

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΧΩΜΑΤΙΝΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

Ελένη Μελίστα

Εποπτεύουσα Καθηγήτρια: Βγενοπούλου Ειρήνη

Πάτρα - 2015



## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Γενικά περί φραγμάτων.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Δομή και λειτουργία κυριότερων φραγμάτων.....	8
2.1 Οπλισμένου σκυροδέματος.....	10
2.2 Χωμάτινα φράγματα.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Τα κύρια χωμάτινα φράγματα στην Ελλάδα.....	19
3.1 Φράγματα.....	19
Το φράγμα του Μόρνου.....	23
Το φράγμα του Ευήνου.....	26
Το φράγμα Θησαυρού.....	29
Το φράγμα Πουρναρίου.....	31
Το φράγμα Στράτου.....	34
Το φράγμα Καστρακίου.....	36
Το φράγμα Κρεμαστών.....	38
Τα φράγματα πηγών Αώου.....	41
Το φράγμα Πολυφύτου.....	42
Το φράγμα Ιλαρίωνα.....	44
Το φράγμα Σφηκιάς.....	47
Το φράγμα Περδίκκα.....	49
Το φράγμα Μεσοχώρας.....	51
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	53



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Γενικά περί φραγμάτων.

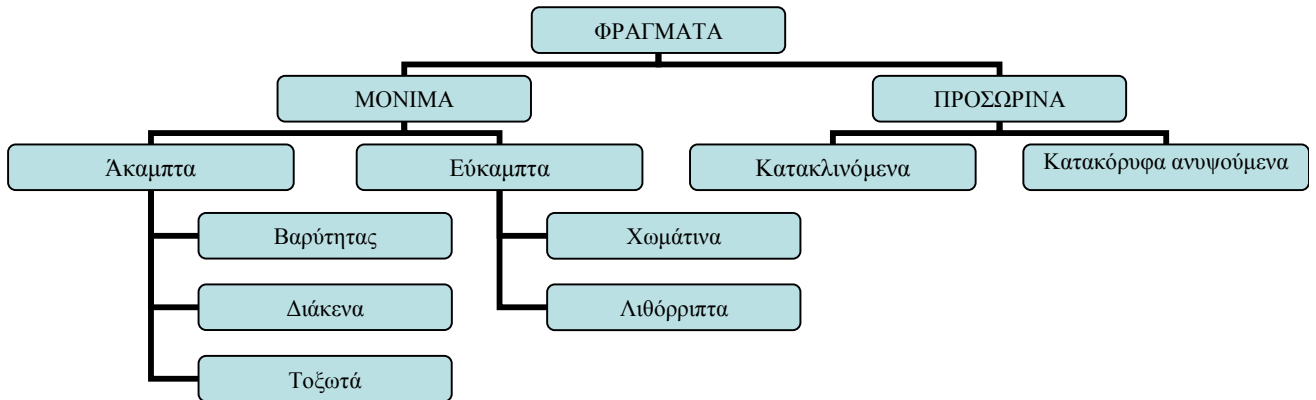
Τα φράγματα είναι υδραυλικά έργα που κατασκευάζονται στις κοίτες ποταμών ή χειμάρρων που δρουν σαν εμπόδιο στη φυσική ροή του νερού. Η κύρια χρησιμότητα ενός φράγματος είναι η αποθήκευση νερού, η οποία στοχεύει στις εξής χρήσεις:

1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
2. Άρδευση καλλιεργειών
3. Οικιακή κατανάλωση
4. Αντιμετώπιση ξηρασίας και έλεγχος πλημμύρων
5. Για δημιουργία χώρων ψυχαγωγίας και αθλημάτων νερού
6. Για τη δημιουργία χώρων ιχθυοκαλλιέργειας

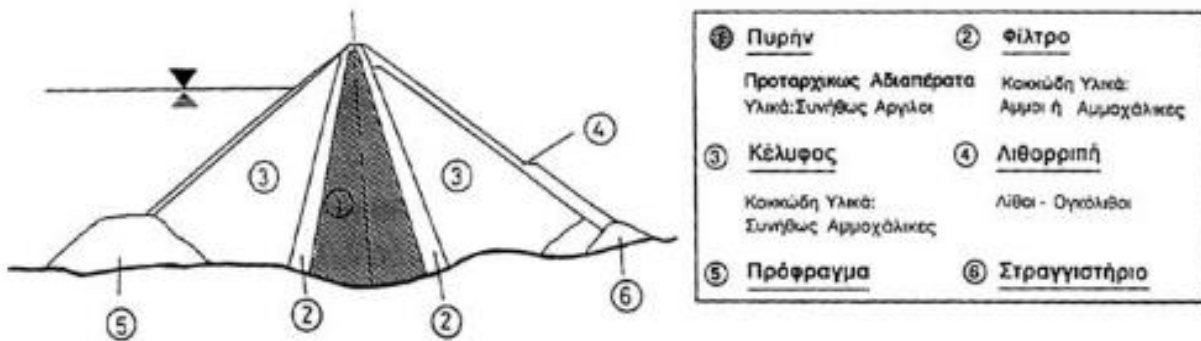
Η κατασκευή φραγμάτων, λόγω των όγκων νερού που διατρέχουν τη χώρα μας από τις βροχοπτώσεις καθώς και το λιώσιμο του χιονιού στα όρη αποτελεί προοπτική ανάπτυξης στη χώρα μας καθώς ένα φράγμα μπορεί να υποστηρίξει όλες τις χρήσεις που αναφέραμε πιο πάνω δίνοντας την ευκαιρία στους τόπους στους οποίους βρίσκονται να αναπτύξουν παραγωγικές δραστηριότητες, πέρα από την ύδρευση και παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Ανάλογα με τα υλικά κατασκευής του φράγματος καθώς και τη γεωμετρία και δομή τους, τα φράγματα διακρίνονται σε εύκαμπτα, άκαμπτα και μικτά ή σύνθετα (Πηγή: αναφορά του Υπ. Αγρ. Ανάπτυξης & Τροφίμων – *Τα φράγματα και οι λιμνοδεξαμενές του Υπ. Αγρ. Ανάπτυξης & Τροφίμων*). Τα εύκαμπτα κατασκευάζονται από γαιώδη υλικά (αργίλους, άμμους, κροκάλες) και κομμάτια βράχων και διακρίνονται κυρίως σε χωμάτινα (τα οποία και αποτελούν το θέμα της παρούσας εργασίας) και λιθόρριπτα. Για παράδειγμα, η πλειοψηφία των φραγμάτων του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων είναι χωμάτινα ή λιθόρριπτα.

Στο πιο κάτω σχήμα βλέπουμε μία γενική κατηγοριοποίηση των φραγμάτων, ανάλογα με τα υλικά καθώς και την τεχνική κατασκευής τους:



Είναι γενικά παραδεκτό ότι τα χωμάτινα φράγματα θεωρούνται πιο εύκολα στην κατασκευή τους ενώ το κόστος τους δεν είναι υψηλό. Τα φράγματα αυτά μπορούν να κατασκευαστούν σε οποιασδήποτε μορφής κοιλάδα και δεν απαιτούν εξαιρετικής ποιότητας εδάφη θεμελίωσης (δείτε την πιο κάτω εικόνα).



Η κατασκευή των χωμάτινων φραγμάτων συντελείται από *γαιώδη υλικά* που είναι διαθέσιμα στην περιοχή κατασκευής, τα οποία είναι διαστρωμένα κατά ζώνες από διαβαθμισμένο υλικό. Στο κέντρο κατασκευάζεται από αργιλικό υλικό ένας μη διαπερατός πυρήνας και ακολουθούν οι εξωτερικές ζώνες, που εξασφαλίζουν την ευστάθεια του έργου και συνιστούν το κύριο σώμα του φράγματος. Οι ζώνες αυτές είναι:

- Η *μεταβατική ζώνη*, πάχους 2.5-4 m, που βρίσκεται αμέσως μετά τον πυρήνα. Η ζώνη αυτή αποτελείται από φίλτρο διαβαθμισμένου αμμοχάλικου.
- Η *ζώνη από χονδρόκοκκα υλικά* (π.χ. κροκάλες, χαλίκια) με κλίση πρανών που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του υλικού κατασκευής, τις συνθήκες ροής των υδάτινων όγκων, την ποιότητα του εδάφους, τη θέση του αδιαπέραστου πυρήνα και, φυσικά, τη σεισμική δραστηριότητα της περιοχής.

Τέλος, πάνω από τις ζώνες αυτές τοποθετείται *λιθορριπή προστασίας* από σχετικά μεγάλα τεμάχια βράχων.

Με βάση τη διεθνή εμπειρία έχουν θεσπιστεί κανόνες για την κατασκευή κάθε είδους φραγμάτων και έχουν εξελιχθεί ειδικά μηχανήματα για την εκσκαφή γεωλογικών σχηματισμών, τη συμπύκνωση των στρώσεων, τον οπλισμό των σκυροδεμάτων, τη στεγανοποίηση του υπεδάφους και των διαφόρων σημείων του έργου όπου υπάρχουν ενδείξεις πιθανών διαρροών, τη διάνοιξη σηράγγων κλπ.

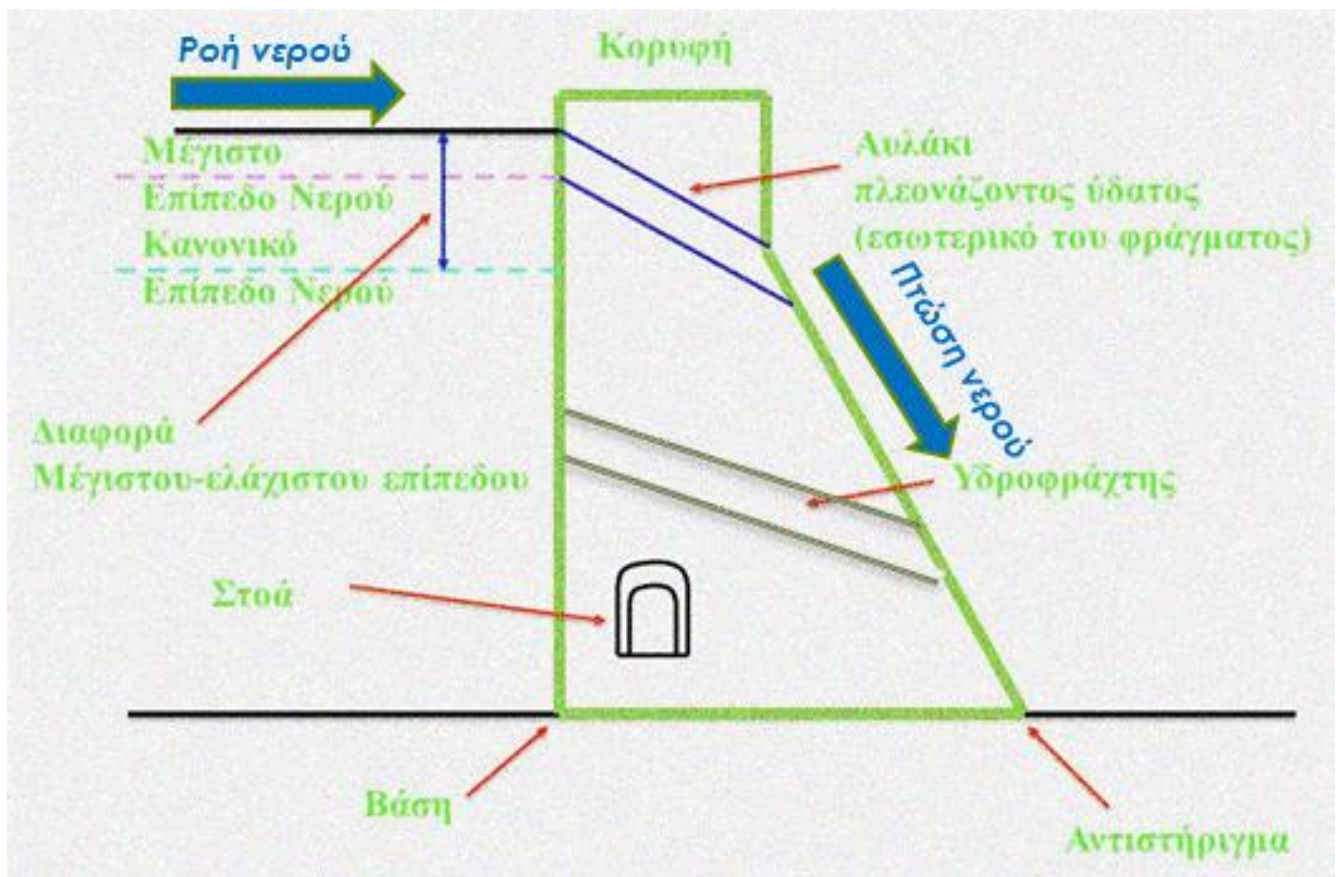
Η μελέτη και η κατασκευή φραγμάτων αποτελεί εξειδικευμένη εργασία, η οποία διέπεται από ειδική νομοθεσία στη χώρα μας, αλλά και διεθνώς, όσον αφορά τη διαδικασία και τις τεχνικές προδιαγραφές που εφαρμόζονται. Η διασφάλιση της ποιότητας κατά τη διάρκεια της κατασκευής γίνεται με ελέγχους σε εγκατεστημένα επί τόπου εργαστήρια και με διαδοχικές μετρήσεις. Η τήρηση των όρων προσαρμογής με τις συνθήκες του περιβάλλοντος υπακούει στη σχετική νομοθεσία και όπου απαιτείται κατασκευάζονται έργα αποκατάστασης. Σημαντικό ρόλο παίζει και η μελέτη σεισμικότητας και σεισμικής επικινδυνότητας της ευρύτερης περιοχής κατασκευής του φράγματος, αλλά και της δυναμικής του απόκρισης σε μεγάλο σεισμό. Για τους παραπάνω λόγους η υλοποίηση τέτοιων έργων είναι χρονοβόρα και εξαρτάται πολύ από τις τοπικές συνθήκες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Δομή και λειτουργία κυριοτέρων φραγμάτων

Πιο αναλυτικά, ένα χωμάτινο φράγμα αποτελείται από τα ακόλουθα δομικά συστατικά μέρη:

1. Βάση: το σημείο επαφής με το έδαφος, κάτω από το νερό
2. Αντιστήριγμα: το κεκλιμένο τοίχιο στην πλευρά της πτώσης του νερού
3. Στοές: περάσματα μέσα από την κατασκευή του φράγματος για προσπέλαση και επιθεώρηση του εσωτερικού του
4. Αυλάκι διοχέτευσης πλεονάζοντος ύδατος: μία διέξοδος για το υπερβάλλον νερό κοντά στην κορυφή του φράγματος
5. Υδροφράκτης: ένα άνοιγμα κοντά στη βάση του φράγματος για τον καθαρισμό των ιζημάτων λάσπης κοντά στη δεξαμενή που συγκεντρώνεται το νερό

Τα μέρη αυτά φαίνονται στο πιο κάτω σχήμα:





Όπως αναφέραμε, ένα φράγμα κατασκευάζεται κάθετα στην κοίτη ενός φυσικού ρεύματος (ποταμού) για την αποκοπή της ροής, με σκοπό την αποθήκευση, παροχέτευση ή ανάσχεση της πλημμυρικής παροχής του ρεύματος.

Με την κατασκευή των φραγμάτων το νερό δεσμεύεται και χρησιμοποιείται για άρδευση, ύδρευση ή περικλείει ενέργεια εξ' αιτίας της διαφοράς στάθμης για την κίνηση υδροστρόβιλων και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Αρχικά, η ανάγκη εξασφάλισης νερού για άρδευση ανάγκασε τους ανθρώπους να κατασκευάσουν φράγματα. Αργότερα ακολούθησε η υδροδυναμική αξιοποίηση του αποθηκευμένου νερού και η τόσο μεγάλη χρησιμότητα των φραγμάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα φράγματα είναι τόσο δαπανηρά, αλλά με μεγάλη οικονομική απόδοση και γι' αυτό επιδιώκεται η κατασκευή τους.

Η κατασκευή ενός φράγματος μελετάται ανάλογα με το σκοπό που πρόκειται να εξυπηρετήσει και βρίσκεται τόσο ο καλύτερος τύπος φράγματος όσο και οι απαιτούμενες διαστάσεις του. Τα φράγματα είναι έργα ιδιόμορφα και δεν είναι δυνατόν να τυποποιηθούν. Κάθε φράγμα έχει τη δική του λειτουργικότητα, τους δικούς του φυσικούς παράγοντες και το δικό του φυσικό περιβάλλον.

Η κατασκευή ενός φράγματος και η δημιουργία τεχνητής λίμνης δημιουργεί διαταραχές στο φυσικό περιβάλλον, μεγαλύτερες και εντονότερες από οποιοδήποτε άλλο έργο, γιατί στην περιοχή που κατακλύζεται από νερό του ποταμού (λίμνη), συσσωρεύονται τεράστιες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα το υπέδαφος να καταπονείται από τις αναπτυσσόμενες πιέσεις.

Εκτός όμως από τις πιέσεις, οι μεγάλες ποσότητες του νερού δημιουργούν προβλήματα διαβρώσεων, διαρροών ή ακόμα και κατολισθήσεων στην περιοχή του φράγματος που αν δεν προβλεφτούν για να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα μπορεί να οδηγήσουν στην καταστροφή του.

Από τις στατιστικές για τα αίτια που προκαλούν την καταστροφή των διαφόρων φραγμάτων στον κόσμο προκύπτουν ότι τα σημαντικότερα είναι :

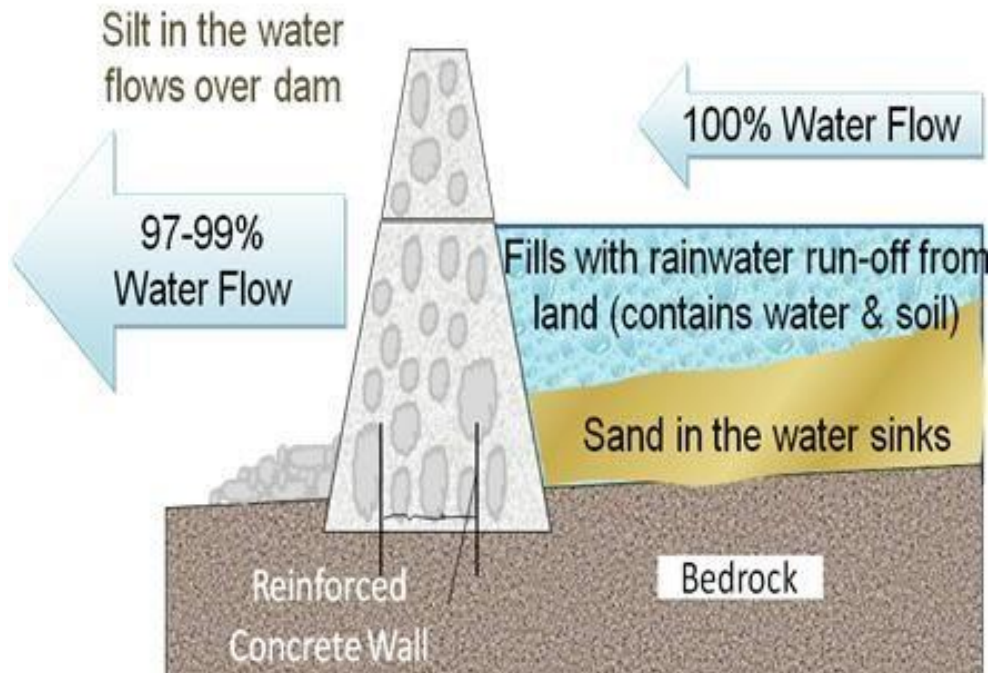
1. Ανεπαρκής μελέτη των γεωλογικών συνθηκών της περιοχής του φράγματος.
2. Ανεπαρκής στατιστική μελέτη
3. Θεομηνία που δεν προβλέφθηκε (υπερχείλιση)
4. Σεισμική καταπόνηση
5. Κακότεχνη κατασκευή

Στην εργασία αυτή θα επικεντρώσουμε στα *χωμάτινα φράγματα*, ειδικότερα της Ελλάδας, τα οποία έχουν τις εξής ιδιότητες:

1. Το *χωμάτινο φράγμα* είναι μια απλή, οικονομική και χαμηλού κόστους συντήρησης κατασκευή για τη συγκέντρωση νερού.
2. Τα *χωμάτινα φράγματα* συγκρατούν και παρέχουν καθαρό νερό για οικιακή χρήση ή άρδευση και είναι κατάλληλα για περιοχές που πλήττονται από ξηρασία.
3. Οι αποταμιευτικές τους δυνατότητες σε νερό είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακές, δοθείσας της απλής κατασκευής τους.
4. Η λειτουργία των *χωμάτινων φραγμάτων* βασίζεται σε μία εξαιρετικά απλή ιδέα που θα περιγράψουμε αμέσως μετά.

## 2.1 Οπλισμένου σκυροδέματος

Όπως βλέπουμε στις εικόνες, ένα φράγμα άμμου αποτελείται από τον *οπλισμένο τσιμεντένιο τοίχο* (reinforced concrete wall) που ορθώνεται πάνω από την *κοίτη* (bedrock) ενός εποχιακού ποταμού, σε ύψος περίπου 1-5 μέτρων.



Όταν βρέχει, στην κοίτη σχηματίζεται ροή νερού (water flow) που περιέχει χόμα (άμμος – sand) και λάσπη – η άμμος βυθίζεται προς τα κάτω ενώ η λάσπη (ιλύς – silt) αιωρείται στο νερό και περνά από την άλλη μεριά του φράγματος μαζί με το νερό.

Όμως, και αυτό είναι το αξιοθαύμαστο, με το διαρκές πέρασμα του νερού (π.χ. μετά από περιόδους νεροποντών, τη δημιουργία χειμάρρων μετά το λιώσιμο του χιονιού κλπ.) το χωμάτινο στρώμα στην κοίτη του ποταμού ανεβαίνει όλο και ψηλότερα, ιχμαλωτίζοντας ποσότητες αξιοποιήσιμου νερού– υπολογίζεται ότι συγκρατείται το 1-3% του νερού που περνά μετά από μία περίοδο βροχόπτωσης. Τελικά, μετά την περίοδο των βροχών, το συσσωρευμένο χώμα μπορεί να περιέχει 25-40% του όγκου του σε νερό, πράγμα εντυπωσιακό για το μέγεθος ενός τέτοιου φράγματος.

Με βάση τα στοιχεία αυτά, ένα ώριμο φράγμα άμμου μπορεί να αποθηκεύσει εκατομμύρια λίτρα νερού, παρέχοντας για ένα ολόκληρο χρόνο καθαρό νερό σε περισσότερα από 1000 άτομα!

Το χτίσιμο ενός εξαιρετικά απλού και οικονομικού χωμάτινου φράγματος με σκοπό την ύδρευση ενός τοπικού πληθυσμού με αποταμιευμένο πόσιμο νερό ακολουθεί τα εξής στάδια:



**1**

Εντοπίζεται κοίτη ποταμού, με βραχώδη περιοχή όπου θα χτιστεί ο τσιμεντένιος τοίχος



**3**

Οι βροχοπτώσεις γεμίζουν το φράγμα με νερό και χώμα

**2**

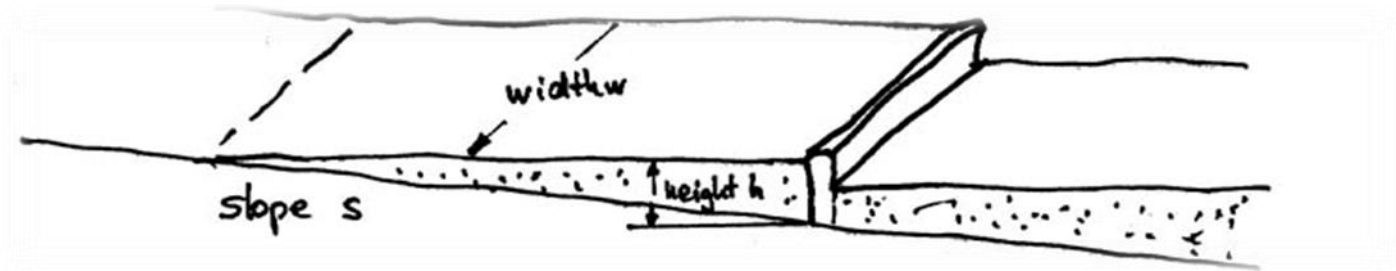
Χτίζεται ο οπλισμένος τσιμεντένιος τοίχος

**4**

Το χώμα βυθίζεται περιέχοντας 25-45% του όγκου του σε νερό



Μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα του νερού που συγκρατεί ένα χωμάτινο φράγμα χρησιμοποιώντας το απλό μοντέλο που φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Στο μοντέλο αυτό οι παράμετροι είναι οι εξής:

- H: ύψος του φράγματος σε μέτρα
- W: πλάτος της κοίτης του ποταμού σε μέτρα
- S: κλίση της κοίτης

Τότε ο όγκος του χώματος που εναποτίθεται στο φράγμα είναι, σε κυβικά μέτρα, κατά προσέγγιση, ίσος με

$$V = \frac{1}{2} W H S$$

**Παράδειγμα:** έστω χωμάτινο φράγμα με  $H=3\text{m}$ ,  $W=15\text{m}$ , και  $S=3\%$ . Τότε ο πιο πάνω τύπος μας λέει ότι ο όγκος του χώματος σε ένα ώριμο φράγμα είναι περίπου  $2250\text{m}^3$ . Και αν υποθέσουμε ότι το νερό καταλαμβάνει περίπου το 34% του όγκου αυτού, τότε το φράγμα μπορεί να αποθηκεύσει περίπου  $0.34 \times 2250 = 765$  κυβικά μέτρα νερού.

**Πώς γίνεται η αποθήκευση νερού στο χώμα;**

- Τα κενά μεταξύ των κόκκων του χώματος γεμίζουν όταν μία ξερή κοίτη πλημμυρίζει με νερό.
- Όσο μικρότερα είναι τα κενά, τόσο πιο αργά γίνεται ο κορεσμός τους (γέμισμα) με νερό ενώ λιγότερο νερό μπορεί να εξαχθεί από αυτά σε σύγκριση με πιο χονδροειδή είδη κόκκων χώματος (τα οποία αφήνουν μεγαλύτερα κενά).
- Συνεπώς, όσο πιο χονδροειδείς είναι οι κόκκοι του χώματος τόσο περισσότερο νερό μπορεί να αντληθεί, όπως δείχνει και ο πίνακας που ακολουθεί:

	Λάσπη	Ψιλοί κόκκοι χώματος	Μεσαίοι κόκκοι χώματος	Χονδροί κόκκοι χώματος
<b>Μέγεθος (mm)</b>	< 0.5	0.5 to 1.0	1.0 to 1.5	1.5 to 5.0
<b>Κορεσμός (γέμισμα)</b>	38%	40%	41%	45%
<b>Περιεκτικότητα νερού</b>	5%	19%	25%	35%

Τα γενικά χαρακτηριστικά των σύγχρονων μεγάλων φραγμάτων είναι τα ακόλουθα:

- Κατασκευάζονται σε θέσεις που τα πετρώματα στη θεμελίωση όσο και στα πρανή παρουσιάζουν πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά.
- Απαιτείται και στην περίπτωση αυτή ο δανειοθάλαμος να βρίσκεται σε σχετικά κοντινή θέση.
- Το υλικό κατασκευής λιθόρριπτων φραγμάτων πρέπει να είναι λατύπες ή θραυστά γωνιώδη υλικά που δεν αποσαθρώνονται εύκολα.
- Στα φράγματα αυτά ο πυρήνας κατασκευάζεται από αργιλικό υλικό που είναι αδιαπέρατο από το νερό.

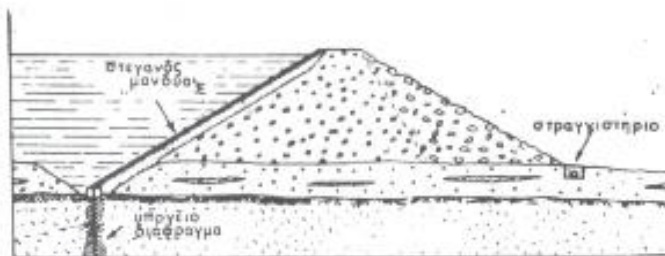
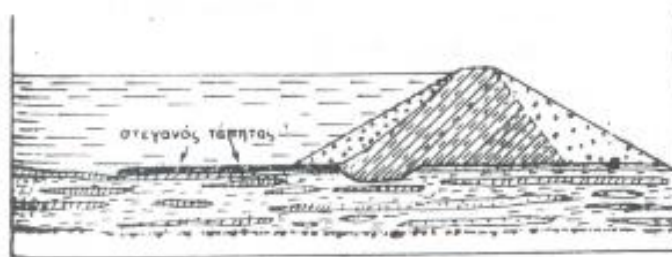
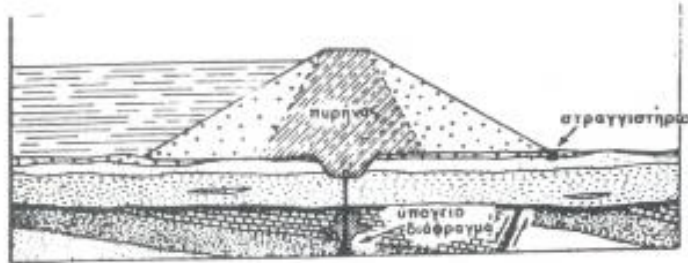
## 2.2 Χωμάτινα φράγματα

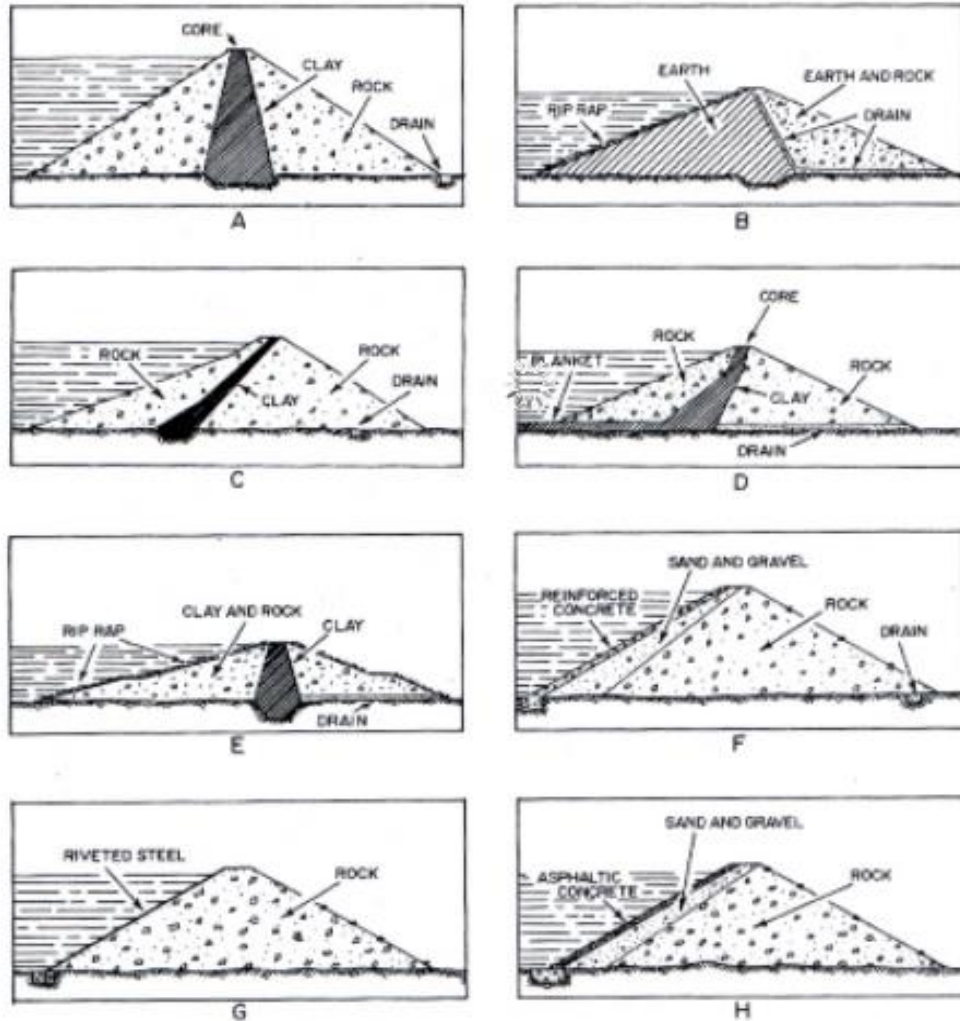
Τα μέρη ενός χωμάτινου φράγματος είναι τα ακόλουθα:

- Ο αργιλικός πυρήνας που αποτελείται από αργιλικό υλικό με προσμίξεις αδρομερών για μείωση της πλαστικότητας. Συχνά εκτείνεται και σε βάθος λειτουργώντας ως υπόγειο διάφραγμα.
- Φίλτρο ανάντη του πυρήνα που έχει ως στόχο την προστασία του πυρήνα από άμεση επαφή με το νερό του ταμιευτήρα. Αποτελείται από καλά διαβαθμισμένο αδρόκοκκο που μεταπίπτει προς λεπτόκοκκο στα κατάντη υλικά.
- Φίλτρο κατάντη του πυρήνα που εξασφαλίζει αποστράγγιση του πυρήνα και προστατεύει από εσωτερική διάβρωση.
- Σώμα στήριξης που αποτελείται από χονδρόκοκκα υλικά που στηρίζουν τον πυρήνα και τα φίλτρα στη θέση τους.



Επιπλέον, αδρομερή υλικά χρησιμοποιούνται για την προστασία του πρανούς ανάντη του φράγματος από κυματισμούς. Τα χωμάτινα φράγματα κατασκευάζονται σχετικά εύκολα, είναι εύκαμπτα και μπορούν να παραλάβουν τις πιθανές διαφορικές καθιζήσεις.





A: λιθόρριπτο φράγμα με αργλικό πυρήνα

B: χωμάτινο-λιθόρριπτο φράγμα

C: λιθόρριπτο φράγμα με κεκλιμένο χωμάτινο πυρήνα

D: λιθόρριπτο φράγμα με αργλικό πυρήνα που εκτείνεται προς τα ανάντη

F,H: λιθόρριπτο φράγμα με επίστρωση από ωπλισμένο σκυρόδεμα

G: λιθόρριπτο φράγμα με μεταλλική επίστρωση (από Wahlstrom).

Στήριξη και θεμελίωση χωμάτινων φραγμάτων:



## ΧΩΜΑΤΙΝΟ ΦΡΑΓΜΑ


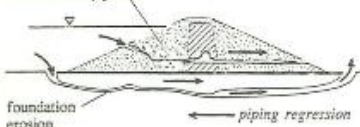






Αργιλικός πυρήνας  
για την στεγανότητα του έργου

Αμμοχάλικα στο κέλυφος  
στήριξης του φράγματος  
(για την ευστάθεια του έργου)



Στον πιο κάτω πίνακα βλέπουμε τους μηχανισμούς και τους τύπους καταστροφών στα χωμάτινα φράγματα (πηγή: Β. Μαρίνος, διαλέξεις μαθήματος «Γεωλογικές Μελέτες Τεχνικών Έργων», ΑΠΘ).

	<p>(a) Overtopping leading to washout; less cohesive silts, sands, etc. at greatest short-term risk</p>	<p>Υπερχείλιση πάνω από το φράγμα και απόπλυση του υλικού.</p>
	<p>(b) Internal erosion and piping with migration of fines from core etc.; also in foundation (note regression of 'pipe' and formation of internal cavities; may initiate by internal cracking or by seepage along culvert perimeter etc.)</p>	<p>Διασολήνωση και εσωτερική διάβρωση στο σώμα του φράγματος ή το έδαφος θεμελίωσης (ο ρόλος των φίλτρων).</p>
	<p>(c) Embankment and foundation settlement (deformation and internal cracking); note also cross-valley deformation modes:</p>	<p>Καθίζηση θεμελίωσης και εσωτερική ρωγμάτωση στον πυρήνα.</p>
	<p>(d) Instability (1): downstream slope too high and/or too steep in relation to shear strength of the shoulder material</p>	<p>Αστάθεια στο κατάντη κέλυφος (θέμα αντοχής των γεωλικών. Επίσης και έλεγχου της πίεσης του νερού των πόρων μέσα στο κέλυφος – πάλι θέμα φίλτρων).</p>
	<p>(e) Instability (2): upstream slope failure following rapid drawdown of water level</p>	<p>Αστάθεια ανάντη κελύφους ύστερα από γρήγορη ταπείνωση της στάθμης.</p>
	<p>(f) Instability (3): failure of downstream foundation due to overstress of soft, weak horizons</p>	<p>Θραύση θεμελίωσης λόγω παρουσίας ασθενών στρωμάτων.</p>
<p>Illustrative embankment defect mechanisms and failure modes</p>		

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Τα κύρια χωμάτινα φράγματα στην Ελλάδα

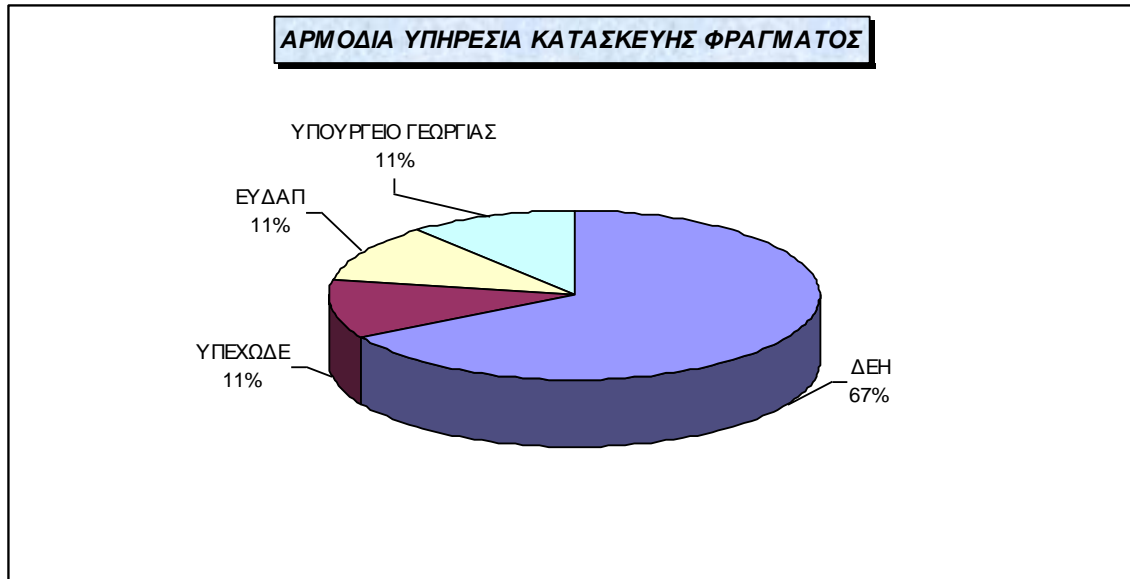
## 3.1 Φράγματα

Η γρήγορη τεχνολογική ανάπτυξη όλων σχεδόν των χωρών του κόσμου τον 20ό αιώνα, συνοδεύτηκε με μεγάλες απαιτήσεις σε νερό για ύδρευση, άρδευση, παραγωγή ενέργειας και βιομηχανική χρήση. Οι απαιτήσεις αυτές καλύπτονται στις περισσότερες περιπτώσεις με τη δημιουργία ταμιευτήρων, που αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες νερού πίσω από φράγματα. Τα φράγματα είναι μεγάλα έργα, πολυδάπανα και συνήθως δύσκολα. Τα παλιότερα χρόνια (πριν από το 1950) σχεδόν αποκλειστικά κατασκευάζονταν από σκυρόδεμα. Με την ανάπτυξη όμως της εδαφομηχανικής και τη ραγδαία εξέλιξη των χωματουργικών μηχανημάτων το είδος αυτό των φραγμάτων εκτοπίστηκε από τα χωμάτινα και λιθόρριπτα, που σήμερα αποτελούν τον κανόνα. Στην Ελλάδα, η κατασκευή φραγμάτων αρχίζει με τη ίδρυση της ΔΕΗ ενώ τα χωμάτινα φράγματα εμφανίζονται στον Ελλαδικό χώρο μέσα στη δεκαετία του '60.

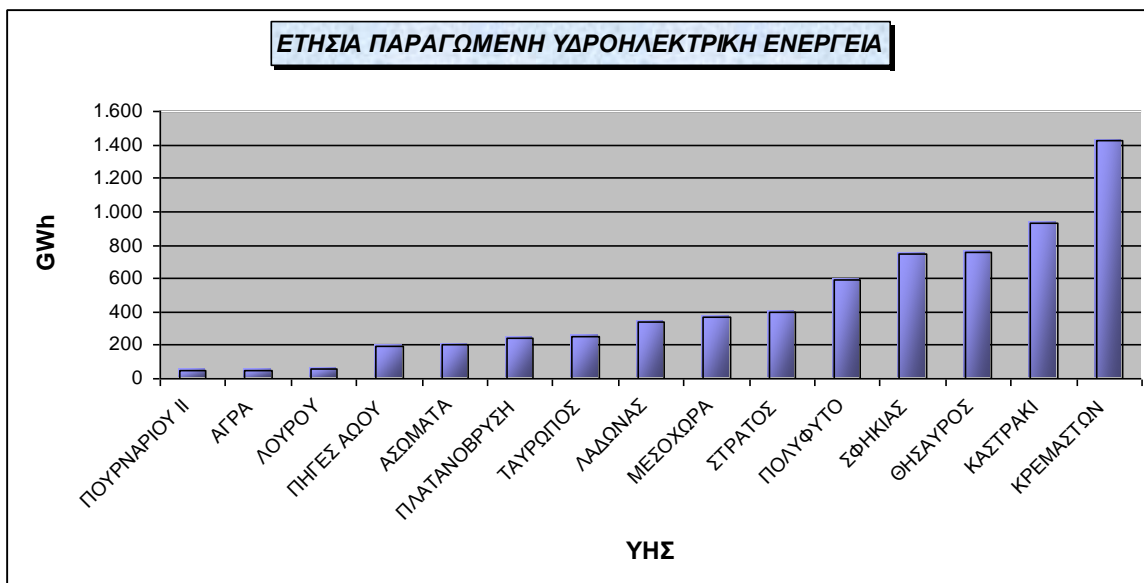
Πριν το τέλος της δεκαετίας του 90, είχαν ήδη κατασκευαστεί περισσότερα από 10 μεγάλα χωμάτινα φράγματα σε όλους τους μεγάλους Ελληνικούς ποταμούς ενώ ακολούθησαν κι άλλα τα επόμενα 10 χρόνια.

Το 1965 κατασκευάστηκε το φράγμα Κρεμαστών στον ποταμό Αχελώο, το πρώτο χωμάτινο φράγμα στην Ελλάδα και ένα από τα μεγαλύτερα χωμάτινα φράγματα της Ευρώπης. Μετά το φράγμα αυτό, ακολούθησε το 1969 το φράγμα Καστρακίου, το οποίο είχε το ενδιαφέρον στοιχείο ότι ήταν το πρώτο φράγμα που κατασκευάστηκε από αμιγώς ελληνικές εταιρείες (Οδών – Οδοστρωμάτων, Δομική, ΕΔΟΚ – ΕΤΕΡ Α.Ε.). Η μελέτη για την κατασκευή πραγματοποιήθηκε από εταιρία των ΗΠΑ (Ebasco Services Inc.), με μεγάλη συμμετοχή, όμως, και Ελλήνων μηχανικών.

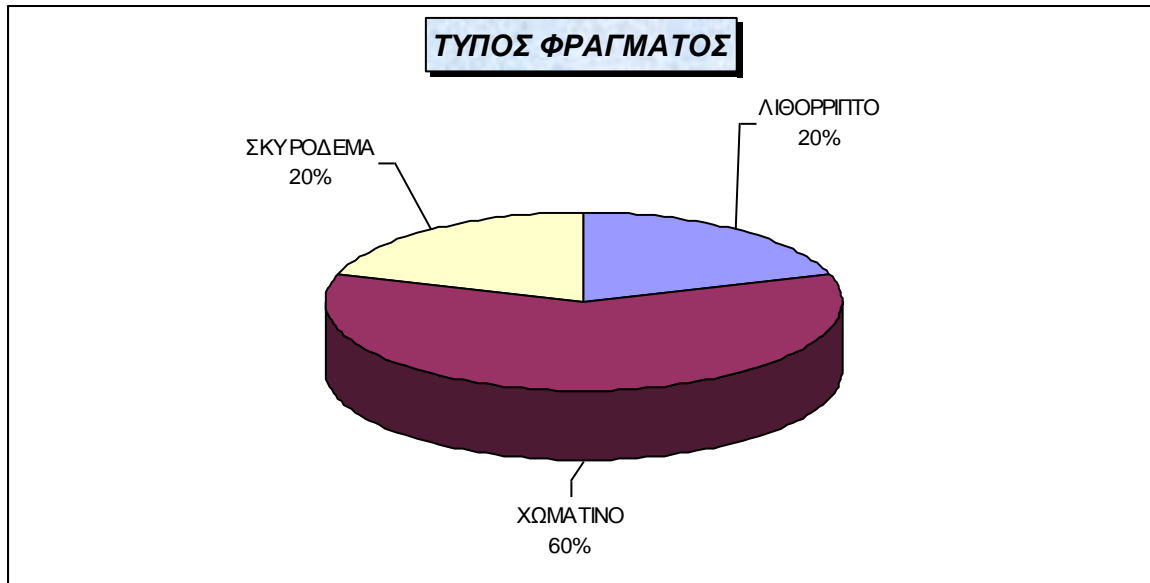
Μετά το φράγμα Καστρακίου, οι Ελληνικές εμπειρίες επικεντρώθηκαν στις μελέτες και κατασκευές χωμάτινων και λιθόρριπτων φραγμάτων. Έτσι, κατασκευάστηκαν τα φράγματα Πολυφύτου το 1974, Πουρναρίου το 1981, Σφηκιάς και Ασωμάτων το 1985, Στράτου το 1988, Πηγών Αώου το 1989. Στα τέλη του 1997 ολοκληρώθηκε η κατασκευή των φραγμάτων Θησαυρού και Πλατανόβρυσης στο Νέστο και του φράγματος της Μεσοχώρας στον Αχελώο.



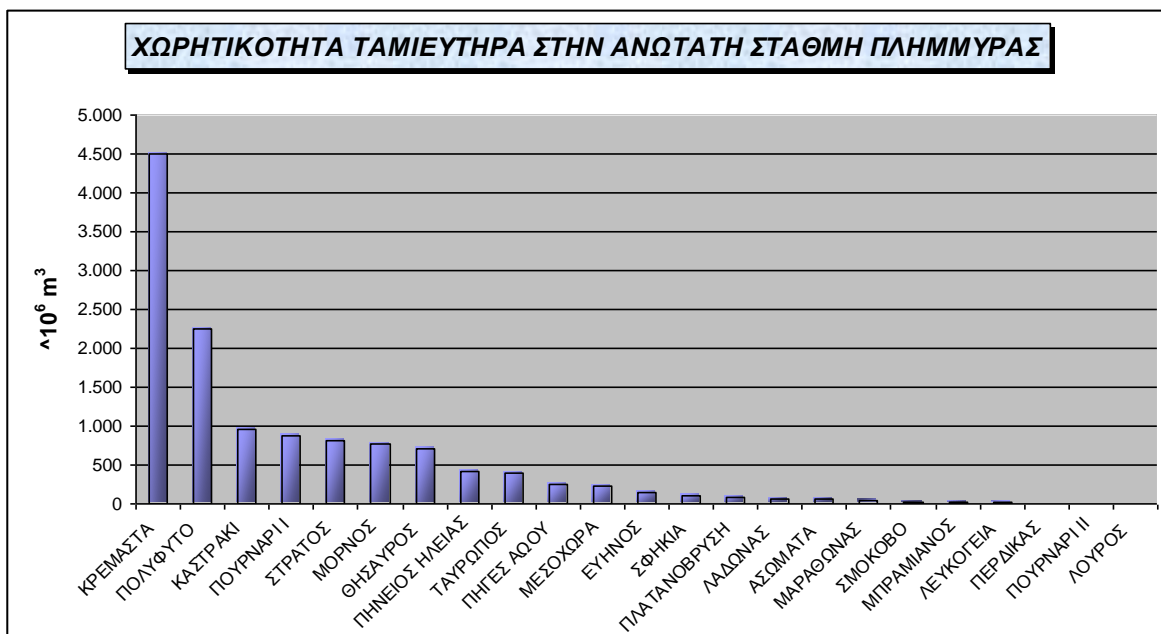
Τα φράγματα της ΔΕΗ, αν και έχουν υψηλό κόστος κατασκευής, δικαιολογούν την ύπαρξή τους, διότι η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας αποσβένει αυτό το κόστος και με το παραπάνω, όπως αποδεικνύει η μέχρι τώρα ιστορία των πρώτων φραγμάτων στον ελληνικό χώρο. Επιπλέον, τα φράγματα της ΔΕΗ εξυπηρετούν αρδευτικούς και υδρευτικούς σκοπούς. Πιο κάτω βλέπουμε την ετήσια παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια των φραγμάτων της ΔΕΗ, κάποια από τα οποία είναι χωμάτινα και θα εξετάσουμε στη συνέχεια:



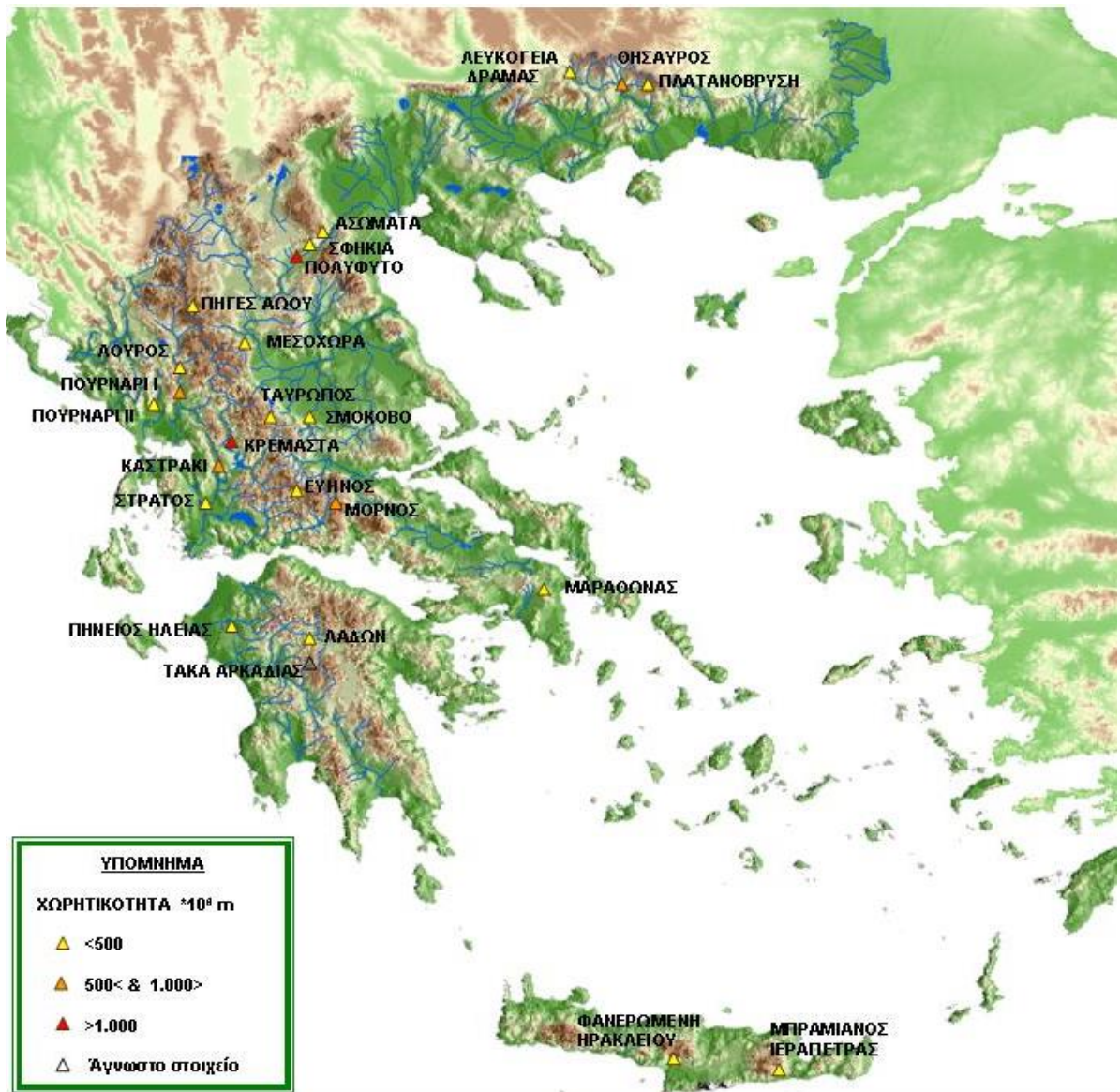
Τα είδη των φραγμάτων αυτών κατανέμονται ως εξής:



Στην πιο κάτω εικόνα, βλέπουμε την χωρητικότητα των φραγμάτων σε ΑΣΠ (Ανώτατη Στάθμη Πλημμύρας):



Σε ότι ακολουθεί, θα αναφερθούμε στα πιο μεγάλα και γνωστά χωμάτινα φράγματα της Ελλάδας. Για κάθε ένα φράγμα, δίνουμε πρώτα τη γενική και τεχνική του περιγραφή και στη συνέχεια δίνουμε την περιγραφή των τομών του έτσι ώστε να διαφανεί, πιο καθαρά, η δομή τους και τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά. Ο πιο κάτω χάρτης δείχνει τη θέση μερικών από τα φράγματα που θα εξετάσουμε, μεταξύ άλλων:





# Το φράγμα του Μόρνου

Το φράγμα του Μόρνου ύψους 126 μέτρων είναι το ψηλότερο χωμάτινο φράγμα της Ευρώπης.



Περίπου 7 χιλιόμετρα δυτικά του Λιδορικίου στο Νομό Φωκίδος, κοίτη του ποταμού Μόρνου, δημιουργήθηκε με την κατασκευή χωμάτινου φράγματος ο ταμιευτήρας του Μόρνου. Το έργο ξεκίνησε τον Μάιο του 1969 και ολοκληρώθηκε το 1979. Όμως η κανονική λειτουργία του ξεκίνησε από το 1981.

Το φράγμα του Μόρνου, ένα από τα μεγαλύτερα και ψηλότερα της Ευρώπης, αποτελείται από αδιαπέραστο αργιλικό πυρήνα, μεταβατικές ζώνες φίλτρων στις δύο μεριές του πυρήνα, σώματα στήριξης του πυρήνα ανάντη – κατάντη από αμμοχάλικο και προστατευτική λιθορριπή στην ανάντη πλευρά. Ο ανάντη πόδας του Φράγματος είναι διαμορφωμένος σε πρόφραγμα με στεγανό αργιλικό πυρήνα. Ακολουθούν, συνοπτικά, τα βασικά χαρακτηριστικά του φράγματος (πηγή: [efpalio.wordpress.com](http://efpalio.wordpress.com)):

- Τύπος Φράγματος: Χωμάτινο, με αργιλικό «πυρήνα»
- Μέγιστο ύψος Φράγματος: 126 μ.
- Μέγιστο ύψος Φράγματος (από στάθμη θεμελίωσης): 139 μ.
- Μέγιστο πλάτος στη βάση: 595 μ.
- Πλάτος στέψης: 10 μ.
- Μήκος βάσης: 250 μ.

- Μήκος στέψης: 815 μ.
- Όγκος υλικού Φράγματος: 17 εκατ. μ<sup>3</sup>
- Υψόμετρο στέψης: + 446,50 μ.υ.θ.
- Ανώτερη στάθμη πλημμύρας: + 443,50 μ.υ.θ.
- Κλίσεις πρανών: Ανάντη 1:2,4 – Κατάντη 1:2
- Στάθμη υπερχειλιστή: + 435 μ.υ.θ.
- Παροχή σηραγγοειδούς υπερχειλιστή: 1.300 μ<sup>3</sup> /δευτ.
- Παροχή σήραγγας εκκένωσης: 400 μ<sup>3</sup> /δευτ.
- Κατωτάτη στάθμη εκκένωσης: + 347,50 μ.υ.θ.

Ακολουθούν τα βασικά χαρακτηριστικά του Ταμιευτήρα Μόρνου:

- Επιφάνεια στη στάθμη Υπερχειλίσης: 19,9 τετραγωνικά χιλιόμετρα
- Λεκάνη απορροής: 588 τετραγωνικά χιλιόμετρα
- Μέσο υψόμετρο λεκάνης απορροής: +1.082 μ.υ.θ.
- Μέση βροχόπτωση: 948 mm/έτος (τυπική απόκλιση 198 mm/έτος)
- Μέση εισορή: 240 εκατ. μ<sup>3</sup> /έτος
- Μέση εκροή: 195 εκατ. μ<sup>3</sup> /έτος
- Μέγιστη χωρητικότητα: 764 εκατ. μ<sup>3</sup>
- Μέγιστος ωφέλιμος όγκος: 630 εκατ. μ<sup>3</sup>
- Μέγιστος ωφέλιμος όγκος με άντληση: 722 εκατ. μ<sup>3</sup>
- Κανονική στάθμη λειτουργίας πύργου υδροληψίας: +394 μ.υ.θ.
- Ελάχιστη στάθμη λειτουργίας Πύργου Υδροληψίας: + 378 μ.υ.θ.





# Το φράγμα του Ευήνου

Το έργο του Ευήνου, Φράγμα και Σήραγγα Ευήνου-Μόρνου, αποτέλεσε την δεύτερη φάση του συστήματος υδροδότησης της μείζονος περιοχής της Αθήνας (Πηγή: [www.dimosplatanou.gr](http://www.dimosplatanou.gr)).



Αυτή υδροδοτούταν από τον βασικό ταμιευτήρα στο ποταμό Μόρνο μέσω υδραγωγείου βαρύτητας μήκους 186 χιλιομέτρων. Ο σχεδιασμός του έργου στον Μόρνο προέβλεπε την ενίσχυση του βασικού αυτού ταμιευτήρα και με νερά από τη γειτονική λεκάνη του ποταμού Ευήνου, η οποία και πραγματοποιήθηκε με το έργο του Ευήνου, που η έναρξη των εργασιών έγινε το 1992. Επιλέγει η λύση του χωμάτινου φράγματος, ύψους 124 μέτρων, στη θέση Άγιος Δημήτριος του ποταμού Ευήνου και σήραγγας διαμέτρου 3,5 μέτρων και μήκους 30 περίπου χιλιομέτρων, η οποία λειτουργεί υπό πίεση και παροχετεύει νερό προς τον ταμιευτήρα του Μόρνου.

Το έργο αυτό παρέχει, κατά μέσο όρο, για την ύδρευση της Αθήνας 220 περίπου εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού, ετησίως, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 25% περίπου της συνολικής παροχής του Ευήνου. Σύμφωνα μάλιστα με μελέτες της ΕΥΔΑΠ η

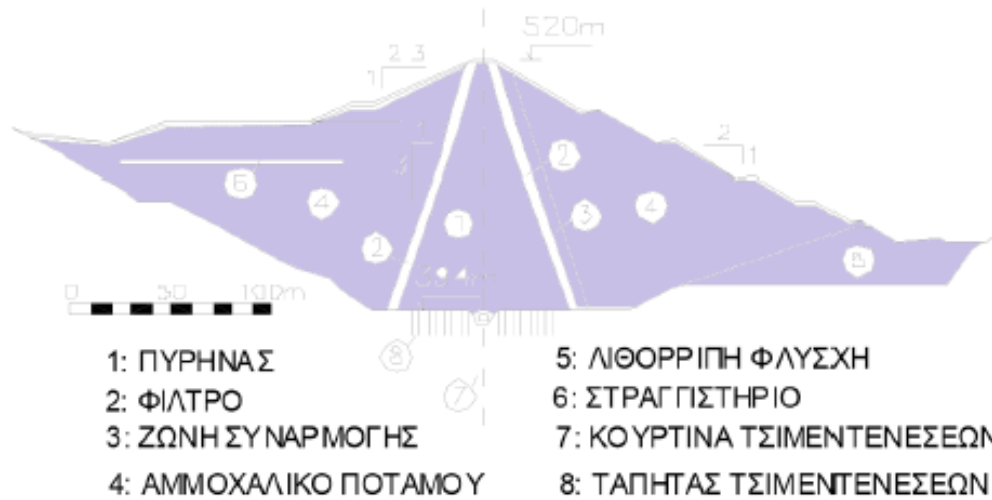
συνδυασμένη διαχείριση Ευήνου-Μόρνου-Υλίκης θα μπορεί να τροφοδοτεί κάθε χρόνο την Αττική με περισσότερα από 600 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού, ποσότητα που θα καλύπτει τις ανάγκες του Λεκανοπεδίου έως το 2030. Στην επιλογή της λύσης του χωμάτινου φράγματος με αδιαπέραστο πυρήνα οδήγησαν, μεταξύ άλλων, οι έντονα διαταραγμένοι γεωλογικοί σχηματισμοί της ευρύτερης περιοχής, οι υψηλές απαιτήσεις για ασφάλεια κατά σεισμού καθώς και η εμπειρία καλής συμπεριφοράς παρομοίων φραγμάτων σε αυτά τα εδάφη.

Άλλοι παράγοντες οι οποίοι επηρέασαν τον σχεδιασμό του έργου ήταν η έντονη και απότομη διακύμανση της παροχής του ποταμού, η σημαντική παροχή φερτών υλών και η πρόβλεψη για δυνατότητα μελλοντικής εκτροπής προς τον ταμιευτήρα Αγίου Δημητρίου νερών του γειτονικού Κρικελοπόταμου.

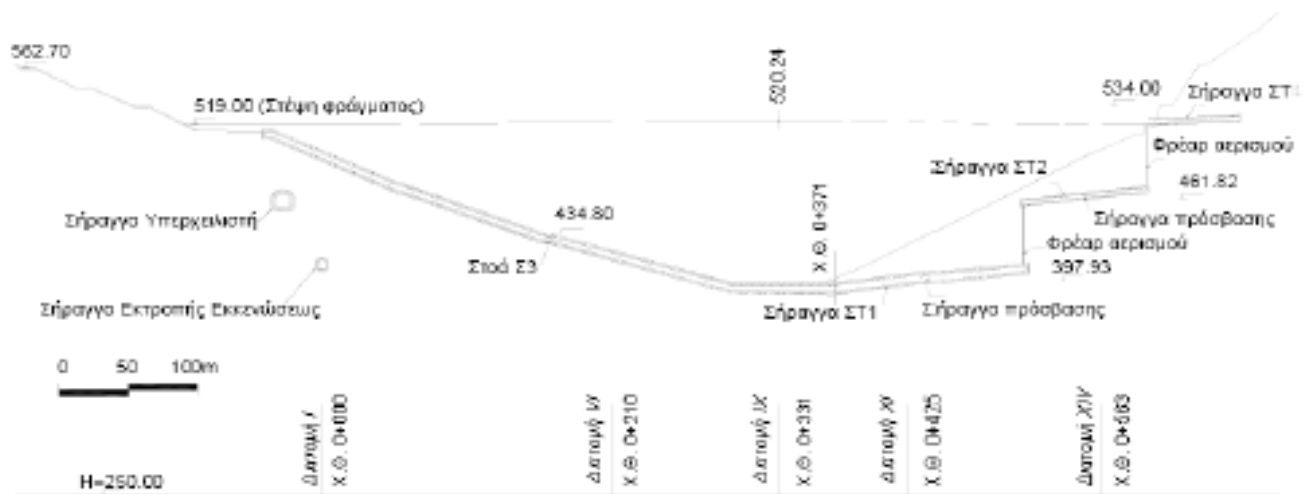
Ο γεωλογικός σχηματισμός στη λεκάνη κατάκλισης και στην περιοχή του φράγματος είναι φλύσχης αποτελούμενος από ανάμικτες, έντονα πτυχωμένες στρώσεις ψαμμιτών, αργιλικών σχιστόλιθων και ιλυόλιθων. Την διατομή του φράγματος αποτελούν κεντρικός πυρήνας, με υλικό από την αργιλική φάση του φλύσχη, μεταβατικές ζώνες φίλτρου και σώματα στήριξης από αμμοχάλικο του ποταμού ενώ τα κατώτερα τμήματα από βραχώδη προϊόντα εκσκαφής. Η στεγάνωση του υπεδάφους κάτω από το φράγμα και στα αντερείσματα εξασφαλίζεται με κουρτίνα τσιμεντενέσεων, μεγίστου βάθους 70 περίπου μέτρων. Η παροχή σχεδιασμού του υπερχειλιστή είναι ίση με 1600m<sup>3</sup>/s και αντιστοιχεί σε καταιγίδα περιόδου επαναφοράς 10.000 ετών.

Η τοπογραφία και οι δυσμενείς γεωλογικές συνθήκες απότρεψαν την κατασκευή ανοιχτού υπερχειλιστή. Το έργο απαγωγής πλημμύρας αποτελείται από υπερχειλιστή τύπου ogee με στέψη μήκους 40μέτρων, ο οποίος ακολουθείται από συναρμογή μήκους 54 μέτρων, σήραγγα μήκους 272 μέτρων, διατομής τροποποιημένης πεταλοειδούς με επίπεδο πυθμένα και εσωτερική διάμετρο 10 μέτρων, τμήμα κλειστού αγωγού μήκους 170 μέτρων, πλάτους 10 μέτρων και διάταξη αναπήδησης (flip bucket). Για τον έλεγχο της στάθμης του νερού στη λεκάνη κατάδυσης, κατασκευάστηκε χαμηλός αναβαθμός στα κατάντη της λεκάνης. Ο κίνδυνος σπηλαιώσης αντιμετωπίστηκε με την κατασκευή διατάξεων αερισμού του πυθμένα του αγωγού.

Ακολουθεί τομή φράγματος Ευήνου (Ντούνιας, Καραβοκύρης, Νικολάου, 2003):

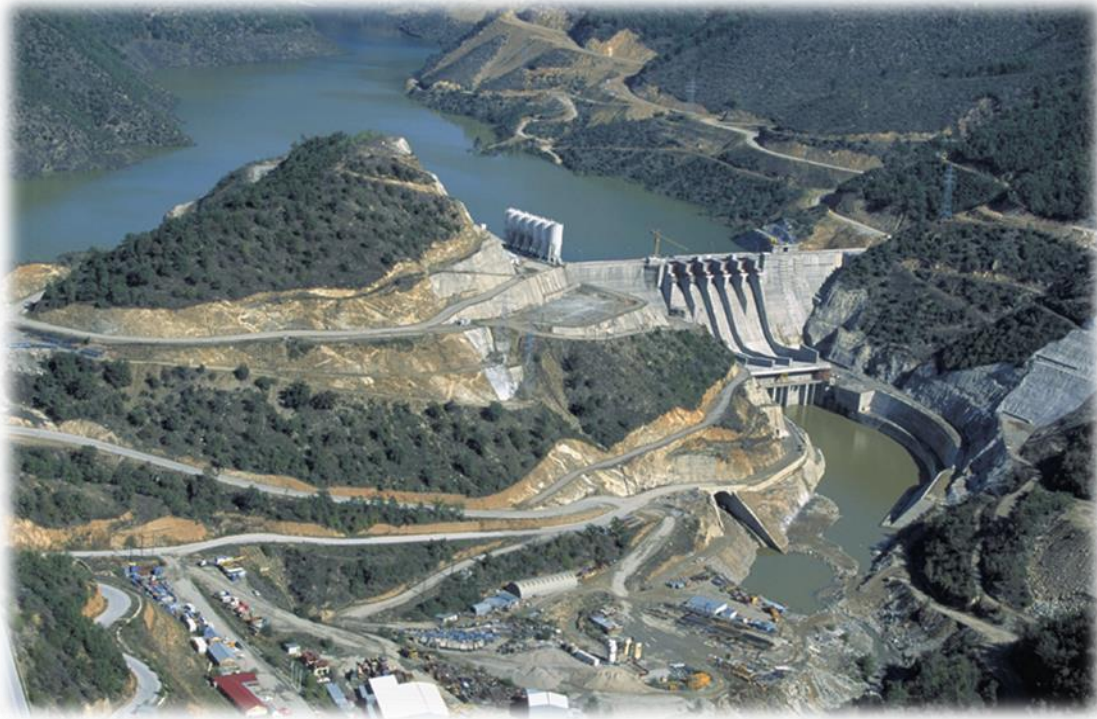


Πιο κάτω βλέπουμε τομή κατά μήκος του φράγματος Ευήνου (Ντούνιας, Καραβοκύρης, Νικολάου, 2003):



# Το φράγμα Θησαυρού

Το φράγμα Θησαυρού είναι το μεγαλύτερο χωμάτινο φράγμα των Βαλκανίων που, με το φράγμα της Πλατανόβρυσης, αποτελούν τις μεγαλύτερες υδροηλεκτρικές κατασκευές του νομού Δράμας.



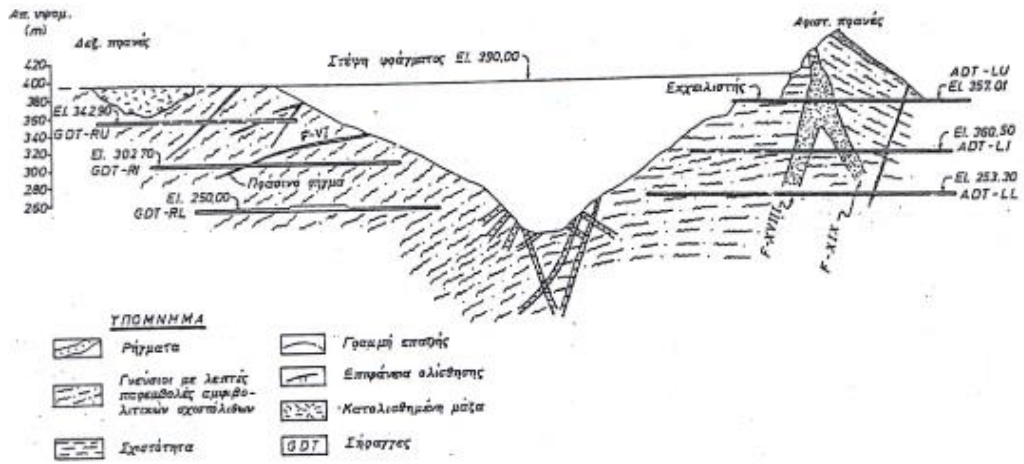
Τα μεγαλύτερα έργα ηλεκτροπαραγωγής του Νομού Δράμας είναι τα υδροηλεκτρικά φράγματα του ποταμού Νέστου. Τα έργα άρχισαν το 1983 με την κατασκευή της σήραγγας εκτροπής του Υ/Η Θησαυρού. Σήμερα έχουν κατασκευασθεί και λειτουργούν τα δύο, αυτά του Θησαυρού και της Πλατανόβρυσης, και έχουν δημιουργηθεί στα ανάντη τους οι δύο αντίστοιχες λίμνες.

Το Υ/Η φράγμα Θησαυρού έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- υπερθαλάσσιο υψόμετρο φράγματος 390 μ
- ύψος φράγματος 175 μ
- υψόμετρο στάθμης λίμνης 320-380 μ
- υψόμετρο στάθμης λίμνης 320-380 μ
- επιφάνεια λίμνης 18 τετρ. χλμ
- παραγόμενη ενέργεια 426 GWh



Ακολουθεί γεωλογική τομή φράγματος Θησαυρού:



Γεωλογική τομή στη θέση του φράγματος (από Λιάκουρη)

## Το φράγμα Πουρναρίου

Το φράγμα Πουρναρίου (Πέτα, νομός Άρτας) ξεκίνησε το 1981 και ολοκληρώθηκε το 1997. Είναι το δεύτερο σε μέγεθος στην Ελλάδα μετά του Μόρνου, χωμάτινο, πλάτους βάσης 450 μέτρων και ύψους 107 μέτρων.



Το φράγμα αυτό βρίσκεται στον Άραχθο, στο Πουρνάρι, ισχύος 100MW. Εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το έργο έγινε για την ανάσχεση των πλημμυρών και την αποθήκευση νερού για τις αρδευτικές ανάγκες του κάμπου.

Κάποιες εποχές του χρόνου, κυρίως φθινοπωρινές, όταν το φράγμα είναι ανοιχτό και η στάθμη της λίμνης χαμηλά, έρχονται στην επιφάνεια τα παλιά σπίτια, το παλιό δημοτικό σχολείο και δεντροστοιχίες. Πριν από τη δημιουργία του φράγματος, ο δρόμος από Άρτα προς Βουργαρέλι περνούσε μέσα από τη λίμνη σε μια σαφώς πιο σύντομη διαδρομή.

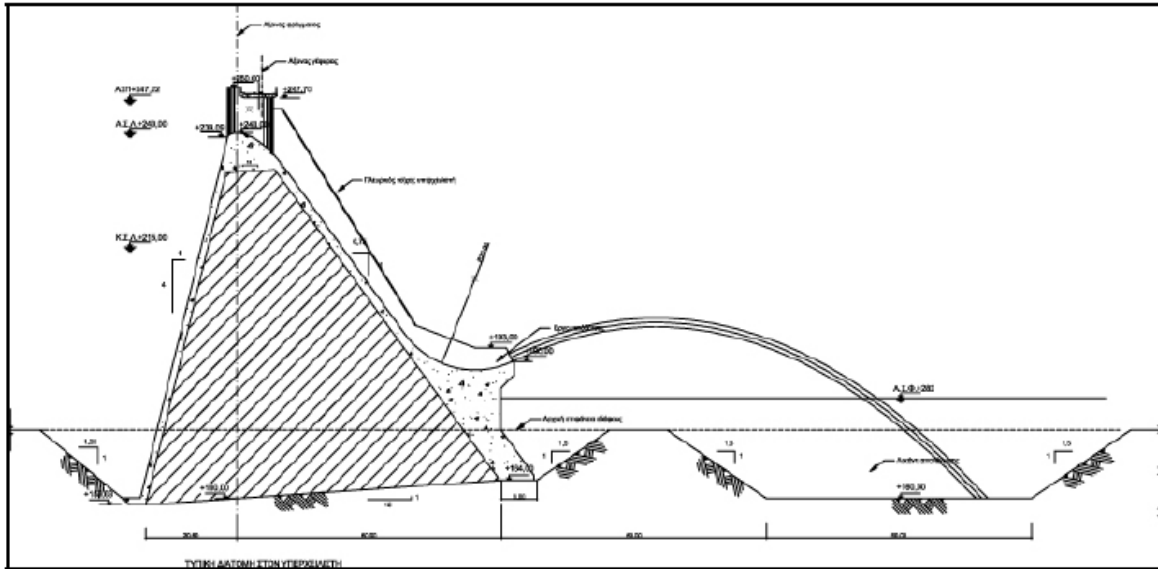
Το φράγμα Πουρναρίου ξεκίνησε το 1981 και ολοκληρώθηκε το 1997. Είναι δεύτερο σε μέγεθος στην Ελλάδα μετά του Μόρνου, χωμάτινο, πλάτους βάσης 450 μέτρων και ύψους 107 μέτρων.

Η ιχθυοπανίδα της λίμνης αποτελείται από κυπρίνους, στρωσίδι, πινδοβίνος, σκυλόψαρο, μπριάννα, λiάρα, μουστακάτο, άγρια πέστροφα, χέλι και ο ψευδοφοξίνος. νυχτοκόρακες,

πρασινοκεφαλόπαπιες, αλκυόνες, φαλαρίδες, σαρδέλες, ενώ καστανοκεφαλόγλαροι και ποταμοσφουριχτές συμπληρώνουν την επίσης πλούσια ορνιθοπανίδα.



Ακολουθεί τομή του φράγματος Πουρναρίου:



## Το φράγμα Στράτου

Το υδροηλεκτρικό φράγμα Στράτου βρίσκεται νομό Αιτωλοακαρνανίας, επί του ποταμού Αχελώου. Βρίσκεται βόρεια του Αγρινίου και δυτικά του χωριού Στράτος, από όπου πήρε και το όνομά του. Κατασκευάστηκε το 1989 και δημιούργησε την τεχνητή λίμνη Στράτου, την τρίτη κατά σειρά τεχνητή λίμνη του Αχελώου, μετά τις λίμνες Καστρακίου και Κρεμαστών.

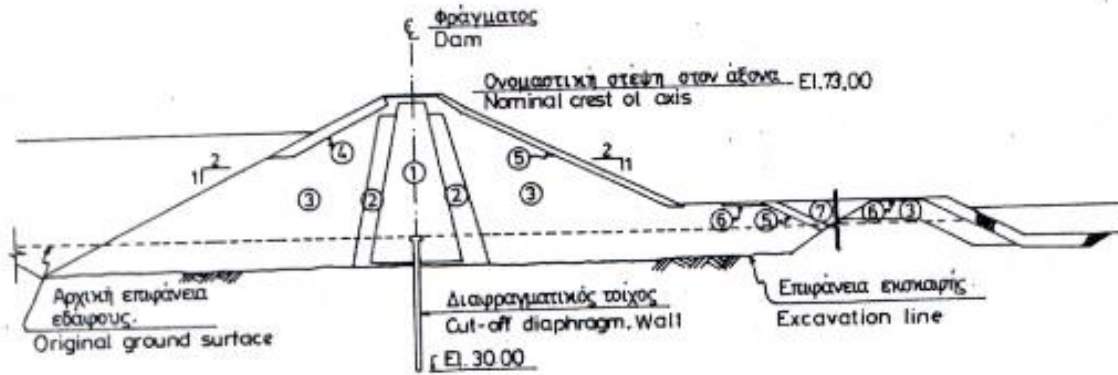


Στο φράγμα του Στράτου έχουν κατασκευαστεί δύο υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Στη δεξιά όχθη ο Στράτος I για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και στην αριστερή ο μικρός σταθμός Στράτος II, του οποίου ο σκοπός είναι αρδευτικός. Τροφοδοτεί με νερό τις διώρυγες που μεταφέρουν και διανέμουν το νερό στην πεδιάδα του Αγρινίου και την ευρύτερη περιοχή των κοινοτήτων Στράτου, Κυψέλης, Οχθίων, Λεπενούς. Ο Στράτος II ολοκληρώθηκε μεταξύ 1985 και 1988 και ενσωματώθηκε στο κυρίως έργο το 1989.

Το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο διαθέτει τέσσερις μονάδες ηλεκτρικής παραγωγής, συνολικής ισχύος 150 MW και μαζί με τα υπόλοιπα φράγματα συμμετέχει με ποσοστό 10% στην ετήσια παραγωγή ρεύματος της χώρας. Ωστόσο, σύμφωνα με τη WWF η ίδια η ΔΕΗ προβλέπει μείωση κατά 274 GWh της συνολικής παραγόμενης ενέργειας στο σύστημα Αχελώου, λόγω μειωμένων παροχών στα φράγματα Στράτου, Κρεμαστών και Καστρακίου.

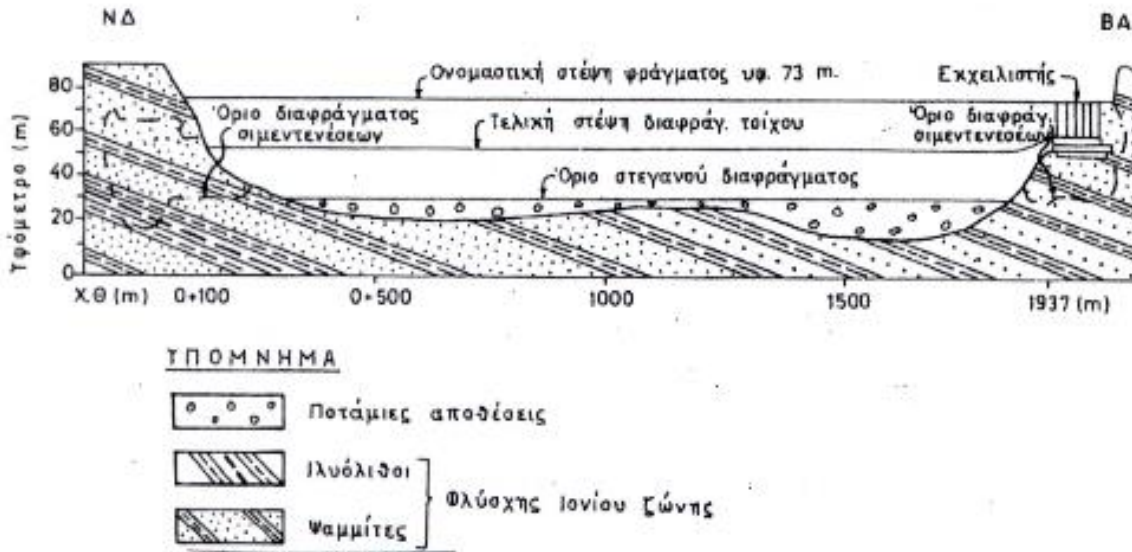
Από τεχνικής άποψης ανήκει στα χωμάτινα λιθόρριπτα φράγματα και κατασκευάστηκε εξολοκλήρου από ελληνικές εταιρίες.

Ακολουθεί τομή του φράγματος Στράτου:



Τομή φράγματος (από Λιάκουρη)

Ακολουθεί γεωλογική τομή του φράγματος Στράτου:



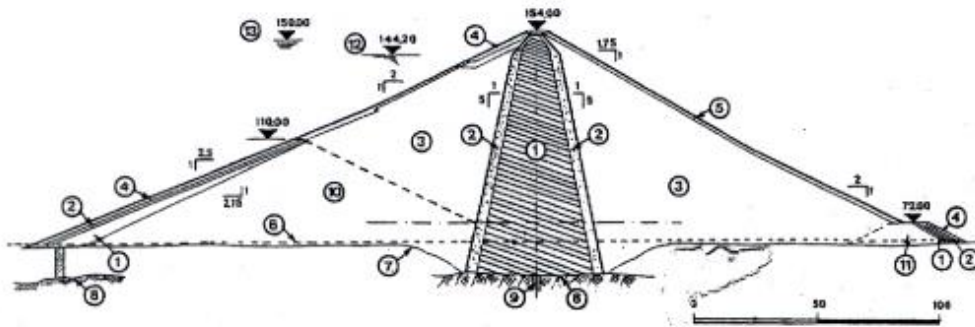
Γεωλογική τομή στη θέση του φράγματος (από Λιάκουρη)

## Το φράγμα Καστρακίου

Το φράγμα Καστρακίου κατασκευάστηκε το 1969. Είναι το δεύτερο κατά σειρά φράγμα του Αχελώου. Το ύψος του φράγματος είναι 95 μέτρα και το μήκος του 530 μέτρα. Με την κατασκευή του φράγματος δημιουργήθηκε η τεχνητή λίμνη του Καστρακίου.

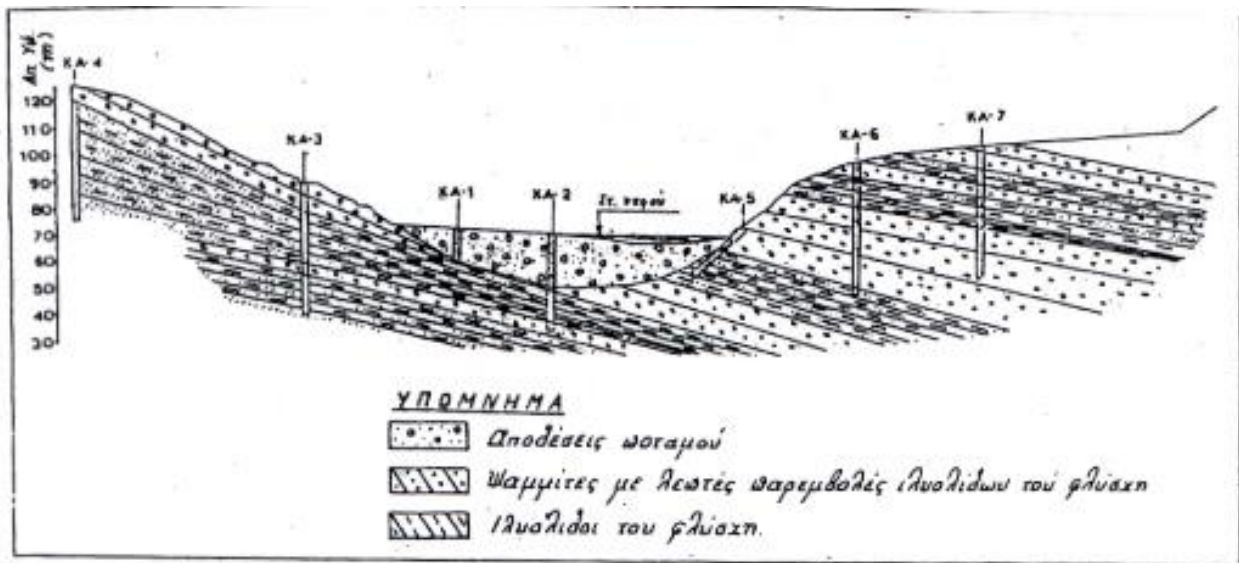


Ακολουθεί τομή του φράγματος Καστρακίου:



1: αργιλικός πυρήνας αδιαπέρατος, 2: φίλτρο, 3: αμμοχάλικο, 4: rip-rap, 5: χαλίκια και κροκάλες, 6: αρχική επιφάνεια εδάφους, 7: τελική επιφάνεια μετά την εκσκαφή, 8: βραχώδες υπόβαθρο, 9: κουρτίνα τσιμεντενέσεων, 10: ανάντη πρόφραγμα, 11: κατόντη πρόφραγμα, 12: στάθμη λειτουργίας φράγματος, 13: μέγιστη στάθμη λειτουργίας φράγματος (από Λιάκουρη)

Ακολουθεί γεωλογική τομή του φράγματος Καστρακίου:



Γεωλογική τομή κατά μήκος του φράγματος Καστρακίου (από Λιάκουρη)

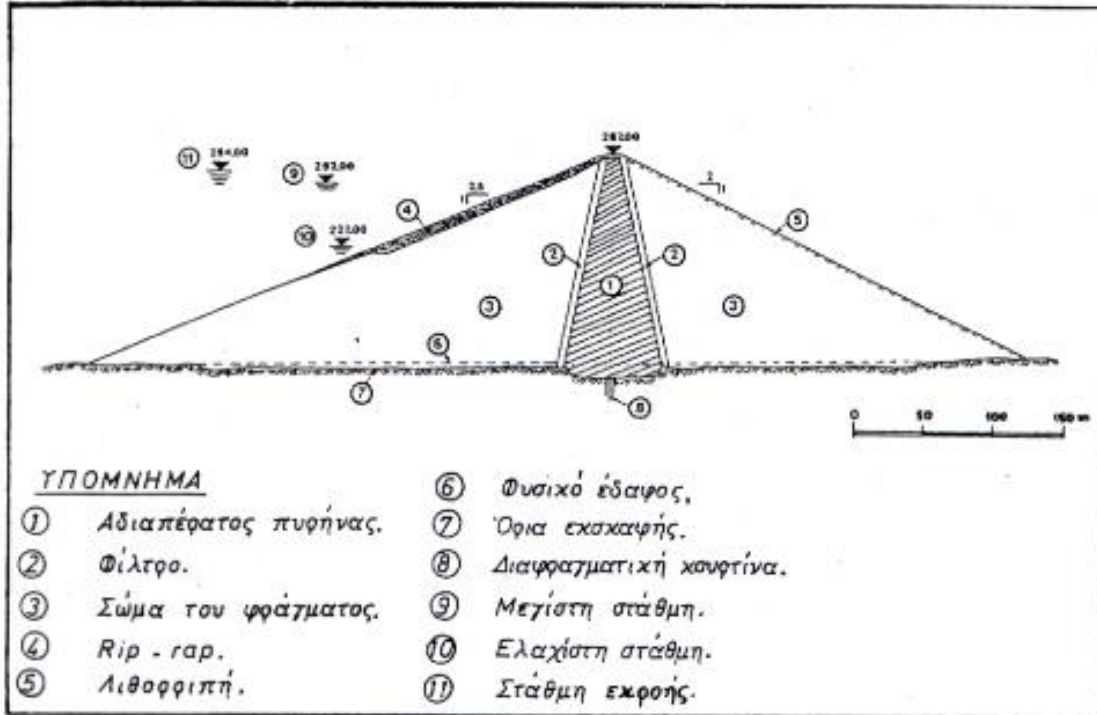


## Το φράγμα Κρεμαστών

Το υδροηλεκτρικό φράγμα Κρεμαστών (Αγρίνιο) κατασκευάστηκε το 1966 και δημιούργησε την μεγαλύτερη τεχνητή λίμνη στην Ελλάδα. Κατά την δημιουργία της «πνίγηκαν» στα νερά της διάφορα χωριά και οικισμοί. Σε αυτό το φράγμα υπάρχουν εγκατεστημένες 4 μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με συνολική ισχύ 440 MW. Το φράγμα αυτό είναι το ψηλότερο χωμάτινο φράγμα της Ευρώπης και αποτελεί σπουδαίο επίτευγμα για την Ελλάδα, γιατί έλυσε πολλά προβλήματα του εξηλεκτρισμού της χώρας.

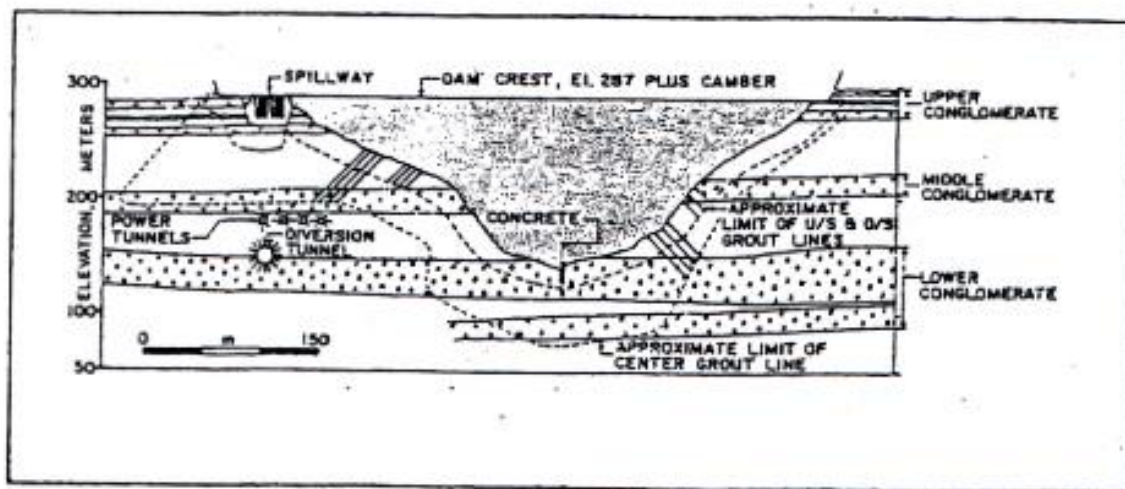


Ακολουθεί τομή του φράγματος Κρεμαστών:



Τομή φράγματος (από Λιάκουρη)

Ακολουθεί γεωλογική τομή του φράγματος Κρεμαστών:



Γεωλογική τομή στη θέση του φράγματος (από Λιάκουρη)





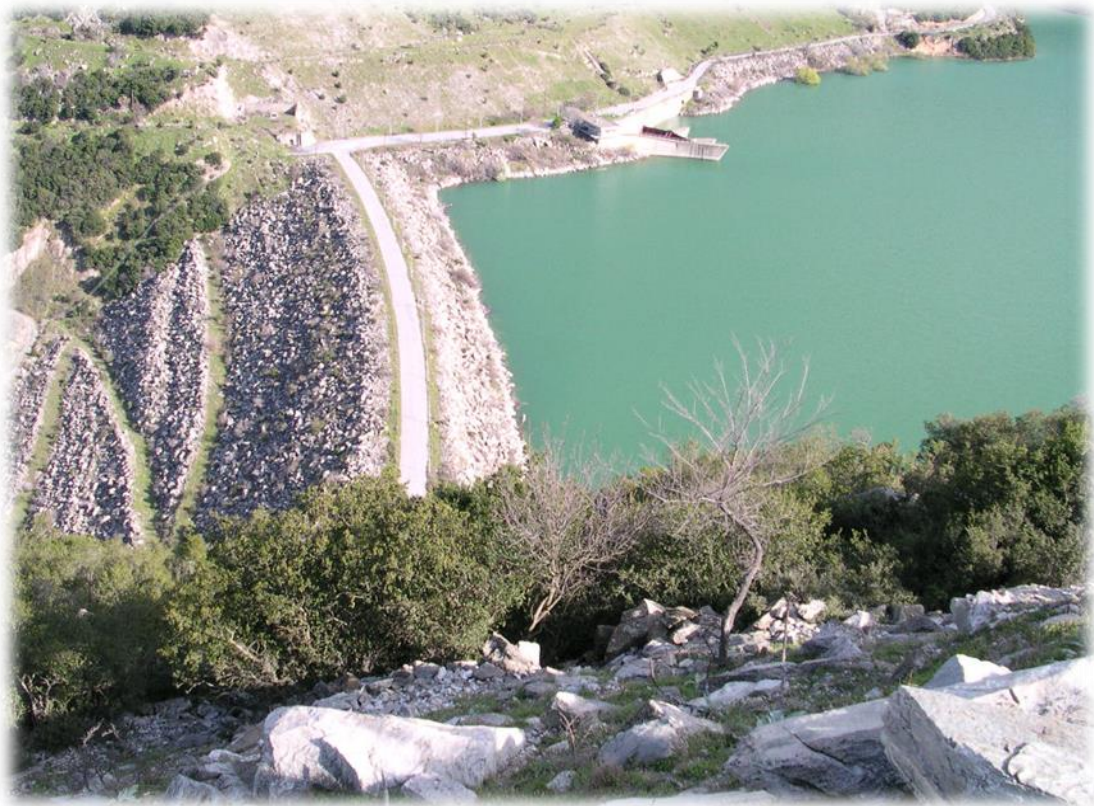
## Τα φράγματα πηγών Αώου

Κοντά στις πηγές του Αώου, 15 χλμ. βορειοδυτικά του Μετσόβου, κατασκευάστηκε υδροηλεκτρικό έργο το οποίο αποπερατώθηκε τον Ιανουάριο του 1991. Τα φράγματα που έχουν κατασκευαστεί στη λεκάνη απορροής του Αώου είναι τα φράγματα των πηγών του Αώου. Το έργο είναι αρκετά σύνθετο και εκτός από τα 10 χλμ. που καλύπτουν οι εννέα σήραγγες προσαγωγής, περιλαμβάνει και επτά συνολικά φράγματα.

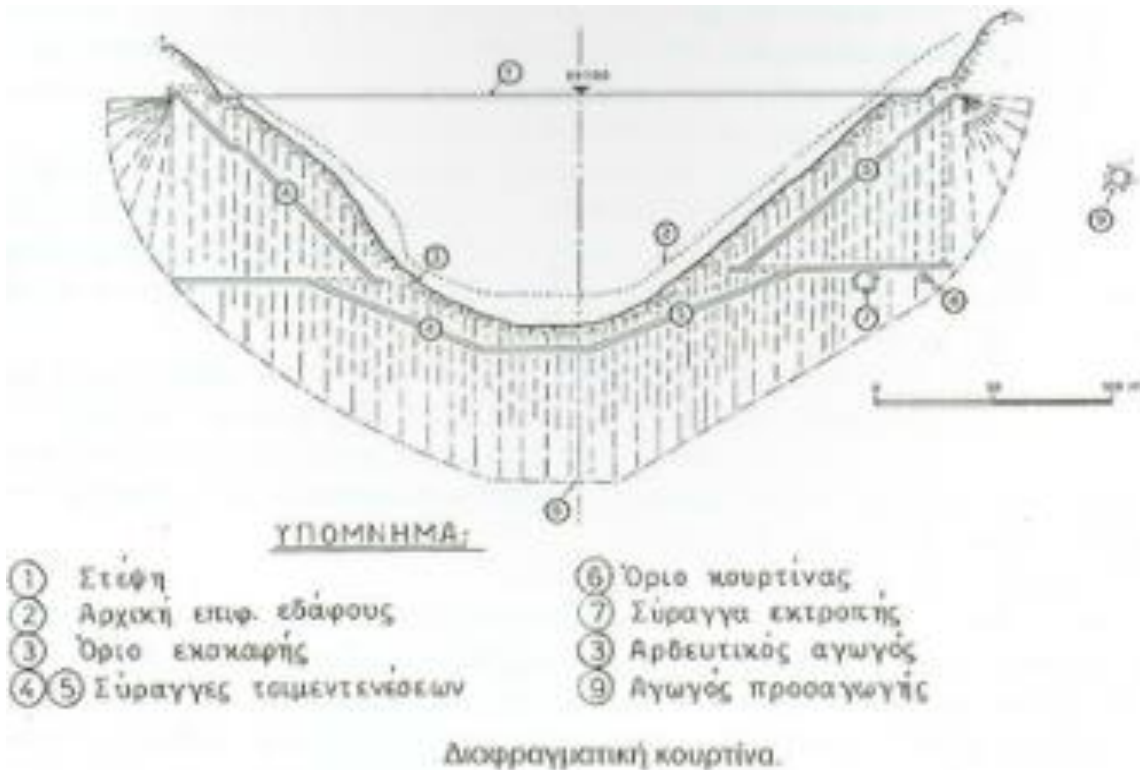


## Το φράγμα Πολυφύτου

Οι μεγάλες ανάγκες σε ηλεκτρικό ρεύμα και άρδευση επέβαλαν την κατασκευή του υδροηλεκτρικού φράγματος το 1970. Το φράγμα είναι χωμάτινο και η μακρόστενη τεχνητή λίμνη που δημιουργήθηκε έχει μήκος 30 χλμ., επιφάνειας 74 τετραγωνικών χιλιομέτρων και υδάτινου όγκου 2 δισ. κυβικών μέτρων. Η διαδρομή γύρω από το φράγμα είναι από τις ομορφότερες της περιοχής και γεμάτη εντυπωσιακές εναλλαγές τοπίων.







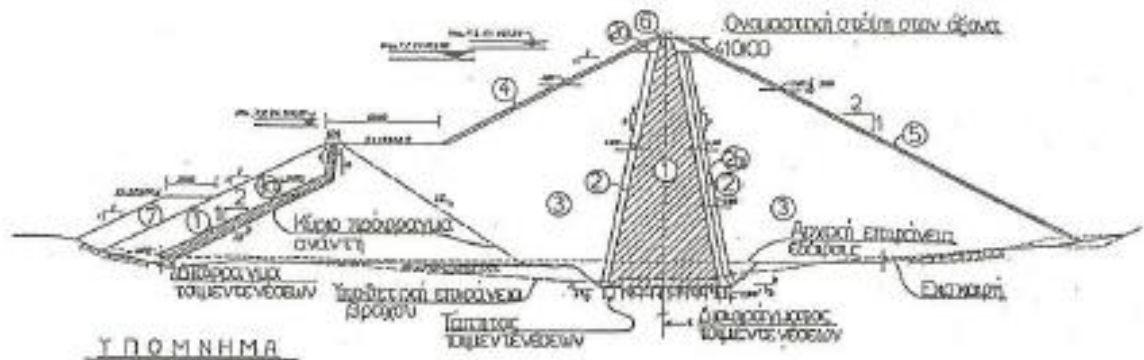
## Το φράγμα Ιλαρίωνα

Το φράγμα κατασκευάστηκε από αμμοχάλικο ποταμού, έχει αργλικό αδιαπέραστο πυρήνα, ο όγκος του είναι 8.800.000 κ.μ. με μέγιστο ύψος από την θεμελίωση 130 μέτρα και το μήκος στη στέγη του είναι 540 μ. Επίσης, το έργο περιλαμβάνει και τις εξής κατασκευές: σήραγγα εκτροπής, δύο σήραγγες εκχειλιστών με θυροφράγματα, σήραγγα εκκενωτή πυθμένα, σήραγγα προσαγωγής, σήραγγες αποστραγγίσεων, φρεάτιο θυροφραγμάτων, οδικές σήραγγες.





Ακολουθεί τομή φράγματος Ιλαρίωνα:



- (1) Πλακίσιος κρήνας
- (2) Λεπτόσπαστο φίλτρο Αμμοχάλκιο ποταμού επεξεργασμένο. Μέγιστη διάσταση 19mm.
- (3) Μεταβολική ζώνη Αμμοχάλκιο μέγιστη διάσταση 20cm.
- (4) Χονδροεικό φίλτρο Αμμοχάλκιο επεξεργασμένο. Μέγιστη διάσταση 75mm.
- (5) Σίμα στρώσης Αμμοχάλκιο ποταμού. Μέγιστη διάσταση 30cm.
- (6) Εξωτερική ζώνη κρήνας σιάντης προφράγματος (Αιδορική). Μέγιστο μέγεθος 60cm.
- (7) Προστασία σιάντη κρήνας (Αιδορική από προϊόντα Νανομίμιν). Μέγιστο μέγεθος 60cm.
- (8) Βάση δριμύου σιάντη θραυστός βράχος.
- (9) Τυλάει εκσκαφών τοιχίας διαβάστασης.



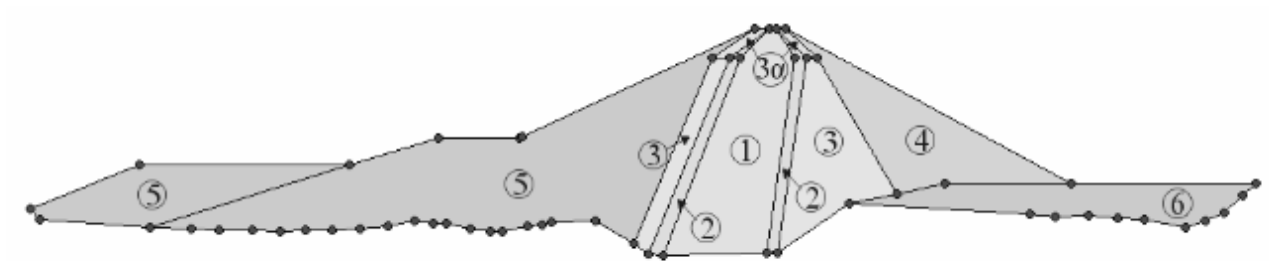


## Το φράγμα Σφηκιάς

Το φράγμα αυτό έχει κατασκευαστεί πάνω από τον Αλιάκμονα. Πρόκειται για μια φυσική κοίτη, που διαχωρίστηκε τεχνητά με το φράγμα, με υψομετρική διαφορά 92 χλμ. Στο σημείο των 92 χλμ. από την επιφάνεια της θάλασσας βρισκόμαστε στο σημείο 0. Το φράγμα περιλαμβάνει ένα στρόβιλο ύψους 73m, με πίεση περίπου 6,5 Pascal (διαφοροποιείται μεταξύ 6,2-6,5 Pascal ). Η κλίμακα νερού μεταβάλλεται φτάνοντας τα 65m (μέγιστη τιμή).



Ακολουθεί τομή του φράγματος Σφηκιάς:



Εικόνα 1. Εγκάρσια τομή στο υψηλότερο κεντρικό τμήμα του φράγματος (τομή Α-Α).

## Το φράγμα Περδίκκα

Το φράγμα Περδίκκα είναι χωμάτινο φράγμα που υπάρχει ακόμα και σήμερα, αφού η κατασκευή του ήταν άρτια και δεν υπήρχε κανένα πρόβλημα στη θεμελίωση. Κατασκευάστηκε από Γερμανούς στη Δ. Μακεδονία μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο στο πλαίσιο των αποκαταστάσεων για τις καταστροφές που προκάλεσαν τα Γερμανικά στρατεύματα στην Ελλάδα.

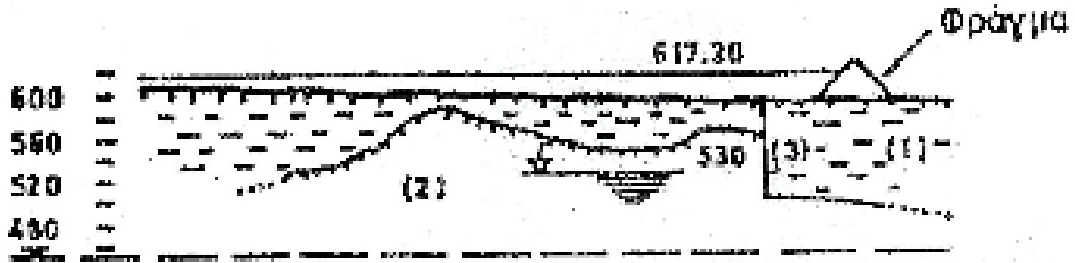
Βρίσκεται πάνω σε αργιλομαργαϊκά και ψαμμιτικά πετρώματα τόσο η θεμελίωσή του, όσο και ο ταμιευτήρας του. Εξάιρεση αποτελούν ορισμένες θέσεις του ταμιευτήρα όπου εμφανίζονται ασβεστόλιθοι που ήταν καρστικοί με χαμηλή υψομετρική στάθμη.

Μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα η υδροστατική πίεση του νερού ξέπλενε το αργιλικό υλικό πλήρωσης των καρστικών κενών με συνέπεια τα καρστικά κενά να λειτουργήσουν ως σημεία κατείσδυσης του νερού και τελικά το άδειασμα του ταμιευτήρα



Ακολουθεί τομή του φράγματος Περδίκκα:

Φράγμα Περδίκκα (από Kaiser, N., Falconier, A., et al.: Felsmechanik, III/1, 1965).



(1): Αργιλομάργες      (2): Καρστικός ασβεστόλιθος      (3): Ρήγμα

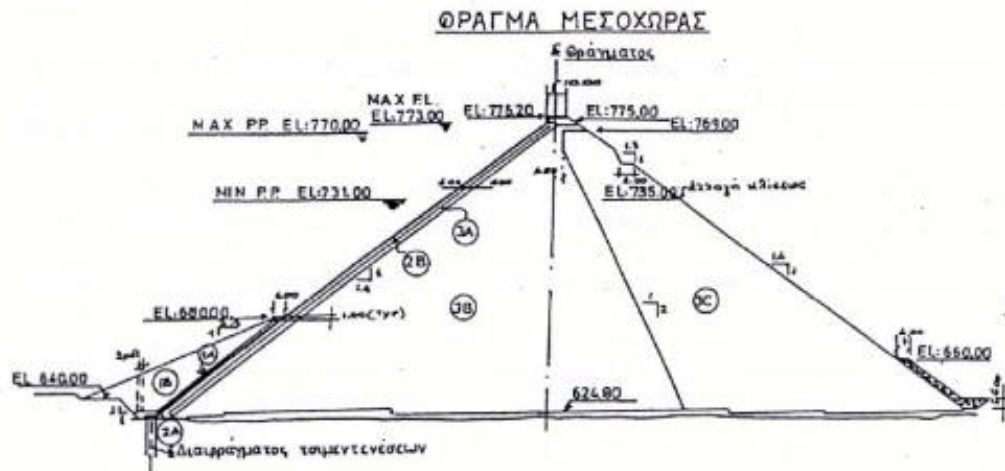
## Το φράγμα Μεσοχώρας

Το φράγμα είναι λιθόρριπτο με ανάντη πλάκα από σκυρόδεμα. Έχει ύψος 150m και μήκος στέψης 340 μ. ενώ ο όγκος του είναι 4 εκ. κ.μ. Η πλευρά προς τη (μελλοντική) λίμνη στεγανοποιείται με πλάκα από μπετόν. Με το φράξιμο της σήραγγας εκτροπής θα σχηματιστεί λίμνη επιφάνειας 7,8 τ. χλμ. και χωρητικότητας 360 εκ. κ.μ.



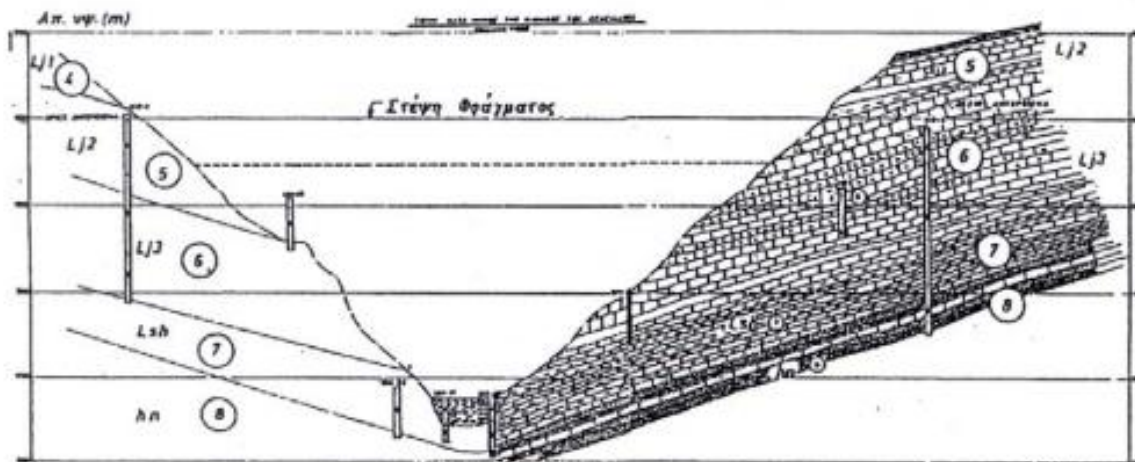
Το φράγμα Μεσοχώρας αξιοποιεί τα νερά του Αχελώου για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και τα επαναφέρει στη φυσική κοίτη του ποταμού. Θα παράγει 360 γιγαβατώρες (GWh) ετησίως, που αντιστοιχούν με το 10% της συνολικής παραγόμενης υδροηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα. Για το έργο της Μεσοχώρας έχουν ήδη στο παρελθόν επενδυθεί 283 εκατομμύρια ευρώ και για την ολοκλήρωσή του απαιτούνται άλλα 110 εκ. ευρώ, χρήματα τα οποία είναι διαθέσιμα και θα καλυφθούν από τη ΔΕΗ.

Η διατομή του φράγματος Μεσοχώρας φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα:



Φράγμα Μεσοχώρας (όψη και τομή) (από Λιάκουρη)

Η γεωλογική τομή του φράγματος Μεσοχώρας φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα:



Γεωλογική τομή στη θέση του φράγματος Μεσοχώρας (από Λιάκουρη)



## Βιβλιογραφικές αναφορές

1. [http://en.wikipedia.org/wiki/Sand\\_dam](http://en.wikipedia.org/wiki/Sand_dam): Βασικοί ορισμοί για τα χωμάτινα φράγματα.
2. KAESARIS, N.S., FALCONNIER A., COTTSTEIN, E.V. (1965): Wasserverluste in Staurum von Perdikkas. Felsmechanik, III/I, 1–23: το σχήμα για τη διατομή του χωμάτινου φράγματος Περδίκκα.
3. Wahlstrom: Dams, dam foundations and reservoir sites, Elsevier, 1974: τομή και μέρη γενικών χωμάτινων φραγμάτων.
4. Λιάκουρης, Δ., 1995. Η γεωλογία και τα φράγματα της ΔΕΗ, Αθήνα, ΔΕΗ, Διεύθυνση Εκπαίδευσης, σελ. 350.: τομές χωμάτινων φραγμάτων στην Ελλάδα.
5. Λουπασάκης Κ., Χρηστάρας Β., Δημόπουλος Γ. και Χατζηγώγος Θ. Συμβολή στη μελέτη των παραμορφώσεων του σώματος χώματινων φραγμάτων: Φράγμα Υ.Η.Σ. Σφηκιάς, Βέροια. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI, 2004. Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσ/νίκη, Απρίλιος 2004: τομή φράγματος Σφηκιάς.
6. [http://www.civ.uth.gr/lessons/52%5Ckephalaio\\_10.pdf](http://www.civ.uth.gr/lessons/52%5Ckephalaio_10.pdf), Σημειώσεις Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας: γενικές πληροφορίες για τα χωμάτινα φράγματα.
7. Γεωτεχνική Μηχανική: Διαφάνειες μαθήματος των Δ. Ρίζου και Κ. Λουπασάκη, του Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Εφαρμογών, ΕΜΠ: τομή φράγματος Ιλαρίωνα.
8. Ντούνιας, Γ., Καραβοκύρης, Ι. Γ., Νικολάου, Δ. Το φράγμα του Ευήνου – Σχεδιασμός, Κατασκευή, Πλήρωση και Λειτουργία, 2003: τομές φράγματος Ευήνου.