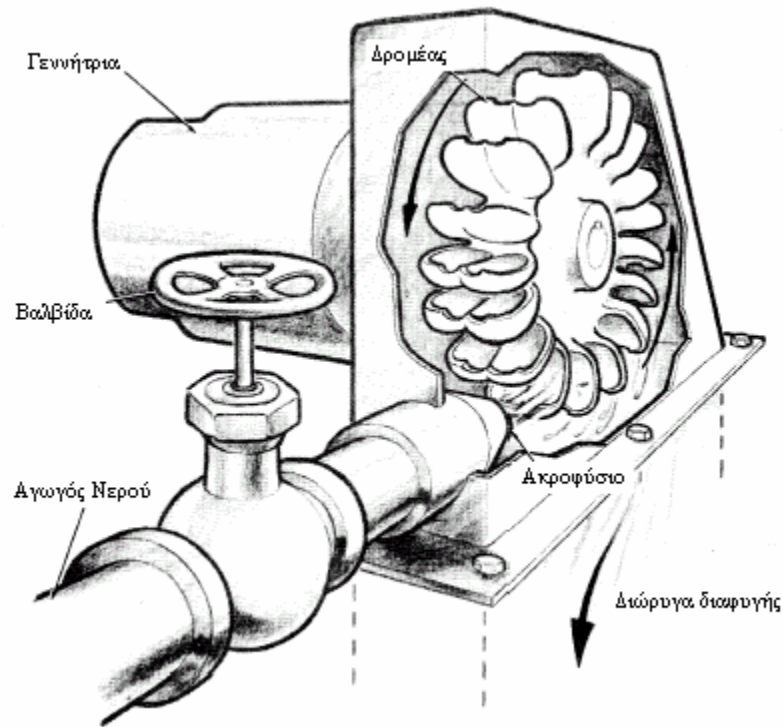
1.2.1 Υδροστρόβιλοι Δράσεως

Οι υδροστρόβιλοι δράσεως (U.S. Department of Energy, 1983) χρησιμοποιούνται συνήθως στις περιπτώσεις που έχουμε μεγάλο υδραυλικό ύψος και μικρή τιμή παροχής νερού. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι στην περίπτωση αυτή, η μεγάλη ταχύτητα του νερού (λόγω μεγάλου υδραυλικού ύψους), επικεντρώνει τη διαθέσιμη υδραυλική ισχύ σε μια μικρή περιοχή ροής. Έτσι, η συγκεντρωμένη αυτή ισχύς μετατρέπεται πιο αποδοτικά, αφού κατευθυνθεί μέσω ενός ή περισσότερων δέσμεων νερού που προσπίπτουν πάνω στο δρομέα, ο οποίος μειώνει σημαντικά την ταχύτητά τους. Η βέλτιστη απόδοση ενός υδροστροβίλου δράσεως προκύπτει όταν η ταχύτητα του δρομέα είναι περίπου ίση με τη μισή της ταχύτητας της δέσμης νερού, καθώς η τελευταία εγκαταλείπει το ακροφύσιο που την οδήγησε.

Ένα πλεονέκτημα των υδροστροβίλων δράσεως, σε σχέση με τους υδροστροβίλους αντιδράσεως, είναι το ότι εφόσον το υδραυλικό ύψος μετατρέπεται σε ταχύτητα στα ακίνητα ακροφύσια, δεν υπάρχει πτώση πίεσης στο δρομέα, οπότε δεν είναι απαραίτητη η στεγανοποίηση στα ανοίγματα μεταξύ του δρομέα και της στέγασης του στροβίλου. Το γεγονός αυτό καθιστά τους υδροστροβίλους δράσεως πιο απλούς στο να κατασκευαστούν και ταυτόχρονα πιο ανεκτικούς σε συνθήκες μη καθαρού νερού.

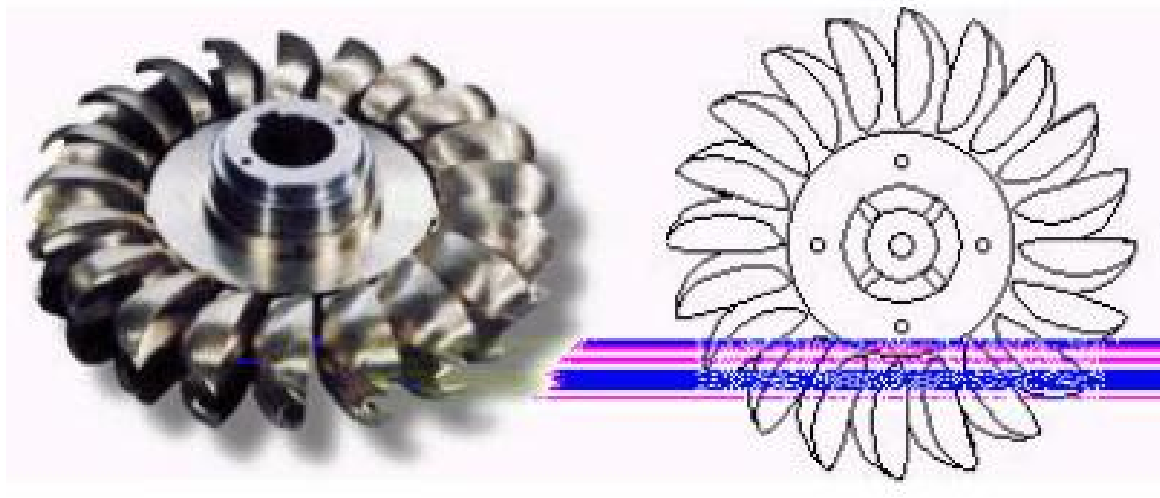
1.2.1.1 Υδροστρόβιλος Pelton

Ο υδροστρόβιλος Pelton πήρε το όνομα του από αυτό ενός εκ των δημιουργών του και είναι ο πιο γνωστός υδροστρόβιλος δράσεως. Το τμήμα εισόδου του αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια τροφοδοσίας, σκοπός των οποίων είναι η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική, μέσω του σχηματισμού μιας ή περισσότερων δέσμεων κυκλικής διατομής. Κάθε δέσμη προσπίπτει στο δρομέα, δίνοντας σε αυτόν μια ώθηση κατά την περιφερειακή διεύθυνση που δημιουργεί την κινητήρια ροπή. Ο δρομέας είναι τοποθετημένος πάνω από την ελεύθερη στάθμη του κάτω ταμειυτήρα νερού, και έτσι η δέσμη του νερού, μετά την πρόσπτωση της στο δρομέα, πέφτει στην ελεύθερη επιφάνεια της διώρυγας διαφυγής χάρη στη βαρύτητα (Σχήμα 1.2).



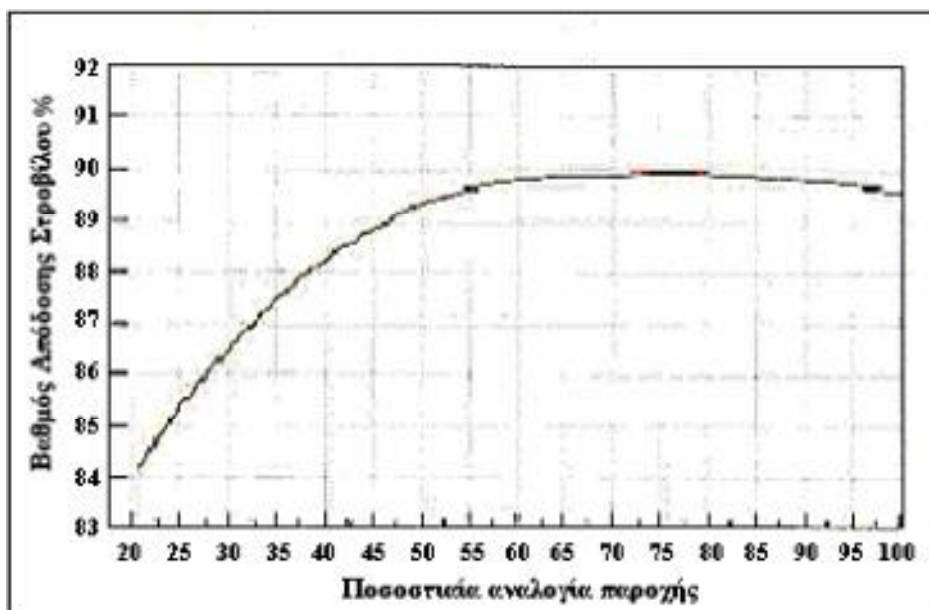
Σχήμα1.2 : Υδροστρόβιλος Pelton

Ο άξονας του δρομέα μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Στους υδροστρόβιλους Pelton πολλαπλών δέσεων είναι προτιμότερη η κατακόρυφη διάταξη του άξονα, ώστε όλα τα ακροφύσια να βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, χωρίς να παρενοχλείται η λειτουργία τους από τα απόβρατα των σκαφιδίων, που φέρει κατά την περιφέρειά του ο δρομέας Pelton (Σχήμα 1.3).



Σχήμα 1.3 : Δρομέας Υδροστρόβιλου Pelton

Σε βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας, με τη χρήση ενός υδροστροβίλου Pelton, μπορεί να επιτευχθεί βαθμός απόδοσης έως και 90% (Σχήμα 1.4).



Σχήμα 1.4 : Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Pelton μίας δέσμης υγρού

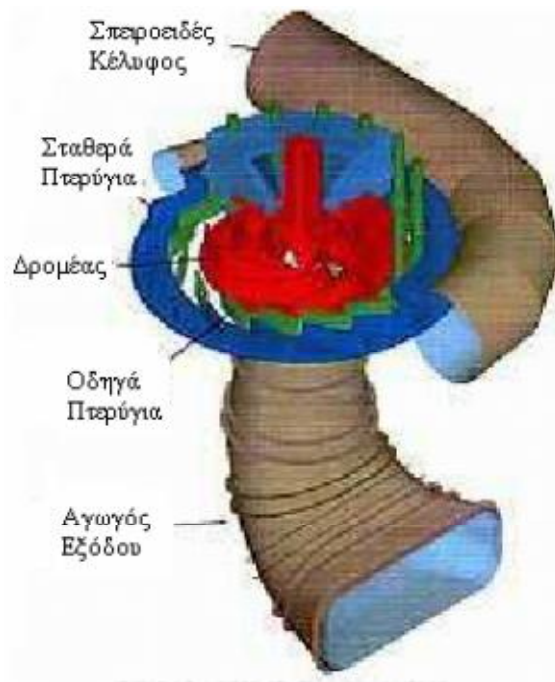
1.2.2 Υδροστρόβιλοι Αντιδράσεως

Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως (U.S.Department of Energy, 1983) ταιριάζουν καλύτερα σε σχέση με τους υδροστροβίλους δράσεως σε περιπτώσεις μικρότερου υδραυλικού ύψους και μεγαλύτερων τιμών παροχής νερού, αν και υπάρχουν αρκετές τέτοιες περιπτώσεις στην πράξη που και οι δύο τύποι μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Ένα πλεονέκτημα των υδροστροβίλων αντιδράσεως είναι ότι επιτυγχάνουν καλούς βαθμούς απόδοσης. Δυστυχώς όμως επιβάλλεται συνήθως σε αυτούς η στεγανοποίηση στα ανοίγματα μεταξύ του δρομέα και της στέγασης του στροβίλου, διότι λειτουργούν με εφαρμογή του υδραυλικού ύψους εγκάρσια στο δρομέα, και έτσι λόγω διαρροής, δημιουργείται σημαντική απώλεια ισχύος. Οπότε μπορεί οι επιδόσεις και η απόδοση τους να υποβαθμιστούν, αφού η άμμος και τα κατακάθια λάσπης προκαλούν μεγαλύτερη τριβή στη στεγάνωση, σε σχέση πάντα με τους υδροστροβίλους δράσεως.

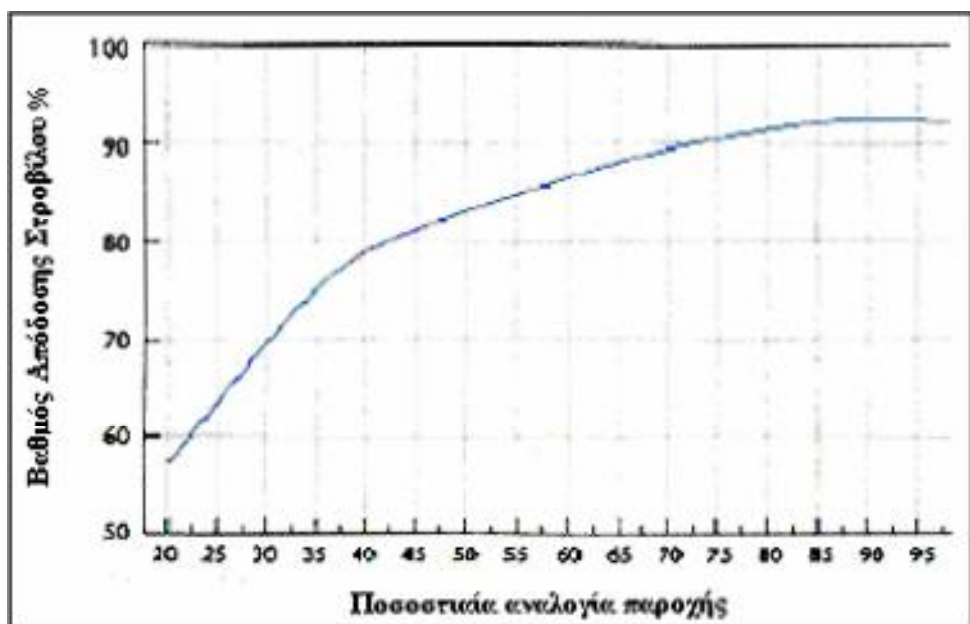
Πάντως σε γενικές γραμμές, για εφαρμογές μικρού υδραυλικού ύψους, οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως προσφέρουν μικρότερες διαμέτρους στροβίλου και μεγαλύτερες ταχύτητες περιστροφής, σε σχέση με τους παραδοσιακούς υδροστροβίλους δράσεως. Βέβαια το πλεονέκτημα αυτό του μικρότερου δρομέα,

με αυτόν τον τρόπο. Παλιότερα για παράδειγμα, τοποθετούσαν τον υδροστρόβιλο Francis στη βάση ενός ανοικτού αγωγού νερού ή ενός κουτιού (Σχήμα 1.6).



Σχήμα 1.6 : Υδροστρόβιλος Francis

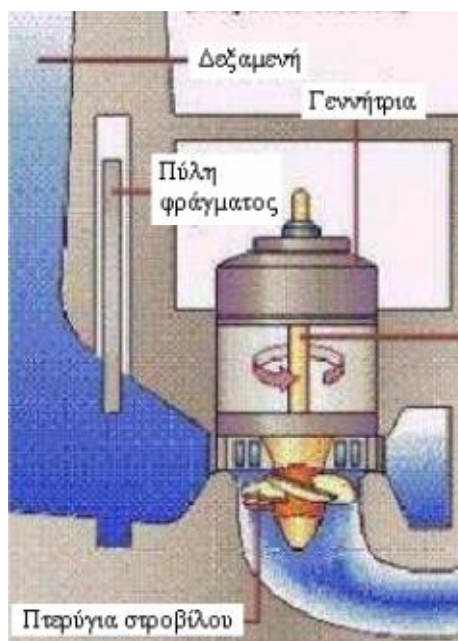
Οι υδροστρόβιλοι Francis μπορούν να τοποθετηθούν είτε οριζόντια είτε κάθετα και μπορούν να επιτύχουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης ακόμα και για παροχές ίσες με το 50% αυτής της σχεδίασης. Λόγω όμως του κόστους τους και της εξειδικευμένης τους σχεδίασης, δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για micro / pico υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις στο πρόσφατο παρελθόν (Σχήμα 1.7).



Σχήμα 1.7 : Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Francis

1.2.2.2 Υδροστρόβιλος Karlan

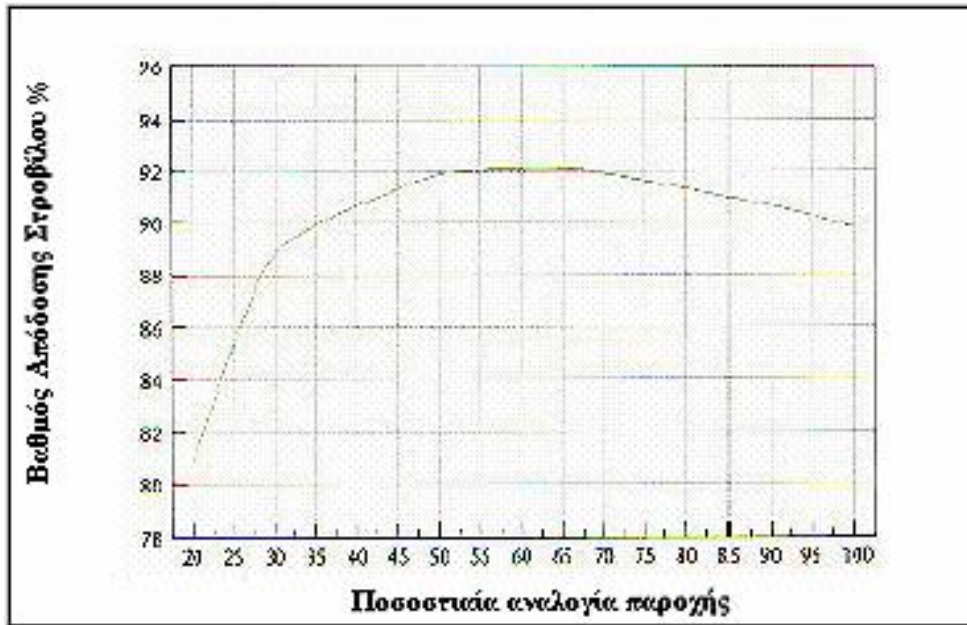
Πολλές φορές σε εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας γίνεται χρήση υδροστρόβιλων τύπου Karlan. Μεταβάλλοντας την κλίση όλων των πτερυγίων μαζί, με κατάλληλη ρύθμιση της πύλης φράγματος, παρέχεται η δυνατότητα διαχείρισης πολύ μεγάλου εύρους τιμών παροχής νερού, με ταυτόχρονη επίτευξη πολύ καλού βαθμού απόδοσης (Σχήμα 1.8).



Σχήμα 1.8 : Υδροστρόβιλος Karlan

Ο δρομέας Karlan αποτελεί εφεύρεση των αρχών του 20ου αιώνα και μπορεί να εγκατασταθεί μόνο με κάθετο προσανατολισμό. Η ειδική ταχύτητα των υδροστρόβιλων Karlan παίρνει πολύ μεγάλες τιμές, γεγονός που καθιστά εφικτή την απευθείας σύνδεση με τη γεννήτρια, αλλά μόνο για μεγαλύτερα υδραυλικά ύψη και μικρότερες τιμές παροχής νερού. Αυτό σημαίνει ότι μία αύξηση της ταχύτητας θα είναι απαραίτητη στις περισσότερες εφαρμογές.

Παρόλο που οι υδροστρόβιλοι τύπου Karlan παρέχουν 90% ή και ακόμα καλύτερη τιμή του βαθμού απόδοσης, για παροχές από 35% και πάνω της μέγιστης παροχής, χρησιμοποιούνται κυρίως μόνο σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, λόγω του μεγάλου τους κόστους (Σχήμα 1.9).

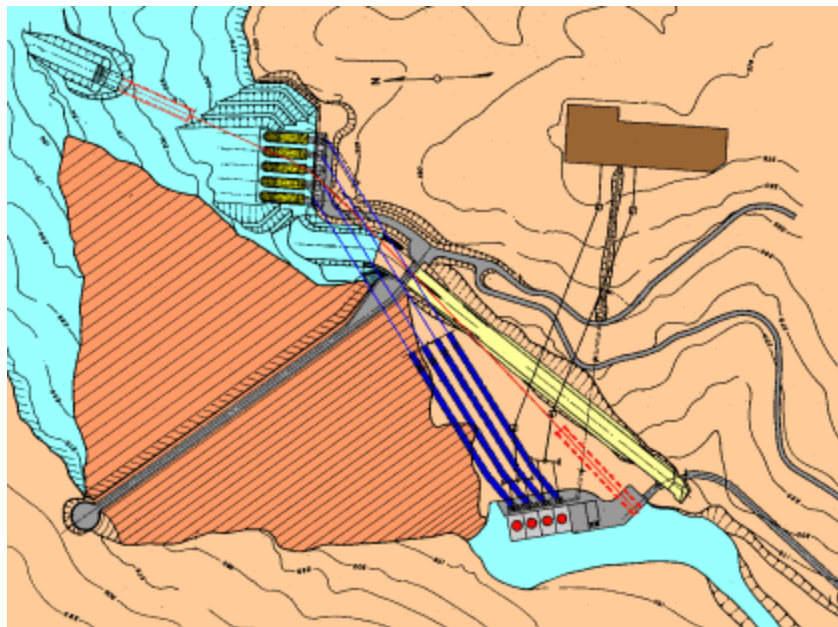


Σχήμα 1.9 : Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Karlan.

2. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

2.1 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Οι Υδροηλεκτρικές Εγκαταστάσεις έχουν μεγάλη έκταση ανάλογα με το μέγεθος του ποταμού και το σχέδιο εκμετάλλευσης του νερού της λεκάνης απορροής. Ύστερα από μετρήσεις και έρευνες γίνεται η προμελέτη έργων αξιοποίησης ενός ποταμού, η μελέτη, η κατασκευή και τέλος αρχίζει η εκμετάλλευση του έργου.



Σχήμα 2.1: Γενική διάταξη υδροηλεκτρικού έργου Κρεμαστών

Κύρια τμήματα ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι το Φράγμα, ο Ταμιευτήρας, ο Εκχειλιστής ή Υπερχειλιστής, η Υδροληψία, οι Σήραγγες, ο Αγωγός Προσαγωγής / Απαγωγής του νερού, το Εργοστάσιο Παραγωγής, ο Υποσταθμός ανύψωσης τάσεως και οι Γραμμές μεταφοράς (Σχήμα 2.1).

Το Φράγμα: 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.

Ο Ταμιευτήρας: Ο Ταμιευτήρας σχηματίζεται μετά την έμφραξη της σήραγγας εκτροπής. Η έκταση και η χωρητικότητά του εξαρτώνται από την μορφολογία της λεκάνης απορροής του ποταμού και από το ύψος του φράγματος.

Ο Εκχειλιστής – Υπερχειλιστής – Εκκενωτής: Ο Εκχειλιστής ή Υπερχειλιστής και ο Εκκενωτής είναι τα επιμέρους έργα ή τμήματα του φράγματος

που εξασφαλίζουν την ασφάλειά του σε έκτακτες περιπτώσεις όπως είναι οι μεγάλες πλημμύρες ή κάποιο άλλο συμβάν που μπορεί να θέσει σε κίνδυνο ένα φράγμα (σεισμοί, γεωλογικά προβλήματα, κατολισθήσεις, κ.τ.λ.).

Υδροληψία, Σήραγγες/Αγωγοί Προσαγωγής-Απαγωγής του νερού: Είναι τα έργα που οδηγούν 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).

Το Εργοστάσιο Παραγωγής: Είναι το κτίριο που περιέχει τις μονάδες παραγωγής, τους πίνακες ελέγχου και τον βοηθητικό εξοπλισμό που χρειάζεται για την λειτουργία του. Μπορεί να είναι υπόγειος, υπαίθριος, ημιυπαίθριος.

Ο Υποσταθμός Υψώσεως Τάσεως – Γραμμές Μεταφοράς: Κοντά στο εργοστάσιο βρίσκεται ο υποσταθμός όπου υπάρχουν οι μετασχηματιστές ισχύος, διακόπτες, το κτίριο ελέγχου και άλλος βοηθητικός εξοπλισμός. Επίσης στον υποσταθμό είναι εγκατεστημένοι οι διακόπτες των γραμμών που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια και αποτελούν τμήμα του εθνικού συστήματος μεταφοράς υψηλής τάσεως 150 KV και 380 KV.

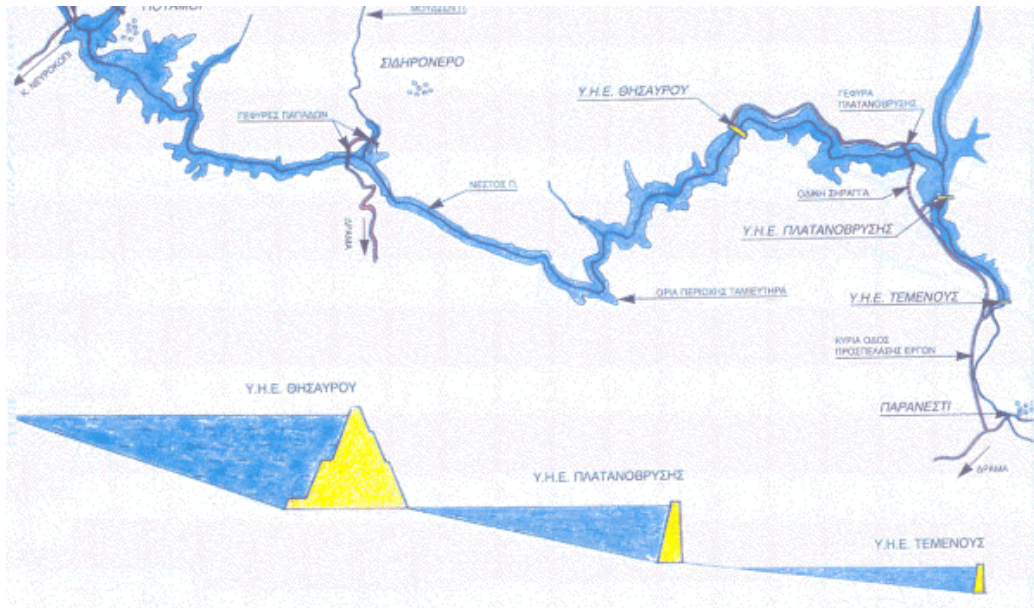
2.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΤΩΝ ΥΗΣ

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 ή υδραυλικότητας σε σχέση με την ανατολική πλευρά. Είναι ένα δεδομένο που πρέπει να λάβουμε υπόψη στις αποφάσεις για την κατασκευή των υδροηλεκτρικών έργων, για την εκμετάλλευσή τους αλλά και γενικότερα για την σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων.

Η διάρκεια της υγρής περιόδου στην Ελλάδα είναι από την αρχή Οκτωβρίου μέχρι το τέλος Μαΐου που ολοκληρώνεται με το λιώσιμο των αποθεμάτων χιονιού στις ορεινές περιοχές των λεκανών απορροής.

2.3 ΕΙΔΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ

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, Αναρρύθμισης. Ο ετήσιος ταμιευτήρας σε μια αλυσίδα υδροηλεκτρικών σταθμών 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 πλημμύρων και την τροποποίηση της διαίτας 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) (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2 : Σύστημα ταμιευτήρων ποταμού Νέστου

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 (Βόγδας).

Ο ταμιευτήρας αναρρύθμισης είναι μικρής χωρητικότητας. Αποθηκεύει νερό για λίγες ώρες ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες των άλλων χρήσεων (ύδρευση, άρδευση, περιβάλλον) χωρίς να απαιτείται 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).

2.4 ΟΙ ΥΗΣ ΩΣ ΕΡΓΑ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥ ΣΚΟΠΟΥ

Μέχρι τώρα παρουσιάσαμε τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς της Δ.Ε.Η. Α.Ε. και ορισμένα στοιχεία εκμετάλλευσής τους σε ότι αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην συνέχεια θα εξετάσουμε τις ωφέλειες ή τις επιπτώσεις που έχουν σχέση με την εκμετάλλευση των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων και ιδιαίτερα των ταμιευτήρων ως έργα πολλαπλού σκοπού:

Ύδρευση: Οι ταμιευτήρες, με την μεγάλη χωρητικότητά τους και το εξαιρετικής ποιότητας νερό, εξυπηρετούν πολλές περιοχές εξασφαλίζοντας μεγάλες ποσότητες πόσιμου νερού σε περίπου 2,5 εκατομμύρια πολίτες (Άρτα, Πρέβεζα, Λευκάδα, Αγρίνιο, Καρδίτσα, σύντομα και στη Θεσσαλονίκη). Η διατήρηση της καλής ποιότητας του νερού ως αγαθού απαραίτητου για την ζωή και σε ανεπάρκεια, διότι

αυξάνεται η κατανάλωση και υποβαθμίζεται η ποιότητα, είναι ο πρώτος στόχος μας. Χρειάζονται καθημερινές μάχες απόκρουσης παντός είδους αιτήσεων για ανθρωπογενείς δραστηριότητες στις τεχνητές λίμνες (δρομολόγηση πλοίων, ιχθυοκαλλιέργειες, ναυταθλητισμός, αναψυχή κτλ). Λέμε ναι σε εκείνες τις δραστηριότητες που είναι συμβατές με το περιβάλλον και την ποιότητα νερού. Η καλή ποιότητα νερού φαίνεται και σε διάφορες μελέτες που έχουν εκπονηθεί κυρίως από το ΕΚΘΕ και άλλους φορείς.

Άρδευση: Οι ταμιευτήρες της Δ.Ε.Η. εξασφαλίζουν μεγάλες ποσότητες νερού την θερινή περίοδο με αιχμή τον Ιούλιο–Αύγουστο για την άρδευση εκτεταμένων περιοχών στα κατάντη των φραγμάτων. Υπολογίζεται ότι αρδεύονται περίπου 5 εκατομμύρια στρέμματα αυξάνοντας τόσο την αξία της παρουσίας των αγροτικών πληθυσμών όσο και το ετήσιο εισόδημα. Θα μπορούσε να προσθέσει κανείς ότι τόσο μεγάλες αρδευόμενες εκτάσεις συμβάλλουν στη γενικότερη αναβάθμιση του περιβάλλοντος. Με τον τρόπο αυτό οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις ενισχύουν την απασχόληση μεγάλου μέρους του πληθυσμού και διατηρούν την χλωρίδα και την πανίδα που χωρίς νερό θα καταστρέφονταν. Οι ταμιευτήρες αρδεύουν μεγάλες πεδιάδες όπως αυτές του Αγρινίου, του Μεσολογγίου, της Άρτας, της Θεσσαλίας, της Ημαθίας, της Πιερίας, της Καβάλας, της Ξάνθης, κ.τ.λ.

Αντιπλημμυρική Προστασία: Η αντιπλημμυρική προστασία που προσφέρει ένα φράγμα με τον αντίστοιχο ταμιευτήρα είναι ανάλογη της ωφέλιμης χωρητικότητας του ταμιευτήρα και του μεγέθους της πλημμύρας που καλείται να ελέγξει (ένταση, διάρκεια και όγκος νερού). Η ΔΕΗ Α.Ε. με τα φράγματα που κατασκεύασε στα κυριότερα ποτάμια της Ελλάδας προσφέρει αντιπλημμυρική προστασία στα κατάντη και επέτρεψε την αξιοποίηση μεγάλων γόνιμων παραποτάμιων εκτάσεων εκατοντάδων χιλιάδων στρεμμάτων. Καλλιεργούνται χωρίς φόβο από πλημμύρες παραποτάμιες περιοχές κοντά στις εκβολές (Λάδωνας, Αχελώος, Άραχθος, Αλιάκμονας, Νέστος κτλ.).

Ξηρασία–Λειψυδρία: Οι ταμιευτήρες των υδροηλεκτρικών σταθμών προφυλάσσουν πολλές περιοχές της χώρας από μεγάλες καταστροφές και δραματικές καταστάσεις λόγω της παρατεταμένης ξηρασίας που εμφανίζεται στη Μεσόγειο. Αρκεί να θυμηθούμε το 1990, ένα από τα ξηρότερα έτη του αιώνα, όπου η Αθήνα, με τα 3 εκατομμύρια ανθρώπων, βρέθηκε μπροστά στο φάσμα της έλλειψης πόσιμου νερού. Εξετάσθηκε η λύση για μεταφορά νερού με δεξαμενόπλοια από τον Αχελώο. Βέβαια αυτή ήταν η μόνη εφικτή λύση διότι το έργο μεταφοράς νερού της Τριχωνίδας δεν μπορούσε να εκτελεστεί σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα και η Τριχωνίδα δεν διέθετε τόσες ποσότητες νερού.

Περιβαλλοντικές και άλλες επιπτώσεις: Τα φράγματα και οι ταμιευτήρες που δημιουργούνται κάνουν ανάσχεση πλημμύρων και κατακρατούν τα φερτά υλικά. Με τον τρόπο αυτό τροποποιούν το δέλτα των ποταμών και επιδρούν αρνητικά στα φυσικά οικοσυστήματα. Βέβαια δεν είναι ο μόνος λόγος υποβάθμισης αυτών των οικοσυστημάτων. Επίσης δίνεται η δυνατότητα για καταπατήσεις που μειώνουν την παροχетеυτικότητα. Αυτό έχει ως συνέπεια τη δυσκολία στη χρησιμοποίηση των υπερχειλιστών χωρίς να προκληθούν ζημιές στα κατάντη. Επίσης με την δημιουργία του ταμιευτήρα χάνονται αγροτικές εκτάσεις, χωριά πνίγονται, μνημεία ιστορικά σκεπάζονται από το νερό.

Αναπλάσεις – Ελαχίστη παροχή κατάντη – Περιβαλλοντικές μελέτες: Η Δ.Ε.Η. προσπαθώντας να μειώσει τις επιπτώσεις των έργων προβαίνει σε διάφορα επανορθωτικά μέτρα που προκύπτουν από περιβαλλοντικές μελέτες και όρους του αρμόδιου Υπουργείου ΠΕΧΩΔΕ. Τέτοιες δράσεις είναι οι αναπλάσεις (Άρτα στον Άραχθο), οι δενδροφυτεύσεις (Στράτος στον Αχελώο), κ.τ.λ.. Επίσης στα κατάντη των

φραγμάτων εξασφαλίζεται ικανή παροχή για τη διατήρηση του οικοσυστήματος του ποταμού. Χωρίς την παρουσία του φράγματος και του αντίστοιχου ταμιευτήρα δεν θα υπήρχαν παροχές στις κοίτες των ποταμών το καλοκαίρι.

Διακύμανση στάθμης στους ταμιευτήρες: Οι ετήσιοι ταμιευτήρες έχουν σχεδιαστεί να έχουν μεγάλες διακυμάνσεις πράγμα που είναι αρνητικό ιδίως για αισθητικούς λόγους. Στόχος μας είναι να μην υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις ώστε να διατηρείται όμορφη η εικόνα που δημιουργεί μια τεχνητή λίμνη με την λεκάνη απορροής (ιδιαίτερη ομορφιά το καλοκαίρι με το πράσινο και το χειμώνα με τα χιόνια στα ορεινά).

2.5 ΦΡΑΓΜΑΤΑ

Φράγματα ονομάζονται οι κατασκευές εκείνες που είναι τοποθετημένες εγκάρσια σε μια διατομή ενός υδατορρεύματος με σκοπό τη δημιουργία μιας τεχνητής λίμνης. Η δημιουργία της τεχνητής λίμνης έχει τελικό στόχο τη ρύθμιση των παροχών στη διατομή αυτή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αρδεύσεων, υδρεύσεων κ.τ.λ. Σύμφωνα με τη Διεθνή Επιτροπή μεγάλων φραγμάτων, φράγματα θεωρούνται κατασκευές ύψους τουλάχιστον 15 m για οποιαδήποτε χωρητικότητα τεχνητής λίμνης.

Τα φράγματα μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως:

Ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετούν:

- ü **Φράγματα συγκέντρωσης νερού** (συγκέντρωση νερού σε επιφανειακούς ταμιευτήρες).
- ü **Φράγματα εκτροπής:** Μόνιμα ή προσωρινά (εκτροπή της ροής του νερού είτε για διευθέτηση είτε για εκτέλεση εργασιών εν ξηρώ).
- ü **Φράγματα ανάσχεσης** (ανάσχεση της ορμής είτε για μείωση της διάβρωσης είτε για τεχνητό εμπλουτισμό).
- ü **Φράγματα ρύθμισης** (έλεγχος και πρόβλεψη πλημμυρών).

Ανάλογα με τον σκοπό εκμετάλλευσης:

1. Φράγματα απλής σκοπιμότητας

- Ø Υδροηλεκτρικά
- Ø Αρδευτικά
- Ø Υδρευτικά
- Ø Αντιπλημμυρικά
- Ø Ανασχετικά

2. Διπλής σκοπιμότητας

- ∅ Συνδυασμός των προηγούμενων ανά δύο

3. Πολλαπλής σκοπιμότητας

- ∅ Συνδυασμός των προηγούμενων ανά τρία ή περισσότερα

Ανάλογα με το ύψος:

Ä Χαμηλά με ύψος 6-30 m

Ä Ψηλά με ύψος > 30 m

Τα φράγματα είναι από τα πρώτα τεχνολογικά επιτεύγματα του ανθρώπου, αφού οι πρώτες κατασκευές ανάγονται στα προϊστορικά χρόνια. Από τα παλιότερα φράγματα αναφέρονται, το φράγμα στον ποταμό Ιορδάνη και το φράγμα στον ποταμό Τίγρη. Στα 4.000 π.Χ κατασκευάστηκε στην Αίγυπτο φράγμα στον ποταμό Νείλο που διατηρήθηκε 4.500 χρόνια περίπου. Στα νεότερα χρόνια σπουδαίο θεωρήθηκε το φράγμα PUENTES στην Ισπανία, που έγινε στα 1755 και καταστράφηκε το 1891.

Τα φράγματα είναι έργα δαπανηρά, παρουσιάζουν όμως μακροπρόθεσμα μεγάλα οικονομικά οφέλη και για τον λόγο αυτό επιδιώκεται η κατασκευή τους.

Η κατασκευή ενός φράγματος, ανάλογα με τον σκοπό που πρόκειται να εξυπηρετήσει, μελετάται και βρίσκεται τόσο ο καλύτερος τύπος φράγματος όσο και οι απαιτούμενες διαστάσεις του. Τα φράγματα είναι έργα ιδιόμορφα, γιατί είναι δυνατόν να τυποποιηθούν και να εφαρμόζονται επανειλημμένα. Κάθε φράγμα έχει τη δική του λειτουργία, τους δικούς του φυσικούς παράγοντες και το δικό του φυσικό περιβάλλον, που παίζει σπουδαίο ρόλο για την θεμελίωση του.

Απαραίτητα στοιχεία για τον σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση των έργων ενός ταμιευτήρα είναι:

- ÿ Η μορφολογία της περιοχής.
- ÿ Τα υδρολογικά στοιχεία: η έκταση της λεκάνης απορροής, η μέση ετήσια απορροή, οι πλημμυρικές παροχές.
- ÿ Η γεωλογία της περιοχής: στρωματογραφία, τεκτονική, συνθήκες στεγανότητας, υπόγεια ύδατα.
- ÿ Οι γεωχημικές παράμετροι.

Οι συνθήκες υπεδάφους και τα δίκτυα ροής, κάτω από το φράγμα αλλά και μέσα από αυτό, είναι οι παράμετροι που θα καθορίσουν τον τρόπο θεμελίωσης, τον τρόπο αναχαίτισης των υπόγειων διαφυγών, καθώς και την διάταξη, για την αποτροπή φαινομένων υδραυλικής θραύσης, των φίλτρων στο κατάντες σώμα στήριξης. Χαμηλή σεισμικότητα και υψηλή αντοχή των υλικών κατασκευής επιτρέπουν μεγαλύτερες κλίσεις των πρανών. Η μικρή διαπερατότητα απαιτεί μικρότερο πάχος πυρήνα. Ένα σωστά σχεδιασμένο φράγμα θα πρέπει να αντανakλά τις τοπικές συνθήκες.

Έλεγχοι ευστάθειας

Αίτια που μπορούν να οδηγήσουν σ' ένα αναποτελεσματικό φράγμα είναι:

- ü Ανεπαρκής μελέτη των γεωλογικών συνθηκών της περιοχής του φράγματος.
- ü Ανεπιτυχής θεμελίωση, ολίσθηση του φράγματος.
- ü Αστοχία πρανούς.
- ü Υπερχειλίση του νερού πάνω από την στέψη του φράγματος.

Τα φράγματα, ανάλογα με το υλικό που είναι κατασκευασμένα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

A) Τα άκαμπτα φράγματα στα οποία το υλικό κατασκευής του αποτελούν τμήματα άκαμπτα από μπετόν ή λιθοδομή. Τέτοια φράγματα είναι τα φράγματα βαρύτητας, τα αντηριδωτά και τα τοξωτά.

B) Τα φράγματα επιχώσεως με χύδην υλικό όπως τα χωμάτινα και τα λιθόρριπτα.

2.5.1 Άκαμπτα φράγματα

Φράγματα βαρύτητας, Αντηριδωτά, Τοξωτά

Τα φράγματα αυτά κατασκευάζονται συνήθως από σκυρόδεμα και θεμελιώνονται σε υγιή βράχο με προβλεπόμενες παραμορφώσεις ελαστικές ή οριακά πλαστικές και το σώμα του φράγματος είναι συνήθως ομογενές. Αστοχίες στη θεμελίωση δημιουργούν στις κατασκευές αυτές μεγάλες παραμορφώσεις και ρηγματώσεις που οδηγούν στην αστοχία του έργου (Σχήμα 2.6, σελ.24).

Τα φράγματα αυτά διακρίνονται με τη σειρά τους ανάλογα με τη στατική λειτουργία τους σε δύο κύριες κατηγορίες:

1) Κατασκευές με άξονα ευθύγραμμο που διαιρούνται σε κατακόρυφα τμήματα στατικώς ανεξάρτητα.

2) Κατασκευές με άξονα καμπύλο με μονολιθική στατική λειτουργία ώστε οι τάσεις να μεταβιβάζονται στα ακρόβαθρα.

Στον πρώτο τύπο οι υδροστατικές πιέσεις και το ίδιο βάρος κάθε κατακόρυφου στοιχείου μεταβιβάζονται στη βάση στηρίξεως του στοιχείου σαν πιέσεις κάθετες και διατμητικές. Καθώς και μια συνισταμένη με κάποια κλίση ως προς την κατακόρυφο η οποία πρέπει να διέρχεται από το κεντρικό $1/3$ της βάσης ώστε να αποφεύγονται εφελκυστικές τάσεις. Το σύστημα τελικά λειτουργεί σαν πρόβολος ως προς τις πιέσεις του νερού. Η δομή του στοιχείου πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αποφεύγεται η εμφάνιση εφελκυστικών τάσεων σε οποιαδήποτε περιοχή της κατασκευής. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα μονολιθικά φράγματα βαρύτητας καθώς και διάφορες άλλες παραλλαγές όπως τα αντηριδωτά όπου υπάρχει προσπάθεια για ελάφρυνση της όλης κατασκευής.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα λεγόμενα τοξωτά φράγματα. Στα φράγματα αυτά το σύνολο σχεδόν των τάσεων μεταβιβάζονται μέσω του σώματος του φράγματος στα ακρόβαθρα και τη θεμελίωση. Η λειτουργία του τόξου επικρατεί της λειτουργίας ως προβόλου και γι' αυτό το ίδιο βάρος δεν παίζει σημαντικό ρόλο στην κατασκευή. Συνέπεια των ανωτέρω είναι ότι τα τοξωτά φράγματα έχουν ελάχιστο όγκο άρα είναι οικονομικότερα. Η στατική τους λειτουργία μπορεί να θεωρηθεί ως λειτουργία επαλλήλων οριζοντίων τόξων στατικώς ανεξαρτήτων. Όταν η ακτίνα καμπυλότητας των τόξων αυτών μεταβάλλεται με το ύψος τότε τα φράγματα αυτά ονομάζονται τοξωτά διπλής καμπυλότητας.

Η εμπειρία από τα τοξωτά φράγματα είναι ότι είναι πολύ ευαίσθητα σε οποιαδήποτε παραμόρφωση των ακροβάθρων και γι' αυτό τα τελευταία χρόνια αποφεύγεται η κατασκευή τους.

2.5.2 Φράγματα επιχώσεως

Χωμάτινα – λιθόρριπτα φράγματα

Τα φράγματα αυτά αποτελούνται από κυρίως σώμα με υλικό χώμα ή λιθορριπή, υδατοπερατό και από ένα κεντρικό πυρήνα αδιαπέρατο ή από ένα στρώμα αδιαπέρατο που τοποθετείται στην ανάντη πλευρά του φράγματος.

Το μεγάλο πλεονέκτημα των φραγμάτων αυτών που γενικά έχουν από στατική άποψη συμπεριφορά πλαστικό – ιξώδη, είναι ότι είναι δυνατό να ακολουθήσουν μια σημαντική παραμόρφωση του πυθμένα θεμελίωσης χωρίς ρηγμάτωση στο σώμα του φράγματος.

Οι εγκάρσιες διατομές έχουν τη μορφή τραπεζίου και οι κλίσεις των πρανών ανάντη και κατόντη είναι ίσες. Ο πιο απλός τύπος είναι το χωμάτινο ομογενές φράγμα. Αυτό αποτελείται από ομογενές έδαφος που με κατάλληλη συμπίεση παρουσιάζει ικανοποιητική στεγανότητα (Σχήμα 2.4, σελ.22) – (Σχήμα 2.5, σελ.23).

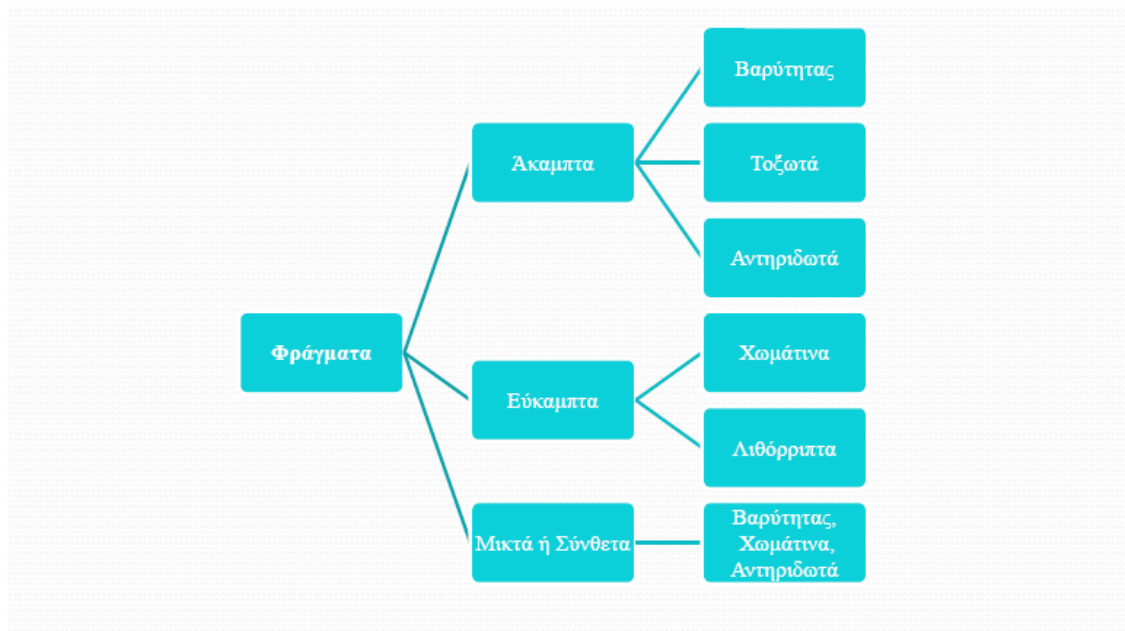
Μια βασική κατηγορία είναι τα χωμάτινα φράγματα που το μεγαλύτερο μέρος της διατομής είναι κατασκευασμένο με έδαφος ή λιθορριπή καλής στατικής

συμπεριφοράς αλλά υδατοπερατής και μια κεντρική περιοχή με υλικό κυρίως αργιλώδες με μειωμένη στατική συμπεριφορά αλλά με ελάχιστη υδατοπερατότητα.

Τέλος μια άλλη κατηγορία χωμάτινων φραγμάτων είναι εκείνη που όλο το σώμα του φράγματος αποτελείται από υδατοπερατό υλικό αλλά στην ανάντη παρειά η στεγανότητα εξασφαλίζεται με πλάκες τσιμέντου, ασφάλινα φύλλα ή από διάφορα συνθετικά υλικά.

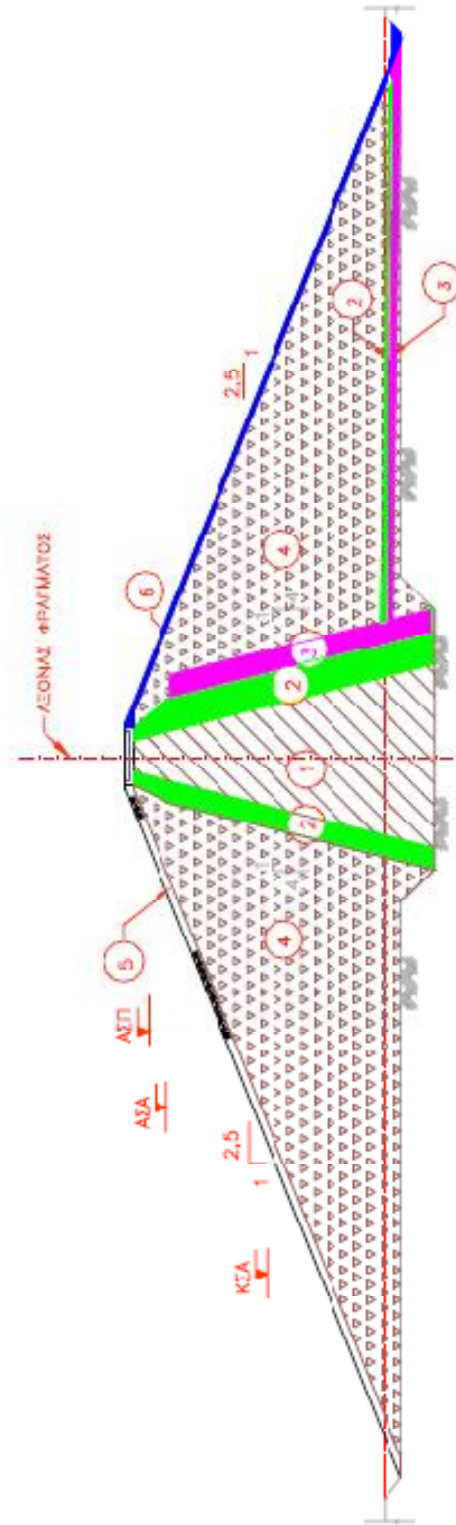
Σημαντικός παράγοντας στα χωμάτινα φράγματα είναι η γωνία τριβής των υλικών που τα αποτελούν και η υδατοπερατότητά τους.

Στο Σχήμα 2.3 τα φράγματα διακρίνονται :
(Ανάλογα με τα υλικά κατασκευής και τη γεωμετρία τους)



Σχήμα 2.3 : Τύποι φραγμάτων

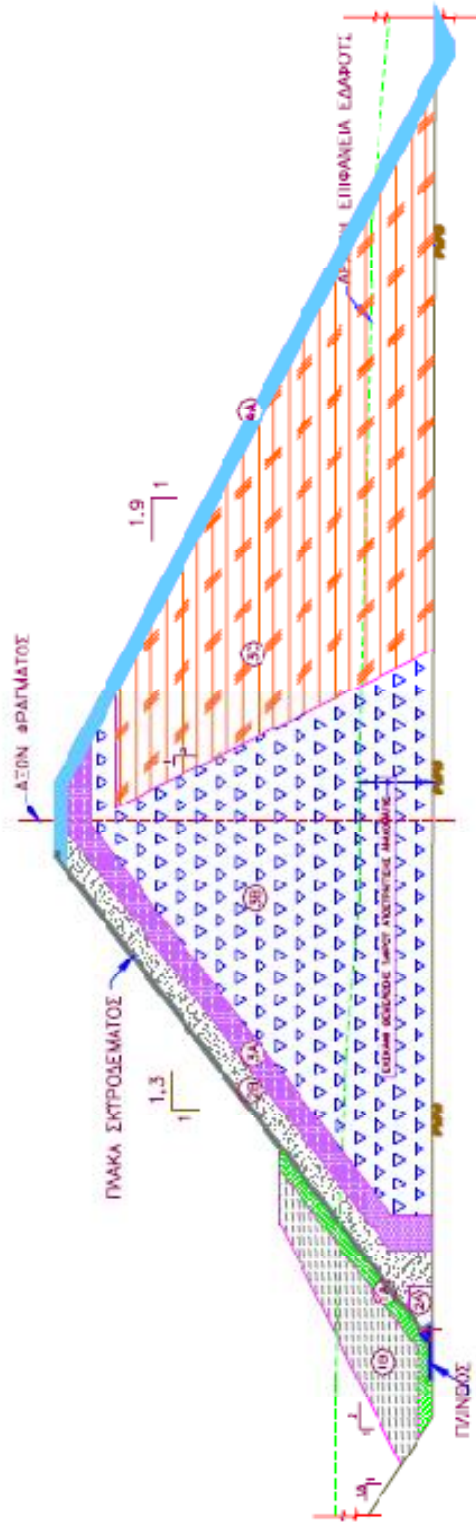
Διαζώνηση χωμάτινου φράγματος



| | |
|--------------------------------|--|
| Ζώνη 1 – Πυρήνας | Αδιαπέρατα υλικά |
| Ζώνη 2 – Φίλτρο | Διαβαθμισμένο αμμώδες υλικό |
| Ζώνη 3 – Στραγγιστήριο | Διαβαθμισμένο χαλικώδες υλικό |
| Ζώνη 4 – Κελύφη | Αμμοχάλικα, κορήματα, κερματισμένος βράχος |
| Ζώνη 5 – Κυματοπροστασία | Ογκόλιθοι - Τρόχμαλοι |
| Ζώνη 6-Κατάντη ζώνη προστασίας | Λίθοι - κροκάλες |

Σχήμα 2.4 : Διαζώνηση χωμάτινου φράγματος

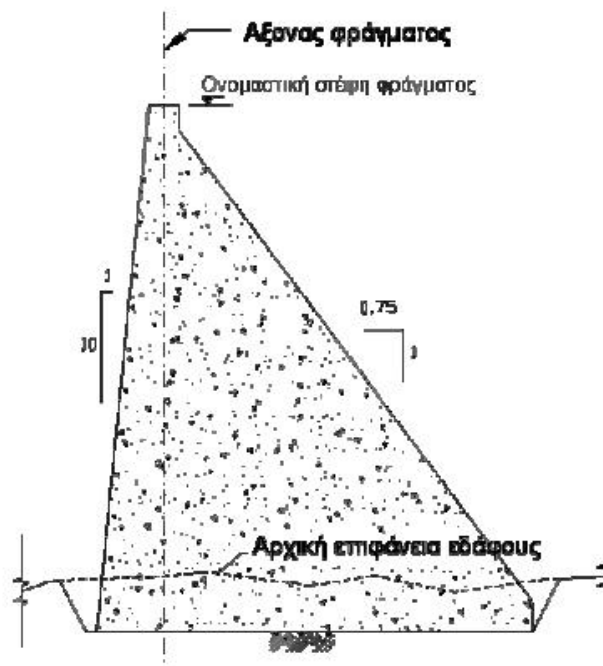
Φράγμα ΛΑΠΣ - Τυπική διατομή



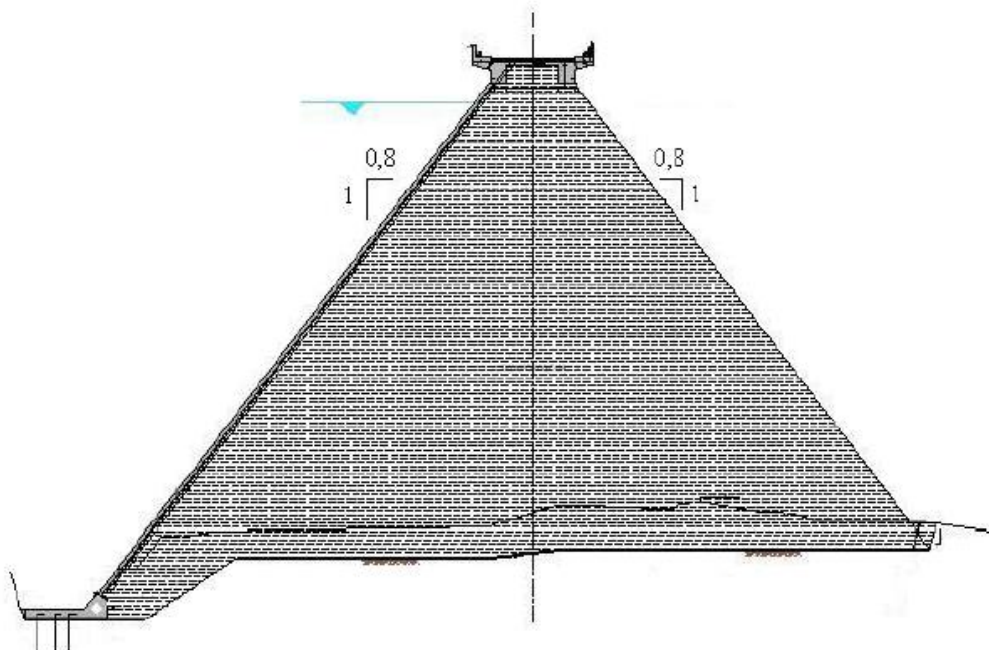
| | |
|--------------------------------------|---|
| Ζώνη 1A – Ιλυώδες υλικό | Ζώνη 3A – Μεταβατική ζώνη λιθορριπής |
| Ζώνη 1B – Οτιδήποτε υλικό | Ζώνη 3B – Λιθορριπή (υψηλή συμπίκνωση) |
| Ζώνη 2A – Λεπτόκοκκο φίλτρο | Ζώνη 3C – Λιθορριπή (μέτρια συμπίκνωση) |
| Ζώνη 2B – Φίλτρο Διαβαθμισμένο υλικό | Ζώνη δ – Κατάντη ζώνη προστασίας Λίθοι ή κροκάλες |

Σχήμα 2.5 : Φράγμα ΛΑΠΣ – Τυπική διατομή

Τυπική διατομή φράγματος βαρύτητας



Τυπική διατομή φράγματος σκληρού επιχώματος



Σχήμα 2.6 : Τυπικές διατομές φραγμάτων βαρύτητας και σκληρού επιχώματος

3. ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΥΗΣ

3.1 Ο ΠΡΩΤΟΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ

Η ενέργεια και το νερό είναι άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους. Το νερό παράγει ενέργεια, ενώ απαιτούνται τεράστια ποσά ενέργειας ώστε να καθαριστεί το νερό. Σχεδόν 6 % του ηλεκτρισμού στις ΗΠΑ προέρχεται από υδροηλεκτρικές πηγές, εκμεταλλευόμενη τη φυσική ενέργεια που υπάρχει στο κινούμενο νερό και μετατρέποντας τη σε ηλεκτρισμό.

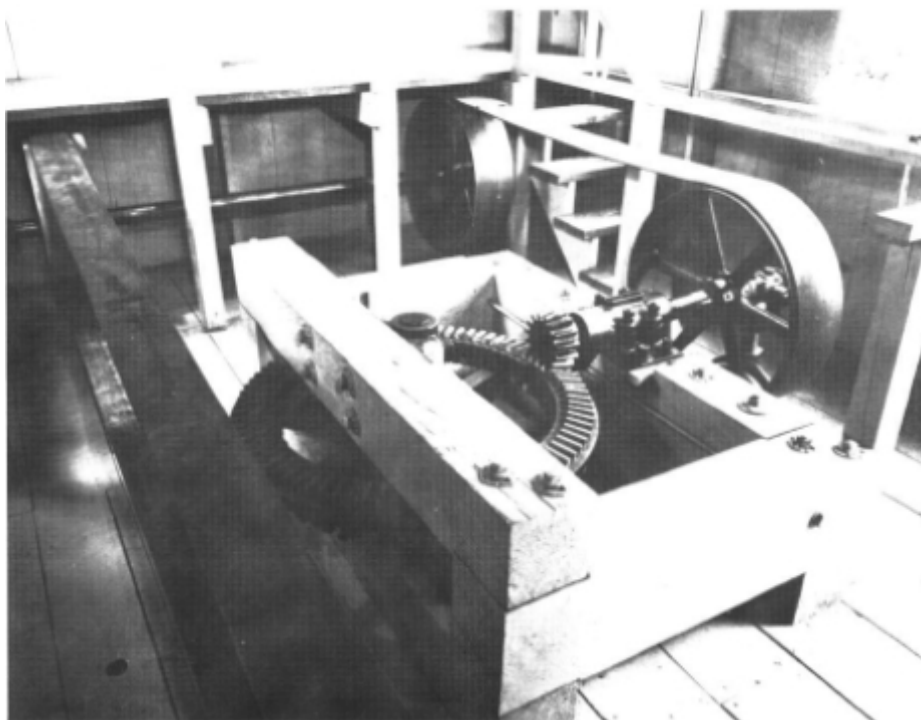
Η υδροηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες. Η πρώτη της χρήση ήταν στους μύλους στα χωράφια. Η καλύτερη και αποτελεσματικότερη χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας άρχισε από τα τέλη του 19ου αιώνα, όταν και αναπτύχθηκε η ηλεκτρική γεννήτρια. Η αυξανόμενη ζήτηση κατά τη βιομηχανική ανάπτυξη οδήγησε ταυτόχρονα και στην ανάπτυξη αυτού του είδους της ενέργειας. Το 1878, το πρώτο σπίτι με υδροηλεκτρική ενέργεια ήταν στο Cragside στο Northumberland στην Αγγλία. Το 1881 ο παλιός ηλεκτρικός σταθμός Schoelkopf στους καταρράκτες του Νιαγάρα άρχισε να παράγει ηλεκτρισμό, ενώ ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός-The Vulcan Street Plant- άρχισε να λειτουργεί στις 30 Σεπτεμβρίου του 1882 στο Γουισκόνσιν (Εικόνα 3.1). Μέχρι το 1886 υπήρχαν 45 υδροηλεκτρικοί σταθμοί στις ΗΠΑ και στον Καναδά, ενώ το 1889 200 μόνο στις ΗΠΑ. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ένας μεγάλος αριθμός υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων κατασκευάστηκαν από εμπορικές εταιρείες κοντά σε μητροπολιτικές περιοχές. Μέχρι το 1920 το 40% της ενέργειας στις ΗΠΑ προερχόταν από την υδροηλεκτρική.

Συγκεκριμένα στις 30 Σεπτεμβρίου 1882, ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός στον κόσμο άρχισε να λειτουργεί στο Fox River στο Appleton, Wisconsin. Το εργοστάσιο, που αργότερα μετονομάστηκε σε Appleton Edison Light Company ξεκίνησε από έναν βιομήχανο εφημερίδας του Appleton, τον HJ Rogers. Ο HJ Rogers είχε εμπνευστεί από τα σχέδια του Thomas Edison για σταθμό παραγωγής ηλεκτρισμού στη Νέα Υόρκη. Χρησιμοποιώντας την φυσική ενέργεια του Fox River και μια ηλεκτρογεννήτρια τύπου “Κ” του Edison, παρήγαγε ηλεκτρισμό από έναν υδρο – στροβιλοκινητήρα για να φωτίσει τρία κτίρια (δύο χαρτοβιομηχανίες και το σπίτι των HJ Rogers), σε ποσοστό περίπου 12,5 KW. Ήταν ο πρώτος κεντρικός υδροηλεκτρικός σταθμός του Edison για να εξυπηρετήσει ένα σύστημα ιδιωτών και εμπορικών πελατών στη Βόρεια Αμερική.

VULCAN STREET PLANT

Constructed 1882

WISCONSIN MICHIGAN POWER COMPANY
Appleton, Wisconsin



Εικόνα 3.1 : Ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός

3.2 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

3.2.1 Φράγμα Hoover

Έτος Κατασκευής: **1935**

Τοποθεσία : **Black Canyon, Nevada, Η.Π.Α.**



Το 1994 το σύνολο της Αμερικανικής κοινωνίας των Πολιτικών Μηχανικών ονόμασαν φράγμα Hoover ένα εθνικό ιστορικό ορόσημο των μηχανικών- "ένα από τα επτά σύγχρονα θαύματα των πολιτικών μηχανικών Αμερικής". Το φράγμα Hoover (που ονομαζόταν φράγμα Boulder μέχρι το 1947) ήταν το καλύτερο φράγμα της εποχής του.

Για χιλιάδες χρόνια, ο ποταμός Colorado ακολουθούσε την πορεία του από τα Βραχώδη Όρη μέχρι τον κόλπο της Καλιφόρνια, μια απόσταση 2250 km (1400 μίλια). Η ύπαρξη της ζωής γύρω από τη διαδρομή του ποταμού εξαρτιόταν από τα νερά του αλλά θα εξανάγκαζε ένα αντίτιμο για αντάλλαγμα. Κάθε άνοιξη και στις αρχές του καλοκαιριού, καθώς έλιωνε το χιόνι, η κύρια πηγή του Colorado, προκαλούσε καταστροφικές πλημμύρες στις χαμηλότερες περιοχές, καταστρέφοντας τις ζωές, τις συγκομιδές και τις περιουσίες. Κατόπιν μετά το καλοκαίρι και τις αρχές του φθινοπώρου, ο ποταμός ξέραινε σε μερικά σημεία. Ο ποταμός έπρεπε να «εξημερωθεί» για να βελτιώσει και να σταθεροποιήσει τη ζωή γύρω από αυτόν.

Το 1920, οι αρχές συνειδητοποίησαν ότι το να «δαμάσουν» τον ποταμό θα τους έδινε και άλλα οφέλη εκτός από τον έλεγχο των πλημμύρων, για παράδειγμα τη σταθεροποίηση της παροχής του φρέσκου νερού, άρδευση για τη δημιουργία καλλιεργήσιμων εδαφών, υδροηλεκτρική ενέργεια και δημόσια αναψυχή.

Όταν φάνταζε ακόμα ένα μακρινό όνειρο, η διαδικασία άρχισε στην πραγματικότητα το 1922 με την υπογραφή του Συμβολαίου του Ποταμού Colorado. Αυτό παρείχε ίση και δίκαιη κατανομή του νερού του ποταμού στις επτά πολιτείες κατά μήκος των πρηνών της κοίτης και οδήγησε το 1928 την Πράξη Προγράμματος του Κογκρέσου του φαραγγιού Boulder να εγκρίνει την κατασκευή ενός φράγματος στο Μαύρο φαράγγι, ανάμεσα στην Αριζόνα και στη Νεβάδα.

Κατασκευάζοντας το φράγμα



Οι εργασίες ξεκίνησαν το 1931 με την κατασκευή ενός σιδηροδρόμου που λειτουργούσε άψογα και χρειαζόταν να μεταφέρει τους εργάτες, τις μηχανές και τα υλικά σε μια απρόσβατη περιοχή. (τρία από τα πιο σημαντικά σύγχρονα κατασκευαστικά θαύματα : αυτό το φράγμα, η διώρυγα του Παναμά και το Channel Tunnel δε θα είχαν χτιστεί ποτέ χωρίς έναν αφοσιωμένο σιδηρόδρομο στο πεδίο εργασίας).

Μια κοινοπραξία κατασκευαστών "οι 6 εταιρίες", συνεργάστηκαν σε μια κοινή προσπάθεια για να κατασκευάσουν το φράγμα. Ξεκίνησαν με την ανατίναξη και δημιουργία σηράγγων μέσω των βραχωδών τοίχων του φαραγγιού. Στη συνέχεια χτίστηκαν φράγματα κιβωτίων στο πάνω και στο κάτω μέρος της τοποθεσίας του φράγματος έτσι ώστε να εκτραπούν τα νερά μέσω των σηράγγων. Έτσι μπορούσαν να αρχίσουν οι εργασίες πλέον για το φράγμα σε στεγνό περιβάλλον. Παρά τις προσωρινές διακοπές και το σχετικά μεγάλο αριθμό ατυχημάτων και απωλειών το πρόγραμμα συνεχίστηκε γρήγορα.

Το φράγμα Hoover είναι ένα φράγμα από σκυρόδεμα και με βαρύτητα αψίδων. Το βάρος του νερού συγκρατείται από αμφότερα -το βάρος του τοίχου και της καμπύλης του-, που μεταφέρει το φορτίο στις πλευρές του φαραγγιού διατηρώντας τον τοίχο συμπιεσμένο. Το σκυρόδεμα χύθηκε στον τοίχο σε τεμάχια ή κολώνες, που δέθηκαν μετά μαζί. Τη στιγμή που τοποθετούνταν το τελευταίο σκυρόδεμα, δύο έτη μπροστά από το πρόγραμμα, στα μέσα του 1935, είχαν χρησιμοποιηθεί 2.6 εκατομμύρια cu. m (3,25 εκατομμύρια cu. yd) που ζύγιζαν 6.6 εκατομμύρια τόνους - αρκετό σκυρόδεμα για να στρωθεί ένας δρόμος 2 λωρίδων από τη Νέα Υόρκη μέχρι το Σαν Φρανσίσκο, απόσταση 4622 km (2872 μίλια).

Στις 30 Σεπτεμβρίου 1935, ο Πρόεδρος Ρούζβελτ αφιέρωσε το πρόγραμμα στον αμερικανικό λαό. Μέσα σ' ένα χρόνο οι πρώτες γεννήτριες ήταν λειτουργικές, ενώ συνέχισαν να προστίθενται ηλεκτρικές γεννήτριες με τελευταία εκείνη που τοποθετήθηκε το 1961. Το φράγμα έγκλεισε τη λίμνη Mead, που έχει πάρει το όνομά της από τον Dr Elwood Mead. Είναι η μεγαλύτερη δεξαμενή που έχει φτιαχτεί από ανθρώπους στις Η.Π.Α., αποθηκεύοντας περίπου 35.2 εκατομμύρια cu. m ή 28.5 στρέμματα ποδιών φρέσκου νερού (1 στρέμμα πόδι νερού θα μπορούσε να καλύψει ένα γήπεδο ποδοσφαίρου σε ύψος ενός ποδιού).

Οφέλη από το φράγμα



Το νέο κέντρο επισκεπτών παρέχει τέλεια θέα της δυναμικής παρουσίας του προγράμματος, καθώς εκπληρώνει τον πολυδιάστατο ρόλο του. Άρδευση παραπάνω

από 405,000 ha (1 εκατομμύριο στρέμματα) μιας περιοχής που ήταν κάποτε χέρσα και ξερή στη νοτιοδυτική Αμερική (και στο Μεξικό) δημιούργησε κάποιες από τις πιο πλούσιες περιοχές συγκομιδής της Αμερικής παράγοντας εκατομμύρια δολάρια για την τοπική οικονομία.

Μια αξιόπιστη, καθαρή παροχή φρέσκου νερού συναντάει τις πάντα αυξανόμενες εσωτερικές και εμπορικές ανάγκες των περισσότερων από 20 εκατομμύρια κατοίκων που ζουν και εργάζονται στην περιοχή που εξυπηρετείται. Επίσης αξιόπιστος υδροηλεκτρισμός χαμηλού κόστους τροφοδοτεί την περιοχή της Αριζόνας, Καλιφόρνιας και Νεβάδα. Ο σταθμός παράγει ετησίως πάνω από 4 δισεκατομμύρια κιλοβάτ, αρκετά για να εξυπηρετήσουν τις εσωτερικές και εμπορικές ανάγκες 1.3 εκατομμυρίων ανθρώπων. Ανάμεσα στο 1939 και το 1949 ήταν οι μεγαλύτερες εγκαταστάσεις υδροενέργειας. Τέλος η κωπηλασία, η κολύμβηση, η κατασκήνωση, το θαλάσσιο σκι και το ψάρεμα στη λίμνη Mead και στις μικρότερες λίμνες του υδροκρίτη δημιουργούν μια περιοχή ανάπτυξης κατά τη διάρκεια όλης της χρονιάς για παραπάνω από 9 εκατομμύρια επισκέπτες ετησίως, που αντιμετωπίζονται από την Υπηρεσία του Εθνικού Πάρκου των Ηνωμένων Πολιτειών. Το συνολικό πρόγραμμα κόστισε από την έναρξή του 165 εκατομμύρια δολάρια.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ HOOVER

Επίσημη ονομασία: Hoover Dam

Τοποθεσία: Clark Country, Nevada / Mohave Country, Arizona, US

Κατάσταση: Σε λειτουργία

Έναρξη κατασκευής: 1931

Ημερομηνία λειτουργίας: 1936

Κόστος κατασκευής: 49 εκατ. \$

Ιδιοκτήτης: United States Government

ΦΡΑΓΜΑ ΚΑΙ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΕΣ

Τύπος φράγματος: Αψίδα βαρύτητας από σκυρόδεμα

Ύψος: 726.4 ft (221.4 m)

Μήκος: 1,244 ft (379 m)

Πλάτος κορυφής: 45 ft (14 m)

Πλάτος βάσης: 660 ft (200 m)

Όγκος: 3,250,000 cu yd (2,480,000 m³)

Υψόμετρο: 1,232 ft (376 m)

Τύπος υπερχειλιστή: 2 x ελεγχόμενες πύλες

Χωρητικότητα υπερχειλιστή: 400,000 cu ft/s (11,000 m³/s)

ΔΕΞΑΜΕΝΗ

Δημιουργεί: Lake mead

Χωρητικότητα: 28,537,000 acre-ft (35.200 km³)

Ενεργή χωρητικότητα: 15,853,000 acre-ft (19.554 km³)

Ανενεργή χωρητικότητα: 10,024,000 acre-ft (12.364 km³)

Λεκάνη απορροής: 167,800 sq mi (435,000 km²)

Επιφάνεια: 247 sq mi (640 km²)

Φυσική ανύψωση: 1,219 ft (372 m)

Μέγιστο βάθος νερού: 590 ft (180 m)

Μήκος δεξαμενής: 112 mi (180 km)

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Διαχειριστής: U.S. Bureau of Reclamation

Υδραυλική κεφαλή: 590 ft (180 m) (Max)

Στρόβιλοι: 17 Κύριες, Τύπου Francis

Εγκαταστημένη Ισχύς: 2080 MW

Ετήσια Παραγωγή: 4.2 δισεκατομμύρια KWh

3.2.2 Φράγμα Itaipu

Έτος Κατασκευής: **1991**

Τοποθεσία : **Parana River, Βραζιλία – Παραγουάη**



Το φράγμα Itaipu και ο συνδεδεμένος με αυτό υδροηλεκτρικός σταθμός στον ποταμό Parana River -ο οποίος αποτελεί το φυσικό σύνορο ανάμεσα στην Βραζιλία και την Παραγουάη -είναι αυτή την περίοδο η μεγαλύτερη ανανεώσιμη πηγή παραγωγής ενέργειας στον κόσμο, και ένα από τα θαύματα του 20ου αιώνα. Επίσης αναπαριστά ένα επιτυχές πρόγραμμα το οποίο επιτεύχθηκε μέσα από τη στενή συνεργασία δύο γειτονικών χωρών.

Οτιδήποτε είναι συνδεδεμένο με το πρόγραμμα βρίσκεται πάνω σε μια απέραντη κλίμακα. Το φράγμα Itaipu έχει συνολικό μήκος 7.7 km (4.8 μίλια) και περιλαμβάνει πέντε συνδεδεμένα φράγματα διαφορετικών τύπων, σκυροδέματος και χωμάτινα. Το κυρίως φράγμα είναι ένα κοίλο από σκυρόδεμα φράγμα: το κέντρο είναι κοίλο για να ελαχιστοποιήσει την ποσότητα του απαιτούμενου σκυροδέματος, που παρ' όλα αυτά ήταν τεράστια, όμως η κατασκευή ήταν αρκετά ανθεκτική για την πίεση του νερού που βρισκόταν πίσω του. Τα διάφορα μεμονωμένα φράγματα έχουν ύψος από 25 ως 162 m (82 ως 530 ft).

Στο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που βρίσκεται στη βάση του κυρίως φράγματος υπάρχουν τουρμπίνες -γεννήτριες, κάθε μία από τις οποίες παράγει 700 MW. Το 2000 η ηλεκτρική ενέργεια που παρήγαγε ο υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελούσε περίπου το 24% των απαιτήσεων σε ηλεκτρική ενέργεια της

Βραζιλίας και το 95% της Παραγουάης, και η ικανότητα αυτή πρόκειται να αυξηθεί όταν αποπερατωθεί και η τελευταία γεννήτρια.

Κατασκευή και υλικά

Οι κατασκευές άρχισαν το 1970 με τις εργασίες για την εκτροπή του ποταμού Parana River από την περιοχή κατασκευής του φράγματος. Ο ποταμός Parana είναι ο 7ος μεγαλύτερος ποταμός του κόσμου, με μέση ροή περίπου 83000 cu. m (2930 cu. ft) ανά δευτερόλεπτο -αυτή ήταν η πρώτη φορά που εκτράπηκε ένα τόσο μεγάλο ποτάμι. Χρειάστηκαν περίπου τρία χρόνια για την εκσκαφή του καναλιού εκτροπής, μήκους 2km (1.25 μίλια), πλάτους 150 m (490 ft) και βάθους 91 m (298 ft) συμπεριλαμβανομένης και της αφαίρεσης περίπου 50 εκατομμυρίων τόνων υλικού. Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν εγκιβωτισμοί προς τα πάνω και προς τα κάτω στις εργασίες για την εκτροπή της ροής μέσω του νέου καναλιού. Με ύψος 100 m (330 ft) και μήκος 550 m (1805 ft), αυτοί είναι ανάμεσα στους μεγαλύτερους που έχουν κατασκευαστεί ποτέ.

Όταν το ποτάμι εκτράπηκε από την περιοχή της κατασκευής, η παλιά του κύπη αποξηράνθηκε και εκσκάφθηκε για την κατασκευή των φραγμάτων και του υπερχειλιστή. Για την κατασκευή αυτών απαιτήθηκαν συνολικά 8.8 εκατομμύρια cu. m (310 εκατομμύρια cu. ft) σκυροδέματος και 13.2 εκατομμύρια cu. m (410 cu. ft) χώματος και βράχων. Ένα σύνολο επτά υπερυψωμένων εγκαταστάσεων σιδηροπλισμού, οι οποίες τροφοδοτούνταν από τρεις εγκαταστάσεις παραγωγής σκυροδέματος, διατήρησαν τη ροή του σκυροδέματος στην περιοχή. Στο ύψος της κατασκευής οι εργασίες συνεχιζόταν αδιάκοπα και απασχολούνταν περίπου 30,000 άτομα. Η ποσότητα του σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε ήταν 15 φορές μεγαλύτερη από αυτή που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του Channel Tunnel και η ποσότητα του σιδήρου και του χάλυβα θα ήταν αρκετή για 380 Πύργους του Άιφελ.



Όταν η κατασκευή του φράγματος ολοκληρώθηκε στις 13 Οκτωβρίου 1982, οι φράχτες του καναλιού εκτροπής έκλεισαν και το νερό από τις δεξαμενές άρχισε να ανέρχεται. Η λίμνη που σχηματίστηκε κάλυψε 1350 sq. km (14,530 sq. miles), με μέγιστο βάθος 170 m (558 ft) στο φράγμα. Χρειάστηκαν 14 μέρες για να γεμίσει. Προγράμματα τέτοιας κλίμακας έχουν επιρροή στο περιβάλλον. Καθώς η στάθμη του νερού ανέβαινε, ομάδες σε βάρκες βγήκαν για να συλλέξουν εκατοντάδες ζώα που κινδύνευαν να πνιγούν και περιοχές βιοτόπων δημιουργήθηκαν αλλού.

Το υπερχειλίζον νερό της λίμνης μπορεί να διαφύγει υπό έλεγχο, μέσω ενός δρόμου πάνω από τον υπερχειλιστή στη δεξιά δεξαμενή. Η μέγιστη ικανότητα υπερχείλισης είναι διπλάσια της ροής της μεγαλύτερης πλημμύρας του ποταμού αυτού. Δεκατέσσερις χαλύβδινες ακτινωτές πύλες, περίπου 21.3 m (70 ft) πλάτους και ύψους, ρυθμίζουν την ποσότητα του νερού που διαφεύγει.

Παραγωγή ενέργειας

Η πρώτη γεννήτρια άρχισε τη λειτουργία της τον Μάιο του 1984 και η τελευταία περίπου επτά χρόνια αργότερα τον Ιούλιο του 1991. Κάθε μία από τις 18 τουρμπίνες -γεννήτριες ζυγίζει περίπου 3300 τόνους και παράγει 700 MW σε πλήρη λειτουργία. Για την παραγωγή αυτής της ποσότητας ενέργειας, 645 cu. m (22,770 cu. ft) νερού ανά δευτερόλεπτο ρέουν μέσα από κάθε μηχανή. Η ενέργεια που παράγεται

από το εργοστάσιο αυξανόταν κάθε χρόνο -το μέγιστο ήταν πάνω από 90 δις. KWh το 2000. Αυτό αντιπροσωπεύει μια μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 81 εκατομμύρια τόνους κάθε χρόνο σε σύγκριση με την ενέργεια που παράγεται από τα εργοστάσια που χρησιμοποιούν άνθρακα. Δύο ακόμα γεννήτριες λειτούργησαν το 2004. Η Βραζιλία και η Παραγουάη χρησιμοποιούν διαφορετικά ενεργειακά συστήματα, και οι τουρμπίνες είναι ίσα διαιρεμένες ανάμεσα στα δύο συστήματα. Η Βραζιλία προς το παρόν καταναλώνει το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που παράγεται, κυρίως στο Sao Paulo.



ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΙΤΑΙΡΥ

Επίσημη ονομασία: Central Hidroeléctrica Itaipú Binacional
Usina Hidrelétrica Itaipu Binacional

Χώρα: Βραζιλία - Παραγουάη

Τοποθεσία: Foz do Iguacu Ciudad del Este

Κατάσταση: Σε λειτουργία

Έναρξη κατασκευής: Ιανουάριος 1970

Ημερομηνία λειτουργίας: 5 Μαΐου 1984

Κόστος κατασκευής: 19,6 δισεκατ. \$

Ιδιοκτήτης: Itaipu Binacional

ΦΡΑΓΜΑ ΚΑΙ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΕΣ

Τύπος φράγματος: Συνδυασμός βαρύτητας, στηριγμάτων και τμημάτων αναχώματος

Ύψος: 196 m (643 ft)

Μήκος: 7,919 m (25,981 ft)

Όγκος: 12,300,000 m³ (430,000,000 cu ft)

Χωρητικότητα υπερχειλιστή: 62,200 m³/s (2,196,572 cu ft/s)

ΔΕΞΑΜΕΝΗ

Δημιουργεί: Δεξαμενή Itaipu

Χωρητικότητα: 29,000,000,000 m³ (24,000,000 acre-ft)

Λεκάνη απορροής: 1,350,000 km² (520,000 sq mi)

Επιφάνεια: 1,350 km² (520 sq mi)

Μήκος δεξαμενής: 170 km (110 mi)

Μέγιστο πλάτος δεξαμενής: 12 km (7.5 mi)

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Τύπος: Συμβατικός

Υδραυλική κεφαλή: 118 m (387 ft)

Στρόβιλοι: 20 x 700 MW Francis type

Εγκαταστημένη Ισχύς: 14.000 MW

Ετήσια Παραγωγή: 91,6 TWh (2009)

Καθαρή παραγωγή: 1.761 TWh

3.3 ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΜΕΓΑΛΟ ΈΡΓΟ

3.3.1 Φράγμα Three Gorges

Έτος Κατασκευής: **1994**

Τοποθεσία : ποταμός Yangtze, Κίνα



Το υδροηλεκτρικό πρόγραμμα των Τριών Φαραγγιών κατασκευάστηκε στον ποταμό Yangtze στην Κίνα. Το πρόγραμμα αυτό είναι τόσο μεγάλο -όπως και η προσπάθεια που απαιτήθηκε για να χτιστεί- ώστε μπορεί να περιγραφεί ως ένα σύγχρονο Σινικό Τείχος της Κίνας. Είναι το μεγαλύτερο υδροηλεκτρικό πρόγραμμα σε ολόκληρο τον κόσμο και καλύπτει το 10% των ενεργειακών αναγκών της Κίνας.

Ο ποταμός Yangtze, που πλέον ονομάζεται Chang Jiang ή Long River, είναι το μεγαλύτερο ποτάμι της Ασίας και το τέταρτο μεγαλύτερο στον κόσμο. Οι πλημμύρες στον Yangtze πάντα προκαλούσαν μεγάλες καταστροφές- μόνο στον εικοστό αιώνα σκότωσαν πάνω από ένα εκατομμύριο ανθρώπους και είχαν ως αποτέλεσμα μεγάλες απώλειες στην καλλιέργεια και τη βιομηχανία. Εκτός από την παραγωγή ενέργειας το πρόγραμμα των Τριών Φαραγγιών έχει στόχο να ελέγξει τέτοιες πλημμύρες και να παρέχει άρδευση. Ένα κανάλι και ένας υδροφράκτης πλοίων για να επιτρέψει τη ναυσιπλοΐα στο ποτάμι πάνω από την τοποθεσία είναι επίσης μέρος του σχεδίου, ανοίγοντας το δρόμο στα μεγάλα πλοία για την κεντρική Κίνα και βοηθώντας με αυτόν τον τρόπο τη βιομηχανία και βελτιώνοντας το βιοτικό επίπεδο.

Το φράγμα (hollow gravity dam) είναι 175 m ψηλό και έχει μήκος πάνω από 2 km. Ένα σύνολο 102.8 cu. m από χώμα και πέτρα χρειάστηκε να ανασκαφεί και 27.9 cu. m σκυροδέματος -3 φορές περισσότερο από όσο χρειάστηκε στο Itaipu- και

354,000 τόνοι ενίσχυσης χάλυβα μαζί με 265,000 τόνους μετάλλου καταναλώθηκαν. Το ποσό των υλικών θα μπορούσε να χτίσει τη Μεγάλη Πυραμίδα ξανά 44 φορές και εργατικό δυναμικό της τάξεως των 28,000 εργάστηκαν στο πρόγραμμα.

Χτίζοντας το φράγμα



Προτού αρχίσει η κατασκευή του φράγματος ήταν απαραίτητο αρχικά να εκτραπεί το ποτάμι από την τοποθεσία. Η μέση ροή του ποταμού Yangtze σε αυτό το σημείο κυμαίνεται ανάμεσα σε 14,000 και 19,000 cu. m ανά δευτερόλεπτο. Αυτό καθιστούσε το πρόγραμμα το μεγαλύτερο όσον αφορά εκτροπή ποταμού από όλα όσα ήδη έχουν γίνει, κόστους 3,7 δισεκατομμυρίων δολαρίων από μόνο του. Τα διαχωριστικά στεγανά (εγκιβωτισμοί) που χρειάστηκαν για να επιτευχθεί αυτό ήταν τεράστιες κατασκευαστικές εργασίες. Ο επάνω εγκιβωτισμός κατασκευάστηκε σε 60 m νερού και απαιτήθηκαν περίπου 10,3 εκατομμύρια m³ υλικού.

Το κυρίως φράγμα εγκαταστάθηκε με πύλες χαμηλού επιπέδου που επέτρεπε στα ιζήματα να ξεπλυθούν στο κάτω μέρος κατά τη διάρκεια της εποχής των πλημμύρων. Για να επιτευχθεί αυτό, θα έπρεπε να εγκατασταθούν κατά μήκος της επιφάνειας του φράγματος 23 πύλες, κάθε μία 7 x 9 m. Κάθε χρόνο το επίπεδο του νερού της δεξαμενής χαμήλωνε στην αρχή της περιόδου των πλημμύρων και ανοίγονταν οι πύλες ώστε να ξεπλένεται ο βούρκος. Στο τέλος της περιόδου αυτής οι πύλες έκλειναν για να αποθηκεύσουν κυρίως καθαρό νερό στη δεξαμενή, το οποίο γεμίζονταν από τις τελευταίες πλημμύρες της περιόδου. Ακόμα και έτσι, περίπου 50 εκατομμύρια τόνοι βούρκου κάθε χρόνο κατακάθονται μέσα στη δεξαμενή.

Ένας υπερχειλιστής σχεδιασμένος να αντέχει 4 φορές τη μέση ροή στο στόμιο του ποταμού περιλαμβάνει 22 πύλες, κάθε μία 7 x 17 m, ο οποίος χτίστηκε στο κέντρο του φράγματος για να εμποδίζει τις πλημμύρες να ξεχειλίζουν πάνω από το φράγμα.

Ικανότητα ενέργειας και έλεγχος πλημμύρων



Υπάρχουν δύο εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο κάτω μέρος του φράγματος με 26 γεννήτριες κάθε μία ικανότητας 700 megawatt, παράγοντας συνολικά 18,200 megawatt 50% μεγαλύτερη από το Itairu. Μια δεύτερη φάση σχεδιάστηκε για να προσθέσει ικανότητα και να φτάσει στο σύνολο των 22,400 megawatt. Το πρώτο στάδιο ήταν ίσο με το μισό της παραγωγικής ικανότητας της μεγαλύτερης εταιρείας ενέργειας της Αμερικής και κάθε γεννήτρια παρήγαγε περίπου το ίδιο ποσό με ένα σύγχρονο σταθμό πυρηνικής ενέργειας. Ακόμη η ενέργεια που παράγεται έσωσε 50 εκατομμύρια τόνους άνθρακα από κατανάλωση κάθε χρόνο.

Η λειτουργία της δεξαμενής έχει βοηθήσει επίσης στον έλεγχο των πλημμύρων. Ο συνολικός όγκος της δεξαμενής είναι 39.3 δισεκατομμύρια cu. m. Η συχνότητα των πλημμύρων μειώθηκε από μία κάθε χρόνια σε λιγότερο από μία κάθε 100 χρόνια, γεγονός που αύξησε την ασφάλεια των περίπου 15 εκατομμυρίων κατοίκων που ζουν εκεί.

Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η βελτίωση της ναυσιπλοΐας στις περιοχές πάνω από τον Yangtze. Αυτή τη στιγμή μεγάλες φορηγίδες (μαούνες) μπορούν να ταξιδέψουν μέσα στο εσωτερικό της χώρας μέχρι το Wuhan περίπου 250 km πέρα από το φράγμα και μόνο φορηγίδες πάνω από 6000 τόνους μπορούν να περάσουν πάνω από την τοποθεσία.

Με το χτίσιμο του υδροφράκτη των πλοίων μπορούν πλέον να πλεύσουν φορηγίδες μέχρι 10,000 τόνους στο εσωτερικό της χώρας μέχρι και το Chongqing, περίπου 2500 km μέσα στο εσωτερικό από τη θάλασσα για 6 μήνες το χρόνο.

Ακόμα, χτίστηκε ένας ανελκυστήρας πλοίων –ο μεγαλύτερος που υπάρχει στον κόσμο. Αυτό είναι ικανό να μεταφέρει πάνω από το φράγμα επιβατηγά ή φορηγά πλοία μέχρι 3000 τόνους, ανοίγοντας ένα νέο, μακρύ δρόμο για την

οικονομική ανάπτυξη της Κίνας. Τα πλοία μεταφέρονται σε ένα container που έχει 120 m μήκος, 18 m πλάτος και 3.5 m βάθος.

Η κατασκευή του προγράμματος αυτού του μεγέθους δεν είναι βεβαίως χωρίς κόστη και οικονομικά και περιβαλλοντικά. Το κόστος της κατασκευής υπολογίζεται περίπου σε \$75 δις. Επιπρόσθετα η δεξαμενή ανάγκασε τη μετατόπιση και επανατακτοποίηση περίπου 1.1 με 1.9 εκατομμύρια ανθρώπους, που «πλημμυρίζουν» μια περιοχή γύρω στα 632 sq. Km, περιλαμβάνοντας 27,000 ha αγροκτημάτων και οπωρώνων καθώς και 19 πόλεις, 326 χωριά και πολυάριθμες αρχαίες τοποθεσίες. Η μόλυνση του νερού στο ποτάμι αυξήθηκε καθώς το φράγμα παγιδεύει ρύπους οι οποίοι χύνονταν στο παρελθόν στη θάλασσα.

Παρά τα γεγονότα αυτά η Κίνα προχώρησε στο πρόγραμμα σαν μια πολύ σημαντική επένδυση. Η κατασκευή ενός προγράμματος τέτοιου μεγέθους από τις κινέζικες πηγές ήταν σίγουρα ένα εντυπωσιακό επίτευγμα, αντάξιο των ανθρώπων που έχτισαν το Σινικό Τείχος.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ THREE GORGES

Επίσημη ονομασία: Three Gorges Dam

Χώρα: Κίνα

Τοποθεσία: Sandouping, Yiling, Hubei

Κατάσταση: Σε λειτουργία

Έναρξη κατασκευής: 14 Δεκεμβρίου 1994

Ημερομηνία λειτουργίας: 2008

Κόστος κατασκευής: 26 δισεκατ. \$

Ιδιοκτήτης: Three Gorges Dam Project

ΦΡΑΓΜΑ ΚΑΙ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΕΣ

Τύπος φράγματος: Φράγμα βαρύτητας

Ύψος: 181 m (594 ft)

Μήκος: 2,335 m (7,661 ft)

Πλάτος κορυφής: 40 m (131 ft)

Πλάτος βάσης: 115 m (377 ft)

Χωρητικότητα υπερχειλιστή: 116,000 m³/s (4,100,000 cu ft/s)

ΔΕΞΑΜΕΝΗ

Δημιουργεί: Δεξαμενή Three Gorges

Χωρητικότητα: 39.3 km³ (9.4 cu mi)

Λεκάνη απορροής: 1,000,000 km² (390,000 sq mi)

Επιφάνεια: 1,045 km² (403 sq mi)

Φυσική ανύψωση: 175 m (574 ft)

Μήκος δεξαμενής: 600 km (370 mi)

Μέγιστο πλάτος δεξαμενής: 1.1 km (0.68 mi) avg.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Τύπος: Συμβατικός

Υδραυλική κεφαλή: Rated: 80.6 m (264 ft)
Maximum: 113 m (371 ft)

Στρόβιλοι: 26 x 700 MW - 2 x 50 MW

Εγκαταστημένη Ισχύς: 20,300 MW

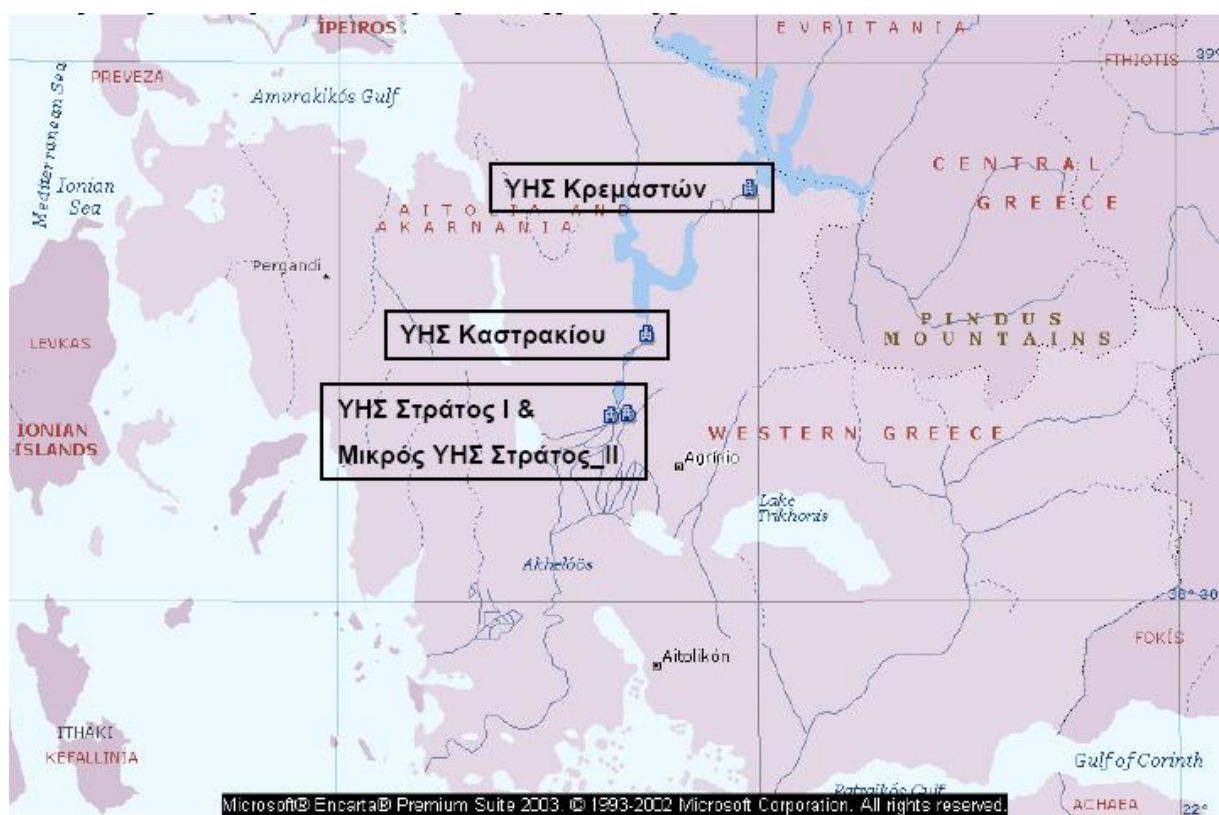
Μέγιστη Ισχύς: 22,500 MW

Ετήσια Παραγωγή: 80,000 GWh

Καθαρή παραγωγή: 368 TWh (2009)

4. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΑΧΕΛΩΟΥ

Το υδροηλεκτρικό συγκρότημα Αχελώου αποτελείται από τους ΥΗΣ Κρεμαστών, Καστρακίου, Στράτος Ι και τον μικρό ΥΗΣ Στράτος ΙΙ. Ο κάθε ένας με εγκατεστημένη ισχύ 440 MW, 320 MW, 150 MW και 6,7 MW αντίστοιχα εκμεταλλεύονται την υδροηλεκτρική ενέργεια του Αχελώου (Εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1 : Υδροηλεκτρικό συγκρότημα Αχελώου

4.1 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ



Ο ΥΗΣ Κρεμαστών βρίσκεται στο νομό Αιτωλοακαρνανίας στην επαρχία Τριχωνίδας, κοντά στα σύνορα των νομών Αιτωλοακαρνανίας και Ευρυτανίας. Απέχει από το πλησιέστερο αστικό κέντρο, την πόλη του Αγρινίου 55 χλμ και 8 χλμ από την Εθνική οδό Αγρινίου – Καρπενησίου.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ

| | |
|---------------------------------|---|
| ΟΝΟΜΑΣΙΑ: | ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ |
| ΕΤΟΣ ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗΣ: | 1965 |
| ΕΝΑΡΞΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ: | 1966 |
| ΠΟΤΑΜΟΣ: | ΑΧΕΛΩΟΣ |
| ΘΕΣΗ: | ΜΕΣΟΣ ΡΟΥΣ ΑΧΕΛΩΟΥ |
| ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ: | 4X110 MW |
| ΤΥΠΟΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ: | FRANCIS ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ |
| ΤΥΠΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ: | ΣΥΓΧΡΟΝΗ, ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ ΤΥΠΟΥ ΟΜΠΡΕΛΑΣ |
| ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: | 850.000.000 KWH |
| ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ: | Δ.Ε.Η. |

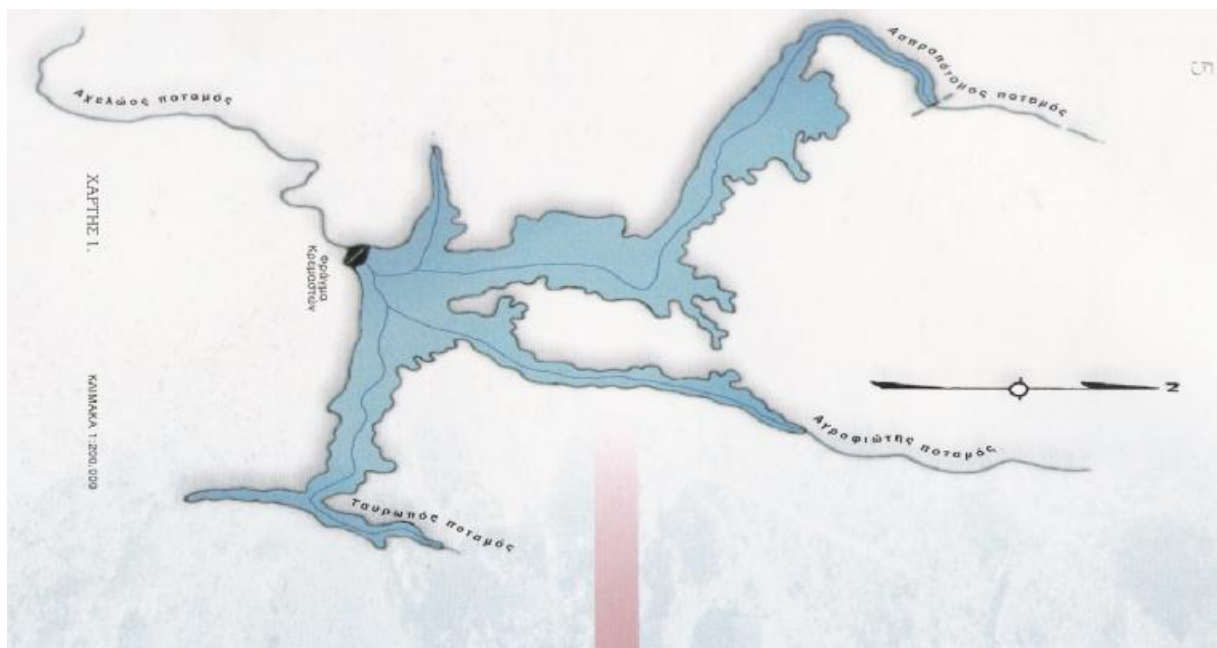
4.1.1 Περιγραφή του έργου

Το φράγμα που είναι ένα από τα μεγαλύτερα γαιοφράγματα της Ευρώπης, κατασκευάστηκε λίγο μετά το σημείο, που οι τρεις ποταμοί Ταυρωπός, Αγραφιώτης, Αχελώος ή Ασπροπόταμος ενώνονταν και στο στενότερο σημείο της κοίτης του Αχελώου (Εικόνα 4.2).

Οι τρεις ποταμοί συλλέγουν τα νερά των δυτικών και νότιων περιοχών της κεντρικής ζώνης της οροσειράς της Πίνδου και έτσι σχηματίζεται μια λεκάνη απορροής με επιφάνεια 3.500 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Η τεχνητή λίμνη που σχηματίζεται έχει επιφάνεια 81 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ποσότητα νερού στη μέγιστη στάθμη 4,75 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα.

Η μέση ετήσια παροχή νερού είναι $105 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Τα νερά της τεχνητής λίμνης που δημιουργήθηκαν μέσω της υδροληψίας και των τεσσάρων αγωγών προσαγωγής, οδηγούνται στους τέσσερις Υδροστρόβιλους του Σταθμού όπου, αφού αποδώσουν την δυναμική τους ενέργεια, εκρέουν στη φυσική κοίτη του ποταμού.

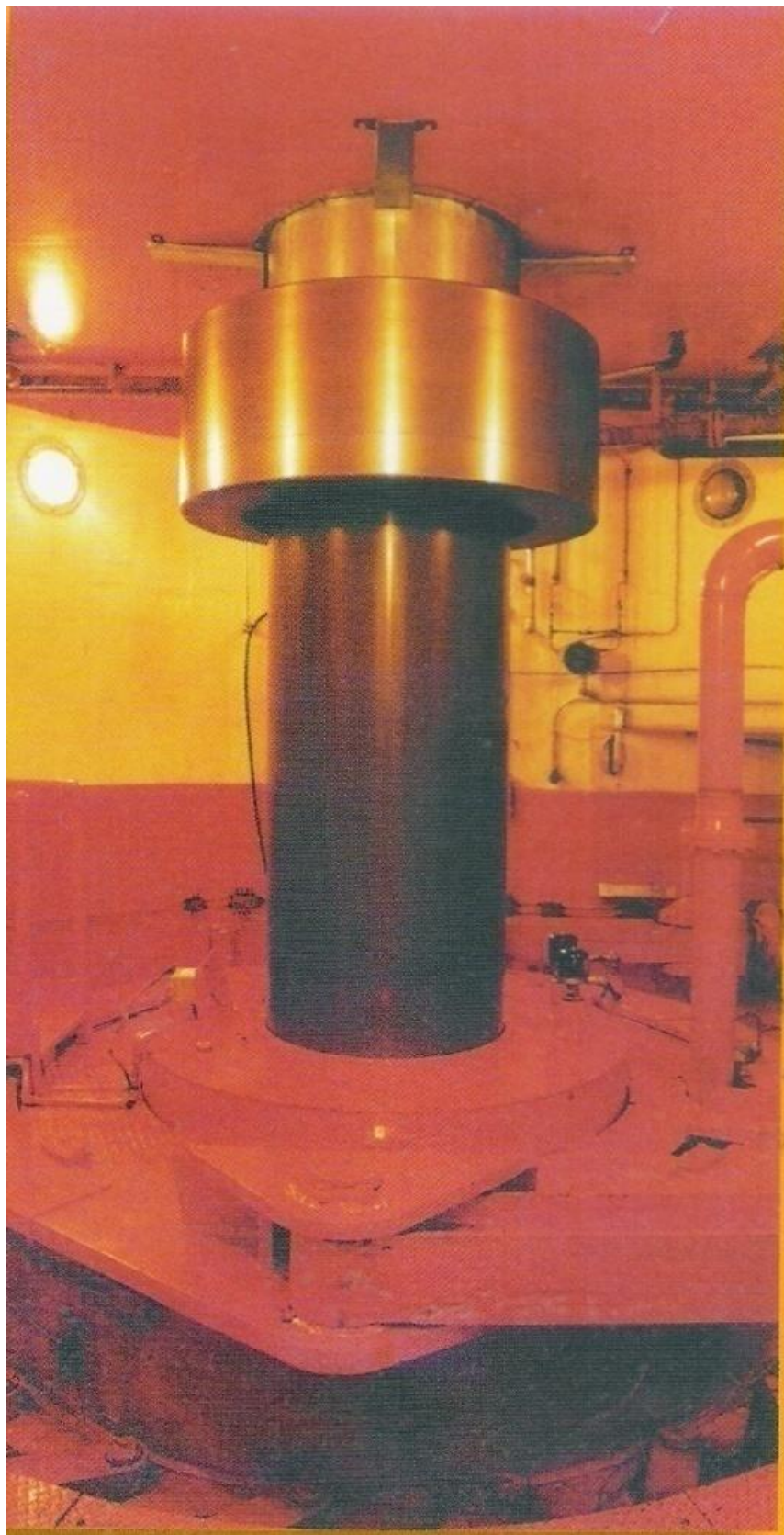


Εικόνα 4.2 : Χάρτης θέσεως έργου

Ο υπερχειλιστής του φράγματος έχει διαταχθεί στο αριστερό αντέρεισμα και έχει τη μορφή κεκλιμένης διώρυγας που καταλήγει στη λεκάνη ηρεμίας. Αποτελείται από δύο θύρες διαστάσεων (11m x 14.64m) οι οποίες δίνουν παροχευτικότητα 3000 m³/sec (Εικόνα 4.3) / (Εικόνα 4.12, σελ.76).



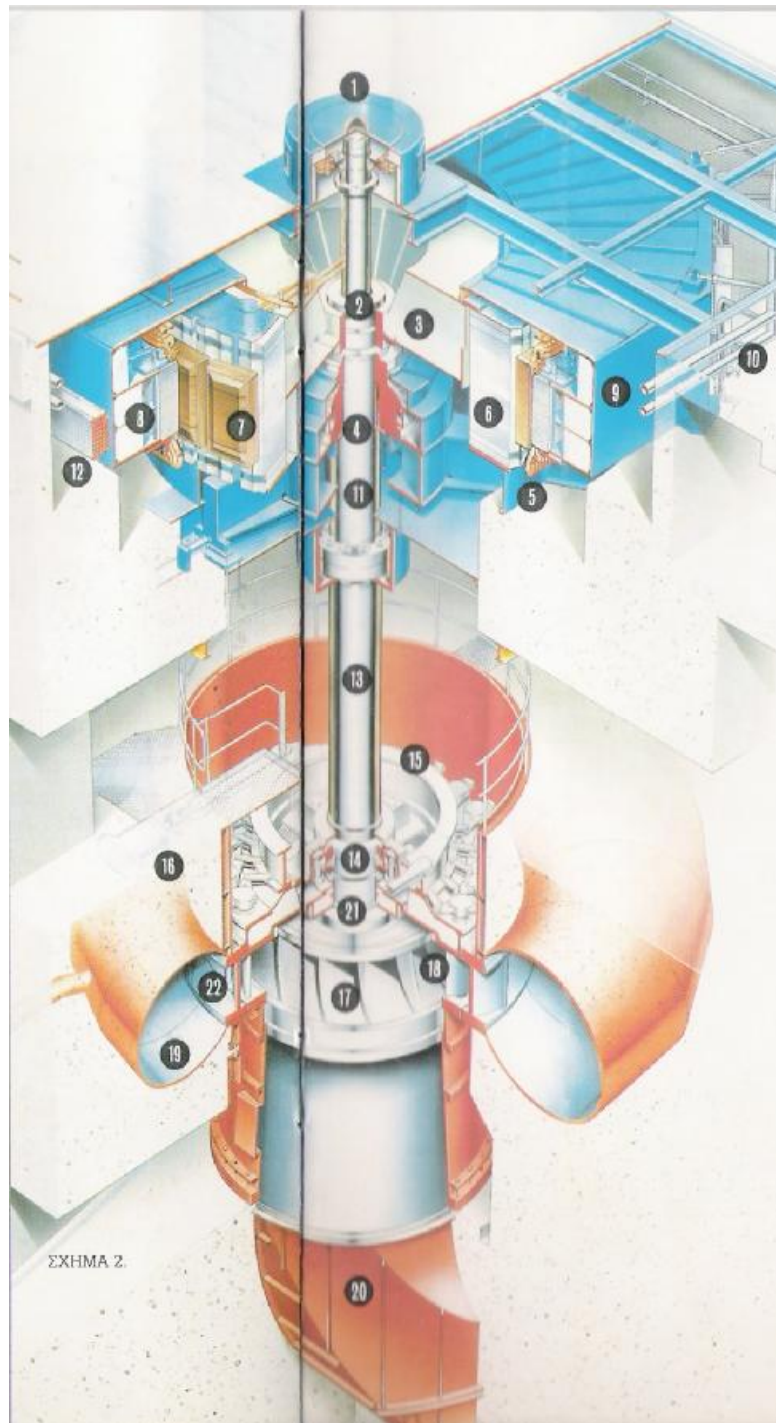
Εικόνα 4.3 : Υπερχειλιστής ταμιευτήρα



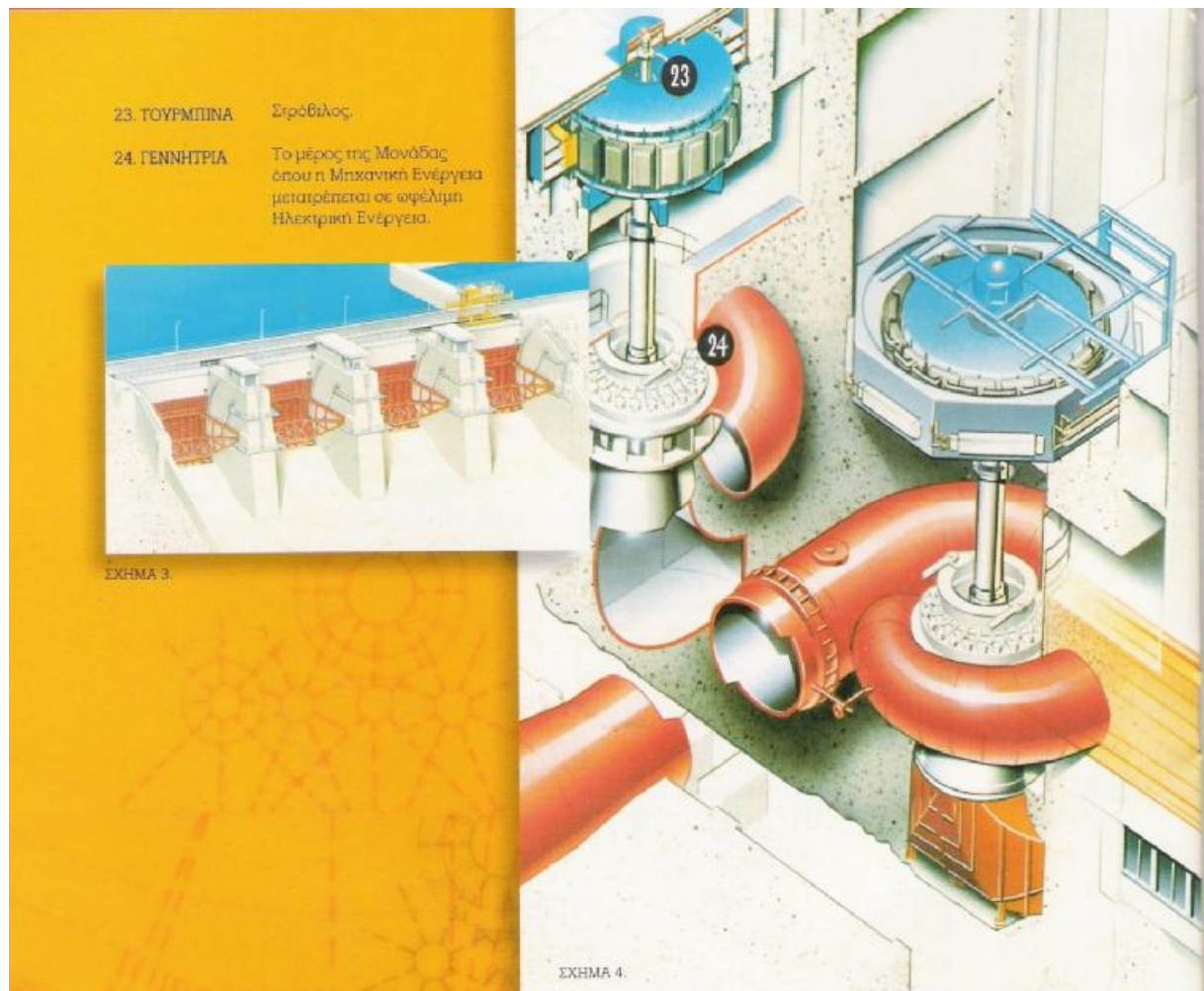
Εικόνα 3.4 : Άξονας μονάδας

4.1.2 Τομή στροβίλου – γεννήτριας (μονάδας)

Στα σχήματα 4.1 και 4.2 περιγράφονται τα μέρη λειτουργίας του στροβίλου και της γεννήτριας ενός υδροηλεκτρικού σταθμού.



Σχήμα 4.1



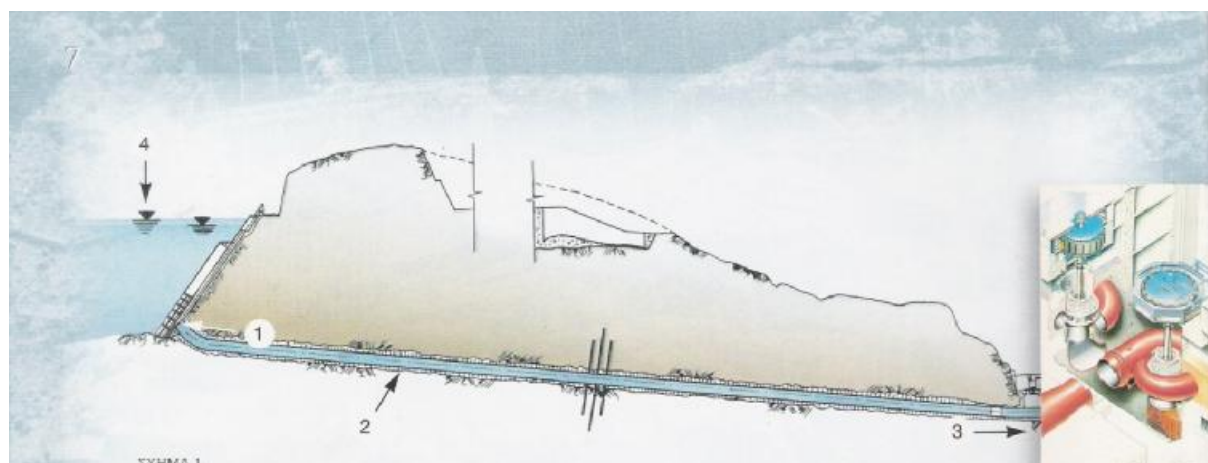
Σχήμα 4.2

1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ : Βρίσκεται στο επάνω μέρος της Μονάδας και είναι μια Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος, η οποία εξασφαλίζει το απαραίτητο συνεχές ρεύμα για τη δημιουργία του μαγνητικού πεδίου στον Δρομέα της Γεννήτριας.
2. ΟΔΗΓΟΣ ΕΔΡΑΝΟ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ : Βρίσκεται ακριβώς επάνω από το Ωστικό Έδρανο Γεννήτριας και παραλαμβάνει τις ακτινικές δυνάμεις που ασκούνται σε αυτή.
3. ΑΡΑΧΝΗ ΔΡΟΜΕΑ : Μεταλλικός σκελετός στήριξης των τυλιγμάτων και πόλων του Δρομέα της Γεννήτριας.
4. ΩΣΤΙΚΟ ΕΔΡΑΝΟ : Αποτελεί τη στήριξη της Γεννήτριας και παραλαμβάνει τις αξονικές υδραυλικές δυνάμεις καθώς και το βάρος της Μονάδας.
5. ΤΥΛΙΓΜΑ ΣΤΑΤΗ : Αποτελείται από ηλεκτρικούς αγωγούς κατάλληλα διαμορφωμένους ώστε στα άκρα του να παράγεται μια τάση.

6. ΔΡΟΜΕΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ : Κινητό μέρος της Γεννήτριας, στο οποίο αναπτύσσεται το απαραίτητο Μαγνητικό πεδίο για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.
7. ΤΥΛΙΓΜΑ ΔΡΟΜΕΑ : Αποτελείται από κατάλληλα διαμορφωμένους αγωγούς και 18 ζεύγη πόλων. Παράγεται το μαγνητικό πεδίο της Γεννήτριας.
8. ΠΥΡΗΝΑΣ ΣΤΑΤΗ : Αποτελείται από κατάλληλα χαλύβδινα φύλλα συγκεκριμένης διατομής, που επάνω τους είναι στερεωμένο το τυλίγμα του Στάτη στα άκρα του οποίου παράγεται η τάση.
9. ΚΕΛΥΦΟΣ ΣΤΑΤΗ : Είναι το εξωτερικό περίβλημα του τυλίγματος του Στάτη.
10. ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΨΥΞΗΣ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ ΣΤΑΤΗ : Υδραυλικό δίκτυο, τροφοδοσίας ύδατος των ψυγείων ψύξης της Γεννήτριας.
11. ΑΞΟΝΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ : Συνδέεται διαμέσου σφονδύλου με τον άξονα του Στροβίλου και παραλαμβάνει απ' αυτόν την μηχανική του ενέργεια.
12. ΨΥΓΕΙΟ : Συσκευή με την οποία απάγεται η θερμοκρασία που αναπτύσσουν τα τυλίγματα του Στάτη.
13. ΑΞΟΝΑΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ : Συνδέεται διαμέσου σφονδύλου με τον άξονα της Γεννήτριας και μεταβιβάζει σε αυτήν τη μηχανική του ενέργεια. (Εικόνα 4.4, σελ. 47)
14. ΟΔΗΓΟ ΕΔΡΑΝΟ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ : Ο σκοπός του είναι η παραλαβή των ακτινικών δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά την περιστροφή του άξονα.
15. ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΗ ΣΤΕΦΑΝΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ : Στο δακτύλιο αυτό είναι συνδεδεμένα με κατάλληλες αρθρώσεις τα κινητά πτερύγια του Στροβίλου καθώς και το σερβομοτέρ.
16. ΣΕΡΒΟΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ : Ηλεκτρουδραυλικό σύστημα που μεταφέρει τις εντολές του ρυθμιστή στροφών στη ρυθμιζόμενη κινητή στεφάνη.
17. ΣΤΡΟΦΕΙΟ : Το κινητό μέρος του Στροβίλου, στο οποίο είναι προσαρμοσμένα μια σειρά καμπύλων πτερυγίων και στα οποία πραγματοποιείται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού, σε ωφέλιμη μηχανική στον άξονά του.
18. ΚΙΝΗΤΑ ΠΤΕΡΥΓΙΑ : Σειρά πτερυγίων με τα οποία ελέγχουμε την ποσότητα νερού που θα περάσει από το Στρόβιλο.
19. ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΗΣ ΘΑΛΑΜΟΣ Ή ΣΑΛΙΓΚΑΡΟΣ : Το κατώτερο σημείο του αγωγού πτώσης, σταδιακής μειωμένης κυκλικής διατομής.
20. ΑΓΩΓΟΣ ΦΥΓΗΣ : Βρίσκεται στο κατώτερο μέρος του Στροβίλου και χρησιμεύει για την παροχέτευση των νερών που έχουν ήδη περάσει τον Στρόβιλο, αφού έχουν δώσει πρώτα τη δυναμική τους ενέργεια.

- 21.ΑΝΩ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ : Σταθερός δακτύλιος πάνω από τα κινητά πτερύγια, αποτελεί την άνω έδραση των κινητών πτερυγίων του Στροβίλου.
- 22.ΚΑΤΩ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ : Σταθερός δακτύλιος κάτω από τα κινητά πτερύγια, αποτελεί την κάτω έδραση των κινητών πτερυγίων του Στροβίλου.
- 23.ΤΟΥΡΜΠΙΝΑ : Στρόβιλος.
- 24.ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ : Το μέρος της Μονάδας όπου η Μηχανική Ενέργεια μετατρέπεται σε ωφέλιμη Ηλεκτρική Ενέργεια.

4.1.3 Σχηματική διάταξη εγκαταστάσεων υδροηλεκτρικού σταθμού κρεμαστών



Σχήμα 4.3

1) Η ΥΔΡΟΛΗΨΙΑ

Χρησιμεύει για την είσοδο του νερού στον αγωγό προσαγωγής (2). Στην Υδροληψία υπάρχουν σχάρες οι οποίες εμποδίζουν την είσοδο διαφόρων αντικειμένων στον αγωγό, καθώς και η θύρα υδροληψίας που χρησιμεύει στο να απομονώνεται ο αγωγός από τη λίμνη, σε περίπτωση συντήρησης της μονάδας.

2) Ο ΑΓΩΓΟΣ ΠΤΩΣΗΣ (ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ ΝΕΡΟΥ)

Φέρει το νερό από την υδροληψία κατευθείαν στο Στρόβιλο του Σταθμού. Ο αγωγός λειτουργεί υπό πίεση. Ο αριθμός των αγωγών πτώσης είναι ίσος με τον αριθμό των μονάδων του Σταθμού, η διάμετρος του είναι περίπου 5m. Οι αγωγοί είναι τοποθετημένοι εκτός του σώματος του φράγματος, μέσα στο βραχώδη πρανές του αντερίσματος του φράγματος.

3) Ο ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Είναι το τμήμα του συγκροτήματος παραγωγής στο οποίο παράγεται η υδροηλεκτρική ενέργεια.

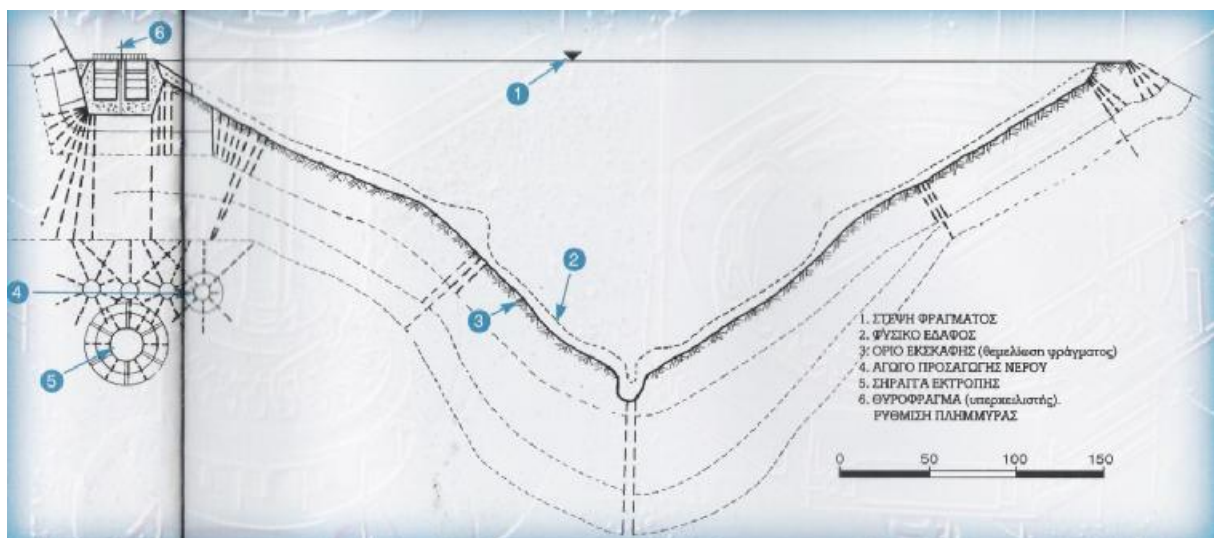
4) ΤΕΧΝΗΤΗ ΛΙΜΝΗ

Για την αποθήκευση νερού και τη ρύθμιση της ροής του ποταμού, κατασκευάστηκε το Φράγμα τι οποίο δημιουργεί πίσω του (ανάντη) τον αποθηκευτικό χώρο του ταμιευτήρα με 4.750.000.000 κυβικά μέτρα νερό στην ανώτερη στάθμη.

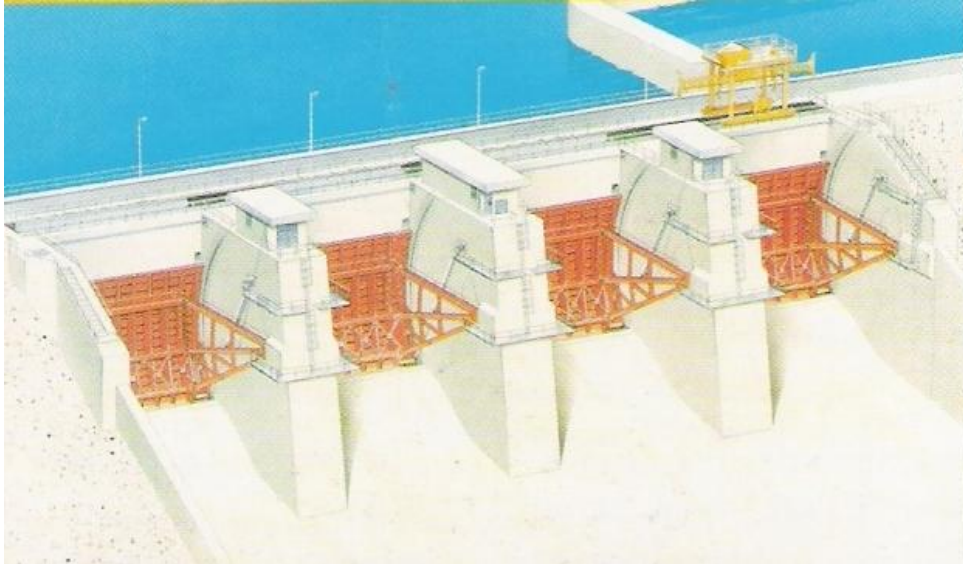
| | |
|---|--------------------------------|
| Συνολικός όγκος αδρανών υλικών | 8.131.200 m³ |
| Μέγιστο ύψος φράγματος | 160,3 m |
| Υψόμετρο στέψης | 282 m |
| Πλάτος στέψης | 10 m |
| Μήκος στέψης | 456 m |
| Μέγιστο μήκος θεμελίωσης κατά μήκος ποταμού | 670 m |

ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ (ΣΧΗΜΑ 4.4)

Στο Σχήμα 4.4 φαίνεται η στέψη στο ψηλότερο σημείο του φράγματος, το φυσικό έδαφος (2), όπως ήταν πριν ξεκινήσουν τα έργα εκσκαφής και θεμελίωσης του φράγματος. Οι αγωγοί προσαγωγής του νερού προς τις μονάδες (4). Η σήραγγα εκτροπής των νερών του ποταμού κατά τη φάση της κατασκευής του έργου (5) καθώς και τα θυροφράγματα (6) τα οποία χρησιμεύουν για την παροχέτευση του νερού της πλημμύρας. Τα θυροφράγματα είναι επίσης απαραίτητα, προκειμένου να διατηρηθούν στον ταμιευτήρα οι εισροές της άνοιξης οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν κατά το καλοκαίρι. Παραμένουν κλειστά την περίοδο Απριλίου-Σεπτεμβρίου και ανοίγουν κατά την περίοδο Οκτωβρίου-Μαρτίου. (Σχήμα 4.5, σελ.53). Η στάθμη διατηρείται χαμηλά κατά τους χειμερινούς μήνες, έτσι ώστε να αποταμιεύονται οι εισροές των πλημμυρών.



Σχήμα 4.4 : Διατομή κατά μήκος του φράγματος

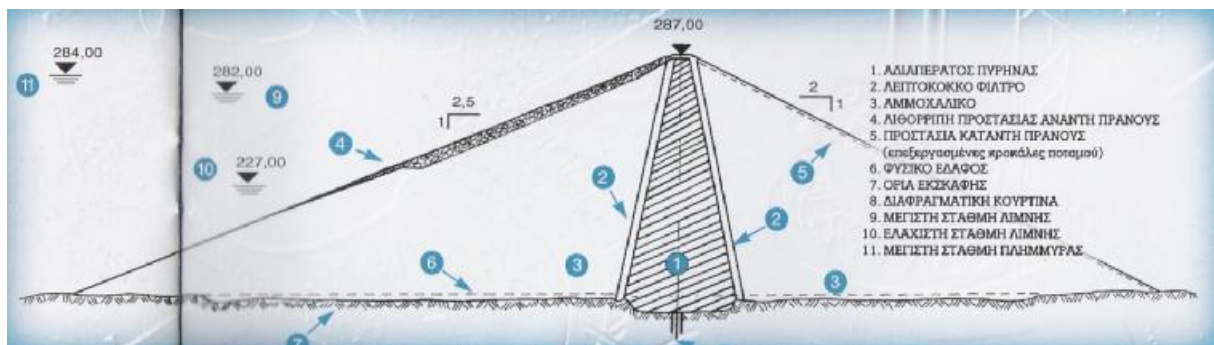


Σχήμα 4.5 : Θυροφράγματα

ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ (ΣΧΗΜΑ 4.6)

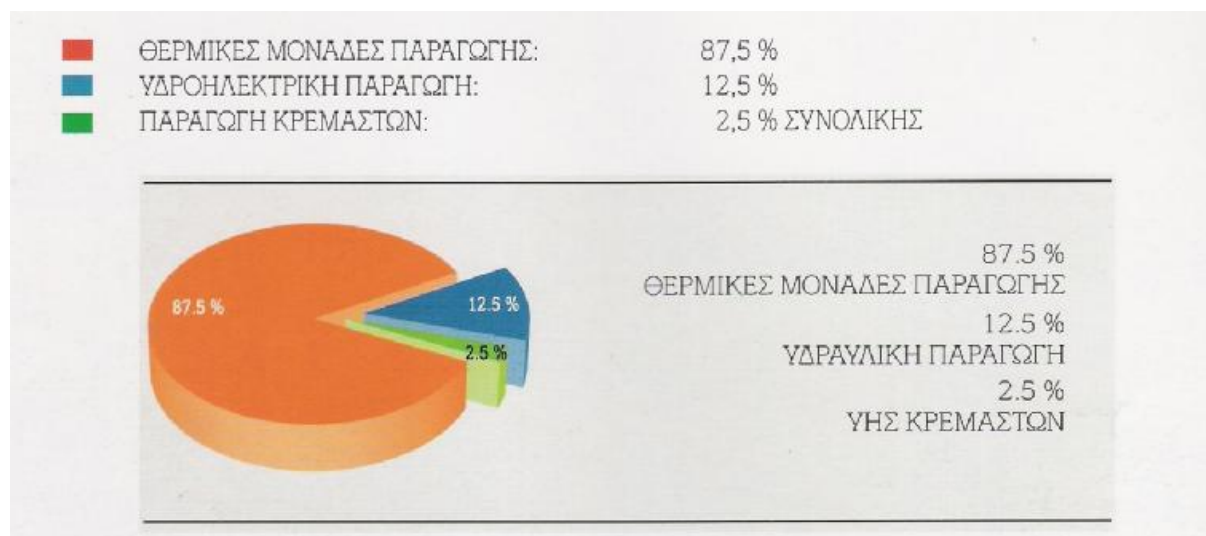
Το φράγμα των Κρεμαστών, λόγω της φύσης των εδαφών της περιοχής, είναι κατασκευασμένο από γαιώδη υλικά. Τα εν λόγω υλικά πάρθηκαν από την κοίτη του ποταμού. Η κεντρική ζώνη (Σχήμα 4.6) (πυρήνας) είναι από αδιαπέρατο υλικό (άργιλος) της οποίας οι δύο επιφάνειες προστατεύονται από ημιπέρατα υλικά (λεπτόκοκκο φίλτρο) (2). Ενώ διαπερατά υλικά αποτελούν το κέλυφος του φράγματος. Υπάρχει επίσης μία ζώνη του φράγματος λιθόρριπτη για την προστασία από τον κυματισμό της λίμνης.

Η μηχανική συμπεριφορά του χωμάτινου φράγματος, σε σεισμικές καταπονήσεις, πιέσεις, τάσεις, παραμορφώσεις, φορτία, επιμηκύνσεις, ελέγχεται από μια πληθώρα οργάνων τα οποία είναι τοποθετημένα στο σώμα του φράγματος. Από τη συστηματική παρακολούθηση των μετρήσεων συνάγονται συμπεράσματα για την μακροπρόθεσμη τεχνική επάρκεια του έργου. Το κόστος αυτών των οργάνων ανέρχεται στο 1% του κόστους του φράγματος.



Σχήμα 4.6 : Μέγιστη εγκάρσια διατομή φράγματος

4.1.4 Συνεισφορά του ΥΗΣ Κρεμαστών στη συνολική παραγωγή ενέργειας



Εικόνα 4.5

Στην Εικόνα 4.5 εκφράζεται το ποσοστό της παραγωγής του υδροηλεκτρικού σταθμού Κρεμαστών σε σχέση με τους υπόλοιπους ΥΗΣ αλλά και σε σχέση με τη συνολική παραγωγή ενέργειας.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΥΗΣ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ 1966-1995

| | |
|--|------------------------------|
| ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: | 1.278.747 M.W.H. |
| Επιτεύχθηκε με μέση ετήσια παροχή | 152 m ³ /sec |
| Και με μέγιστη στάθμη λίμνης 268,23 m το έτος: | 1979 |
| Ποσότητα νερών που εισέρευσαν στον ταμιευτήρα: | 4.729.441.000 m ³ |
| Ποσότητα νερών που χρησιμοποιήθηκε | |
| Για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας: | 4.809.031.900 m ³ |

| | |
|---|------------------------|
| ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: | 496.080 M.W.H. |
| Επιτεύχθηκε με μέση ετήσια παροχή | 66 m ³ /sec |
| Και με μέγιστη Στάθμη 257,39 m. Το έτος | 1993 |

4.2 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ

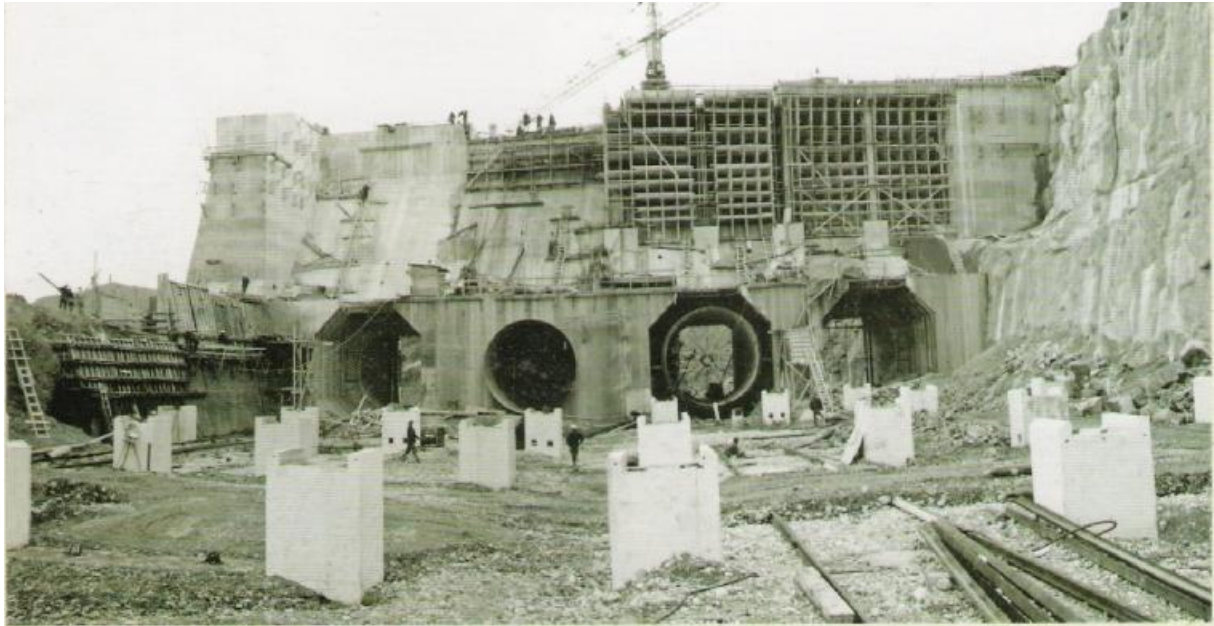


Ο Υδροηλεκτρικός σταθμός Καστρακίου βρίσκεται 20 km βόρεια του Αργινίου και απέχει 300 km περίπου από την Αθήνα. Έχει κατασκευαστεί στον ποταμό Αχελώο 35 km κατάντη του φράγματος Κρεμαστών. Το έργο είναι τριπλής σκοπιμότητας, παραγωγή ενέργειας, ύδρευσης και άρδευσης της ευρύτερης περιοχής.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ

| | |
|---------------------------------|--|
| ΟΝΟΜΑΣΙΑ: | ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ |
| ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: | 1966 |
| ΕΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ: | 1969 |
| ΤΥΠΟΣ: | ΗΜΙΥΠΑΙΘΡΙΟΣ |
| ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ: | 4 x 80 MW = 320 MW |
| ΤΥΠΟΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ: | FRANCIS ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ |
| ΤΥΠΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ: | ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ |
| ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: | 581 GWH |

4.2.1 Τεχνική περιγραφή του έργου



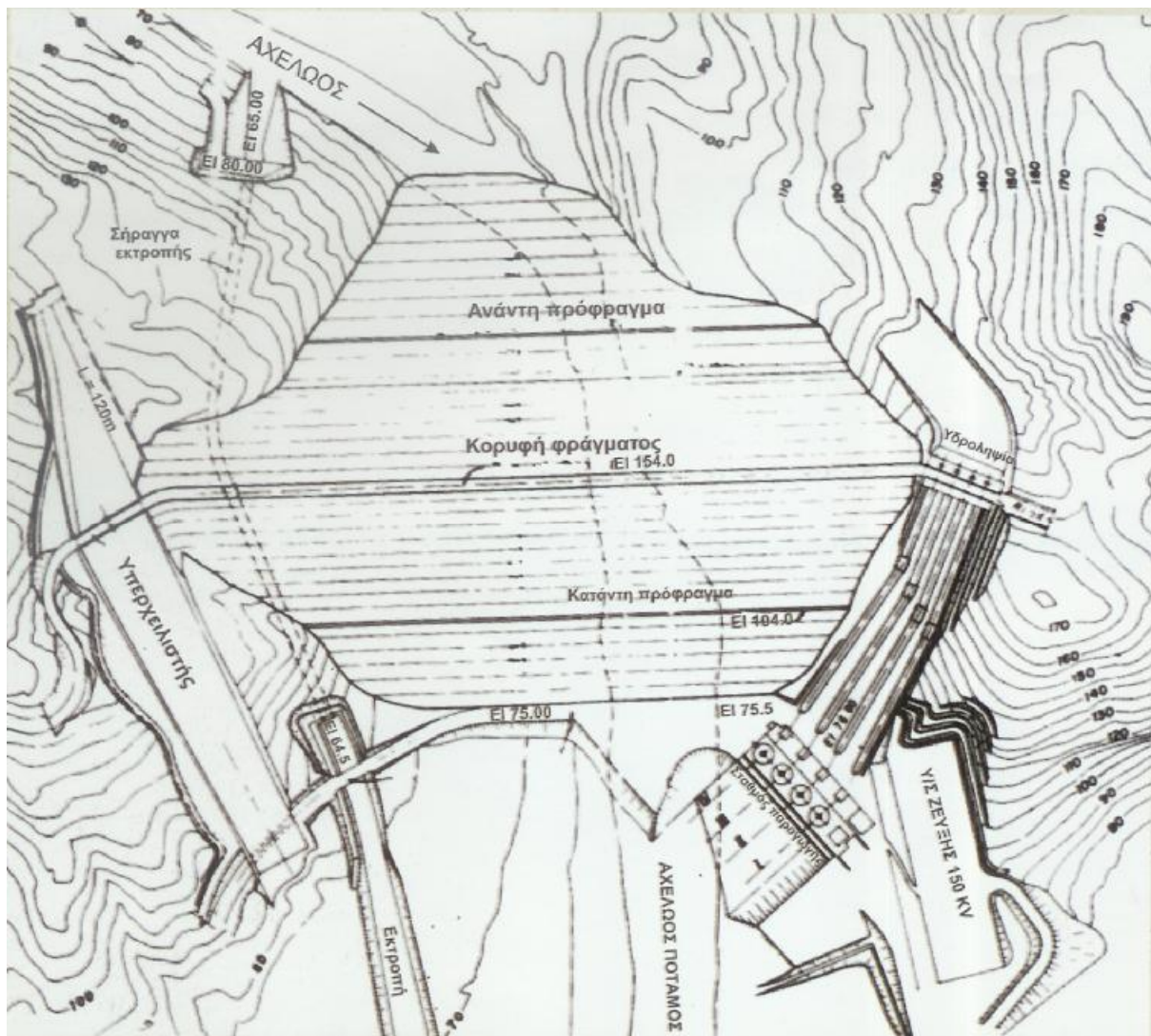
Εικόνα 4.6 : Κατασκευή υδροληψίας

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ

| | |
|-----------------------------|---------------------|
| ∅ Έναρξη τελικής σχεδίασης: | Μάρτιος 1964 |
| ∅ Έναρξη κατασκευής: | Μάιος 1966 |
| ∅ Εμπορική λειτουργία: | Μάιος 1969 |
| ∅ Λειτουργία μονάδας Νο 1: | 8-5-1969 |
| ∅ Λειτουργία μονάδας Νο 2: | 3-6-1969 |
| ∅ Λειτουργία μονάδας Νο 3: | 23-7-1969 |
| ∅ Λειτουργία μονάδας Νο 4: | 16-2-1969 |

ΚΑΤΟΨΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ

Στην κάτοψη διακρίνεται η θέση του φράγματος στη ροή του ποταμού Αχελώου. Στο δεξιό αντέρεια του φράγματος βρίσκεται ο σταθμός παραγωγής με την υδροληψία να οδηγεί το νερό στους αγωγούς πτώσης και στη συνέχεια στους 4 στροβίλους τύπου Francis για ενεργειακή εκμετάλλευση. Στο αριστερό αντέρεια του φράγματος βρίσκεται ο υπερχειλιστής για την ασφάλεια του φράγματος σε έκτακτες περιπτώσεις. Αριστερά και πάνω από το ανάντη πρόφραγμα βρίσκεται η σήραγγα εκτροπής (Σχήμα 4.7).



Σχήμα 4.7 : Κάτοψη φράγματος

ΤΕΧΝΗΤΗ ΛΙΜΝΗ

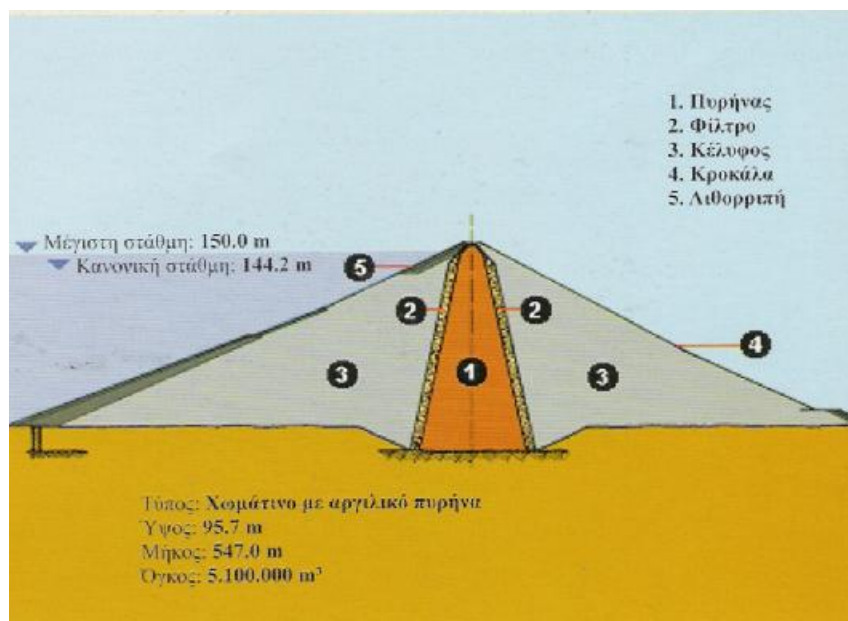
Επιφάνεια σε υψόμετρο 150 m:
Ολική χωρητικότητα σε υψόμετρο 144,2 m:
Ολική χωρητικότητα σε υψόμετρο 149 m:
Μέγιστη στάθμη λειτουργίας:
Ελάχιστη στάθμη λειτουργίας:

28 km²
785 εκατομμύρια m³
1000 εκατομμύρια m³
144,20 m
142 m



ΦΡΑΓΜΑ

| | |
|------------------------------|--|
| <u>Κατασκευαστής:</u> | Εταιρεία ΟΔΩΝ & ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ |
| <u>Τύπος:</u> | Χωμάτινο φράγμα από αμμοχάλικο με αργιλικό πυρήνα |
| <u>Μέγιστο ύψος:</u> | 95,7 m |
| <u>Υψόμετρο στέψης:</u> | 154 m |
| <u>Πλάτος στέψης:</u> | 8 m |
| <u>Μήκος στέψης:</u> | 547 m |
| <u>Μέγιστο πλάτος βάσης:</u> | 375 m |



ΣΗΡΑΓΓΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ

Κατασκευαστής:

Εταιρεία ΟΔΩΝ & ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Μήκος:

393 m

Ολική παροχευτική ικανότητα:

2900 m³/sec

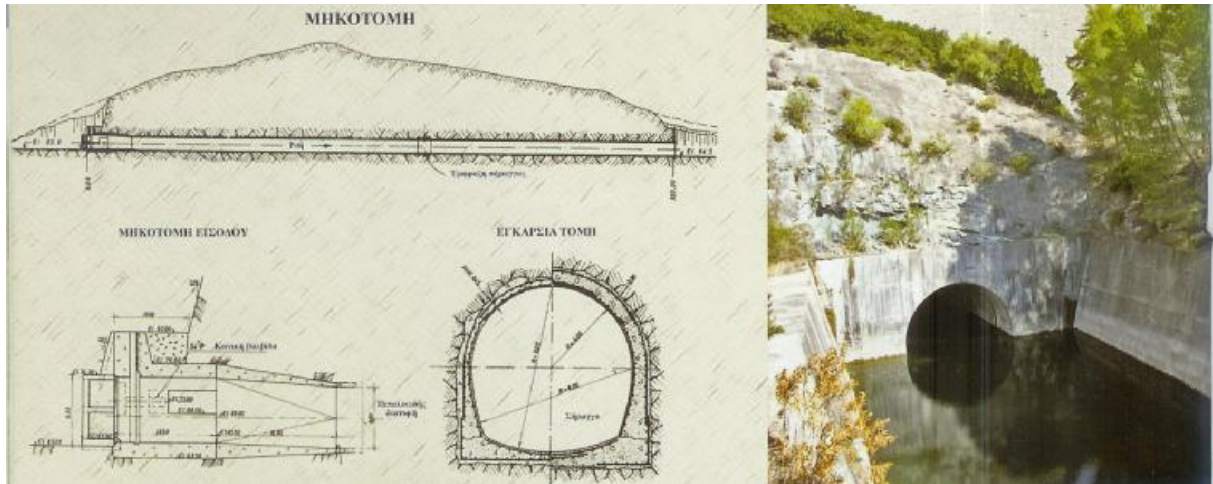
Σήραγγα:

Πεταλοειδούς διατομής (ύψους και πλάτους 8 m)

Πόρτα εξόδου: **χαλύβδινη με οδοντωτή τροχαλία διαστάσεων 8,41 m x 6,31 m**

Μόνιμη έμφραξη:

με πώμα από σκυρόδεμα



ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗΣ

Τύπος:

Ανοικτός, πλευρικού τύπου χωρίς θυροφράγματα

Μήκος στέψης:

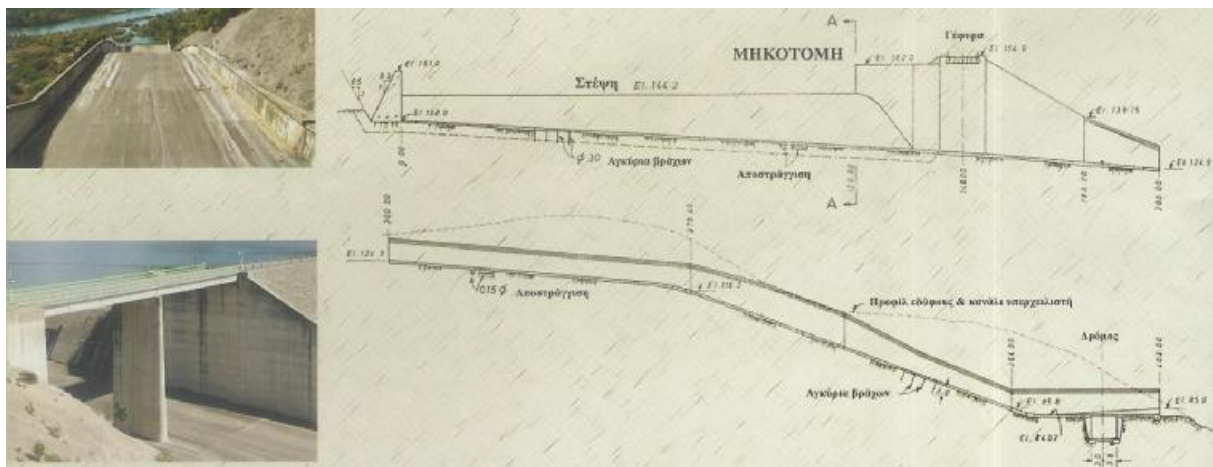
120 m

Υψόμετρο στέψης:

144,2 m

Εκφόρτιση υπερχειλιστή:

3700 m³/sec



ΥΔΡΟΛΗΨΙΑ

Τύπος:

Αριθμός θυρών:

Έλεγχος ανοίγματος και κλεισίματος:

Προστασία θυρών:

Τρόπος ανύψωσης:

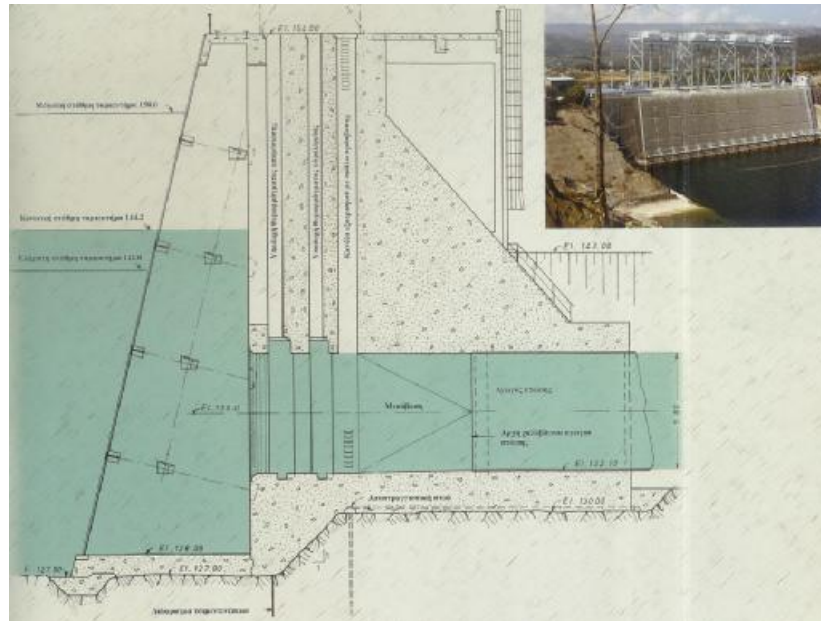
Κάθετος

4 Θύρες Διαστάσεων 5,8 m x 5,0 m

Από αίθουσα ελέγχου και επιτόπια

Σχάρες χαλύβδινες με κλίση 1/4

Τύπου βαρούλκου



ΑΓΩΓΟΙ ΠΤΩΣΗΣ

Κατασκευαστής:

Αριθμός:

Μέγιστη διάμετρος αγωγών:

Ελάχιστη διάμετρος αγωγών:

Ολικό μήκος αγωγού μονάδος Νο 1:

Ολικό μήκος αγωγού μονάδος Νο 2:

Ολικό μήκος αγωγού μονάδος Νο 3:

Ολικό μήκος αγωγού μονάδος Νο 4:

Μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή:

VOEST

4

5,8 m

4,93 m

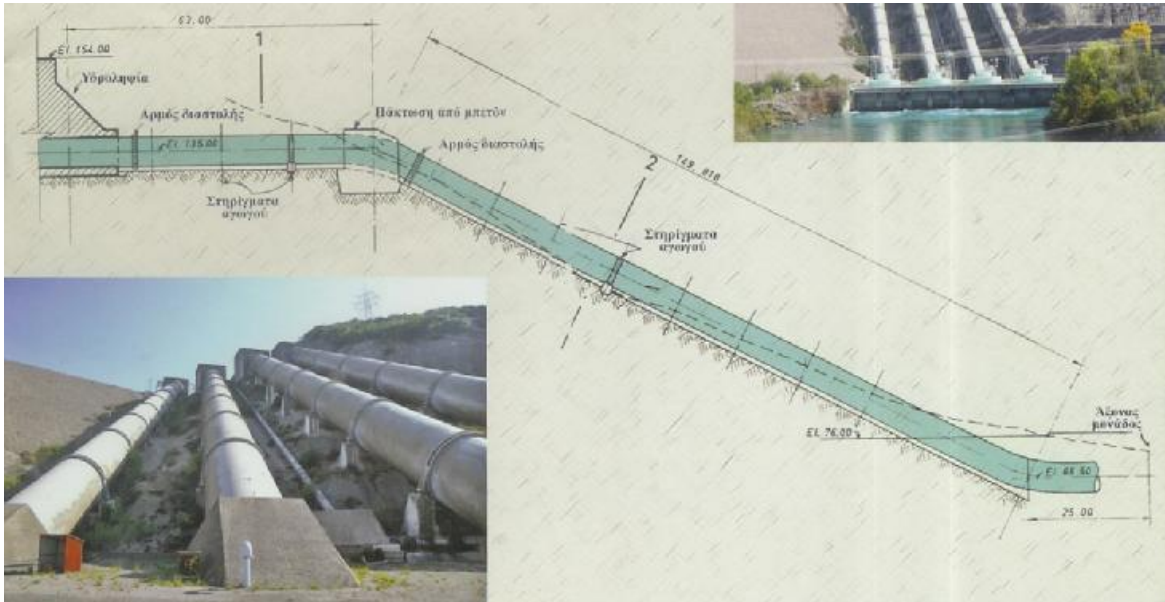
254,2 m

246,8 m

238,6 m

230,6 m

116 m³/sec



ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Κατασκευαστής:

Τύπος:

Αριθμός:

Σχεδιασθέν καθαρό μανομετρικό:

Ικανότητα στο σχεδιασθέν καθαρό μανομετρικό:

Μέγιστο καθαρό μανομετρικό λειτουργίας:

Ελάχιστο καθαρό μανομετρικό λειτουργίας:

Μέγιστη παραγόμενη ισχύς:

Μέγιστο ύψος πτώσης στα 80 MW:

Αριθμός στροφών:

Παροχή στη μέγιστη στάθμη λειτουργίας:

BALDWIN – LIMA - HAMILTON

FRANCIS κατακόρυφου άξονα

4

74,50 m

84MW

75,70 m

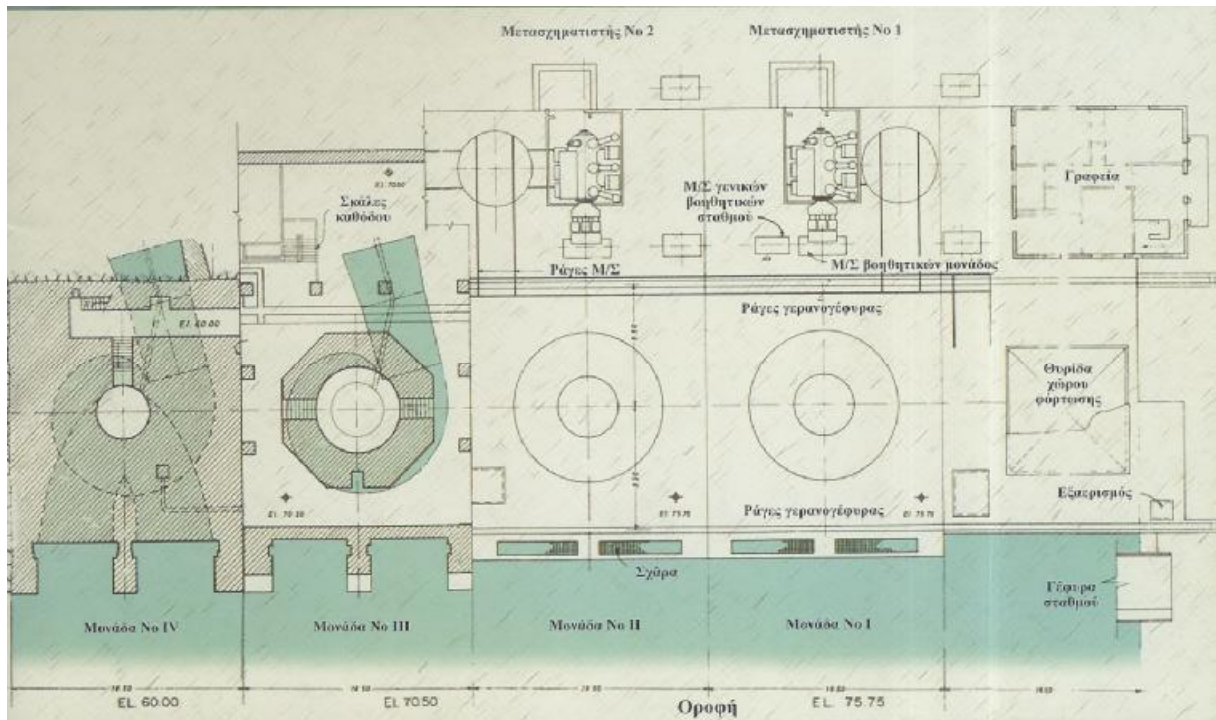
72,20 m

80 MW

72,40 m

166,6 RPM

120 m³/sec



ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Κατασκευαστής:

HITACHI

Αριθμός:

4

Τύπος:

Σύγχρονες, κατακόρυφου άξονα, τύπου ομπρέλας

Αριθμός στροφών:

166,6 RPM

Αριθμός πόλων κάθε γεννήτριας:

36

Ισχύος:

77.390 KVA για $\Delta\theta = 60\text{ }^\circ\text{C}$

89.000 KVA για $\Delta\theta = 80\text{ }^\circ\text{C}$

Συντελεστής ισχύος:

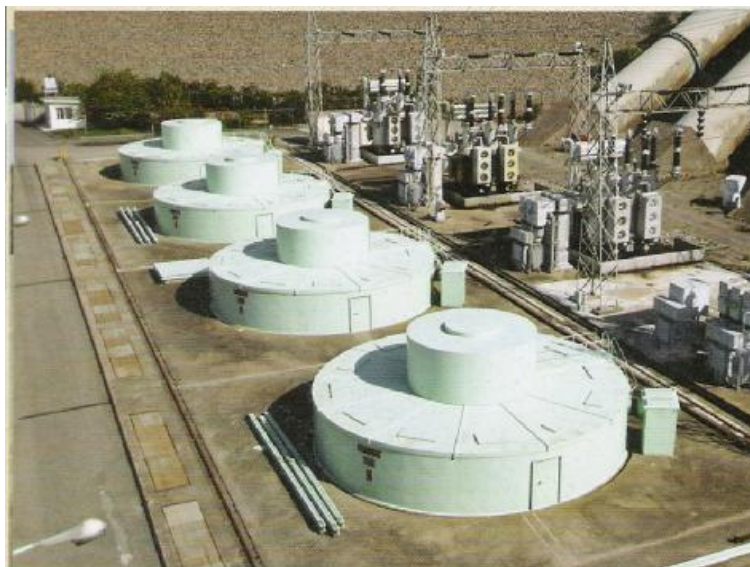
0,90

Συχνότητα:

50 Hz

Τάση μεταξύ φάσεων:

15.750 KV



ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| <u>Αριθμός:</u> | 4 |
| <u>Τύπος:</u> | Τριών φάσεων, εξωτερικού τύπου |
| <u>Κλάση:</u> | FOA |
| <u>Ισχύος:</u> | 90.000 KVA |
| <u>Τάση:</u> | 161,25/15,75 KV |
| <u>Συνθήκες λειτουργίας:</u> | |

Τύλιγμα υψηλής τάσης: Γειωμένο,
Τύπου Υ
Τύλιγμα χαμηλής τάσης: Αγείωτο,
Τύπου Δ



ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ

| | |
|---------------------------------------|--|
| <u>Τύπος:</u> | Εξωτερικού τύπου με μετακινούμενο φορέα σε ράγες |
| <u>Ικανότητα κύριας ανύψωσης:</u> | 250 μετρικούς τόνους |
| <u>Ικανότητα βοηθητικής ανύψωσης:</u> | 25 μετρικούς τόνους |



ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ

| | |
|--|---------------------------|
| <u>Συνολική δαπάνη κατασκευής το 1969:</u> | 2.200.000.000 δρχ. |
| <u>Ανθρώπινο δυναμικό Οκτώβριος 2005:</u> | 105 εργαζόμενοι |

ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

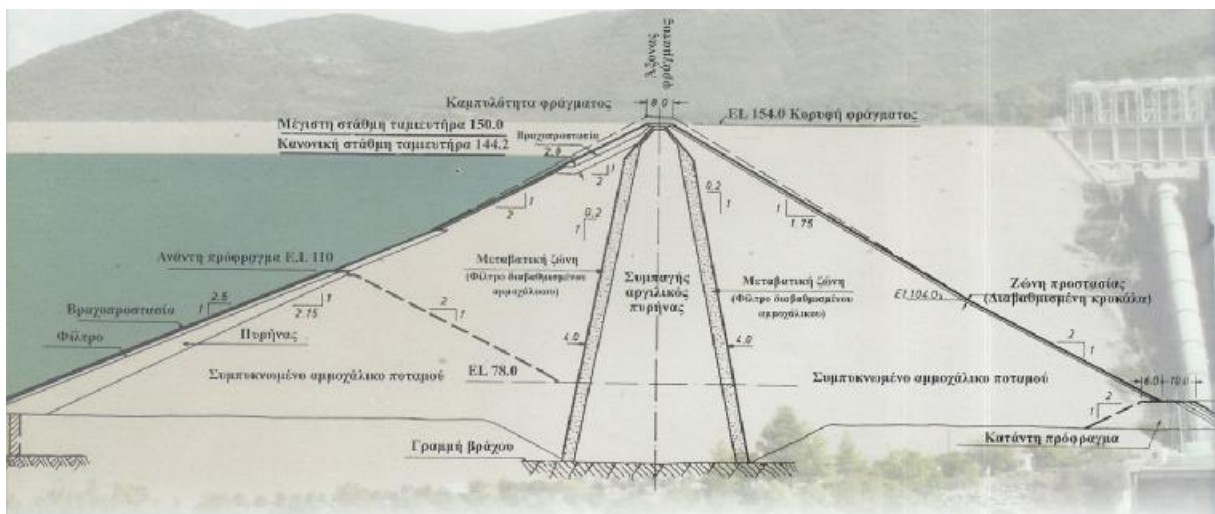
| | |
|---|------------------------------|
| <u>Εγκατεστημένη ισχύς:</u> | 320 MW (4 x 80 MW) |
| <u>Πρωτεύουσα ετήσια ενέργεια:</u> | 705 GWH |
| <u>Δευτερεύουσα μέση ετήσια ενέργεια:</u> | 225 GWH |
| <u>Συνολική μέση ετήσια ενέργεια:</u> | 930 GWH |
| <u>Μέση ειδική κατανάλωση:</u> | 5,5 m³/KWH |

4.2.2 Τομές φράγματος και σταθμού

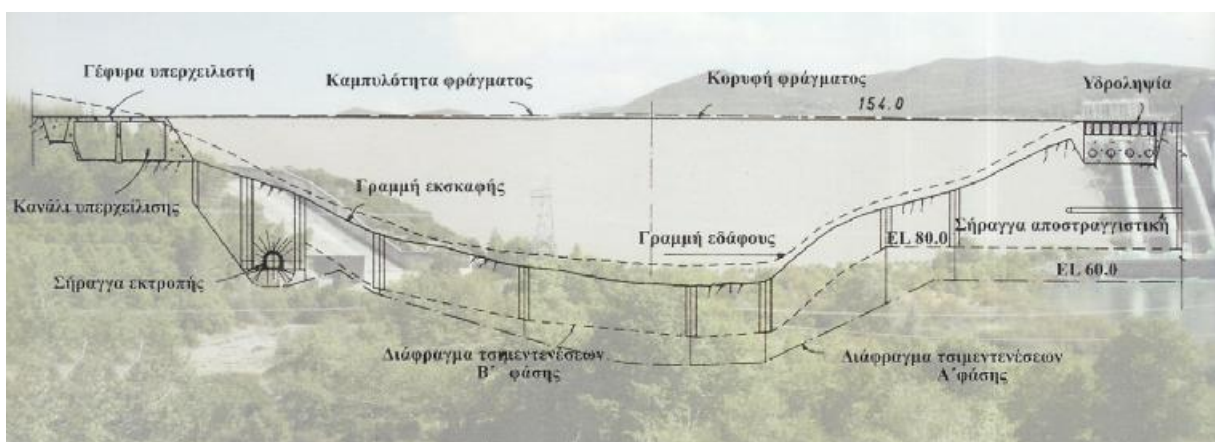
Στην εγκάρσια τομή σταθμού διακρίνεται ο αγωγός πτώσης καθώς οδηγεί το νερό στον στρόβιλο για ενεργειακή εκμετάλλευση. Η γεννήτρια βρίσκεται πάνω από τον στρόβιλο με τους μετασχηματιστές και την γερανογέφυρα των 250 ton. Η τελευταία εξυπηρετεί στην περίπτωση συντήρησης του σταθμού που γίνεται κάθε χρόνο (Εικόνα 4.10, σελ67).

Στη μέγιστη εγκάρσια τομή διακρίνεται το χωμάτινο φράγμα από αμμοχάλικο με τον αργιλικό πυρήνα. Η διαβάθμισή του περιλαμβάνει τον συμπαγή πυρήνα, τη μεταβατική ζώνη (φίλτρο διαβαθμισμένου αμμοχάλικου), τη βραχοπροστασία και τη ζώνη προστασίας (διαβαθμισμένη κροκάλα) στο ανάντη και κατάντη πρόφραγμα αντίστοιχα. Επίσης σημειώνεται η μέγιστη και κανονική στάθμη ταμιευτήρα (Εικόνα 4.8)

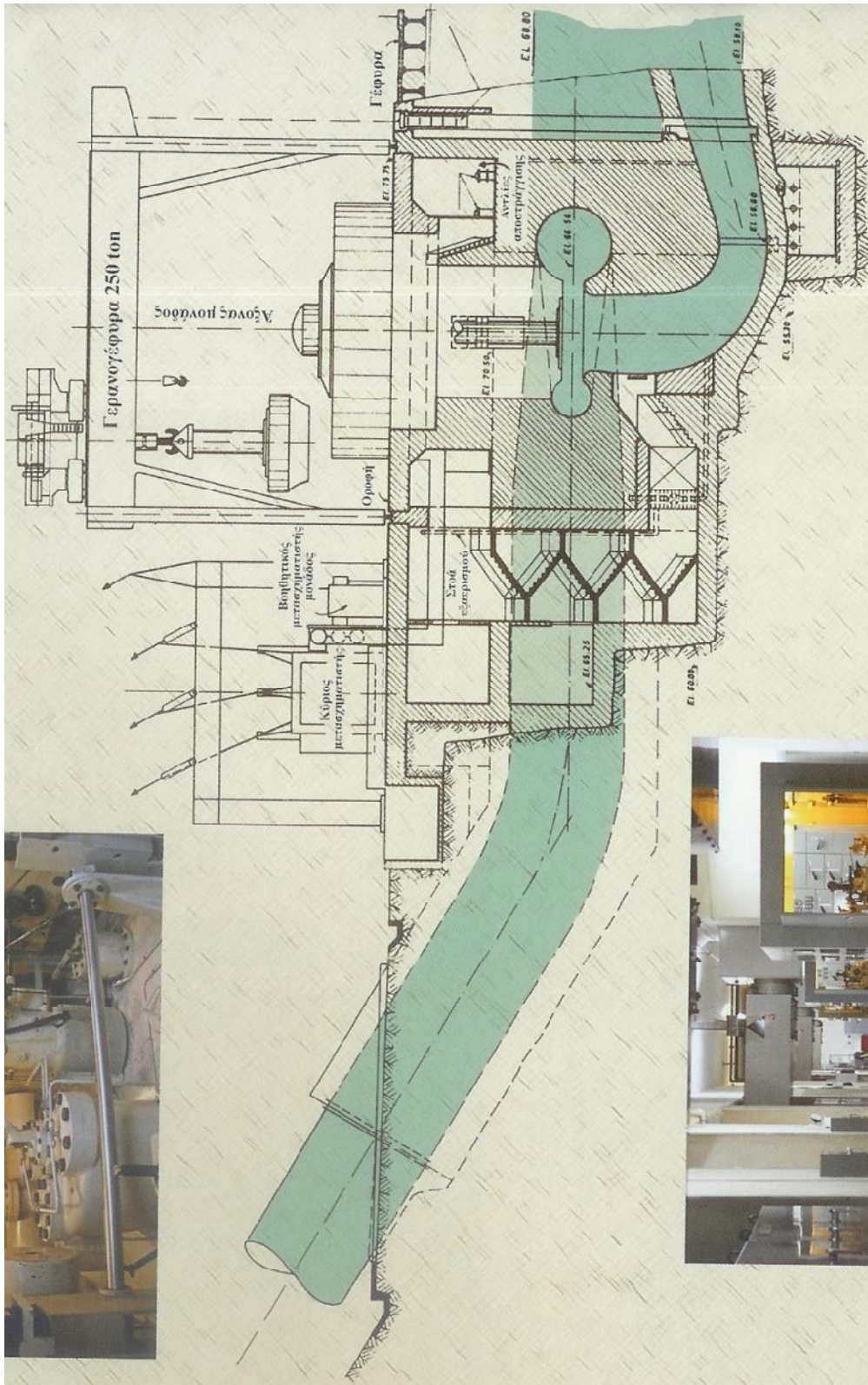
Στην τομή άξονα φράγματος διακρίνεται η υδροληψία με τον σταθμό παραγωγής στο δεξιό αντέρεισμα του φράγματος και ο υπερχειλιστής με την σήραγγα εκτροπής στο αριστερό αντέρεισμα. Ακόμη διακρίνεται και η γραμμή εδάφους με το διάφραγμα τσιμεντενέσεων Α΄ και Β΄ φάσης (Εικόνα 4.9).



Εικόνα 4.8 : Μέγιστη εγκάρσια τομή φράγματος



Εικόνα 4.9 : Τομή άξονα φράγματος



Εικόνα 4.10 : Εγκάρσια τομή σταθμού

4.3 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΤΡΑΤΟΥ



Το ΥΗΕ Στράτου είναι σε απόσταση 8 km κατάντη του ΥΗΕ Καστρακίου και 0,8 km περίπου ανάντη του αρδευτικού φράγματος του Αχελώου. Απέχει 285 km από την Αθήνα και βρίσκεται 9 km δυτικά του Αγρινίου. Κοντά στο δεξιό αντέρεισμα του φράγματος και στην έξοδο των σηράγγων φυγής σώζονται τα ερείπια σημαντικού τμήματος των οχυρών περιτειχισμάτων της αρχαίας πόλης Στράτου που είχε ακμάσει ιδιαίτερα κατά τον 4^ο αιώνα π.Χ. Το Έργο είναι διπλής σκοπιμότητας (παραγωγή ενέργειας και άρδευση).

4.3.1 Τεχνική περιγραφή του έργου

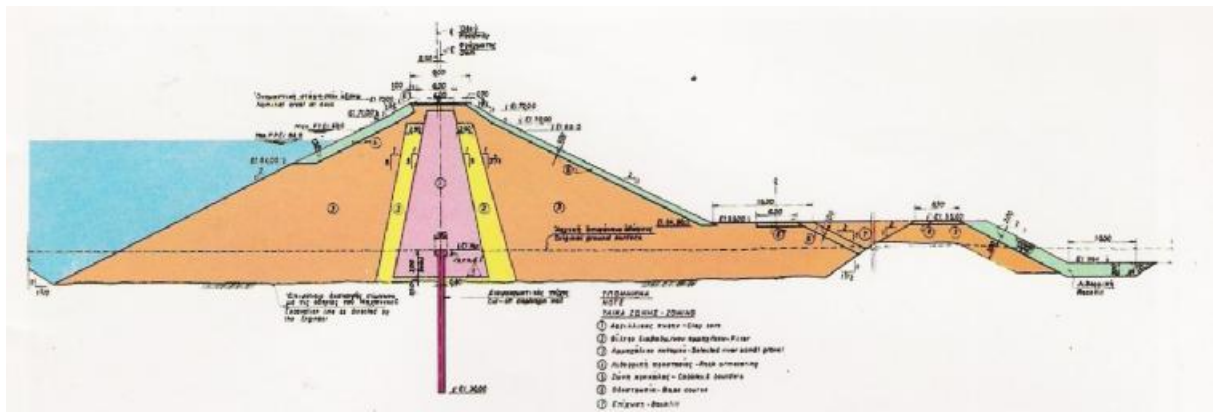
Ο Ταμιευτήρας έχει ολική χωρητικότητα 80 εκατ. m³ περίπου για ανώτατη στάθμη λειτουργίας σε υψόμετρο 68,6 m. Το έργο αποτελείται από χωμάτινο φράγμα με στέψη σε υψόμετρο 73 m (από την επιφάνεια της θάλασσας), από το υπόγειο συγκρότημα παραγωγής ενέργειας στο δεξιό (δυτικό) αντέρεισμα του φράγματος, από τη διώρυγα φυγής του Εκχειλιστή και τον μικρό υπαίθριο σταθμό ενέργειας σε σύνδεση με τον Εκχειλιστή στο αριστερό αντέρεισμα. Ο υπόγειος σταθμός περιλαμβάνει δύο κατακόρυφες μονάδες τύπου Francis, ισχύος 75 MW η κάθε μία και παράγει ετήσια συνολική ενέργεια περίπου 400 GWh. Ο μικρός σταθμός περιλαμβάνει δύο οριζόντιες αξονικές μονάδες τύπου S ισχύος 3,35 MW η κάθε μία και παράγει ετήσια συνολική ενέργεια 16 GWh.

4.3.2 Ταμιευτήρας και φράγμα

Οι στάθμες που καθορίζουν τη λειτουργία του ταμιευτήρα για ημερήσια ρύθμιση είναι η ανώτατη στάθμη πλημμυρών σε υψόμετρο 69,0 m και η ανώτατη και κατώτατη στάθμη λειτουργίας για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας σε υψόμετρο 68,6 m και 67,0 m αντίστοιχα. Η τροφοδότηση του ταμιευτήρα με νερό θα γίνεται βασικά από τις εκροές του ΥΗ Σταθμού Καστρακίου και ελάχιστα από την απορροή της ενδιάμεσης λεκάνης του Αχελώου μεταξύ των φραγμάτων Καστρακίου και Στράτου.

Το φράγμα είναι χωμάτινο συνολικού όγκου 2.800.000 m³ και μήκους 1.900 m περίπου. Η ονομαστική στέψη του φράγματος βρίσκεται σε υψόμετρο 73,0 m. Το μέγιστο ύψος του πάνω από τη θεμελίωση του πυρήνα φθάνει στα 26,0 m. Το ελάχιστο πλάτος της στέψης είναι 9,0 m το δε πλάτος του φράγματος στη βάση του (φυσική κοίτη ποταμού) είναι 100 m περίπου. Το φράγμα αποτελείται βασικά από πέντε ζώνες : τον κεντρικό αδιαπέραστο πυρήνα από αργιλικό υλικό, τις ζώνες φίλτρων σε κάθε πλευρά του πυρήνα και τα ανάντη και κατόντη σώματα αντιστήριξης από αμμοχάλικα του ποταμού, την ανάντη βραχοπροστασία και την κατόντη ζώνη κροκάλας (Σχήμα 4.8).

Για την στεγανοποίηση του εδάφους που αποτελείται από αμμοχάλικα, κάτω από τη θεμελίωση του φράγματος, υπάρχει διάφραγμα από τσιμέντο – μπετονίτη κάτω από τον αργιλικό πυρήνα. Τα μέτρα θεμελίωσης περιλαμβάνουν επίσης τμήματα κουρτίνας τσιμεντενέσεων, σύστημα αποστραγγιστικών στοών και διάφραγμα αποστράγγισης που διατάσσονται μέσα στα αντερείσματα.



Σχήμα 4.8 : Φράγμα

4.3.3 Εκτροπή του ποταμού

Η εκτροπή του ποταμού πραγματοποιήθηκε σε πρώτη φάση με διώρυγα εκτροπής κοντά στη δεξιά όχθη του ποταμού. Στη δεύτερη φάση και μετά την αποπεράτωση της κατασκευής του εκχειλιστή έγινε εκτροπή του ποταμού διά του εκχειλιστή και ολοκληρώθηκε η κατασκευή του υπόλοιπου μέρους του φράγματος.

4.3.4 Συγκρότημα εκχειλιστή

Ο εκχειλιστής έχει διαταχθεί στο αριστερό αντέρεισμα δίπλα στο φράγμα και είναι της μορφής της κεκλιμένης διώρυγας που καταλήγει σε λεκάνη ηρεμίας. Τα πλημμυρικά ύδατα από τη λεκάνη ηρεμίας θα διοχετεύονται μέσω διώρυγας απαγωγής, προς τους εκχειλιστές του αρδευτικού φράγματος.

Το έργο θυροφραγμάτων του εκχειλιστή παροχευτικότητας $4.000 \text{ m}^3/\text{sec}$ και με στέψη σε υψόμετρο 60,0 m, περιλαμβάνει πέντε τοξωτά θυροφράγματα διαστάσεων το καθένα 14,5 m πλάτος και 9,44 m ύψος (Εικόνα 4.14, σελ.78).

4.3.5 Σύστημα προσαγωγής

Το νερό προσάγεται σε κάθε μονάδα με ιδιαίτερη υδροληψία και σήραγγα προσαγωγής. Κάθε υδροληψία είναι κεκλιμένου τύπου ημικυκλικής πλαισιωτής κατασκευής με μεταλλικές σχάρες προστασίας και διατάσσεται εμπρός από το στόμιο της αντίστοιχης σήραγγας προσαγωγής, όπου έχουν τοποθετηθεί κυλιόμενα θυροφράγματα για την έμφραξη της σήραγγας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης και χαλύβδινων δοκών έμφραξης για τη συντήρηση. Ο πυθμένας της υδροληψίας βρίσκεται σε υψόμετρο 52,05 m. Κάθε υδροληψία φέρει στη στέψη της υδραυλικό μηχανισμό ανύψωσης του θυροφράγματος και πλαισιωτή γερανογέφυρα για τον χειρισμό των δοκών έμφραξης.

Κάθε σήραγγα προσαγωγής, κυκλικής διατομής και εσωτερικής διαμέτρου 7,30 m έχει επενδυθεί στο οριζόντιο τμήμα της και μέχρι το σταθμό παραγωγής με χάλυβα και σκυρόδεμα. Το υπόλοιπο είναι επενδυμένο με οπλισμένο σκυρόδεμα.

4.3.6 Σταθμός παραγωγής – ΥΗΣ Στράτος Ι

Ο υπόγειος σταθμός ευρίσκεται στο δεξιό αντέρεισμα του φράγματος και κατόπιν αυτού υπάρχουν κατά σειρά δύο αγωγοί εξόδου, θάλαμος θυροφραγμάτων εφοδιασμένος με δοκούς έμφραξης και γερανογέφυρα, δύο σήραγγες φυγής και διώρυγα φυγής μήκους 7 km.

Στον υπόγειο χώρο του σταθμού ολικού μήκους 71,90 m και πλάτους 21,10 m διατάσσονται δύο χώροι για τις μονάδες, ο χώρος συναρμολόγησης και συντήρησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και βοηθητικοί χώροι. Η απόσταση μεταξύ των αξόνων των μονάδων είναι 21,30 m. Ο σταθμός περιλαμβάνει βασικά δύο ορόφους στα ύψη 39,80 m (δάπεδο γεννητριών) και 34,20 m (δάπεδο στροβίλων). Το επίπεδο αναφοράς των στροβίλων βρίσκεται σε υψόμετρο 29,00 m. Ο σταθμός διαθέτει δύο γερανογέφυρες συνολικής ανυψωτικής δύναμης 360 τόννων για την εξυπηρέτηση του εξοπλισμού.

4.3.7 Υποσταθμός ζεύξης

Ο υποσταθμός ζεύξης 150 KV / 20 KV είναι κατάντη του φράγματος σε υψόμετρο 55,0 m και διαστάσεων 97,5 m x 100 m. Σ' αυτόν εισέρχονται δύο γραμμές των 150 KV από τον Σταθμό Ι και εξέρχονται 3 γραμμές μεταφοράς 150 KV. Οι 2 θα συνδέουν το ΥΗΕ Στράτου με τον Υποσταθμό Αχελώου. Προβλέπεται επίσης χώρος για εγκατάσταση τριών μελλοντικών γραμμών. Εισέρχονται τρεις γραμμές 20 KV και εξέρχονται έξη γραμμές 20 KV.

4.3.8 Σήραγγες και Διώρυγα φυγής

Οι σήραγγες φυγής, μήκους 1 km περίπου η καθεμιά, πεταλοειδούς διατομής και διαμέτρου 9,3 m, καταλήγουν στη σημαντική διώρυγα φυγής μεγάλης παροχευτικότητας 440 m³/sec. Η διώρυγα που έχει μήκος 7 km βρίσκεται κατάντη της Εθνικής οδού Αγρινίου – Άρτας σχεδόν κατά μήκος του δεξιού προστατευτικού αναχώματος του Αχελώου (Σχήμα 4.9).

Η διώρυγα είναι τραπεζοειδούς διατομής με ενδιάμεσο αναβαθμό και είναι επενδυμένη με έγχυτο σκυρόδεμα που στηρίζεται σε διαβαθμισμένο φίλτρο. Οι κλίσεις των πρανών της μεταβάλλονται από 2,75:1 μέχρι 1,75:1 και το πλάτος του πυθμένα από 7,90 m έως 11,20 m αντίστοιχα ανάλογα με τη φύση του εδάφους. Στην έξοδο της διώρυγας φυγής έχει κατασκευαστεί έργο εξόδου με 8 θυροφράγματα για την απομόνωση της διώρυγας σε έκτακτη περίπτωση.

4.3.9 Μικρός ΥΗΣ Στράτος ΙΙ

Η διάταξη του Μ.ΥΗΣ που δεν προβλέπετο στην αρχική μελέτη, αποφασίσθηκε κατά τη διάρκεια της κατασκευής του Έργου. Ο σταθμός είναι συνδεδεμένος με το συγκρότημα του Εκχειλιστή και στοχεύει στην αξιοποίηση των νερών που την ξηρή περίοδο θα απέρρεαν από τον Εκχειλιστή για τις αρδευτικές ανάγκες.

Το νερό προσάγεται με υδροληψία κατακόρυφου τύπου με μεταλλικές σχάρες προστασίας, που ευρίσκεται λίγο ανάντη του Έργου θυροφραγμάτων του Εκχειλιστή.

Ο πυθμένας της υδροληψίας βρίσκεται σε υψόμετρο 57,70 m. Το νερό οδηγείται μέσω αγωγού προσαγωγής με επένδυση από σκυρόδεμα μεταβλητής διατομής ενώ η ροή ελέγχεται από θυρόφραγμα με μηχανισμό ανύψωσης.

Ο αγωγός περαιτέρω διακλαδίζεται σε δύο κεκλιμένους χαλύβδινους αγωγούς που τροφοδοτούν ανά μία μονάδα. Ο σταθμός είναι υπαίθριος ορθογωνικός διαστάσεων εσωτερικά 20,70 m x 19,00 m.

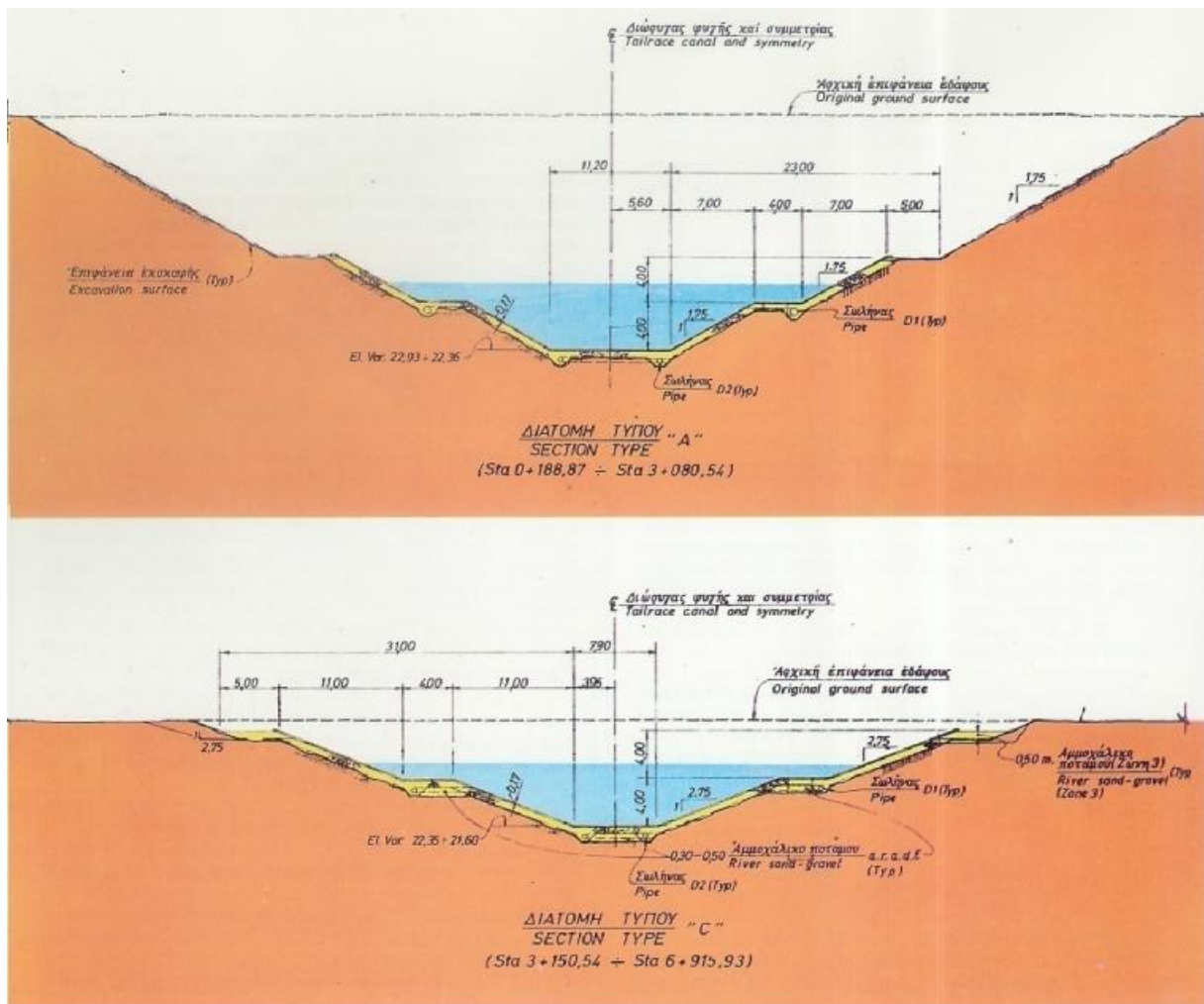
Η απόσταση μεταξύ των αξόνων των μονάδων είναι 5 m. Το επίπεδο αναφοράς των στροβίλων είναι σε υψόμετρο 49,60 m. Ο σταθμός διαθέτει γερανογέφυρα ανυψωτικής δύναμης 25 τόννων.

Οι αγωγοί φυγής των μονάδων καταλήγουν σε ορθογωνική διώρυγα φυγής που εκρέει στη διώρυγα απαγωγής του Εκχειλιστή και διαθέτει δοκούς έμφραξης.

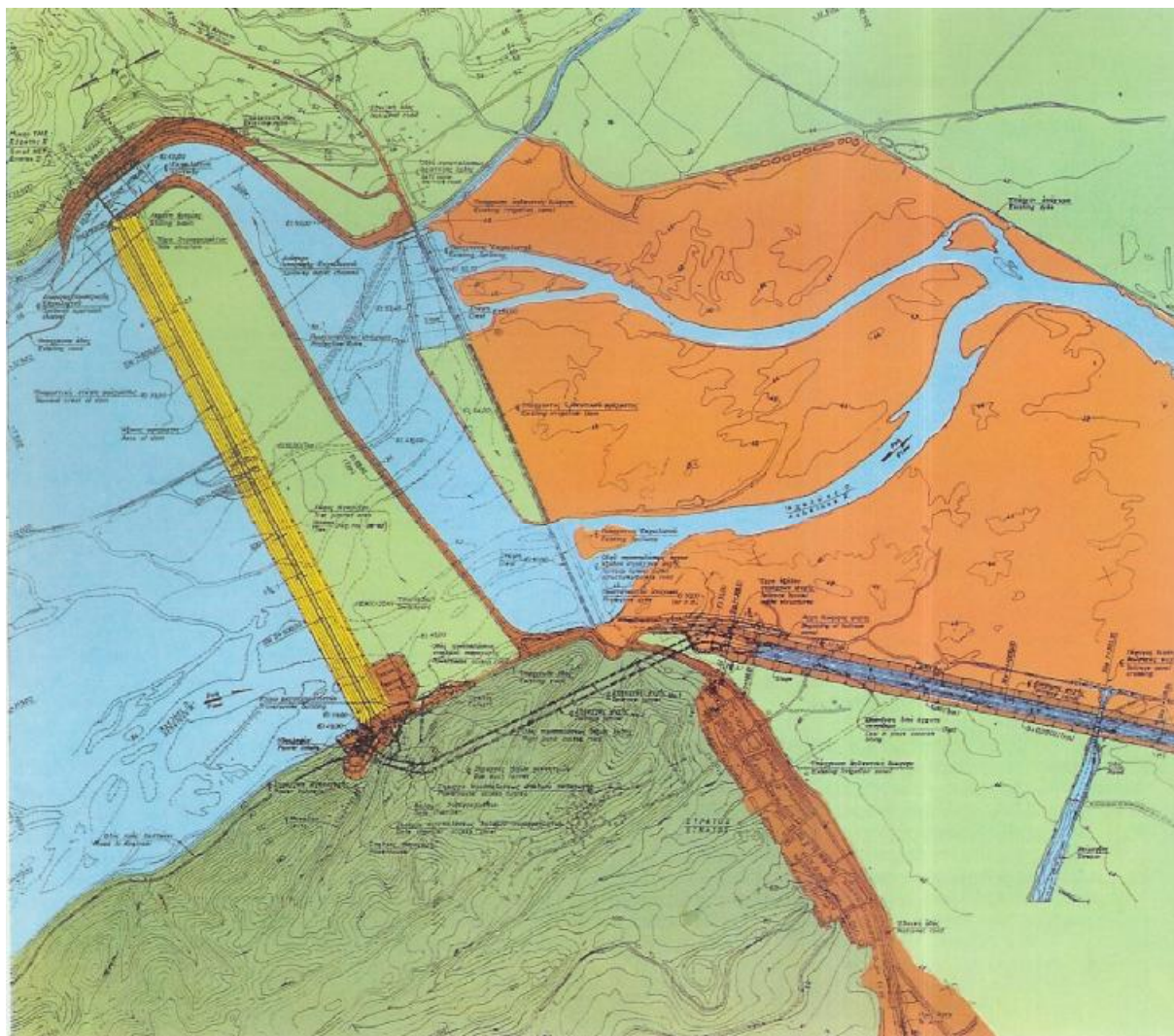
4.3.10 Βοηθητικά έργα

Περιλαμβάνουν βοηθητικούς δρόμους για την διευκόλυνση της επικοινωνίας των εγκαταστάσεων, και αποκατάσταση οδών διασύνδεσης της περιοχής λόγω παρεμβολής του ταμιευτήρα. Επίσης και άλλα βοηθητικά έργα όπως γέφυρες, υδαταγωγούς, διαμόρφωση χώρων αναψυχής κλπ.

Η εκπόνηση των μελετών και η επίβλεψη της κατασκευής του έργου έγινε από τους φορείς της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού.



Σχήμα 4.9 : Διώρυγα φυγής



Σχήμα 4.10 : Γενική διάταξη

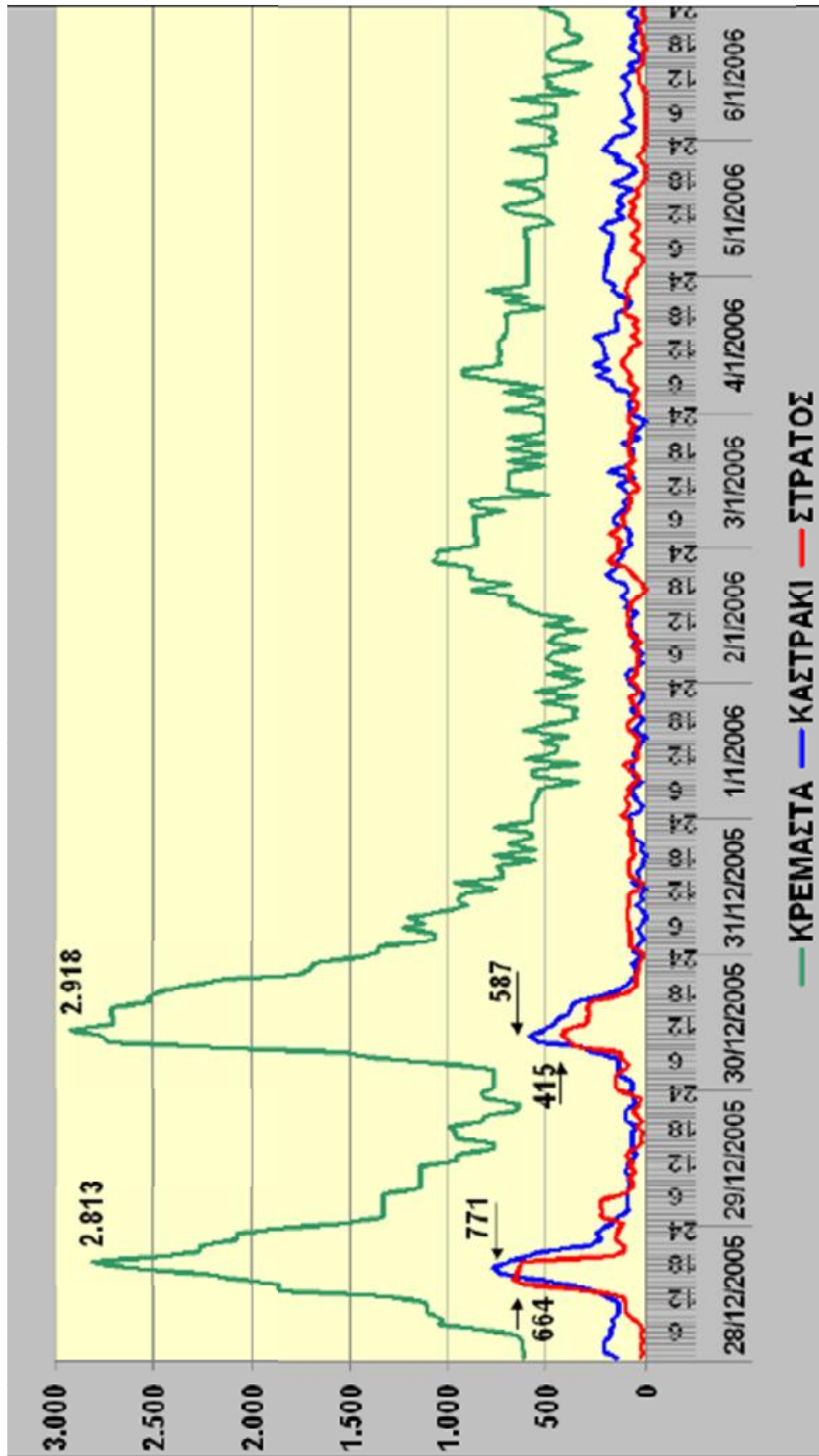
Στη γενική διάταξη διακρίνεται η ροή του ποταμού Αχελώου και οι δύο σταθμοί παραγωγής που βρίσκονται στα δύο αντερείσματα του φράγματος. Η αξιοποίηση γίνεται κυρίως από τον σταθμό παραγωγής Στράτος Ι (κάτω αριστερά) και κατ' επέκταση από τον μικρό ΥΗΣ Στράτος ΙΙ (πάνω αριστερά). Οι δύο σήραγγες φυγής του ΥΗΣ Στράτος Ι καταλήγουν στη μεγάλη διώρυγα φυγής που βρίσκεται κατόπιν της Εθνικής οδού κατά μήκος του δεξιού προστατευτικού αναχώματος του Αχελώου. Ο μικρός ΥΗΣ Στράτος ΙΙ βρίσκεται ανάντη του έργου θυροφραγμάτων του εκχειλιστή και είναι συνδεδεμένος με το συγκρότημα του εκχειλιστή. Η διώρυγα φυγής εκρέει στη διώρυγα απαγωγής του εκχειλιστή (Σχήμα 4.10).

4.4 ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΑΧΕΛΩΟΥ

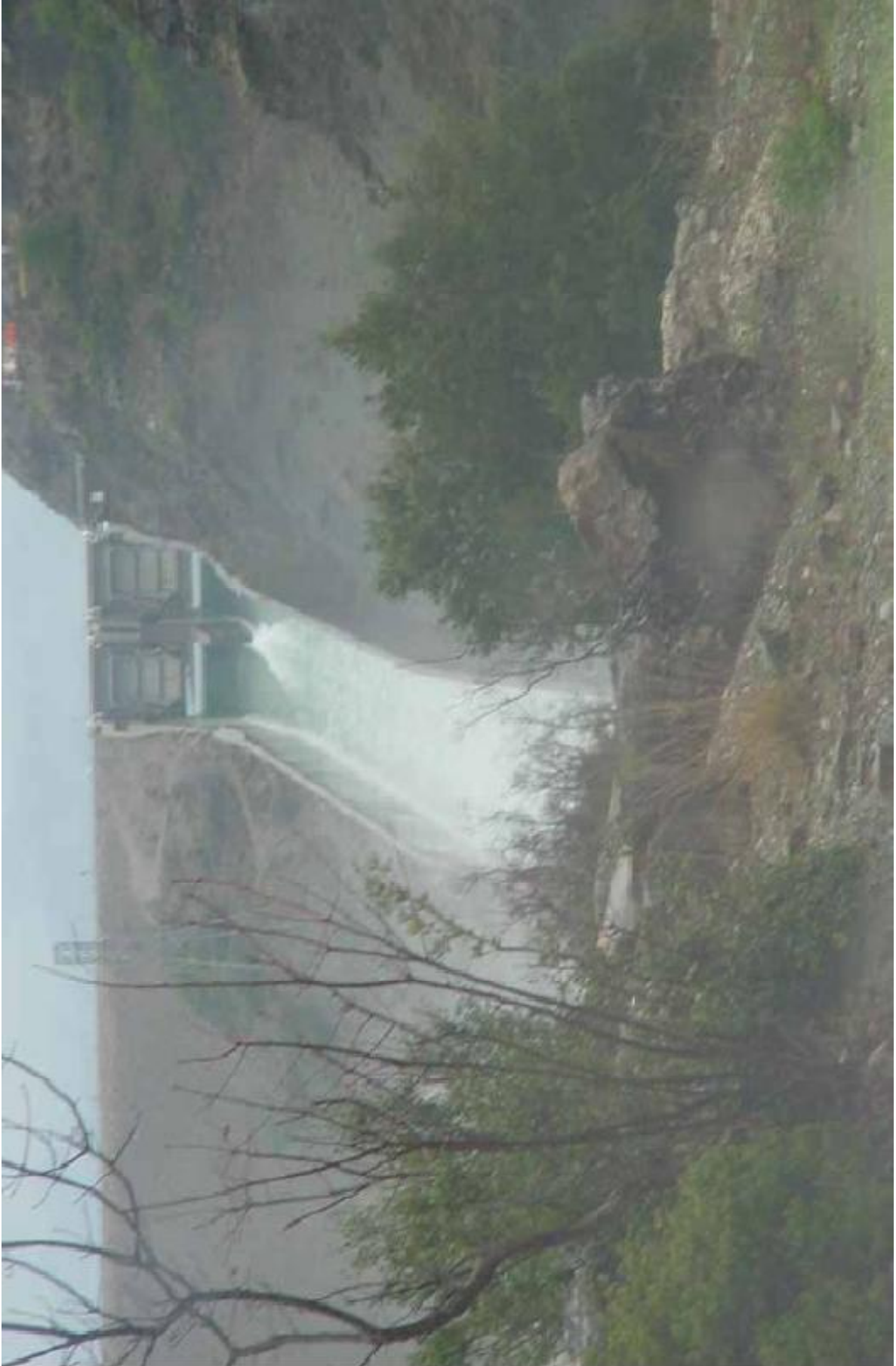
Με βάση τη λεκάνη απορροής του Αχελώου ποταμού στο διάγραμμα της εικόνας 4.11 σελ.75 περιγράφεται η μέση ωριαία παροχή σε m^3/sec για τον κάθε υδροηλεκτρικό σταθμό για την χρονική περίοδο 28/12/05 – 6/01/06. Με δεδομένα 1) το ύψος του κάθε φράγματος, 2) το ωφέλιμο περιεχόμενο ταμιευτήρα, 3) τη μέγιστη παροχευτικότητα εκχειλιστή σημειώνονται οι μέγιστες τιμές τις ημερομηνίες 28/12/05 και 30/12/05 που αντιστοιχούν στις κορυφές του διαγράμματος. Παρατηρούμε ότι οι μέγιστες αυτές τιμές της πλημμύρας του ποταμού Αχελώου επιτεύχθηκαν κατά τη χειμερινή περίοδο.

Οι εικόνες που ακολουθούν δείχνουν τους 3 εκχειλιστές των φραγμάτων σε πλήρη λειτουργία κατά τη διάρκεια της πλημμύρας (Εικόνα 4.12, σελ.76), (Εικόνα 4.13, σελ.77), (Εικόνα 4.14, σελ.78).

Στο σχήμα 4.11 σελ.79 διακρίνονται οι ταμιευτήρες των υδροηλεκτρικών σταθμών καθώς και η αποταμίευσή τους με βάση τις εισροές του ποταμού κατά τη χρονική περίοδο 28/12/05 – 6/01/06. Επίσης σημειώνεται το ποσό της παραγωγής και της υπερχείλισης που χρησιμοποιείται από την αποταμίευση, καθώς και το ποσό της εκροής που αποτελεί εισροή για τον επόμενο υδροηλεκτρικό σταθμό κατά την ροή του ποταμού. Οι τιμές αντιστοιχούν σε εκατομ. m^3 .



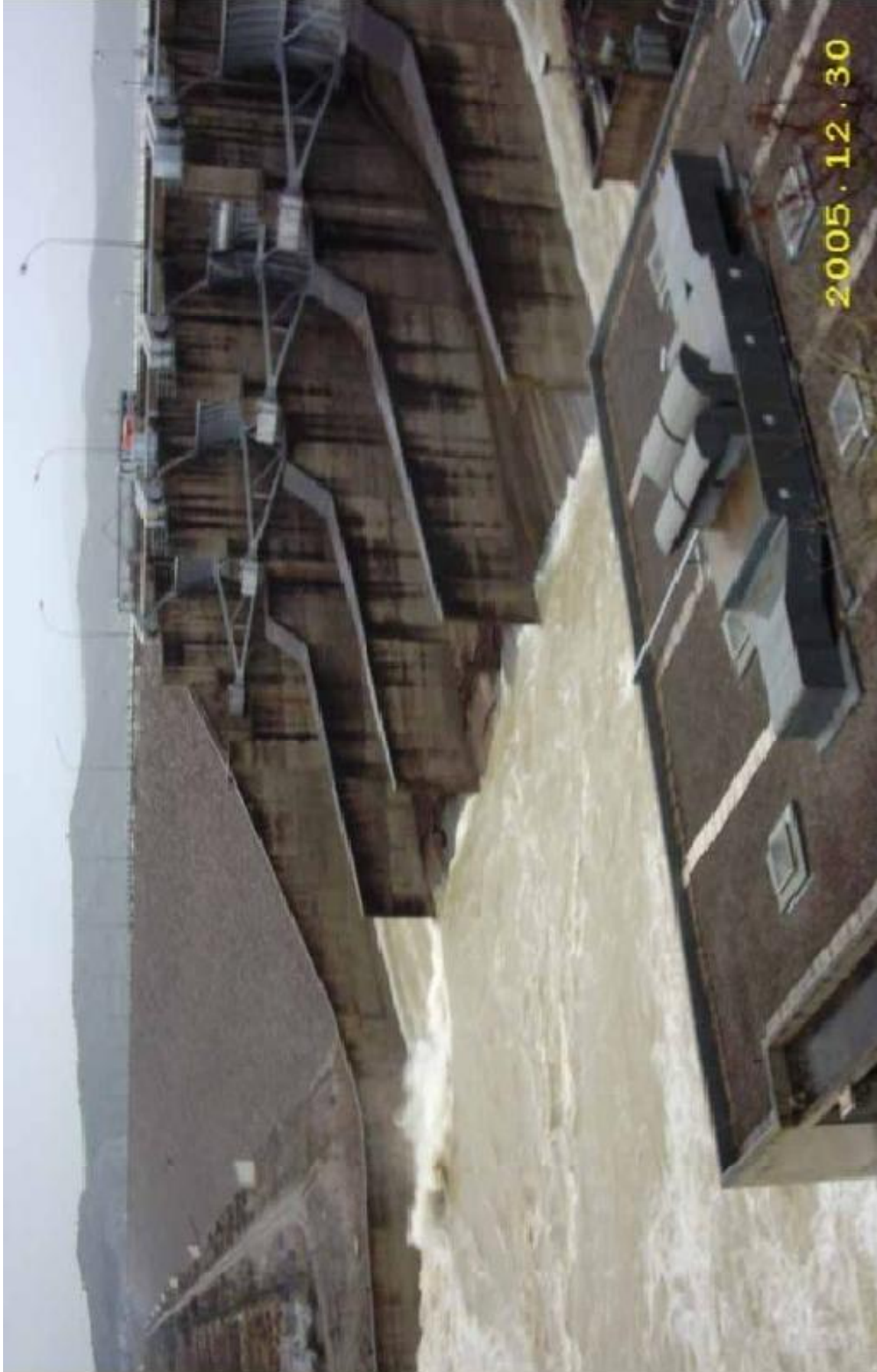
Εικόνα 4.11 : Μέση ωριαία παροχή ίδιας λεκάνης (m³/sec)



Εικόνα 4.12 : Εκχειλιστής ΥΗΣ Κρεμαστών σε λειτουργία

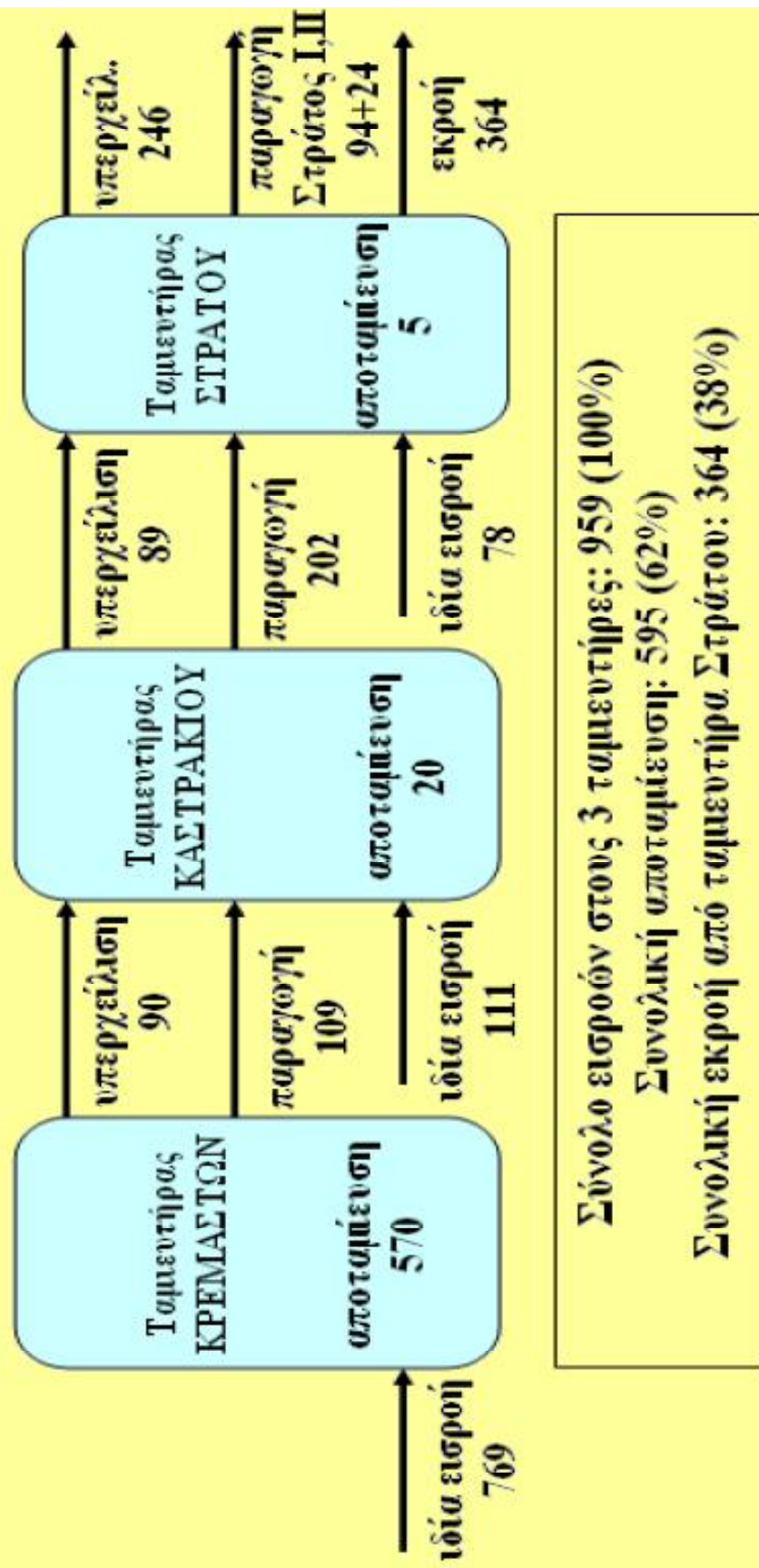


Εικόνα 4.13 : Εκχειλιστής ΥΗΣ Καστρακίου σε λειτουργία



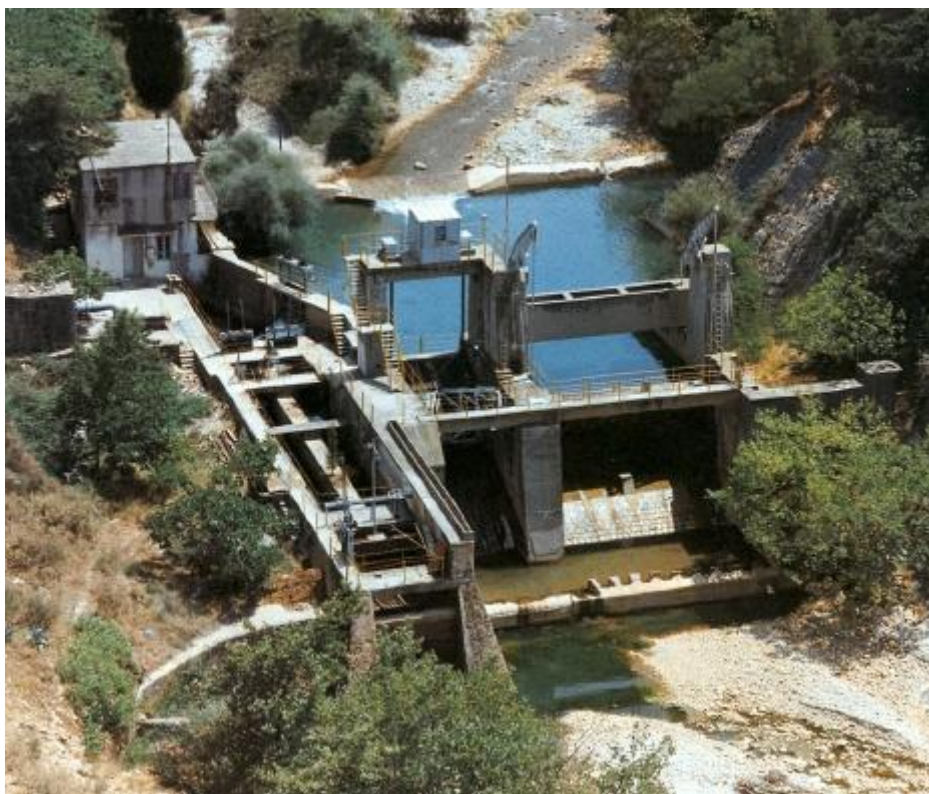
Εικόνα 4.14 : Εκχειλιστής ΥΗΣ Στράτου σε λειτουργία

**Εισροές – Εκροές νερού στους ταμειυτήρες Κρεμαστών,
Καστρακίου, Στράτου (εκατομ. κυβ. μέτρα)
ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ από 28.12.2005 έως 6.1.2006**



Σχήμα 4.11 : Πλημμύρα Αχελώου

5. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ “ΓΛΑΥΚΟΥ”



5.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΥΗΣ “ΓΛΑΥΚΟΥ”

Το 1922 το ελληνικό κράτος διέθεσε στον Δήμο Πατρέων το αποκλειστικό προνόμιο της υδροηλεκτρικής αξιοποίησης του ποταμού. Το έργο κατασκευάστηκε την περίοδο 1922 – 1926 από τη Δημοτική Επιχείρηση “ΓΛΑΥΚΟΣ Α.Ε.” που συστήθηκε για το σκοπό αυτό, με τη συνεργασία της Ηλεκτρικής Εταιρείας που είχε την ευθύνη της παραγωγής και διανομής ηλεκτρισμού στην περιοχή των Πατρών, υπό την εποπτεία της οποίας λειτουργούσε ως την εξαγορά του από τη Δ.Ε.Η. το 1968.

Στον Υδροηλεκτρικό Σταθμό που βρίσκεται σε υψόμετρο 185 m εγκαταστάθηκαν αρχικά 3 μονάδες των 750 KW, τύπου Francis οριζοντίου άξονα.

Το 1936 η εταιρεία τοποθέτησε μια ακόμα μονάδα τύπου Pelton ισχύος 1,5 MW, ανεβάζοντας τη συνολική ισχύ στα 3,75 MW. Όμως λόγω του μικρού μεγέθους των μονάδων Francis, της παλαιάς τους τεχνολογίας και των σημαντικών φθορών που υπέστησαν, έπεσε σταδιακά κατά 60% η απόδοσή τους και παρουσίαζαν συχνές βλάβες. Για το λόγο αυτό αμέσως μετά την εξαγορά του έργου από τη Δ.Ε.Η., οι μονάδες Francis αποξηλώθηκαν και ο σταθμός λειτουργούσε μόνο με τη μονάδα Pelton 1,5 MW.

Με τη μειωμένη αυτή ισχύ ο ΥΗΣ εκμεταλλευόταν τις παροχές που ήταν μικρότερες από $1,38 \text{ m}^3/\text{sec}$ με αποτέλεσμα μεγάλο μέρος των χειμερινών παροχών (περίπου το 50% της μέσης ετήσιας απορροής) να υπερχειλίζουν από το φράγμα υδροληψίας. Με τις συνθήκες αυτές, και με μειωμένο βαθμό απόδοσης, λόγω παλαίωσης της μονάδας, λειτούργησε ο σταθμός ως το 1995 παράγοντας κατά μέσο όρο 7,5 GWh ετησίως.

Το 1987 η Δ.Ε.Η. πέτυχε να εντάξει τον “Γλαύκο” σε επιδοτούμενο από την Κοινότητα πρόγραμμα, που αφορούσε τον εκσυγχρονισμό των παλαιών ΥΗΣ, ώστε να καταστήσει συμφέρουσα τη λειτουργία του. Η επιδοτούμενη επένδυση ανέρχονταν τότε σε 300 εκατ. με επιδότηση 40%. Στην συνέχεια προέκυψε μεγάλη καθυστέρηση στην υλοποίηση του Έργου λόγω της διαφωνίας που υπήρξε μεταξύ της Δ.Ε.Η. και του Δήμου Πατρέων. Μετά από χρονοτριβή πέντε ετών, το 1992 συμφωνήθηκε να αναβληθούν οι σχετικές συζητήσεις μέχρι την ολοκλήρωση των εργασιών εκσυγχρονισμού και αναβάθμισης του Σταθμού.

Έκτοτε προχώρησαν και ολοκληρώθηκαν οι εργασίες και σήμερα ο ΥΗΣ Γλαύκου λειτουργεί με την εγκατάσταση μιας νέας μονάδας τύπου Francis ισχύος 2,3 MW, έχοντας ανακαινισμένη, εκσυγχρονισμένη και την υπάρχουσα μονάδα τύπου Pelton ισχύος 1,8 MW (συνολικά 4,1 MW). Παράγει ετησίως κατά μέσο όρο 10 GWh καλύπτοντας περίπου το 1/30 των αναγκών της πόλης των Πατρών σε ηλεκτρική ενέργεια και απασχολεί 9 εργαζομένους. Υπάγεται διοικητικά στο Συγκρότημα Αχελώου.

5.2 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΗΣ “ΓΛΑΥΚΟΥ”

5.2.1 Ταμιευτήρας

Η λεκάνη απορροής του Γλαύκου βρίσκεται σε υψόμετρο 900 m περίπου. Αποτελείται από πολλές πηγές που υπάρχουν κυρίως στο Σούλι και στο Δερβενίκο, των οποίων η συνολική παροχή υπολογίζεται στα $0,7 \text{ m}^3/\text{sec}$ κατά την καλοκαιρινή περίοδο και στα $3 \text{ m}^3/\text{sec}$ περίπου κατά την χειμερινή περίοδο. Τα τεχνικά έργα όμως έχουν κατασκευαστεί προβλέποντας μεγαλύτερες παροχές σε περίπτωση υπερχείλισης του φράγματος υδροληψίας κατά το χειμώνα.

5.2.2 Φράγμα

Το φράγμα είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα και η στέψη του βρίσκεται σε υψόμετρο 337,5 m. Για την προστασία του έγινε πρόφραγμα σε απόσταση 400 m για τον περιορισμό των πλημμυρών του χειμάρρου και τον φερτών υλών. Ακόμη υπάρχουν δύο διώρυγες προσαγωγής που καταλήγουν στην υδροληψία.

Ο εκχειλιστής του φράγματος αποτελείται από δύο τμήματα, ένα αυτόματο και ένα χειροκίνητο. Το αυτόματο τμήμα που βρίσκεται στο αριστερό αντέρεισμα του φράγματος λειτουργεί με την πίεση του νερού αφού όταν υπάρχει υπερχείλιση, η πόρτα ανυψώνεται αυτόματα χάρη στο αντίβαρο. Τα άνοιγμά του είναι 9 m και το βάθος του 4 m. Το χειροκίνητο τμήμα που βρίσκεται στο δεξιό αντέρεισμα του

φράγματος έχει άνοιγμα 4 m και βάθος 4 m. Λειτουργεί με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρα και χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό της λεκάνης υδροληψίας.

Για μεγάλες παροχές ανοίγει τοξωτά και το χειροκίνητο φράγμα ώστε να μην πέσει απότομα το αντίβαρο. Για κανονικές παροχές παραμένουν και τα δύο φράγματα κλειστά, αφού το νερό περνάει από τα κανάλια όπου υπάρχουν σχάρες για την κατακράτηση μεγάλων αντικειμένων (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1 : Φράγμα

Πιο συγκεκριμένα για τα δύο θυροφράγματα:

1. Ηλεκτροκίνητο τοξωτό θυρόφραγμα

Το τοξωτό θυρόφραγμα βρίσκεται κοντά στο δεξιό αντέρεισμα του έργου, λειτουργεί με ηλεκτρισμό και ο έλεγχός του γίνεται από ένα φυλάκιο στη γέφυρα ακριβώς από πάνω του. Σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος στην περιοχή, δεν υπάρχει βοηθητική γεννήτρια και η λειτουργία του πρέπει να γίνει χειροκίνητα με τη συνεργασία τουλάχιστον δύο ανθρώπων. Μόλις ανοίγει το τοξωτό θυρόφραγμα, τα νερά οδηγούνται σε μία μικρή διώρυγα επενδυμένη με ειδική στρώση πλακιδίων εξαιρετικά σκληρού γρανίτη έτσι ώστε να μην καταστρέφονται κατά την πρόσκρουση των φερτών πάνω στην επιφάνειά τους. Στη συνέχεια το νερό χωρίς να συναντά άλλη διάταξη καταστροφής ενέργειας οδηγείται στην παλαιά κοίτη του χειμάρρου. Καθώς δεν υπάρχει ταμιευτήρας για την ανάσχεση της πλημμύρας, ο χειρισμός του ηλεκτροκίνητου τοξωτού θυροφράγματος γίνεται εμπειρικά και κατά την κρίση του φύλακα, για να αποτρέψει τη λειτουργία του αυτόματου θυροφράγματος με το αντίβαρο. Όταν λοιπόν φτάσουν σε στάθμη όπου το αντίβαρο αρχίζει να μετακινείται, ο φύλακας ανοίγει το ελεγχόμενο τοξωτό θυρόφραγμα και επιτρέπει τη

διέλευση νερού και φερτών από κάτω του. Όταν το θυρόφραγμα αυτό ανοίξει εντελώς και εάν η στάθμη συνεχίσει να ανεβαίνει, τότε δίνεται εντολή να εγκαταλειφθεί η προσπάθεια καθώς ο φύλακας δεν μπορεί να προσφέρει καμία επιπλέον υπηρεσία.

2. Αυτόματο θυρόφραγμα με αντίβαρο

Το αυτόματο θυρόφραγμα λειτουργεί με αντίβαρο. Ένα αντίβαρο συνδέεται μέσω βραχίονα με το θυρόφραγμα σχηματίζοντας μια διάταξη ζυγού. Όταν το νερό φτάσει 30 cm πάνω από το θυρόφραγμα, το βάρος του αναγκάζει το αντίβαρο να ανασηκωθεί επιτρέποντας στο θυρόφραγμα να κατέβει. Στη νέα θέση ισορροπίας, αν το νερό συνεχίσει να ανεβαίνει το αντίβαρο μετακινείται και αυτό ώσπου το θυρόφραγμα κάτω από το βάρος του νερού που συνεχώς ανεβαίνει, ανοίξει εντελώς. Το νερό οδηγείται σε μικρή διώρυγα η οποία είναι επίσης επενδυμένη με γρανίτη και στο τέλος της έχει μια κάθετη διάταξη από σκυρόδεμα ενισχυμένο με χαλύβδινες πλάκες το οποίο συγκρατεί τα μεγάλα φερτά και αποτονώνει εν μέρει την ενέργεια του νερού. Το αυτόματο θυρόφραγμα εξαιτίας του τρόπου λειτουργίας του, παρουσιάζει μεγάλα μειονεκτήματα στην περίπτωση του Γλαύκου. Όταν λειτουργήσει επιτρέπει τη διέλευση του νερού από πάνω του, αλλά μαζί με το νερό παρασύρονται και όλα τα φερτά που μετακινούνται από τους ορεινούς όγκους και τα οποία επικάθονται πάνω στο θυρόφραγμα δυσκολεύοντας έτσι το κλείσιμο του. Στις λίγες περιπτώσεις που έχει λειτουργήσει, παρέμεινε ανοικτό και μετά το πέρας της πλημμύρας και χρειάστηκε η δύσκολη και επίπονη επέμβαση των υπευθύνων του έργου έτσι ώστε να απομακρυνθούν όλες οι πέτρες (μερικές από τις οποίες ζύγιζαν πάνω από 100 kg) και να μπορέσει το αντίβαρο να ανασηκώσει και πάλι το θυρόφραγμα. Η λειτουργία λοιπόν του αυτόματου θυροφράγματος είναι η τελική λύση για την αντιμετώπιση μιας πλημμύρας, όταν το ηλεκτροκίνητο θυρόφραγμα δεν λειτουργήσει ή δεν μπορεί να παροχετεύσει τον πλημμυρικό όγκο. Η τελευταία περίπτωση που το αυτόματο θυρόφραγμα άνοιξε, ήταν τη δεκαετία του '80.

ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ

| | |
|---------------------------|--|
| <u>Μήκος:</u> | 1.695 m |
| <u>Διάμετρος:</u> | 720 mm |
| <u>Διατομή:</u> | 1.64 m² – 1.95 m² |
| <u>Μέση κλίση:</u> | 1,67 % |
| <u>Πάχος επένδυσης:</u> | 0,10 m – 0,40 m |
| <u>Πυθμένας σήραγγας:</u> | 334.60 m |

ΑΓΩΓΟΣ ΠΤΩΣΗΣ

| | |
|--------------------|---------------|
| <u>Κατασκευή:</u> | Χάλυβας |
| <u>Μήκος:</u> | 308 m |
| <u>Διάμετρος:</u> | 0.90 m (Φ900) |
| <u>Πάχος:</u> | 7 mm – 14 mm |
| <u>Μέση κλίση:</u> | 48 % |



Εικόνα 5.2 : Αγωγός πτώσης

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

| | |
|--|---------|
| <u>Υψόμετρο:</u> | 183 m |
| <u>Ύψος πτώσης:</u> | 156.5 m |
| <u>Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας:</u> | 10 GWh |

Μονάδες

Στις εικόνες 5.3 και 5.4 διακρίνονται οι μονάδες Pelton και Francis ισχύος 1,8 και 2,3 MW αντίστοιχα.



Εικόνα 5.3 : Μονάδα Pelton

| | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| <u>Τύπος:</u> | Pelton οριζοντίου άξονα |
| <u>Ισχύς:</u> | 1,8 MW |
| <u>Στροφές:</u> | 500 rpm |
| <u>Παροχή:</u> | 1700 lt/sec |
| <u>Ύψος πτώσεως καθαρό:</u> | 150 m |
| <u>Ύψος πτώσεως πραγματικό:</u> | 156 m |



Εικόνα 5.4 : Μονάδα Francis

| | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| <u>Τύπος:</u> | Francis οριζοντίου άξονα |
| <u>Ισχύς:</u> | 2,3 MW |
| <u>Στροφές:</u> | 100 rpm |
| <u>Παροχή:</u> | 1270 lt/sec |
| <u>Ύψος πτώσεως καθαρό:</u> | 150 m |
| <u>Ύψος πτώσεως πραγματικό:</u> | 156 m |

Πίνακας 1 : Τεχνικά στοιχεία υδροηλεκτρικού συγκροτήματος Αχελώου – ΥΗΣ “Γλαύκου”

| | ΚΡΕΜΑΣΤΑ | ΚΑΣΤΡΑΚΙ | ΣΤΡΑΤΟΣ 1 | ΣΤΡΑΤΟΣ 2 | ΓΛΑΥΚΟΣ |
|---|------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΕΣ | | | | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ / ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ | 2 (11m * 14,64m) | 1 ελεύθερης πτώσης (μήκος 120m) | 5 (14,5m * 9,44m) | 5 (14,5m * 9,44m) | (9m*4m) - (4m*4m) |
| ΠΑΡΟΧΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ (m³ / sec) | 3000 | 3700 | 4000 | 4000 | 3 |
| ΥΔΡΟΛΗΨΙΕΣ | | | | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ | 4 | 4 | 2 | 2 | 1 |
| ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (m) | 5,8 - 4,33 | 5,8 - 4,93 | 7,3 | 3,8 | 0,9 |
| ΜΗΚΟΣ (m) | 215,8 | 254,2 - 246,8 - 238,6 - 230,6 | 74,45 | 24 | 308 |
| ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ | | | | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| ΙΣΧΥΣ (MW) | 110 | 80 | 75 | 3,35 | 2,3 francis / 1,8 pelton |
| ΣΥΝΟΛΙΚΑ (MW) | 440 | 320 | 150 | 6,7 | 4,1 |
| ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟ (m) | 136 | 75,7 | 36,6 | 16,8 | 65 |
| ΤΥΠΟΣ | FRANCIS | FRANCIS | FRANCIS | ΤΥΠΟΥ S οριζοντίου άξονα | FRANCIS / PELTON |
| ΣΤΡΟΦΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ (RPM) | 166,6 | 166,6 | 107 | 300 | 100 francis / 500 pelton |
| ΜΕΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (GWH) | 850 | 581 | 400 | 16 | 10 |
| ΜΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m³ / ΚWH) | 3,7 | 5,5 | 12 | 25 | 3,5 |
| | | | | | |
| ΚΛΙΣΗ | 39,07 | 17,33 | 29,45 | 44,43 | 12,18 |

6. ΜΕΛΕΤΗ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ “ΓΛΑΥΚΟΥ”

6.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔΟΣΗ / ΜΕΓΙΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ : ΑΝΑΝΕΩΣΗ Η ΑΛΛΑΓΗ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

- Πίνακας 6.1 : Τεχνικά στοιχεία ΥΗΣ Στράτος Ι – ΥΗΣ “Γλαύκου”

| | ΣΤΡΑΤΟΣ 1 | ΓΛΑΥΚΟΣ |
|---|-------------------|--------------------------|
| ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΕΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ / ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ | 5 (14,5m * 9,44m) | (9m*4m) - (4m*4m) |
| ΠΑΡΟΧΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ (m ³ / sec) | 4000 | 3 |
| ΥΔΡΟΛΗΨΙΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ | 2 | 1 |
| ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (m) | 7,3 | 0,9 |
| ΜΗΚΟΣ (m) | 74,45 | 308 |
| ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ | 2 | 2 |
| ΙΣΧΥΣ (MW) | 75 | 2,3 francis / 1,8 pelton |
| ΣΥΝΟΛΙΚΑ (MW) | 150 | 4,1 |
| ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟ (m) | 36,6 | 65 |
| ΤΥΠΟΣ | FRANCIS | FRANCIS / PELTON |
| ΣΤΡΟΦΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ (RPM) | 107 | 100 francis / 500 pelton |
| ΜΕΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (GWH) | 400 | 10 |
| ΜΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m ³ / KWH) | 12 | 3,5 |
| | | |
| ΚΛΙΣΗ | 29,45 | 12,18 |

Η Ταχύτητα U δεν μπορεί να αλλάξει γιατί είναι $U = \sqrt{2gh}$, h = Μανομετρικό.

Πρόταση: Διπλασιασμός Παροχής

Αυτό θα επιτευχθεί με προσθήκη επιπλέον υπερχειλιστών 4x4 & 9x4 m², και μαζί με τους υπάρχοντες δίνουν επιφάνεια εκχείλισης: 26x4 m²

- § Άρα η παροχή θα μπορεί γίνει από 3 m³/sec σε 6 m³/sec (μέγιστο φορτίο)
- § Εφικτό σύμφωνα με τις υπάρχουσες καταστάσεις (χειμώνας)
- § Αν η κλίση αλλάξει, δηλαδή από 12.18° σε 29.45° ο αγωγός πτώσης από μήκος 308 m θα γινόταν:
[Μανομετρικό / ημ (κλίσης)] = 132 m

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα μπορεί να επιτευχθεί περαιτέρω εκσυγχρονισμός του υδροηλεκτρικού σταθμού του «Γλαύκου» με ανανέωση / αλλαγή των υδροστροβίλων, σε πρώτη φάση με αντικατάσταση του Pelton σε έναν Francis **2.3 MW** και σε δεύτερη φάση με αντικατάσταση και των δύο υδροστροβίλων με δύο Francis των **4.6 MW**.

Η εγκατάσταση δύο υδροστροβίλων Francis **4.6 MW** μπορεί να επιτευχθεί χάρη στην αλλαγή της διατομής. Η παροχή μπορεί να γίνει 2 φορές μεγαλύτερη. Η προσφερόμενη Υδραυλική Ισχύς, ($P = Q * h$) μεγαλώνει και αυτή 2 φορές.

- Πίνακας 6.2 : Εκσυγχρονισμός του «Γλαύκου» με αντικατάσταση της μονάδας Pelton με μονάδα Francis 2.3 MW

| | ΣΤΡΑΤΟΣ 1 | ΓΛΑΥΚΟΣ |
|---|-------------------|---------------------------|
| ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΕΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ / ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ | 5 (14,5m * 9,44m) | 2x(9m*4m), 2x(4m*4m) |
| ΠΑΡΟΧΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ (m ³ / sec) | 4000 | 6 |
| ΥΔΡΟΛΗΨΙΕΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ | 2 | 1 |
| ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (m) | 7,3 | 7,3 |
| ΜΗΚΟΣ (m) | 74,45 | 132 |
| ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ | 2 | 2 |
| ΙΣΧΥΣ (MW) | 75 | 2,3 francis / 2,3 francis |
| ΣΥΝΟΛΙΚΑ (MW) | 150 | 4,6 |
| ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟ (m) | 36,6 | 65 |
| ΤΥΠΟΣ | FRANCIS | FRANCIS |
| ΣΤΡΟΦΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ (RPM) | 107 | 107 |
| ΜΕΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (GWH) | 400 | 11,2 |
| ΜΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m ³ / KWH) | 12 | 3,9 |
| | | |
| ΚΛΙΣΗ | 29,45 | 29,45 |

Σύμφωνα με το υδραυλικό ύψος των 65 m και την παροχή των 3 m³/sec το κόστος μιας μονάδας Francis ανέρχεται περίπου στα **456,000 ευρώ**. Ενώ με το ίδιο υδραυλικό ύψος και για παροχή 6 m³/sec μια μονάδα Francis κοστίζει περίπου **493,000 ευρώ**. Επομένως θα συνέφερε μία τέτοια αναβάθμιση με την προϋπόθεση όμως αλλαγής σωληνώσεων και πρόσθεσης εκχειλιστών για την επίτευξη μεγαλύτερης παροχής (δηλ. 6 m³/sec).

- **Πίνακας 6.3** : Εκσυγχρονισμός του «Γλαύκου» με αντικατάσταση και των δύο μονάδων σε δύο υδροστροβίλους τύπου Francis ισχύος 4.6 MW, συν. ισχύος 9.2 MW

| | ΣΤΡΑΤΟΣ 1 | ΓΛΑΥΚΟΣ |
|---|-------------------|-------------------------|
| ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΕΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ / ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ | 5 (14,5m * 9,44m) | 2x(9m*4m), 2x(4m*4m) |
| ΠΑΡΟΧΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ (m³ / sec) | 4000 | 6 |
| ΥΔΡΟΛΗΨΙΕΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ | 2 | 1 |
| ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (m) | 7,3 | 7,3 |
| ΜΗΚΟΣ (m) | 74,45 | 132 |
| ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ | 2 | 2 |
| ΙΣΧΥΣ (MW) | 75 | 4,6 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΑ (MW) | 150 | 9,2 |
| ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟ (m) | 36,6 | 65 |
| ΤΥΠΟΣ | FRANCIS | FRANCIS |
| ΣΤΡΟΦΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ (RPM) | 107 | 107 |
| ΜΕΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (GWH) | 400 | 22,4 |
| ΜΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m³ / ΚWH) | 12 | 7,8 |
| | | |
| ΚΛΙΣΗ | 29,45 | 29,45 |

Το κόστος αντικατάστασης και των δύο μονάδων με δύο υδροστροβίλους τύπου Francis ισχύος 4.6 MW ο κάθε ένας, προσδιορίζεται περίπου στο **1,000,000 ευρώ**. Το κόστος της συγκεκριμένης αναβάθμισης είναι αρκετά μεγάλο, πράγμα το οποίο θα ήταν ασύμφορο λόγω της μικρής παροχευτικότητας του “Γλαύκου”.

6.2 ΆΜΕΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗ / ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ : ΑΝΑΝΕΩΣΗ Η ΑΛΛΑΓΗ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ, ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

- Αντικατάσταση του υδροστροβίλου τύπου Pelton με τύπου Francis, συν. ισχύος 4.6 MW.

| | ΣΤΡΑΤΟΣ 1 | ΓΛΑΥΚΟΣ |
|---|-------------------|---------------------------|
| ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΕΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ / ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ | 5 (14,5m * 9,44m) | (9m*4m) - (4m*4m) |
| ΠΑΡΟΧΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ (m ³ / sec) | 4000 | 3 |
| ΥΔΡΟΛΗΨΙΕΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ | 2 | 1 |
| ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (m) | 7,3 | 0,9 |
| ΜΗΚΟΣ (m) | 74,45 | 308 |
| ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ | 2 | 2 |
| ΙΣΧΥΣ (MW) | 75 | 2,3 francis / 2,3 francis |
| ΣΥΝΟΛΙΚΑ (MW) | 150 | 4,6 |
| ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟ (m) | 36,6 | 65 |
| ΤΥΠΟΣ | FRANCIS | FRANCIS |
| ΣΤΡΟΦΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ (RPM) | 107 | 107 |
| ΜΕΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (GWH) | 400 | 11,2 |
| ΜΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m ³ / KWH) | 12 | 3,9 |
| | | |
| ΚΛΙΣΗ | 29,45 | 12,18 |

Έστω και χωρίς αλλαγή σωληνώσεων, ισχύουν τα αναφερόμενα στην 6,1 παράγραφο για το κόστος εγκατάστασης μιας μονάδας Francis που ανέρχεται περίπου στα **456,000 ευρώ**. Επομένως θα συνέφερε μία τέτοια -σχετικά μικρή- αναβάθμιση, χωρίς αλλαγή σωληνώσεων και προσθήκη εκχειλιστών για την επίτευξη μεγαλύτερης παροχής, εφόσον δεν υπάρχουν επαρκή κονδύλια για την μέγιστη βελτίωση με αλλαγή διατομών και προσθήκη εκχειλιστών (κεφ. 6.1)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα πτυχιακή εργασία είναι τα εξής :

- § Η υδροηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ΥΗΣ του συγκροτήματος Αχελώου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που παράγει ο μικρός ΥΗΣ “Γλαύκου”.
- § Οι εγκαταστάσεις του υδροηλεκτρικού συγκροτήματος Αχελώου είναι πολύ πιο σύγχρονες από αυτές του ΥΗΣ “Γλαύκου”.
- § Ο ΥΗΣ “Γλαύκου” είναι δυνατόν να εκσυγχρονιστεί με αντικατάσταση του υδροστροβίλου Pelton με άλλη μία μονάδα Francis 2.3 MW, αλλά και με αντικατάσταση και των δύο μονάδων, με δύο Francis 4.6 MW, συν. ισχύος 9.2 MW.
- § Οι ΥΗΣ παράγουν «καθαρή», ανανεώσιμη ενέργεια.
- § Συμβάλουν στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας.
- § Οι ΥΗΣ εξασφαλίζουν τη ρύθμιση της τάσεως και της συχνότητας του ηλεκτρικού συστήματος, βελτιστοποιούν την παραγωγή των θερμικών σταθμών και αυξάνουν την αξιοπιστία του.
- § Καλύπτουν ανάγκες σε νερό σε τρίτους.
- § Παρέχουν αντιπλημμυρική προστασία στα κατόντη.
- § Συμβάλουν στην ανάπτυξη των περιοχών (αναψυχή, αλιεία, ναυταθλητισμός κ.λ.π.) και στην αναβάθμιση του περιβάλλοντος.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

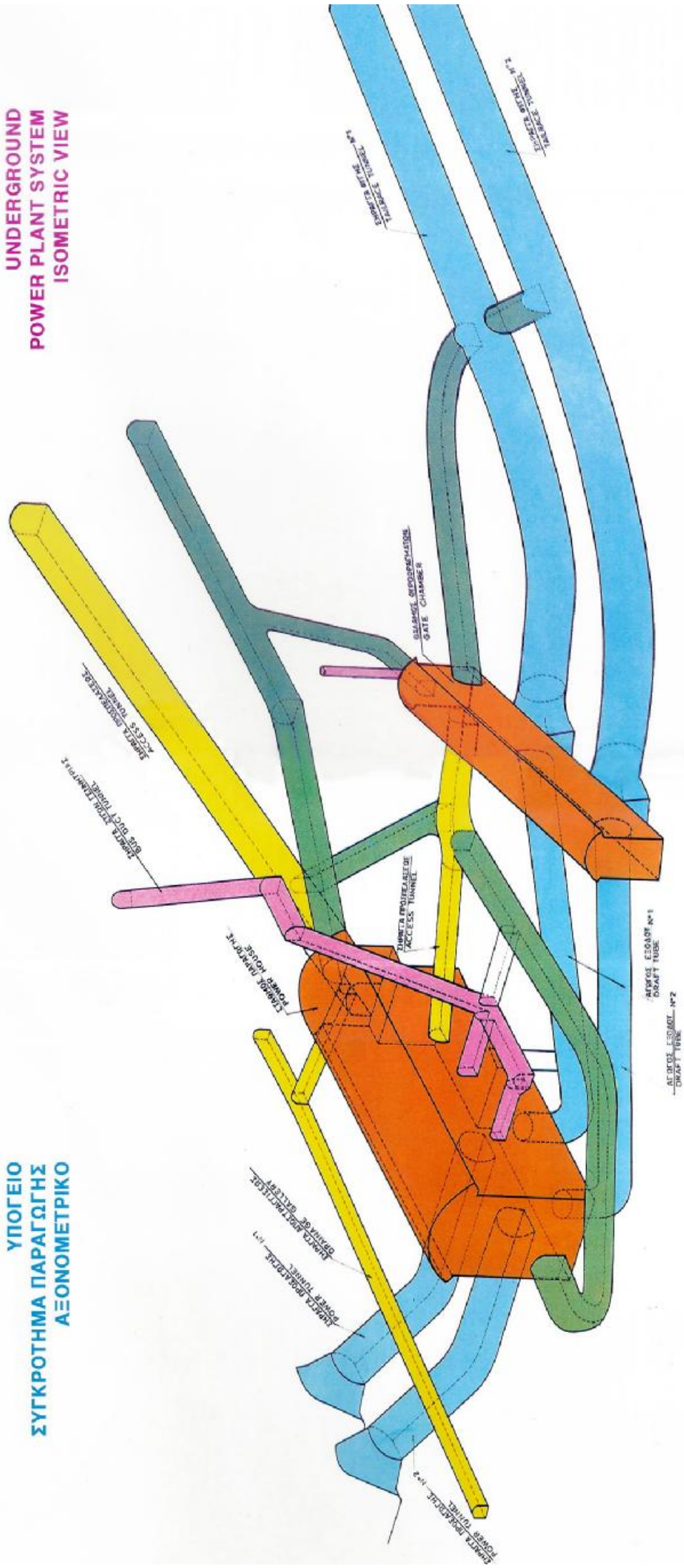
- § Η Ελλάδα έχει ανάγκη από έργα πολλαπλού σκοπού για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών της πόρων.
- § Με την υπερετήσια εκμετάλλευση των μεγάλων ταμιευτήρων και με τους αντλητικούς σταθμούς, εξασφαλίζονται τα απαραίτητα αποθέματα για την αντιμετώπιση περιόδων ξηρασίας.
- § Εκσυγχρονισμός των αρδευτικών δικτύων και εξοικονόμηση νερού κυρίως στην άρδευση.
- § Η Δ.Ε.Η. θα πρέπει να συμμετέχει καθοριστικά στη διαχείριση των υδατικών πόρων έχοντας την ευθύνη της εκμετάλλευσης τόσων ΥΗΣ στους περισσότερους μεγάλους ποταμούς τη χώρας.
- § Ο σχεδιασμός υπερχειλιστών με αυτόματα θυροφράγματα με αντίβαρα, θα πρέπει να αποφεύγεται γιατί δεν εξασφαλίζεται με αυτά η απαιτούμενη λειτουργική αξιοπιστία.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο παράρτημα που ακολουθεί διακρίνεται το υπόγειο συγκρότημα παραγωγής του ΥΗΣ Στράτος Ι σε αξονομετρική απεικόνιση.

Περιλαμβάνει σαν κύρια μέρη τις σήραγγες προσαγωγής, των σταθμό παραγωγής, τους αγωγούς εξόδου, τον θάλαμο θυροφραγμάτων και τις σήραγγες φυγής.

**UNDERGROUND
POWER PLANT SYSTEM
ISOMETRIC VIEW**



**ΥΠΟΓΕΙΟ
ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΑΕΟΝΟΜΕΤΡΙΚΟ**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Παπαντώνης Δημήτριος Ε., Υδροδυναμικές μηχανές, αντλίες - υδροστροβίλοι, υδροδυναμικές μεταδόσεις, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, Αθήνα, 2009
2. Τσόγκας Χρήστος Ε., Τσόγκα Ελισάβετ Χ., Υδροδυναμικά έργα – Φράγματα, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 2000
3. Γ. Λέρης, Εκμετάλλευση υδροηλεκτρικών σταθμών, Διεθνές Συνέδριο «ENERGYTEC 2006» & 1η Διεθνής Έκθεση: Μορφές & Διαχείριση Ενέργειας, Εκθεσιακό Κέντρο HELEXPO Palace, Μαρούσι, 23-26 Νοεμβρίου 2006
4. Τεχνικές σημειώσεις υδροηλεκτρικού συγκροτήματος Αχελώου
5. Τεχνικές σημειώσεις υδροηλεκτρικού σταθμού “Γλαύκου”

Internet:

http://en.wikipedia.org/wiki/Hoover_Dam

http://en.wikipedia.org/wiki/Itaipu_Dam

http://en.wikipedia.org/wiki/Three_Gorges_Dam

[http://www.asme.org/about-asme/history/landmarks/topics-a-l/electric-power-production-water/-29-vulcan-street-power-plant-\(1882\)](http://www.asme.org/about-asme/history/landmarks/topics-a-l/electric-power-production-water/-29-vulcan-street-power-plant-(1882))