

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

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ ΝΟΜΟΥ ΦΛΩΡΙΝΗΣ



ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:  
Φουρνιώτης Νικόλαος

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:  
Βασιλειάδης Κωνσταντίνος  
Παπαναστασίου Θωμαή  
Σάντα Αικατερίνη

ΠΑΤΡΑ 2015

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στο λιθόρριπτο φράγμα Τριανταφυλλιάς Νομού Φλωρίνης.

Ολοκληρώνοντας τις σπουδές και την πτυχιακή Εργασία αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε τον Εισηγητή και Επιβλέπων καθηγητή της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας κ. Νικόλαο Φουρνιώτη, Πολιτικό Μηχανικό και Πανεπιστημιακό Υπότροφο Δυτικής Ελλάδας, για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφερε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, τη συνεχή καθοδήγησή του και την υπομονή του.

Επίσης ευχαριστούμε τον πολιτικό μηχανικό κ. Κοσμίδη Δημήτριο, για την παραχώρηση μελετών και στοιχείων της μελέτης του έργου : «**Φράγμα Τριανταφυλλιάς**» και την εταιρία «**ΚΟΥΡΤΙΔΗ Α.Ε.**», όπως επίσης και για το φωτογραφικό υλικό τις εταιρείες «**ΤΕ.ΝΑ. Α.ΤΕ.ΒΕ –ΑΚΜΗ ΑΤΕ**», μιας και σήμερα το έργο συνεχίζεται με την κοινοπραξία των ανωτέρω εταιριών. Το υλικό αυτό αξιοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή εργασία αποκλειστικά για εκπαιδευτικό σκοπό.

**Υπεύθυνη δήλωση σπουδαστών:** Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στη Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και τη πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

(Ονοματεπώνυμο)

(Ονοματεπώνυμο)

(Ονοματεπώνυμο)

.....  
(Υπογραφή)

.....  
(Υπογραφή)

.....  
(Υπογραφή)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας είναι η παρουσίαση και η ανάλυση του τρόπου και των στοιχείων κατασκευής του Φράγματος και των συνοδευτικών κατασκευών ή συνοδών έργων στην Περιοχή «Τριανταφυλλιάς» του Νομού Φλωρίνης.

Αναλυτικά παρουσιάζεται η τεχνική περιγραφή του έργου αναλύοντας τα μέρη της κατασκευής, όπως : Ταμιευτήρας , Φράγμα, Υπερχειλιστής, Διώρυγα εκτροπής.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αναφέρουμε γενικά τα είδη και τις κατηγορίες φραγμάτων που μελετώνται και κατασκευάζονται, παραθέτοντας παραδείγματα από φράγματα που έχουν κατασκευαστεί την Ελλάδα.

Στη συνέχεια, το δεύτερο κεφάλαιο περιέχει περισσότερα στοιχεία – λεπτομέρειες για τα λιθόρριπτα φράγματα, τα οποία είναι και η κατηγορία που εντάσσεται το φράγμα που παρουσιάζουμε στην παρούσα Πτυχιακή Εργασία.

Στο τρίτο κεφάλαιο της πτυχιακής εργασίας, παρουσιάζονται τα στοιχεία κατασκευής του φράγματος στην περιοχή της «Τριανταφυλλιάς», στον Νομό Φλωρίνης.

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο εξάγονται τα συμπεράσματα και οι παρατηρήσεις που προέκυψαν από την εργασία αυτή.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	ii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	iii
ΓΕΝΙΚΑ-ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ .....	3
1.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	3
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ .....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ .....	22
2.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	22
2.2 ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΜΕ ΑΝΑΝΤΗ ΠΛΑΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ .....	23
2.3 ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΜΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΠΥΡΗΝΑ .....	29
2.4 ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΜΕ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΠΥΡΗΝΑ .....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ .....	32
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	32
3.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	32
3.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΩΝ .....	34
3.3 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	36
3.4 ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΟΥ .....	37
3.5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΡΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	39
3.6 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	43
3.7 ΚΥΡΙΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	48
3.8 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....	49
3.9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ .....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	57
4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	57
4.2 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ .....	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	58
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	59

## ΓΕΝΙΚΑ-ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ιστορία του ανθρώπου από τότε που οργανώθηκε σε κοινωνίες είναι συνυφασμένη με τεχνολογικά έργα που σκοπό είχαν να βελτιώσουν το βιοτικό του επίπεδο. Η διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη του ανθρώπου για υδάτινους πόρους, για αγροτική κυρίως χρήση, τον ανάγκασε να κατασκευάζει φράγματα. Πριν από 6.000 χρόνια περίπου, ξεκίνησε η προσπάθειά του ανθρώπου να καλύψει τις ανάγκες του για νερό, κατασκευάζοντας τα πρώτα χωμάτινα φράγματα. Το αρχαιότερο γνωστό χωμάτινο φράγμα στον κόσμο χτίστηκε το 4000 π.Χ. περίπου στην πόλη Jawa της σημερινής Ιορδανίας. Στην Ελλάδα το αρχαιότερο γνωστό φράγμα είναι στην Μυκηναϊκή Αργολίδα. (Τίρυνθα) (Θ. Φιλίντας, Θ. Πολύζος).

Αργότερα, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, ακολούθησε η υδροδυναμική αξιοποίηση του αποθηκευμένου νερού και η τόσο μεγάλη χρησιμότητα των φραγμάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό των φραγμάτων που κατασκευάζονται παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Τα φράγματα όμως είναι δαπανηρά αλλά με μεγάλη οικονομική απόδοση και γι' αυτό επιδιώκεται η κατασκευή τους.

Το φράγμα είναι τεχνικό έργο που κατασκευάζεται κάθετα (εγκάρσια) στην φυσική κοίτη ενός ρεύματος (ποταμού) για την διακοπή της ροής, με σκοπό την αποθήκευση και την δημιουργία ταμιευτήρα συλλογής ύδατος ή την ανάσχεση της πλημμυρικής παροχής ενός ρεύματος.

Με την κατασκευή των φραγμάτων το νερό που δεσμεύεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τα παρακάτω :

- i. Άρδευση.
- ii. Ύδρευση.
- iii. παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

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, συναρτήσει της μορφολογίας του εδάφους – υπεδάφους που θα τοποθετηθεί και θα κατασκευαστεί. Τα φράγματα είναι έργα πολύ ιδιόμορφα και δεν είναι δυνατόν να τυποποιηθούν σε ένα ενιαίο τρόπο κατασκευής. Κάθε φράγμα έχει τη δική του λειτουργικότητα , τους δικούς του φυσικούς παράγοντες και το δικό του φυσικό περιβάλλον που το επηρεάζουν καταλυτικά αλλά ταυτόχρονα και το φυσικό περιβάλλον που εκείνο επιδρά κατά την κατασκευή και λειτουργία του.

Η κατασκευή ενός φράγματος και έπειτα η δημιουργία τεχνητής λίμνης (ταμιευτήρας), δημιουργεί μεγάλες 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. Ταυτόχρονα, σημαντικές είναι οι επιδράσεις και στις εκβολές του ποταμού με τροποποίηση της παροχής.

Εκτός όμως από τις πιέσεις , οι ποσότητες του νερού δημιουργούν προβλήματα διαβρώσεων, διαρροών και κατολισθήσεων στην περιοχή του φράγματος που αν δεν ληφθούν υπόψη από τους μελετητές για να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα μπορεί να οδηγήσουν στην καταστροφή τόσο της ίδιας κατασκευής αλλά και του περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με τον Γ. Δημόπουλο (2007) τα κυριότερα αίτια των αστοχιών που έχουν εντοπισθεί στην κατασκευή και λειτουργία των φραγμάτων είναι:

- i. Θραύση και ολίσθηση της θεμελίωσης
- ii. Εσωτερικές διαβρώσεις και ανάπτυξη υποπιέσεων στο πέλημα του φράγματος
- iii. Εξασθένηση της θεμελίωσης από διαβροχή και αποσάθρωση
- iv. Μετακινήσεις και ερπυσμοί πάνω σε επιφάνειες ρηγμάτων
- v. Ολισθήσεις, μετακινήσεις ή παραμορφώσεις στα αντερείσματα
- vi. Διάβρωση-υποσκαφή από πλημμύρες

- vii. Υπερβολικές παραμορφώσεις στη θεμελίωση
- viii. Υπερβολικές παραμορφώσεις στο φράγμα

Τα παραπάνω αίτια οφείλονται:

1. Είτε σε κενά τεχνικών γνώσεων του γεωλόγου και τεχνικογεωλογικών γνώσεων του μηχανικού.
2. Είτε σε λαθεμένες ή ατελείς γεωλογικές γνωματεύσεις.
3. Είτε σε ατελές ή περιορισμένο πρόγραμμα ερευνητικών εργασιών πεδίου, σε ένα πνεύμα κακώς εννοούμενης οικονομίας, αφού έχει αποδειχθεί ότι το κόστος μιας πλήρους γεωλογικής-γεωτεχνικής έρευνας δεν ξεπερνά το 4% της μελέτης κατασκευής του έργου.

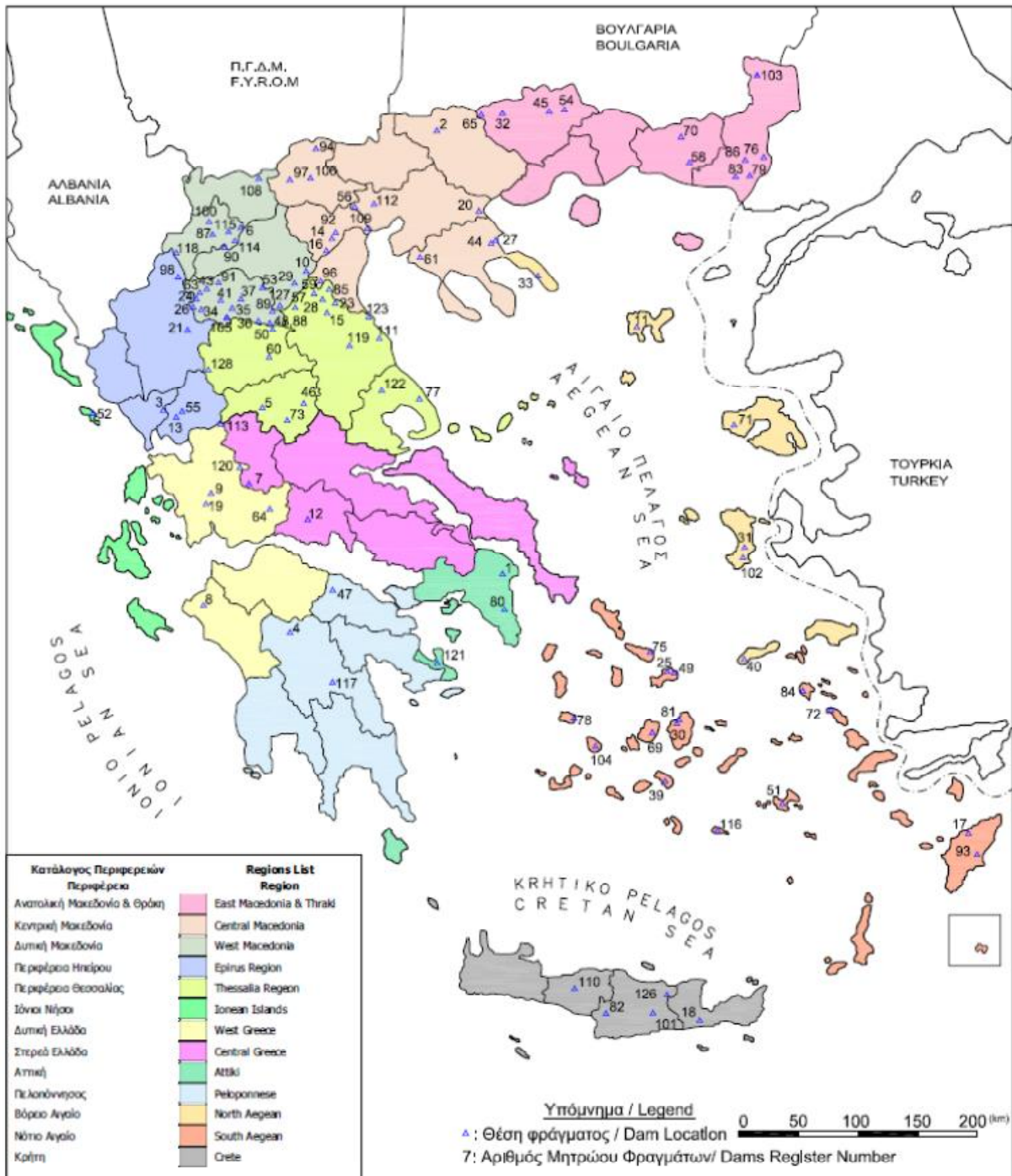
Στη μελέτη ενός φράγματος περιλαμβάνεται και η μελέτη του χώρου κατασκευής των συνοδών έργων. Για τα έργα αυτά συντάσσονται είτε ξεχωριστές μελέτες, είτε μελέτες αυτών των έργων που εντάσσονται σε ξεχωριστά τεύχη και αποτελούν επιμέρους τμήματα της κύριας μελέτης.

Στα έργα αυτά εντάσσονται:

1. Η σήραγγα εκτροπής ,εφόσον κριθεί απαραίτητη.
2. Το κυρίως ανάντη πρόφραγμα (Κ.Α.Π.).
3. Ο υπερχειλιστής ή εκχειλιστής.
4. Ο αγωγός προσαγωγής, προκειμένου για ενεργειακά φράγματα.
5. Η σήραγγα φυγής.
6. Ο εκκενωτής πυθμένα.
7. Τα έργα ανάσχεσης πλημμύριας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

## 1.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



Εικόνα 1. Χάρτης φραγμάτων στον Ελλαδικό χώρο, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

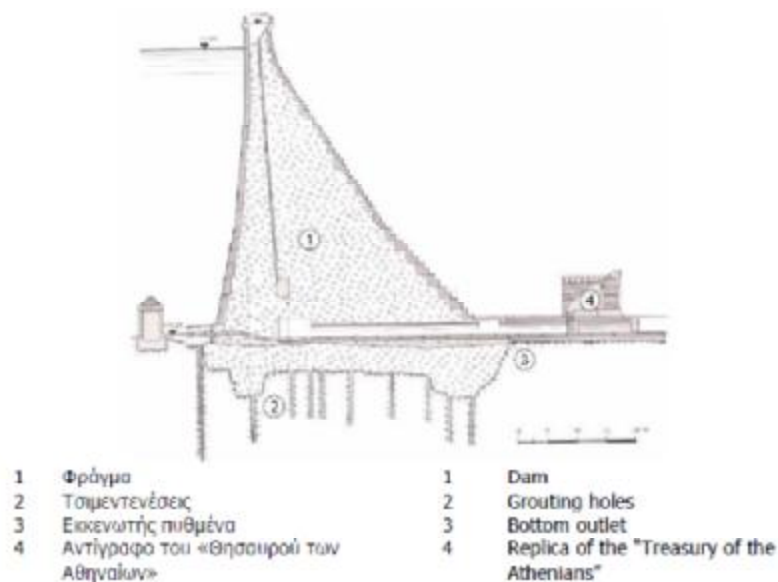
Αυτή την στιγμή στον Ελλαδικό χώρο έχουν κατασκευαστεί γύρω στα 130 φράγματα , διαφόρων μεγεθών και τύπων. Χαρακτηριστική είναι η Εικόνα 1 στην οποία αναφέρεται ο αριθμός των φραγμάτων στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

Σύμφωνα με τους Γ. Ντούνιας, κ.α., (2013) μερικά από τα **κυριότερα** παρουσιάζονται παρακάτω:

### Ø Φράγμα του Μαραθώνα

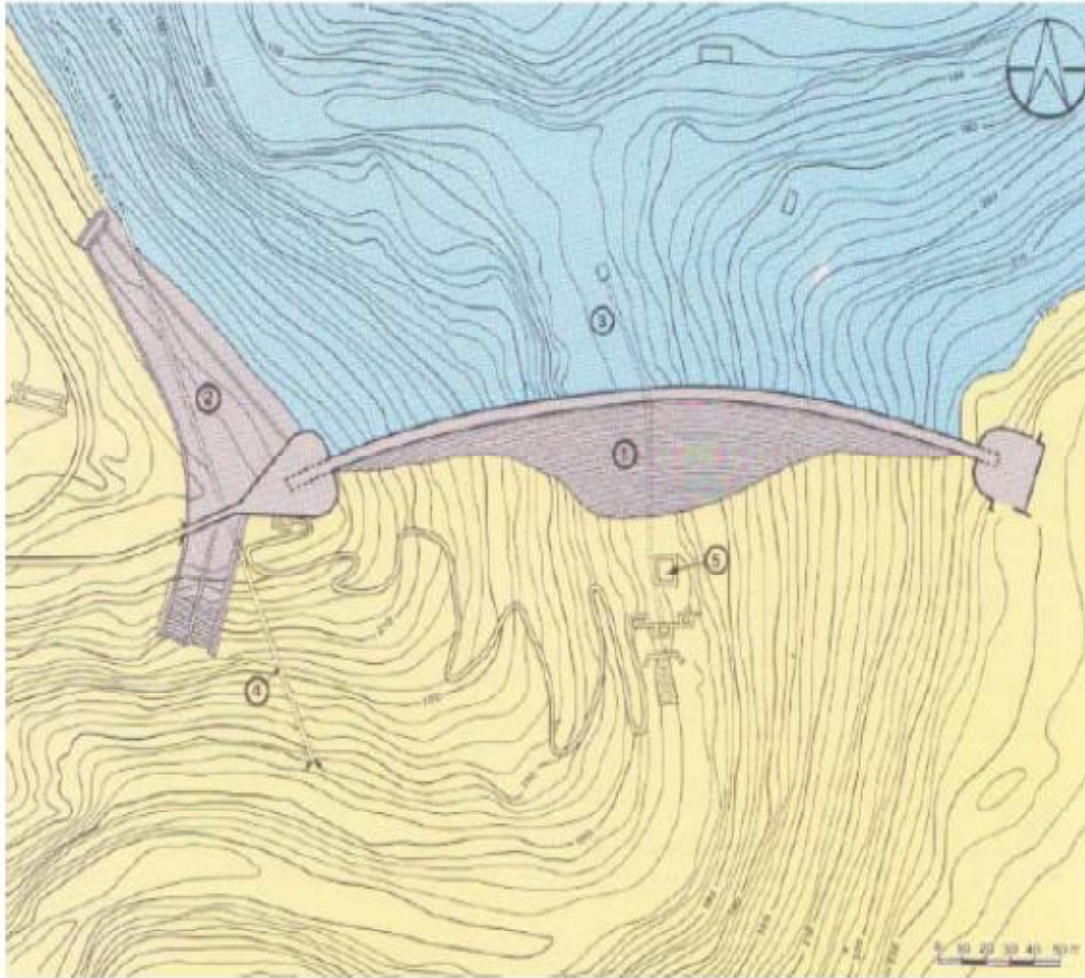
Θέση : 38°10' 1.99" N ,23°54' 20.64"E

Κύριος του έργου	ΕΥΔΑΠ ΠΑΓΙΩΝ
Τύπος φράγματος	Βαρύτητας Λιθοδέματος
Ύψος φράγματος	54 m
Μήκος στέψης	285 m
Όγκος φράγματος	$179 * 10^3 m^3$
Χωρητικότητα φράγματος	$41 * 10^6 m^3$
Επιφάνεια ταμιευτήρα	2,45 km <sup>2</sup>
Εμβαδόν λεκάνης απορροής	118 km <sup>2</sup>
Παροχή σχεδιασμού υπερχειλιστή	100 m <sup>3</sup> / s
περάτωση	1929



Εικόνα 2. Τομή φράγματος Μαραθώνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).





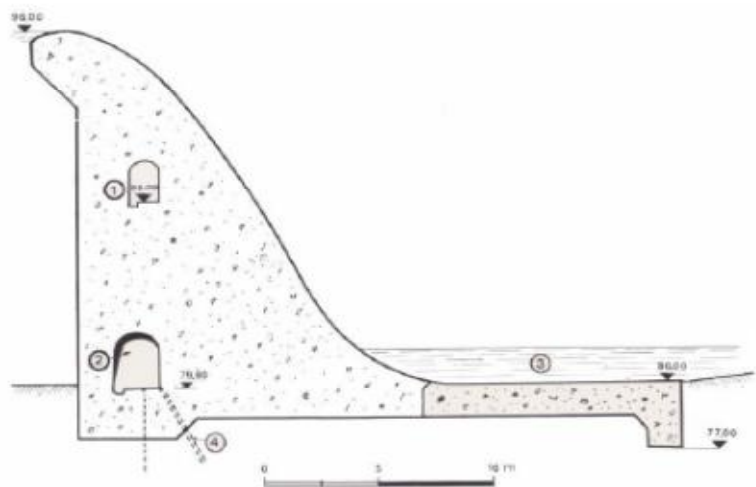
- |   |                                       |   |  |
|---|---------------------------------------|---|--|
| 1 | Φράγμα                                | 1 | Dam  |
| 2 | Υπερχειλιστής                         | 2 | Spillway                                   |
| 3 | Εκκενωτής πυθμένα                     | 3 | Bottom outlet                              |
| 4 | Στοά αποστράγγισης                    | 4 | Drainage gallery                           |
| 5 | Αντίγραφο του «Θησαυρού των Αθηναίων» | 5 | Replica of the "Treasury of the Athenians" |

Εικόνα 3. Οριζοντιογραφία φράγματος Μαραθώνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

## Ø Φράγμα Λούρου

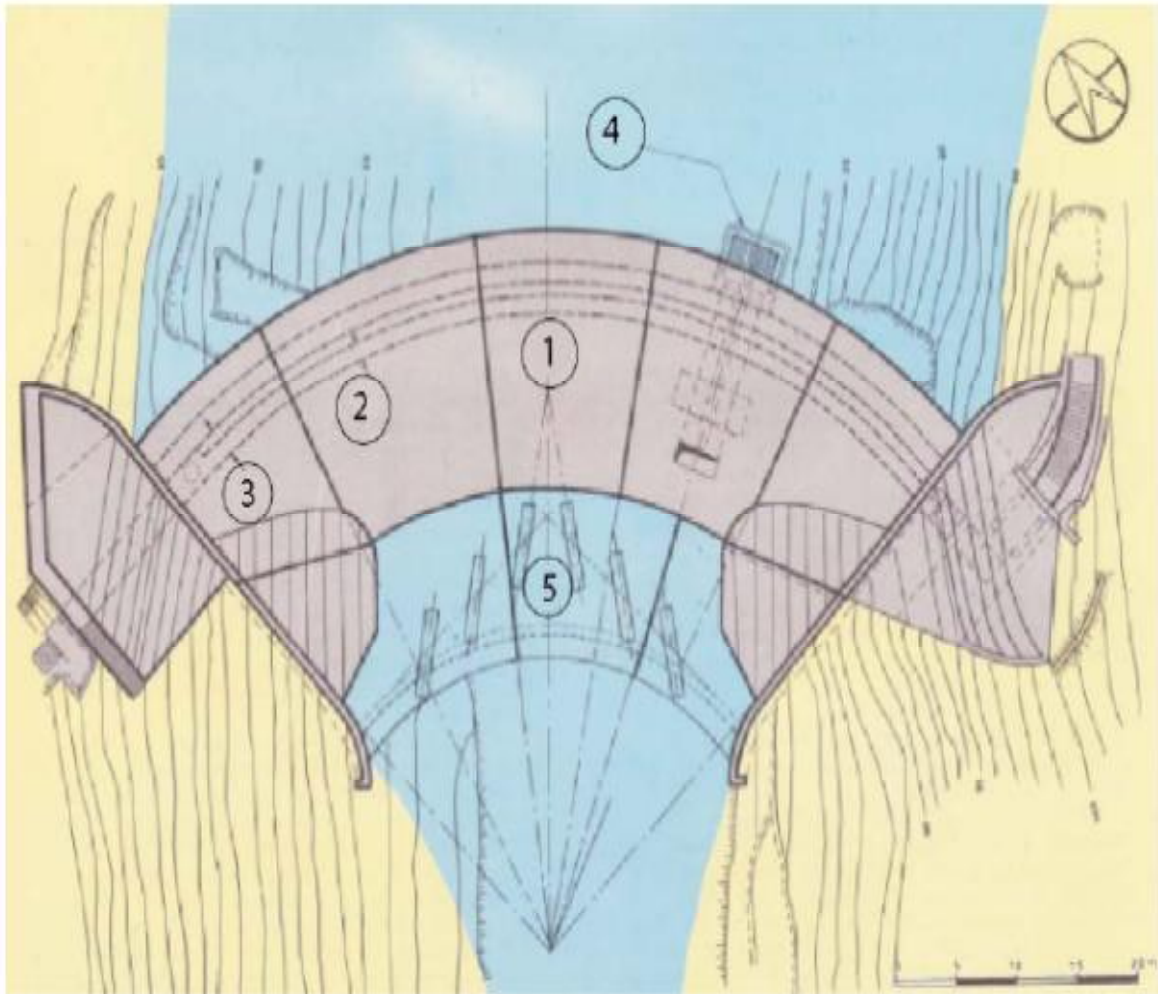
Θέση : 39°15'36.47"N , 20°50'54.27"E

Κύριος του έργου	ΔΕΗ
Τύπος φράγματος	Βαρύτητας σκυροδέματος
Ύψος φράγματος	22 m
Μήκος στέψης	97 m
Όγκος φράγματος	$12 * 10^3 m^3$
Χωρητικότητα φράγματος	$1,076 * 10^6 m^3$
Επιφάνεια ταμιευτήρα	$0,37 km^2$
Εμβαδόν λεκάνης απορροής	(*) $km^2$
Παροχή σχεδιασμού υπερχειλιστή	$1.400 m^3 / s$
Περάτωση	1954



- |   |                          |   |                    |
|---|--------------------------|---|--------------------|
| 1 | Στοά παρακολούθησης      | 1 | Inspection gallery |
| 2 | Στοά αποστράγγισης       | 2 | Drainage gallery   |
| 3 | Κοιτόστρωση σκυροδέματος | 3 | Concrete apron     |
| 4 | Πιεζόμετρα               | 4 | Piezometer         |

Εικόνα 4. Τομή φράγματος Λούρου στην Ήπειρο, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).



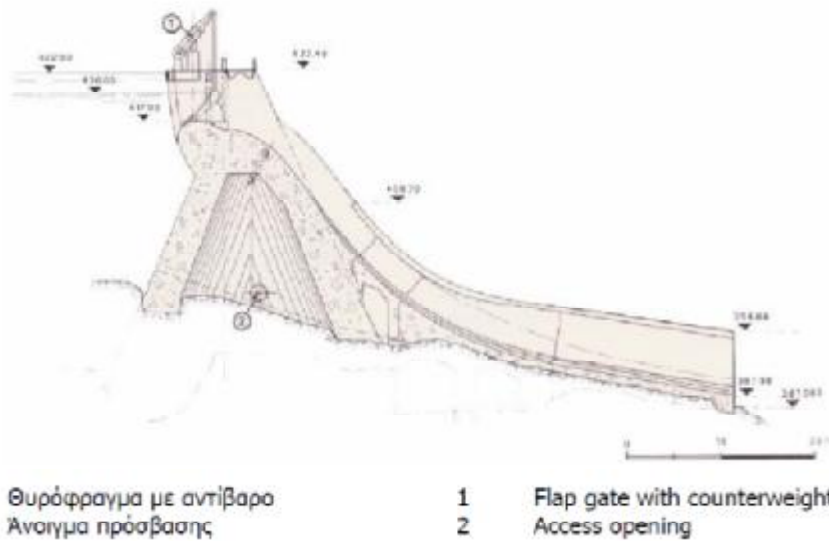
- |   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| 1 | Φράγμα   | 1 | Dam                                    |
| 2 | Στοά παρακολούθησης                                | 2 | Inspection gallery                     |
| 3 | Στοά αποστράγγισης                                 | 3 | Drainage gallery                       |
| 4 | Είσοδος εκκενωτή πυθμένα                           | 4 | Bottom outlet                          |
| 5 | Κοιτόστρωση σκυροδέματος με καταστροφείς ενέργειας | 5 | Concrete apron with energy dissipators |

Εικόνα 5. Οριζοντιογραφία φράγματος Λούρου, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

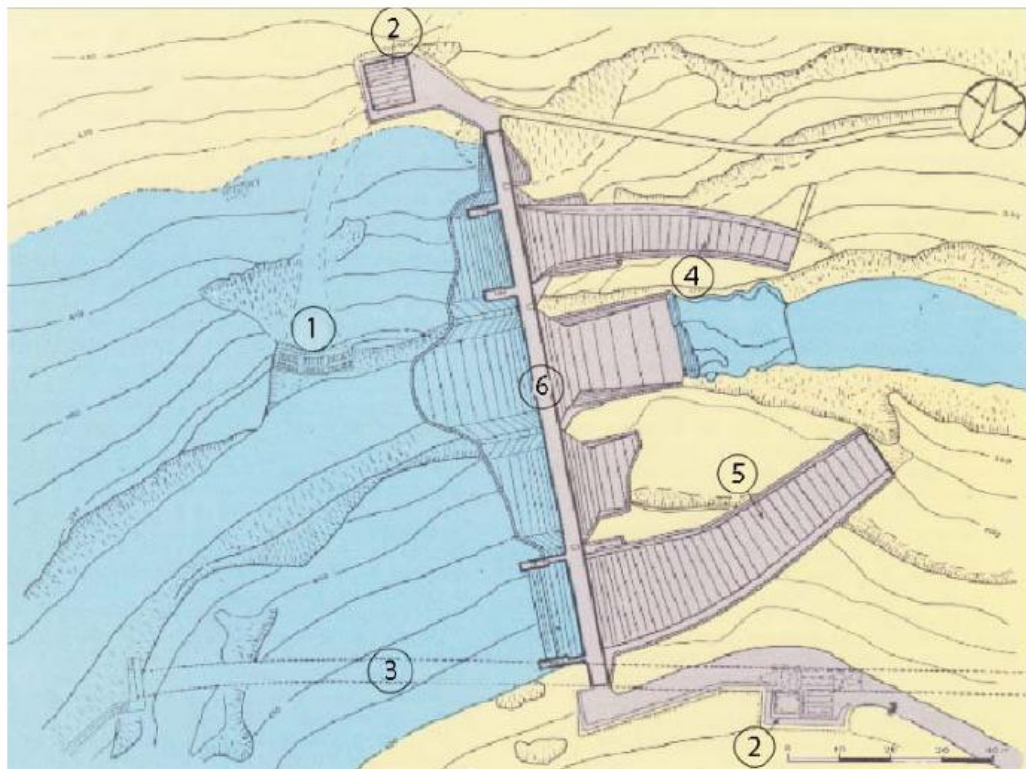
## Ø Φράγμα Λάδωνα

Θέση : 37°45'27.16" N , 21°58'17.40" E

Κύριος του έργου	ΔΕΗ Α.Ε
Τύπος φράγματος	Αντηριδωτό
Ύψος φράγματος	56 m
Μήκος στέψης	102 m
Όγκος φράγματος	$34 * 10^3 m^3$
Χωρητικότητα φράγματος	$57,6 * 10^6 m^3$
Επιφάνεια ταμιευτήρα	$4 km^2$
Εμβαδόν λεκάνης απορροής	(*) $km^2$
Παροχή σχεδιασμού υπερχειλιστή	$760 m^3 / s$
περάτωση	1955



Εικόνα 6. Τομή φράγματος Λάδωνα περιοχή Πήδημα (Πελοπόννησος), (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).



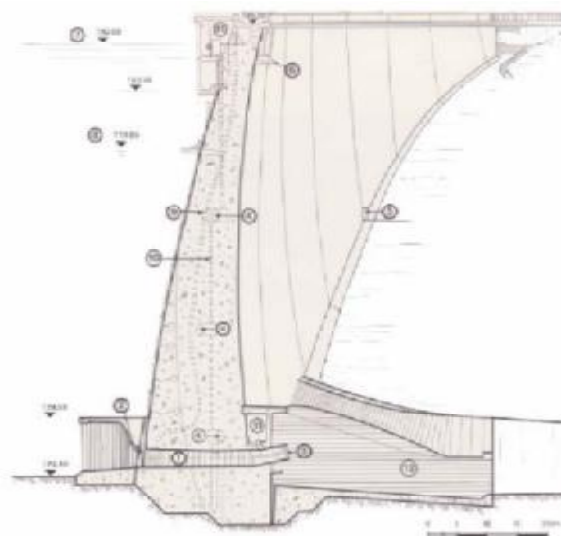
1	Υδροληψία	1	Intake structure
2	Θάλαμος θυροφραγμάτων	2	Gate chamber
3	Σήραγγα Εκτροπής & Εκκενωτής Πυθμένα	3	Diversion Tunnel and Bottom Outlet
4	Υπερχειλιστής αριστερής όχθης	4	Left bank spillway
5	Υπερχειλιστής δεξιάς όχθης	5	Right bank spillway
6	Στέψη	6	Crest

Εικόνα 7. Οριζοντιογραφία φράγματος Λάδωνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

### Ø Φράγμα Ταυρώπου

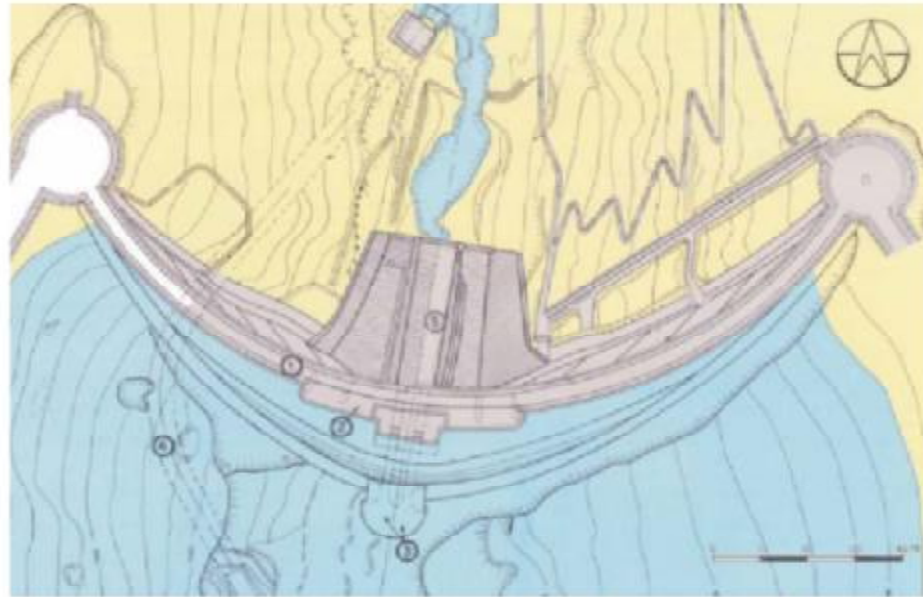
Θέση : 39°14'19.18" N , 21°44'41.84" E

Κύριος του έργου	ΔΕΗ Α.Ε
Τύπος φράγματος	Τοξωτό
Ύψος φράγματος	83 m
Μήκος στέψης	220 m
Όγκος φράγματος	100 * 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
Χωρητικότητα φράγματος	400 * 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Επιφάνεια ταμιευτήρα	25,2 km <sup>2</sup>
Εμβαδόν λεκάνης απορροής	(167) km <sup>2</sup>
Παροχή σχεδιασμού υπερχειλιστή	460 m <sup>3</sup> / s
περάτωση	1959



1	Εκκενωτής πυθμένα	1	Bottom outlets
2	Κυλιόμενο θυρόφραγμα	2	Roller gates
3	Δικλίδα κοίλης φλέβας	3	Hollow-jets valves
4,5	Στοά παρακαλούθησης, Είσοδος στοάς	4,5	Inspection gallery, Access to gallery
6	Υπερχειλιστής	6	Spillway
7, 8	Α.Σ.Λ, Κ.Σ.Λ	7,8	Max., Min. power pool level
9,10	Αερισμός, Φρέατα εκκρεμών	9,10	Air vent, Pendulum shafts
11	Θάλαμος θυροφραγμάτων	11	Gate chamber
12	Καιτόστρωση σκυροδέματος	12	Concrete apron

Εικόνα 8.Τομή Φράγματος Ταυρώπου στη Θεσσαλία, (Γ.Ντούνας, κ.α., 2013).



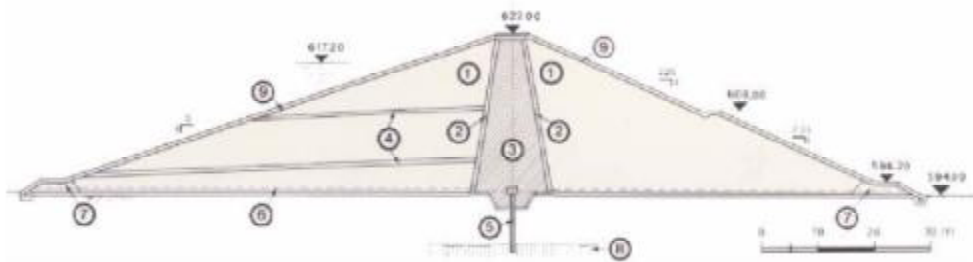
- |      |  |      |   |
|------|--|------|---|
| 1, 2 | Στέψη φράγματος, Υπερχειλιστής                   | 1, 2 | Dam crest, Spillway                         |
| 3    | Εκκενωτής πυθμένα                                | 3    | Bottom outlet                               |
| 4    | Σήραγγα εκτροπής με εκτινασσόμενο χαλύβδινο πώμα | 4    | Diversion tunnel with explodable steel plug |
| 5    | Κοιτόστρωση σκυροδέματος                         | 5    | Concrete apron                              |

Εικόνα 9. Οριζοντιογραφία φράγματος Ταυρώπου, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

### Ø Φράγμα Πέρδικα

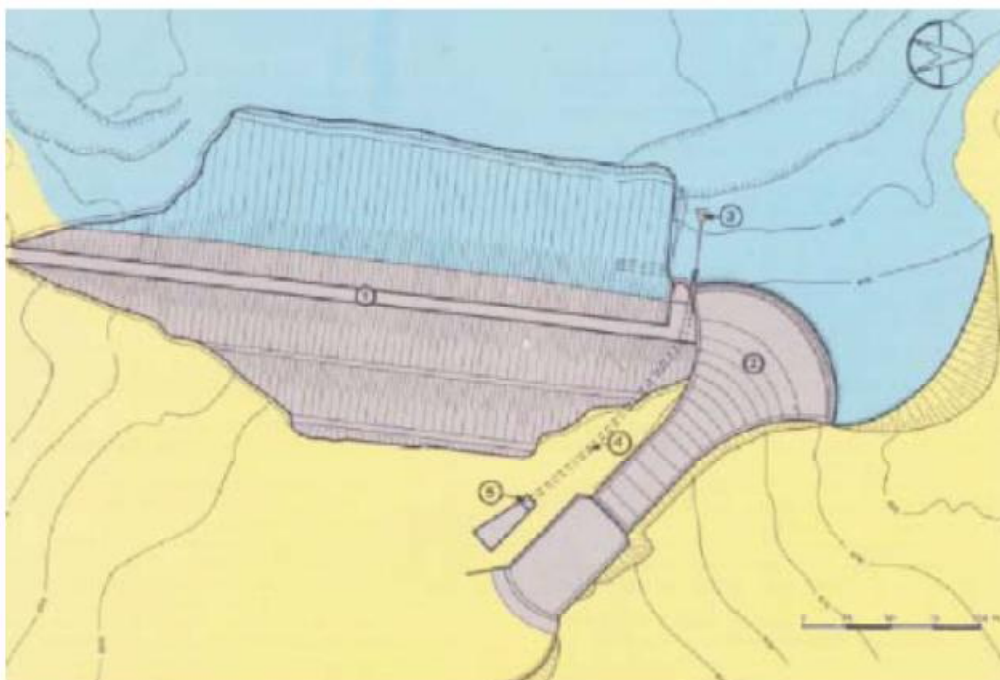
Θέση : 40°33'54.80"N , 21°40'31.16"E

Κύριος του έργου	ΥΠ. ΑΝ
Τύπος φράγματος	Χωμάτινο με κεντρικό πυρήνα
Ύψος φράγματος	30 m
Μήκος στέψης	352 m
Όγκος φράγματος	530 * 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
Χωρητικότητα φράγματος	10 * 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Επιφάνεια ταμιευτήρα	1.175 km <sup>2</sup>
Εμβαδόν λεκάνης απορροής	148,5 km <sup>2</sup>
Παροχή σχεδιασμού υπερχειλιστή	680 m <sup>3</sup> / s
περάτωση	Αστοχία ταμιευτήρα 1962



- |   |                           |   |                          |
|---|---------------------------|---|--------------------------|
| 1 | Ημιπερατά σώματα          | 1 | Semi-pervious            |
| 2 | Φίλτρο                    | 2 | Filter                   |
| 3 | Πυρήνας                   | 3 | Core                     |
| 4 | Στραγγιστήρια             | 4 | Drainage layers          |
| 5 | Διάφραγμα σκυροδέματος    | 5 | Concrete diaphragm       |
| 6 | Αρχική επιφάνεια εδάφους  | 6 | Original ground          |
| 7 | Λιθορριπή                 | 7 | Rock-fill                |
| 8 | Αδιαπέρατο στρώμα λιγνίτη | 8 | Impervious lignite layer |
| 9 | Λιθόκτιστη επένδυση       | 9 | Dry masonry revetment    |

Εικόνα 10. Τομή φράγματος Πέρδικα στη Κοζάνη, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).



- |   |                       |   |                      |
|---|-----------------------|---|----------------------|
| 1 | Στέψη                 | 1 | Crest                |
| 2 | Υπερχειλιστής         | 2 | Spillway             |
| 3 | Υδροληψία             | 3 | Intake tower         |
| 4 | Στοά αγωγού           | 4 | Gallery for conduits |
| 5 | Θάλαμος θυροφράγματος | 5 | Gate chamber         |

Εικόνα 11. Οριζοντιογραφία φράγματος Πέρδικα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

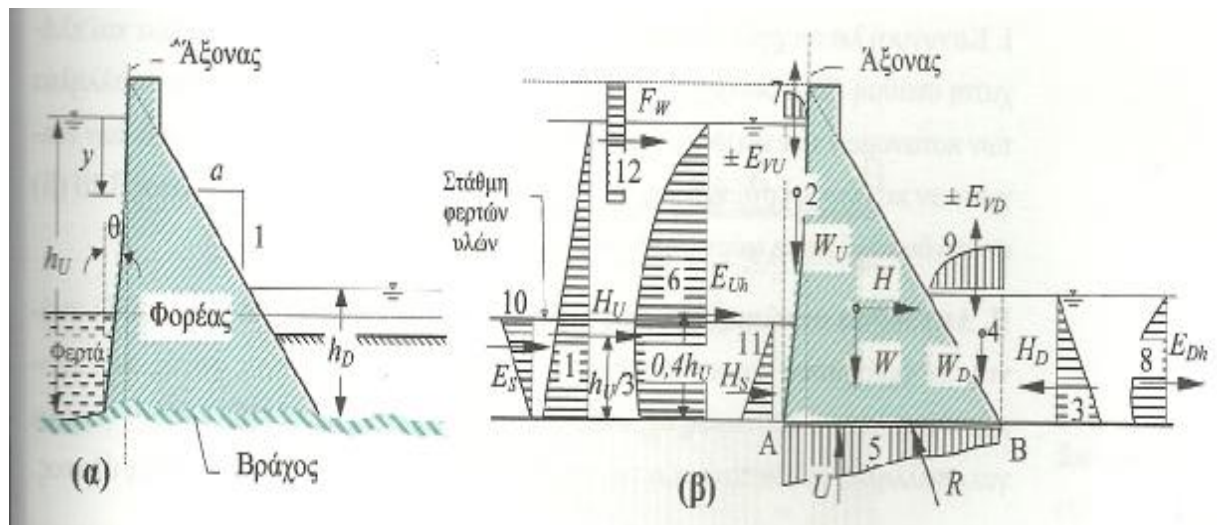


## 1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

Ανάλογα τον τρόπο και το υλικό κατασκευής, τα φράγματα χωρίζονται σε (I.CO.L.D., 2000).:

1. Φράγματα βαρύτητας.
2. Αντηριδωτά.
3. Τοξωτά.
4. Χωμάτινα.
5. Λιθόρριπτα.
6. Μικτά – συνδυασμός των ανωτέρω.

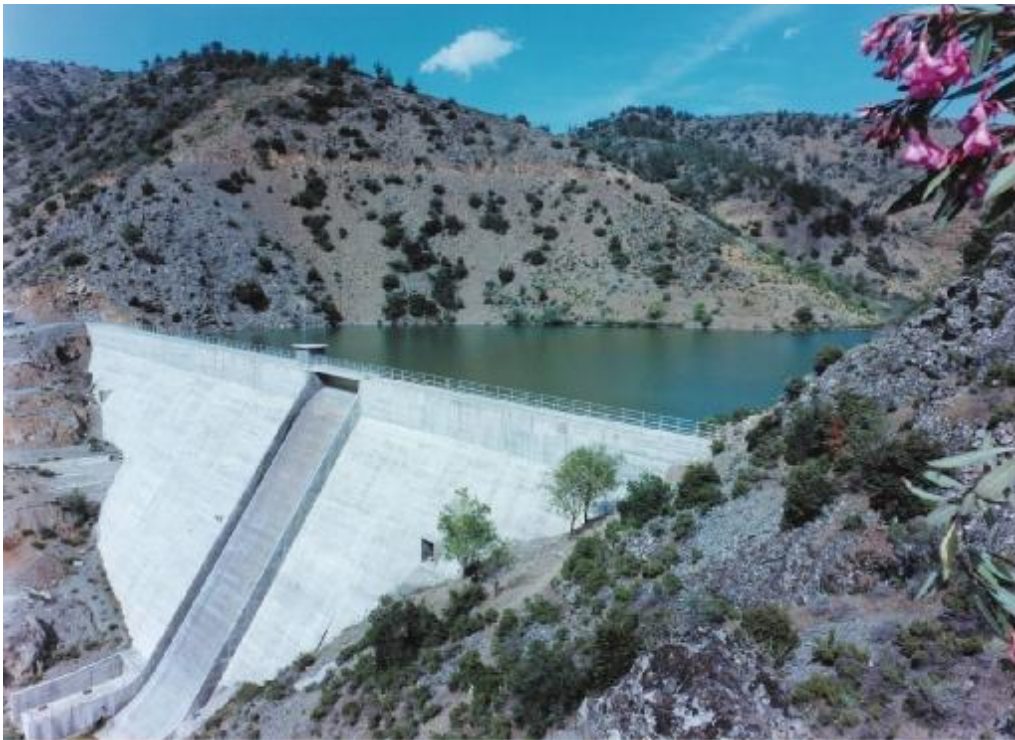
Τα **φράγματα βαρύτητας** επιλέγονται σε μέρη όπου το έδαφος θεμελίωσης είναι αρκετά υγιές και ανθεκτικό (βράχος). Συνήθως είναι υπερχειλιζόμενα. Σύμφωνα με τη γεωμετρική τους κατασκευή τα φράγματα βαρύτητας από σκυρόδεμα μπορεί να είναι ευθύγραμμο ή καμπύλο σε κάτοψη. (Βγενοπούλου. Ε., Σημειώσεις Μαθήματος).



Εικόνα 12. (α) εγκάρσια τομή, (β) ασκούμενες δυνάμεις, (Δ.Θεοδωρακόπουλος κ.α., 2003).

Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται οι δυνάμεις που είναι πιθανόν να ασκηθούν στη κατασκευή και συγκεκριμένα στο φορέα του φράγματος.

Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα φραγμάτων βαρύτητας από σκυρόδεμα:



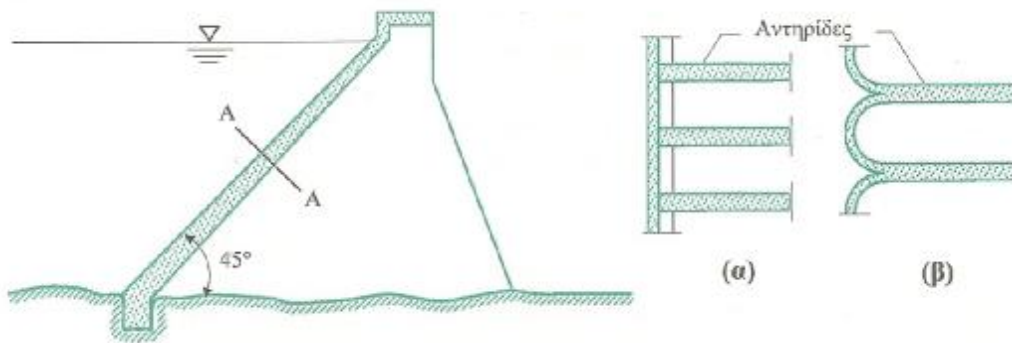
Εικόνα 13. Φράγμα Παλαιοχωρίου στη Θεσπρωτία, (ιστότοπος: [www.jandrcy.com](http://www.jandrcy.com) - Εταιρία Ιωάννου-Παρασκευίδης).



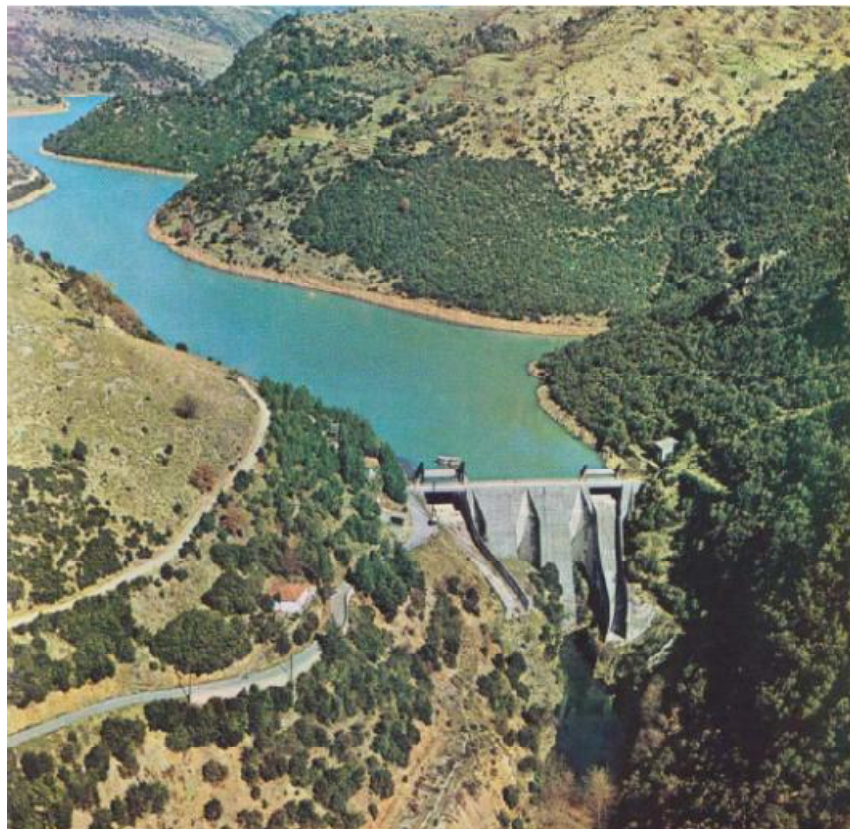
Εικόνα 14. Φράγμα Λυμπίας Κύπρου, (ιστότοπος: [www.moa.gov.cy.gr](http://www.moa.gov.cy.gr) ).

Τα **αντηριδωτά φράγματα** ή φράγματα με αντηρίδες, είναι κατασκευασμένα από σκυρόδεμα. Το πλεονέκτημα τους έναντι των βαρύτητας είναι ότι χρειάζονται λιγότερη ποσότητα σκυροδέματος. Στις μέρες μας δεν επιλέγεται συνήθως αυτός ο τρόπος κατασκευής. Απαιτεί πολύ μεγάλη προσοχή στην τοποθέτηση του ξυλότυπου. (Βγενοπούλου. Ε., Σημειώσεις Μαθήματος).

Στις Εικόνες 15 και 16 παρουσιάζονται αντηριδωτά φράγματα από σκυρόδεμα.



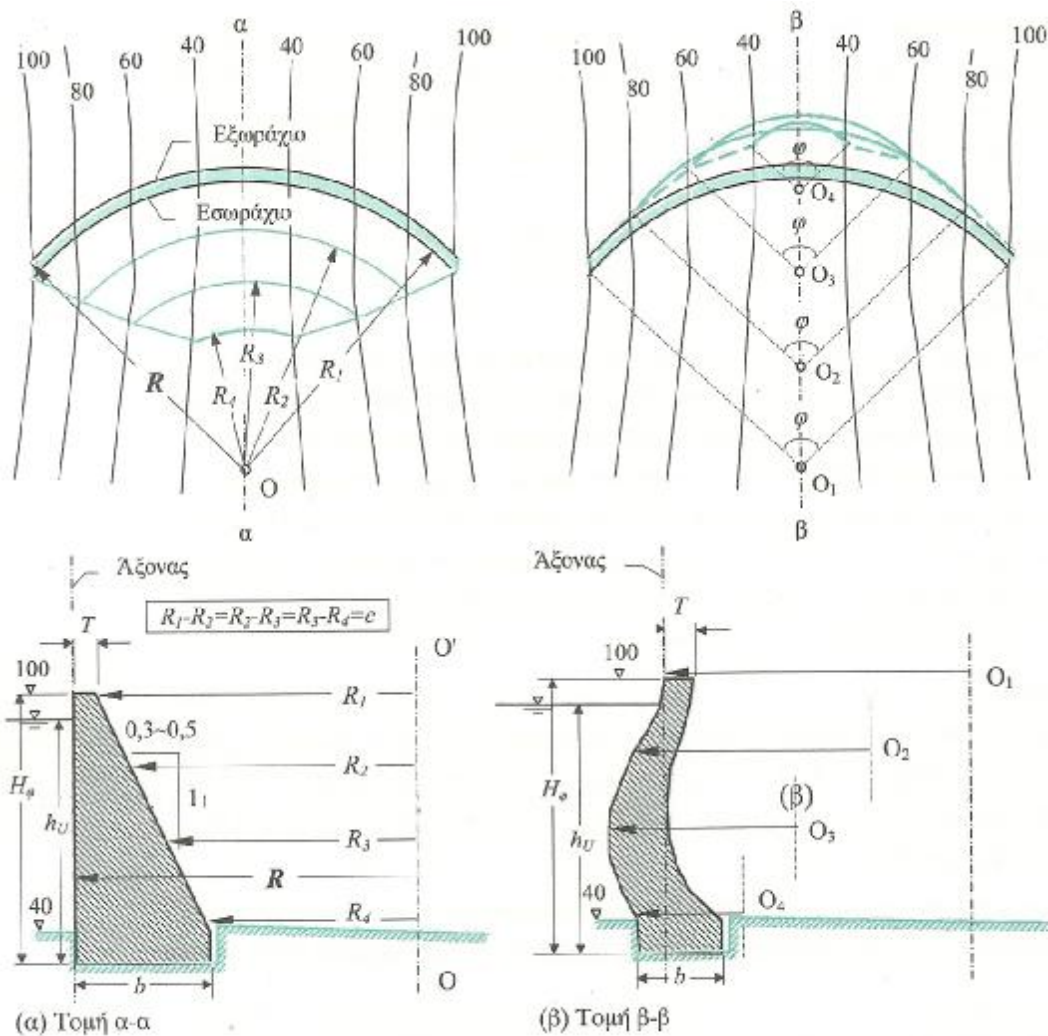
Εικόνα 15. Τυπική διατομή φράγματος, (Δ. Θεοδωρακόπουλος κ.α., 2003).



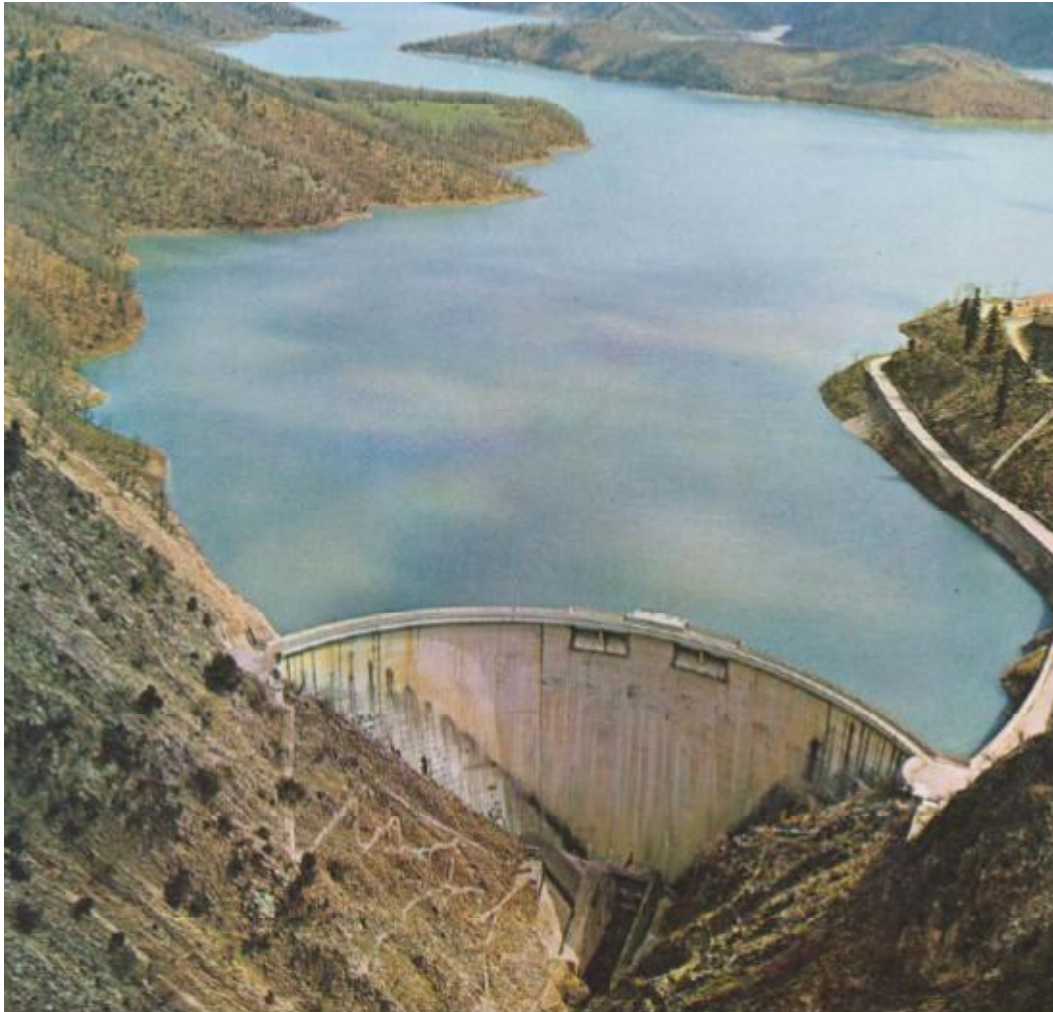
Εικόνα 16. Φράγμα Λάδωνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

Μια άλλη κατηγορία φραγμάτων είναι τα **τοξωτά φράγματα** που βρίσκουν εφαρμογή σε τοποθεσίες όπου ο λόγος του πλάτους με το ύψος του φράγματος είναι μικρός, κατασκευάζεται σε φαράγγια ή ρεματιές. Απαιτεί το έδαφος που θα εδραστεί να έχει μεγάλη αντοχή ώστε να μπορεί να παραλάβει τα φορτία από το τόξο του φορέα. (Βγεντοπούλου. Ε., Σημειώσεις Μαθήματος).

Τα τοξωτά φράγματα χωρίζονται στα σταθερού και στα μεταβλητού κέντρου όπως φαίνεται στις Εικόνες 17 και 18.

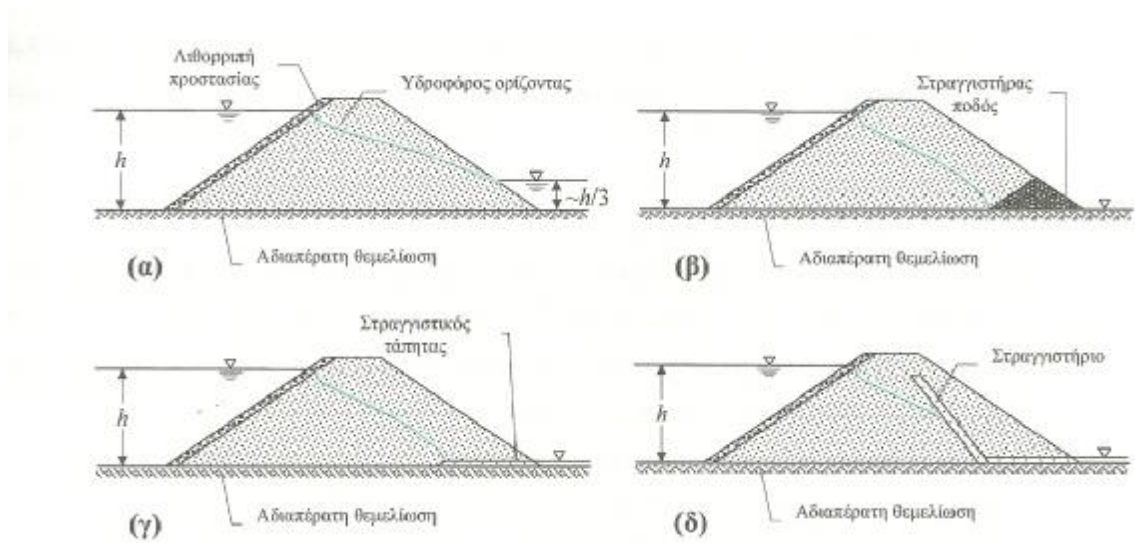


Εικόνα 17. (α) σταθερού κέντρου , (β) μεταβλητού κέντρου, (Δ. Θεοδωρακόπουλος κ.α., 2003).

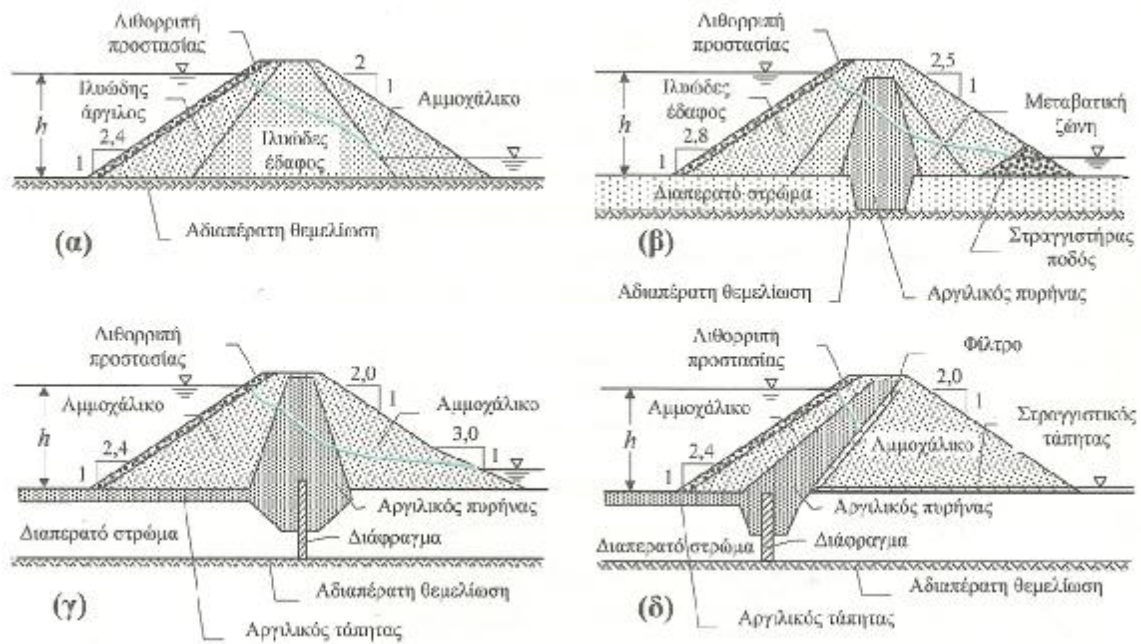


Εικόνα 18. Φράγμα Ταυρώπου, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

Αναφορικά με τα **χωμάτινα φράγματα**, αυτά κατασκευάζονται από υλικά που βρίσκονται κοντά στον τόπο κατασκευής. Παρουσιάζουν μικρότερες απαιτήσεις για την θεμελίωση τους από ότι τα φράγματα από σκυρόδεμα. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι ότι συνεχώς μειώνεται το κόστος κατασκευής τους με την εξέλιξη των σκαπτικών μηχανημάτων. Παρουσιάζουν μεγάλα μειονεκτήματα όπως προβλήματα από φωλιές ζώων και ότι απαιτούνται αρκετά συμπληρωματικά έργα. Στις Εικόνες 19 έως 25 παρουσιάζονται τυπικές διατομές χωμάτινων φραγμάτων. (Βγενοπούλου. Ε., Σημειώσεις Μαθήματος).



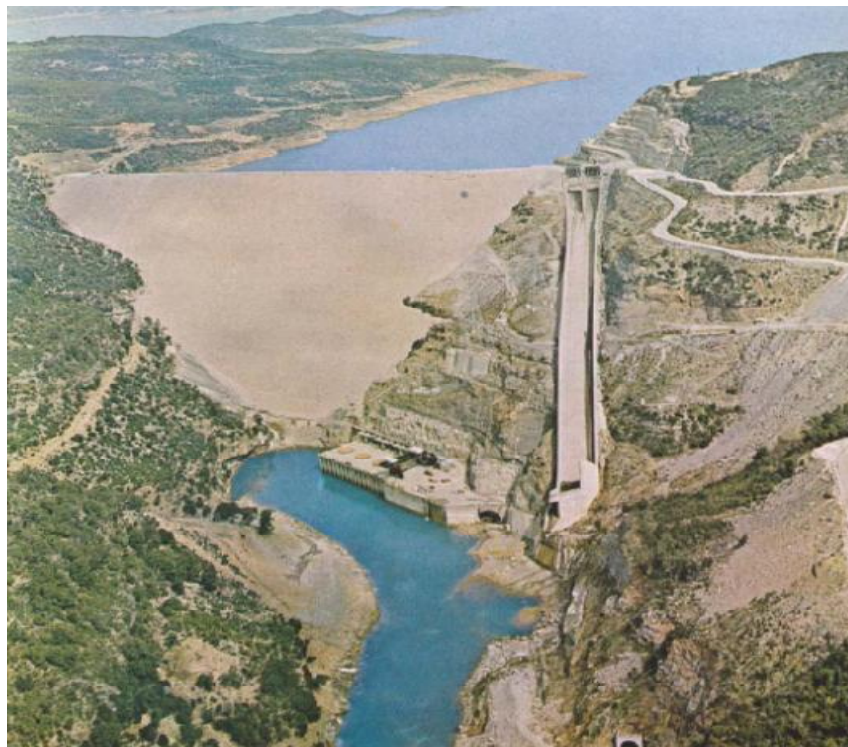
Εικόνα 19. (α) πλήρως ομοιογενές, (β) με στραγγιστήρια ποδός, (γ) με στραγγιστικό τάπητα, (δ) με κεκλιμένο στραγγιστήριο και στραγγιστικό τάπητα, (Δ. Θεοδωρακόπουλος κ.α., 2003)



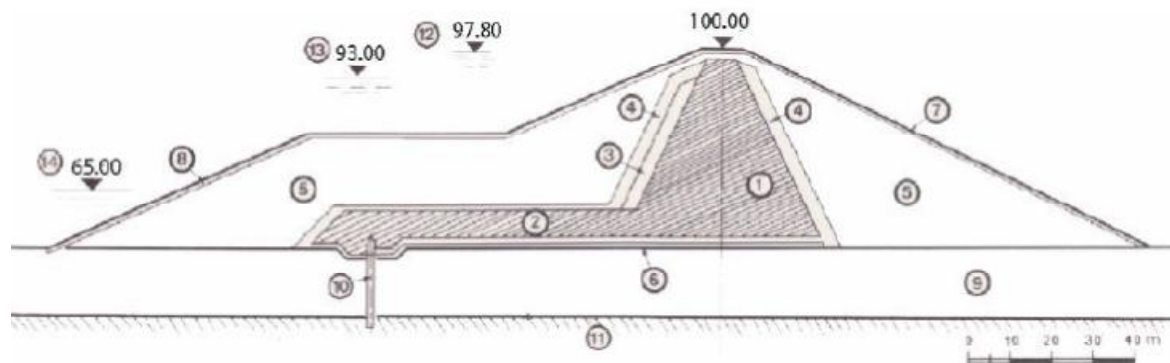
Εικόνα 20. (α) διατομή απλών ζωνών, (β) με στραγγιστήρια ποδός και αργιλικό πυρήνα, (γ) με στεγανό αργιλικό τάπητα και διάφραγμα, (δ) όπως η (γ) αλλά με πυρήνα τοποθετημένο προς την ανάντη πλευρά, (Δ. Θεοδωρακόπουλος κ.α., 2003).



Εικόνα 21. Φράγμα Πέρδικας , χωμάτινο με κεντρικό πυρήνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).



Εικόνα 22. Φράγμα Κρεμαστών ,χωμάτινο με κεντρικό πυρήνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).



1	Πυρήνας	1	Core
2	Αργιλικός μανδύας	2	Clay blanket
3,4	Μεταβατική ζώνη, Φίλτρο	3,4	Transition zone, Filter
5	Κελύφη (αμμοχάλικα)	5	Shells (sanded gravel)
6	Χονδρόκοκκο φίλτρο	6	Coarse filter
7	Χλοτάπητας	7	Variety of planted grass
8	Ζώνη κυματοπροστασίας	8	Rip-rap
9	Αλλούβια	9	Alluvium
10	Διάφραγμα από σκυρόδεμα	10	Concrete diaphragm
11	Αργιλώδης μάργα	11	Clayey marl
12	Α.Σ.Π.	12	Max.flood level
13,14	Α.Σ.Λ, Κ.Σ.Λ	13,14	Max., Min. pool level

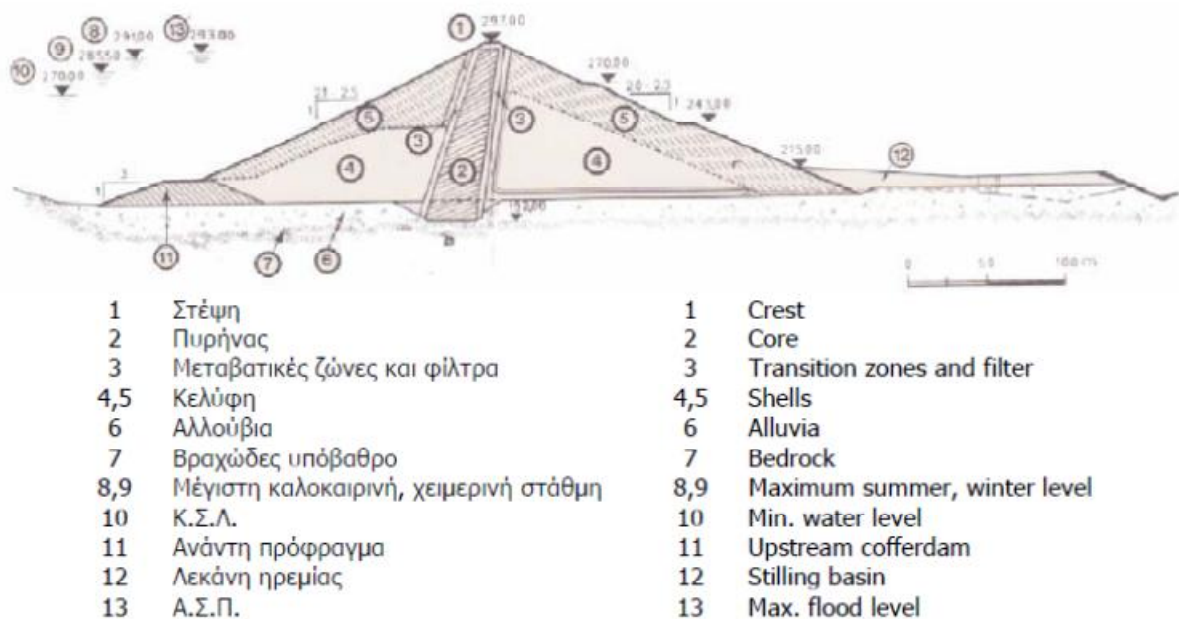
Εικόνα 23. Τομή Φράγματος Πηνειού Ηλείας, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

Τα **λιθόρριπτα φράγματα** κατασκευάζονται από λίθους. Το μέγεθος των λίθων δεν είναι τυχαίο αλλά προκαθορίζεται σύμφωνα με την μελέτη και επιδιώκουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διαβάθμιση. Η στεγανοποίηση γίνεται με την τοποθέτηση μεμβράνης, η οποία μπορεί να είναι φτιαγμένη είτε από σκυρόδεμα ή ασφαλτικό σκυρόδεμα. Απαιτείται πολύ καλό έδαφος θεμελίωσης. Η διαφορά του από το χωμάτινο φράγμα είναι όταν αποτελείται από 40 – 50 % από λιθόρριπτο υλικό. Δεν είναι υπερχειλιζόμενα, όπως και τα χωμάτινα και απαιτείται να κατασκευαστεί υπερχειλιστής ξεχωριστά, για την απομάκρυνση των ποσοτήτων ύδατος που προκαλούνται από τις πλημμυρικές παροχές. (Βγενοπούλου. Ε., Σημειώσεις Μαθήματος).





Εικόνα 24. Φράγμα Πολυφύτου Κοζάνης, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).



Εικόνα 25. Τομή φράγματος πολυφύτου, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

Ανάλογα με την χρησιμότητα τους, τα φράγματα κατατάσσονται σε απλής και διπλής σκοπιμότητας. Η διπλή σκοπιμότητα προσδίδεται στην κατασκευή όταν παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται μέσω της πτώσης του νερού που προέρχεται από τον ταμιευτήρα πάνω στα πτερύγια ενός υδροστρόβιλου, όπου γυρίζοντας τον, παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

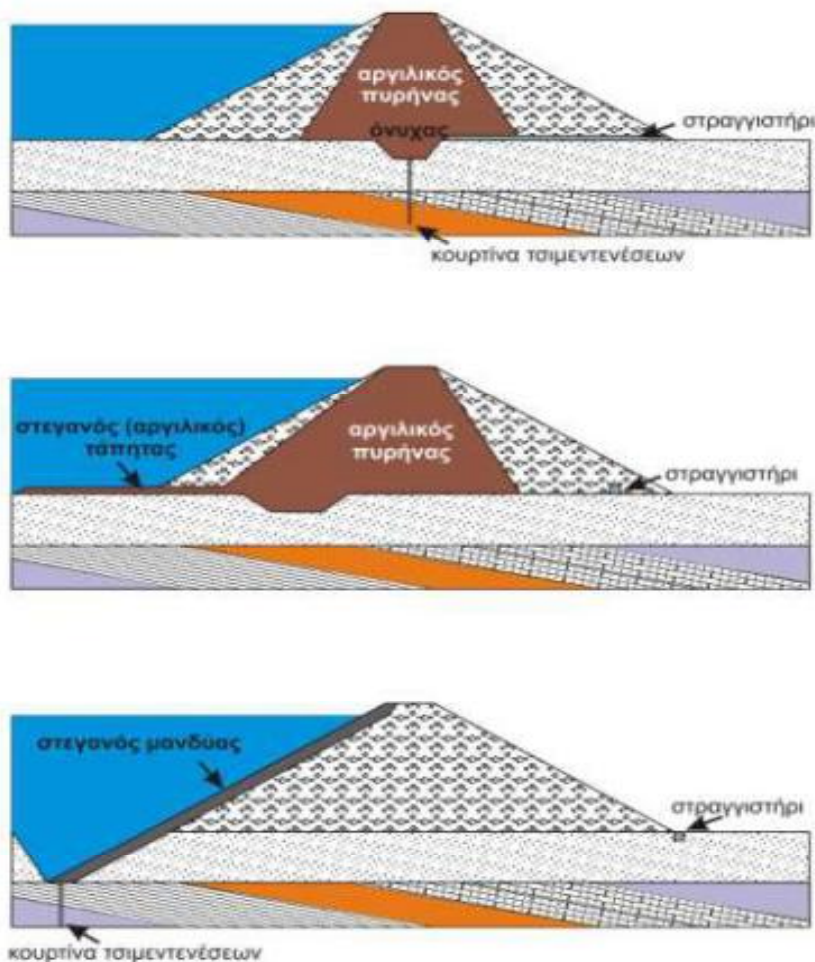
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

### 2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται χαρακτηριστικές διατομές λιθόρριπτων φραγμάτων.

Τα κύρια είδη λιθόρριπτων φραγμάτων, περιλαμβάνουν :

- i. Με αργιλικό πυρήνα κουρτίνα τσιμεντενέσεων και στραγγιστήρι.
- ii. Με αργιλικό πυρήνα διαφορετικών ανάντη και κατόντη κλίσεων, στεγανό τάπητα και στραγγιστήρι.
- iii. Ομογενές φράγμα με ανάντη στεγανό μανδύα κουρτίνα τσιμεντενέσεων και στραγγιστήρι.



Εικόνα 26.Σκαριφήματα λιθόρριπτων φραγμάτων, (Θ. Μακεδών).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ειδικές υποκατηγορίες, λιθόρριπτων φραγμάτων με βάσει τον τρόπο κατασκευής και λειτουργίας τους.

## 2.2 ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΜΕ ΑΝΑΝΤΗ ΠΛΑΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Πολλές εφαρμογές του τύπου «λιθόρριπτου» φράγματος με ανάντη πλάκα σκυροδέματος συναντώνται στην παγκόσμια κατασκευαστική δραστηριότητα. Εμπειρίες από φράγματα μεγάλου ύψους όπως το 200m ύψους Karahnjukar στην Ισλανδία, το CamposNovos ύψους 202m (κατασκευή 2001 έως 2006) και το 185m ύψους BarraGrande στην Βραζιλία, έχουν σημαντικά συμβάλει στην κατανόηση της συμπεριφοράς των υψηλών επιχωμάτων και της πλάκας υπό την φόρτιση του ταμιευτήρα.

Στην Ελλάδα και ιδιαίτερα στην Θεσσαλία έχουν κατασκευασθεί τα φράγματα Μεσοχώρας (ύψους 150m) και Παναγιώτικο (ύψους 45m). Ο σχεδιασμός του έργου Μεσοχώρας έγινε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 και το έργο στο Παναγιώτικο προς τα τέλη της. Και στα δύο έργα εφαρμόστηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά του σχεδιασμού των CFRD's όπως αυτά καθορίστηκαν και αναφέρονται από τη μελέτη του έργου (Fitzpatrick&al.1985).

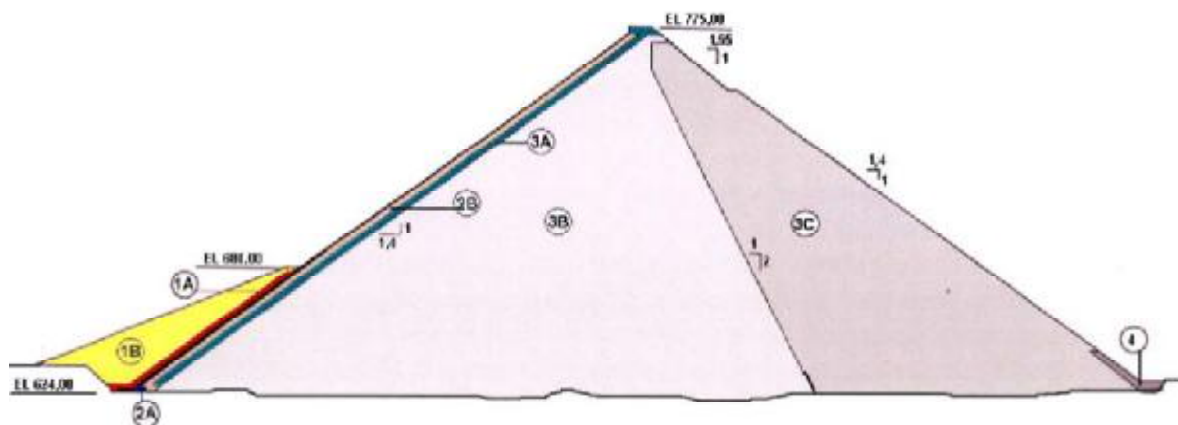
- i. Την πλάκα σκυροδέματος, πάχους μεταβαλλόμενου ανάλογα με το ύψος νερού, με ειδικά σχεδιασμένους κατακόρυφους αρμούς.
- ii. Το συμπυκνωμένο λιθόρριπτο επίχωμα με τις μεταβατικές ζώνες, ικανό να παροχετεύσει χωρίς προβλήματα σημαντικές παροχές διαμέσου του σώματος του χωρίς την ανάπτυξη πίεσης πόρων.
- iii. Την πλίνθο, εδραζόμενη σε υγιή βράχο, με πλάτος υπολογισμένο ανάλογα με το υδραυλικό φορτίο και τον αρμό πλίνθου-πλάκας ικανό να παραλάβει τις παραμορφώσεις.

Στη Μεσοχώρα η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου φράγματος, υπαγορεύτηκε από τεχνικοοικονομικά κριτήρια ένα από τα οποία είναι η ανυπαρξία εκμεταλλεύσιμου αργιλικού υλικού στην κοντινή περιοχή του έργου.

Το υδροηλεκτρικό Έργο της Μεσοχώρας είναι το πρώτο κατά την ροή έργο ταμίευσης και αξιοποίησης των νερών του ποταμού Αχελώου. Περιλαμβάνει: (Ι. Θανόπουλος, Ν. Καζίλης, Σ. Φελέκος.,1992).

1. ένα λιθόρριπτο φράγμα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος.
2. έναν υπερχειλιστή τύπου ανοικτής διώρυγας δυνατότητας παροχέτευσης  $3000 \text{ m}^3/\text{sec}$ .
3. σήραγγα προσαγωγής, μήκους 7,4 km.
4. σταθμό παραγωγής 2 x 80MW.

Οι Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος σε δημοσίευση τους αναφέρουν, ότι το φράγμα, ύψους 150m, είναι το πρώτο λιθόρριπτο επίχωμα με πλάκα σκυροδέματος στην Χώρα μας και όταν κατασκευάσθηκε ήταν το υψηλότερο φράγμα του τύπου αυτού στην Ευρώπη. Το απόλυτο υψόμετρο της στέψης είναι 775,00m και το μήκος της 300 m. Ο συνολικός όγκος του επιχώματος είναι περίπου  $5,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Η κλίση ανάντη είναι 1,4:1 (ορ:κατ) ενώ κατόντη 1,4:1 μεταβαλλόμενη προς 1,55:1 στα 40 τελευταία μέτρα προς τη στέψη. Η αλλαγή αυτή έγινε αφού είχε ληφθεί υπόψη η σεισμική καταπόνηση και η ενίσχυση του σεισμικού κύματος κοντά στην στέψη λόγω της στενής κοιλάδας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 27.



Εικόνα 27.Σκαριφήμα φράγματος Μεσοχώρας., «Λιθόρριπτα Φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος»,( Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος ).

Στο παρακάτω πίνακα παραθέεται η ερμηνεία του σκαριφήματος της Εικόνας 27.

1A	Αδιαπέρατα υλικά από δανειοθαλάμους
2A	Ειδικό υλικό φίλτρου διαβαθμισμένο από αμμοχάλικα ποταμού
3A	Επιλεγμένο υλικό λιθορριπής από λατομεία η απαιτούμενες εκσκαφές.
3C	Υλικό λιθορριπής από λατομεία η απαιτούμενες εκσκαφές.
1B	Τυχαία υλικά .Προϊόντα εκσκαφών η υλικά από δανειοθαλάμους.
2B	Αμμοχάλικα ποταμού διαβαθμισμένα και εμπλουτισμένα.
3B	Υλικό λιθορριπής από λατομεία η απαιτούμενες εκσκαφές.
4	Επιλεγμένο υλικό λιθορριπής από λατομεία η απαιτούμενες εκσκαφές.

Τα υλικά κατασκευής προέρχονται κυρίως από ασβεστολιθικά λατομεία που βρίσκονται στην κατακλυζόμενη ζώνη. Συνολικά  $5,4 \times 10^6 \text{ m}^3$  λιθορριπής τοποθετήθηκαν στο επίχωμα.

Η ανάντη πλάκα από σκυρόδεμα έχει πάχος  $0.3+0.003 H$  (m) όπου H το υδραυλικό φορτίο σε μέτρα νερού (30cm στη στέψη, 75cm στην κοίτη). Η πλάκα κατασκευάστηκε μετά την ολοκλήρωση του επιχώματος από σκυρόδεμα C20/25 και έχει κατακόρυφους κατασκευαστικούς αρμούς ανά 15m, χωρίς συνέχεια οπλισμού. Ο οπλισμός τοποθετείται στο μέσον της διατομής και έχει επιφάνεια ίση με το 0.4% της διατομής σκυροδέματος.

Οι σκυροδετήσεις ήταν συνεχείς, αρχίζοντας από την επαφή με την πλίνθο και καταλήγοντας στην στέψη. Μία περίπου εβδομάδα συνεχούς σκυροδέτησης απαιτείτο για την ολοκλήρωση των μεσαίων πλακών, με μέση ταχύτητα σκυροδέτησης τα 1,7m/hr. Ο ειδικός αναρριχόμενος μεταλλότυπος που κατασκευάστηκε για το έργο περιελάμβανε διάταξη διανομής του σκυροδέματος, εξέδρες εργασιών συμπύκνωσης και φινιρίσματος και διάταξη συντήρησης( Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος).

Ειδικότερα στοιχεία για την κατασκευή του έργου λιθόρριπτου φράγματος δίδονται από τη μελέτη του έργου και παρουσιάζονται λεπτομερώς παρακάτω. Σκοπό αποτελεί η κατανόηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που διαφοροποιούν ένα λιθόρριπτο φράγμα κατά τη κατασκευή και λειτουργία του.



Εικόνα 28.Ανάτη όψη του φράγματος Μεσοχώρας, «Λιθόρριπτα Φράγματα με ανάτη πλάκα σκυροδέματος», ( Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος).



Εικόνα 29.Μεταλλότυπος φράγματος Μεσοχώρας, «Λιθόρριπτα Φράγματα με ανάτη πλάκα σκυροδέματος», ( Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος).

Βάσει των Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος, τριών ειδών αρμοί κατασκευάστηκαν στο εν λόγω έργο:

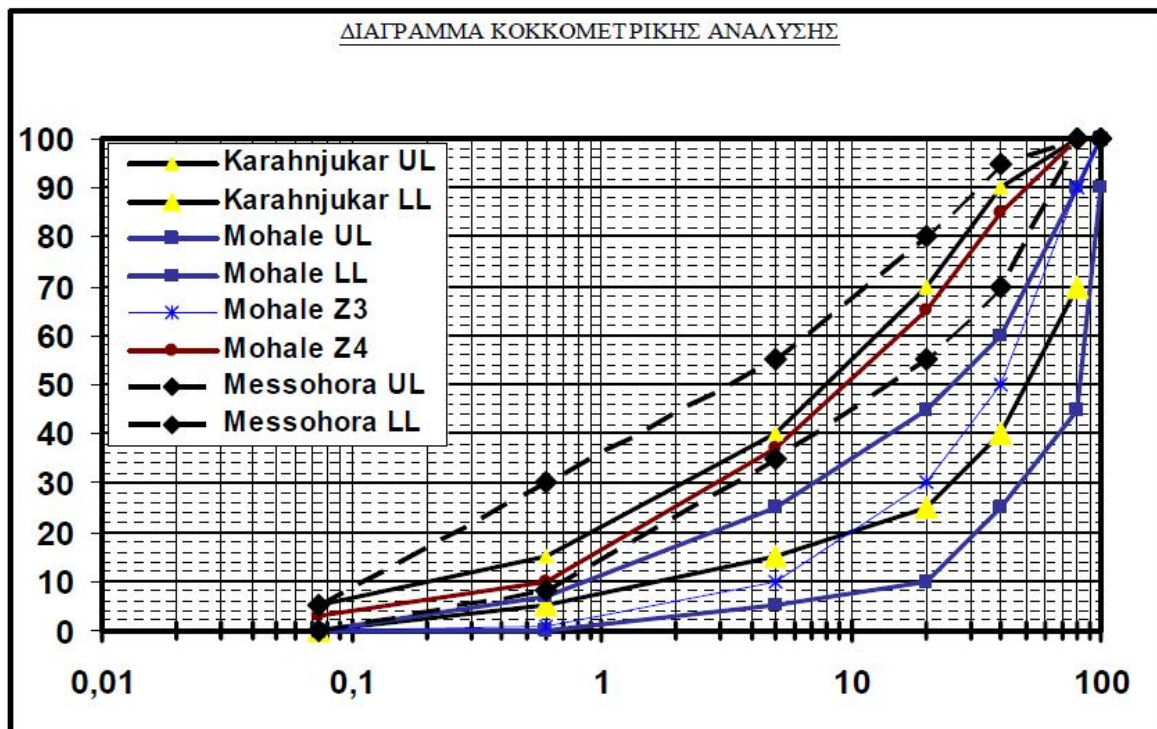
1. Αρμός πλάκας τύπου Β, εφελκυστικής καταπόνησης, στις υπόλοιπες θέσεις δεξιά και αριστερά των κεντρικών αρμών προς τα αντερείσματα. Η διάταξη των υλικών στον αρμό αυτό είναι ίδια με αυτή του αρμού τύπου Α με επιπλέον την επιφανειακή σφράγιση με ασφαλική μαστίχη τύπου "Igas".
2. Περιμετρικός αρμός πλίνθου-πλάκας, με σπλισμό, εκτός από την κεντρική εσχάρα και στις επιφάνειες επαφής των δύο στοιχείων. Στον αρμό ο οποίος αναμένεται να ανοίξει κατά μερικά εκατοστά κατά την πλήρωση της λίμνης, τοποθετήθηκε στεγανωτική ταινία χαλκού στην κάτω παρειά της πλάκας, υλικό τύπου "Flexcell" πάχους 12mm στην επιφάνεια επαφής των σκυροδεμάτων και επιφανειακή σφράγιση με ασφαλική μαστίχη τύπου "Igas".
3. Αρμός πλάκας τύπου Α, θλιπτικής καταπόνησης, στις 5 κεντρικές θέσεις μεταξύ των πλακών 10 και 12 και 14 και 15. Στον αρμό αυτό υπάρχει η στεγανωτική ταινία χαλκού αλλά δεν τοποθετήθηκε υλικό τύπου "Flexcell" στην επιφάνεια επαφής μεταξύ των γειτονικών πλακών, καθώς επίσης ούτε έγινε επιφανειακή σφράγιση με ασφαλική μαστίχη τύπου "Igas".

Οι μεταβατικές ζώνες ανάντη του φράγματος σύμφωνα με τους Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος, είναι:

Στην ανάντη επιφάνεια της πλάκας από το κατώτερο σημείο θεμελίωσης της πλίνθου στο υψόμετρο 624m και έως το υψόμετρο 680m το έχουμε την λεπτόκοκκη ζώνη 1Α ως πρόσθετη προστασία έναντι διαρροών (Διερχόμενα στο κόσκινο Νο200>30%). Το ιλυοαμμώδες αυτό υλικό αποτελεί μια τρίτη γραμμή άμυνας και έχει προβλεφθεί να διεισδύσει και να φράξει το άνοιγμα μιας πιθανής διαρροής.

Μία ζώνη πλάτους 4m (ζώνη 2Β) από επεξεργασμένο καλά διαβαθμισμένο αμμοχάλικο μέγιστου κόκκου 75mm κατασκευάστηκε στην ανάντη παρειά του επιχώματος, πριν την σκυροδέτηση της πλάκας, για να εξασφαλίσει την ομαλή κατανομή των φορτίων της. Η ζώνη αυτή έχει επίσης σαν στόχο να ελέγχει σε κάποιο βαθμό τις διαρροές που πιθανόν να εμφανισθούν από αστοχία κάποιου αρμού της πλάκας (λειτουργία φίλτρου ως προς το υλικό 1Α).

Όπως φαίνεται από την παρακάτω κοκκομετρία η ζώνη 2Β στο φράγμα Μεσοχώρας είναι σχετικά πλούσια σε άμμο (35 έως 55%), ενώ η αντίστοιχη ζώνη σε πιο σύγχρονα μεγάλα έργα είναι λιγότερο πλούσια σε κόκκους κάτω του Νο4.



Εικόνα 30.Κοκκομετρία ανάντη μεταβατικής ζώνης 2B σε σύγκριση με αυτή άλλων έργων, «Λιθόρριπτα Φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος»,( Palmi Johannesson, 2007).

Εκτός της οριζόντιας συμπύκνωσης της ζώνης 2B με τον 12t δονητικό συμπυκνωτή το υλικό συμπυκνώθηκε και στην ανάντη παρειά με ελαφρύτερο συμπυκνωτή κεκλιμένης επιφάνειας. Κατασκευαστικές πυκνότητες της τάξεως των 2,25 έως 2,30t/m<sup>3</sup> καταγράφηκαν στον ποιοτικό έλεγχο.

Κατάντη του αρμού πλίνθου-πλάκας και σε περιορισμένο πλάτος εκατέρωθεν, τοποθετήθηκε η ζώνη άμμου-αμμοχάλικου 2A με μέγιστο κόκκο 19,5mm ώστε να αποτελέσει φίλτρο συγκράτησης των λεπτόκοκκων της ζώνης 1A σε περίπτωση μεγάλων παραμορφώσεων. Η ζώνη 2A αναμείχθηκε με τσιμέντο σε αναλογία 5% για να προσφέρει καλύτερη υποστήριξη της πλάκας στην θέση του περιμετρικού αρμού.

Η μέγιστη καθίζηση στην διάρκεια της κατασκευής των επιχωμάτων των λιθόρριπτων φραγμάτων με πλάκα σκυροδέματος καταγράφεται στο μέσον περίπου του ύψους στην μέγιστη διατομή τους και λίγο πιο κατάντη από τον άξονα, λόγω της μικρότερης ακαμψίας της ζώνης 3C. Οι καθιζήσεις και τα συνεπαγόμενα μέτρα «ελαστικότητας» κατά την κατασκευή ( $E_{κατ}$ ) εξαρτώνται από μία σειρά παραμέτρων (ύψος στρώσης, ενέργεια συμπύκνωσης, ποσοστό λεπτοκόκκων) οι οποίες συνοψίζονται τελικά στην τιμή της πυκνότητας η τον δείκτη κενών του συμπυκνωμένου αναχώματος.

Χαρακτηριστικές τιμές του  $E_{κατ}$  για διάφορα έργα, αντίστοιχα του φράγματος Μεσοχώρας κινούνται μεταξύ 28 και 70MPa.

Στην διαμόρφωση της τιμής αυτής του μέτρου Ελαστικότητας σημαντικός είναι ο ρόλος της θραύσης των κόκκων υπό το βάρος των υπερκειμένων στρώσεων λιθορριπής. Το φαινόμενο εμφανίζεται μετά από κάποιο όριο πίεσης (0,5 έως 1 MPa) και αφορά κυρίως σε ανθεκτικού κόκκου υλικά, καθαρής λιθορριπής. Εφόσον ο δείκτης κενών διατηρηθεί σε τιμές κάτω του 0,30 το φαινόμενο της θραύσης των κόκκων ελαχιστοποιείται.

Με την πλήρωση του ταμιευτήρα η πίεση της λίμνης παραμορφώνει περαιτέρω το επίχωμα. Οι κύριες τάσεις στο σώμα του φράγματος, στην ανάντη περιοχή, τείνουν να γίνουν κάθετες και παράλληλες με την ανάντη παρειά. Η στροφή αυτή στην κατεύθυνση κύριας φόρτισης έχει σαν συνέπεια να εμφανίζεται το επίχωμα περισσότερο άκαμπτο, αφού η

διαδρομή του σημείου που απεικονίζει τις ενεργές τάσεις πλησιάζει στην ισότροπη κατάσταση φόρτισης.

Παρατηρήσεις σε μία σειρά φραγμάτων που λειτουργούν οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ο λόγος του μέτρου Ελαστικότητας κατά την πλήρωση προς αυτό της κατασκευής ( $E_{\text{πλ}}/E_{\text{κατ}}$ ) είναι της τάξης του 2 έως 2,9.

Η πλάκα παραμορφώνεται κατά την πλήρωση υποχωρώντας σε κατεύθυνση κάθετη προς το επίπεδό της, με την μέγιστη υποχώρηση να καταγράφεται στο μέσον περίπου του ύψους της. Στην περιοχή της στέψης, λόγω της μικρότερης ακαμψίας του κατάντη τμήματος του φράγματος (ζώνη 3C), παρατηρείται μια πιο έντονη μετακίνηση της πλάκας προς τα κατάντη, συνοδευόμενη από κάποια κάμψη και την εμφάνιση οριζόντιων εφελκυστικών ρηγματώσεων σε ορισμένα έργα, παράλληλων με τη στέψη (TSQ-1, Aquamilra)

Άλλη αιτία εφελκυστικών ρηγματώσεων που έχει παρατηρηθεί είναι η ανάπτυξη καμπτικών καταπονήσεων στην περιοχή της πλάκας κοντά στην πλίνθο, στην περίπτωση που υπάρχει έντονη μορφολογική μεταβολή του βράχου θεμελίωσης: Πράγματι, όταν το πάχος του επιχώματος μεταβάλλεται πολύ σε μικρή σχετικά απόσταση (μορφολογία χαράδρας) τότε η ανισομερής καθίζηση του επιχώματος ευνοεί την ανάπτυξη εφελκυστικών ρωγμών παράλληλων με την πλίνθο, σε απόσταση 10 έως 20m από αυτήν (Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος).

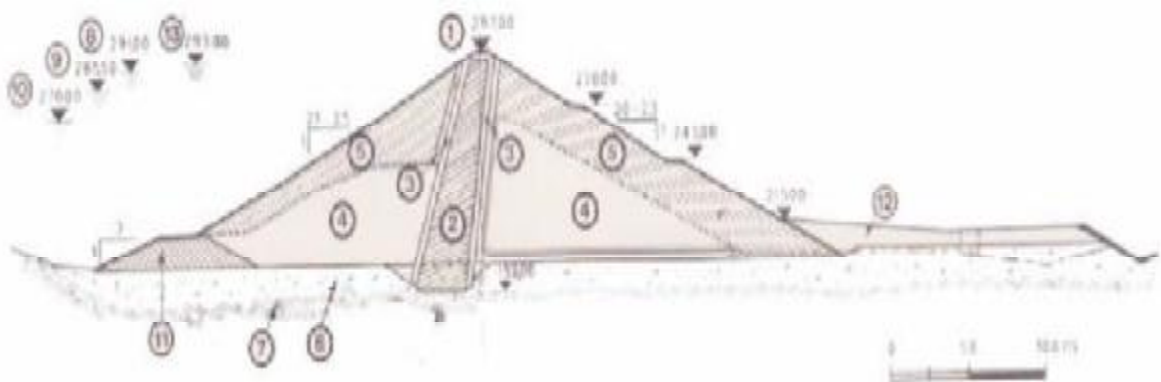
ΦΡΑΓΜΑ	Μέτρο Ελαστικότητας $E_{\text{κατ}}$ (MPa)		Μετακίνηση Πλάκας στη στέψη κατά την πλήρωση (cm)
	Ανάντη	Κατάντη	
TSQ-1 (178m)	44	22	95
Xingo (150m)	68	24	36
Ita (125m)	29	20	75
Itapebi (100m)	60	25	40
Segredo (145m)	70-55	45-30	42,3
Foz doAreia(160m)	38	32	70

Εικόνα 31. Πίνακας απεικόνισης των μέτρων ελαστικότητας κατά την κατασκευή & μετακινήσεις πλάκας στην πλήρωση, «Λιθόρριπτα Φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος», (Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος).



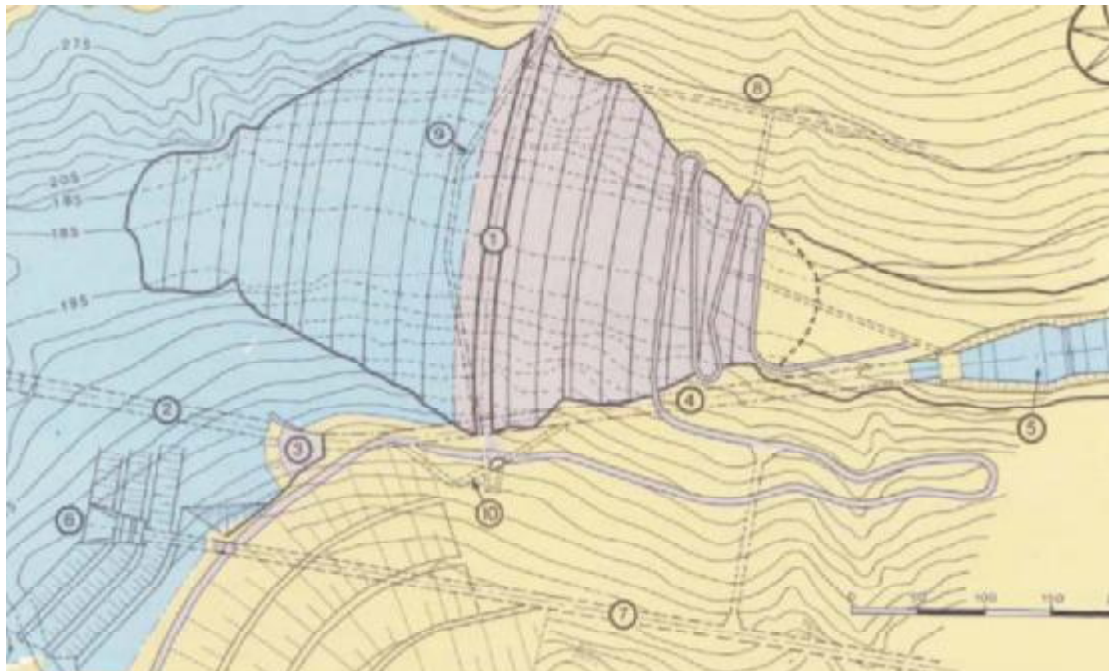
## 2.3 ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΜΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΠΥΡΗΝΑ

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν στοιχεία κατασκευής και λειτουργίας λιθόρριπτων φραγμάτων. Η αναφορά γίνεται στα φράγματα με κεκλιμένο πυρήνα.



1	Στέψη	1	Crest
2	Πυρήνας	2	Core
3	Μεταβατικές ζώνες και φίλτρα	3	Transition zones and filter
4,5	Κελύφη	4,5	Shells
6	Αλλούβια	6	Alluvia
7	Βραχώδες υπόβαθρο	7	Bedrock
8,9	Μέγιστη καλοκαιρινή, χειμερινή στάθμη	8,9	Maximum summer, winter level
10	Κ.Σ.Λ.	10	Min. water level
11	Ανάτη πρόφραγμα	11	Upstream cofferdam
12	Λεκάνη ηρεμίας	12	Stilling basin
13	Α.Σ.Π.	13	Max. flood level

Εικόνα 32. Σκαρίφημα φράγματος Πολυφύτου Κοζάνης, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

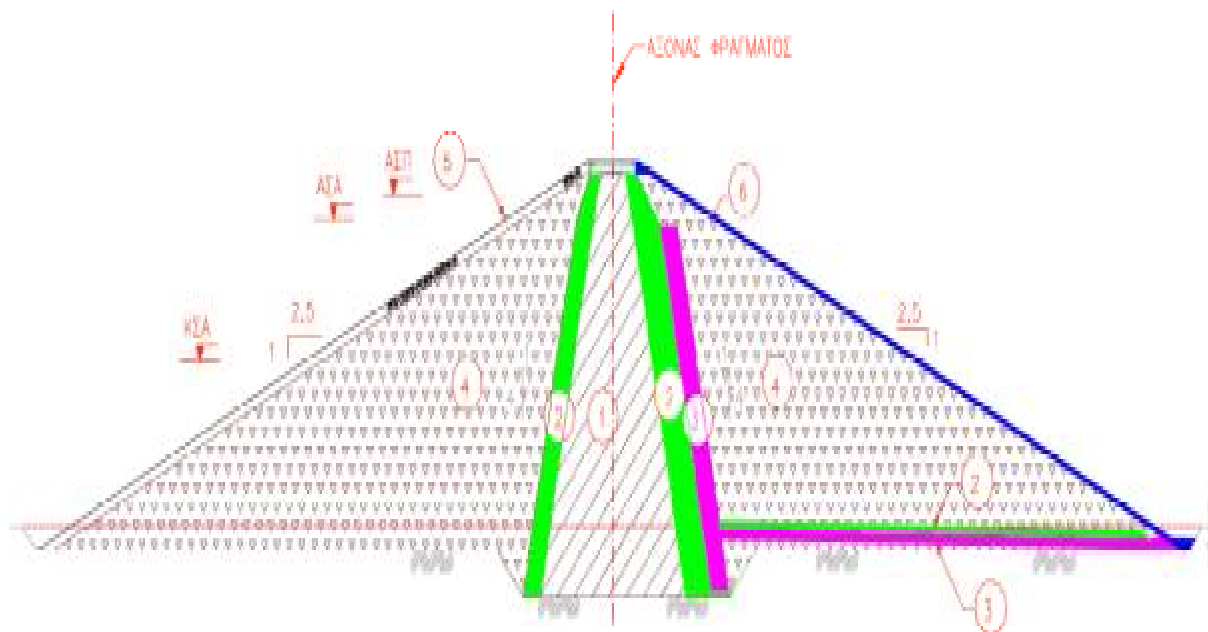


- |    |                                       |    |                                      |
|----|---------------------------------------|----|--------------------------------------|
| 1  | Στέψη                                 | 1  | Crest                                |
| 2  | Σήραγγα εκτροπής και άρδευσης         | 2  | Diversion and irrigation tunnel      |
| 3  | Εκχειλιστής                           | 3  | Spillway                             |
| 4  | Σήραγγα υπερχειλήσης                  | 4  | Spillway tunnel                      |
| 5  | Λεκάνη ηρεμίας                        | 5  | Stilling basin                       |
| 6  | Υδροληψία                             | 6  | Power intake                         |
| 7  | Σήραγγα προσαγωγής                    | 7  | Power tunnel                         |
| 8  | Στοά αποστράγγισης                    | 8  | Drainage gallery                     |
| 9  | Στοά τσιμεντενέσεων                   | 9  | Grouting gallery                     |
| 10 | Παράκαμψη άρδευσης με θάλαμο βαλβίδας | 10 | Irrigation bypass with valve chamber |

Εικόνα 33. Τυπική κάτοψη φράγματος Πολυφύτου Κοζάνης, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).

## 2.4 ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΜΕ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΠΥΡΗΝΑ

Παρακάτω παρουσιάζεται η τυπική διατομή λιθορριπτού φράγματος με κεντρικό πυρήνα και ανάλυση αυτού.



Εικόνα 34. Τυπική διατομή, διαζώνιση φράγματος. «Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία», (ΕΜΠ, Ι.Π. Στεφανάκος).

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

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΛΙΘόΡΡΙΠΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο αξιοποιούνται στοιχεία από την μελέτη, με σκοπό την κατανόηση βασικών στοιχείων ενός λιθόρριπτου φράγματος και η σύνδεση τους με στοιχεία της βιβλιογραφίας για τα λιθόρριπτα φράγματα. Στο κεφάλαιο παρουσιάζονται τεχνικά στοιχεία για το έργο του λιθόρριπτου φράγματος Τριανταφυλλιάς και δίνεται έμφαση στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των λιθόρριπτων φραγμάτων που παρουσιάζονται και αναδεικνύονται στην τεχνική μελέτη του έργου.

## 3.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το φράγμα Τριανταφυλλιάς κατασκευάζεται επί του ομώνυμου χειμάρρου σε στενωπό περί τα 2,0 km ανάντη της εξόδου του χειμάρρου στην πεδιάδα της Φλώρινας και σε απόσταση 1,5 km Βορειοδυτικά του οικισμού Άνω Υδρούσα. Ο ρουφράκτης Δροσοπηγής προβλέπεται επί του χειμάρρου Δροσοπηγής 800m περίπου Βορειοανατολικά του ομώνυμου οικισμού. Το έργο απέχει περίπου 10,0 km από τη Φλώρινα. Η περιοχή που πρόκειται ν' αρδευτεί από τα νερά του ταμιευτήρα Τριανταφυλλιάς που εκτείνεται στο Νοτιοδυτικό άκρο της πεδιάδας Φλώρινας της οποίας αποτελεί τμήμα.



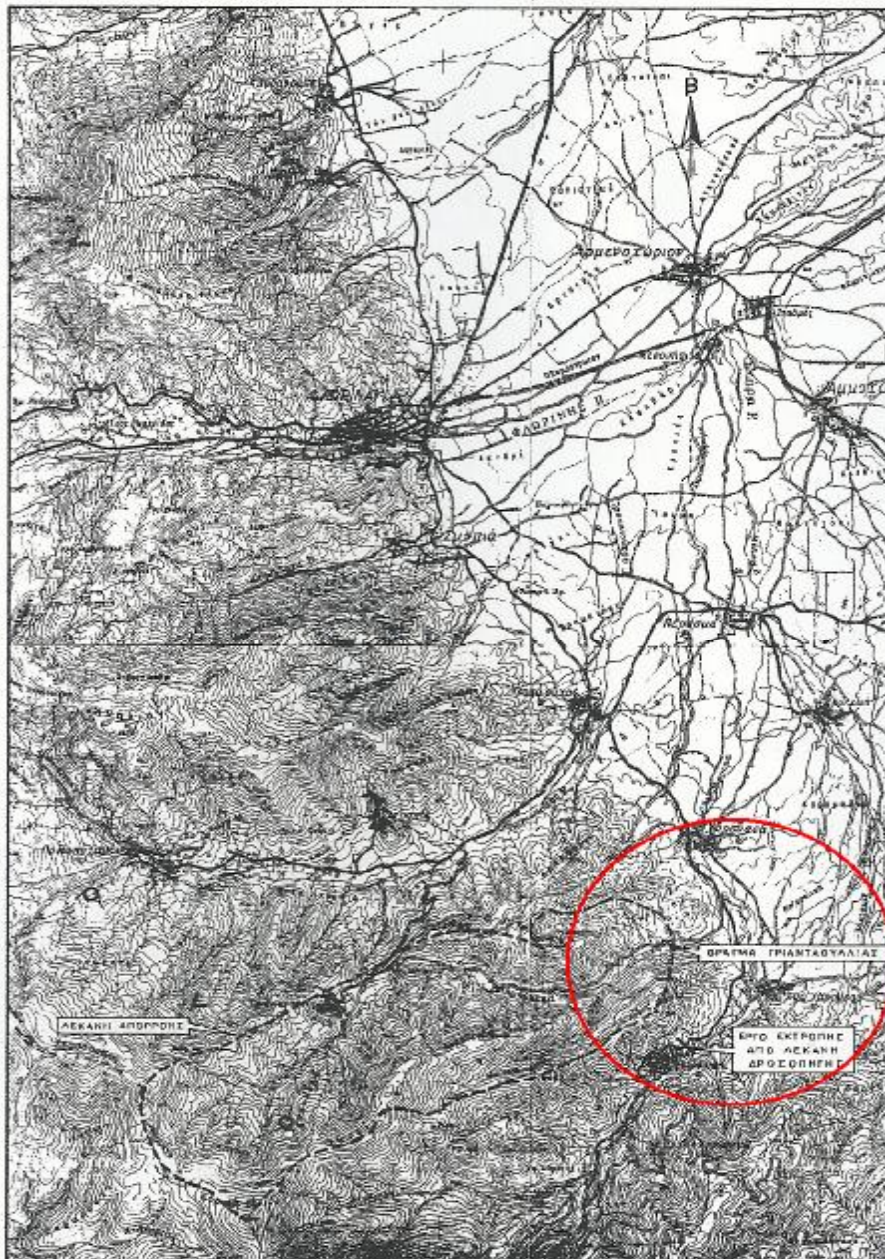
Εικόνα 35. Απόσπασμα από GOOGLERTH. Θέση Έργου.

Η πεδιάδα Φλώρινας εκτείνεται στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του ομώνυμου Νομού, στα Βορειοδυτικά της δυτικής Μακεδονίας. Η όλη έκταση του έργου περικλείεται:

- i. Δυτικά από την οροσειρά Βέρνου.
- ii. Βόρεια νότια και ανατολικά από εκτάσεις της πεδιάδας Φλώρινας.

Το υψόμετρο της υπό άρδευση έκτασης κυμαίνονται μεταξύ +740 και +650. Η κοίλη διαμόρφωση του λεκανοπεδίου, σε συνδυασμό με σημαντικές εδαφικές ανωμαλίες και λοφώδεις εξάρσεις, σχηματίζουν το κυματοειδές ανάγλυφο της έκτασης με γενική σύγκλιση προς τα χαμηλότερα υψόμετρα του λεκανοπεδίου, που διαρρέονται από τον ποταμό Σακουλέβα.

Στις Εικόνες 36, 37 που ακολουθούν δίδονται στοιχεία της οριζοντιογραφίας της περιοχής όπου κατασκευάζεται το έργο του φράγματος Τριανταφυλλιάς.



Εικόνα 36. Χάρτης Ταμιευτήρα, κλίμακα: 1:50.000 από σχέδιο "γενική οριζοντιογραφία", (Εταιρία ΚΟΥΡΤΙΔΗΣ Α.Ε.).



Εικόνα 37. Χάρτης Ευρύτερης Περιοχής Έργου , κλίμακα: 1:200.000 από σχέδιο "γενική οριζοντιογραφία" (Εταιρία ΚΟΥΡΤΙΔΗΣ Α.Ε).

## 3.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΩΝ

Βασικές παρατηρήσεις ανά στοιχείο του έργου:

### 1. Υδρολογικά Στοιχεία - Υδρολογική Μελέτη

Όπως αναφέρεται στη μελέτη του έργου, συντάχθηκε υδρολογική μελέτη και υποβλήθηκε στην Υπηρεσία στα πλαίσια της σύμβασης για την κατασκευή του έργου. Έτσι, προέκυψαν πιο βάσιμα υδρολογικά μεγέθη αφού ελήφθησαν υπόψη πολύ περισσότερα στοιχεία υδρομετρήσεων στην Υδρούσα, αλλά και στοιχεία βροχοπτώσεων μέχρι το έτος 1997 ενώ με πιο σύγχρονες μεθοδολογίες διερευνήθηκαν τα βασικά μεγέθη σχεδιασμού του έργου του φράγματος Τριανταφυλλιάς.

Αποτέλεσμα της υδρολογικής μελέτης που εκπονήθηκε ήταν να προκύψουν διαφοροποιημένα τα μεγέθη σχεδιασμού (πλημμυρικές παροχές) τόσο του υπερχειλιστή όσο και του έργου εκτροπής.

## **2. Υψόμετρο Στέψης Φράγματος**

Προέκυψε μικρή αύξηση του ύψους του φράγματος (κατά δύο μέτρα) αφού αυξήθηκε σημαντικά η παροχή εκροής από τον υπερχειλιστή. Όπως αναφέρεται παρακάτω η ονομαστική στέψη του φράγματος είναι στο +844.00.

## **3. Πλάτος Στέψης, Κλίσεις Πρανών, Σταθεροποιητικές Βαθμίδες**

Οι βασικοί γεωστατικοί υπολογισμοί αλλά και η δυναμική ανάλυση της σεισμικής συμπεριφοράς του φράγματος καθόρισαν το πλάτος στέψης και τις κλίσεις των πρανών του φράγματος. Τέλος από τη γεωλογική και γεωτεχνική θεώρηση της περιοχής προέκυψε ότι δεν απαιτείται η κατασκευή των σταθεροποιητικών βαθμίδων που προβλέπονταν στην Προμελέτη του έργου.

## **4. Υπερχειλιστής**

Επαναπροσδιορίστηκε το έργο εισόδου του υπερχειλιστή με βάσει τα νέα μεγέθη σχεδιασμού των πλημμυρικών παροχών καθώς και κεκλιμένη διώρυγα και το έργο εκτοξεύσεως, αλλά κυρίως μελετήθηκε λεπτομερώς η συμπεριφορά του έργου διόδευσης των πλημμυρικών παροχών κατάντη του έργου εκτόξευσης.

## **5. Έργο Εκτροπής**

Με τον επανασχεδιασμό του έργου προβλέπεται η κατασκευή σήραγγας εκτροπής στο δεξί αντέρεισμα του φράγματος ως ασφαλέστερη λύση έναντι ορθογωνικού οχετού κάτω από το σώμα του φράγματος. Η γεωλογική και γεωτεχνική έρευνα κατέδειξε ότι δεν υπάρχουν ιδιαίτερα προβλήματα για την κατασκευή της σήραγγας εκτροπής.

Συμπληρωματικά αναφέρουμε ότι η λύση αυτή σαν γενική διάταξη συνδυάζεται και με την κατάργηση των δύο σταθεροποιητικών βαθμίδων στο σώμα του φράγματος και καθιστά την λύση αυτή τεχνικά και οικονομικά βέλτιστη.

## **6. Έργο Ενίσχυσης του Ταμιευτήρα Τριανταφυλλιάς από τη Λεκάνη Υδρούσας**

Το έργο σχεδιάστηκε μετά την ολοκλήρωση των τοπογραφικών, γεωλογικών, γεωτεχνικών ερευνών που απαιτήθηκαν και τα οποία ελήφθησαν υπόψη για τον οριστικό σχεδιασμό.

### 3.3 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Με βάση την μελέτη του έργου, το φράγμα Τριανταφυλλιάς καθώς και το έργο ενίσχυσης του ταμιευτήρα του φράγματος Τριανταφυλλιάς από τη λεκάνη Δροσοπηγής έχουν ως σκοπό να αποθηκεύουν νερό για τις αρδευτικές ανάγκες της πεδιάδας της Φλώρινας.

Η περίμετρος των αρδευτικών δικτύων, που θα υδροδοτηθούν από το παραπάνω έργο, δεν έχει καθορισθεί. Ανάλογα με τον απολήψιμο όγκο νερού από τον Ταμιευτήρα καθώς και τις χρήσεις αυτού (άρδευση, ύδρευση, Οικολογική παροχή) διαφοροποιείται η περίμετρος των αρδευτικών δικτύων στην πεδιάδα.

Στην περίμετρο έχουν περιληφθεί τμήματα των κτηματικών περιοχών των κοινοτήτων Αμμοχωρίου, Αρμενοχωρίου, Κολχικής, Λεπτοκαρυάς, Μεσονησίου, Παλαίστρας, Περάσματος και Υδρούσας.

Με τις παραπάνω παραδοχές και σύμφωνα με την εγκεκριμένη Γεωργοοικονομική Μελέτη το έργο έχει τα παρακάτω στοιχεία:

Γεωγραφική Επιφάνεια	76.100 στρ.
Επιφάνεια έργων	57.300 στρ.
Ακαθάριστη έκταση	42.000 στρ. - 48.000 στρ.
Καθαρή έκταση ( μετά την αφαίρεση των έργων )	37.500 στρ. – 44.000 στρ.

Η διακύμανση της ακαθάριστης και καθαρής έκτασης οφείλεται στο διαθέσιμο για άρδευση όγκο νερού κατά τα διάφορα σενάρια δυναμικότητας του ταμιευτήρα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Υδρολογικής διερεύνησης που εκπονήθηκε για την μελέτη του έργου, μια ποσότητα της τάξης των 15 έως 16 εκατομμυρίων κυβικών είναι απολήψιμη με πιθανότητα 80 - 85%.

Επισημαίνεται ότι από την απολήψιμη ποσότητα ύδατος, όγκος ενός εκατομμυρίου κυβικών θα διατίθεται κατ' έτος για την οικολογική παροχή των χειμάρρων στην περίοδο των μηνών της αρδευτικής περιόδου.

Έτσι, από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο προβλέπεται με βάση την μελέτη μία συνεχής παροχή  $0,1 \text{ m}^3 / \text{sec}$  από τον εκκενωτή προς το χείμαρρο Τριανταφυλλιάς μέσω χαλύβδινου αγωγού Φ300 ο οποίος καταλήγει στη λεκάνη αποτόνωσης της βαλβίδας καταστροφής ενέργειας του εκκενωτή.



### 3.4 ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΟΥ

Με βάση τα στοιχεία που αξιοποιήθηκαν από τη Προμελέτη του Έργου, η Γενική Διάταξη Έργων του Φράγματος Τριανταφυλλιάς και των έργων ενίσχυσης του ταμιευτήρα, έχει ως εξής:



Εικόνα 38. Δεξιά θέση ταμιευτήρα υπό κατασκευή και οριζόντια υπερχειλιστής. (Εταιρία ΤΕ.ΝΑ-Α.ΤΕ.ΒΕ)

Δημιουργία ταμιευτήρα με την κατασκευή φράγματος στο χείμαρρο Τριανταφυλλιάς, σε θέση που βρίσκεται σε απόσταση 2,0 km ανάντη της εξόδου του χείμαρρου στην Πεδιάδα Φλώρινας. Το φράγμα θα είναι λιθόρριπτο με αδιαπέρατο κεντρικό πυρήνα και σώματα στήριξης από υγιές βραχώδες υλικό. Το μέγιστο ύψος του αναχώματος του φράγματος ανέρχεται σε 72,0 m. και το μήκος στέψης στα 505,0 m. Η στέψη του φράγματος προβλέπεται στο +844.00. Ο ωφέλιμος όγκος του ταμιευτήρα υπολογίζεται σε  $9,60 \times 10^6 \text{ m}^3$  νερού.

Προβλέπεται κατασκευή προφράγματος που εντάσσεται στο κύριο σώμα του φράγματος, ως ανάντη βαθμίδα αυτού. Επίσης, προβλέπεται και διαμόρφωση κατάντη βαθμίδας.

Τα έργα υπερχείλισης που θα κατασκευασθούν στο αριστερό αντέρεισμα του φράγματος, περιλαμβάνουν το μετωπικό υπερχειλιστή, με μήκος στέψης 32,0 m. και ύψος 5,00 m, τη διώρυγα πτώσης μήκους 240,0 m. και πλάτους 6,0 m. έως 32,0 m., το έργο αναπήδησης και τη λεκάνη καταστροφής ενέργειας.

Το έργο εκτροπής που κατασκευάζεται στη δεξιά πλευρά του φράγματος, αποτελείται από ορθογωνικό οχετό συνολικού μήκους 390,0 m. και εσωτερικών διαστάσεων 2,50 m. x 2,50 m. Ο αγωγός αυτός μετά την κατασκευή των έργων θα λειτουργήσει ως έργο υδροληψίας και εκκένωσης, με τη διαφορά ότι, στο τμήμα του κάτω από τον κεντρικό πυρήνα

του φράγματος, που πωματίζεται με σκυρόδεμα, η διοχέτευση των αρδευτικών υδάτων ή των υδάτων εκκένωσης του ταμιευτήρα θα γίνεται μέσω χαλυβδοσωλήνος Φ900. Στην αρχή του οχετού και πάνω από αυτόν προβλέπεται η κατασκευή πύργου υδροληψίας, που έχει ύψος 16,67 m. και εσωτερική διάμετρο 1,50 m.

Στο κατάντη άκρο του, προβλέπεται ο θάλαμος δικλείδων, στον οποίο θα εγκατασταθεί η δικλείδα υδροληψίας Φ900, η δικλείδα ασφαλείας Φ900 και η δικλείδα θραύσης ενεργείας Φ600.

Κατασκευή ρουφράκτη στο χειμάρρο Δροσοπηγής και διώρυγα εκτροπής, με σκοπό την παροχέτευση των απορροών του τμήματος της λεκάνης Ελάτειας, που βρίσκεται κατάντη της θέσης κατασκευής του φράγματος Ελάτειας, για την ενίσχυση του ταμιευτήρα Τριανταφυλλιάς.

Ο ρουφράκτης Δροσοπηγής κατασκευάζεται επί του χειμάρρου Δροσοπηγής, σε απόσταση 800 m. περίπου κατάντη του ομώνυμου οικισμού. Πρόκειται για τυπικό φράγμα υπερχειλίσης-εκτροπής, με μήκος στέψης 10,0 m. και ύψος 3,0 m. Στο άνω μέρος του σώματος του ρουφράκτη διαμορφώνεται διώρυγα, καλυπτόμενη από κατάλληλη εσχάρα, με την οποία επιτυγχάνεται η σύλληψη των υδάτων και η διοχέτευσή τους στο αριστερό άκρο του ρουφράκτη, όπου κατασκευάζεται φρεάτιο υδροληψίας. Από το φρεάτιο αυτό ξεκινά η διώρυγα εκτροπής που μεταφέρει τα νερά στον ταμιευτήρα Τριανταφυλλιάς. Το συνολικό μήκος της διώρυγας είναι 2500 m. και η χάραξή της ακολουθεί αρχικά το αριστερό αντέρεισμα του χειμάρρου Δροσοπηγής με κατεύθυνση προς βορρά, ενώ στη συνέχεια στρέφεται προς δυσμάς και, ακολουθώντας το δεξιό αντέρεισμα του χειμάρρου Τριανταφυλλιάς, καταλήγει στον υπό μελέτη ταμιευτήρα.



Εικόνα 39. Διώρυγα εκτροπής από ρουφράκτη Δροσοπηγής προς ταμιευτήρα Τριανταφυλλιάς, (Εταιρία ΤΕ.ΝΑ- Α.ΤΕ.ΒΕ).

Παραπλεύρως προς τη διώρυγα κατασκευάζεται δρόμος για τον έλεγχο της λειτουργίας της, τη συντήρησή της και την αποκατάσταση του οδικού δικτύου της περιοχής, που επηρεάζεται από τη δημιουργία του ταμιευτήρα.

## 3.5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΡΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

### 3.5.1. Γενικά

Όπως αναφέρεται παραπάνω το φράγμα Τριανταφυλλιάς καθώς και το έργο ενίσχυσης του ταμιευτήρα του φράγματος Τριανταφυλλιάς είναι αρδευτικό έργο για τις ανάγκες άρδευσης της πεδιάδας Φλώρινας. Τα στοιχεία που παρατίθενται παρακάτω προέρχονται από τη μελέτη του έργου.

### 3.5.2. Θέση Έργου – Προσπέλαση στο Έργο

Όπως ήδη έχει προαναφερθεί, το φράγμα προβλέπεται να κατασκευαστεί επί του χειμάρρου Τριανταφυλλιάς, 1,50 km περίπου βορειοδυτικά του οικισμού Άνω Υδρούσα.

Ο ρουφράκτης Δροσοπηγής προβλέπεται 800,00 m περίπου βορειοανατολικά κατάντη του ομώνυμου οικισμού (Εικόνα 40).



Εικόνα 40. Ρουφράκτης Δροσοπηγής υπό κατασκευή, (Εταιρία ΤΕ.ΝΑ- Α.ΤΕ.ΒΕ).

Η προσπέλαση στη στέψη του φράγματος μπορεί να γίνει μέσω του δρόμου εξυπηρέτησης της διώρυγας από το ρουφράκτη Δροσοπηγής προς τον ταμιευτήρα του φράγματος στο δεξί αντέρεισμα.

Πέραν του ανωτέρω δρόμου προσπέλασης, προβλέπεται και η αποκατάσταση του δασικού δρόμου προς το χωριό Τριανταφυλλιά, τμήμα του οποίου καταστρέφεται λόγω των

έργων. Η υπόψη αποκατάσταση γίνεται στο αριστερό αντέρεισμα, μετά τη γέφυρα του υπερχειλιστή, προς το δεύτερο αυχένα και σε υψόμετρο περίπου +852.00 και από εκεί με περιπορεία του ταμιευτήρα προς Δυσμάς ωστόσο συναντήσει τον υπάρχοντα δασικό δρόμο έξω από το όριο της ανώτατης στάθμης πλημμύρας.

Μπορεί ωστόσο να προβλεφθεί δρόμος προσπέλασης από το αριστερό αντέρεισμα προς το χωριό Άνω Υδρούσα. Ο δρόμος αυτός θα αρχίζει πάλι από τον αυχένα, θα κινείται αρχικά προς Νότο μέχρι το πέρας του έργου διόδευσης των πλημμυρικών παροχών του υπερχειλιστή και μετά με κατεύθυνση βορειοανατολικά προς το χωριό Άνω Υδρούσα.

### **3.5.3. Γενική Διάταξη**

Το έργο περιλαμβάνει λιθόρριπτο φράγμα με κεντρικό πυρήνα, μετωπικό υπερχειλιστή στο αριστερό ακρόβαθρο και σήραγγα εκτροπής- υδροληψίας στο δεξί αντέρεισμα, καθώς και το έργο ενίσχυσης του ταμιευτήρα του φράγματος Τριανταφυλλιάς από τη γειτονική λεκάνη Δροσοπηγής (Τμήμα της λεκάνης Ελάτειας στη θέση του έργου εκτροπής).

### **3.5.4. Κύριο σώμα του Φράγματος**

Το φράγμα είναι λιθόρριπτο με κεντρικό αδιαπέραστο πυρήνα. Αυτός ο τύπος του φράγματος, όπως αναφέρεται και στην προμελέτη, είναι ο καταλληλότερος σύμφωνα με τις γεωλογικές, σεισμικές και γεωτεχνικές συνθήκες της περιοχής δεδομένου ότι επιβάλλει την μικρότερη καταπόνηση στη θεμελίωση (βραχώδες υπόβαθρο), έχει τη δυνατότητα προσαρμοστικότητας στις παραμορφώσεις χωρίς να χάνει τη συνέχεια του και τέλος αξιοποιεί τα διαθέσιμα στην περιοχή υλικά κατασκευής.

Στο ανάχωμα του φράγματος τοποθετείται κεντρικός αδιαπέραστος πυρήνας από υλικά αποθέσεων της κοίτης και των αναβαθμίδων ή από υλικά του μανδύα αποσάθρωσης του γνεύσιου (ζώνη 1). Ανάντη και κατάντη του πυρήνα κατασκευάζονται δύο μεταβατικές ζώνες (φίλτρο και στραγγιστήρια ζώνες 2 και 3). Πέραν των μεταβατικών αυτών ζωνών προβλέπονται τα σώματα στήριξης (ζώνη 4α). Επίσης προβλέπονται οι εξωτερικές ζώνες ανάντη και κατάντη (ζώνη 4β) η ζώνη της τυχαίας επίχωσης (ζώνη 6- ζώνη πλήρωσης στο κατάντη και ανάντη πόδι του φράγματος) και η ζώνη οδοστρωσίας στη στέψη του φράγματος (ζώνη 5).

Το φράγμα έχει ονομαστική στέψη +844 (υψόμετρο κοίτης περίπου 775) έχει μέγιστο ύψος 75m από τη θεμελίωση του πυρήνα (εκτιμώμενη στάθμη θεμελίωσης του πυρήνα +769).

Σύμφωνα με την υδραυλική μελέτη του υπερχειλιστή το απαιτούμενο φορτίο για την παροχή εκροής από τον υπερχειλιστή πλάτους (υδραυλικού) 30,00m είναι 3,18m. Η στέψη του υπερχειλιστή προβλέπεται στο υψόμετρο +838,00, επομένως η μέγιστη στάθμη της λίμνης είναι ίση με +841,18 . Με βάσει την μελέτη του έργου και λαμβάνοντας υπόψη τις εμπειρικές μεθόδους και τη διεθνή βιβλιογραφία για τον υπολογισμό του απαιτούμενου ελεύθερου ύψους του φράγματος προέκυψε το υψόμετρο της ονομαστικής στέψης του φράγματος ίσο με +844,00.

Το κύριο ανάντη πρόφραγμα ενσωματώνεται στο ανάχωμα του φράγματος. Η στέψη του βρίσκεται στο υψόμετρο +800 και το πλάτος της στέψης ορίστηκε σε 25,00 m. Η ζώνη 4β συνεχίζεται και στο κυρίως ανάντη πρόφραγμα ως τη θεμελίωσή του. Ο πυρήνας είναι κεκλιμένος με κλίση 2:1 (ανάντη παρειά) με ελάχιστο πάχος στη στέψη του προφράγματος (+800,00) 2,00 m. Στην ανάντη παρειά παρεμβάλλεται μεταξύ ζώνης 1 και ζώνης 4β μεταβατική ζώνη 2 ενώ στην κατάντη παρειά η διάταξη είναι όπως και στο ανάχωμα του φράγματος, δηλαδή κατά σειρά ζώνες 1,2,3 και 4α. Η παραπάνω λύση θεωρείται συντηρητική αλλά επιλέχθηκε αφ' ενός γιατί με την υπόψη διάταξη δεν υφίσταται κίνδυνος απόπλυσης υλικού πυρήνα (κατά τη φάση εκτροπής) και αφ' ετέρου το κόστος της «πρόσθετης» ζώνης είναι μηδαμινό σε σχέση με το αναμενόμενο όφελος.

Η στεγάνωση στην περιοχή της θεμελίωσης του πυρήνα του προφράγματος επιτυγχάνεται με τη θεμελίωση του πυρήνα στον υγιή βράχο σύμφωνα με τη διάταξη που δείχνεται στην τυπική διατομή του φράγματος. Πιο συγκεκριμένα προβλέπεται η αφαίρεση όλου του πάχους του αποσαθρωμένου μανδύα και η επέκταση του αδιαπέραστου πυρήνα μέχρι τη στάθμη του υγιούς βράχου (χάντρωμα). Με τη λύση αυτή αποφεύγεται η ανάγκη κατασκευής διαφράγματος τσιμεντενέσεων κάτω από τον πυρήνα, (πράγμα που θα δημιουργούσε και προβλήματα στην εκτέλεση αυτών των εργασιών στη χρονική περίοδο που κατασκευάζεται το πρόφραγμα), με αποτέλεσμα να απλουστεύονται και επισπεύδονται σημαντικά οι εργασίες κατασκευής του προφράγματος.

Οι κλίσεις των εξωτερικών πρανών ( $H = 2$ ,  $V = 1$  ανάντη  $H = 1,8$ ,  $V = 1$  κατόντη) ικανοποιούν τις γενικές απαιτήσεις ευστάθειας του φράγματος λαμβάνοντας υπόψη τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών του αναχώματος και της θεμελίωσης.

Το φράγμα έχει κατακόρυφο πυρήνα (ζώνη 1) αναγκαίο και επαρκή σε σχέση και με τα διαθέσιμα υλικά. Οι πλευρές της ζώνης είναι αρκετά ήπιες (ηπιότερες σε σχέση με τη συνήθη πρακτική) και τούτο για να είναι απόλυτα εξασφαλισμένη η καλύτερη συνεργασία με τα σώματα στήριξης γενικά και η συνέχεια του πυρήνα στην περίπτωση σεισμού.

Επίσης το πλάτος της ζώνης 1 στη στέψη (ελάχιστο πλάτος ίσο με 3m) είναι επαρκές καθόσον παρέχει αφενός ευχέρεια στην κατασκευή (εξοπλισμός συμπυκνώσεως) και αφετέρου υφίσταται ικανοποιητικό πλάτος και συνέχεια του στεγανοποιητικού στοιχείου στην περίπτωση ακραίων φαινομένων (σεισμός, πλημμύρα κλπ).

Το πλάτος της στέψης προέκυψε ίσο με 16,00 m σύμφωνα με τα αποτελέσματα της δυναμικής ανάλυσης της σεισμικής συμπεριφοράς του φράγματος Τριανταφυλλιάς, όπως αναφέρεται από την μελέτη. Το πλάτος της στέψης αυτό θεωρείται επαρκές και για την ανάγκη επαρκούς προστασίας της στέψης έναντι διάβρωσης από τυχόν υπερπηδόντος σεισμικού κυματισμού. Επίσης επιτυγχάνεται ο επαρκής εγκιβωτισμός των μεταβατικών ζωνών 2 και 3 και της συνέχειας του εγκιβωτισμού του στεγανοποιητικού στοιχείου δηλαδή του πυρήνα δεδομένου ότι κατά τη διάρκεια του σεισμού η στέψη του φράγματος υφίσταται τη μεγαλύτερη δυναμική καταπόνηση.

Η μεταβατική ζώνη του φίλτρου (ζώνη 2) περιβάλλει τον πυρήνα τόσο ανάντη όσο και κατόντη. Το πάχος της ζώνης ορίστηκε κατ' ελάχιστο 3,00m που κρίνεται ικανοποιητικό ώστε να εξασφαλίζεται η βαθμιαία μετάβαση προς τη ζώνη 3 (χονδρόκοκκο φίλτρο – στραγγιστήριο) καθώς και συνέχεια της ζώνης 2 και ο επαρκής εγκιβωτισμός της ζώνης 1. Η μεταβατική ζώνη 3 (χονδρόκοκκο φίλτρο – στραγγιστήριο) παρεμβάλλεται μεταξύ των ζωνών 2 και 4 για να αποφευχθεί η διάβρωση από τις δυνάμεις διηθήσεως και εκλύσεως – απώλειας υλικού της ζώνης 2 (συνεπώς και της ζώνης 1) μέσα στα διάκενα της λιθορριπής (ζώνη 4α). Και η ζώνη 3 προβλέπεται ανάντη και κατόντη με ελάχιστο πάχος 3,00m, δεδομένου ότι οι δυνάμεις διηθήσεως δρουν τόσο προς τα κατόντη (πλήρης ταμιευτήρας και σταθερή κατάσταση διήθησης, όσο και προς τα ανάντη (ταχεία πτώση στάθμης του ταμιευτήρα) λόγω των αρδευτικών αναγκών. Στην περίπτωση αυτή έχουμε στράγγιση προς τα ανάντη ύδατος από τον κορεσμένο πυρήνα (ζώνη 1).

Στο ανάντη πρανές προβλέπεται προστατευτική ζώνη 4β-λιθορριπή. Το πάχος της ζώνης προβλέπεται 2,00m (διάσταση κάθετη προς την κλίση του ανάντη πρανούς) και σκοπό έχει την προστασία του ανάντη πρανούς έναντι κυματισμού.

Στο κατόντη πρανές προβλέπεται η ίδια προστατευτική ζώνη όπως και στο ανάντη πρανές ικανή να αντισταθεί σε οποιαδήποτε διάβρωση λόγω ακραίων φαινομένων.

Οι εκσκαφές για τη θεμελίωση του φράγματος στις περιοχές εκτός του πυρήνα είναι γενικά περιορισμένης έκτασης και σκοπό έχουν την αφαίρεση του επιφανειακού μανδύα.

Για την επίτευξη της στεγανοποίησης αλλά και αποφυγής απώλειας υλικού πυρήνα θα απαιτηθούν τα εξής στη θεμελίωση του φράγματος.

- i. Τσιμεντενέσεις τάπητα.
- ii. Τσιμεντενέσεις κουρτίνας (διάφραγμα τσιμεντενέσεων).
- iii. Ειδική αγωγή σε τυχόν ρωγμές ή κοιλότητες.

Οι τσιμεντενέσεις τάπητα είναι αβαθείς και θα εκτελεστούν από την επιφάνεια στην τάφρο του πυρήνα.

Η εξωτερική δεξιά παρειά του τοίχου του υπερχειλιστή έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή «συνάφεια» του υλικού του πυρήνα με το σκυρόδεμα του τοίχου του υπερχειλιστή. Πέραν του ως άνω σχεδιασμού οι κατάντη μεταβατικές ζώνες 2 και 3 σχεδιάστηκαν με διευρυμένο πλάτος σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα φαινόμενα διασωλήνωσης στην υπόψη περιοχή. Το πάχος των κατάντη μεταβατικών ζωνών αυξήθηκε στην περιοχή της επαφής του πυρήνα με το σώμα του υπερχειλιστή σε 6,00 έναντι των 3,00m που ισχύει για την τυπική διατομή του φράγματος.

Σημειώνουμε ότι η διάταξη αυτή της διεύρυνσης των κατάντη μεταβατικών ζωνών εφαρμόζεται και στην εξωτερική αριστερή παρειά του τοίχου του υπερχειλιστή με το πώμα που κατασκευάζεται εκεί, για τους ίδιους ως άνω λόγους.

### **3.5.5. Διάφραγμα Τσιμεντενέσεων - Δίκτυο Αποστράγγισης**

Το διάφραγμα τσιμεντενέσεων και το δίκτυο αποστραγγίσεων εκτείνεται στην κοίτη σε μέγιστο βάθος περίπου 60m και επίσης στα αντερείσματα. Ειδικότερα στο αριστερό αντέρεισμα το διάφραγμα είναι πιο εκτεταμένο και καλύπτει τον πρώτο αυχένα.

Πιο συγκεκριμένα το διάφραγμα τσιμεντενέσεων και το δίκτυο αποστραγγίσεων θα κατασκευαστούν από την επιφάνεια της θεμελίωσης και από τις δύο σήραγγες μια σε κάθε αντέρεισμα.

Από τις σήραγγες με διατρήσεις προς τα πάνω και προς τα κάτω θα ολοκληρωθεί το διάφραγμα τσιμεντενέσεων στα προβλεπόμενα βάθη έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα ενιαίο διάφραγμα από την επιφάνεια μέχρι τα τελικά βάθη. Το ίδιο ισχύει και για το δίκτυο αποστραγγίσεων. Στις σήραγγες τσιμεντενέσεων θα διατρηθούν οπές τσιμεντενέσεων, για την εκτέλεση τσιμεντενέσεων στη μισή ανάντη διατομή ενώ από τη μισή κατάντη διατομή θα διατρηθούν οι οπές αποστράγγισης.

Η προσπέλαση στις δύο ως άνω σήραγγες δηλαδή στη σήραγγα τσιμεντενέσεων - αποστραγγίσεων του δεξιού αντερείσματος και στη σήραγγα τσιμεντενέσεων αποστραγγίσεων του αριστερού αντερείσματος θα γίνεται μέσω των αντίστοιχων σηράγγων προσπέλασης - αποστράγγισης.

Στο σώμα του υπερχειλιστή και ειδικότερα μέσα στο σώμα του έργου υπερχείλισης προβλέπεται στοά από όπου θα ολοκληρωθεί το διάφραγμα τσιμεντενέσεων και το δίκτυο αποστράγγισης στην περιοχή του υπερχειλιστή και στο αριστερό ακρόβαθρο γενικότερα. Η προσπέλαση στην υπόψη στοά γίνεται μέσω του φρέατος στο δεξιό τοίχο του υπερχειλιστή. Το φρέαρ αυτό έχει επαρκή διατομή που να επιτρέπει την προσπέλαση διατρητικού μηχανήματος για τη διάτρηση των οπών του διαφράγματος αποστραγγίσεως ώστε να εξασφαλίζεται η αποστράγγιση του ως άνω τμήματος του ακροβάθρου προς την κατώτερη σήραγγα.

Σχετικά με τη πιθανότητα διαφυγών στην ευρύτερη περιοχή του αριστερού αντερείσματος παρατηρείτε ότι: οι ενδεχόμενες διαφυγές προς τα κατάντη είναι άνευ σημασίας και για το λόγο αυτό δεν κρίθηκε σκόπιμο η κατασκευή κουρτίνας τσιμεντενέσεων από την επιφάνεια για την στεγανοποίηση του αντερείσματος.

Κρίνεται πάντως σκόπιμο κατά τη φάση κατασκευής να εκτελεστούν μερικές δοκιμαστικές γεωτρήσεις στον αυχένα και προς τα κατάντη ώστε να διαπιστωθεί με πραγματικά δεδομένα το μέγεθος των διαφυγών και να αποφασιστεί τότε η κατασκευή ή όχι πρόσθετης κουρτίνας από την επιφάνεια.

Τέλος στην έξοδο των σηράγγων προσπέλασης – αποστράγγισης προβλέπονται μετρητές για τη μέτρηση των διαρροών από τα αντερείσματα καθώς επίσης και επενδυμένα κανάλια για την απαγωγή των υπόψη διαρροών.

## 3.6 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

### 3.6.1. Σήραγγα Εκτροπής - Υδροληψία - Εκκενωτής Πυθμένα

Η σήραγγα εκτροπής που προβλέπεται στο δεξιό αντέρεισμα είναι πεταλοειδούς διατομής ,εσωτερικής διαμέτρου 3,00m και είναι επενδεδυμένη με οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 30,00cm.

Το έργο εισόδου της σήραγγας εκτροπής προβλέπεται στο +785,00 ενώ το έργο εξόδου στο +763,20. Το μήκος της σήραγγας είναι 704,77m και η κατά μήκος κλίση είναι 3,17% Αμέσως μετά το έργο εισόδου της σήραγγας προβλέπεται το κατακόρυφο φρέαρ υδροληψίας διαμέτρου  $D = 1,50m$  το οποίο με συναρμογή καταλήγει στη σήραγγα.

Πιο συγκεκριμένα ο άξονας του φρέατος υδροληψίας προβλέπεται στη Χ.Θ. 0+111,80 έτσι ώστε με βάση τη γεωμετρία των εκσκαφών στην περιοχή το έργο υδροληψίας να είναι εξασφαλισμένο το φρέαρ. Γι' αυτό το λόγο ο άξονας του φρέατος προβλέπεται πολύ κοντά στο πρηνές της παγκίνας στο + 800,00 όπου προβλέπεται το έργο υδροληψίας.

Το πλάτος της παγκίνας προβλέπεται ίσο με 8,00m. Πέραν της ανωτέρω «προχώρησης» προς τα κατόντη του φρέατος υδροληψίας, τα πρηνή εκσκαφής κάτω από τη στάθμη +800,00 έως το υψόμετρο +789,00 στέψη του έργου εισόδου της σήραγγας εκτροπής) και εκείνο πάνω από το υψόμετρο +800,00 που γειτνιάζει με το έργο υδροληψίας προστατεύονται και σταθεροποιούνται με τα απαραίτητα μέτρα προστασίας για την εξασφάλιση του έργου της υδροληψίας.

Ανάτη του φρέατος υδροληψίας, προβλέπεται πώμα από σκυρόδεμα μήκους 3,00m και σε συνέχεια σκυρόδεμα δευτέρου σταδίου που περιβάλλει το μεταβατικό τμήμα της χαλύβδινης επένδυσης μήκους 9,00m. Κατόντη του τμήματος αυτού κατασκευάζεται μεταβατικό τμήμα σήραγγας μήκους 6,00m από κυκλική διατομή διαμέτρου 3,00m σε πεταλοειδή διατομή διαμέτρου 3,00m.

Ο χαλύβδινος αγωγός προβλέπεται έως και τη συναρμογή με τη σήραγγα, ώστε να είναι εξασφαλισμένο το έργο από υδραυλικά φαινόμενα κατά τη φάση λειτουργίας.

Η στέψη του φρέατος υδροληψίας είναι στο +800,00.Το υψόμετρο αυτό είναι και η κατωτάτη στάθμη ύδατος για την υδροληψία. Στη στέψη του φρέατος με κατωτάτη στάθμη +800,00 κατασκευάζεται η υδροληψία σε παγκίνα κατάλληλα διαμορφωμένη στο δεξιό αντέρεισμα.

Στο έργο της υδροληψίας το οποίο έχει μορφή ορθογωνίου παραλληλογράμμου, προβλέπονται τρία ανοίγματα πλάτους 1,50m (στην τέταρτη πλευρά του έργου, υδροληψίας το οποίο βλέπει το πρηνές δεν προβλέπεται άνοιγμα). Στα ανοίγματα αυτά προβλέπονται δύο εγκοπές στο καθένα για την εγκατάσταση των εσχάρων και των θυροφραγμάτων έμφραξης.

Στο υψόμετρο 804,75 στη στέψη του έργου υδροληψίας προβλέπονται τρεις δοκοί για την εγκατάσταση - ανάρτηση των θυροφραγμάτων έμφραξης. Αμέσως κατόντη του διαφράγματος τσιμεντενέσεων προβλέπεται ο θάλαμος θυροφράγματος με ένα ολισθαίνον θυρόφραγμα υψηλής πίεσης ορθογωνικής διατομής 0,80m x0,60m για τον έλεγχο και λειτουργία του εκκενωτή πυθμένα.

Πιο συγκεκριμένα ο άξονας του θαλάμου θυροφράγματος προβλέπεται 10,00m κατόντη του άξονα του διαφράγματος τσιμεντενέσεων. Το σχήμα σε τομή του θαλάμου είναι ωοειδές ,ώστε η κατανομή των τάσεων στην περίμετρο της εκσκαφής να είναι η καλύτερη δυνατή. Το πλάτος του θαλάμου είναι 4,00m ενώ το καθαρό ύψος είναι 3,00m . Στο θάλαμο προβλέπεται γερανογέφυρα 4 τόνων.

Ο αερισμός του θαλάμου θυροφράγματος εξασφαλίζεται μέσω κατακόρυφης γεώτρησης  $\Phi 300$  από το θόλο του θαλάμου μέχρι την ελεύθερη επιφάνεια.

Στην επιφάνεια προβλέπεται ειδική κατασκευή για την προστασία της ελεύθερης κεφαλής της γεώτρησης.

Η προσπέλαση στο φρέαρ θυροφράγματος προβλέπεται από το κτίριο ελέγχου και λειτουργίας μέσω ειδικά διαμορφωμένου διαδρόμου στη σήραγγα εκτροπής. Το πώμα έχει συνολικό μήκος 8,50m. Ο χαλύβδινος αγωγός αρχίζει από την ανάντη παρειά του πώματος. Στο τμήμα του πώματος όπου και το θυροφράγμα υψηλής πίεσης ορθογωνικής διατομής 0,80 x 0,60 ο χαλύβδινος αγωγός αποτελείται από ειδικά κυκλικά χαλύβδινα τεμάχια Φ1000 ένα κεντρικό μήκους 1,50m ορθογωνικής διατομής 800x600 και δύο συναρμογές μήκους 2,00 m έκαστο Φ1000 προς ορθογωνική διατομή 800x600 και ορθογωνική διατομή 800x600 προς κυκλική διατομή Φ1000. Αμέσως μετά την έμφραξη της σήραγγας εκτροπής η οποία προβλέπεται να γίνει με την εγκατάσταση ενός θυροφράγματος διαστάσεων 3,60m x 3,40m (β x υ) στο έργο εισόδου θα κατασκευαστούν το πώμα στην είσοδο της σήραγγας εκτροπής το έργο συναρμογής με το κατακόρυφο φρέαρ της υδροληψίας και το πώμα στο θάλαμο θυροφράγματος. Είναι ευνόητο ότι θα πρέπει να ολοκληρωθούν και όλες οι εργασίες οι σχετικές με την υδροληψία ώστε το σύνολο των πιο πάνω αναφερομένων εργασιών να έχει ολοκληρωθεί το γρηγορότερο δυνατόν αμέσως μετά την έμφραξη.

Παρόλο που το χρονικό αυτό διάστημα από την ημερομηνία έμφραξης έως την χρονική στιγμή που ο ταμιευτήρας θα είναι πλέον κοντά στο υψόμετρο +800,00 εκτιμάται ότι είναι της τάξεως των δύο (2) μηνών σύμφωνα με τα διαθέσιμα υδρολογικά στοιχεία, ο προγραμματισμός του συνόλου των έργων που θα απαιτούνται να ολοκληρωθούν κατά την ως άνω περίοδο, πρέπει να έχει από πολλού μελετηθεί και εγκριθεί αρμοδίως σε όλες τις λεπτομέρειες και επίσης ο απαραίτητος εξοπλισμός και υλικά να είναι επί τόπου των έργων τουλάχιστο μια εβδομάδα πριν την έμφραξη ώστε το σύνολο των εργασιών στο θάλαμο θυροφράγματος και στο φρέαρ υδροληψίας να ολοκληρωθεί το γρηγορότερο δυνατόν αμέσως μετά την έμφραξη. Εκτιμάται ότι δεν θα απαιτηθεί χρόνος μεγαλύτερος των τεσσάρων (4) μηνών.

Μέσα στο παραπάνω χρονικό διάστημα των δύο μηνών μπορούν να γίνουν απρόσκοπτα όλες οι δοκιμές για τη σωστή λειτουργία των δοκών έμφραξης. Μετά το πέρας των υπόψη ελέγχων οι δοκοί έμφραξης μπορούν να παραμείνουν ανηρημένοι μέσω των τριών δοκών που προβλέπονται πάνω από τη στέψη της υδροληψίας στο + 804,75 ώστε ανά πάσα στιγμή και με σχετική ταχύτητα και ευκολία όποτε κριθεί αναγκαίο να μπορούν να εγκατασταθούν γρήγορα και ασφαλώς στις προβλεπόμενες εγκοπές για να «κλείσει» η υδροληψία.

Όπως αναφέρεται πιο πάνω το σύνολο των εργασιών που απαιτούνται να ολοκληρωθούν μετά την έμφραξη ώστε να είναι σε πλήρη λειτουργία το σύστημα υδροληψία – εκκενωτής εκτιμάται ότι δεν θα ξεπεράσει τους τέσσερεις (4) μήνες.

Έτσι προκύπτει ότι η σχετική «επιχείρηση» για την ανάρτηση των δοκών έμφραξης ώστε η υδροληψία να είναι πλέον σε πλήρη λειτουργία μπορεί να γίνει κάτω από σχετικά ευνοϊκές συνθήκες δηλαδή με εκτέλεση των σχετικών εργασιών σε βάθος νερού όχι μεγαλύτερο από 6,0 έως 8,0 μέτρα.

Το πώμα απαιτεί ειδική σκυροδέτηση για την αποφυγή ρηγμάτωσης του σκυροδέματος με διάταξη αγωγών ψύξεως και θα έχει αναγκαίο μήκος 3,00 m.

Ο εκκενωτής πυθμένα είναι χαλύβδινος αγωγός διαμέτρου D=1,00 m και εγκαθίσταται, πάνω σε ειδικά διαμορφωμένα στηρίγματα από οπλισμένο σκυρόδεμα, στο δεξιό μέρος της σήραγγας έτσι ώστε αφενός να υπάρχει ικανός χώρος ένθεν και ένθεν του αγωγού για επιθεώρηση και αφ' έτερου να αφήνεται αρκετός ελεύθερος χώρος - διάδρομος για την προσπέλαση στο φρέαρ θυροφράγματος από τα κατάντη. Στο κατάντη άκρο της σήραγγας εκτροπής προβλέπεται το κτίριο ελέγχου και λειτουργίας του συστήματος εκκενωτή και υδροληψίας για άρδευση.

Ο χαλύβδινος αγωγός Φ1000 του εκκενωτή καταλήγει στο κατάντη άκρο μέσω συστολής στη βαλβίδα τύπου Howell - Bunger Φ800 για την καταστροφή της ενέργειας. Η εκτόνωση γίνεται μέσω της βαλβίδας στη λεκάνη που προβλέπεται αμέσως κατάντη στο υψόμετρο +759,00 και από εκεί τα νερά οδηγούνται στην υφιστάμενη κοίτη του χειμάρρου.

Η λεκάνη διαμορφώνεται στο υψόμετρο +759,00 σε υγιή βράχο . Έχει σχήμα ορθογώνιου παραλληλόγραμμου διαστάσεων 25,00 m x 50,00m ώστε να ελέγχεται η δέσμη από τη βαλβίδα καταστροφής ενέργειας και στην περίπτωση της μέγιστης παροχής του



εκκενωτή πυθμένα. Στο τέλος της λεκάνης προβλέπεται αναβαθμός 2,00m και από εκεί το νερό καταλήγει στη φυσική κοίτη του χειμάρρου. Το υπόψη έργο διόδευσης της παροχής του εκκενωτή είναι τάφος ανεπένδυτη σε υγιή βράχο, έχει μήκος 131,00 m και μεταβλητή διατομή από 27,00 έως 10,00 με κλίση  $s = 0,0229$ .

Το έργο αναπτύσσεται σε βαθιά εκσκαφή στο ανάντη τμήμα του με τη διαμόρφωση δύο παγκινών στα υψόμετρα +767,00 και +776,00. Η παγκίνα στο υψόμετρο +767,00 αποτελεί και το χώρο προσπέλασης και στάθμευσης στο κτίριο ελέγχου και λειτουργίας του εκκενωτή. Στη δεύτερη παγκίνα στο υψόμετρο +776,00 πλάτους 5,00m προβλέπεται στο εσωτερικό της, επενδεδυμένη τάφος για την απορροή των επιφανειακών νερών και ιδίως της ανάντη μισγάγγειας που καταλήγει στο νότιο τμήμα της εκσκαφής.

Τα πρηνή των εκσκαφών υποστηρίζονται με αγκύρια βράχου εκτοξευμένο σκυρόδεμα συνδυασμένο με δομικό πλέγμα και προεντεταμένες αγκυρώσεις μήκους  $L=15,00m$  όπου απαιτηθεί. Επίσης στα πρηνή των εκσκαφών προβλέπονται αποστραγγιστικές οπές μήκους  $L=15,00m$  επενδεδυμένες με διάτρητους πλαστικούς σωλήνες.

Όπως αναφέρεται πιο πάνω, στο θάλαμο θυροφράγματος του εκκενωτή πυθμένα προβλέπεται ένα θυρόφραγμα, υψηλής πίεσης, το θυρόφραγμα λειτουργίας. Η διάταξη που προβλέπεται στα μεγάλα φράγματα με θάλαμο εκκενωτή πυθμένα με δύο θυροφράγματα, το θυρόφραγμα λειτουργίας και το θυρόφραγμα συντήρησης είναι αφ' ενός λίαν συντηρητική (έχει όμως καθιερωθεί και αποτελεί μία τυπική διάταξη) και αφ' ετέρου δεν προβλέπει άλλη διάταξη ελέγχου στο κατάντη άκρο του εκκενωτή.

Στην περίπτωση του φράγματος Τριανταφυλλιάς προβλέπεται μια τυπική διάταξη συνδυασμού σήραγγας εκτροπής - εκκενωτή πυθμένα - υδροληψίας άρδευσεως που εφαρμόζεται σε όλα τα αρδευτικά φράγματα όταν οι μορφολογικές - γεωλογικές - γεωτεχνικές συνθήκες είναι ευνοϊκές για την υλοποίηση της παραπάνω διάταξης.

Η υπόψη διάταξη προβλέπει στο τέλος του χαλύβδινου αγωγού  $\Phi 1000$ , βαλβίδα τύπου Howell - Bunger καταστροφής ενέργειας  $\Phi 800$ . Επίσης ανάντη της βαλβίδας προβλέπεται βαλβίδα ελέγχου τύπου πεταλούδα  $\Phi 1000$ .

Η ίδια διάταξη ασφαλείας προβλέπεται και στο σύστημα υδροληψίας άρδευσης. Δηλαδή ανάντη της βαλβίδας ρύθμισης της παροχής  $\Phi 800$  προβλέπεται βαλβίδα ελέγχου  $\Phi 800$  τύπου πεταλούδα.

Τέλος το συνολικό κατάντη σύστημα εξασφαλίζεται επί πλέον από το θυρόφραγμα υψηλής πίεσης στο θάλαμο θυροφράγματος. Από τα παραπάνω είναι σαφές ότι δεν απαιτείται δεύτερο θυρόφραγμα στο θάλαμο θυροφράγματος.

Η μέση παροχή του εκκενωτή και ο χρόνος εκκένωσης του ταμειυτήρα εκτιμήθηκαν σε  $7m^3/sec$  και 15 ημέρες αντίστοιχα. Ανάντη της βαλβίδας και πριν τη συστολή προβλέπεται δικλείδα ελέγχου τύπου πεταλούδας  $\Phi 1000$  όπως αναφέρθηκε ήδη πιο πάνω. Ανάντη της δικλείδας υπάρχει η διακλάδωση του αγωγού  $\Phi 800$  για το σύστημα άρδευσης με αντίστοιχη δικλείδα ελέγχου, τύπου πεταλούδας.

Από τον ως άνω αγωγό προβλέπεται διακλάδωση με χαλύβδινο αγωγό  $\Phi 300$  ο οποίος καταλήγει μέσα στη λεκάνη του εκκενωτή στο υψόμετρο +759,00. Ο υπόψη χαλύβδινος αγωγός θα εμπλουτίζει το χείμαρρο Τριανταφυλλιάς με την απαιτούμενη οικολογική παροχή των  $100l/sec$  κατά τη χρονική διάρκεια Ιούνιος - Σεπτέμβριος ( $\sim 1.000.000m^3$  νερού το χρόνο).

Η σύνδεση της σήραγγας εκτροπής με το κτίριο ελέγχου και λειτουργίας γίνεται μέσω τμήματος σήραγγας σε επίχωση μήκους 4,00m.

Το κτίριο ελέγχου και λειτουργίας αποτελείται από την ανωδομή με δάπεδο στο υψόμετρο +767,20 και τον υπόγειο χώρο ο οποίος είναι στην ουσία συνέχεια της σήραγγας εκτροπής. Στο πέρας του υπόγειου αυτού χώρου προβλέπεται η βαλβίδα Howell - Bunger. Οι εξωτερικές διαστάσεις του κτιρίου σε κάτοψη είναι 4,30m x 7,00m. Στο κτίριο προβλέπεται επίσης η εγκατάσταση γερανογέφυρας 4T. Κάτω από το έργο του κτιρίου από τη Χ.Θ 0+804,77 αναπτύσσεται δίκτυο στραγγιστηρίων το οποίο καταλήγει στο δάπεδο της λεκάνης στο υψόμετρο +759,00.

Η προσπέλαση στο κτίριο ελέγχου και λειτουργίας του εκκενωτή πυθμένα και της υδροληψίας για άρδευση γίνεται μέσω του υφιστάμενου αγροτικού δρόμου προς το χωριό

Τριανταφυλλιά, και εν συνεχεία με την κατασκευή δρόμου προς το δεξί αντέρεισμα έως το υπόψη κτίριο.

Στην υφιστάμενη κοίτη του χειμάρρου προβλέπεται τεχνικό (οχετός) ικανό να παροχετεύσει τη μέγιστη παροχή του εκκενωτή πυθμένα.

### 3.6.2. Υπερχειλιστής



Εικόνα 41.Υπερχειλιστής υπό κατασκευή, (Εταιρία ΤΕ.ΝΑ- Α.ΤΕ.ΒΕ).

Ο υπερχειλιστής είναι μετωπικός και προβλέπεται στο αριστερό αντέρεισμα σε προέκταση του άξονα του φράγματος. Αποτελείται από τη διώρυγα προσαγωγής, το έργο εισόδου με τη γέφυρα, την κεκλιμένη διώρυγα, το έργο αποτόνωσης και το έργο διόδευσης των πλημμυρικών παροχών.

Το δάπεδο της διώρυγας προσαγωγής προβλέπεται στο +834,00 ο δεξιός καθοδηγητικός τοίχος διαμορφώνεται με τον κλασσικό τρόπο σύμφωνα με τις υποδείξεις του USBR ενώ ο αριστερός έχει μεγάλο ανάπτυγμα λόγω της ιδιομορφίας που παρουσιάζει το τοπογραφικό ανάγλυφο.

Λόγω αυτής της ιδιομορφίας κατασκευάζεται αμέσως μετά και σε επαφή με τον αριστερό τοίχο, στην περιοχή του έργου, υπερχειλίσης, πώμα από αδιαπέρατο υλικό (ζώνη 1) και με μεταβατικές ζώνες (ζώνες 2 και 3) ένθεν και ένθεν του αδιαπέρατου υλικού, ώστε να ελέγχονται οι διηθήσεις προς τα κατόντη.

Το πλάτος του υπερχειλιστή είναι 31,50m. Το καθαρό υδραυλικό πλάτος είναι 30,00m ενώ το κεντρικό βάθος της γέφυρας έχει πλάτος 1,50 m.

Η στέψη του έργου υπερχειλίσης τοποθετείται στο +838,00. Με αυτά τα στοιχεία για την παροχή σχεδιασμού εκροής από τον υπερχειλιστή  $Q=375\text{m}^3/\text{sec}$  απαιτείται φορτίο 3,18m.

Το πρώτο τμήμα της κεκλιμένης διώρυγας έχει μεταβλητό πλάτος από 31,50m έως 14,00 m και το υπόλοιπο τμήμα σταθερό πλάτος 14,00m. Το συνολικό μήκος του έργου έως το πέρας του έργου εκτόξευσης είναι 230m. Οι ταχύτητες που αναπτύσσονται στο τμήμα της κεκλιμένης διώρυγας με σταθερό πλάτος 14,00m και κατά μήκος κλίση  $s=0,185$  (μέγιστες τιμές της ταχύτητας) φθάνουν τη μέγιστη τιμή των 22,14 m/sec σύμφωνα με την υδραυλική μελέτη.

Επομένως σύμφωνα με τις υποδείξεις του USBR δεν απαιτείται η πρόβλεψη αεριστήρων ( $V = 24\text{m/sec}$ ). Η λεκάνη αποτόνωσης τοποθετείται αμέσως κατάντη του έργου εκτοξεύσεως στο υψόμετρο +780,00.

Στο τμήμα της ανεπένδυτης διώρυγας κατάντη της λεκάνης αποτόνωσης έως την υφιστάμενη κοίτη του χειμάρρου, με κλίση  $s = 0,25$  αναπτύσσονται ταχύτητες της τάξεως των  $16\text{m/sec}$ . Απαιτείται επομένως και δεύτερη λεκάνη καταστροφής ενέργειας πριν την απόδοση των πλημμυρικών παροχών στην υφιστάμενη κοίτη του χειμάρρου, επιτυγχάνεται ασφαλώς ο έλεγχος και η απομάκρυνση των πλημμυρικών παροχών από το φράγμα.

Το δάπεδο και τα πρανή του υπερχειλιστή είναι επενδεδυμένα με οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο φορέας αποτελείται από ανεξάρτητα τμήματα (πλάκα - τοίχοι) αγκυρωμένα στο βράχο.



Εικόνα 42. Πίσω όψη του υπερχειλιστή.

Η διάταξη αυτή (επένδυση πρανών με πλάκες από σκυρόδεμα αγκυρωμένα στο βράχο) είναι εφικτή δεδομένου ότι το βραχώδες υπόβαθρο στην περιοχή διέλευσης και έδρασης του υπερχειλιστή παρουσιάζει γεωτεχνικούς παραμέτρους αρκετά ικανοποιητικούς σύμφωνα με τη Γεωτεχνική Μελέτη (Σεπτέμβριος 1998).

Ιδιαίτερη μέριμνα έχει ληφθεί στις κλίσεις και τα μέτρα προστασίας των πρανών εκσκαφής του επιφανειακού μανδύα ώστε να αποφευχθούν επιφανειακά φαινόμενα αστάθειας των πρανών εκσκαφής.

Κάτω από το δάπεδο της διώρυγας προβλέπεται εκτεταμένο δίκτυο αποστράγγισης για την εκτόνωση των πιέσεων που προέρχονται από το υδροστατικό φορτίο που διέρχεται από το διάφραγμα τσιμεντενέσεων.

Η διώρυγα διόδου των πλημμυρικών παροχών προβλέπεται ανεπένδυτη όπως επίσης και η κατάντη λεκάνη καταστροφής ενέργειας δεδομένου ότι το βραχώδες υπόβαθρο είναι καλής ποιότητας. Το δάπεδο της λεκάνης προβλέπεται να επενδυθεί με βραχώδεις ογκόλιθους για την καταστροφή της ενέργειας. Με τη διάταξη αυτή περιορίζεται σημαντικά το μέγεθος της λεκάνης καταστροφής ενέργειας.

## 3.7 ΚΥΡΙΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

### Γενικά

Με βάση την Τεχνική Έκθεση της μελέτης του έργου, στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του λιθόρριπτο φράγματος Τριανταφυλλιάς.

Το έργο περιλαμβάνει:

- i. Λιθόρριπτο Φράγμα με κεντρικό αδιαπέραστο πυρήνα.
- ii. Ανάντη πρόφραγμα ενσωματωμένο στο ανάχωμα του φράγματος.
- iii. Μετωπικό υπερχειλιστή στο αριστερό αντέρεισμα με διώρυγα προσαγωγής, διάταξη υπερχείλισης, κεκλιμένη διώρυγα, έργο εκτόξευσης και έργο διόδευσης των πλημμυρικών παροχών.
- iv. Σήραγγα εκτροπής - εκκένωσης - υδροληψίας άρδευσης στο δεξιό αντέρεισμα.
- v. Έργο ενίσχυσης του ταμιευτήρα του φράγματος Τριανταφυλλιάς από τη γειτονική λεκάνη Δροσοπηγής μέσω του ρουφράκτη Δροσοπηγής και της διώρυγας εκτροπής προς τον Ταμιευτήρα Τριανταφυλλιάς.
- vi. Η διώρυγα είναι ορθογωνικής διατομής διαστάσεων 2.00 m \* 1.00 m (βχ) και καταλήγει στον ταμιευτήρα στο δεξί αντέρεισμα αμέσως ανάντη της στέψης του φράγματος.

### Υδρολογική λεκάνη

Το εμβαδό της λεκάνης είναι 18,90 km<sup>2</sup> και το μέσο υψόμετρο της λεκάνης βρίσκεται στα +1230,0. Τέλος, η μέση κατά μήκος κλίση μισγάγγειας είναι 0,064.

### Ταμιευτήρας

Ο ταμιευτήρας έχει επιφάνεια 0,536 km<sup>2</sup> και όγκο 11,70 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Η ανώτατη στάθμη λειτουργίας του βρίσκεται σε υψόμετρο +838,00. Στην ανώτατη στάθμη λειτουργίας του ο ταμιευτήρας έχει επιφάνεια 0.486 km<sup>2</sup> και όγκο 10,08 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Τέλος, ο ωφέλιμος όγκος του είναι 9,56 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

### Φράγμα

Το φράγμα είναι λιθόρριπτο με κεντρικό αδιαπέρατο πυρήνα. Ο όγκος του ανέρχεται στα 2,70 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Η ονομαστική του στέψη βρίσκεται σε υψόμετρο +844,00. Το μήκος του είναι 510,0 m και το πλάτος του 16,0 m. Οι κλίσεις των πρανών του φράγματος είναι 2,0 : 1,0 και 1,8 : 1,0 ανάντη και κατόντη αντίστοιχα.

### Υπερχειλιστής

Πρόκειται για μετωπικό υπερχειλιστή με έργο εισόδου, γέφυρα, διώρυγα απαγωγής, έργο εκτοξεύσεως και έργο διόδευσης πλημμυρικών παροχών. Το πλάτος στέψης του είναι 31,50 m με κεντρικό βάθρο και παροχευτικότητα για πλημμύρα μελέτης 375,00 m<sup>3</sup>/sec.

## Υδροληψία

Η υδροληψία γίνεται στο δεξί αντέρεισμα του φράγματος σε κατάλληλα διαμορφωμένη παγκίνα σε στάθμη +800,00.

## 3.8 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

### Γενικά

Με βάση τη μελέτη του έργου τα υλικά κατασκευής του φράγματος περιλαμβάνουν:

- i. Υλικά του αδιαπέραστου πυρήνα.
- ii. Υλικά μεταβατικών ζωνών 2 και 3 (φίλτρο και στραγγιστήριο).
- iii. Υλικά των σωμάτων στήριξης και των εξωτερικών ζωνών.
- iv. Υλικά οδοποιίας για οδοστρώσια.
- v. Αδρανή υλικά σκυροδεμάτων.

### 1. Υλικά Αδιαπέραστου Πυρήνα

Τα υλικά για την κατασκευή του αδιαπέραστου πυρήνα έχουν ληφθεί από τους δανειοθαλάμους στην περιοχή κατάκλισης και στις περιοχές κατάντη του άξονα του φράγματος.

Τα υπόψη υλικά είναι είτε αποθέσεις κοίτης και αναβαθμίδας είτε υλικά του μανδύα αποσάθρωσης του γνευσίου και θα είναι κατηγορίας CL, SC ή SM. Το πάχος των σχηματισμών αυτών κυμαίνεται από 0,80 έως 2,00m περίπου. Η μέγιστη διάσταση του κόκκου που θα χρησιμοποιηθεί για το υλικό του πυρήνα θα είναι 7,5cm. Η ποσότητα των υλικών που απαιτείται (~ 500,000m<sup>3</sup>) είναι εξασφαλισμένη από τους διερευνηθέντες δανειοθαλάμους .

### 2. Υλικά Μεταβατικών Ζωνών 2 και 3

Τα υλικά για την κατασκευή των μεταβατικών ζωνών 2 και 3, (φίλτρο και στραγγιστήριο), έχουν ληφθεί είτε από το δανειοθάλαμο αμμοχάλικων στην περιοχή μεταξύ των οικισμών Περάσματος και Αμμοχωρίου, είτε από τα ασβεστολιθικά λατομεία Βεύης και Μελίτης. Εναλλακτικά και με την έγκριση της Υπηρεσίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και υγιή βραχώδη προϊόντα γνευσίου για την παραγωγή υλικών ζωνών 2 και 3. Δεν τίθεται θέμα επάρκειας των υλικών των ζωνών 2 και 3 (απαιτούμενη ποσότητα ~300,000m<sup>3</sup>).

### 3. Υλικά Κατασκευής Σωμάτων Στήριξης και Εξωτερικών Ζωνών

Τα υλικά των σωμάτων στήριξης του φράγματος καθώς επίσης και των εξωτερικών ζωνών, ζώνες 4α και 4β θα είναι προϊόντα υγιούς βράχου προερχόμενα από εγκεκριμένο λατομείο.

Ο μέγιστος κόκκος για τα σώματα στήριξης είναι 0,90m ενώ για τις εξωτερικές ζώνες ορίστηκε ίση με 1,20 m.

Οι απαιτούμενες ποσότητες για την κατασκευή των ζωνών 4α και 4β εκτιμούνται σε 1.700.000 m<sup>3</sup> και προφανώς δεν τίθεται θέμα επάρκειας των υλικών από το προτεινόμενο λατομείο το οποίο προβλέπεται στο δεξί αντέρεισμα κατά μήκος της λεκάνης κατάκλισης του φράγματος.

#### **4. Υλικά Οδοποιίας για Οδοστρωσία**

Τα υλικά αυτά θα είναι ασβεστολιθικά θραυστά υλικά λατομείου.

#### **5. Αδρανή Υλικά Σκυροδεμάτων**

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών ελέγχου καταλληλότητας σε βραχώδη δείγματα γνευσίου που εξετάστηκαν στα πλαίσια τους « Γεωτεχνικής Ερευνας και Μελέτης» προέκυψε ότι τα βραχώδη υλικά της περιοχής του φράγματος δεν κρίνονται κατάλληλα για την παραγωγή αδρανών σκυροδέματος.

Ωστόσο δεν αποκλείεται κατά τη φάση κατασκευής του έργου να εντοπιστούν περιοχές με υγιή βραχώδη προϊόντα γνευσίου, κοντά στην ευρύτερη περιοχή του φράγματος που να πληρούν τους απαιτήσεις των προδιαγραφών για αδρανή σκυροδέματος.

Τα ασβεστολιθικά υλικά των εν ενεργεία λατομείων είναι κατάλληλα για τη χρησιμοποίησή τους ως αδρανή σκυροδέματος.

### 3.9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

Στο παράρτημα που ακολουθεί δίδονται φωτογραφίες από την κατασκευή του έργου του λιθόρριπτου φράγματος Τριανταφυλλιάς στο Νομό Φλώρινας μέχρι και σήμερα.

Στις εικόνες 43-44, βλέπουμε την θεμελίωση της αργίλου στον ταμιευτήρα.



Εικόνα 43. Συμπύκνωση αργίλου στη θεμελίωση του ταμιευτήρα, (Εταιρία ΚΟΥΡΤΙΔΗΣ Α.Ε).



Εικόνα 44. Θεμελίωση του ταμιευτήρα, (Εταιρία ΚΟΥΡΤΙΔΗΣ Α.Ε).

Δεξιά απεικονίζεται το αριστερό τοιχίο της εξωτερικής όψεως του φράγματος, εικόνα 45, καθώς επίσης και την ολοκλήρωση των τοιχίων διώρυγας προσαγωγής, όπου μπορούμε να διακρίνουμε ότι είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα, εικόνα 46. Επίσης, παρατηρούμε την προστατευτική στρώση η οποία εφαρμόζεται στην επιφάνεια της κατασκευής για την αποφυγή της εισροής νερού και την αποτροπή των διαβρώσεων.



Εικόνα 45. Αριστερός Τοίχος-πίσω όψη, (Εταιρία ΚΟΥΡΤΙΔΗΣ Α.Ε).



Εικόνα 46. Διώρυγα προσαγωγής υπό κατασκευή, (Εταιρία ΚΟΥΡΤΙΔΗΣ Α.Ε).



Παρακάτω έχουμε μία εικόνα από ψηλότερο σημείο, που μας δίνει μια καλή οπτική του όλου έργου. Δεξιά φαίνεται ο χώρος που αργότερα θα κατακλειστεί από νερό (ταμιευτήρας). Είναι εμφανείς ο όγκος του έργου, ο υπερχειλιστής και η στέψη του φράγματος.



Εικόνα 47. Δεξιά ταμιευτήρας υπό κατασκευή και οριζόντια υπερχειλιστής, (Εταιρία TENA Α.ΤΕ.ΒΕ).

Στην εικόνα 48 βλέπουμε την κατασκευή του υπερχειλιστή. Το υλικό της κατασκευής είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Παρατηρούμε ότι η εν λόγω κατασκευή βρίσκεται σε αρκετά προχωρημένο στάδιο. Στη συνέχεια, τα τοιχώματα θα καλυφθούν με ειδικό υλικό με σκοπό να προστατεύσουν την κατασκευή από την διάβρωση που μπορεί να προκαλέσει η επαφή με το νερό.



Εικόνα 48. Υπερχειλιστής.

Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε το ρουφράχτη Δροσοπηγής, και τη διαδικασία που θα χρειάζεται να κάνει το νερό έτσι ώστε να καταλήγει στον ταμειυτήρα του φράγματος.



Εικόνα 49. Ρουφράχτης Δροσοπηγής, (Εταιρία ΤΕΝΑ Α.ΤΕ.ΒΕ).



Εικόνα 50. Τοίχος ρουφράχτη για την συλλογή υδάτων και προσπέλαση στο θυρόφραγμα.

Στη συνέχεια διακρίνουμε τη κατασκευή του θυροφράγματος Δροσοπηγής, και οι διώρυγες από τις οποίες ένα μέρος του νερού οδηγείται στον ταμιευτήρα και το επιπλέον νερό συνεχίζει τη ροή του στο ποταμό Δροσοπηγής, (εικόνες 51-54).



Εικόνα 51. Θυρόφραγμα ρουφράχτη Δροσοπηγής υπό κατασκευή.



Εικόνα 52. Διώρυγα του θυροφράγματος.



Εικόνα 53. Διώρυγα εκτροπής ρουφράχτη Δροσοπηγής.



Εικόνα 54. Πίσω όψη του φράγματος, στο δεξί αντέρεισμα θα γίνεται η κατάληξη του νερού από τη διώρυγα εκτροπής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Καταπονήθηκαν βασικά στοιχεία που διακρίνουν τις διάφορες κατηγορίες φραγμάτων.
2. Έγινε μια επισκόπηση και εκτενής παρουσίαση των κύριων χαρακτηριστικών που διέπουν τα λιθόρριπτα φράγματα, όσο αφορά τη κατασκευή και τη λειτουργία τους.
3. Παρουσιάστηκαν τα ειδικότερα χαρακτηριστικά και τα κατασκευαστικά στοιχεία ενός ρεαλιστικού έργου, που σήμερα κατασκευάζεται στο Νομό Φλώρινας. Για την κατανόηση και παρουσίαση των στοιχείων αξιοποιήθηκαν στοιχεία που μας παραχωρήθηκαν για εκπαιδευτικό σκοπό από τη Μελέτη του έργου.
4. Στα πλαίσια της Πτυχιακής Εργασίας κατανοήθηκαν:
  - i. Τα στάδια που απαιτούνται για την κατασκευή ενός πραγματικού Έργου για την αξιοποίηση για αρδευτικούς και υδρευτικούς σκοπούς των υδάτων της περιοχής, της Φλώρινας.
  - ii. Παρουσιάστηκαν τα επιμέρους, όπως συνήθως ονομάζονται συνοδά έργα (υπερχειλιστής, διώρυγα μεταφοράς και διαφυγής ύδατος ύλη) και οι θέσεις όπου αυτά χωροθετούνται σε ένα πραγματικό έργο που περιλαμβάνει την κατασκευή λιθόρριπτου φράγματος.
5. Ολοκληρώνοντας την Πτυχιακή Εργασία βλέπουμε ότι τα φράγματα έχουν μεγάλο κόστος κατασκευής αλλά αν επιλέξουμε σωστά τα υλικά σύμφωνα με τη μορφολογία της εκάστοτε περιοχής και τον τύπο του φράγματος τότε μπορεί να μειωθεί το κόστος αυτό. Σε αυτά τα φράγματα εντάσσονται τα χωμάτινα ή λιθόρριπτα τα οποία θεωρούνται πιο εύκολα και οικονομικά στη κατασκευή τους λόγω του ότι χρησιμοποιούνται γαιώδη υλικά της περιοχής.
6. Τέλος, αποκτήθηκε γενικότερη εμπειρία στην κατανόηση των σταδίων που περιλαμβάνει μια πραγματική μελέτη, για την ολοκλήρωση ενός υδροδυναμικού έργου, όπως είναι το λιθόρριπτο φράγμα Τριανταφυλλιάς, στο Νομό Φλώρινας.

### 4.2 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- i. Για την αποπεράτωση του έργου μένει να ολοκληρωθούν οι ηλεκτρολογικές εργασίες καθώς και οι εργασίες ασφαλτόστρωσης. Όπως επίσης η σήραγγα εκτροπής και η τοποθέτηση των βαλβίδων όπου είναι αναγκαίες.
- ii. Το έργο τροφοδοτείται από τους ποταμούς Δροσοπηγής και Βιτσιού.
- iii. Η χωρητικότητα ταμιευτήρα κυμαίνεται από 13.000.000 έως 17.000.000 m<sup>3</sup> νερού.
- iv. Η παράδοση του έργου αναμένεται να γίνει στο τέλος του 2015.
- v. Το έργο θα αρδεύσει 43,000 στρέμματα γης και θα υδρεύσει με 2,000,000 m<sup>3</sup> νερό τους κατοίκους του νομού Φλωρίνης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βγενοπούλου, Ε. «Υδροδυναμικά Έργα», Σημειώσεις μαθήματος, Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Τ.Ε.Ι Πάτρας, σελ. 1-85.
2. Δημόπουλος, Γ. (2007), «Γεωλογικές Μελέτες Τεχνικών Έργων Υδρογεωλογικές Μελέτες», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
3. Θανόπουλος, Ι. Αναστασόπουλος, Κ., «Λιθόρριπτα Φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος: Εμπειρίες από τον Θεσσαλικό χώρο και σύγχρονη τεχνολογία» <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/3.3.pdf>.
4. Θανόπουλος, Ι. Καζίλης, Ν. Φελέκος, Σ. (1992), «Το Επίχωμα του Λιθόρριπτου Φράγματος με Πλάκα Σκυροδέματος της Μεσοχώρας», 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής Μηχανικής.
5. Θεοδωρακόπουλος, Δ. Μπούσιας, Ε. Γιαννόπουλος, Π. (2003). «Ανάλυση και Σχεδιασμός Κατασκευών», Πάτρα, ΕΑΠ.
6. I.CO.L.D. (2000), The gravity dam: A dam for the future, Bulletin 117.
7. Ιωάννου κ' Παρασκευίδης Εταιρία, <http://www.jandpcy.com/el/Palekhori-Kampi-Dam-gr>.
8. Μακεδών, Θ. «Τεχνικά έργα – Φράγματα», [http://engeo-hydro.weebly.com/uploads/3/1/3/9/31391503/dams\\_newer\\_low.pdf](http://engeo-hydro.weebly.com/uploads/3/1/3/9/31391503/dams_newer_low.pdf).
9. Ντούνιας, Γ. Νιφάκου, Μ. Σαρλά, Σ.,(2013), Ελληνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων, «Τα φράγματα της Ελλάδας», [http://www.eeft.gr/Fragmata\\_Elladas\\_201311.pdf](http://www.eeft.gr/Fragmata_Elladas_201311.pdf).
10. Palmi Johannesson (2007), «Assessing the performance of high CFRDs: Rockfill properties and creep, Hydropower & Dams», Issue 5.
11. Στεφανάκος, Ι.Π. , «Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία», Εθνικό Μετσόβιο Πανεπιστήμιο.
12. Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος- Κυπριακής Δημοκρατίας-Τμήμα Ανάπτυξης και Υδάτων, [www.moa.gov.cy.gr](http://www.moa.gov.cy.gr).
13. Φιλίντας, Θ. Πολύζος, Θ. «Φράγματα, λειτουργίες οικοσυστήματος και περιβαλλοντικές επιπτώσεις», <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/3.3.pdf>.
14. Fitzpatrick F.D., Bruce A.C., Kinstler F. L.,Knoop B.P.(1985), Design of Concrete Faced Rockfill Dams, p.p. 410, 434 CFRD Design, Construction and Performance Edited by J.B.Cooke & J.Sherard.
15. Ομάδες συμπραττόντων Γραφείων Μελετών, «Οριστική μελέτη Φράγματος Τριανταφυλλιάς και συναφών έργων Ν.Φλώρινας»,( ΑΘΗΝΑ, 2002):
  - i. ΓΕΟPLAN" Ε.Π.Ε.- ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΙ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ.
  - ii. "ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ" Ε.Π.Ε.
  - iii. ΟΔΥΣΣΕΑΣ ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ.
  - iv. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΖΑΦΕΙΡΗΣ.
  - v. "ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝ/ΤΕΣ" Α.Τ.Ε.Μ.
  - vi. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΠΟΥΡΤΖΙΚΟΣ.
  - vii. "ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΑ" Α.Ε.
  - viii. "ΥΔΡΟΕΞΥΓΙΑΝΤΙΚΗ" ΛΑΖ. ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΚΑΙ ΣΙΑ Ε.Ε.
  - ix. "ΥΔΡΟΔΟΜΙΚΗ - Θ.Ι. ΜΑΝΤΖΙΑΡΑΣ ΚΑΙ ΣΙΑ" Ε.Ε.
  - x. "ΧΩΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΕΦΗ ΚΑΡΑΘΑΝΑΣΗ".

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Χάρτης φραγμάτων στον Ελλαδικό χώρο, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013). .....	3
Εικόνα 2. Τομή φράγματος Μαραθώνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013). .....	4
Εικόνα 3. Οριζοντιογραφία φράγματος Μαραθώνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).....	5
Εικόνα 4. Τομή φράγματος Λούρου στην Ήπειρο, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).....	6
Εικόνα 5. Οριζοντιογραφία φράγματος Λούρου, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).....	7
Εικόνα 6. Τομή φράγματος Λάδωνα περιοχή Πήδημα (Πελοπόννησος), (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).....	8
Εικόνα 7. Οριζοντιογραφία φράγματος Λάδωνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013). .....	9
Εικόνα 8. Τομή Φράγματος Ταυρώπου στη Θεσσαλία, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013). .....	10
Εικόνα 9. Οριζοντιογραφία φράγματος Ταυρώπου, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).....	11
Εικόνα 10. Τομή φράγματος Πέρδικα στη Κοζάνη, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013). .....	12
Εικόνα 11. Οριζοντιογραφία φράγματος Πέρδικα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013). .....	12
Εικόνα 12. (α) εγκάρσια τομή, (β) ασκούμενες δυνάμεις, (Δ.Θεοδωρακόπουλος κ.α., 2003). .....	13
Εικόνα 13. Φράγμα Παλαιοχωρίου στη Θεσπρωτία, (ιστότοπος: <a href="http://www.jandpcy.com">www.jandpcy.com</a> - Εταιρία Ιωάννου- Παρασκευίδης).....	14
Εικόνα 14. Φράγμα Λυμπίας Κύπρου, (ιστότοπος: <a href="http://www.moa.gov.cy.gr">www.moa.gov.cy.gr</a> ).....	14
Εικόνα 15. Τυπική διατομή φράγματος, (Δ. Θεοδωρακόπουλος κ.α., 2003). .....	15
Εικόνα 16. Φράγμα Λάδωνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).....	15
Εικόνα 17. (α) σταθερού κέντρου , (β) μεταβλητού κέντρου, (Δ. Θεοδωρακόπουλος κ.α., 2003).....	16
Εικόνα 18. Φράγμα Ταυρώπου, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013). .....	17
Εικόνα 19. (α) πλήρως ομοιογενές, (β) με στραγγιστήρια ποδός, (γ) με στραγγιστικό τάπητα, (δ) με κεκλιμένο στραγγιστήριο και στραγγιστικό τάπητα, (Δ. Θεοδωρακόπουλος κ.α., 2003) .....	18
Εικόνα 20. (α) διατομή απλών ζωνών , (β) με στραγγιστήρια ποδός και αργιλικό πυρήνα, (γ) με στεγανό αργιλικό τάπητα και διάφραγμα, (δ) όπως η (γ) αλλά με πυρήνα τοποθετημένο προς την ανάντη πλευρά, (Δ. Θεοδωρακόπουλος κ.α., 2003). .....	18
Εικόνα 21. Φράγμα Πέρδικας , χωμάτινο με κεντρικό πυρήνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013). .....	19
Εικόνα 22. Φράγμα Κρεμαστών ,χωμάτινο με κεντρικό πυρήνα, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013). ...	19
Εικόνα 23. Τομή Φράγματος Πηνειού Ηλείας, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013). .....	20
Εικόνα 24. Φράγμα Πολυφύτου Κοζάνης, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).....	21

Εικόνα 25. Τομή φράγματος πολυφύτου, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).	21
Εικόνα 26.Σκαριφήματα λιθόρριπτων φραγμάτων, (Θ. Μακεδών).	22
Εικόνα 27.Σκαρίφημα φράγματος Μεσοχώρας., «Λιθόρριπτα Φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος»,( Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος ).	24
Εικόνα 28.Ανάντη όψη του φράγματος Μεσοχώρας, «Λιθόρριπτα Φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος», ( Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος).	25
Εικόνα 29.Μεταλλότυπος φράγματος Μεσοχώρας, «Λιθόρριπτα Φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος», ( Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος).	25
Εικόνα 30.Κοκκομετρία ανάντη μεταβατικής ζώνης 2B σε σύγκριση με αυτή άλλων έργων, «Λιθόρριπτα Φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος»,( Palmi Johannesson, 2007).	27
Εικόνα 31.Πίνακας απεικόνισης των μέτρων ελαστικότητας κατά την κατασκευή & μετακινήσεις πλάκας στην πλήρωση, «Λιθόρριπτα Φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος», ( Ι. Θανόπουλος & Κ. Αναστασόπουλος).	28
Εικόνα 32. Σκαρίφημα φράγματος Πολυφύτου Κοζάνης, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).	29
Εικόνα 33. Τυπική κάτοψη φράγματος Πολυφύτου Κοζάνης, (Γ.Ντούνιας, κ.α., 2013).	30
Εικόνα 34. Τυπική διατομή, διαζώνιση φράγματος. «Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία», (ΕΜΠ, Ι.Π. Στεφανάκος).	31
Εικόνα 35. Απόσπασμα από GOOGLERTH. Θέση Έργου.	32
Εικόνα 36. Χάρτης Ταμιευτήρα, κλίμακα: 1:50.000 από σχέδιο "γενική οριζοντιογραφία", (Εταιρία ΚΟΥΡΤΙΔΗΣ Α.Ε).	33
Εικόνα 37. Χάρτης Ευρύτερης Περιοχής Έργου , κλίμακα: 1:200.000 από σχέδιο "γενική οριζοντιογραφία"(Εταιρία ΚΟΥΡΤΙΔΗΣ Α.Ε).	34
Εικόνα 38. Δεξιά θέση ταμιευτήρα υπό κατασκευή και οριζόντια υπερχειλιστής. (Εταιρία ΤΕ.ΝΑ- Α.ΤΕ.ΒΕ)	37
Εικόνα 39.Διώρυγα εκτροπής από ρουφράχτη Δροσοπηγής προς ταμιευτήρα Τριανταφυλλιάς, (Εταιρία ΤΕ.ΝΑ- Α.ΤΕ.ΒΕ).	38
Εικόνα 40. Ρουφράκτης Δροσοπηγής υπό κατασκευή, (Εταιρία ΤΕ.ΝΑ- Α.ΤΕ.ΒΕ).	39
Εικόνα 41.Υπερχειλιστής υπό κατασκευή, (Εταιρία ΤΕ.ΝΑ- Α.ΤΕ.ΒΕ).	46
Εικόνα 42. Πίσω όψη του υπερχειλιστή.	47
Εικόνα 43.Συμπύκνωση αργίλου στη θεμελίωση του ταμιευτήρα,	51
Εικόνα 44.θεμελίωση του ταμιευτήρα, (Εταιρία ΚΟΥΡΤΙΔΗΣ Α.Ε).	51
Εικόνα 45. Αριστερός Τοίχος-πίσω όψη, (Εταιρία ΚΟΥΡΤΙΔΗΣ Α.Ε).	52
Εικόνα 46. Διώρυγα προσαγωγής υπό κατασκευή, (Εταιρία ΚΟΥΡΤΙΔΗΣ Α.Ε).	52
Εικόνα 47. Δεξιά ταμιευτήρας υπό κατασκευή και οριζόντια υπερχειλιστής, (Εταιρία ΤΕΝΑ Α.ΤΕ.ΒΕ).	53
Εικόνα 48. Υπερχειλιστής.	53



Εικόνα 49. Ρουφράχτης Δροσοπηγής, (Εταιρία ΤΕΝΑ Α.ΤΕ.ΒΕ).....	54
Εικόνα 50. Τοίχος ρουφράχτη για την συλλογή υδάτων και προσπέλαση στο θυρόφραγμα. 54	
Εικόνα 51. Θυρόφραγμα ρουφράχτη Δροσοπηγής υπό κατασκευή.....	55
Εικόνα 52. Διώρυγα του θυροφράγματος. ....	55
Εικόνα 53. Διώρυγα εκτροπής ρουφράχτη Δροσοπηγής. ....	56
Εικόνα 54. Πίσω όψη του φράγματος, στο δεξί αντέρρισμα θα γίνεται η κατάληξη του νερού από τη διώρυγα εκτροπής. ....	56