



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΟΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ

---

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΜΕΛΕΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΒΑΛΣΑΜΙΩΤΗ ΝΟΜΟΥ ΧΑΝΙΩΝ**

**ΜΑΡΙΑΛΕΝΑ ΘΕΟΔΩΡΑΚΗ**

### **Επιτροπή εποπτείας**

**Ηλίας Παπαδόπουλος  
Παντελής Σουπιός  
Δέσποινα Καλησπέρη**

Οκτώβριος 2009





Technological Institute of Crete  
Department of Natural Resources and Environment  
Seismology and Geophysics Laboratory

---

## **Technical Composition of Balsamioti Barrage**

**MARIALENA THEODORAKI**

**Examining Committee**

Ilias Papadopoulos  
Pantelis Soupios  
Despoina Kalisperi

October 2009



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	
2.1 Θέση του έργου.....	5
2.2 Τοπογραφικά στοιχεία.....	6
2.3 Γεωλογικές μελέτες και έρευνες.....	6
2.4 Γεωτεχνικές έρευνες.....	10
2.5 Σεισμικότητα.....	17
3. ΕΞΕΤΑΣΘΕΙΣΕΣ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ-ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΟΥ	
4. ΚΥΡΙΩΣ ΦΡΑΓΜΑ.....	23
4.1 Βασικές αρχές επιλογής τύπου και διαστάσεων φράγματος.....	25
4.2 Τυπική διατομή φράγματος.....	28
4.3 Υλικά-Μέθοδοι κατασκευής.....	33
4.4 Θεμελίωση.....	35
4.5 Έργα Ελέγχου Διηθήσεων στην Θεμελίωση.....	36
4.6 Όργανα Παρακολούθησεως και Ελέγχου.....	37
5. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ	
5.1 Βέλτιστη διαστασιολόγηση Υδραυλικών έργων.....	39
5.2 Υπερχειλιστής πλημμυρών.....	40
5.3 Έργα εκτροπής.....	44
5.4 Εκκενωτής πυθμένος.....	45
5.5 Υδροληψία.....	46
6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	
6.1 Υπολογισμοί φράγματος.....	48
7. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	56

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η παρούσα Τεχνική έκθεση αφορά το φράγμα Βαλσαμιωτη του Νομού Χανίων , το οποίο θα κατασκευαστεί στα πλαίσια της αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού της Δυτικής Κρήτης.

Η πτυχιακή παρουσιάζει το ιστορικό της μελέτης και της εγκριθείσης από τον Ο.Α.ΔΥ.Κ λύσεως, αναφέρει τα υφιστάμενα στοιχεία και τις εκτελεσθείσες Ερευνητικές εργασίες , εκθέτει τις εξετασθείσες παραλλαγές για την οριστική επιλογή της θέσης και του τύπου του έργου και περιγράφει το φράγμα καθώς και τις παραδοχές και μεθόδους που ακολουθηθήκαν για την εξασφάλιση της βέλτιστης τεχνικής αρτιότητας του φράγματος.

## **INTRODUCTION**

This technical composition is a research about the barrage of Balsamioti in prefecture of Chania , that will be structured in the frame of development of the aqua dynamic in West Crete.

This pre-thesis brings out the historical research and the accepted by O.A.DY.K. solution. It reports the subordinate data and the researching activities. It also exposes the variation for the final selection of the position and the type of the project. Finally the report describes the dam , the methods and the acceptances that were followed for the ensuring of the best technic completeness of the dam.

## 2.ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

### 2.1 Θέση του Έργου

Η θέση του φράγματος βρίσκεται στο βορειοανατολικό άκρο του ρέματος Βαλσαμιωτη και απέχει περίπου 900 μ από το χωριό Βατόλλακος.



Φωτογραφία 1. Πανοραμική άποψη της θέσης κατασκευής του φράγματος.

Η προσπέλαση στη θέση του φράγματος γίνεται με σταθερή αγροτική οδό πολύ καλής βατότητας, η οποία από το χωριό Βατόλλακος κινείται προς ΝΝΔ κατά μήκος του ρέματος Βαλσαμιωτη και καταλήγει στο εκκλησάκι Αγ. Στυλιανός που βρίσκεται πλησίον της θέσης του φράγματος στη νοτιά πλευρά του ρέματος και συνεχίζει δυτικά στη λεκάνη κατάκλισης.

## 2.2 Τοπογραφικά στοιχεία

Τα διαθέσιμα τοπογραφικά στοιχεία είναι τα ακόλουθα:

- α) Τοπογραφικό διάγραμμα της ΓΣΥ σε κλίμακα 1:50.000
- β) Τοπογραφικά διαγράμματα της ΓΣΥ σε κλίμακα 1:5.000

Τα βασικά στοιχεία των λεκανών απορροής όπως προέκυψαν από τα παραπάνω τοπογραφικά δεδομένα, έχουν συνοπτικά ως εξής:

Ταμιευτήρας	Επιφάνεια Km <sup>2</sup>	Υψόμετρο Μέγιστο	Μέση κλίση Μέσο κύριας κοίτης	Μήκος κύριας κοίτης
Βαλσαμιώτης	2,85	+520	+323 13%	2.900μ

## 2.3 Γεωλογικές μελέτες και έρευνες

### 2.3.1 Διαθέσιμα στοιχεία

Στην παρούσα μελέτη ελήφθησαν υπόψη τα ακόλουθα υφιστάμενα γεωλογικά στοιχεία:

- α. Γενικός Γεωλογικός χάρτης Κρήτης – Κλίμακα 1: 200.000
- γεωλογικά φύλλα ΙΓΜΕ-Κλίμακα 1:50.000
- γ. Σεισμοτεκτονικός χάρτης της Κρήτης

Επίσης εκπονήθηκαν οι επόμενες γεωλογικές μελέτες και έρευνες που συντάχθηκαν από τους συνεργάτες του Μελετητή κ.κ .Κ Παυλάκη – Δ.Μουντράκη και Α. Κίλια.

- α. Γεωλογική Αναγνώριση Λεκανών απορροής του φράγματος (κλίμακα 1:50.000).
- γεωλογικές χαρτογραφήσεις λεκάνης κατακλύσεως του ταμιευτήρια
- γ. Γεωλογικές χαρτογραφήσεις θέσεως Φράγματος Βαλσαμιωτη (κλίμακα 1:1.000)



- δ. Γεωλογικές τομές στον άξονα του φράγματος – ραδιογράμματα (κλίμακα 1: 1000)  
ε. Τεχνική Γεωλογική έκθεση

### **2.3.2 Μορφολογία**

#### Φράγμα Βαλσαμιωτη

Η μορφολογία της ζώνης εδράσεως του φράγματος όπως και όλη η περιοχή της λεκάνης κατάκλυσης , είναι λοφώδης, με μεγάλες κλίσεις των φυσικών πρανών.

Στο νότιο αντέρεισμα η μέση κλίση του πρανούς του μεταξύ των υψομέτρων 140 και 180μ είναι περίπου 20 μοίρες. Το πρανές συνεχίζεται μέχρι το υψόμετρο 275μ. της αντίστοιχης κορυφής προς νότο. Γενικά πρόκειται για πολύ ομαλή βραχώδη πλαγιά , που καλύπτεται από άγρια θαμνώδη βλάστηση με ορισμένες μικρές επιπεδώσεις.

Το βόρειο αντέρεισμα είναι πιο απότομο. Η μέση κλίση του πρανούς μεταξύ των υψομέτρων 140 και 180μ αντίστοιχα ανέρχεται περίπου σε 35 μοίρες. Η πλαγιά συνεχίζεται μέχρι το υψόμετρο των 221μ. της αντίστοιχης κορυφής προς βορρά. Γενικά πρόκειται για βραχώδη , απότομη πλαγιά χωρίς επιπεδώσεις και καλύπτεται από άγρια , πυκνή, θαμνώδη βλάστηση.

### **2.3.3 Γεωλογική και τεκτονική δομή φράγματος**

Η ζώνη εδράσεως του φράγματος Βαλσαμιωτη , αποτελείται αποκλειστικά από τα πετρώματα της ενότητας φυλλιτών- χαλαζιτών, με αποτέλεσμα να σχηματίζεται σε μεγάλο βαθμό ένα ετερογενές μίγμα συμπαγών (χαλαζίτες) και ασταθών (φυλλίτες) υλικών.

Στην κοίτη του ρέματος Βαλσαμιωτη παρατηρούνται χαλαρές ποταμοχειμάρριες αποθέσεις μικρού σχετικά πάχους και σε πλάτος μεταξύ των δυο αντερεισμάτων περίπου 60μ.

Τα πετρώματα της ενότητας των φυλλιτών – χαλαζιτών εμφανίζονται έντονα πτυχωμένα και κατακεραματισμένα από πλήθος ρηξιγενών δομών.

Μεταξύ των δυο αντερεισμάτων (βόρειο και νότιο) της ζώνης εδράσεως του φράγματος σχηματίζεται μεγάλο αντίκλινο , ο άξονας του οποίου έχει

διεύθυνση περίπου Α-Δ και είναι παράλληλος στην κύρια ανάπτυξη του ρέματος Βαλσαμιώτη.

Η κύρια s1 – σχιστότητα των πετρωμάτων στο βόρειο αντέρεισμα βυθίζεται προς τα ΒΒΔ με γωνίες κλίσης μέχρι 45 μοίρες, αντίρροπα της κλίσης του φυσικού πρανούς, ενώ στο νότιο αντέρεισμα βυθίζεται προς τα ΝΝΑ με γωνίες κλίσης μέχρι 40 μοίρες, αντίρροπα της κλίσης του αντίστοιχου φυσικού πρανούς. Οι κλίσεις αυτές της s1 – σχιστότητας στα δυο αντερείσματα είναι ευνοϊκές για την ευστάθεια τους, επειδή είναι αντίρροπες προς τις κλίσεις των πρανών.

Στο νότιο πρανές και πάνω από την ισουψη των 190μ., η σχιστότητα s1 κάμπτεται προς τα ΒΒΔ, έτσι ώστε να αναπτύσσεται στα υψηλότερα τμήματα του νότιου πρανούς μια συγκλινική δομή, παράλληλη της αντικλινικής δομής της κοίτης του ρέματος. Η δομή αυτή δεν επηρεάζει σημαντικά την κατασκευή του φράγματος.



Φωτογραφία 2. Αρχικά στάδια μεταφοράς σκληρού επιχώματος στο φράγμα Βαλσαμιώτη.

### **2.3.4 Διακλάσεις και ρήγματα φράγματος**

Από τη στατιστική επεξεργασία των επιφανειών των διακλάσεων με ραδιογράμματα και διαγράμματα Schmidt, προέκυψε ότι στο νότιο αντέρεισμα κανένα από τα δυο επικρατέστερα σύνολα διακλάσεων δεν είναι παράλληλο με την κλίση του αντίστοιχου φυσικού πρανούς και η γωνιακή τους σχέση με τις επιφάνειες σχιστότητας και την κλίση του πρανούς δεν ευνοούν αποκολλήσεις βράχων. Το VI<sup>3</sup> σύνολο διακλάσεων που αναπτύσσεται περίπου παράλληλα προς το ρέμμα εμφανίζεται με αντιθετικές διευθύνσεις κλίσεων των επιφανειών του, επικρατεί όμως αυτή με την NNA διεύθυνση κλίσης, δηλαδή αντίρροπα της κλίσης του πρανούς.

Αντίθετα στο βόρειο αντέρεισμα το δεύτερο επικρατέστερο σύνολο διακλάσεων με παράταξη ΔΝΔ-ΑΒΑ, παρουσιάζεται στο μεγαλύτερο μέρος των μετρήσεων του με διεύθυνση κλίσης προς τα NNA , δηλαδή ομόρροπη προς την κλίση του φυσικού πρανούς.

Η σειρά των κυρίων παράλληλων μεταξύ τους κανονικών ρηγμάτων που αναγνωρίστηκαν στο βόρειο πρανές ομόρροπα της φυσικής τους κλίσης , βρίσκονται κατάντη του φράγματος και χαρτογραφικά τουλάχιστον δεν φαίνονται να συνεχίζονται στον άμεσο χώρο έδρασης του φράγματος.

## **2.4 Γεωτεχνικές έρευνες**

### **2.4.1 Γενικά – Σκοπός των Ερευνών**

Πέραν των Γεωλογικών και γεωφυσικών ερευνών , που αναφέρονται σε αλλά κεφάλαια για το φράγμα Βαλσαμιώτη εκτελέστηκαν , σύμφωνα με το πρόγραμμα που προτάθηκε από τον Μελετητή και εγκρίθηκε από τον Ο.Α.ΔΥ.Κ , γεωτεχνικές έρευνες υπαίθρου και εργαστηρίου. Οι σχετικές εργασίες , αποσκοπούν στην εξέταση αφενός των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών του εδάφους θεμελιώσεως στη θέση του φράγματος και αφετέρου, των ιδιοτήτων και μηχανικών παραμέτρων των υλικών και μειγμάτων κατασκευής του σώματος του φράγματος.

## 2.4.2 Γεωτεχνικές έρευνες υπαίθρου

Αυτές περιλαμβάνουν :

- Περιστροφικές γεωτρήσεις δειγματοληψίας , με δοκιμές εισπίεσεως , προσδιορισμό υπόγειου ύδατος, γεωλογική περιγραφή των σχηματισμών, εκτίμηση βαθμού αποσαθρώσεως κλπ.
- Εκσκαφή ορυγμάτων υδροληψίας και λήψη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων, σε διάφορες περιοχές. Οι θέσεις των πιθανών δανειοθαλάμων – λατομείων ορίστηκαν επιτόπου σύμφωνα με τις υποδείξεις του ειδικού συμβούλου κ. P. Londe από τους γεωλόγους του Μελετητού.



Φωτογραφία 2: σήραγγα στήριξης φράγματος

## 2.4.3 Εργαστηριακές Δοκιμές

Οι δοκιμές περιλαμβάνουν αντίστοιχα :

- Δοκιμές επι καρόττων γεωτρήσεων , κυρίως μέτρηση αντοχών, για κατάταξη της βροχομαζας σε συνάρτηση με τη γεωφυσική (σεισμική) διερεύνηση.
- Δοκιμές καταλληλότητας και προσδιορισμού μηχανικών χαρακτήρων για αδρανή υλικά και για μίγματα ισχνού

σκυροδέματος (σκληρού επιχώματος). Στις δοκιμές αυτές περιλαμβάνονται:

Ορυκτολογικές και πετρογραφικές εξετάσεις  
Δοκιμές ειδικού βάρους και απορροφητικότητας  
Δοκιμές Los Angeles και υγείας πετρώματος  
Δοκιμές αλκαλικής αντιδράσεως αδρανών  
Κοκκομετρική διαβάθμιση  
Προσδιορισμός ορίων Atterberg  
Δοκιμές συμπυκνώσεως  
Παρασκευή καταλλήλων δοκιμίων ισχνού σκυροδέματος  
Μετρήσεις πυκνότητας και υγρασίας  
Μετρήσεις θλιπτικής αντοχής δοκιμίων ισχνού σκυροδέματος

#### **2.4.4 Γεωτρήσεις φράγματος**

Στην περιοχή εδράσεως του φράγματος εκτελεστήκαν 5 γεωτρήσεις δειγματοληψίας:

Στο δεξιό αντέρεισμα 2 γεωτρήσεις των 55μ και 45μ  
Στην κοίτη του χειμάρρου 1 γεώτρηση βάθους 30μ  
Στο αριστερό αντέρεισμα 2 γεωτρήσεις με βάθη 40μ

#### **2.4.5 Προκύψαντα αποτελέσματα**

Τα αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών , αξιολογούμενα σε συνδυασμό και με τα πορίσματα των γεωλογικών και σεισμικών διερευνήσεων μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα:

Στο φράγμα Βάλσαμιώτη η ζώνη εδράσεως αποτελείται από εναλλαγή πετρωμάτων φυλλιτικών και χαλαζιτικών , που εμφανίζουν μεγάλη διακύμανση , ως προς το βαθμό κερματισμού και αποσαθρώσεως.

Η κοίτη καλύπτεται από αποθέσεις μικρού πάχους (~ 1.5μ), κάτω από τις οποίες επικρατούν εναλλαγές χαλαζιτών – φυλλιτών με μικρή διαπερατότητα ( $\kappa=10^{-5}$ ) και μέτριο βαθμό αποσαθρώσεως (κυρίως στα φυλλιτικά στρώματα).

Στο δεξιό αντέρεισμα η διαπερατότητα είναι μέτρια (περίπου  $\kappa = 10^{-4}$ ) τα στρώματα χαλαζιτών κερματισμένα και μέτρια αποσαθρωμένα κατά μέσο όρο, ενώ τα φυλλιτικά εμφανίζουν ισχυρότερη αποσάθρωση.

Στο αριστερό αντέρεισμα, όπου υπερισχύει ο κερματισμένος χαλαζίτης, η γενική μηχανική κατάσταση εμφανίζεται μάλλον καλύτερη. Η διαπερατότητα για βάθη μέχρι 20 μ - 30 μ, είναι μεγαλύτερη ( $\kappa = 10^{-3} - 10^{-3}$  cm/sec) από ότι στο δεξιό αντέρεισμα.

Και η θέση του φράγματος Βαλσαμιώτη χαρακτηρίζεται από γεωτεκτονική δομή αντικλίνου, με συνέπεια ευνοϊκές συνθήκες ευστάθειας αντερεισμάτων.

#### **2.4.6 Αδρανή υλικά – Μείγματα «σκληρού επιχώματος»**

Τα διατιθέμενα, σε πρακτικώς, απεριόριστες ποσότητες, υλικά χαλαζιτών – φυλλιτών αποδείχθη ότι είναι πλήρως κατάλληλα για την χρησιμοποίηση τους ως αδρανών υλικών του ισχνού κυλινδρούμενου σκυροδέματος (‘σκληρού επιχώματος’). Ιδιαίτερα δε τα μείγματα που περιέχουν μεγαλύτερη αναλογία χαλαζιτικού υλικού και μικρότερη φυλλιτικού, με περιεκτικότητα λεπτοκόκκων μεταξύ 10 και 25%.

Για αναλογία κοινού Ελληνικού τσιμέντου 70-80 kg/m<sup>3</sup>, μπορεί να επιτευχθούν οι μηχανικές ιδιότητες για το σκληρό επίχωμα, που λαμβάνονται υπόψη στη μελέτη και τις Τεχνικές προδιαγραφές των έργων.

Ας σημειωθεί σχετικά ότι διατίθεται πρόσφατη εμπειρία από έρευνες χαλαζιτικών και φυλλιτικών υλικών και δοκιμαστικά μείγματα για φράγματα του τύπου σκληρού επιχώματος, που μελετήθηκαν σε γειτονική λεκάνη απορροής με παρόμοια γεωλογία.

Οι έρευνες αυτές είχαν περιλάβει και δοκιμαστικό σκληρό επίχωμα που κατασκευάστηκε, κατά τις οδηγίες του μελετητού με χαλαζιτικά – φυλλιτικά υλικά διαφόρων αναλογιών, με διαφορετικές τιμές υγρασίας, διάφορες αναλογίες τσιμέντου κλπ. Η κατασκευή γινόταν κατά στρώσεις 30 εκ. συμπυκνωμένες με δονητικό οδοστρωτήρα. Διαπιστώθηκε ότι με αδρανή υλικά από εκσκαφές και κοσκίνισμα κατακερματισμένου χαλαζίτη με φυλλετικές προσμίξεις, με μέγιστο κόκκο 6 cm και περιεκτικότητα φίλλερ μέχρι και περίπου 25%, με αναλογία τσιμέντου 70 kg/m<sup>3</sup>, επιτυγχάνεται αντοχή 90 ημερών περίπου 50 kg/cm<sup>2</sup>.

Τα αποτελέσματα αυτά επαληθεύουν τα πορίσματα των δοκιμών για το φράγμα Βαλσαμιώτη.

Πάντως σύμφωνα με τις συμβατικές απαιτήσεις, ο Ανάδοχος κατασκευής των έργων υποχρεούται να εκτελέσει εγκαίρως συμπληρωματικές έρευνες, που περιλαμβάνουν επιλογή δανειοθαλάμων-λατομείων, εργαστηριακές δοκιμές, δοκιμαστικό σκληρό επίχωμα, κατασκευαζόμενο υπό συνθήκες πλήρως αντιπροσωπευτικές, κυρίως ως προς τα μηχανήματα και μεθόδους κατασκευής που θα εφαρμοστούν, ώστε να οριστικοποιηθούν όλα τα επιμέρους θέματα, τα σχετικά με την κατασκευή του σκληρού επιχώματος (υλικά, μείγματα, μέθοδοι κατασκευής, μηχανικές παραμέτροι).

#### **2.4.7 Σεισμικές διασκοπήσεις**

Οι σεισμικές διασκοπήσεις που πραγματοποιήθηκαν από τον συνεργάτη του μελετητή Δρ. Μπακάση στις ζώνες θεμελίωσης του φράγματος Βαλσαμιώτη καθώς και οι εργαστηριακές δοκιμές δειγμάτων πετρωμάτων που λήφθηκαν από τις περιοχές έρευνας επέτρεψαν αφενός μεν τον γεωμετρικό προσδιορισμό των αποσαθρωμένων και διακλασμένων ζωνών οι οποίες αναπτύσσονται στους φυλλίτες – χαλαζίτες που αποκαλύπτονται στις ζώνες θεμελίωσης του φράγματος, αφετέρου δε τον ποιοτικό προσδιορισμό της παραπάνω βροχομάζας.

Συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι για βάθος διερεύνησης έως 40 m, το υπέδαφος της ζώνης θεμελίωσης του φράγματος δομείται:

- α) Από τον εδαφικό μανδύα χαλαρών υλικών, του οποίου η ταχύτητα μεταδόσεως κυμαίνεται από 250 έως 700 m/s.
- β) Από την έντονα αποσαθρωμένη και αποσυμπιεσμένη βραχομάζα της οποίας η ταχύτητα μεταδόσεως κυμαίνεται από 800 έως 1800 m/s.
- γ) Από την έντονα διακλασμένη βραχομάζα της οποίας η ταχύτητα κυμαίνεται από 2000 έως 3500 m/s και
- δ) Από την μετρίως διακλασμένη μάζα της ενότητας των φυλλιτών-χαλαζιτών, της οποίας η ταχύτητα κυμαίνεται από 4000 έως 5500 m/s.

Στο πρόγραμμα σεισμικών διασκοπήσεων έγινε χρήση , σύγχρονης τεχνικής υψηλής ποιότητας και πιο συγκεκριμένα για την αριθμητική επεξεργασία των παρεμβολών μεταξύ των προφίλ. Οι τρεις ζώνες ταχύτητας , που έχουν σημασία για το φράγμα είναι :  $V_2 > 800$  m/s.  $V_3 > 2000$  m/s,  $V_4 > 3500$  m/s. Για το φράγμα από σκληρό επίχωμα που μελετάμε , η ζώνη περίπου των 2000 m/s έχει προκριθεί ως στάθμη θεμελίωσης.

Οπωσδήποτε, φαίνεται ότι – μέσω των βαθέων ορυγμάτων – το φράγμα θα θεμελιωθεί σε κατάλληλο στρώμα , που βρίσκεται σε βάθος μεταξύ 10 και 25 μέτρων από την επιφάνεια.

#### **2.4.8 Δοκιμαστικό «σκληρό επίχωμα»**

Με την ευκαιρία της μελέτης ενός φράγματος , ίδιου τύπου , σε γειτονική λεκάνη απορροής με παρόμοια γεωλογία , για την έρευνα του «σκληρού επιχώματος» υπό συνθήκες , κατά το δυνατόν , αντιπροσωπευτικές της πραγματικής κατασκευής, έγινε επιτόπου διάστρωση και συμπύκνωση δοκιμαστικού ‘σκληρού επιχώματος , συνολικού όγκου της τάξεως των  $300\mu^3$ , κατά στρώσεις των 0,30 μ, με αδρανή υλικά κυρίως χαλαζιτικά ή κυρίως φυλλιτικά , με αναλογίες τσιμέντου 70 και 90 χγρ/μ<sup>3</sup> και σύμφωνα με τις οδηγίες του Μελετητού και των ειδικών ξένων Συμβούλων.

Τα αδρανή υλικά προήρχοντο από εκσκαφές φυλλιτών – χαλαζιτών, μετά απομάκρυνση των άνω των 60 χλστ. Κόκκων. Το ποσοστό φίλλερ ήταν υψηλό : μ.ο ~30% για τα φυλλιτικά υλικά , ~25% για τα χαλαζιτικά υλικά (μετά την συμπύκνωση). Η ανάμιξη των αδρανών του νερού και του τσιμέντου, σε αναλογίες οριζόμενες κατά βάρος σε κεντρική εγκατάσταση ζυγίσεως, γινόταν μέσα σε φορητούς συνήθεις αναμκτήρες, επι αυτοκινήτων. Η διάστρωση γινόταν με γκρέιντερ και η συμπύκνωση με 6 διαβάσεις δονητικού οδοστρωτήρα των 8 τον, για κάθε στρώση των 30 cm. Με ενσωματωμένα ειδικά καλώδια και ψηφιακό θερμομέτρο μετρήθηκε η αναπτυσσομένη θερμοκρασία στο σκληρό επίχωμα.

Το δοκιμαστικό επίχωμα, που κατασκευάστηκε σε οριζόντιο υπόβαθρο από αντίστοιχο υλικό, χωρίστηκε σε 4 τομείς, εν κατόψει, και σε 3 επάλληλες στρώσεις, κάθε μια των οποίων έγινε με διαφορετικά υλικά ή/και συνολική υγρασία στο μείγμα. Ο αριθμός των διαβάσεων οδοστρωτήρα ήταν σταθερός , δοθέντος ότι, βάσει διεθνούς εμπειρίας,



είναι μικρή η αύξηση της πυκνότητας αν αυξηθεί ο αριθμός των διαβάσεων πάνω από 6.

Η μέτρηση της πυκνότητας και της υγρασίας, αμέσως μετά την συμπύκνωση πραγματοποιείται με τη συνήθη μέθοδο της ξηρής άμμου σε εκσκάπτομενη κοιλότητα, δοθέντος ότι δεν διατίθεται ειδικό όργανο μετρήσεως βάσει ακτινοβολίας.

Από το δοκιμαστικό επίχωμα ελήφθησαν πολλά δείγματα, με γεωτρήσεις μετά αρκετές βδομάδες και, όσα εκ τούτων ήταν σε καλή κατάσταση και κυλινδρικής μορφής, δοκιμάστηκαν στο Εργαστήριο της εταιρείας ΚΑΣΤΩΡ , σε ανεμπόδιστη θλίψη, σύμφωνα με τους ισχύοντες Κανονισμούς.

Με το δοκιμαστικό επίχωμα επιδιώχτηκε να ληφθούν χρήσιμα στοιχεία ως προς τα υλικά, τις αναλογίες τσιμέντου κλπ, τον τρόπο κατασκευής και τις τιμές των κυριότερων παραμέτρων, που ενδιαφέρουν τους υπολογισμούς και τη μελέτη, σε συνάρτηση με τις προηγηθείσες εργαστηριακές δοκιμές και με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών του φράγματος Βαλσαμιώτη.

Παρά τις αναπόφευκτες αντιξοότητες (κυρίως έλλειψη εξοπλισμού κατασκευής και οργάνων μετρήσεως που θα χρησιμοποιηθούν στο Έργο), με την εκτέλεση του δοκιμαστικού επιχώματος συμπληρώθηκαν ή επαληθεύτηκαν οι προηγούμενες εργαστηριακές δοκιμές, ως προς την καταλληλότητα των διατιθεμένων αδρανών υλικών κυρίως των χαλαζιτικών , την επάρκεια αναλογίας τσιμέντου (για  $70 \text{ χγρ/μ}^3$  προέκυψε αντοχή 90 ημερών τουλάχιστον  $50 \text{ kg/cm}^2$ ), τη μικρή αύξηση θερμοκρασίας (περίπου 7 Βαθμούς κελσίου σε λίγες ώρες μετά τη διάστρωση είναι η μέγιστη) κλπ. Επίσης επιβεβαιώθηκε η ανάγκη να διατεθούν για την κατασκευή του έργου, κατάλληλοι ειδικοί αναμικτήρες, ειδικά όργανα σύγχρονης τεχνολογίας για μέτρηση υγρασίας και πυκνότητας και να ληφθούν όλα τα προβλεπόμενα στις προδιαγραφές μέτρα για επίτευξη καλής κατασκευής και περιορισμό της σημαντικής ανομοιομορφίας που παρατηρήθηκε.

Πάντως, με το δοκιμαστικό σκληρό επίχωμα που θα γίνει από τον κατασκευαστή, υπό συνθήκες πλήρως αντιπροσωπευτικές, θα διευκρινιστούν περαιτέρω λεπτομέρειες τους σε όλα τα επι μέρους θέματα.

## 2.5 Σεισμικότητα

Η Κρήτη βρίσκεται πάνω στην καμπή του Ελληνικού τόξου, στην εξωτερική πλευρά του οποίου (νοτιώς της Κρήτης) εκτείνεται η «Ελληνική Τάφρος», που αποτελεί το μέτωπο σύγκρουσης της Ευρασιατικής και της Αφρικανικής πλάκας.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον έντονο τεκτονικό τεμαχισμό του νησιού με μεγάλα ρήγματα και την ισχυρή σεισμική δραστηριότητα κυρίως στη θάλασσα και δευτερευόντως μόνο στο ίδιο το νησί.

Τα περισσότερα και σημαντικότερα επίκεντρα βρίσκονται κατά μήκος των θαλάσσιων τεκτονικών τάφρων στο νότο (μεταξύ Κρήτης και νήσου Γάβδου) και στη δύση (δυτικότερα των δυτικών ακτών του Νομού Χανίων).

Από το τμήμα Γεωλογίας – Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών (καθηγητής Ι. Δρακόπουλος) εκπονήθηκε Μελέτη Σεισμικότητας και σεισμικού κινδύνου για την ευρύτερη περιοχή της Μελέτης.

Ο κύριος σκοπός της μελέτης αυτής ήταν η αποτύπωση της σεισμικής επικινδυνότητας από άποψη κυρίως παραμέτρων εδαφικής κινήσεως, όπως η μέγιστη αναμενόμενη εδαφική επιτάχυνση, ταχύτητα και μετατόπιση. Με βάση τις τιμές των παραμέτρων αυτών είναι δυνατή η χάραξη των ορίων μέσα στα οποία αναμένεται να κινηθούν οι φασματικές τιμές της εδαφικής κινήσεως, η γνώση των οποίων έχει προφανή σημασία στον αντισεισμικό σχεδιασμό του φράγματος.

Τα κύρια συμπεράσματα της εργασίας αυτής μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

Έγινε ανασκόπηση των μελετών σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής. Από τις μελέτες αυτές προκύπτει ότι η ευρύτερη περιοχή έχει μέση προς υψηλή σχετικά σεισμικότητα.

Από μελέτες μηχανισμών γενέσεως σεισμών στην ευρύτερη περιοχή συμπεραίνεται ότι κατά μήκος της εξωτερικής πλευράς του Ελληνικού τόξου, το πεδίο τάσεων είναι συμπιεστικό (ανάστροφα ρήγματα), ενώ στο εσωτερικό μέρος του Αιγαίου το πεδίο είναι εφελκυστικό (κανονικά ρήγματα).

Οι εδαφικές συνθήκες στη θέση του υπό κατασκευή φράγματος Βαλσαμιώτη είναι σχετικά καλές (χαλαζίτες και φυλλίτες) που συνολικά συμπεριφέρονται ως βραχώδης σχηματισμός. Κατά συνέπεια στα

φάσματα αποκρίσεως ως τύπος εδάφους θεωρείται ο S1 ( $S = 1,0$ ) ή σε ακόμα καλύτερη προσέγγιση τύπος εδάφους μεταξύ s1 k s2 ( $s = 1,2$ ).

Έγινε η αξιολόγηση των παλαιότερων σεισμών της ευρύτερης περιοχής και ο υπολογισμός των εντάσεων τους. Με βάση όλα τα διαθέσιμα στοιχεία, εκπονήθηκε ο χάρτης μέγιστων εντάσεων της περιοχής, που εκφράζει κατά ρεαλιστικό τρόπο τη σεισμικότητα των τελευταίων 300 περίπου χρόνων. Από το χάρτη μέγιστων εντάσεων προκύπτει ότι στη θέση μελέτης η μέγιστη ένταση είναι VII δηλαδή 7.5 βαθμοί της κλίμακας Mercalli.

Έγινε ταξινόμηση των παραμέτρων των κυριότερων σεισμών που έγιναν από το 1900 μέχρι το 1990 σε επικεντρικές αποστάσεις μέχρι 1,5 βαθμούς = 165 km γύρω από τη θέση του έργου.

Για τη μελέτη σεισμικότητας εφαρμόστηκε η μέθοδος των ακραίων τιμών για τους σεισμούς που περιέχονται σε κύκλο 1,0 βαθμούς = 111 km γύρω από τη θέση της μελέτης. Σύμφωνα με αυτήν ορισμένη στάθμη μεγέθους σεισμού συσχετίζεται με πιθανότητα να μη γίνει υπέρβαση του μεγέθους αυτού σ' ένα χρόνο. Στάθμες ορισμένων μεγεθών συσχετίζονται επίσης με τις αντίστοιχες μέσες περιόδους επανάληψής τους.

Με τη χρήση της ίδιας μεθόδου υπολογίστηκαν οι τιμές των παραμέτρων εδαφικής κινήσεως (επιτάχυνση, ταχύτητα, μετατόπιση) για διάφορες στάθμες πιθανότητας μέσα στα επόμενα 50, 100 και 200 χρόνια. Έτσι προκύπτει η πιο πιθανή τιμή της εδαφικής παραμέτρου που μπορεί να παρουσιαστεί σαν μέγιστη σε συνάρτηση με τον χρόνο στη θέση του φράγματος.

Με τη μέθοδο των ακραίων τιμών υπολογίστηκε η στάθμη των μέγιστων μακροσεισμικών εντάσεων I που αναμένονται να παρατηρηθούν στη θέση της μελέτης για διάφορους χρόνους επαναλήψεως.

Για την όσο γίνεται ρεαλιστικότερη αποτύπωση της σεισμικής επικυδινότητας στη θέση μελέτης εκτός της μεθόδου των ακραίων τιμών εφαρμόστηκαν δύο ακόμα μεθοδολογίες: α) Η τροποποιημένη μέθοδος Cornell (γραμμικές και επιφανειακές πηγές) με τη βοήθεια και του μοντέλου των σεισμοτεκτονικών πηγών και β) Η μεθοδολογία McGuire με τη βοήθεια του κατάλληλου μοντέλου πηγών της μεθόδου αυτής. Όλα τα σεισμοτεκτονικά μοντέλα προτάθηκαν με βάση τα σεισμολογικά, τεκτονικά και γεωλογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής.

Τα αποτελεσματα συσχετισμού και των τριών παραπάνω μεθόδων βρίσκονται σε αρκετά καλή συμφωνία.

Οι μέσες τιμές που βρέθηκαν με τις τρεις ανεξάρτητες μεθοδολογίες για τις στάθμες εδαφικών κινήσεων (επιτάχυνση, ταχύτητα, μετάθεση) που έχουν πιθανότητα 90% να μη γίνει υπέρβαση τους στα επόμενα 50 και 200 χρόνια «(αντίστοιχες περιόδους επαναλήψεως 475 και 1900 χρόνια) είναι:

Έτη	Επιτάχυνση a	Ταχύτητα V	Μετατόπιση d
50	257 cm/sec <sup>2</sup>	22,0 cm/sec	7,0cm
200	370 cm/sec <sup>2</sup>	32,9 cm/sec	14,2cm

Σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική που εφαρμόζεται στις περιπτώσεις κατασκευών με ιδιαίτερα μεγάλη σημασία ο σχεδιασμός γίνεται με βάση δύο «σεισμούς σχεδιασμού». Τον σεισμό που έχει περίοδο επαναλήψεως 475 χρόνια, τον λεγόμενο σεισμό απρόσκοπτης λειτουργίας του έργου ή OBE και τον σεισμό με περίοδο επαναλήψεως 10.000 περίπου χρόνια και που όταν γίνει, παρ'όλες τις σοβαρές βλάβες που ενδεχόμενα θα προξενήσει, να είναι δυνατή η ασφαλής διακοπή της λειτουργίας του έργου (SSE).

Ο OBE αντιστοιχεί σε σεισμική φόρτιση που αναμένεται απαξ κατά τη διάρκεια της ζωής της κατασκευής ενώ ο SSE αντιστοιχεί σε φόρτιση με πιθανότητα 1% να εμφανιστεί μέσα στη διάρκεια της ζωής της κατασκευής.

Σε ότι αφορά τις πραγματικές φασματικές αποκρίσεις για τη θέση του υπο κατασκευή φράγματος ακολουθήθηκαν τέσσερις διαφορετικές μεθοδολογίες με την εφαρμογή των οποίων υπολογίστηκαν τα χαρακτηριστικά των ισχυρών κινήσεων που αντιστοιχούν στο σχεδιασμό του έργου. Για κάθε περίπτωση δόθηκαν τα φάσματα αποκρίσεως για μια τιμή των παραμέτρων της εδαφικής κινήσεως που αντιστοιχούν σε σεισμό OBE (90% πιθανότητα μη υπερβάσεως) και που προαναφέρθηκαν. Σε πολλές περιπτώσεις δόθηκαν και τα φάσματα σεισμού SSE.

Συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα των θέσεων μελέτης (αφού δεν υπάρχουν πραγματικά επιταχυνσιογραφήματα στην περιοχή) υπολογίστηκαν με τη μέθοδο των Penzien και Watabe για τις ακόλουθες δύο περιπτώσεις:

- α. Σεισμός OBE(0,26g)
- β. Σεισμός SSE(0,37g)

### **3. ΕΞΕΤΑΣΘΕΙΣΕΣ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ**

Η επιλογή της ακριβούς θέσεως των αξόνων του φράγματος έγινε με γνώμονα τις τοπογραφικές και γεωλογικές συνθήκες της περιοχής από τον ειδικό φραγματολόγο καθηγητή P. Londe. Η θέση δεν επηρεάζεται από τον τύπο της διατομής του φράγματος.

Ο Ο.Α.ΔΥ.Κ. με την υπ' αριθμό 503/7-2-92 Απόφαση του ζήτησε να γίνει συγκριτική οικονομοτεχνική μελέτη για τις περιπτώσεις κατασκευής φράγματος :

- χωμάτινου
- λιθόρριπτου
- σκληρό επίχωμα

Ο ειδικός φραγματολόγος καθηγητής P. Londe έχει ήδη εκφραστεί στην τελική του Έκθεση για την σκοπιμότητα της κατασκευής των φραγμάτων από «σκληρό επίχωμα». Παρόλα αυτά ο Μελετητής προέβη στην εξέταση (σε στάθμη Προμελέτης ) των ως άνω παραλλαγών σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Ο.Α.ΔΥ.Κ.

Η περίπτωση λιθόρριπτων φραγμάτων δεν μελετήθηκε ιδιαίτερα , γιατί η λύση αυτή δεν προσφέρεται στις συνθήκες του φράγματος. Πράγματι για φράγματα λιθόρριπτα οι μεν ζώνες αδιαπέρατου πυρήνα και φίλτρων – στραγγιστηρίων θα ήταν παρόμοιες με τις εξετασθείσες διατομές χωμάτινων φραγμάτων, τα σώματα όμως στηρίζεως θα απαιτούσαν την εξασφάλιση , εξόρυξη και διαλογή , αρκετά υγιούς βράχου, με κατάλληλες διαστάσεις λίθων , ενώ διατιθέμενα ‘τυχαία’ , προϊόντα εκσκαφών ,που θα ήταν κατάλληλα για τα γαιοφράγματα (όπως τα εξετασθέντα) δεν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Επιπλέον η έδραση – θεμελίωση του λιθόρριπτου φράγματος θα έπρεπε να γίνει βαθύτερα, πάνω στο βράχο επαρκούς αντοχής. Από τα παραπάνω καθίσταται φανερό ότι, επειδή η περιορισμένη μείωση όγκου (λόγω κλίσεων πρανών) για φράγμα λιθόρριπτο, προϋποθέτει αναπόφευκτη σημαντική αύξηση δαπάνης ανά μ<sup>3</sup> βραχώδους επιχώματος, το κόστος για ένα λιθόρριπτο φράγμα θα είναι μεγαλύτερο από ότι για χωμάτινο στην περίπτωση του φράγματος Βαλσαμιώτη.

Για την περίπτωση του χωμάτινου φράγματος οι διατομές του φράγματος αποτελούνται από τυχαίο διαπερατό ή ημιδιαπερατό υλικό με κλίσεις

πρανών 1 κατακ:2,7 ~ 3,2 οριζ. Και κεντρικό πυρήνα από αδιαπέρατο αργιλικό υλικό καθώς και σύστημα φίλτρων και στραγγιστηρίων.

Ο υπερχειλιστής που για τα χωμάτινα φράγματα είναι σημαντικό έργο, προβλέπεται να είναι ανοικτός.

Η εξεύρεση των υλικών του πυρήνα, τα οποία για κάθε φράγμα είναι της τάξεως των 250.000 μ<sup>3</sup> παραμένει οπωσδήποτε ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα προς επίλυση.

Από την γενομένη μελέτη προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Ο χρόνος κατασκευής του φράγματος από σκληρό επίχωμα είναι σημαντικά μικρότερος (δηλαδή ο μισός) έναντι του χρόνου κατασκευής χωμάτινων φραγμάτων.
- Η διατάραξη του τοπίου για την απόκτηση των αναγκαίων υλικών κατασκευής των φραγμάτων είναι σημαντικά μεγαλύτερη (περίπου τριπλάσια) στην περίπτωση των χωμάτινων φραγμάτων.

Με βάση τα παραπάνω συμπεράσματα ο Μελετητής προτείνει όπως άλλωστε είχε αποφανθεί και ο ειδικός φραματολόγος Καθηγητής P.Londe στην τελική του έκθεση του Οκτωβρίου 1992,- η μελέτη του φράγματος να γίνει για τον τύπο του «σκληρού επιχώματος». Ο Ο.Α.ΔΥ.Κ. ενέκρινε τις προτάσεις του Μελετητή και του καθηγητή P.Londe και επομένως η παρούσα Οριστική μελέτη συνετάγη για τύπο φράγματος από «σκληρό επίχωμα».

## 4.ΚΥΡΙΩΣ ΦΡΑΓΜΑ

### Βασικές αρχές επιλογής τύπου και διαστάσεων φράγματος

#### Βέλτιστη διαστασιολόγηση φράγματος

Η βέλτιστη διαστασιολόγηση ενός φράγματος και των συναφών του έργων αφορά κατά κύριο λόγο στον προσδιορισμό:

- της μέγιστης στάθμης εκμεταλλεύσεως του ταμιευτήρα του φράγματος
- του ολικού ύψους του φράγματος (περιλαμβανομένων και των περιθωρίων ασφάλειας του) που εξαρτάται από την επιλογή του μήκους στέψεως του υπερχειλιστή.

Για τον προσδιορισμό των ανωτέρω χρησιμοποιούνται τα διαθέσιμα τοπογραφικά διαγράμματα του ταμιευτήρα και της λεκάνης απορροής και οι υδρολογικές παρατηρήσεις όπως τα κλιματολογικά και μετεωρολογικά στοιχεία, μετρήσεις βροχοπτώσεων, μετρήσεις παροχών κλπ.

Στο αντίστοιχο τεύχος δίνεται η υδρολογική ανάλυση και μαθηματική επεξεργασία όλων των διαθέσιμων στοιχείων της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Βαλσαμιώτη με σκοπό την βέλτιστη υδραυλική διαστασιολόγηση των φραγμάτων.

Για την επίτευξη του στόχου αυτού, η σύγχρονη αντίληψη για τη μελέτη του φράγματος απαιτεί την χρησιμοποίηση εξελιγμένων προγραμμάτων και ισχυρούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ώστε να διερευνηθεί το μέγιστο δυνατό πλήθος των απαραίτητων παραμέτρων, με το μέγιστο αναμενόμενο εύρος μεταβολής των.

Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνονται τα εξής:

- Δημιουργία μιας πολυετούς (1000 ετών) στοχαστικής σειράς υδρολογικών δεδομένων
- Μαθηματική προσομοίωση πολυετούς εκμεταλλεύσεως των ταμιευτήρων.
- Νομογραφήματα, που προσδιορίζουν τις βέλτιστες διαστάσεις:



\*ανώτατη στάθμη εκμεταλλεύσεως (Α.Σ.Ε) του ταμιευτήρα ως συνάρτηση της πιθανότητας να ικανοποιείται η ζήτηση του νερού.

\*ανώτατη στάθμη υπερχειλίσεως και στέψεως του φράγματος, ως συνάρτηση του μήκους στέψεως του υπερχειλιστή και της πιθανότητας εμφανίσεως της πλημμυράς.

Τα πλεονεκτήματα της μεθοδολογίας αυτής είναι πολύ σημαντικά:

Η μελέτη των ανωτέρω νομογραφημάτων επιτρέπει την ταχεία αξιολόγηση των παραμέτρων εκείνων, που έχουν βασική σημασία για την ασφάλεια και την οικονομία του έργου. Έτσι, είναι δυνατό να προκύψει ότι κάποια ασάφεια για το ακριβές μέγεθος των ετήσιων απορροών ενός ποταμού, δεν επηρεάζει σοβαρά την επιλογή της οικονομικά βέλτιστης ανώτατης στάθμης εκμεταλλεύσεως του ταμιευτήρα, αλλά μόνο την απόληψη της συνολικής ετήσιας ποσότητας νερού.

- Στάθμη υπερχειλίσεως φράγματος Βαλσαμιώτη +190μ

Οπότε η αντίστοιχη ετήσια ζήτηση που ικανοποιείται με πιθανότητα 95% ανέρχεται σε:

-5,8 εκ. ετησίως στην περίπτωση που η ύδρευση των Χανίων εξυπηρετείται από τα Μεσκλά

-6,6 εκ. ετησίως στην περίπτωση που η ύδρευση των Χανίων γίνεται από την Αγυιά.

- Νεκροί όγκοι ταμιευτήρων
- Ο νεκρός όγκος των ταμιευτήρων προσδιορίστηκε, ώστε να αντιστοιχεί στον όγκο της στερεοπαροχής για μια διάρκεια ζωής του φράγματος 50 έως 100 ετών.

Για κάθε ταμιευτήρα οι νεκροί όγκοι και οι αντίστοιχες ελάχιστες στάθμες εκμεταλλεύσεως είναι οι εξής:

Φράγμα	Νεκρός όγκος	Ελάχιστη Στάθμη Εκμεταλλεύσεως
Βαλσαμιώτη	100.000m <sup>3</sup>	+141,70

## Τύπος φράγματος

Όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 3 έγινε επιλογή φράγματος από σκληρό επίχωμα , γιατί συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των φραγμάτων από επίχωμα σε ότι αφορά την προσαρμογή του έργου σε εδάφη θεμελιώσεως με μέτρια μηχανικά χαρακτηριστικά και των φραγμάτων από σκυρόδεμα από την άποψη της ευκολίας ενσωματώσεως των υδραυλικών έργων.

Ειδικότερα το φράγμα από σκληρό επίχωμα επιτρέπει τον σχεδιασμό ενός έργου υπερχειλίσεως επάνω στο επίχωμα κατά τρόπο πολύ οικονομικό(φράγμα Υπερπηδητό). Επιτρέπει επίσης τον περιορισμό της σημασίας των έργων εκτροπής γιατί είναι δυνατόν να γίνουν δεκτές υπερχειλίσεις επάνω από το φράγμα κατά την διάρκεια των εργασιών κατασκευής. Τέλος, η ενσωμάτωση των επιμέρους υδραυλικών έργων (εκκενωτής πυθμένα και υδροληψία) είναι ασφαλής, λειτουργικά βέλτιστη και σχετικά ευχερής.

### **4.1 Βασικές αρχές επιλογής τύπου και διαστάσεων φράγματος**

Η εξέλιξη της τεχνικής του κυλινδρούμενου σκυροδέματος και ο νεωτεριστικός χαρακτήρας του υλικού αυτού επέτρεψαν την ανανέωση της μορφής των φραγμάτων βαρύτητας, των οποίων η παραδοσιακή διατομή πολύ λίγο είχε αλλάξει την τελευταία πενήκονταετία. Το κλασικό φράγμα βαρύτητας με ανάντη παρειά κατακόρυφη ή σχεδόν κατακόρυφη και κατόντη παρειά με κλίση 1: 0,8 αντιστοιχεί στην διατομή βαρύτητας με τον ελάχιστο όγκο που επιτρέπει την ικανοποίηση των κλασικών κριτηρίων της συνισταμένης των δυνάμεων και της απουσίας εφελκυσμού στην ανάντη παρειά (συνθήκη του Maurice Levy).

Αν και ο στόχος του ελάχιστου όγκου είναι πλήρως δικαιολογημένος στην περίπτωση της παραδοσιακής τεχνικής του φράγματος από σκυρόδεμα δονούμενο μέσα σε ξυλότυπο, εν τούτοις η επιδίωξη αυτή μπορεί να τεθεί υπο αμφισβήτηση στην περίπτωση του κυλινδρούμενου σκυροδέματος γιατί το μοναδιαίο κόστος του υλικού αυτού είναι έντονα μειωμένο, ιδιαίτερα μάλιστα αφού και οι προδιαγραφές εκτελέσεως είναι κατά πολύ ελαφρότερες.

Με το σκεπτικό αυτό προωθήθηκε μια – ήδη αρκετά παλαιά ιδέα. Δηλαδή το φράγμα με συμμετρική εγκάρσια διατομή , που επιτρέπει την

σημαντικότερη ελάφρυνση των τάσεων διατμήσεως μεταξύ των στρώσεων σκυροδετήσεως, ιδίως στην θεμελίωση του έργου.

Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να υπάρξει κέρδος σε δύο πεδία:

-Χρησιμοποίηση ενός περισσότερο χονδροειδούς και επομένως πιο οικονομικού υλικού για τον σχηματισμό του σώματος του φράγματος.

-Μεγαλύτερες ανοχές στα μηχανικά χαρακτηριστικά του εδάφους θεμελιώσεως (διατμητική αντοχή και παραμορφωσιμότητα) από εκείνες που θα ίσχυαν για ένα φράγμα βαρύτητας με κλασική διατομή.

Τα δύο αυτά πλεονεκτήματα είναι ενδιαφέροντα στην περίπτωση του φράγματος Βαλσαμιώτη. Πράγματι καθίσταται δυνατό , μετά από μια σοβαρή και σε βάθος μελέτη , να χρησιμοποιηθούν οι χαλαζίτες ως αδρανή υλικά του σκληρού επιχώματος. Από την άλλη πλευρά , η συμμετρική διατομή επιτρέπει την καλύτερη προσαρμογή στα μέτρια χαρακτηριστικά του εδάφους θεμελιώσεως.

Η κλίση των πρανών της διατομής προσαρμόζεται στα εκάστοτε μηχανικά χαρακτηριστικά της βραχώδους μάζας.

Τα φράγματα από υπερπηδητό σκληρό επίχωμα πλεονεκτούν έναντι των μη υπερπηδητων φραγμάτων από γαιώδες ή βραχώδες επίχωμα για έναν ακόμα λόγο: Για την ίδια στάθμη συγκρατήσεως των υδάτων του ταμιευτήρα , τα υπερπηδητά φράγματα έχουν μικρότερο συνολικό ύψος επειδή:

- Η πλημμύρα σχεδιασμού του έργου υπερχειλίσεως λαμβάνεται κατά κανόνα με περίοδο επαναφοράς 1000 ετών , ενώ για τα μη υπερπηδητά φράγματα λαμβάνεται κατά πολύ δυσμενέστερη πλημμύρα λόγω του μεγαλύτερου κινδύνου από τυχόν υπερχειλίση επάνω από τη στέψη του φράγματος.
- Για τον ίδιο λόγο, το περιθώριο ασφάλειας επάνω από την ανώτατη στάθμη πλημμυρικών υδάτων στον ταμιευτήρα είναι πολύ μικρότερο για τα υπερπηδητά φράγματα παρά για τα μη υπερπηδητά. Επίσης στην πρώτη περίπτωση το περιθώριο ασφάλειας μπορεί να υλοποιηθεί με ένα απλό τοίχωμα (στηθαίο) στην ανάντη πλευρά της στέψεως χωρίς αύξηση του ύψους του κυρίως φράγματος, λύση που δεν είναι βέβαια δυνατή σε ένα μη υπερπηδητό φράγμα.

Ένα τελευταίο αλλά όχι λιγότερο σημαντικό πλεονέκτημα των φραγμάτων από σκληρό επίχωμα συνίσταται στην πολύ καλύτερη συμπεριφορά τους έναντι των κλασικών από σκυρόδεμα φραγμάτων σε ότι αφορά τις θερμικές καταπονήσεις, που οφείλονται στις εξωθερμικές αντιδράσεις πήξεως του σκυροδέματος. Η εξωθερμία του σκληρού επιχώματος είναι τόσο μειωμένη ώστε κατά κανόνα δεν απαιτούνται αρμοί θερμικής παραμορφώσεως στα φράγματα αυτά.

Την προσφορώτερη συνεπώς λύση για το φράγμα αποτελεί η συμμετρική διατομή με σώμα από σκληρό επίχωμα και ανάντη μανδύα στεγανώσεως. Η λύση αυτή επιτρέπει την κατασκευή ενός έργου πολύ ασφαλούς, ειδικότερα στην περίπτωση σοβαρών σεισμικών καταπονήσεων.

## 4.2 Τυπική Διατομή Φραγμάτων

### 4.2.1 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

Τα κυριότερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της τυπικής διατομής του φράγματος έχουν ως εξής:

Φράγμα Βαλσαμιώτη	
Στάθμη συγκρατήσεως	190,00
Στάθμη στέψεως	191,20
Μήκος στέψεως	320 m
Ύψους επάνω από φυσ.έδαφος	57m

### 4.2.2 Κλίσεις πρανών εδάφους

Οι κλίσεις των συμμετρικών πρανών του φράγματος εν όψει της μέτριας μηχανικής καταστάσεως του βράχου καθορίζονται σε 1:0,7. Οι κλίσεις αυτές επιτρέπουν, όπως αποδεικνύουν οι διεξοδικοί στατικοί και δυναμικοί αντισεισμικοί υπολογισμοί που έγιναν με την μέθοδο των τρισδιάστατων πεπερασμένων στοιχείων, την τήρηση των απαιτήσεων ευστάθειας των φραγμάτων για τις πιο δυσμενείς περιπτώσεις φορτίσεως:

-Το σώμα του φράγματος από σκληρό επίχωμα βρίσκεται στο μεγαλύτερο τμήμα του σε κατάσταση τριαξονικής θλίψεως

-Οι μέγιστες κατακόρυφες ορθές θλιπτικές τάσεις είναι αρκετά χαμηλές ώστε να προσαρμόζονται στα χαρακτηριστικά του βράχου.

-Οι μεταβολές των τάσεων μεταξύ των περιπτώσεων κενού και πλήρους ταμιευτήρα είναι γενικά μικρές.

-Η συνθήκη Maurice Levy αποδεικνύεται ότι ικανοποιείται πολύ καλύτερα στην περίπτωση του συμμετρικού φράγματος παρά στην περίπτωση κλασικού φράγματος βαρύτητας με κατακόρυφη ανάντη παρειά.

Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των συμμετρικών φραγμάτων:

\*Η κατανομή των πιέσεων στην θεμελίωση είναι πολύ ευνοϊκή

\*Ο ανάντη πόδας του φράγματος βρίσκεται μόνιμα υπο θλίψη (ολικές τάσεις). Οι ενεργές τάσεις στον ανάντη πόδα βρίσκονται και αυτές σχεδόν πλήρως στην περιοχή των θλιπτικών τάσεων.

\*Οι τάσεις μεταβάλλονται πολύ λίγο κατά την διάρκεια της εκμεταλλεύσεως.

### **4.2.3 Στέψη φράγματος**

Το πλάτος της στέψεως λαμβάνεται για λόγους κατασκευής και εκμεταλλεύσεως ίσο με 5,5m. Για να επιτευχθεί οικονομία στον όγκο του φράγματος οι παρειές του φράγματος (ανάντη και κατάντη) στα τελευταία 4,5 m του ύψους κατασκευάζονται κατακόρυφες με τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα τα οποία χρησιμεύουν για τον εγκιβωτισμό συμπυκνωμένου επιχώματος.

Δεδομένου ότι το φράγμα Βαλσαμιώτη είναι υπερπηδητό και η πλημμυρική παροχή , για λόγους οικονομίας η στάθμη της στέψεως καθορίζεται μόνο από την κανονική στάθμη εκμεταλλεύσεως των ταμιευτήρων. Η προσθήκη ενός πρόσθετου ύψους που εξασφαλίζει την συγκράτηση των πλημμυρικών υδάτων για την περίπτωση πλημμυράς περιόδου επαναφοράς χιλίων ετών μαζί με το περιθώριο ασφαλείας επιτυγχάνεται με την κατασκευή ενός ανθεκτικού τοίχου (στηθαίου) ύψους 1,20 m , που εξέχει επάνω από τη στάθμη στέψεως του φράγματος.

### **4.2.4 Κατασκευή του σκληρού επιχώματος**

Η επιλεγείσα κλίση των ανάντη και κατάντη πρανών 1: 0,7 είναι αρκετά ήπια ώστε τα πρανή να είναι αυτοευσταθή κατά την κατασκευή χωρίς την χρήση τύπων. Εν τούτοις στην μελέτη προτείνεται η χρησιμοποίηση προκατασκευασμένων τεμαχίων ύψους 0,90 μ που αντιστοιχούν στο συνολικό ύψος τριών στρώσεων σκληρού επιχώματος των 0,30 μ ή δύο στρώσεις των 0,45 μ . Η χρήση των τεμαχίων αυτών ως τύπων κατά την κατασκευή δεν είναι απαραίτητη αλλά η τοποθέτησή τους είναι σκόπιμη γιατί αυξάνει την ασφάλεια κατά την κατασκευή , αφού η συμπύκνωση του σκληρού επιχώματος είναι ενδεχομένως επικίνδυνη κοντά στις παρειές του φράγματος(κίνδυνος τοπικών υποχωρήσεων υπό το βάρος του μηχανήματος συμπυκνώσεως).

Εξ άλλου η τοποθέτηση των προκατασκευασμένων στοιχείων έχει πρόσθετα πλεονεκτήματα:

- Στο ανάντη πρανές επιτρέπει την ευχερέστερη υλοποίηση του συστήματος αποστραγγίσεως του ανάντη μανδύα στεγανώσεως. Προς τον σκοπό αυτό τα τεμάχια έχουν μορφή κοίλου κυλίνδρου τραπεζοειδούς διατομής.
- Στο κατάντη πρανές εξασφαλίζει μια καλή τελική αισθητική εμφάνιση και καθιστά το πρανές αυτό βαθμιδωτό, ικανό να δεχθεί μια προσωρινή υπερχειλίση κατά τη διάρκεια της κατασκευής πέρα από τις δυνατότητες του αγωγού προσωρινής εκτροπής. Τα τεμάχια αυτά θα έχουν μορφή γωνιακού τοιχώματος L.

Το μήκος των προκατασκευασμένων τεμαχίων θα καθοριστεί κατά την κατασκευή σε συνάρτηση με τα διατιθέμενα από τον ανάδοχο κατασκευής μέσα σκυροδετήσεως μεταφοράς και ανυψώσεως.

#### **4.2.5 Αρμοί συστολής**

Ο ρόλος των εγκαρσίων (καθέτων προς τον άξονα του φράγματος ) αρμών συστολής μέσα στο σώμα του φράγματος είναι διττός. Συγκεκριμένα επιτρέπει την επίτευξη:

-Ελεγχόμενης ρηγματώσεως σε περίπτωση ανομοιόμορφης παραμορφωσιμότητας του εδάφους θεμελιώσεως

-Ελεγχόμενης ρηγματώσεως σε περίπτωση αναπτύξεως θερμικών τάσεων στο σώμα του φράγματος

Στο φράγμα Βαλσαμιώτη προβλέπονται για λόγους ασφαλείας, δύο εγκάρσιοι αρμοί εκατέρωθεν του τμήματος υπερχειλιστή παρόλο ότι δεν απαιτούνται σύμφωνα με τα υφιστάμενα στοιχεία και τους υπολογισμούς, ούτε για λόγους ανομοιόμορφης κατανομής των μέτρων παραμορφώσεως ούτε λόγω αναπτύξεως σημαντικών θερμικών τάσεων.

#### **4.2.6 Ανάντη Μανδύας Στεγανότητας**

Όπως και στα φράγματα από κλασικό κυλινδρούμενο σκυρόδεμα έτσι και στην περίπτωση του σκληρού επιχώματος απαιτείται η τοποθέτηση ενός διαφράγματος στεγανότητας στο ανάντη πρανές του φράγματος. Το στοιχείο αυτό που είναι θεμελιώδους σημασίας για το έργο επιτρέπει την αποσύνδεση της λειτουργίας στεγανώσεως από την λειτουργία της μηχανικής αντοχής στο φράγμα με την εισαγωγή μίας ειδικής για το

σκοπό αυτό διατάξεως διακοπής της διηθήσεως μέσω των οριζοντίων αρμών σκυροδετήσεως.

Η διάταξη διακοπής των διηθήσεων υλοποιείται με την κατασκευή ενός μανδύα στεγανώσεως από οπλισμένο σκυρόδεμα μετά την αποπεράτωση του σκληρού επιχώματος.

Με τον τρόπο αυτό η τοποθέτηση του μανδύα πραγματοποιείται σε ένα έργο που ήδη έχει υποστεί ένα σημαντικότατο μέρος των μόνιμων παραμορφώσεων του και έτσι δεν κινδυνεύει να ρηγματωθεί λόγω διαφορικών καθιζήσεων.

Το πάχος του μανδύα αυτού είναι μεταβλητό και εξαρτάται από το ύψος του φράγματος.

Προβλέπονται κατακόρυφοι αρμοί ανά 15 μ. περίπου, με ειδική διάταξη χάλκινης στεγανωτικής ταινίας και σφράγισης αρμού.

Στους αρμούς που συμπίπτουν με εκείνους του σώματος του φράγματος, η διάταξη στεγανωτικής ταινίας και σφραγίσεως είναι τέτοια ώστε οι αρμοί να μπορούν να παραλάβουν μεγαλύτερες μετακινήσεις.

Οι ισχυροί οπλισμοί διακόπτονται, κατά την οριζόντια έννοια, στις θέσεις των αρμών. Οι επίσης ισχυροί οπλισμοί κατά την κατακόρυφη έννοια διασχίζουν τους ενδεχόμενους οριζόντιους αρμούς της σκυροδετήσεως, στους αρμούς δε αυτούς προβλέπεται ειδική επιμελημένη προετοιμασία πριν από την επανάληψη της σκυροδετήσεως (σχέδια και τεχνικές προδιαγραφές).

Η επαφή του μανδύα με την θεμελίωση είναι ένα ευαίσθητο σημείο του έργου. Εξασφαλίζεται με την κατασκευή μιας περιμετρικής στοάς στον ανάντη πόδα του φράγματος από οπλισμένο σκυρόδεμα με ισχυρό οπλισμό που επιτρέπει την γεωμετρικά ομαλή διεύθετηση στον πόδα του μανδύα. Η στοά αυτή χρησιμεύει ταυτοχρόνως τόσο για την αποστράγγιση των διηθούμενων από τον μανδύα νερών όσο και για την εκτέλεση των αγκυλώσεων και των τσιμεντενέσεων της θεμελιώσεως καθώς και της κουρτίνας στεγανώσεως.

#### **4.2.7 Αποστράγγιση του μανδύα**

Μια διάταξη αποστραγγίσεως μεγάλης παροχευτικής ικανότητας προβλέπεται να κατασκευαστεί κάτω από τον ανάντη μανδύα κατά τρόπο που να εγγυάται την ασφαλή παραλαβή και απομάκρυνση οποιωνδήποτε διηθήσεων που θα προέρχονται από συνηθισμένα ή και εξαιρετική ρηγμάτωση του μανδύα στεγανώσεως.



Είναι σκόπιμο να επωφεληθεί κανείς από την παρουσία των προκατασκευασμένων στοιχείων που χρησιμοποιούνται ως τύποι για την διάστρωση του σκληρού επιχώματος.

Τα τεμάχια αυτά μορφής κοίλου κυλίνδρου τραπεζοειδούς διατομής διαθέτουν έναν εσωτερικό κενό χώρο σχεδόν τριγωνικής διατομής με εμβαδόν που αντιστοιχεί σε κυκλική διατομή διαμέτρου 0,6 μ. Τα κενά αυτά συνδέονται μεταξύ τους με σωλήνες των 100 χλστ. Ανά αποστάσεις 1,25μ.

Με τον τρόπο αυτό προκύπτει ένα δίκτυο αποστραγγίσεως με πυκνή διασύνδεση και μεγάλη ικανότητα παροχετεύσεως.

Η έξοδος του συστήματος αυτού γίνεται στην περιμετρική στοά. Οι παροχές εκκενώνονται προς τα κατάντη από τις στοές προσπελάσεως. Προφανώς για τα τμήματα της στοάς αποστραγγίσεως που είναι κάτω από την στάθμη της στοάς προσπελάσεως, θα απαιτηθεί η εγκατάσταση συστήματος αντλήσεως των διηθούμενων νερών.

Με την εγκατάσταση του συστήματος αποστραγγίσεως υπο τον μανδύα αποβαίνει περιττή η πρόβλεψη αποστραγγίσεως του σώματος του φράγματος στην μάζα του σκληρού επιχώματος. Παρόλα αυτά, για λόγους μεγαλύτερης ασφάλειας, προβλέπεται μια σειρά λοξών γεωτρήσεων αποστραγγίσεως από την ομώνυμη στοά.

Η περίπτωση κορεσμού του δικτύου αποστράγγισης είναι στην πραγματικότητα πολύ λίγο πιθανή ακόμα και στην περίπτωση όπου θα μπορούσαν να γίνουν τοπικές εμφράξεις. Πράγματι η παροχετευτική ικανότητα και η ισχυρή διασύνδεση των αγωγών του δικτύου θα αποτρέψει – και στην περίπτωση αυτή – μια αισθητή υποβάθμιση της λειτουργίας του δικτύου. Άλλωστε, η συμμετρική διατομή με κλίσεις 1:0,7 εγγυάται την ευστάθεια του φράγματος, με άνετους συντελεστές ασφαλείας ακόμα και με την εξωπραγματική υπόθεση ότι το δίκτυο αποστραγγίσεως θα έχει μηδενική αποδοτικότητα.

## 4.3 Υλικά – Μέθοδοι κατασκευής

### 4.3.1 Σκληρό επίχωμα

Η συμμετρική διατομή του φράγματος μπορεί να εφαρμοστεί και με ένα υλικό που έχει μέτρια μηχανικά χαρακτηριστικά.

Πράγματι οι τάσεις στο σώμα στο φράγμα και στο έδαφος θεμελιώσεως έχουν μέτρια ένταση. Επίσης η ευστάθεια των επιφανειακών ζωνών δεν είναι κρίσιμη λόγω της ειδικής κατασκευής στις επιφάνειες αυτές. Επομένως η μόνη λειτουργία της μάζας του σκληρού επιχώματος είναι να δημιουργεί το βάρος που εξασφαλίζει την ευστάθεια του Έργου. Υπό τις συνθήκες αυτές η χρήση των χαλαζιτών για τα αδρανή του σκληρού επιχώματος είναι μια λογική επιλογή.

Το σκληρό επίχωμα είναι ένα νέο υλικό που ανήκει στην οικογένεια των συνήθων κυλινδρούμενων σκυροδεμάτων , αλλά μια ελάφρυνση των προδιαγραφών κατασκευής του επιτρέπει τη σημαντική μείωση της μοναδιαίας τιμής του , ισοφαρίζοντας έτσι την αύξηση του όγκου που συνεπάγεται η εφαρμογή της συμμετρικής διατομής.

Το τσιμέντο που θα χρησιμοποιηθεί στο μείγμα , σε αναλογία μεταξύ 70 και 90 kg/m<sup>3</sup>. θα είναι Ελληνικού τύπου Π 35 που εξασφαλίζει μικρή εκλυόμενη θερμότητα πήξεως. Το μικρό ποσοστό τσιμέντου απαιτεί την ύπαρξη στα αδρανή ικανού ποσοστού λεπτού υλικού (<80 μικρών). Εκτός από τα πλεονεκτήματα της οικονομίας η μικρή αναλογία τσιμέντου έχει ως προσθετό πλεονέκτημα τη μείωση της σημασίας των θερμικών προβλημάτων, αφού η εξωθερμία του υλικού είναι μικρή και η δυνατότητα παραμορφώσεως είναι μεγαλύτερη παρά σε ένα φράγμα από κοινό σκυρόδεμα. Η συνολική ποσότητα νερού στο μείγμα , πρέπει να είναι η ελάχιστη που εξασφαλίζει έντεχνη κατασκευή, και να ελέγχεται συνεχώς.

Η κατασκευή θα γίνει ως εξής:

Τα αδρανή θα αποκτηθούν με εκσκαφή των χαλαζιτικών ζωνών (χρήση εκσκαφέων ή ripper). Ένα ελάχιστο επεξεργασίας απαιτείται για την απομάκρυνση των μεγάλων λίθων.

Η επιτρεπόμενη περιοχή στο διάγραμμα κοκκομετρήσεως είναι για το σκληρό επίχωμα τόσο ευρεία ώστε δεν απαιτείται παρά περιορισμένη επεξεργασία των αδρανών.

Η κύρια απαίτηση που επιβάλλεται από τις προδιαγραφές είναι να έχει το υλικό μια αντοχή σε μοναξονική θλίψη τουλάχιστον 5 MPa σε 90 ημέρες, πράγμα που θα εξασφαλίζει συντελεστή ασφαλείας τουλάχιστον 3 έναντι των μεγίστων τάσεων θλίψεως σε οποιοδήποτε σημείο μέσα στο φράγμα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ερευνητικών εργασιών η αντοχή αυτή υπο τις πραγματικές συνθήκες του Έργου , θα επιτευχθεί με αναλογία τσιμέντου το πολύ μέχρι 90 kg/m<sup>3</sup>.

Η επίτευξη μικρής διαπερατότητας δεν αποτελεί απαίτηση των προδιαγραφών. Αντίθετα μια αυξημένη διαπερατότητα δεν είναι μειονέκτημα , σύμφωνα με τις βασικές αρχές που διέπουν αυτόν τον τύπο του φράγματος.

Από την άλλη πλευρά , οι προδιαγραφές για την διάστρωση του σκληρού επιχώματος είναι πολύ ελαφρότερες έναντι του κλασικού κυλινδρούμενου σκυροδέματος (απουσία εγκάρσιων κατακόρυφων αρμών, καμία επεξεργασία στους οριζόντιους αρμούς μεταξύ των διαδοχικών στρώσεων).

Επίσης είναι ενδεχομένως δυνατή η εφαρμογή στρώσεων πάχους μεγαλύτερου από 30μ εκατ. (που είναι το πάχος , που παραδοσιακά ισχύει για το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα) , εφόσον τούτο διαπιστωθεί από το δοκιμαστικό "σκληρό επίχωμα" που θα γίνει από τον Ανάδοχο , προ της κατασκευής.

### **4.3.2 Τεχνικά Έργα**

Για τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται κατά κανόνα σκυρόδεμα κατηγορίας B15 , ενώ για ειδικές θέσεις (ισχυρώς καταπονούμενα σημεία) προβλέπεται η χρήση σκυροδέματος κατηγορίας B25.

Για το άοπλο σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται και οι κατηγορίες B10,B5 των κανονισμών.

Οι χάλυβες οπλισμού θα είναι κατά κανόνα κατηγορίας III(Bst 420/500) ενώ για τους συνδετήρες μικρών διατομών θα χρησιμοποιείται χάλυβας I(BSst 220/340) και για το δομικό πλέγμα χάλυβας (Bst 500/550).

## **4.4 Θεμελίωση**

### **4.4.1. Βάθος εκσκαφών θεμελιώσεως**

Τα μέτρια γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του εδάφους θεμελιώσεως επιβάλλουν σημαντικές εκσκαφές για τη θεμελίωση των έργων.

Οι παραδοχές που έγιναν για τον προσδιορισμό του βάθους , που εμφανίζεται στα σχέδια των εκσκαφών βασίζονται στα αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών και στα αποτελέσματα του προγράμματος σεισμικών διασκοπήσεων , καθώς και σε υπολογισμούς του φράγματος για ευρύ φάσμα των πιθανών τιμών των παραμέτρων συμπεστότητας του εδάφους.

Η τελική επιφάνεια θεμελιώσεως της παραμετρικής στοάς τσιμεντενέσεων και του σώματος του φράγματος από σκληρό επίχωμα θα προκύψει μετά από διαδοχικά στάδια εκσκαφών έως ότου επιτευχθεί η κατάλληλη επιφάνεια θεμελιώσεως.

### **4.4.3 Εργασίες στην επιφάνεια εκσκαφών**

Διακρίνονται δύο ζώνες , η θεμελίωση της περιμετρικής στοάς και η θεμελίωση του σώματος του κυρίως φράγματος.

Η θεμελίωση της περιμετρικής στοάς αποτελεί αντικείμενο ιδιαίτερης επεξεργασίας σε ένα πλάτος περίπου 10 προβλέπονται προκαταρκτικές τσιμεντενέσεις βάθους περίπου 10 μέτρων και αγκυρώσεις βάθους 7,50 μ. επί του εδάφους θεμελιώσεως και τσιμεντενέσεις συγκολλήσεως που θα

πραγματοποιηθούν από την πλάκα του θεμελίου (πυθμένα) της περιμετρικής στοάς και την κατάντη πλάκα του θεμελίου(πυθμένα) της περιμετρικής στοάς και την κατάντη πλάκα που αγκυρώνεται στο βράχο. Ανάλογα με την ποιότητα του βράχου στην επιφάνεια εκσκαφών , η επεξεργασία της επαφής μπορεί να επεκταθεί προς τα κατάντη , έως την περιοχή του δικτύου αποστραγγίσεως , κατά τρόπο που να εξασφαλίζει την ύπαρξη μιας βραχώδους επιφάνειας , συμπαγούς και μη υποκείμενης σε διάβρωση , σε αυτήν την περιοχή της θεμελιώσεως, όπου επικρατούν ισχυρές υδραυλικές κλίσεις.

Όσον αφορά την επιφάνεια εδράσεως του σώματος του φράγματος , δεν προβλέπεται καμιά συστηματική επεξεργασία. Απλώς η επιφάνεια εκσκαφής θα πλένεται και θα καθαρίζεται προσεχτικά ενώ ενδεχόμενες ανοιχτές ρωγμές θα κλείνονται με σκυρόδεμα ή τσιμεντοκονίαμα.

## 4.5 Έργα ελέγχου των Διηθήσεων στην θεμελίωση

Από τις διεξαχθείσες ερευνητικές εργασίες προκύπτει ότι τα μηχανικά χαρακτηριστικά του βράχου είναι μέτρια και επομένως απαιτείται η εξασφάλιση ενός αποτελεσματικού τρόπου ελέγχου των διηθήσεων μέσω ενός διαφράγματος στεγανότητας και ενός δικτύου αποστραγγίσεως.

### 4.5.1 Διάφραγμα Στεγανότητας

Η στεγανότητα υλοποιείται με την εκτέλεση ενός διαφράγματος τσιμεντέσεων κάτω από κάθε φράγμα, το οποίο επεκτείνεται και πλευρικά από κάθε κλιτύ. Το βάθος του διαφράγματος σε κάθε φράγμα, αλλά και σε διάφορες θέσεις του ίδιου φράγματος, ποικίλλει ανάλογα με την διαπερατότητα του βράχου και το ύψος του φράγματος.

Το διάφραγμα θα κατασκευαστεί από τη περιμετρική στοά τσιμεντέσεων και από τις σήραγγες που προβλέπονται για τον σκοπό αυτό σε κάθε κλιτύ φράγματος.



Φωτογραφία 3. Διάφραγμα τσιμεντέσεων που αποσκοπεί στην στεγανότητα του φράγματος

### 4.5.2. Δίκτυο Αποστραγγίσεως

Η αποστράγγιση της θεμελιώσεως και της επαφής φράγματος – θεμελιώσεως εξασφαλίζεται με γεωτρήσεις αποστραγγίσεως που πραγματοποιούνται από διάφορες σήραγγες.

Τα ακραία τμήματα, στις κλιθείς αποστραγγίζονται μέσω της σήραγγας προσπελάσεως. Το κεντρικό όμως τμήμα δεν μπορεί να αποστραγγιστεί δια βαρύτητος και θα εφοδιαστεί με κατάλληλες αντλίες.

### **4.5.3 Προσπέλαση στο σύστημα των σηραγγών**

Οι προσπελάσεις στο σύστημα των σηραγγών του φράγματος έχουν μελετηθεί παραλλήλως με τις εσωτερικές διασυνδέσεις των στοών και των σηραγγών ώστε να υπάρχει ευκολία στις μετακινήσεις και μεταφορές εξοπλισμού καθώς και ασφάλεια ακόμα και στην περίπτωση πολύ δυσμενούς ανάγκης.

## **4.6 Όργανα παρακολούθησεως και Ελέγχου**

Τα όργανα παρακολούθησεως και ελέγχου του φράγματος περιλαμβάνουν τις εξής ειδικές διατάξεις:

- Απλά και ανεστραμμένα εκκρεμή για τη μέτρηση μετατοπίσεων των φραγμάτων και της θεμελιώσεως τους.
- Μηκυσιόμετρα για τη μέτρηση των κατακόρυφων μετατοπίσεων της θεμελίωσης.
- Τριαξονικά όργανα μετρήσεως ανοίγματος αρμών και ρωγμών της περιμετρικής στοάς (εσωτερικά), τύπου VINCHON
- Διαξονικά κλισιόμετρα επιφάνειας για τη μέτρηση στροφής της περιμετρικής στοάς
- Εξοπλισμό αρμών στον ανάντη μανδύα και φορητά μονοαξονικά όργανα για τη μέτρηση ανοίγματος τους
- Όργανα δονούμενης χορδής για τη μέτρηση μονοδιάστατων μετατοπίσεων
- Πιεζομετρικές κυψέλες με δονούμενη χορδή που τοποθετούνται στις σήραγγες αποστραγγίσεως, στην θεμελίωση και στην επαφή του σκληρού επιχώματος με την θεμελίωση.
- Διατάξεις μετρήσεως της πίεσεως στους αρμούς μεταξύ περιμετρικής στοάς και ανάντη μανδύα στεγανότητας
- Διατάξεις μετρήσεως στάθμης ύδατος
- Διατάξεις μετρήσεως παροχής διηθήσεων στις στοές
- Συσκευές μετρήσεως της θερμοκρασίας του σκληρού επιχώματος

- Σύστημα σειсмоγράφων

Προβλέπεται ακόμα η τοποθέτηση τεσσάρων διασυνδεόμενων σειсмоγράφων στο φράγμα. Για την πλήρη επιτήρηση θα απαιτηθεί η τοποθέτηση δύο σειсмоγράφων στην στέψη του φράγματος , ενός σε μια βραχώδη κλιτύ , π.χ. μέσα σε μια στοά αποστραγγίσεως και ενός στο κατώτερο τμήμα του φράγματος, ενδεχομένως μέσα στην στοά προσπελάσεως.

- Εξοπλισμοί των κέντρων μετρήσεων (1).



Φωτογραφία 4. Κατασκευή σηράγγων με σκοπό την διευκόλυνση στη μετακίνηση και μεταφορά εξοπλισμού καθώς και ασφαλείας του φράγματος σε περίπτωση δυσμενούς ανάγκης.



## **5. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ**

### **5.1 Βέλτιστη Διαστασιολόγηση Υδραυλικών Έργων**

Η βέλτιστη διαστασιολόγηση των υδραυλικών έργων του φράγματος αφορά κατά κύριο λόγο τον προσδιορισμό:

-του μήκους στέψεως του υπερχειλιστή από την επιλογή του οποίου εξαρτάται, όπως έχει προαναφερθεί, όχι μόνο το έργο υπερχειλίσεως αλλά και το ολικό ύψος του φράγματος.

-της διατομής της σήραγγας ή αγωγού εκτροπής του ποταμού κατά το στάδιο κατασκευής του φράγματος

-της διατομής του εκκενωτή του ταμιευτήρα κατά το στάδιο εκμεταλλεύσεως, αν παραστεί ανάγκη ταχείας εκκενώσεως

-όλων των διαστάσεων των έργων, που αφορούν την ομαλή λειτουργία του φράγματος, όπως της υδροληψίας, των δικλίδων ασφαλείας, των έργων καταστροφής ενέργειας κλπ.

Για την επίτευξη της βέλτιστης υδραυλικής διαστασιολόγησης του έργου, η σύγχρονη αντίληψη για τις μελέτες των φραγμάτων απαιτεί την χρησιμοποίηση εξελιγμένων προγραμμάτων και ισχυρούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ώστε να διερευνηθεί το μέγιστο δυνατό πλήθος υδραυλικών ή άλλων απαραίτητων παραμέτρων με το μέγιστο αναμενόμενο εύρος μεταβολής τους.

Με τη μέθοδο αυτή, στην παρούσα μελέτη του φράγματος υπολογίστηκαν τα ακόλουθα νομημογραφήματα για τον προσδιορισμό των βέλτιστων διαστάσεων:

-Ανώτατη στάθμη υπερχειλίσεως ως συνάρτηση του μήκους στέψεως του υπερχειλιστή και της πιθανότητας εμφανίσεως της πλημμύρας

-Διατομή της σήραγγας ή του αγωγού εκτροπής και του ύψους του προφράγματος, ως συνάρτηση της πιθανότητας εμφανίσεως της πλημμύρας

-Ελάχιστη διατομή του εκκενωτή, ώστε να επιτυγχάνεται η εκκένωση του μισού ύψους του ταμιευτήρα σε διάστημα 10 ημερών.

Η μελέτη των ανωτέρω νομογραφημάτων επιτρέπει την γρήγορη και αξιόπιστη αξιολόγηση των παραμέτρων εκείνων που έχουν βασική σημασία για την ασφάλεια και την οικονομία του έργου. Έτσι, είναι δυνατόν να προκύψει ότι η επαύξηση π.χ. της περιόδου επαναφοράς μιας πλημμύρας ελάχιστα επηρεάζει τις διαστάσεις και επομένως η παραδοχή ενός μεγαλύτερου συντελεστή ασφαλείας δεν έχει σοβαρή επίπτωση στην δαπάνη του έργου.

Από την άλλη πλευρά η διαπίστωση ότι η αύξηση μιας διαστάσεως δεν οδηγεί σε αντίστοιχη ωφέλεια ως προς το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα καθορίζει και την βέλτιστη επιλογή από τεχνικοοικονομική άποψη κάποιου βασικού μεγέθους.

- Στοιχεία πλημμυρών

Για την εκτίμηση των πλημμυρών χρησιμοποιήθηκαν οι πιο σύγχρονες ειδικές μεθόδοι.

Οι πλημμύρες σχεδιασμού των υδραυλικών έργων για το φράγμα προέκυψαν συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς ως εξής:

Φράγμα Βαλσαμιώτη		
Περίοδος επαναφοράς(έτη)	Μεγ.Παροχή (m <sup>3</sup> /sec)	) Όγκος Πλημμύρας(hm <sup>3</sup> )
5	12	0,12
10	20	0,20
20	28	0,30
100	48	0,80
1000	77	1,10
10000	105	0,12

## **5.2 Υπερχειλιστής πλημμυρών**

### **5.2.1 Διαστασιολόγηση**

Ο υπερχειλιστής πλημμυρών διαστασιολογείται για την πλημμύρα που αντιστοιχεί στην λεκάνη απορροής του φράγματος με περίοδο επαναφοράς 1000 ετών.

Η λύση που προκρίθηκε για τον υπερχειλιστή προβλέπει την κατασκευή ενός κατωφλιού ελεύθερης ροής στην κατάντη παρειά του φράγματος. Πράγματι, ο υπερχειλιστής ελεύθερης ροής εξασφαλίζει απόλυτη προστασία δεδομένου ότι λειτουργεί εντελώς αυτόματα. Επωφελείται έτσι κανείς και από την πλήρη ανάσχεση της πλημμυράς από τον ταμιευτήρα.

Η τοποθέτηση επάνω στο φράγμα επιτρέπει την ελαχιστοποίηση του κόστους υπερχειλίσεως. Αυτό είναι ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των φραγμάτων από σκληρό επίχωμα σε σχέση με την λύση των φραγμάτων από επίχωμα, τα οποία απαιτούν σοβαρότατα έργα (εκσκαφές, οπλισμένο σκυρόδεμα) σε μια από τις κλιθείς.

Ο άξονας του εκχειλιστή διατάσσεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να συμπίπτει με τον άξονα της κοιλάδας. Το πλάτος της κοιλάδας στη βάση κατάντη του φράγματος αποτελεί περιορισμό για το πλάτος υπερχειλίσεως του έργου.

Ένα ισχυρό τοίχωμα ύψους περίπου 1,00 μ. που εξέχει επάνω από τη στέψη του φράγματος εξασφαλίζει την μη υπερχείλιση στο εκτός του υπερχειλιστή τμήμα για πλημμύρα με περίοδο επαναφοράς μεγαλύτερη από 100 έτη.

### **5.2.2. Γενική Διάταξη του Έργου Υπερχειλίσεως**

Δυο λύσεις είναι δυνατές, ανάλογα με τον τρόπο καταστροφής της ενέργειας και την απαγωγή των νερών στην κοίτη κατάντη φράγματος:

- Αγωγός πτώσεως από οπλισμένο σκυρόδεμα με λεία επιφάνεια που καταλήγει σε αναπήδηση τύπου σκι (ski-jump). Η φλέβα του νερού κατά την υπερχείλιση εκτοξεύεται όσο το δυνατόν σε μεγαλύτερη απόσταση από το φράγμα, ώστε να απομακρύνεται η περιοχή προσπτώσεως με την βαθεία εκσκαφή από τον κατάντη πόδα του

- φράγματος. Η καταστροφή της ενέργειας γίνεται μέσα στη χοάνη της εκσκαφής της κοίτης, που σχηματίζεται κατά την πρόσπτωση.
- Αγωγός πτώσεως με βαθμιδωτή μορφή. Η καταστροφή ενέργειας γίνεται προοδευτικά στις βαθμίδες και το υπόλοιπο της ενέργειας σε μια κατάντη λεκάνη.

Η δεύτερη λύση είναι πολύ πιο καλά προσαρμοσμένη στην μορφή του συμμετρικού φράγματος πιο εύκολη στην κατασκευή και επομένως πιο οικονομική. Διάφορες δοκιμές σε υδραυλικά ομοιώματα βαθμιδωτών υπερχειλιστών καθώς και ειδικές μελέτες που έγιναν από την ειδική επιτροπή έρευνας του φράγματος από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα της Γαλλίας καταδεικνύουν ότι η ροή σε βαθμιδωτούς υπερχειλιστές σταθεροποιείται σε ένα περιορισμένο ύψος πτώσεως και επομένως οι συνθήκες αποκαταστάσεως της ροής στους υπερχειλιστές αυτούς είναι γενικά ανεξάρτητες από το ύψος του φράγματος.

Συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι η «τραχύτητα» που δημιουργείται από την ύπαρξη των βαθμίδων δημιουργεί στροβιλισμό της ροής σε μεγάλη κλίμακα και έντονο αερισμό της φλέβας ροής. Υπό τις συνθήκες αυτές οι διακυμάνσεις των πιέσεων στην επιφάνεια του σκυροδέματος είναι πολύ μικρές (μικρότερες από 0,04 MPa σε υπερπίεση και από 0,04 MPa σε υποπίεση). Επομένως φαινόμενα σπηλαιώσεως δεν εμφανίζονται. Με το παραπάνω σκεπτικό προκρίθηκε για το φράγμα Βαλσαμιώτη η λύση του βαθμιδωτού έργου υπερχειλίσεως.

### **5.2.3 Κατώφλιο υπερχειλίσεως**

Το κατώφλιο έχει κανονική διατομή GREAGER. Ένα δευτερεύον κατώφλιο τοποθετείται σε χαμηλότερη στάθμη πριν από τον κυρίως υπερχειλιστή, ώστε να βελτιωθεί η απόδοση του υπερχειλιστή.

Η διατομή CREAGER συναρμόζεται γρήγορα με το επαπτόμενο επίπεδο του κατάντη πρανούς 1: 0,7. Τα βάρη των πεζογεφυρών τοποθετούνται στο κατάντη τμήμα της διατομής υπερχειλίσεως, ώστε να δημιουργείται ρεύμα αέρος, που επιδρά ευνοϊκά στην διέλευση της πλημμύρας.

Το κατώφλιο κατασκευάζεται από κλασικό οπλισμένο σκυρόδεμα με την χρήση ξυλοτύπου και κανονική δόνηση. Το κατώφλιο αγκυρώνεται στο υποκείμενο σκληρό επίχωμα.

Το ανάντη τοίχωμα (στηθαίο) του φράγματος επεκτείνεται στρεφόμενο κατά 90 μοίρες προς τα κατάντη παράλληλα προς την ροή και παίζει τον ρόλο του καθοδηγητικού πλευρικού τοίχου.

#### **5.2.4 Αγωγός πτώσεως**

Έχει κλίση ίση με την κλίση του κατάντη πρανούς 1:0,7. Οι βαθμίδες έχουν ύψος 0,90 μ. που αντιστοιχεί σε 3 στρώσεις των 0,30 μ ή 2 στρώσεις των 0,45 μ και σκυροδετούνται επιτόπου με αγκύρωση στο σώμα του φράγματος.

Οι ανώτερες βαθμίδες με μικρότερα ύψη (0,30 και 0,60 μ) εγγράφονται στη διατομή CREAGER και διαμορφώνονται με κατάλληλες εγκοπές στο σκυρόδεμα του κατωφλίου.

#### **5.2.5 Λεκάνη αποκαταστάσεως ροής στην κοίτη του ποταμού**

Η καταστροφή της ενέργειας που απομένει στην βάση του αγωγού πτώσεως πραγματοποιείται σε μια λεκάνη στη βάση του φράγματος επί της επεκτάσεως του αγωγού αυτού προς τα κατάντη. Το πλάτος της λεκάνης συμπίπτει με το πλάτος του υπερχειλιστή (κατώφλιο και αγωγός πτώσεως). Γενικά η απομείνουσα ενέργεια είναι μικρή όπως αποδεικνύουν πειράματα σε ομοιώματα.

Η στάθμη του πυθμένα της λεκάνης αντιστοιχεί με την στάθμη της κοίτης ενώ το κατώφλιο 2,0 μ. ψηλότερα από τον πυθμένα ορίζει το τέρμα της λεκάνης προς τα κατάντη. Οι πλευρικοί τοίχοι ενεργούν ταυτόχρονα και ως καθοδηγητικά τοιχώματα της ροής και ενδεχομένως ως τοίχοι αναστηρίξεως των πρανών των πλευρικών εκσκαφών.

Λόγω των μικρών σχετικά παροχών υπερχειλίσεως ο Μελετητής πιστεύει ότι δεν απαιτούνται δοκιμές σε υδραυλικό ομοίωμα πριν από την έναρξη της κατασκευής.

#### **5.2.6 Τεχνικά Στοιχεία των Έργων Υπερχειλίσεως**

	Μήκος υπερχ.	Στάθμη υπερχ.	Στάθμη λεκάνης
-Φράγμα Βαλσαμιώτη	20	190,0	129,50

### 5.3 Έργα εκτροπής

Η περιορισμένη έκταση των λεκανών απορροής οδήγησε σε επιλογή αγωγού μικρής διαμέτρου για την εκτροπή των υδάτων κατά την διάρκεια κατασκευής του φράγματος.

Οι αγωγοί εκτροπής είναι από κυκλικούς σωλήνες οπλισμένου σκυροδέματος εγκιβωτισμένους σε ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα B15 , είναι ευθύγραμμοι, προβλέπεται δε πρόφραγμα καταλλήλου ύψους, από σκληρό επίχωμα στα ανάντη.

Οι διαστάσεις των αγωγών εκτροπής είναι οι ακόλουθες:

Φράγμα Βαλσαμιώτη	
Παροχή εκτροπής	12 μ <sup>3</sup> /δλ
Μήκος	156 μ
Διάμετρος	Φ 1000
Στάθμη προφράγματος	142 μ

Στην περιοχή του ανάντη πόδα του φράγματος στο τέλος της κατασκευής του έργου , ο αγωγός εκτροπής φράσσεται με πώμα από σκυρόδεμα. Το πώμα αυτό υφίσταται την πλήρη πίεση του νερού στον Ταμιευτήρα.

## 5.4 Εκκενωτής Πυθμένος

### 5.4.1 Γενική Διαστασιολόγηση

Η πρόβλεψη ενός έργου εκκενώσεως στο φράγμα είναι απαραίτητη (Ιδιαίτερα σε περιοχές με έντονη σεισμικότητα) για να είναι δυνατός ο έλεγχος της στάθμης του ταμιευτήρα κατά την πρώτη πλήρωση και στη συνέχεια κατά την εκμετάλλευση των έργων.

Κριτήριο για την διαστασιολόγηση του εκκενωτή είναι να παρέχεται η δυνατότητα να επιτυγχάνεται η πτώση του  $\frac{1}{2}$  της στάθμης του ταμιευτήρα σε ένα περίπου δεκαήμερο με την παραδοχή των σημαντικών εισροών , που αντιστοιχούν στη μέση μηνιαία εισροή του πιο βροχερού μήνα του έτους. Η παροχή εκκενώσεως και η διατομή του εκκενωτή προκύπτει για το φράγμα με βάση το παραπάνω κριτήριο και τα υψομετρικά χαρακτηριστικά του εκκενωτή.

### 5.4.2 Περιγραφή του Έργου

#### Φράγμα Βαλσαμιώτη

Το έργο εκκενώσεως τοποθετείται στη δεξιά όχθη και αποτελείται από ένα ανάντη έργο εισόδου χοανοειδούς μορφής, από ένα υποβρύχιο θάλαμο θυροφραγμάτων , μια στοά απαγωγής των υδάτων κατασκευαζόμενη σε εκσκαφή στην επαφή της βάσεως του φράγματος , από ένα ανοιχτό αγωγό που κατευθύνει τη ροή προς τον ποταμό και από ένα τελικό έργο αναπηδήσεως για την εκτόξευση της φλέβας στην κοίτη του ποταμού προς τα κατάντη του φράγματος , ώστε να καταστρέφεται η ενέργεια πριν από την αποκατάσταση του νερού της εκκενώσεως στην κοίτη του ποταμού.

Η χοάνη εισόδου έχει στραφεί κατά 90 μοίρες ως προς τον άξονα του εκκενωτή και συνδυάζεται σε κοινό έργο με την χοάνη εισόδου της σήραγγας επικοινωνίας.

Η στάθμη εκκενώσεως είναι στο +143 και η στάθμη πυθμένος του οργάνου εκκενώσεως είναι +139.40.

Λόγω της τοπογραφικής διαμορφώσεως στο δεξιό αντέρεισμα , ο αγωγός απαγωγής και επαναφοράς των νερών της εκκενώσεως στον ποταμό διέρχεται το αντέρεισμα με στοά μήκους 80 μ. διαστάσεων 2,50 \* 2,30 m<sup>2</sup> που βρίσκεται σε στάθμη +138.90 στα ανάντη και + 138.47 στα κατάντη και έχει κλίση 0,5%. Η στοά λειτουργεί υπό ελευθέρα ροή και

αερίζεται από το φρέαρ του εκκενωτή. Το υδραυλικό φορτίο επί των θυροφραγμάτων ανέρχεται σε 50 μ.

Ο αγωγός πτώσεως έχει μικρό μήκος και το έργο αναπηδήσεως τοποθετείται στην στάθμη +141 περίπου. Για την μέγιστη παροχή η εκτοξευόμενη φλέβα πέφτει στην κοίτη του ποταμού σε απόσταση περίπου 20 μ κατάντη του άκρου.

## **5.5 Υδροληψία**

Η γενική διάταξη της υδροληψίας είναι παρόμοια σε κάθε φράγμα. Η υδροληψία εγκαθίσταται μέσα στην μεγάλη κεκλιμένη στοά προς τον θάλαμο χειρισμών του εκκενωτού, που επικάθεται στο ανάντη πρανές. Η διάταξη αυτή επιτρέπει την λήψη νερού από διάφορες στάθμες, ώστε να γίνεται καλύτερη διαχείριση της ποιότητας του νερού που λαμβάνεται.

Κάθε στόμιο υδροληψίας προστατεύεται από μια εσχάρα και είναι εφοδιασμένο με μια ανάντη δικλείδα με υδραυλικό χειρισμό που επιτρέπει την επιλογή της στάθμης υδροληψίας και την εκκένωση του σωλήνα.

Η ρύθμιση της παροχής της υδροληψίας γίνεται από μια κατάντη δικλείδα.

Το νερό μέσα από τα στόμια διοχετεύεται σε ένα αγωγό υπό πίεση. Η διάμετρος του καθορίζεται από τις απαιτήσεις του κατάντη δικτύου. Ο αγωγός από τη βάση της κεκλιμένης στοάς καθόδου οδεύει προς τα κατάντη μέσα από την σήραγγα προσπελάσεως.

Στην αρχή του αγωγού υδροληψίας τοποθετείται σωλήνας εξαερισμού (έως την στέψη του φράγματος) που χρησιμεύει για την προστασία της υδροληψίας από την υποπίεση που θα δημιουργηθεί στην περίπτωση κλεισίματος της ανάντη δικλείδας και ανοίγματος της κατάντη.



## **6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

### **6.1 Υπολογισμοί φράγματος**

#### **6.1.1 Αντικείμενο των υπολογισμών**

Στην παρούσα μελέτη έγιναν εκτεταμένοι υπολογισμοί για τον έλεγχο της ασφάλειας του φράγματος κατά τις διάφορες φάσεις κατασκευής και λειτουργίας του.

Οι υπολογισμοί αυτοί περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό:

- των αναπτυσσόμενων τάσεων στο φράγμα
- των παραμορφώσεων του φράγματος
- των συντελεστών ασφαλείας του φράγματος
- της εντατικής καταστάσεως λόγω των δυναμικών σεισμικών δράσεων
- του πεδίου κατανομής των θερμοκρασιών στο σώμα του φράγματος
- της εντατικής καταστάσεως λόγω θερμοκρασιακής ανισοκατανομής

Με βάση τους υπολογισμούς αυτούς επαληθεύονται οι εκλεγείσες διαστάσεις των φραγμάτων σε ότι αφορά τα στατικά και δυναμικά φορτία και προσδιορίζονται οι περισσότερο επικύνδινες διατομές σχετικά με την θερμική καταπόνηση του φράγματος, ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση του φαινομένου της ρηγματώσεως κυρίως στον ανάντη μανδύα στεγανότητας.

Όλοι οι υπολογισμοί διεξήχθησαν με ειδικά προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών και έγινε χρήση των πιο πρόσφατων θεωρητικών και υπολογιστικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται διεθνώς για τους στατικούς και δυναμικούς αντισεισμικούς καθώς και την θερμική καταπόνηση του έργου.

Οι μέθοδοι υπολογισμού χρησιμοποιούν σε διάφορα στάδια, ως βάση, την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, την οποία ενσωματώνουν ως υπολογιστικό εργαλείο στη γενικότερη μέθοδο, που αντιμετωπίζει τα δυναμικά και θερμικά φαινόμενα.

## 6.1.2 Στατική Ανάλυση

Η στατική ανάλυση περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της εντατικής καταστάσεως και της καταστάσεως παραμορφώσεως μέσα στο σώμα του φράγματος και στην περιοχή του υπεδάφους όπου θεμελιώνεται.

Οι υπολογισμοί έγιναν για τις φορτίσεις ίδιου βάρους του φράγματος(σκληρό επίχωμα) και την υδροστατική πίεση για την περίπτωση πλήρους φράγματος.

Επειδή η μορφή της κοιλάδας έχει σχήμα  $V$ , εκτός από την διδιάστατη στατική ανάλυση σε εγκάρσιες διατομές, απαιτείται και μια προσομοίωση σε τρεις διαστάσεις για τον ακριβέστερο προσδιορισμό των τάσεων και παραμορφώσεων στο σώμα του φράγματος και την θεμελίωση του. Στην προσομοίωση και τους υπολογισμούς συμπεριελήφθη και ένα μεγάλο τμήμα του υπεδάφους για τον κατάλληλο συνυπολογισμό των οριακών συνθηκών.

Οι υπολογισμοί διεξήχθησαν επί τη βάσει ενός νόμου γραμμικής ελαστικότητας που αντιστοιχεί στο πεδίο των τάσεων που αναπτύσσονται πραγματικά στο έργο υπό την ενέργεια των εξωτερικών δυνάμεων. Τα ελαστικά χαρακτηριστικά του σκληρού επιχώματος εκτιμήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα των εργαστηριακών ερευνών. Οι παραδοχές για τα χαρακτηριστικά του υπεδάφους θεμελιώσεως βασίστηκαν στα αποτελέσματα των μικροσεισμικών ερευνών και των ερευνητικών στοών.

Για την καλύτερη προσαρμογή προς τις πραγματικές συνθήκες του έργου, συνυπολογισμοί έγιναν με προσομοίωση της προόδου κατασκευής, δηλαδή το βάρος κάθε στρώσεως εφαρμόζεται στη γεωμετρία της διατομής, όπως αυτή υφίσταται κατά τη στιγμή της διαστρώσεως της στρώσεως αυτής και όχι στην τελική κατασκευή.

Με τον τρόπο αυτό προκύπτει κατανομή των τάσεων διαφορετική και πλησιέστερη προς την πραγματικότητα.

Από την τρισδιάστατη εντατική κατάσταση του φράγματος προσδιορίζονται οι οριακές συνθήκες στις ζώνες που περιβάλλουν τα επί μέρους έργα (στοά τσιμεντενέσεων, κεκλιμένη στοά καθόδου κλπ.) οι οποίες χρησιμοποιούνται στη συνέχεια με ειδική τεχνική για τον προσδιορισμό της εντατικής καταστάσεως των έργων αυτών, μαζί βεβαία με τις φορτίσεις που δέχονται απευθείας.

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από τους υπολογισμούς είναι τα εξής:

- Το σώμα του φράγματος (σκληρό επίχωμα) βρίσκεται σε κατάσταση τριαξονικής θλίψεως σχεδόν στο σύνολό του
- Οι μέγιστες κατακόρυφες ορθές τάσεις προκύπτουν στη διατομή μέγιστου ύψους στον άξονα του φράγματος.
- Η συνθήκη Maurice Levy ικανοποιείται πολύ καλύτερα στο συμμετρικό φράγμα παρά σε ένα ισουψές φράγμα με κατακόρυφη ανάντη παρειά.
- Ελαφρές τάσεις εφελκυσμού εμφανίζονται εμφανίζονται σε μερικές διατομές στην στέψη και σε περιορισμένη περιοχή στον ανάντη πόδα του φράγματος. Οι ελάχιστες αυτές εφελκυστικές τάσεις είναι πολύ περιορισμένες σε έκταση και δεν διεισδύουν παρα μόνο μερικά μέτρα στο εσωτερικό του σώματος του φράγματος όπου γενικά επικρατεί τριαξονική θλιπτική εντατική κατάσταση.
- Οι τάσεις διατμήσεως σε επίπεδο ανάντη-κατάντη είναι πολύ περιορισμένου μεγέθους.

### 6.1.3 Δυναμική Ανάλυση

Η ανάλυση έγινε με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων , λαμβανόμενης υπόψη της αλληλεπιδράσεως του σώματος του φράγματος με το νερό του ταμιευτήρα κατά τη διάρκεια του σεισμού. Πρόσθετοι παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση της σεισμικής αποκρίσεως του φράγματος είναι η συμπίεστικότητα του νερού του ταμιευτήρα και η επιρροή της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού.

Από την ανάλυση προέκυψαν οι σεισμικές δυνάμεις που ενεργούν στο φράγμα (διαφορετικές για κενό και πλήρη ταμιευτήρα) και οι πρόσθετες υδροδυναμικές πιέσεις που ασκούνται στην ανάντη παρειά του φράγματος.

Η ζώνη στην οποία πρόκειται να κατασκευαστεί το φράγμα Βαλσαμιώτη θεωρείται γενικά ως περιοχή μέτριας έως ισχυρής σεισμικής δράσεως.

Η ανάλυση βασίστηκε στ αποτελέσματα μιας σεισμικής μελέτης και αξιολογήσεως του σεισμικού κινδύνου που εκπονήθηκε από το τμήμα Γεωλογίας- Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών για την περιοχή της Δυτικής Κρήτης και οι υπολογισμοί έγιναν για δύο σεισμικές κινήσεις του βραχώδους εδάφους του έργου:

Το σεισμό βασικού σχεδιασμού OBE με πιθανότητα ότι θα εκδηλωθεί μία φορά στη διάρκεια ζωής του έργου και τον εξαιρετικό σεισμό SSE με πιθανότητα 1% να εκδηλωθεί στη ζωή του έργου και για τον οποίο γίνονται δεκτές ζημιές στο φράγμα αλλά χωρίς κίνδυνο εκροής του νερού με καταστροφικές συνέπειες στα κατάντη (μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση 0,37 g)

Οι σεισμικές κινήσεις χαρακτηρίζονται από τα φάσματα αποκρίσεως.

Η δυναμική συμπεριφορά του φράγματος υπολογίστηκε με τη μέθοδο της φασματικής ανάλυσεως. Τα χαρακτηριστικά της ιδιοταλαντώσεως του φράγματος, η επαλληλία των αποκρίσεων για κάθε ιδιομορφή και ο υπολογισμός των τάσεων έγιναν με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων που εφαρμόστηκαν στη διδιάστατη διατομή του φράγματος με το μεγαλύτερο ύψος.

Κατά τον ίδιο τρόπο έγινε και ο υπολογισμός των υδροδυναμικών πιέσεων που οφείλονται στην αλληλεπίδραση νερού και φράγματος κατά μήκος της ανάντη κεκλιμένης επιφάνειας του.

Οι δυναμικές τάσεις προστεθήκαν με τις στατικές τάσεις προστέθηκαν με τις στατικές τάσεις που προέκυψαν επίσης με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων στην ίδια διδιάστατη διατομή του φράγματος.

Η διεξοδική αυτή μελέτη επιτρέπει την εξαγωγή των ακόλουθων συμπερασμάτων:

- Οι μέγιστες τάσεις θλίψεως παραμένουν αρκετά χαμηλές, όπως προκύπτει από την σύγκριση των τιμών αυτών με την προδιαγραφόμενη αντοχή θλίψεως του σκληρού επιχώματος
- Ελαφρές τάσεις εφελκυσμού αναπτύσσονται στην περιοχή της ανάντη παρειάς του φράγματος. Ακόμα και αν υποθεθεί ότι η αντοχή του σκληρού επιχώματος σε ελκυσμό είναι μηδενική, οι καθ' ύψος οπλισμοί του ανάντη μανδύα έχουν διαστασιολογηθεί ώστε να είναι σε θέση να παραλάβουν τις ελαφρές αυτές εφελκυστικές δυνάμεις.
- Ο περιορισμός των εφελκυστικών τάσεων σε τόσο μικρές τιμές οφείλεται στην πολύ ευνοϊκή συμμετρική μορφή του φράγματος σε αντίθεση με ένα κλασικό φράγμα βαρύτητας με ανάντη παρεία σχεδόν κατακόρυφη που θα παρουσίαζε για τις ίδιες λοιπές συνθήκες δεκαπλάσιες τάσεις εφελκυσμού που δεν θα ήταν δυνατόν να αναληφθούν από τους οπλισμούς του μανδύα.

- Η μορφή του φράγματος με την απότομη αλλαγή της γεωμετρίας κοντά στη στέψη δεν προκαλεί κανένα πρόβλημα στην δυναμική συμπεριφορά του φράγματος δεδομένου ότι η μάζα στην περιοχή της στέψεως είναι μικρή και δεν δημιουργεί συγκέντρωση δυναμικών τάσεων.

Ως γενικό συμπέρασμα από τους δυναμικούς αντισεισμικούς υπολογισμούς μπορεί να εξαχθεί ότι η επιλεγείσα μορφή του φράγματος είναι τέλεια προσαρμοσμένη στις σεισμικές συνθήκες της περιοχής γιατί η συμμετρία της διατομής επιτρέπει τον περιορισμό των τάσεων στο σκληρό επίχωμα ενώ η ασφάλεια του φράγματος εξασφαλίζεται από τον ανάντη μανδύα που είναι σε θέση να αναλάβει τις ελάχιστες απομένουσες εφελκυστικές τάσεις κατά τη διάρκεια ενός ισχυρού σεισμού.

#### **6.1.4 Θερμική Ανάλυση Φράγματος**

Η θερμική καταπόνηση του φράγματος δημιουργείται από την ανάπτυξη θερμότητας κατά την κατασκευή του σώματος του φράγματος.

Η χρονική εξέλιξη του πεδίου των θερμοκρασιών στη μάζα του φράγματος σε συνδυασμό με την διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας, δημιουργεί μεταβλητές με το χρόνο διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των διαφόρων σημείων του έργου και επομένως ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων με δυνατότητα δημιουργίας ρωγμών.

Ειδικότερα ο μηχανισμός των θερμικών φαινομένων έχει ως εξής:

Η θερμική καταπόνηση του φράγματος δημιουργείται από την έκλυση θερμότητας του διαστρωθέντος μίγματος αδρανών – τσιμέντου – νερού που οφείλεται στην εξωθερμική χημική αντίδραση της ενυδατώσεως του τσιμέντου (μετατροπή χημικής ενεργείας). Επειδή η διάστρωση γίνεται κατά οριζόντιες στρώσεις ορισμένου πάχους, η ανάπτυξη της θερμοκρασίας γίνεται σύμφωνα με τον ακόλουθο μηχανισμό:

Μετά την διάστρωση κάθε στρώσεως, εκλύεται για ένα χρονικό διάστημα μερικών ημερών θερμότητα που προκαλεί προσθήκη θερμικής ενέργειας στο ήδη κατασκευασθέν (κατώτερο) τμήμα του φράγματος.

Στο θερμικό ισοζύγιο του φράγματος προστίθεται και η ενεργεία που παράγεται από τις προηγούμενες στρώσεις ενώ ταυτόχρονα αφαιρείται ενέργεια που μεταφέρεται εκτός του φράγματος προς τον περιβάλλοντα χώρο (αέρα και θεμελίωση).

Το φαινόμενο εξελίσσεται χρονικά με την συνεχή προσθήκη νέων στρώσεων και την αλληλεπίδραση των διαφόρων παραγόντων.

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής, η εξέλιξη του θερμοκρασιακού πεδίου που έχει δημιουργηθεί εξαρτάται από την διακύμανση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου και του νερού του ταμιευτήρια, καθώς δεν προστίθεται νέα ενέργεια από το εσωτερικό του φράγματος.

Η εξαιρετικά περίπλοκη εξέλιξη του θερμοκρασιακού πεδίου μέσα στο έργο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες συνδεδεμένους με διάφορα φυσικά φαινόμενα, από τα οποία τα κυριότερα είναι:

- Εξωθερμική αντίδραση ενυδατώσεως του τσιμέντου
- Μετάδοση θερμότητας με αγωγή μεταξύ των διαφόρων σημείων του φράγματος
- Μετάδοση θερμότητας με αγωγή μεταξύ του φράγματος και του εδάφους θεμελιώσεως
- Μετάδοση θερμότητας με μεταβίβαση μεταξύ του περιβάλλοντος αέρα και της επιφάνειας του φράγματος και του εδάφους
- Μετάδοση θερμότητας με μεταβίβαση μεταξύ της επιφάνειας του φράγματος και του νερού του ταμιευτήρια

Η μετάδοση θερμότητας με μεταβίβαση μπορεί να είναι φυσική όταν ο αέρας ή το νερό είναι σε σχετική ακινησία ή εξαναγκασμένη όταν (ο αέρας κυρίως) κινείται λόγω παρουσίας ανέμου.

Οι τιμές των παραμέτρων που υπεισέρχονται στην επίλυση του προβλήματος και τις οριακές συνθήκες επηρεάζονται από τους εξής παράγοντες:

- Τον κύκλο μεταβολής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στην περιοχή του έργου
- Την ένταση του ανέμου
- Τον κύκλο θερμοκρασίας του νερού του ταμιευτήρια
- Το χρονοδιάγραμμα κατασκευής του έργου
- Την αρχική θερμοκρασία διαστρώσεως
- Τις εξωθερμικές ιδιότητες του μίγματος του «σκληρού επιχώματος» που εξαρτώνται από τον τύπο και τις ιδιότητες του τσιμέντου και των αδρανών και τις αναλογίες μίξεως. Σε συσχέτισμό με την υφιστάμενη βιβλιογραφία και μετά από

υπολογισμούς προκύπτουν για κάθε περίπτωση τα διαγράμματα αδιαβατικής ανυψώσεως της θερμοκρασίας ή εκλύσεως θερμότητας από το μίγμα του σκυροδέματος.

Τα δεδομένα που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς καθορίστηκαν βάσει εμπειρίας και από τα λοιπά διαθέσιμα στοιχεία(βιβλιογραφία, αποτελεσματα δοκιμαστικού επιχώματος).

Η εντατική κατάσταση στο φράγμα δημιουργείται σε κάθε χρονική στιγμή από τη διαφορά θερμοκρασιακού δυναμικού την προερχόμενη από τον μηχανισμό εναλλαγής θερμότητας που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Το πρόβλημα συνιστάται στον προσδιορισμό των αναπτυσσόμενων τάσεων στην κατασκευή με δεδομένες τις θερμοκρασίες στα διαφορά σημεία του έργου , όπως προέκυψαν από τους υπολογισμούς της προηγούμενης παραγράφου. Οι διάφορες θερμοκρασίες από σημείο σε σημείο μεταβάλλονται και κατά την οριζόντια και κατά την κατακόρυφη έννοια και βεβαία εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Συνεπώς, σε κάθε χρονική στιγμή επικρατεί μια διαφορετική τρισδιάστατη ανομοιόμορφη θερμοκρασιακή κατανομή που προκαλεί αντίστοιχη, τρισδιάστατη εντατική κατάσταση.

Το κλασικό αυτό φαινόμενο της θερμοελαστικότητας , περιπλέκεται ακόμη περισσότερο από το ότι η αρχική κατάσταση αναφοράς είναι γενικά επίσης ανομοιόμορφη καθώς και από την παρεμβολή των πολύπλοκων φαινομένων ερπυσμού-συστολής πήξεως του σκυροδέματος.

Ο ερπυσμός αρχίζει μετά την επιβολή των διαδοχικών φορτίων κατά την πρόοδο της κατασκευής και εξελίσσεται χρονικά σύμφωνα με νόμο που εξαρτάται από τον χρόνο που παρέρχεται μετά την επιβολή των φορτίων.

Η συστολή πήξεως αφορά μόνο την επιφανειακή περιοχή του σκληρού επιχώματος και στην παρούσα περίπτωση η επίδραση τους είναι αμελητέα.

Τα ανωτέρω φαινόμενα υπεισέρχονται στους υπολογισμούς και αποτελούν την βάση των προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή για τον προσδιορισμό της θερμικής και της εντατικής καταστάσεως του φράγματος.

Στη μελέτη γίνονται εκτεταμένοι υπολογισμοί με στόχους

- τον προσδιορισμό της δυσμενέστερης κατανομής θερμοκρασιών στο σώμα του φράγματος
- τον προσδιορισμό της δυσμενέστερης εντατικής καταστάσεως λόγω της θερμοκρασιακής ανισοκατανομής

Αρχικά υπολογίζεται με ειδικό πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή η κατανομή της θερμοκρασίας σε κάθε χρονική στιγμή. Με τα δυσμενέστερα αποτελέσματα των υπολογισμών θερμοκρασιακής κατανομής γίνεται ανάλυση της εντατικής καταστάσεως για τον προσδιορισμό του κινδύνου ρηγματώσεως με προσομοίωση του φράγματος με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων , λαμβανόμενων υπόψη των οριακών συνθηκών στηρίξεως του φράγματος.

Αποτέλεσμα των υπολογισμών είναι οι τάσεις (ορθές, κύριες και διατμητικές) καθώς και οι θέσεις εμφανίσεως της δυσμενέστερης εντατικής καταστάσεως και παραμορφώσεως.

Από τους διεξοδικούς θερμομηχανικούς υπολογισμούς μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του φράγματος είναι περιορισμένη λόγω της μικρής αναλογίας τσιμέντου. Αυτό είναι ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα της επιλεγείσης μορφής συμμετρικού φράγματος έναντι άλλων τύπων φράγματος.
- Η κατανομή των θερμοκρασιών επηρεάζονται έντονα από το χρονοδιάγραμμα κατασκευής.
- Οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασιακές τάσεις κατά την έννοια του φράγματος έχουν αρκετά μικρές τιμές (μικρότερες από τις αντίστοιχες στατικές).Συνολικά το σώμα του φράγματος στην περίπτωση συνδυασμού στατικών και θερμικών καταπονήσεων βρίσκεται μόνιμα υπό ελαφρά θλίψη. Ελαφρές εφελκυστικές τάσεις στις εξωτερικές επιφάνειες δεν δημιουργούν πρόβλημα στον ανάντη μανδύα , ακόμα και αν υπήρχε τάση ανοίγματος των καθ' ύψος αρμών, γιατί οι αρμοί αυτοί είναι εφοδιασμένοι με στεγανωτικές ταινίες.

Συνεπώς σύμφωνα με τους υπολογισμούς και μετά από όλα τα μέτρα του προτείνονται προκύπτει ότι το φράγμα είναι απόλυτα ασφαλές έναντι θερμικής καταπονήσεως.



## **7. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ**

Ο συνολικός χρόνος κατασκευής είναι 2,5 χρόνια. Στα σχέδια δίνονται οι βασικές διατάξεις του απαιτούμενου υδρομηχανολογικού σχεδιασμού. Επειδή το έργο συνδυάζεται με την προμήθεια του ειδικού αυτού εξοπλισμού από σοβαρούς οίκους του εξωτερικού οι οποίοι αφού μελετήσουν σε κατάλληλα ομοιώματα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού τους, δίνουν και τις ανάλογες εγγυήσεις στο δημόσιο, η συνήθης πρακτική έγκειται στην σύνταξη των τευχών δημοπρατήσεως προμήθειας του εξοπλισμού από τον Γενικό ανάδοχο κατασκευής του έργου, ώστε να υπάρχει η κατάλληλη ευελιξία για την επιλογή της συμφερότερης οικονομικοτεχνικής λύσεως για το Δημόσιο.