

Φράγματα – Υδραυλικές κατασκευές

9ο εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών



Διάλεξη 10^η: Τεχνολογία έργων ασφαλείας (Υπερχειλιστές, έργα εκτροπής)

Σπύρος Μίχας, Δημήτρης Δερματάς, Ανδρέας Ευστρατιάδης

Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ακαδημαϊκό έτος 2015-16

Υπερχειλιστές

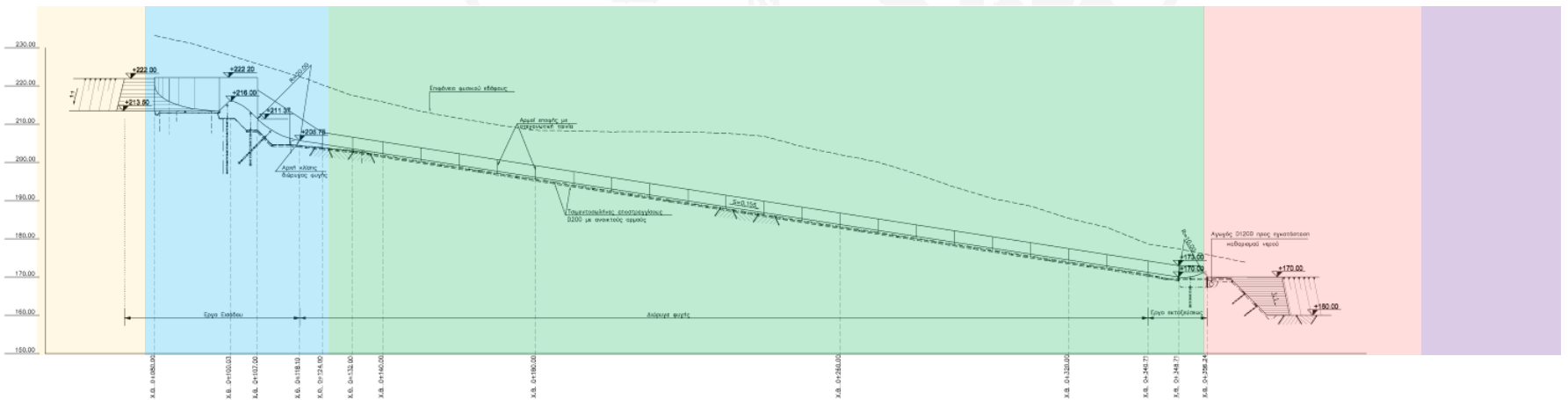
Στοιχεία σχεδιασμού και κατασκευής των τεχνικών έργων



Υπερχειλιστές

- ❑ **Υπερχειλιστές, εκχειλιστές:** Κατασκευές με σκοπό την ασφαλή αποχέτευση ύδατος πάνω από τη μέγιστη στάθμη κανονικής λειτουργίας.
 - ❑ Συνήθως, επιδιώκουμε μία **θέση ελέγχου** στη λειτουργία του υπερχειλιστή, έτσι ώστε να είναι γνωστή εκ των προτέρων η παροχетеυτικότητα του ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες συνθήκες λειτουργίας.
 - ❑ Ο υπερχειλιστής είναι μια σύνθετη κατασκευή που ξεκινά από την ασφαλή απαγωγή του πλεονάζοντος ύδατος, έως την ασφαλή του αποχέτευση στον κατάντη αποδέκτη
 - ❑ Τα έργα υπερχείλισης χωρίζονται στα εξής (γενικά διακριτά) τμήματα:
 - ❑ Έργα/Διώρυγα προσαγωγής: ανάντη της θέσης ελέγχου
 - ❑ Υπερχειλιστής: η κατασκευή με τη θέση ελέγχου
 - ❑ Διώρυγα πτώσης: κατάντη της θέσης ελέγχου
 - ❑ Έργο καταστροφής ενέργειας: θέση στην οποία παραλαμβάνεται η ενέργεια από την πτώση, προκειμένου να μπορεί να διοχετευθεί κατάντη.
 - ❑ Έργα προσαρμογής στην κατάντη κοίτη: έργα για την ασφαλή παροχέτευση των υδάτων υπερχείλισης στον τελικό αποδέκτη.
- Πιθανές εξαιρέσεις και μεγάλη ποικιλομορφία!
- ❑ Οι τύποι των έργων υπερχείλισης τυποποιούνται συνήθως με βάση το «πρωτεύον χαρακτηριστικό» τους.

Έργο υπερχειλιστή



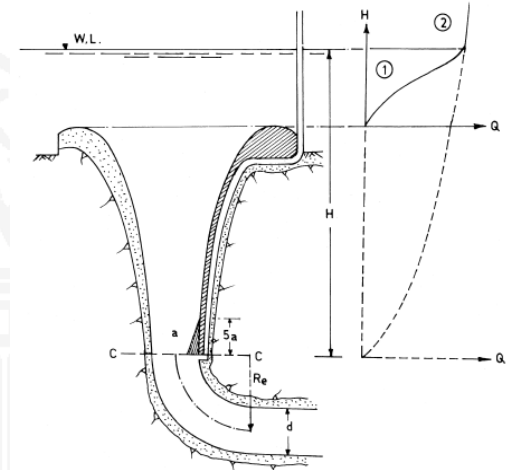
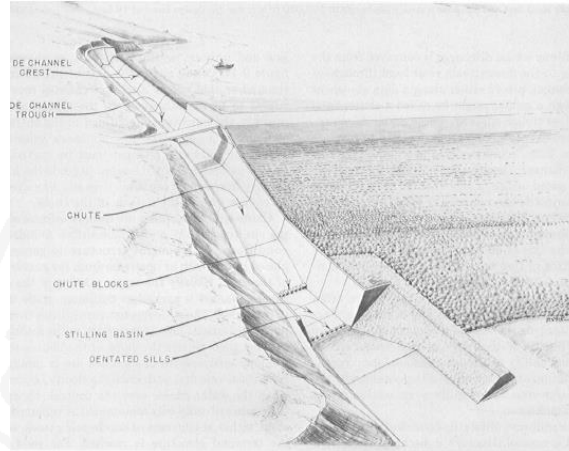
Τύποι υπερχειλιστή (A)

Ανάλογα με τη μορφή του έργου υπερχείλισης σε σχέση με τη ροή

▣ Μετωπικός

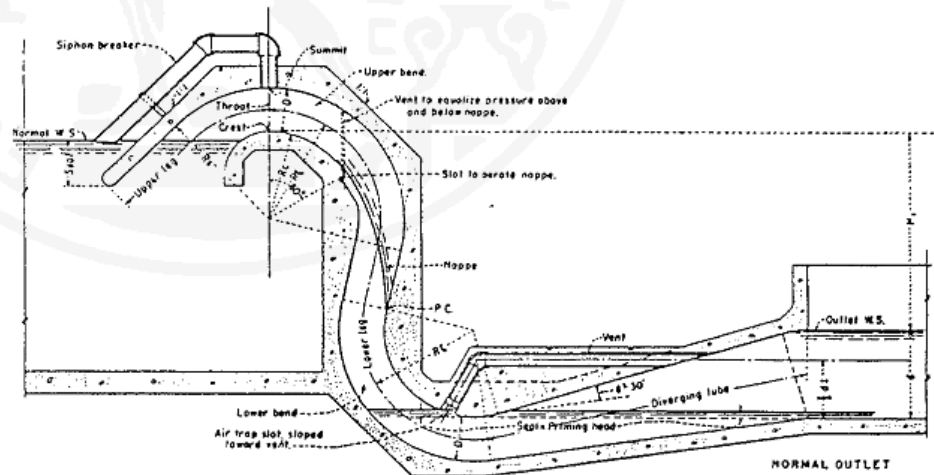
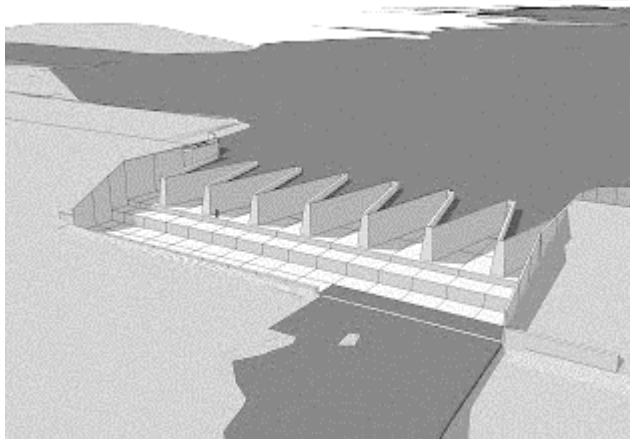
▣ Πλευρικός

▣ Χοανοειδής



▣ Λαβύρινθος

▣ Σιφωνοειδής



Τύποι υπερχειλιστή (B)

Ανάλογα με τη μορφή του έργου φυγής/πτώσης

□ Ελεύθερης πτώσης

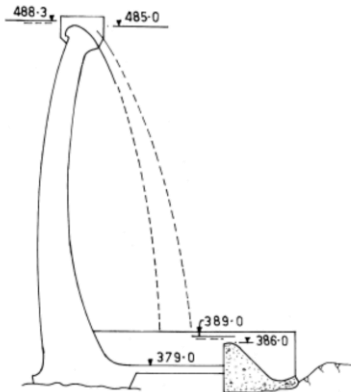
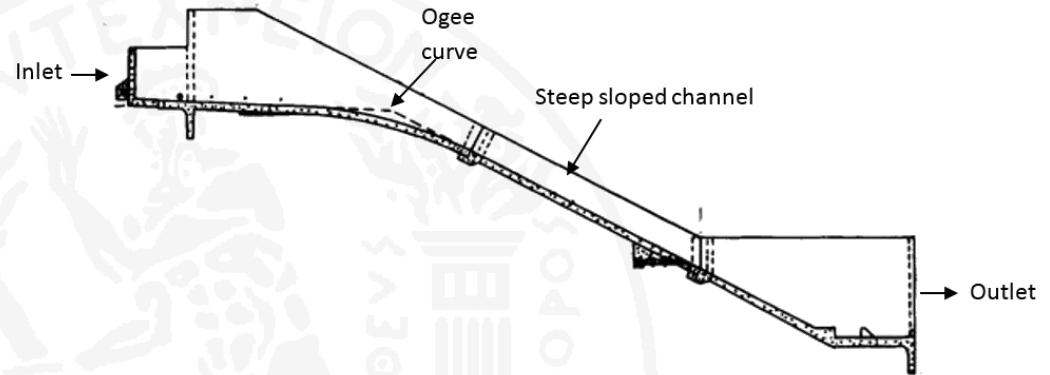
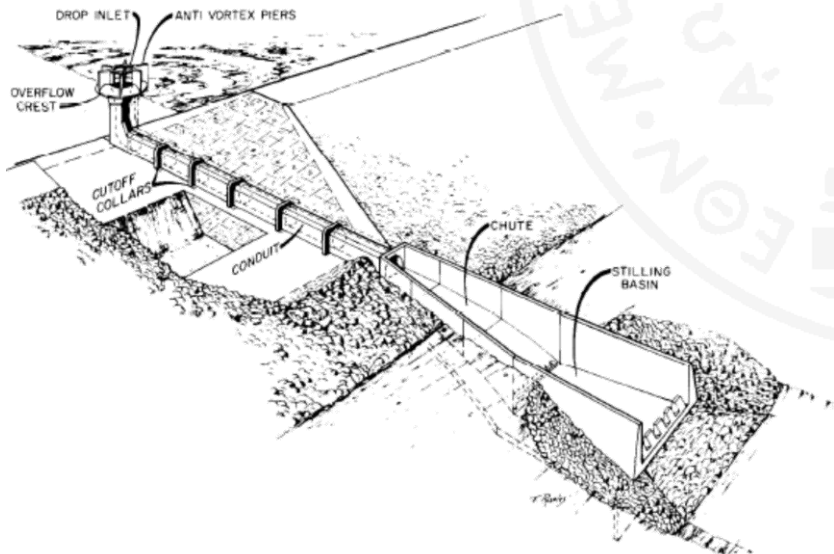


Figure 1 Overflow profile of Beznar dam.

□ Με διώρυγα πτώσης



□ Με σήραγγα ή αγωγό



□ Με βαθμιδωτή πτώση

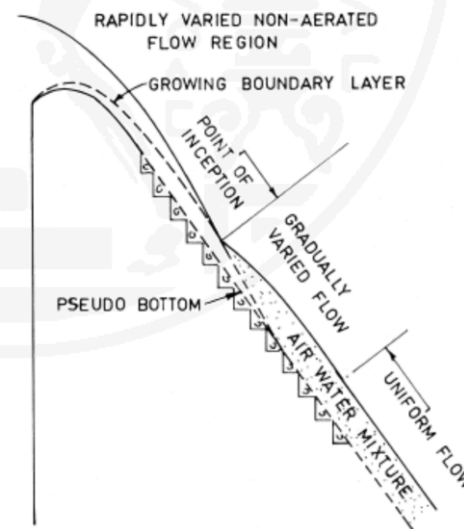
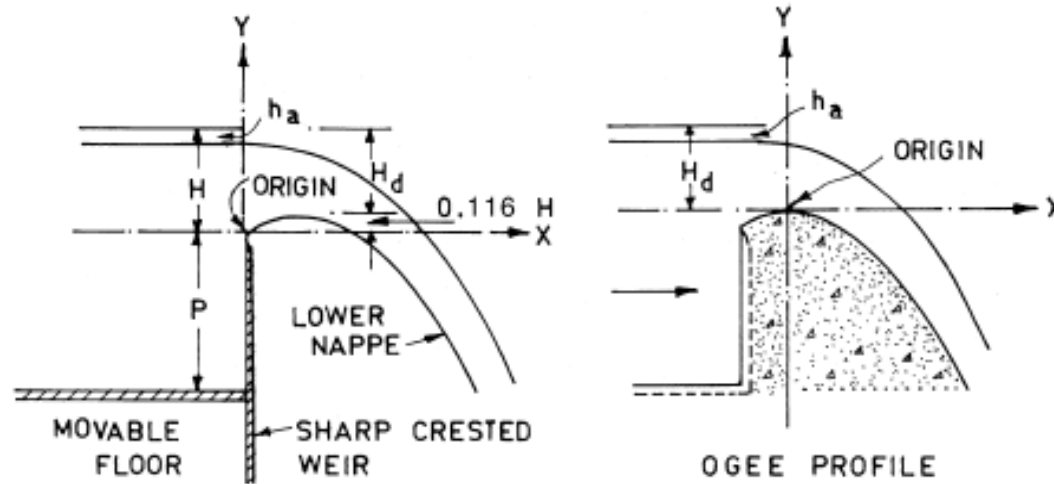


Figure 6 Flow regions in skimming flow.

Επιλογή τύπου

- Τύπος φράγματος
 - Γεωφράγματα
 - Όλοι οι τύποι υπερχειλιστή
 - Διώρυγα πτώσης, σήραγγα, αγωγός
 - Τοξωτά
 - Μετωπικοί στο σώμα
 - Ελεύθερη πτώση
 - Βαρύτητας, RCC
 - Μετωπικοί στο σώμα
 - Διώρυγα πτώσης, βαθμιδωτοί
- Μορφολογία στις πιθανές κατασκευές
- Γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες
 - Για την κατασκευή των έργων
 - Ως προς τον κίνδυνο διάβρωσης στις θέσεις καταστροφής ενέργειας
- Μεγέθη παροχής σχεδιασμού

Γεωμετρία στέψης υπερχείλισης



Khatsuria, 2005

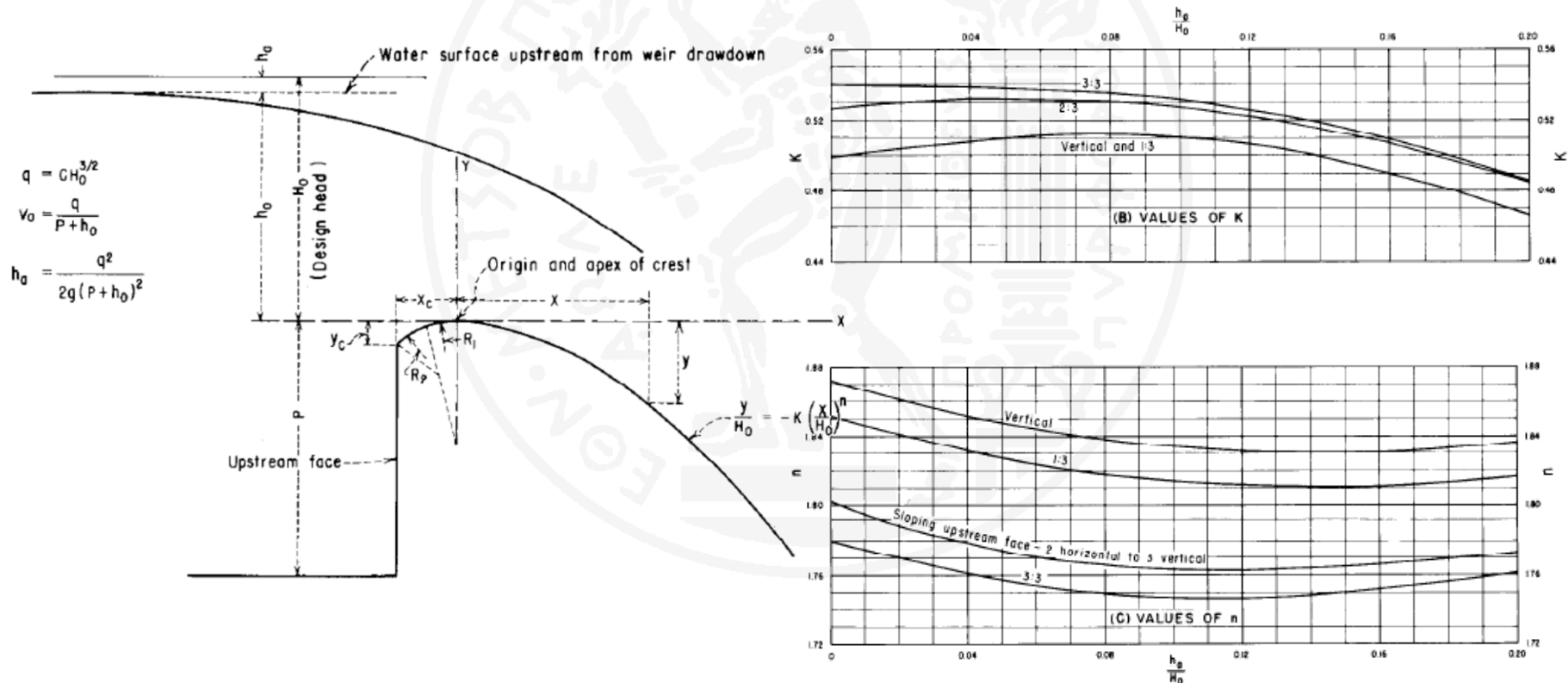
- ❑ Το σχήμα της επιφάνειας υπερχείλισης είναι αντίγραφο της κάτω επιφάνειας φλέβας που ρέει ελεύθερα πάνω από υπερχειλιστή λεπτής στέψης (ελαχιστοποίηση της υποπίεσης).
- ❑ Η παροχетеυτικότητα προκύπτει από εξίσωση της μορφής:
$$Q = CLH^{1,5}$$
- ❑ Οι μορφές των υπερχειλιστών έχουν ενδελεχώς μελετηθεί (USBR, WES, USACE).
- ❑ Η μορφή περιγράφεται γεωμετρικά:
 - Από την κλίση της ανάντη παρειάς
 - Από καμπύλη κυκλικού τόξου ανάντη του άξονα υπερχείλισης
 - Από μια εκθετική καμπύλη κατόντη
 - Από καμπύλη κυκλικού τόξου προσαρμογής στη διώρυγα πτώσης

Γεωμετρία στέψης υπερχειλίσσης

□ Ο σχεδιασμός γίνεται με την εφαρμογή καμπύλης της μορφής:

$$\frac{y}{H} = -K \left(\frac{x}{H} \right)^n$$

Όπου K, n συντελεστές, και H το φορτίο σχεδιασμού



Design of Small Dams, 1987

Γεωμετρία συναρμογών υπερχειλιστή και διώρυγας

- Καμπύλη συναρμογή αλλαγής κλίσης κατά τη μηκοτομή:

$$-y = x \tan \theta + \frac{x^2}{K[4(d + h_v) \cos^2 \theta]}$$

$K > 1,5$ για την αποφυγή υποπιέσεων

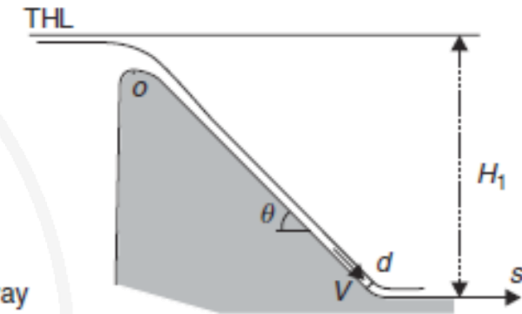
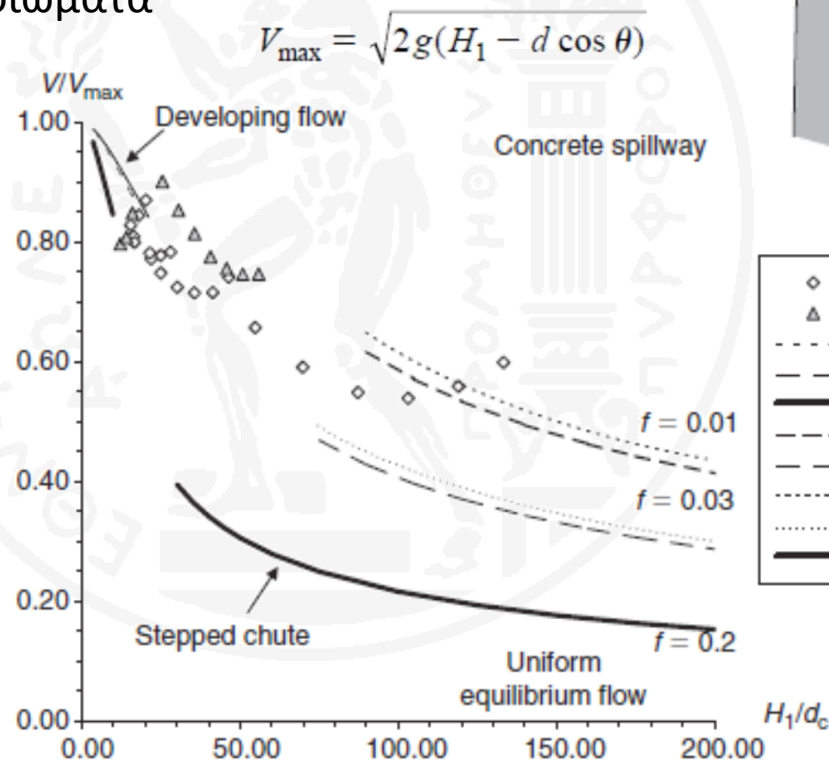
- Γωνία σύγκλισης τοιχείων διώρυγας (συναρμογή σε μικρότερο πλάτος) σε κάτοψη:

$$\tan \alpha = \frac{1}{3F}$$

F είναι ο αριθμός Froude

Υδραυλικοί υπολογισμοί σε διώρυγα πτώσης

- ❑ Ταχέως μεταβαλλόμενη ροή στη στέψη
- ❑ Ομαλά μεταβαλλόμενη ροή στη διώρυγα
- ❑ Μεγάλες κλίσεις ροής
- ❑ Προσρόφηση αέρα - Αυξημένες απώλειες
- ❑ Εγκάρσιοι κυματισμοί σε στενώσεις
- ❑ Φυσικά και μαθηματικά ομοιώματα



Chanson, 2004

Έργα καταστροφής ενέργειας

- Πιθανές μορφές έργων εφαρμόζονται με βάση την παλαιότερη πειραματική και θεωρητική έρευνα (USBR, USACE)
 - Peterka (10 βασικοί τύποι και λιθορριπή)
 - Elevatorski
- Συνήθης μηχανισμός καταστροφής ενέργειας είναι η δημιουργία αποδοτικού, ελεγχόμενου (θέση, μορφή) **υδραυλικού άλματος**. Επιτυγχάνεται με κατασκευή λεκάνης καταστροφής ενέργειας με κατάλληλες διαστάσεις και μορφή.
- Εναλλακτικά: υιοθετείται η εκτόξευση της φλέβας και απόσβεση της ενέργειας από την πτώση της σε λεκάνη ηρεμίας.
- Εναλλακτικά: βαθμιδωτός υπερχειλιστής, που επιτυγχάνει απόσβεση της ενέργειας κατά την πτώση (και με λεκάνη ηρεμίας)
- Διαστασιολόγηση με βάση βασικά υδραυλικά χαρακτηριστική της ροής στον πόδα (ταχύτητα, ενέργεια, αριθμός Froude)

Λεκάνες καταστροφής ενέργειας – Υδραυλικό άλμα

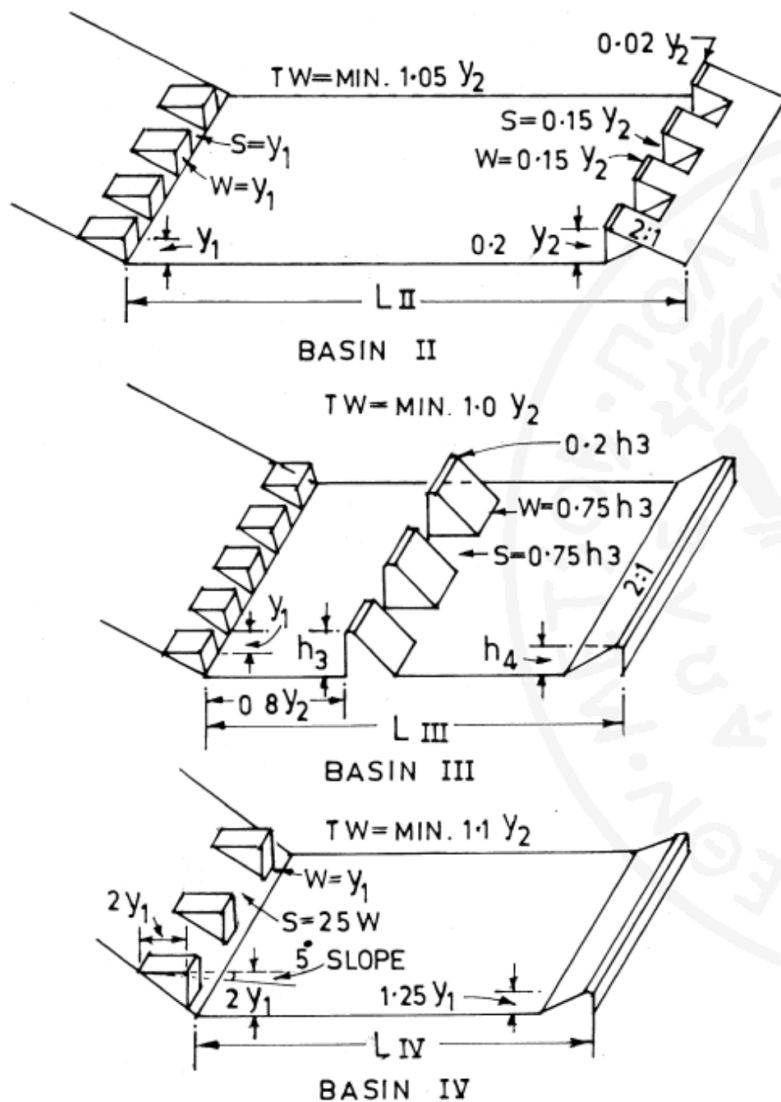


Figure 10 USBR stilling Basins II, III, and IV.

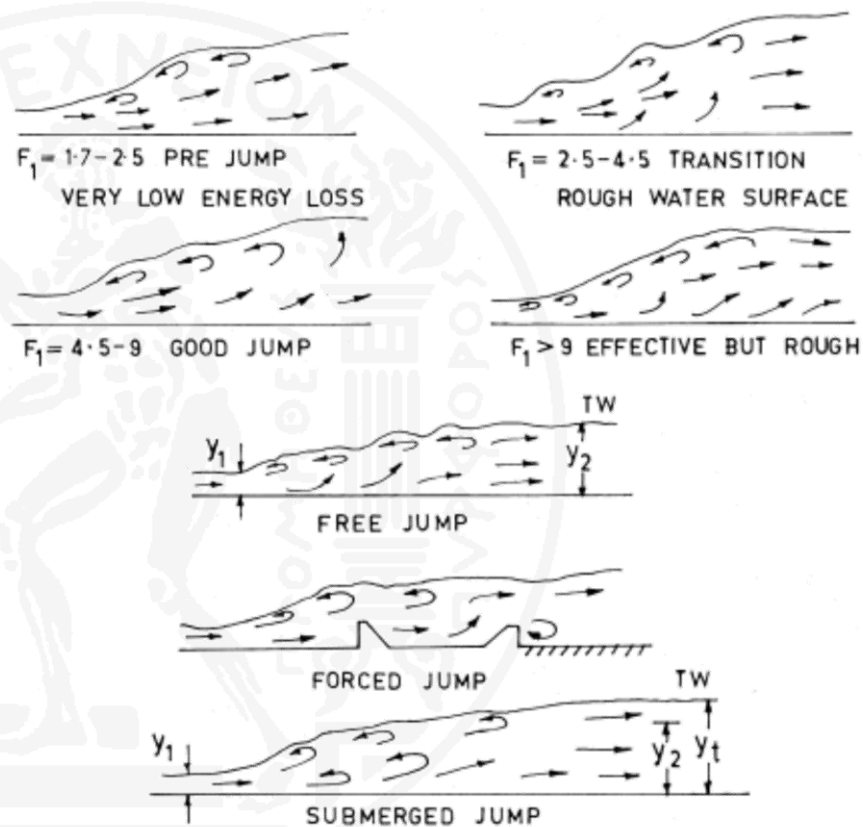


Figure 2 Classification of hydraulic jump.

Khatsuria, 2005

Καταστροφή ενέργειας με έργο εκτόξευσης

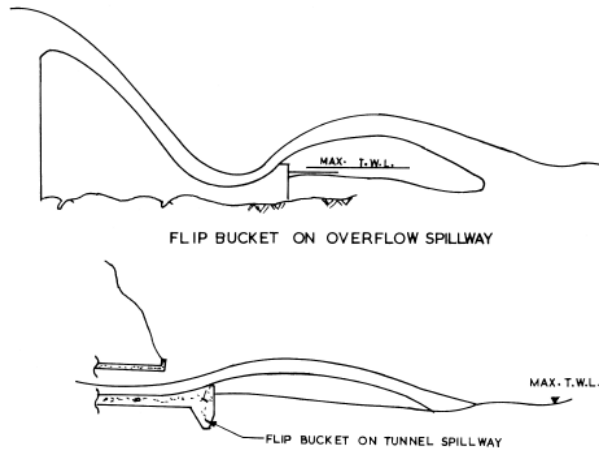


Figure 2 Flip buckets.

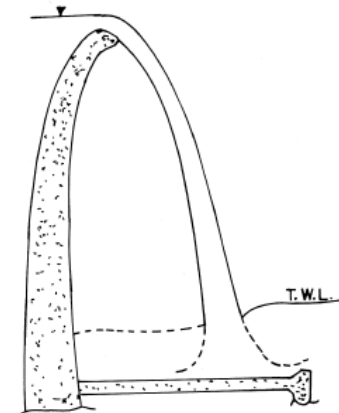


Figure 3 Free jet spillways.

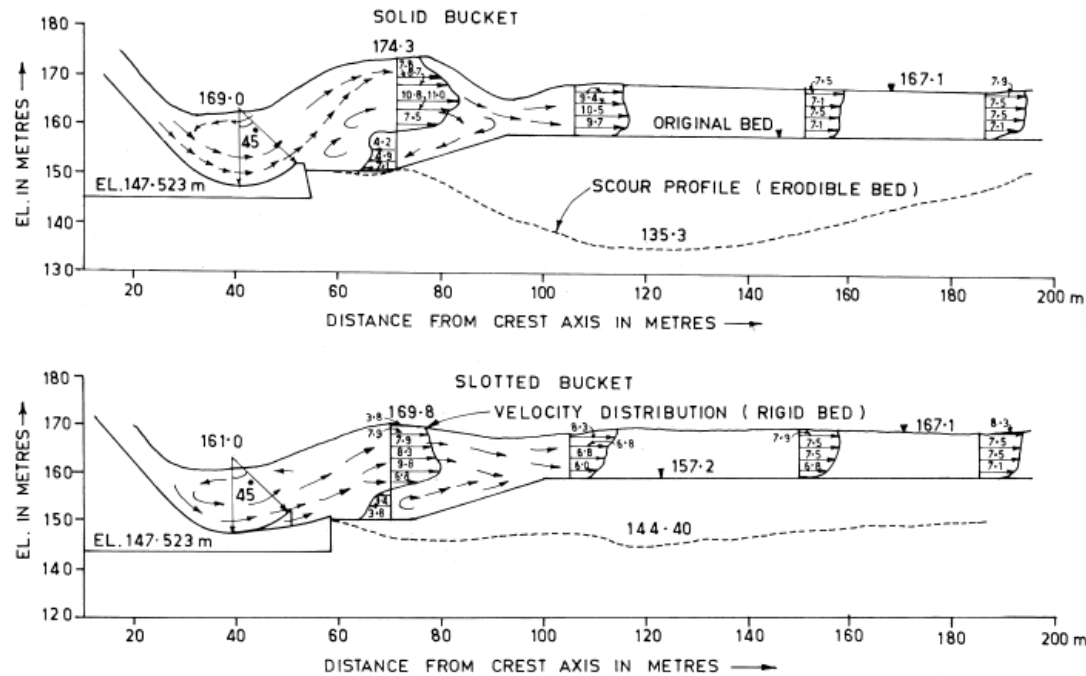
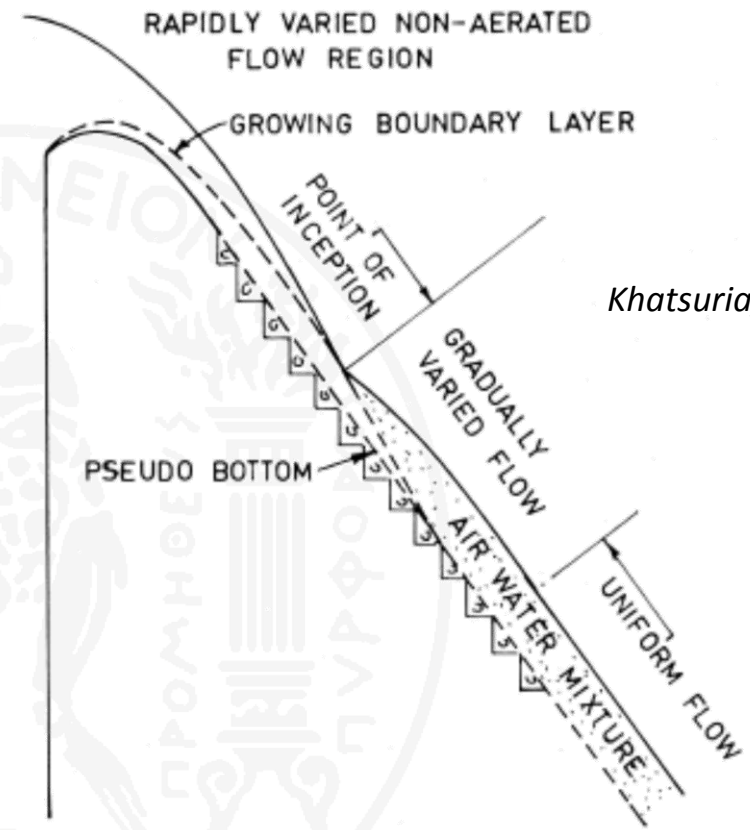
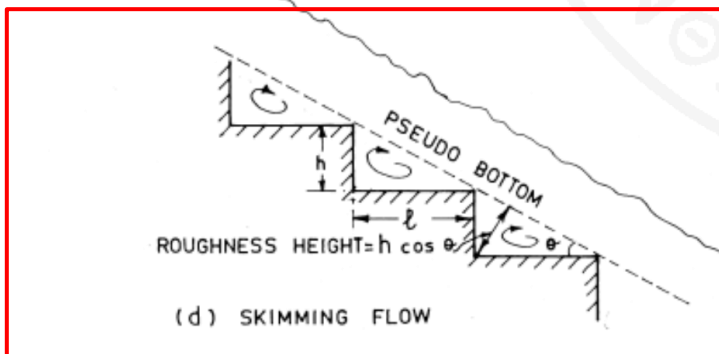
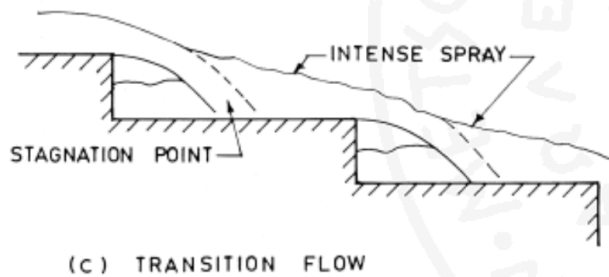
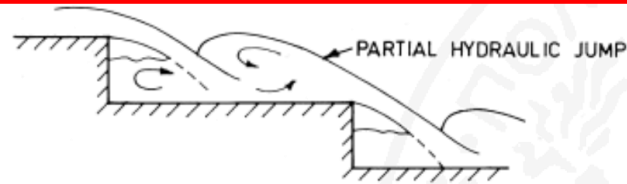
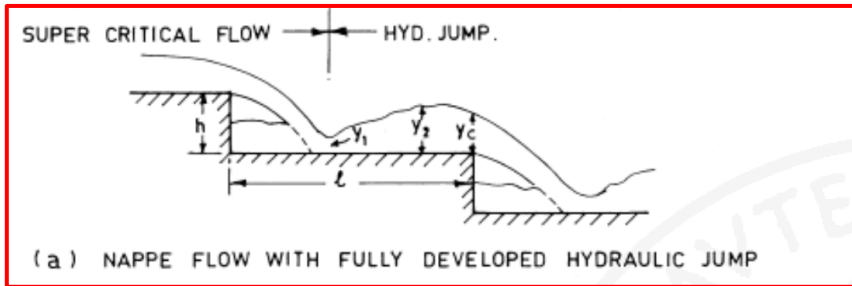


Figure 8 Comparative performance of solid and slotted buckets.

Khatsuria, 2005

Βαθμιδωτοί υπερχειλιστές

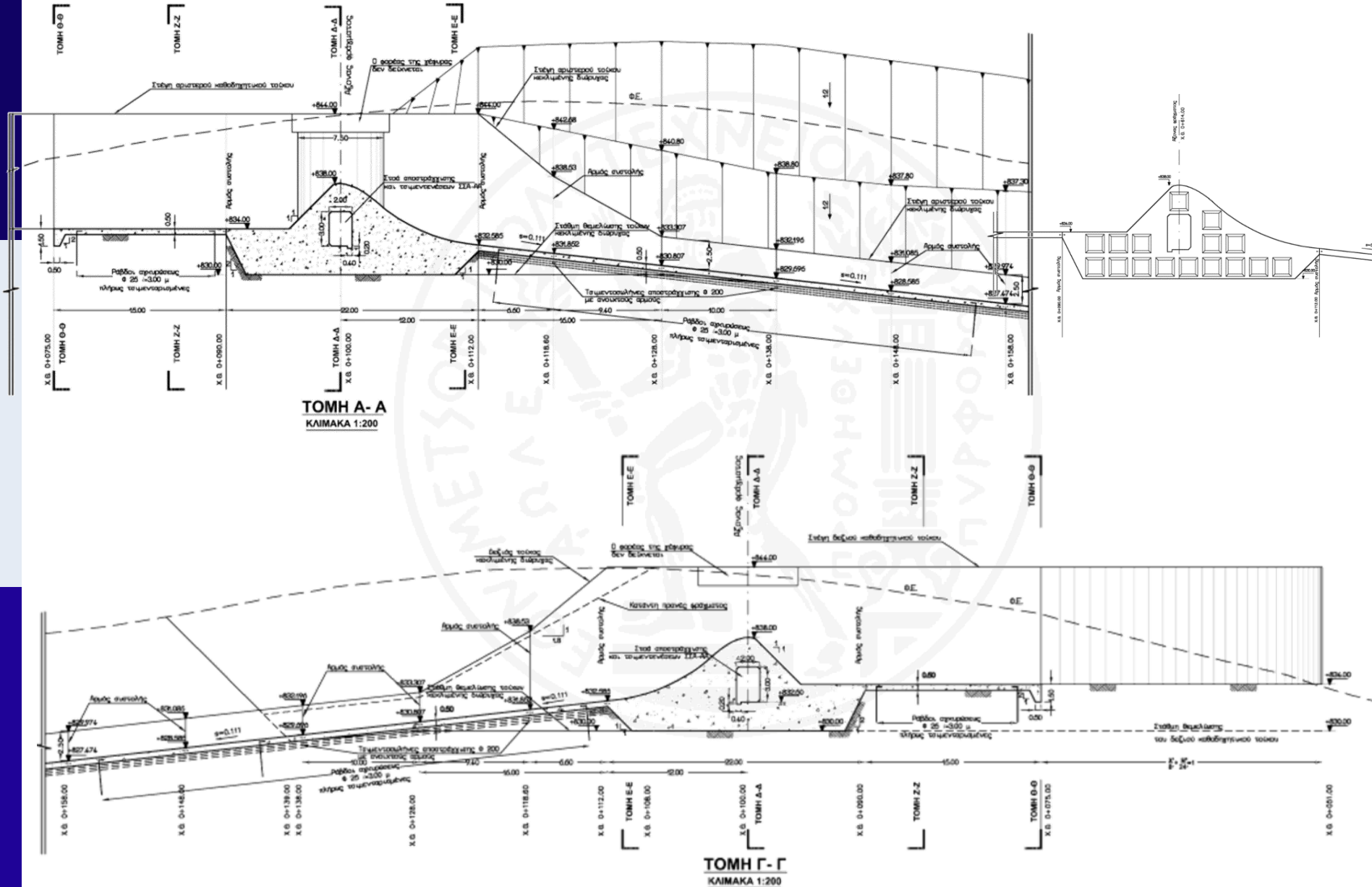


Khatsuria, 2005

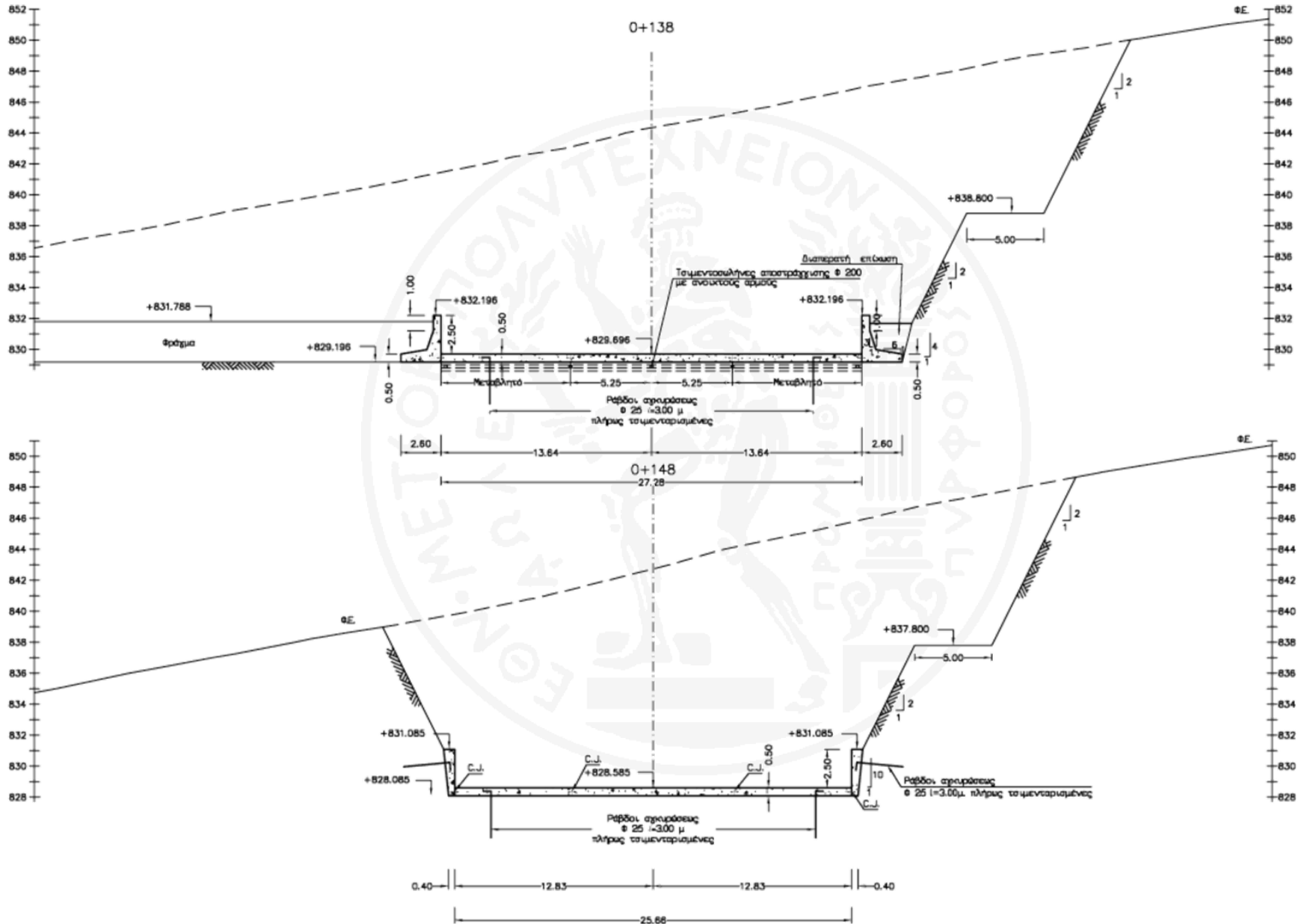
Figure 6 Flow regions in skimming flow.

- Δύο βασικές συνθήκες ροής
 - Διαδοχικές πτώσεις
 - Αεριζόμενη ροή
- Διαφορετικοί έλεγχοι για τις περιπτώσεις, θα χρειαστούν για όλη τη γκάμα παροχών!

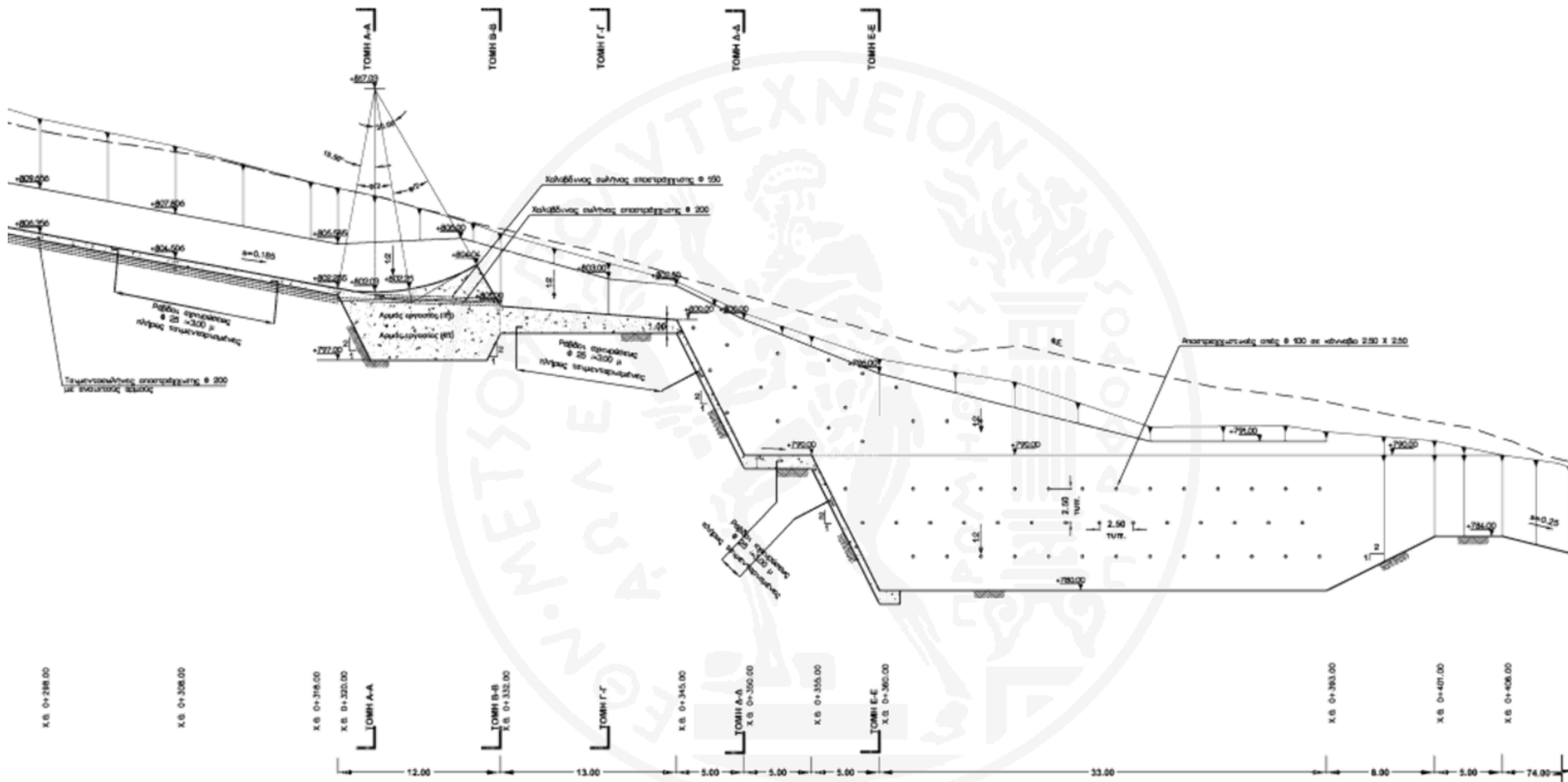
Παράδειγμα διάταξης υπερχειλιστή



Παράδειγμα διατομών διώρυγας πτώσης υπερχειλιστή



Παράδειγμα έργων ποδός διώρυγας πτώσης



- ❑ Έργο εκτόξευσης
- ❑ Λεκάνη ηρεμίας



▣ Γαδουράς Ρόδου. Κατασκευή διώρυγας υπερχειλιστή



▣ Γαδουράς Ρόδου. Κατασκευή τοιχείων διώρυγας υπερχειλιστή



▣ Γαδουράς Ρόδου. Προσαγωγή, γέφυρα και οgee υπερχειλιστή.

Σπύρος Μίχας, Δημήτρης Δερματάς, Ανδρέας Ευστρατιάδης – Φράγματα και υδραυλικές κατασκευές – Εισαγωγή



▣ Γαδουράς Ρόδου. Διώρυγα πτώσης, λεκάνη καταστροφής ενέργειας και αποδέκτης.

Σπύρος Μίχας, Δημήτρης Δερματάς, Ανδρέας Ευστρατιάδης – Φράγματα και υδραυλικές κατασκευές – Εισαγωγή



▣ Τριανταφυλλιά Φλώρινας. Τοιχεία υπερχειλιστή.

Σπύρος Μίχας, Δημήτρης Δερματάς, Ανδρέας Ευστρατιάδης – Φράγματα και υδραυλικές κατασκευές – Εισαγωγή



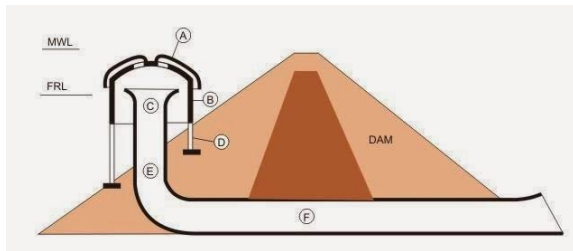
□ Αποσελέμης Κρήτης. Απόψεις υπερχειλιστή.

Σπύρος Μίχας, Δημήτρης Δερματάς, Ανδρέας Ευστρατιάδης – Φράγματα και υδραυλικές κατασκευές – Εισαγωγή

Υπερχειλιστής φράγματος Πηνειού Ηλείας



Διάφοροι υπερχειλιστές



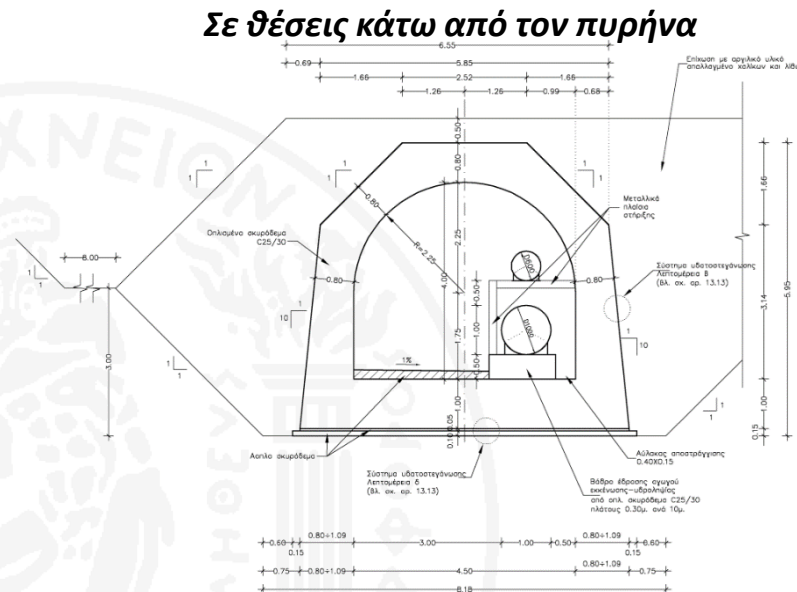
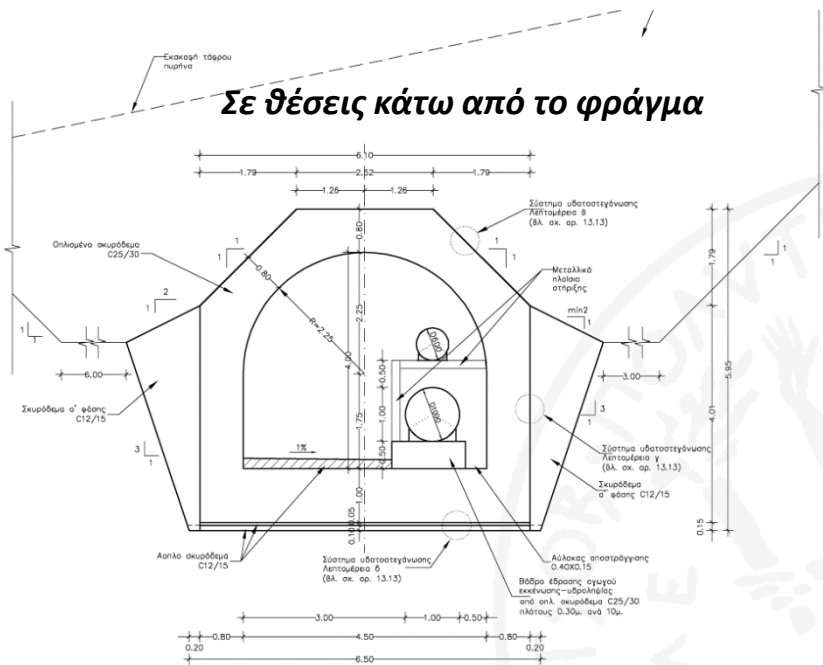
Έργα εκτροπής



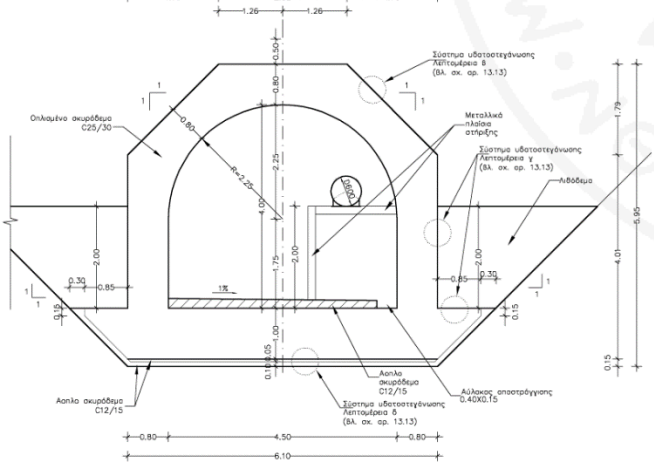
Έργα εκτροπής

- ❑ Τα έργα εκτροπής έχουν σκοπό την εξασφάλιση ασφαλών συνθηκών στη θέση του φράγματος για όλη την περίοδο κατασκευής.
- ❑ Η ασφαλής εκτροπή επιτυγχάνεται με ένα συνδυασμό έργων:
 - Για την απόληψη της απορροής ανάντη
 - Για τη διοχέτευση της παροχής κατάντη έτσι ώστε να μην επηρεάζονται οι συνθήκες κατασκευής
 - Για την εκβολή της παροχής εκτροπής με ασφάλεια κατάντη
- ❑ Τα συνήθη έργα περιλαμβάνουν το πρόφραγμα και τον αγωγό εκτροπής.
- ❑ Ο αγωγός εκτροπής μπορεί να είναι μια σήραγγα, ένας οχετός (κλειστός αγωγός), μια διώρυγα ή τάφος με προσωρινά χαρακτηριστικά. Οι επιλογές του είδους των έργων και των διαστάσεών τους, βασίζονται σε τεχνικοοικονομικά δεδομένα, τους απαιτούμενους χρόνους, τα επίπεδα διακινδύνευσης.
- ❑ Για την εξοικονόμηση κόστους, συχνά τα έργα εκτροπής συνδυάζονται με μόνιμα λειτουργικά στοιχεία του φράγματος, συνήθως με την εκκένωση και την υδροληψία.

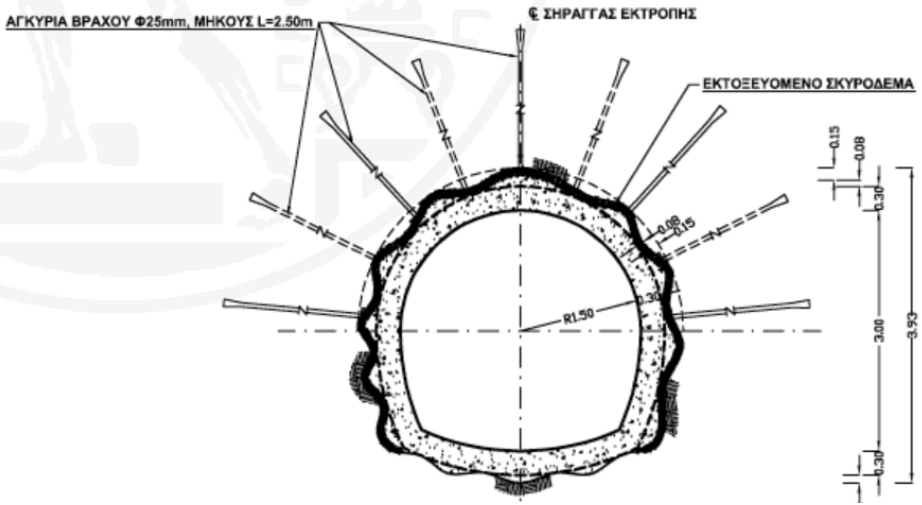
Παραδείγματα αγωγών εκτροπής



Σε θέσεις εκτός φράγματος



Σήραγγα εκτροπής



Προσωρινά έργα εκτροπής



Design of Small Dams, 1987

- Προσωρινά έργα εκτροπής
 - Ξύλινες διώρυγες
 - Τάφρος δια μέσω του σώματος

Σήραγγα εκτροπής



▣ Γαδουράς Ρόδου

Σήραγγα εκτροπής – μόνιμα έργα



Άγωγός εκτροπής



□ Αποσελέμης Κρήτης