

**ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ**

**Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών ( Σ.Τ.Ε.Φ. )**

**Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής**

**Πτυχιακή Εργασία**

## **Φράγμα Πείρου - Παραπείρου**



**Σπουδαστές :**

**Δημητροπούλου Βασιλική**

**Κορμπάκη Διονυσία**

**Πολυχρονόπουλος Μιχάλης**

**Εποπτεύων καθηγητής : Κ<sup>ος</sup> Λαμπάκης Νικόλαος**

**ΠΑΤΡΑ 2011**

Την περίοδο φοίτησής μας στη σχολή Πολιτικών Έργων Υποδομής και κατά τη διάρκεια των εξαμήνων έπρεπε να φέρουμε εις πέρας διάφορες εργασίες, υποχρεωτικές για την αξιολόγησή μας. Μια από τις τελευταίες υποχρεώσεις μας ως προς τη σχολή, είναι η συγγραφή της πτυχιακής και η παρουσίασή της από κάθε ομάδα σπουδαστών στο θέμα που τους έχει ανατεθεί. Το θέμα της πτυχιακής είναι βασισμένο πάντα στη θεματολογία της σχολής και σε ό,τι έχουμε διδαχτεί τόσο για το κατασκευαστικό έργο όσο και τις λειτουργίες τους. Η ομάδα μας ανέλαβε το θέμα «Μελέτη κατασκευής φράγματος "Πείρου – Παραπείρου"».

Η πτυχιακή μας κυμαίνεται γύρω στις 120 σελίδες όπου εμπεριέχονται τα κατασκευαστικά έργα, αλλά και τα βοηθητικά σ' αυτό έργα, όπως επίσης και πληροφορίες για την λειτουργία του και την ακριβή τοποθεσία του. Επίσης υπάρχει ένθετο με σχέδια (κατασκευαστικά και λειτουργικά) .

Σ' αυτή μας την προσπάθεια θα πρέπει να ευχαριστήσουμε την εταιρία ανάθεσης του έργου "Μηχανική Α.Ε. και τους υπεύθυνους στο εργοτάξιο του φράγματος για την πολύτιμη βοήθειά τους και το υλικό που μας παραχώρησαν με ιδιαίτερη ευχαρίστηση, ώστε να συλλέξουμε και να εμπλουτίσουμε την πτυχιακή μας με όλα τα στοιχεία που χρειαζόμασταν για να ολοκληρώσουμε την εργασία μας. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κύριο Λαμπάκη Νικόλαο, υπεύθυνο επιβλέπων καθηγητή της πτυχιακής μας για τον συντονισμό κατά τη συγγραφή και τελειοποίηση του θέματος.

Με εκτίμηση οι σπουδαστές  
Δημητροπούλου Βασιλική  
Κορμπάκη Διονυσία  
Πολυχρονόπουλος Μιχάλης

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελ.
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>VII</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>1</b>
1. Εισαγωγή στα φράγματα	1
1.1. Εισαγωγή	1
1.2. Κατηγορίες φραγμάτων	4
1.2.1 ΦΡΑΓΜΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ	5
1.2.2 ΦΡΑΓΜΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΔΙΑΚΕΝΑ	6
1.2.3 ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΑΝΤΙΡΙΔΩΤΑ	10
1.2.4 ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΤΟΞΩΤΑ (ΘΟΛΩΤΑ)	13
1.2.5 ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΧΩΜΑΤΙΝΑ	15
1.2.5.1 Τύποι χωμάτινων φραγμάτων	16
1.2.6 ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ	24
1.3 ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ	27
1.4. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	28
1.5 ΟΡΙΣΜΟΙ	30
1.5.1 Φράγμα:	30
1.5.2 Υδρολογικό έτος:	30
1.5.3 Μέση μηνιαία παροχής:	30
1.5.4 Μέσο υδρολογικό έτος:	30
1.5.5 Υδραυλικότητα:	31
1.5.6 Εκχειλιστής:	31
1.5.7 Ταμιευτήρας:	31
1.5.8 Υδροληψία:	31
1.5.9 Ποτάμι:	31
1.5.10. Ταμιευτήρας - Ανώτατη Στάθμη Πλημμύρας (ΑΣΠ):	31
1.5.11 Ταμιευτήρας - Ανώτατη Στάθμη Λειτουργίας (ΑΣΛ):	32
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΕΣ</b>	<b>33</b>
2.1. Παρουσίαση φράγματος Πείρου – Παραπεύρου	33
2.2 Υποστηρικτικές μελέτες και εργασίες	33
2.2.1.Μελέτες και εργασίες που έγιναν στα πλαίσια κατασκευής του φράγματος – Γεωλογική μελέτη	33
2.2.2 Μελέτη σεισμικής επικινδυνότητας	34

2.2.3 Ειδικοί εμπειρογνώμονες	35
2.3. Πρόσθετες μελέτες και εργασίες του φράγματος	35
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΑΣΤΕΡΙΟΥ, ΦΡΑΓΜΑ ΚΑΙ</b>	
<b>ΣΥΜΠΑΡΟΜΑΡΤΟΥΝΤΑ ΕΡΓΑ</b>	36
3.1 Εισαγωγή	36
3.2 Περιγραφή της λειτουργίας του έργου	36
3.2.1 Λεκάνη απορροής	36
3.2.2 Απορροές λεκάνης Αστεριού	38
3.2.3. Υδατικό ισοζύγιο - λειτουργία ταμιευτήρα	39
3.3. Γεωλογία της περιοχής των έργων	40
3.4. Φυσικά φαινόμενα — παραδοχές μελέτης	41
3.4.1. Πλημμυρικές παροχές	41
3.4.2 Σεισμικές φορτίσεις	42
3.4.3 Στερεοπαροχή	44
3.4.4 Άνεμος και κυματισμός	45
3.5 Φράγμα	46
3.5.1 Διαθέσιμα υλικά	46
3.5.1.1 Γενικά	46
3.5.1.2 Επάρκεια υλικών κατασκευής του φράγματος	48
3.5.2 Υλικά κατασκευής του φράγματος	49
3.5.2.1 Αξιολόγηση επάρκειας υλικών	49
3.5.2.2 Προβλεπόμενα υλικά φράγματος	50
3.5.3 Διατομή φράγματος	51
3.5.3.1 Πυρήνας	51
3.5.3.2 Σώματα στήριξης	52
3.5.3.3 Στραγγιστήρια και φίλτρα	52
3.5.3.3.1 Γενικά	53
3.5.3.3.2 Στραγγιστήριο στην κατάντη παρειά του πυρήνα	54
3.5.3.3.3 Τάπτητας στράγγισης κατάντη σώματος στήριξης	54
3.5.3.3.4 Φίλτρο στην ανάντη παρειά του πυρήνα	55
3.5.3.3.5 Στραγγιστήρια στο κατάντη κέλυφος	55
3.5.3.3.6 Στραγγιστήρια στο ανάντη κέλυφος	56
3.5.3.4 Προστασία πρανών	56
3.5.3.5 Στέψη	57



3.5.4 Θεμελίωση φράγματος	58
3.5.4.1 Θεμελίωση πυρήνα	58
3.5.4.2 Θεμελίωση σωμάτων στήριξης	59
3.5.4.3 Επανεπιχώσεις	60
3.5.4.4 Διάθεση υλικών εκσκαφής	60
3.5.4.5 Παραπέτασμα τσιμεντενέσεων	61
3.5.4.6 Προετοιμασία θεμελίωσης πυρήνα	63
3.5.5 Πλευρικό ανάχωμα	63
3.5.5.1 Γενικά	63
3.5.5.2 Θεμελίωση πλευρικού αναχώματος	64
3.5.6 Διατάξεις αποστράγγισης	65
3.5.6.1 Γενικά	65
3.5.6.2 Διάταξη των σηράγγων	66
3.5.6.3 Διατομή των σηράγγων	67
3.5.7 Ευστάθεια και καθιζήσεις φράγματος	68
3.5.7.1 Γενικά	68
3.5.7.2 Κατάσταση μετά την κατασκευή	69
3.5.7.3 Κατάσταση κανονικής λειτουργίας	70
3.5.7.4 Ταχύς καταβιβασμός στάθμης	70
3.5.7.5 Καθιζήσεις φράγματος	71
3.5.8 Πρόφραγμα και προσωρινά έργα	72
3.5.8.1 Διατομή προφράγματος	72
3.5.8.2 Ευστάθεια προ φράγματος	72
3.5.9 Όργανα παρακολούθησης	72
3.5.9.1 Όργανα προφράγματος	72
3.5.9.2 Όργανα φράγματος	73
3.6 Έργα εκτροπής, υδροληψίας και εκκένωσης	74
3.6.1 Γενική παρουσίαση	74
3.6.2 Έργο προσωρινής εκτροπής	75
3.6.3 Έργο υδροληψίας	77
3.6.4 Έργο εκκένωσης	79
3.6.5 Διάνοιξη και επένδυση φρεάτων	80
3.6.6 Λειτουργία και έμφραξη της σήραγγας εκτροπής - χρονική αλληλουχία εργασιών	80
3.7 Έργα απαγωγής πλημμύρας	82

3.7.1 Γεωλογικά και Γεωτεχνικά στοιχεία	82
3.7.2 Περιγραφή των έργων	84
3.7.3 Μέτρα σταθεροποιήσεως και επενδύσεως	87
3.7.4 Μέτρα στεγανοποιήσεως και στραγγίσεως	90
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	92
<b>ΦΡΑΓΜΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΒΑΛΜΑΔΟΥΡΑΣ</b>	92
4.1 Θέση - Τύπος Φράγματος	92
4.2 Γεωλογικές - Υδρογεωλογικές - Γεωτεχνικές Συνθήκες Περιοχής Φράγματος	93
4.3 Υδρολογικές Συνθήκες	95
4.3.1 Λεκάνη Απορροής	95
4.3.2 Επιφανειακή Απορροή	96
4.3.3 Πλημμυρικές Παροχές	97
4.4 Περιγραφή έργων εκτροπής Βαλμαδούρας	97
4.4.1 Ρουφράκτης Βαλμαδούρας	97
4.4.2 Τοξωτό θυρόφραγμα (πλάτους 2,0μ.)	99
4.4.3 Μέτρα θεμελίωσης και προστασίας	99
4.4.4 Έργα υδροληψίας και εξάμμωσης	100
4.4.5 Έργο υδροληψίας του χαλύβδινου αγωγού μεταφοράς	102
4.4.6 Προσπέλαση καθαρισμού θαλάμου φερτών	103
4.4.7 Διώρυγα εκτροπής κατά την διάρκεια της κατασκευής	103
4.4.8 Οικίσκος επιτήρησης	103
4.4.9 Ρυθμιστική Λειτουργία της Υδροληψίας	103
4.4.9.1 Το τοξωτό θυρόφραγμα πλ. 2,0μ.	103
4.4.9.2 Έλεγχος λειτουργίας υδροληψίας	104
4.4.10 Διώρυγα εκτροπής κατά την διάρκεια κατασκευής	108
4.5 Έργα ανάντη του φράγματος	108
4.6 Τα έργα κατόντη του φράγματος	108
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	109
<b>ΑΓΩΓΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ</b>	109
5.1 Γενικά	109
5.2 Τύποι Σωλήνων	110
5.2.1 Προστασία	110
5.2.2 Υπολογισμοί υδραυλικών απωλειών	111
5.3 Προτεινόμενη χάραξη του αγωγού	111

5.3.1 Γενικά	111
5.3.2 Τμήμα P1-P2 ( ΧΘ. 10+251- 9+417 )	112
5.3.3 Τμήμα P4-P5.( Χ.Θ. 8+847- 3+484)	113
5.3.4 Τμήμα P7-P8 (Χ.Θ. 3+484 --1+293)	115
5.4 Έργο Εξόδου	116
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b>	117
<b>ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ</b>	117
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ</b>	
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	119

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με το υδρευτικό φράγμα Πείρου – Παραπείρου θα δοθεί οριστική λύση στο οξύτατο πρόβλημα ύδρευσης της Πάτρας και της Βορειοδυτικής Αχαΐας μέχρι το 2035 εξυπηρετώντας 297.390 μόνιμους κατοίκους, 11.200 εποχιακούς κατοίκους, 2 εκατ. επιβάτες που διέρχονται, ετησίως από το λιμάνι της Πάτρας και την υδροδότηση 4035 στρεμμάτων της Βιομηχανικής Περιοχής Πατρών. Έτσι αντιμετωπίζεται ένα πρόβλημα που χρονολογείται από τις αρχές του αιώνα, θα σταματήσουν οι πολυδάπανες και ανεπαρκείς για τις ανάγκες της πόλης γεωτρήσεις, ενώ θα δημιουργηθούν σημαντικές αναπτυξιακές προοπτικές για την περιοχή, τόσο στον τουρισμό όσο και στις σύγχρονες λιμενικές και δοκιμαστικές εγκαταστάσεις. Με την αποπεράτωση του φράγματος θα κατακλυστεί το χωριό Τόσκες και ήδη έχουν ξεκινήσει οι ενέργειες μετακόμισης των κατοίκων του.

Το έργο είναι προϋπολογισμού 130 εκατομμυρίων ευρώ. Η εργολαβία του έργου "Κατασκευή φράγματος Πείρου – Παραπείρου στην Πάτρα" περιλαμβάνει τη κατασκευή των φραγμάτων Αστερίου και Βαλμαδούρας στους ποταμούς Παραπείρο και Πείρο αντίστοιχα καθώς και τα συναφή έργα. Αναλυτικότερα τα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου είναι τα εξής:

- α) Κατασκευή λιθόριπτου φράγματος (χωμάτινου) στον ποταμό Παραπείρο με αδιαπέρατο αργιλικό πυρήνα ολικού όγκου 6.600.000 κυβικά μέτρα, πλάτος στέψης 14 μέτρα, μέγιστου ύψους από την θεμελίωση 75 μέτρα, για τη δημιουργία ταμιευτήρα ωφέλιμου όγκου 40 x 106 κυβικά μέτρα.
- β) Κατασκευή υπερπηδού φράγματος (ρουφράκτη) από σκυρόδεμα στον ποταμό Πείρο ύψους 7 μέτρων και μήκους στέψης 30 μέτρων.
- γ) Κατασκευή αγωγού μεταφοράς (προσαγωγής) συνολικού μήκους 10 χιλιομέτρων με δυνατότητα παροχής (παροχή σχεδιασμού) 1,3 κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο που θα μεταφέρει το νερό από το φράγμα Βαλμαδούρας προς τον ταμιευτήρα Αστερίου.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1. Εισαγωγή στα φράγματα

### 1.1. Εισαγωγή

Φράγμα είναι τεχνικό έργο που κατασκευάζεται κάθετα στην κοίτη ενός φυσικού υδατορεύματος για να ανακόψει τη συνέχεια της ροής με σκοπό την αποθήκευση του νερού για μελλοντική χρησιμοποίησή του.

Σκοπός της κατασκευής ενός φράγματος μπορεί να είναι:

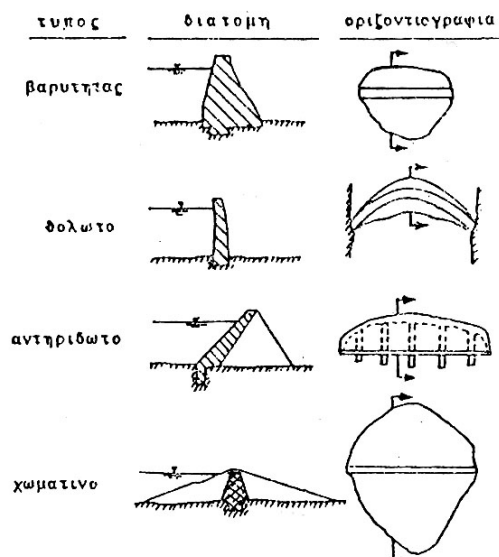
- η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- η άρδευση καλλιεργούμενων εδαφών
- η ύδρευση πόλεων, οικισμών ή βιομηχανικών μονάδων
- η διαμόρφωση πλωτών διωρύγων
- η ρύθμιση της παροχής φυσικών ρευμάτων (ποταμών).

Συχνά τα φράγματα εξυπηρετούν περισσότερους από έναν σκοπούς (φράγματα πολλαπλής σκοπιμότητας). Με το φράγμα του Ταυρωπού της Καρδίτσας εκτρέπεται το νερό του ποταμού προς τη Θεσσαλία από τη φυσική ροή του, που είναι προς τον Αχελώο, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Υδροηλεκτρικός Σταθμός Ταυρωπού), άρδευση περίπου 150.000 στρεμμάτων του κάμπου της Καρδίτσας και ύδρευση της πόλης της Καρδίτσας και των γύρω κοινοτήτων. Με το ίδιο σκεπτικό, που ήταν ιδέα του αείμνηστου καθηγητή του Μετσόβιου Πολυτεχνείου Απ. Κουτσοκόστα, μελετάται και η εκτροπή μέρους της παροχής του ποταμού Αχελώου προς την πεδιάδα της Θεσσαλίας, με την κατασκευή των φραγμάτων Μεσοχώρας και Συκιάς και τη σήραγγα της εκτροπής μήκους 18,5 Km. Το νερό μετά την έξοδό του από τη σήραγγα θα συγκεντρώνεται σε δύο τεχνητές λίμνες, που θα σχηματιστούν με την κατασκευή των φραγμάτων Πύλης και Μουζακίου.

Τα φράγματα είναι από τα πρώτα τεχνικά επιτεύγματα του ανθρώπου, αφού οι πρώτες κατασκευές ανάγονται στα προϊστορικά χρόνια. Από τα παλιότερα φράγματα αναφέρονται το φράγμα στον ποταμό Ιορδάνη και το φράγμα στον ποταμό Τίγρη. Στα 4.000 π.Χ κατασκευάστηκε στην Αίγυπτο φράγμα στον ποταμό Νείλο που διατηρήθηκε περίπου 4.500 χρόνια. Στα νεώτερα χρόνια σπουδαίο θεωρήθηκε το φράγμα Puentes στην Ισπανία, που έγινε στα 1753 και καταστράφηκε το 1891.

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

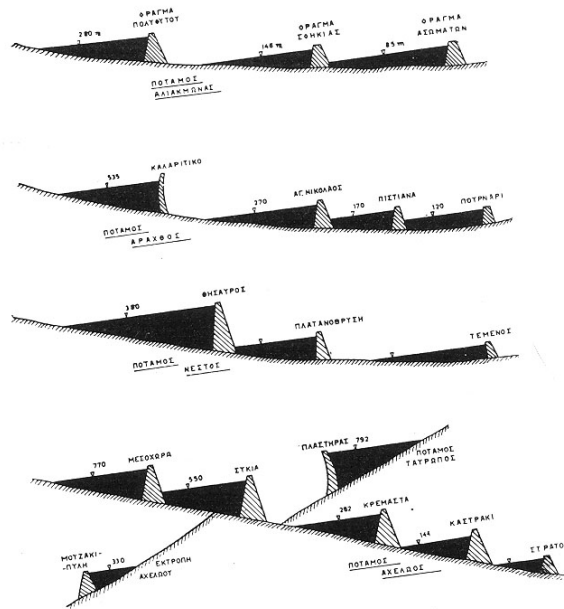
Η κατασκευή ενός φράγματος, ανάλογα με το σκοπό που πρόκειται να εξυπηρετήσει, μελετάται και βρίσκεται τόσο ο καλύτερος τύπος φράγματος όσο και οι απαιτούμενες διαστάσεις του. Τα φράγματα είναι έργα ιδιόμορφα, γιατί δεν είναι δυνατό να τυποποιηθούν και να εφαρμόζονται επανειλημμένα. Κάθε φράγμα έχει τη δική του λειτουργία, τους δικούς του φυσικούς παράγοντες και το δικό του φυσικό περιβάλλον, που παίζει σπουδαίο ρόλο για τη θεμελίωσή του. Η κατασκευή ενός φράγματος και η δημιουργία τεχνητής λίμνης δημιουργεί διαταραχές στο φυσικό περιβάλλον, μεγαλύτερες και εντονότερες από οποιοδήποτε άλλο έργο, γιατί στην περιοχή του συσσωρεύονται τεράστιες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα το υπέδαφος να καταπονείται από τις αναπτυσσόμενες πιέσεις. Η συγκέντρωση εξάλλου μεγάλων ποσοτήτων νερού δημιουργεί προβλήματα διαβρώσεων, διηθήσεων, διαρροών ή και κατολισθήσεων ακόμη στην περιοχή του φράγματος που, αν δεν προβλεφθούν για να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, μπορούν να οδηγήσουν στη μη αποδοτική λειτουργία του ή ακόμη και στην καταστροφή του.



Σχήμα 1 Οι βασικοί τύποι φραγμάτων σε κάτοψη και τυπική τομή.

Για την αξιοποίηση του υδάτινου δυναμικού των ποταμών της Ελλάδας που προσφέρονται για αξιοποίηση, προβλέπεται η κατασκευή σειράς φραγμάτων, με τα οποία θα γίνεται πλήρης εκμετάλλευση της πτώσης του νερού από τη στάθμη του ενός στη στάθμη του επόμενου. Η μορφή αυτή, που έχει εφαρμοστεί σε πολλές χώρες του κόσμου, υλοποιήθηκε στη χώρα μας με την κατασκευή τριών φραγμάτων στον ποταμό Αλιάκμονα (Φράγματα

Πολυφύτου-Σφηκιάς-Ασωμάτων). Παρόμοια σχήματα έχουν αρχίσει για τους ποταμούς Νέστο (φράγματα Θησαυρού-Πλατανόβρυσης-Τεμένους), Άραχθο (φράγματα Πουρναρίου-Πιστιάνας-Στενού-Καλαρίτικου) και φυσικά του Αχελώου με τη σειρά των 5 φραγμάτων (Στράτο-Καστράκι-Κρεμαστά-Συκιά-Μεσοχώρα) και τα έργα της εκτροπής προς τη Θεσσαλία με την κατασκευή δύο ακόμη φραγμάτων της Πύλης και του Μουζακίου.

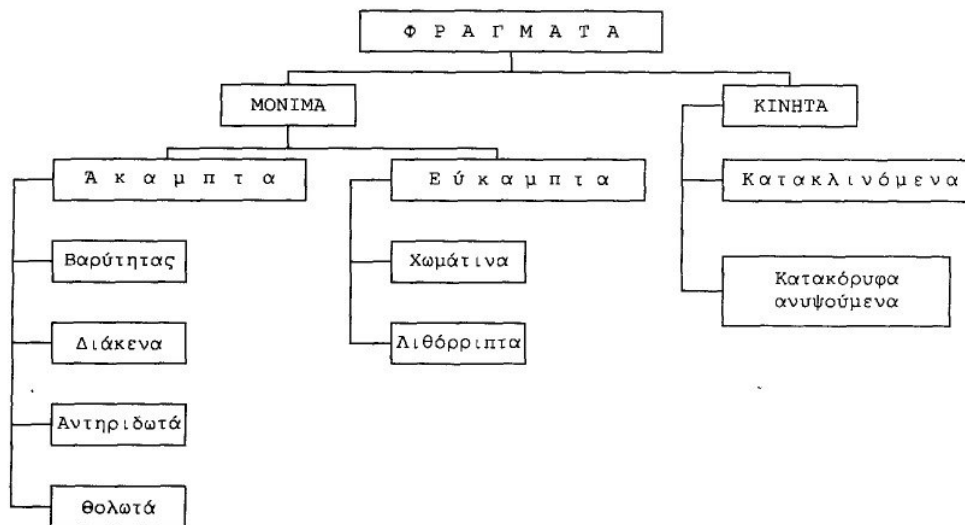


Σχήμα 2

## 1.2. Κατηγορίες φραγμάτων

Τα φράγματα διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με την κατασκευή τους, τη λειτουργία τους και τη σκοπιμότητά τους.

Από κατασκευαστική πλευρά κατατάσσονται σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 3

Ανάλογα με τη λειτουργία διακρίνονται σε φράγματα ανύψωσης της στάθμης, φράγματα αποθήκευσης και φράγματα παροχέτευσης.

Τέλος, ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο γίνονται χαρακτηρίζονται φράγματα για άρδευση, για ύδρευση, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κλπ.

Φράγματα απλής σκοπιμότητας στην Ελλάδα είναι των Κρεμαστών και Πολυφύτου (υδροηλεκτρικά), Μόρνου (ύδρευσης), Σμοκόβου (άρδευσης), ενώ, πολλαπλής είναι του Πουρναρίου, Πλαστήρα, Ασωμάτων και αντιστρεπτής λειτουργίας της Σφηκιάς.



### 1.2.1 ΦΡΑΓΜΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

Τα πρώτα φράγματα βαρύτητας κατασκευάστηκαν στην Ισπανία κατά τον 16<sup>ο</sup> αιώνα με ύψος γύρω στα 20m και με τρόπο εντελώς διαφορετικό από το σημερινό. Περί τα μέσα του 18<sup>ου</sup> αιώνα αρχίζει η συστηματική μελέτη και μπαίνουν οι πρώτες θεωρητικές βάσεις για την επίλυση των προβλημάτων που παρουσίαζε η κατασκευή φραγμάτων βαρύτητας. Η θεωρία στηρίχθηκε στις ακόλουθες αρχές:

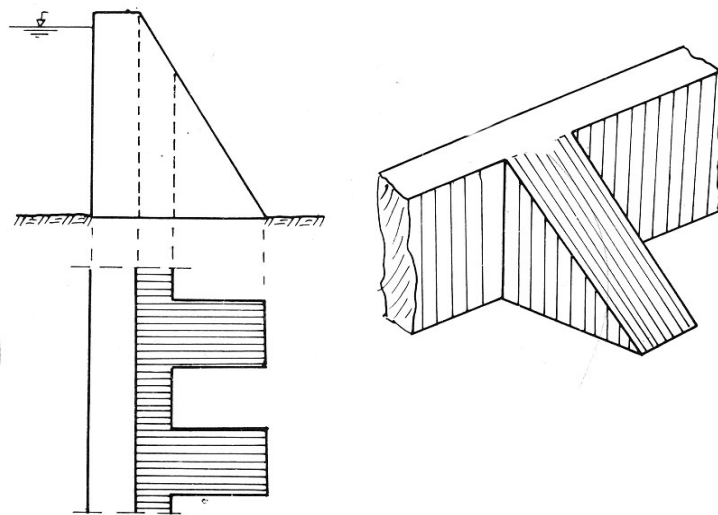
- α) Ευστάθεια της διατομής έναντι ανατροπής
- β) Ευστάθεια έναντι ολίσθησης κατά μήκος της βάσης ή οποιουδήποτε άλλου οριζόντιου επιπέδου.
- γ) Προσδιορισμό των αναπτυσσόμενων τάσεων.

Γύρω στα 1890 μπαίνει στους υπολογισμούς η προϋπόθεση της μη εμφάνισης εφελκυστικών τάσεων και η διατομή παίρνει μόνιμα τη μορφή τριγώνου. Μια σειρά από καταστροφές φραγμάτων βαρύτητας συνέβαλε στην προσεκτικότερη μελέτη και στον υπολογισμό και άλλων παραγόντων εκτός από το βάρος και την υδροστατική πίεση.

Ένα φράγμα βαρύτητας δεν κινδυνεύει να καταστραφεί από υπερχειλίση ούτε από την πίεση του νερού που τείνει να το ανατρέψει. Ο κίνδυνος προέρχεται από τις υποπίεσεις του νερού που διηθείται κάτω από το φράγμα και αυξάνει τη ροπή ανατροπής και φυσικά, αν το φράγμα κατασκευαστεί σε ασβεστολιθικά πετρώματα, λόγω της χημικής διάβρωσής τους και της δημιουργίας καρστ. Το βασικότερο σημείο ελέγχου είναι η ευστάθεια σε ανατροπή. Ο κίνδυνος ολίσθησης είναι πολύ μικρός και σπάνιες είναι οι περιπτώσεις καταστροφής φράγματος λόγω ολίσθησης. Από τα στατιστικά στοιχεία της καταστροφής φραγμάτων βαρύτητας βρίσκουμε ότι μόνον όσα είχαν κλίση της κατάντι πλευράς τους μικρότερη από 66:100 καταστράφηκαν. Τα φράγματα που κατασκευάζονται σήμερα έχουν κλίση της κατάντι πλευράς τουλάχιστον 0,80 (80 ορ:100 κατ) και σε περιπτώσεις υψηλών φραγμάτων ( $h > 100\text{m}$ ) η κλίση γίνεται μεγαλύτερη.

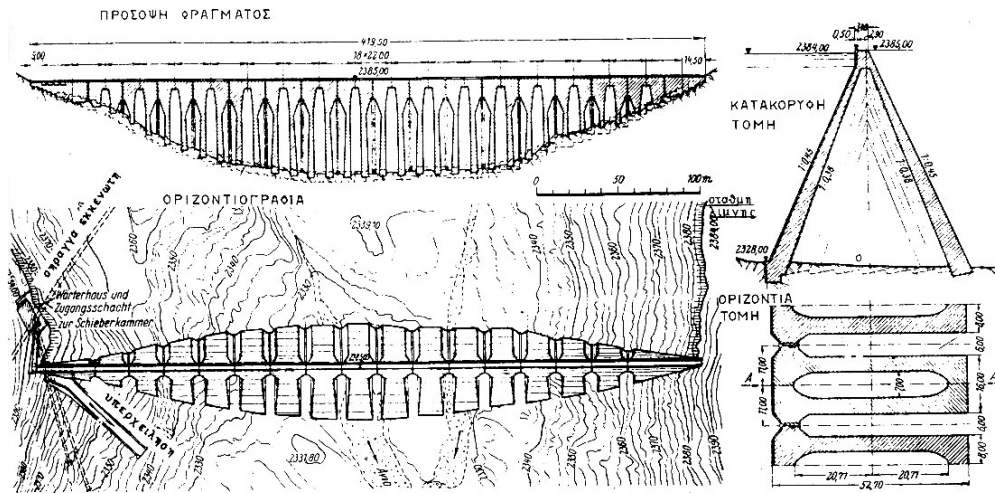
### 1.2.2 ΦΡΑΓΜΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΔΙΑΚΕΝΑ

Τα φράγματα βαρύτητας κατασκευάζονται έτσι που να αντέχουν στις πιέσεις του νερού με μόνο στοιχείο το μεγάλο βάρος τους. Ο όγκος ενός φράγματος βαρύτητας είναι πολύ μεγάλος και γι' αυτό καταβλήθηκαν προσπάθειες για τη μείωσή του χωρίς φυσικά να μειωθεί η ευστάθεια του έργου. Η μείωση αυτή έγινε κατορθωτή με την αφαίρεση όγκου σκυροδέματος από το κατάντι τμήμα του φράγματος.



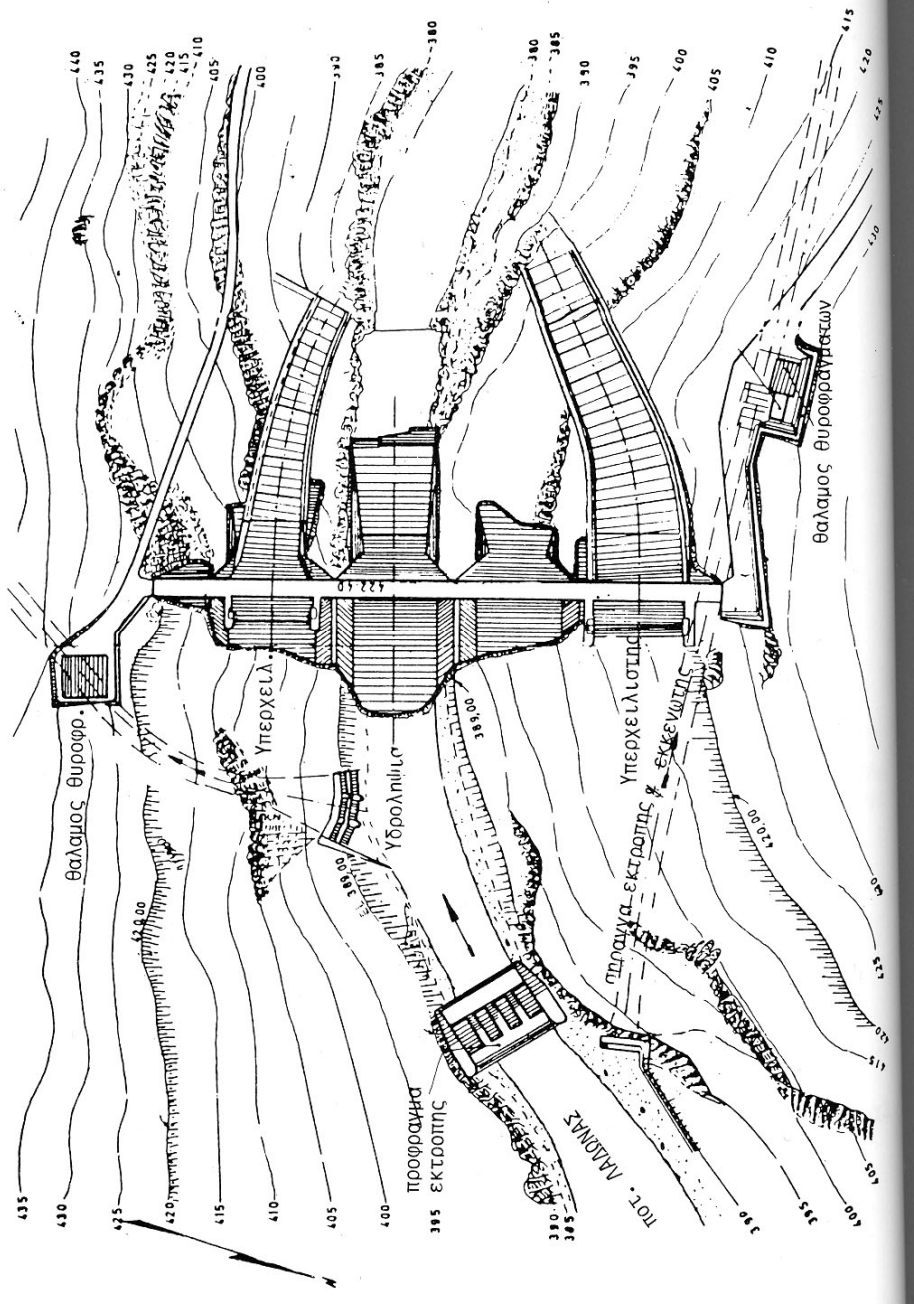
Σχήμα 4

Η αφαίρεση, εκτός από τη μείωση του όγκου του σκυροδέματος, μειώνει ταυτόχρονα την επιφάνεια έδρασης στην οποία ασκούνται οι υποπίεσεις του νερού. Έτσι φτάσαμε στα φράγματα με διάκενα.





ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΛΑΔΩΝΑ



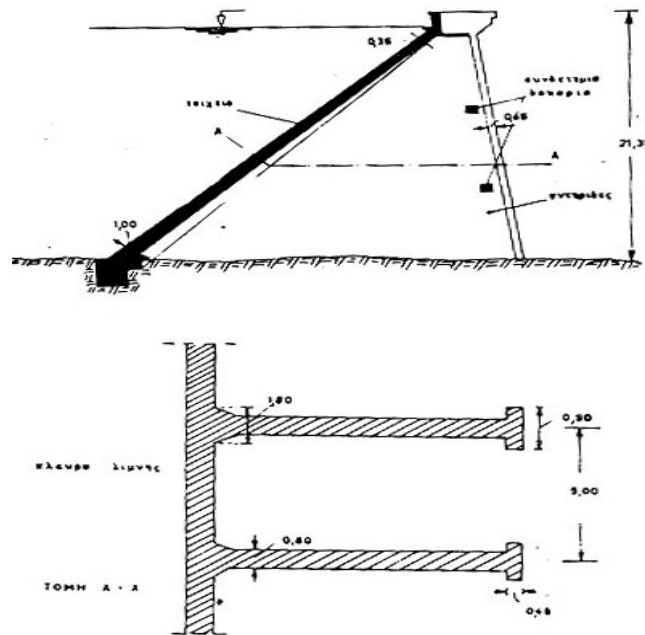
Τα φράγματα με διάκενα χρειάζονται λιγότερο υλικό αλλά δυσκολότερο ξυλότυπο. Ο χρόνος κατασκευής είναι μικρότερος εξαιτίας του μικρότερου όγκου σκυροδέτησης και διάχυσης της θερμότητας ενυδάτωσης από τη μεγαλύτερη επιφάνεια που παρουσιάζουν. Συνήθως προτιμούνται, όταν πρόκειται για υψηλά φράγματα με λόγο L/H (μήκος στέψης: ύψος) μεγαλύτερο από 5 οπότε δεν είναι σκόπιμη η κατασκευή θολωτού φράγματος.

Η συνεχής μείωση του όγκου και η αντίστοιχη αύξηση των κενών οδηγεί προοδευτικά από τα φράγματα βαρύτητας με διάκενα στα αντηριδωτά φράγματα.

### 1.2.3 ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΑΝΤΙΡΙΑΩΤΑ

Τα διάκενα φράγματα βαρύτητας παρουσιάζουν οικονομία όγκου σχετικά με τα φράγματα βαρύτητας. Η οικονομία αυτή είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο τα διάκενα είναι μεγαλύτερα. Η προοδευτική αύξηση των κενών δίνει μετά από ένα όριο τα αντηριδωτά φράγματα. Τα αντηριδωτά φράγματα αποτελούνται από δύο μέρη.

α) Ένα λεπτό τοίχωμα (καλύπτρα), επίπεδο ή καμπύλο με μικρό σχετικά βάρος, κάθετα στον άξονα του ρεύματος και κεκλιμένο ως προς την κατακόρυφο, που περιλαμβάνει την υδροστατική πίεση και τη μεταβιβάζει στις αντηρίδες.



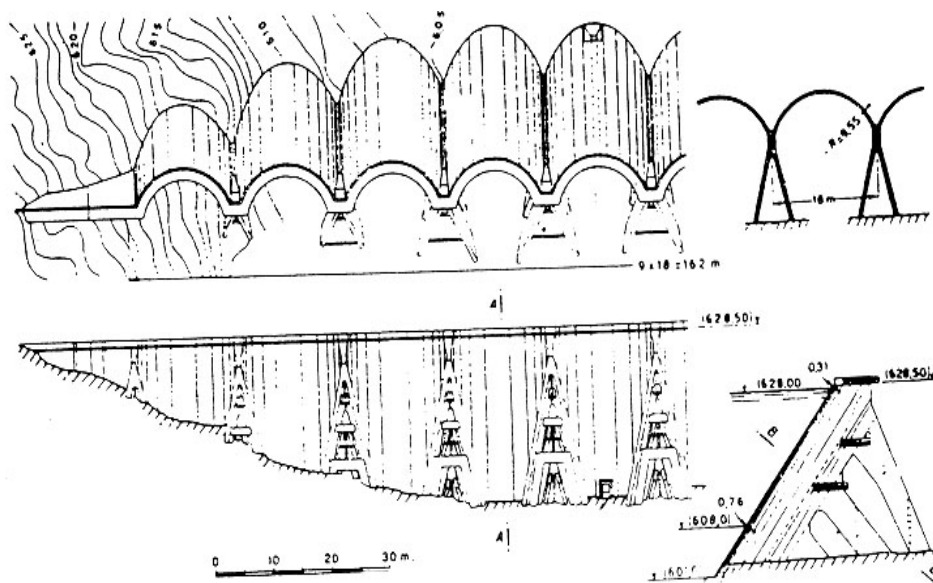
Σχήμα 8

β) Τις αντηρίδες, με διεύθυνση παράλληλη προς τον άξονα του ρεύματος, που παραλαμβάνουν τις δυνάμεις από το τοίχωμα και τις μεταφέρουν στο έδαφος. Με αυτό τον τρόπο ο όγκος του φράγματος μπορεί να φτάσει στο 1/6 του αντίστοιχου φράγματος βαρύτητας.

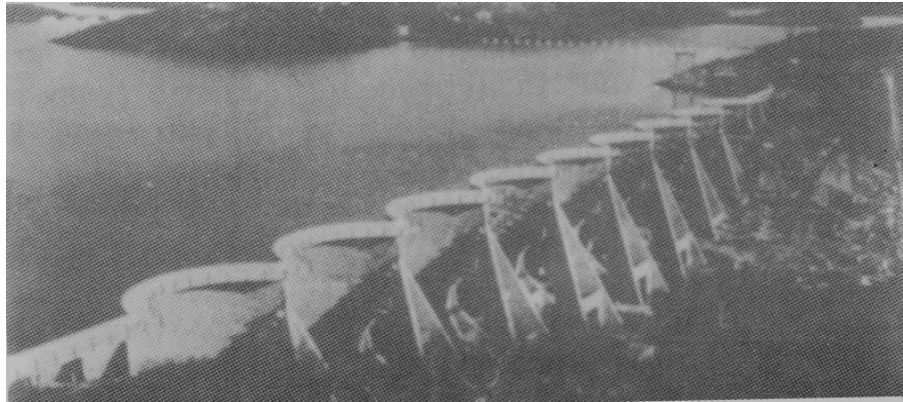
Το βάρος ενός αντηριδωτού φράγματος είναι μικρό και τις πιο πολλές φορές αμελητέο σχετικά με τα φορτία που παραλαμβάνει και μεταφέρει.

Όταν το τοιχίο είναι επίπεδο, πρέπει να προβλέπονται αρμοί διαστολής, ενώ όταν έχει τη μορφή θόλων, δεν κρίνεται αναγκαία η ύπαρξή τους. Το τοιχίο έχει πάχος αυξανόμενο με το βάθος και συνεχίζεται συνήθως και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, μέχρι τον υγιή βράχο με μορφή τοίχου διακοπής, πέραν του οποίου γίνονται τσιμεντενέσεις για τη δημιουργία κουρτίνας και μείωση της διήθησης κάτω από το φράγμα.

Σ' ένα αντηριδωτό φράγμα δεν κατασκευάζεται δίκτυο στραγγιστήρων, όπως αυτό εφαρμόζεται στα φράγματα βαρύτητας. Η διήθηση που πιθανόν να συμβαίνει δε δημιουργεί κινδύνους υποπίεσεων, αφού αναβλύζει ελεύθερα στην επιφάνεια του εδάφους και δεν μπορεί να προκαλέσει δυνάμεις άνωσης κάτω από το φράγμα.



Σχήμα 9



*Φωτ.3 Το φράγμα Navann στη Νορβηγία. Τα τεχνικά στοιχεία του φράγματος φαίνονται στο σχήμα 9.*

Σαν πλεονέκτημα των αντηριδωτών φραγμάτων μπορούν να αναφερθούν τα παρακάτω:

- Η θεμελίωση κάθε τοιχίου και αντηρίδας είναι ανεξάρτητη
- Το βάρος της κατασκευής είναι αμελητέο
- Στις περισσότερες μορφές τους τα αντηριδωτά φράγματα έχουν εύκολο υπολογισμό, αφού συνίσταται από μικρά ανεξάρτητα στοιχεία επαναλαμβανόμενα, ενώ η θεμελίωσή τους δεν δημιουργεί σοβαρά προβλήματα.
- Είναι οικονομικότερα, γιατί είναι ελαφρές κατασκευές και γιατί ο ξυλότυπος που απαιτείται συνήθως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά και ξανά σ' όλα τα ανοίγματα.

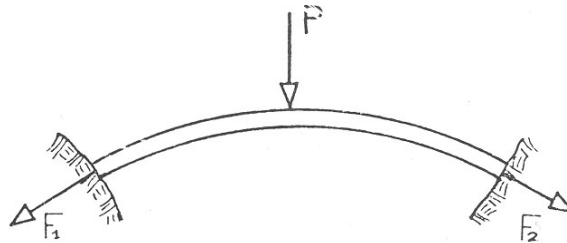
Γενικά μπορούμε να πούμε ότι, όταν το μήκος ενός φράγματος είναι μεγάλο και το ύψος σχετικά χαμηλό, τότε προσφέρεται περισσότερο ένα αντηριδωτό φράγμα από ένα φράγμα βαρύτητας ή θολωτό.



## 1.2.4 ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΤΟΞΩΤΑ (ΘΟΛΩΤΑ)

Τα τοξωτά φράγματα έχουν σε κάτωψη τοξοειδή μορφή και εργάζονται σαν αμφίπακτα τόξα. Η πίεση του νερού εφαρμόζεται στην κυρτή επιφάνεια του φράγματος και μεταβιβάζεται στα πλευρά της κοιλάδας με μορφή κυρίως οριζόντιων δυνάμεων.

Λόγω του μικρού του πάχους ένα τοξωτό φράγμα επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα από το γεγονός ότι η ανάντι επιφάνειά του είναι στο μεγαλύτερο μέρος της βυθισμένη στο νερό, ενώ η κατόντι είναι εκτεθειμένη στην ατμόσφαιρα. Το γεγονός αυτό προκαλεί μία διαφοροποίηση στη συστοδιαστολή των δύο επιφανειών που αναπτύσσει σοβαρές τάσεις στη μάζα του σκυροδέματος.



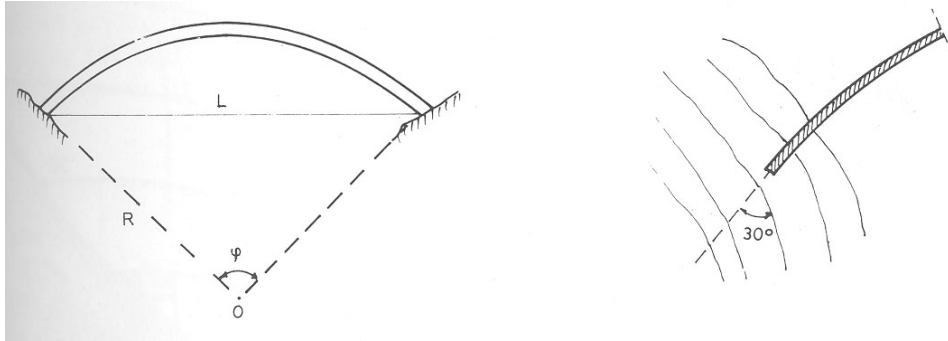
Σχήμα 10

Από πλευράς υπολογισμού ένα τοξωτό φράγμα είναι μία πλάκα απλής ή σε πολλές περιπτώσεις διπλής καμπυλότητας, μικρού πάχους, πακτωμένη στις στηρίξεις της. Το πρόβλημα λοιπόν στη γενική του μορφή είναι σχεδόν άλυτο. Χρησιμοποιούνται όμως απλουστευμένες μέθοδοι και ιδιαίτερα με τη βοήθεια των κομπιούτερς είναι δυνατός ο υπολογισμός. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών πολλές φορές ελέγχονται πάνω σε ομοιώματα. Το ομοίωμα απαλλάσσει από τις απλουστεύσεις, πλην όμως οι πραγματικές συνθήκες πάκτωσης στα άκρα είναι πολύ δύσκολο να μεταφερθούν στο ομοίωμα.

Αν και η μελέτη ενός τοξωτού φράγματος παρουσιάζει δυσκολίες στους υπολογισμούς, εν τούτοις έχει πολλά θεωρητικά και πρακτικά πλεονεκτήματα, όπως η μη επιρροή των υποπίεσεων στην κατασκευή, το ότι δεν κινδυνεύει από ανατροπή ή ολίσθηση, το ότι μπορεί να υπερχειλιστεί από το νερό της λίμνης χωρίς σοβαρά αποτελέσματα και το γεγονός ότι οι πιέσεις του νερού αυξάνουν το αδιαπέρατο της μάζας.

Το άνοιγμα του τόξου (χορδή  $L$ ) προκύπτει από την παραδοχή ότι το ελάχιστο κόστος κατασκευής αντιστοιχεί στον ελάχιστο όγκο του φράγματος και αυτό προκύπτει για επίκεντρη γωνία  $\varphi=133^\circ$

Η διεύθυνση του άξονα του φράγματος στις πακτώσεις πρέπει να τέμνει τις υψομετρικές καμπύλες κατά γωνία τουλάχιστον  $30^\circ$



Σχήμα 11

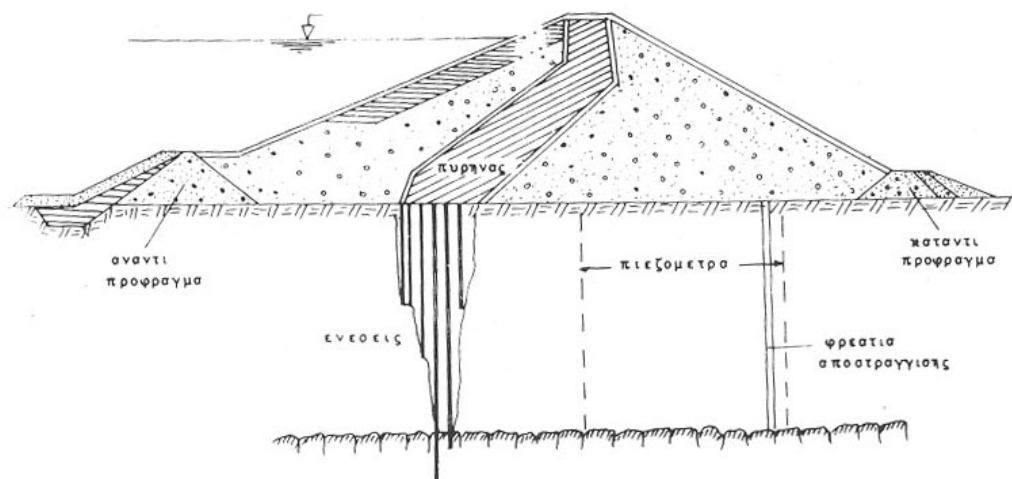


Φωτ. 4 Φράγμα Λούρου

## 1.2.5 ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΧΩΜΑΤΙΝΑ

Τα χωμάτινα φράγματα κατασκευάζονται με γαιώδη υλικά που διατηρούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Αντλούν την αντοχή τους από την τοποθέτηση, το συντελεστή εσωτερικής τριβής και τη συνάφειά τους. Παρ' όλη όμως τη συμπύκνωσή τους αφήνουν κενά ανάμεσα στους κόκκους. Σε αντίθεση με τα υλικά του σκυροδέματος που συσσωματώνονται σε μια ενιαία σκληρή και απαραμόρφωτη μάζα, τα γαιώδη υλικά συνιστούν μια εύπλαστη και εύκαμπτη μάζα που μπορεί να παρακολουθήσει ελαφρές υποχωρήσεις του εδάφους, στο οποίο θεμελιώνεται, χωρίς κίνδυνο καταστροφής.

Ένα χωμάτινο φράγμα κατασκευάζεται κατά επάλληλες στρώσεις που συμπυκνώνονται με μηχανικά μέσα. Το υλικό εκσκάπτεται από δανειοθαλάμους, που έχουν ερευνηθεί ως προς την ποιότητα του υλικού, μεταφέρεται με φορτηγά αυτοκίνητα στη θέση του φράγματος, διαστρώνεται με αποξέστες, ισοπεδωτές, ή προωθητές σε στρώσεις μικρού πάχους (0,50 - 0,30m), καταβρέχεται για να αποκτήσει την κατάλληλη υγρασία και συμπυκνώνεται με οδοστρωτήρες, κατσικοπόδαρα ή αυτοκινούμενους δονητές.



Σχήμα 12

### 1.2.5.1 Τύποι χωμάτινων φραγμάτων

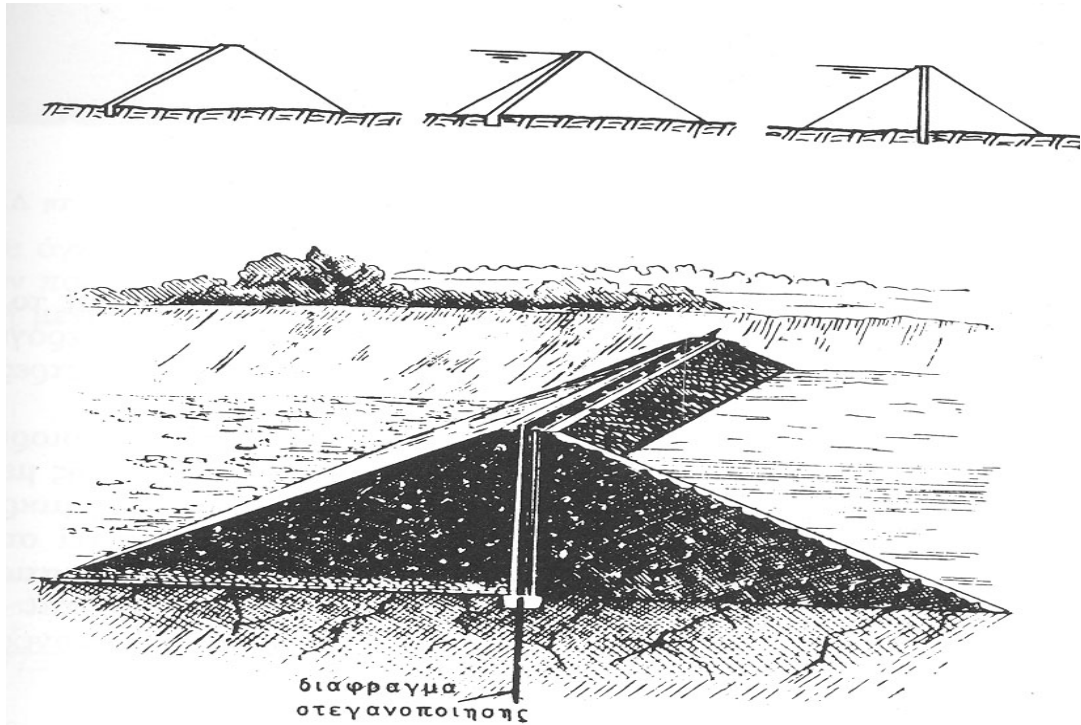
Υπάρχουν τρία είδη χωμάτινων φραγμάτων

- α) Με διάφραγμα
- β) Ομογενή
- γ) Ετερογενή ή κατά ζώνες.

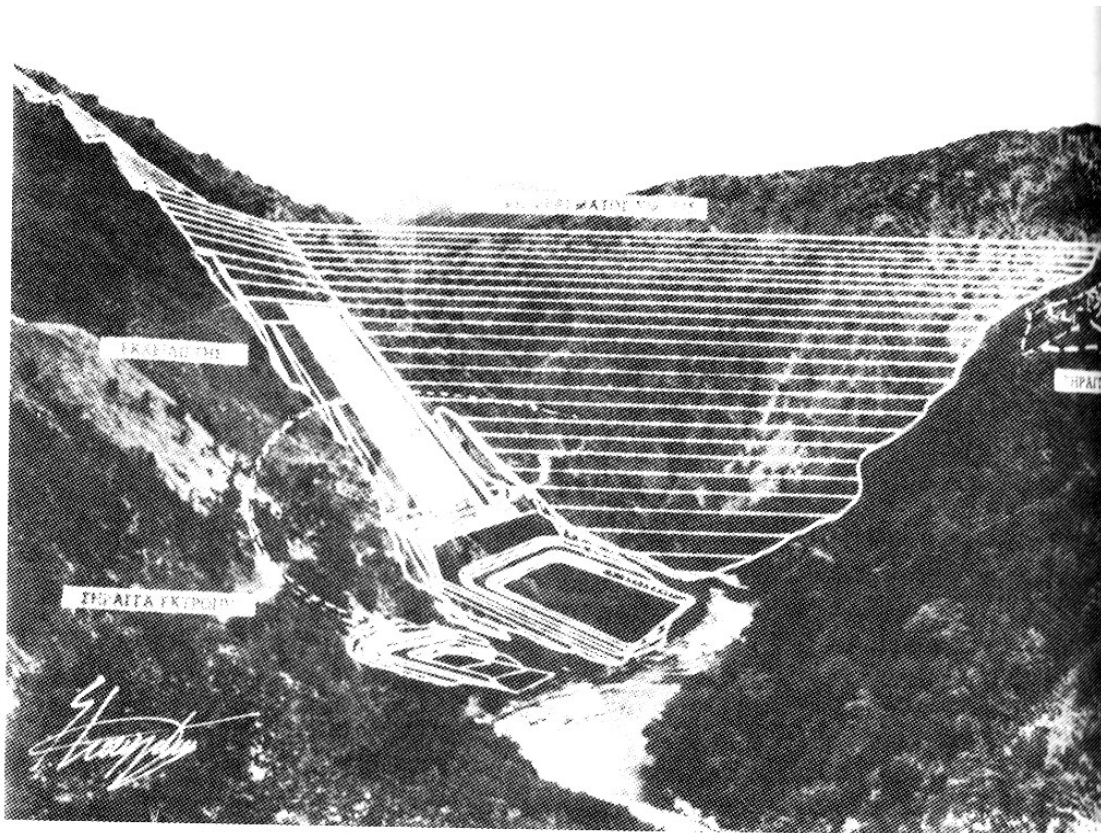
#### α) Χωμάτινα φράγματα με διάφραγμα

Τα φράγματα του τύπου αυτού κατασκευάζονται με διαπερατά υλικά (άμμο, χαλίκια, πέτρες, βράχους) και μια λεπτή μεμβράνη από αδιαπέρατο υλικό, που εμποδίζει το νερό να περάσει μέσα από το φράγμα

Η μεμβράνη μπορεί να τοποθετηθεί από το ανάντι πρηνές μέχρι τον κεντρικό κατακόρυφο άξονα της διατομής και από πλευράς υλικού, μπορεί να είναι από άργιλο, σκυρόδεμα ή ασφαλτοσκυρόδεμα.



Σχήμα 13



Φωτ.5 Σχηματική διάταξη του φράγματος Μουζακίου (από τη Δ.Ε.Η.)

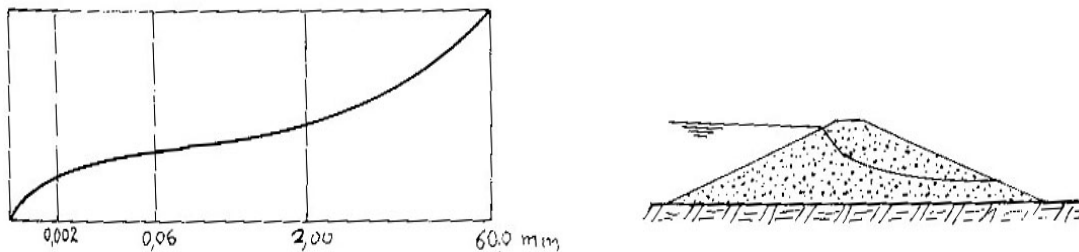
Όταν το πάχος της μεμβράνης είναι μεγαλύτερο από 3m και το υλικό άργιλος, τότε η μεμβράνη λέγεται πυρήνας και το φράγμα ετερογενές ή κατά ζώνες. Όταν το υλικό στήριξης του πυρήνα (κελύφη) είναι πέτρες και βράχοι, τότε το φράγμα χαρακτηρίζεται σαν λιθόρριπτο (Rockfill).

Η εφαρμογή χωμάτινων φραγμάτων με διάφραγμα είναι περιορισμένη, γιατί παρουσιάζουν κατασκευαστικές δυσκολίες. Η κατασκευή λεπτής μεμβράνης από σκυρόδεμα ή άργιλο στον άξονα είναι πολύ ευαίσθητη στις μικρές μετατοπίσεις, ενώ η μεμβράνη από άργιλο στο ανάντι πρηνές απαιτεί στρώματα φίλτρων και προστασία για την αποφυγή διάβρωσης από τον κυματισμό.

Πολλές φορές φράγματα της μορφής αυτής κατασκευάζονται από ανάγκη, όταν το αργιλικό υλικό δεν επαρκεί για την κατασκευή κανονικού αργιλικού πυρήνα.

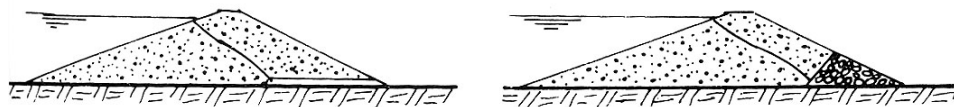
## β) Ομογενή χωμάτινα φράγματα

Ένα ομογενές χωμάτινο φράγμα κατασκευάζεται σε όλο του το πλάτος και ύψος από ένα είδος υλικού (εκτός από την προστασία των πρανών), που πρέπει να έχει ελάχιστη έως μηδαμινή διαπερατότητα ( $\kappa=10^{-7}$  m/s), ώστε να επιτυγχάνεται το αδιαπέρατο της μάζας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση υλικού που η καμπύλη της κοκκομετρικής του διαβάθμισης είναι πλατιά και με μικρή κλίση των πρανών (για να επιτευχθεί σταθερότητα τόσο του ανάντι πρανούς σε περίπτωση γρήγορης πτώσης της στάθμης του ταμιευτήρα όσο και της κατόντι, σε περίπτωση διήθησης όταν η στάθμη του ταμιευτήρα είναι υψηλή).

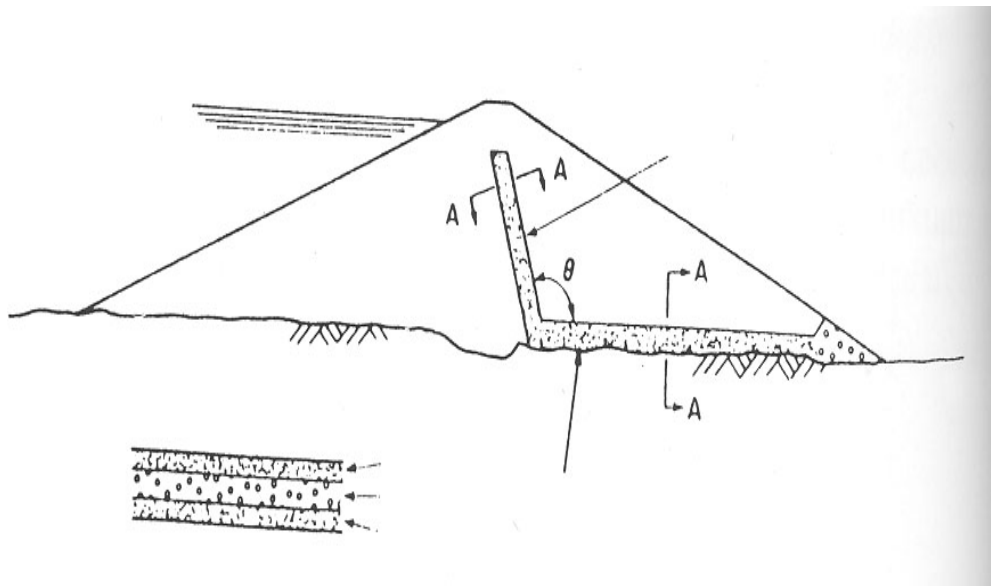


Σχήμα 14

Η μείωση του όγκου ενός ομογενούς φράγματος μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση μικρών ποσοτήτων διαπερατών υλικών (στραγγιστήρων) που επιτρέπουν την εφαρμογή μεγαλύτερων κλίσεων.

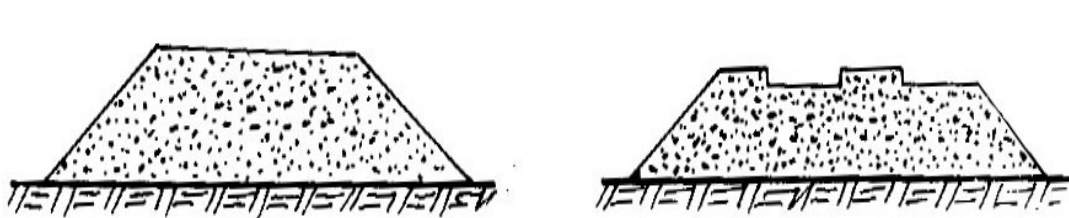


Σχήμα σελ. 15



Σχήμα 16

Η κατασκευή στραγγιστήρων και η επιρροή τους στην πτώση του φρεάτιου ορίζοντα φαίνεται στο σχήμα. Η κατασκευή των ομογενών χωμάτινων φραγμάτων δεν γίνεται κατά ενιαίες οριζόντιες στρώσεις, αν και αυτό διευκολύνει την κατασκευή, αλλά κατά ανισοϋείς ζώνες για την αποφυγή δημιουργίας διαπερατών στρώσεων.

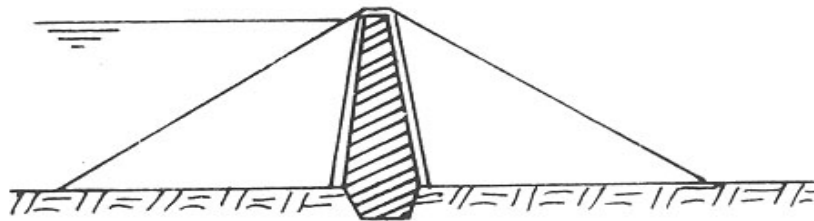


Σχήμα σελ. 17

γ) Ετερογενή φράγματα

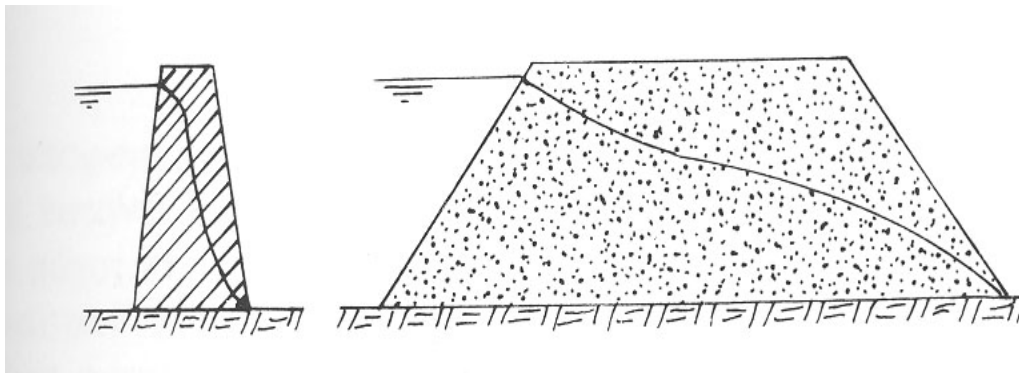
Ο πιο συνηθισμένος τύπος χωμάτινου φράγματος είναι αυτός που σε μια διατομή του έχει μια ζώνη από αδιαπέρατο υλικό (πυρήνας), της οποίας οι ανάντι και κατάντι επιφάνειες προστατεύονται με ζώνες από ημιπερατά υλικά, ενώ διαπερατά υλικά αποτελούν το σώμα του

φράγματος (κελύφη). Τα τμήματα αυτά λέγονται κελύφη ή στηρίγματα, γιατί συγκρατούν το ουσιαστικά αδιαπέρατο τμήμα του φράγματος και το προστατεύουν ανάμεσά τους.



Σχήμα 18

Αν κατασκευαζόταν μόνο το αδιαπέρατο τμήμα (πυρήνας), σε μικρό πλάτος, το νερό δεν θα μπορούσε να περάσει. Λόγω όμως της πολύ μικρής γωνίας τριβής, το πλάτος θα 'πρεπε να είναι τεράστιο για την ευστάθειά του.

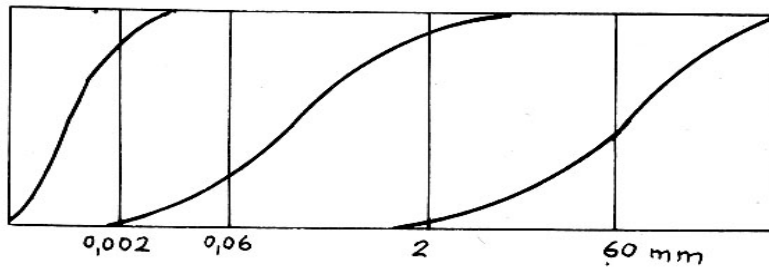


Σχήμα 19

Αντίθετα, αν κατασκευαζόταν μόνο το διαπερατό τμήμα, για να μειωθεί η διήθηση, θα 'πρεπε το μήκος του να είναι τεράστιο και πρακτικά ανεφάρμοστο.

Έτσι γίνεται συνδυασμός των πλεονεκτημάτων των διαφόρων υλικών για την κατασκευή κατά τον τεχνικά καλύτερο και οικονομικά συμφερότερο τρόπο.





Σχήμα 20

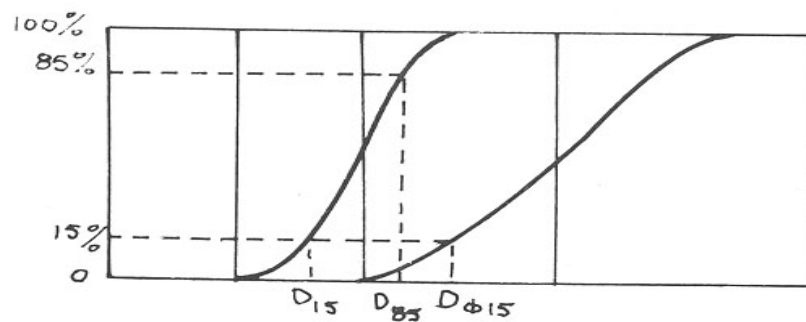
Για την καλύτερη λειτουργία ενός ετερογενούς χωμάτινου φράγματος θα πρέπει να ισχύουν οι ακόλουθες συνθήκες του Terzaghi.

1. Το νερό να κινείται εύκολα και χωρίς πίεση στο κέλυφος (υδραυλική συνθήκη).
2. Οι επιφάνειες επαφής του λεπτού κα χοντρού υλικού πρέπει να μην επιτρέπουν την μετακίνηση υλικών (μηχανική συνθήκη).

Δηλαδή:

$$-D_{\phi 15} \geq (4 \div 5) D_{15}$$

$$-D_{\phi 15} \leq (4 \div 5) D_{85}$$



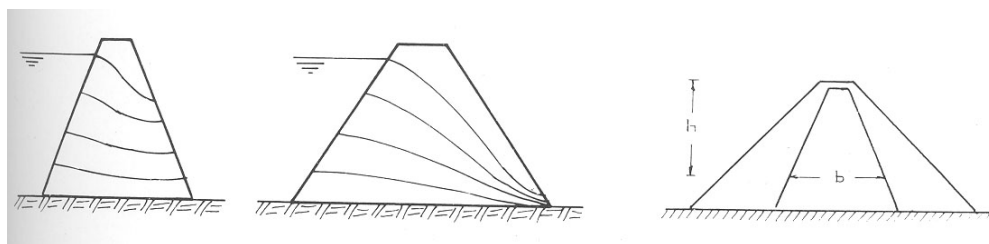
Σχήμα 21

Έτσι, αν ο πυρήνας έχει υλικό με  $D_{15} = 0,02\text{mm}$  και  $D_{85} = 0,06\text{ mm}$ , το φίλτρο πρέπει να έχει  $D_{\phi 15} \geq 0,08\text{mm}$  και  $D_{\phi 15} \leq 0,24\text{ mm}$ .

Το ανάντι τμήμα είναι συνέχεια κορεσμένο με νερό ενώ το κατάντι λειτουργεί σαν στραγγιστήρας για να χαμηλώσει ο φρεάτιος ορίζοντας. Το υλικό των ζωνών αυτών μπορεί να είναι αμμοχάλικο, χαλίκια, πέτρες ή θραύσματα βράχων.

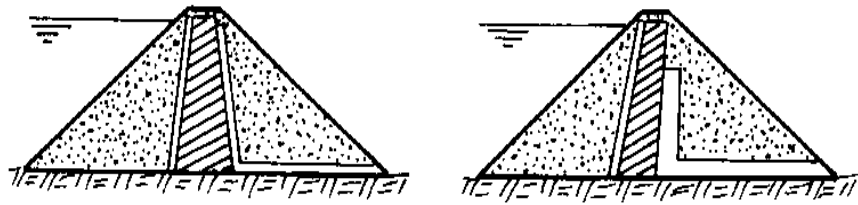
Ένα φράγμα θα θεωρείται ετερογενές, αν το πλάτος του πυρήνα  $b$ , σε κάποιο ύψος είναι μεγαλύτερο από το ύψος του φράγματος  $h$ , από το ύψος αυτό μέχρι τη στέψη και πάντως όχι μικρότερο από 3m. Το πλάτος πάντως του πυρήνα υπολογίζεται με βάση την εκμηδένιση της διήθησης.

Η καθαρή άργιλος χωρίς προσμίξεις (πηλό-άμμο) είναι αδιαπέρατο υλικό. Παρουσιάζει όμως το μειονέκτημα της μεγάλης δυσκολίας συμπίκνωσης. Γι' αυτό στις περισσότερες περιπτώσεις η άργιλος που χρησιμοποιείται είναι μίγμα αργίλου (20%), πηλού (30%) και άμμου (50%). Όσο περισσότερη άμμο περιέχει ο πυρήνας τόσο μεγαλύτερη είναι η διαπερατότητά του και φυσικά το πλάτος του. Αντίθετα, όσο πιο καθαρό σε άργιλο το υλικό, τόσο πιο στενός ο πυρήνας αλλά και πιο δύσκολη η συμπίκνωση.



Σχήμα 22

Για την αποφυγή εσωτερικής διάβρωσης του πυρήνα τόσο η ανάντι όσο και κυρίως η κατάντι επιφάνειά του προστατεύεται με τη δημιουργία ζώνης φίλτρου. Το πάχος της ζώνης των φίλτρων εξαρτάται από την ύπαρξη διαθέσιμου υλικού και από το κόστος διάστρωσης και συμπίκνωσης. Γι' αυτό το λόγο το πάχος είναι πάντοτε μεγαλύτερο από 3m ώστε να συμπυκνώνεται με μηχανικά μέσα.



Σχήμα 23

Το ύψος του κατάντι φίλτρου μπορεί να γίνει σε ύψος μικρότερο από το ύψος του πυρήνα, γιατί το ύψος της γραμμής κορεσμού κατά την έξοδό της από τον πυρήνα βρίσκεται στο  $1/3$  του ύψους του φράγματος.

Όταν υπάρχει άφθονο διαθέσιμο υλικό κατασκευής, τότε προτιμάται το χωμάτινο φράγμα κατά ζώνες, γιατί παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα.



Φωτ. 6 Χωμάτινο φράγμα

## 1.2.6 ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ

Σαν λιθόρριπτο χαρακτηρίζεται ένα φράγμα του οποίου τα σώματα στήριξης αποτελούνται από κομμάτια βράχων ή κροκάλες.

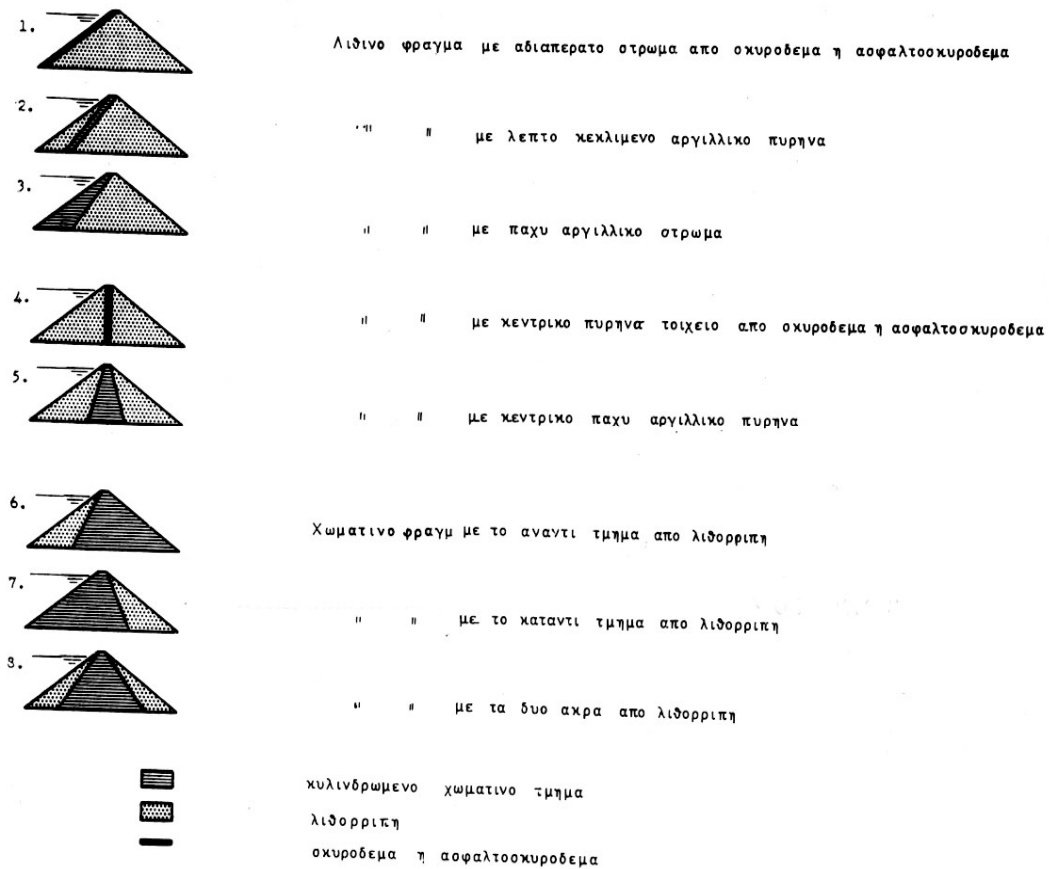
Η εφαρμογή των φραγμάτων αυτών άρχισε γύρω στα 1950, γιατί το κόστος της εξόρυξης, μεταφοράς και τοποθέτησης μεγάλων ποσοτήτων βραχωδών προϊόντων έκανε κάθε προσπάθεια εφαρμογής οικονομικά ανεφάρμοστη.

Η κατασκευή παρουσίασε αλματώδη αύξηση στις αρχές της δεκαετίας του 1960, γιατί τα χωματουργικά μηχανήματα παρουσίασαν μια σημαντική εξέλιξη, που μείωσε σημαντικά το κόστος κατασκευής, ενώ παράλληλα η τεχνολογία στον τομέα αυτόν αναπτύχθηκε και τα αποτελέσματα από τις πρώτες εφαρμογές ήταν πολύ ενθαρρυντικά.

Τα λιθόρριπτα φράγματα παρουσιάζονται πιο οικονομικά όταν:

- α) Υπάρχουν διαθέσιμες μεγάλες ποσότητες βραχώδους υλικού, είτε αυτούσιες είτε σαν προϊόντα εκσκαφών τμημάτων του έργου, όπως σήραγγες και υπερχειλιστές.
- β) Γαιώδες υλικό δεν είναι διαθέσιμο στην περιοχή και απαιτείται μεταφορά του από μακρινή απόσταση. (Π.χ. φράγμα Μεσοχώρας, ποτ. Αχελώου)
- γ) Το κλίμα είναι εξαιρετικά υγρό και η τοποθέτηση και συμπίκνωση του γαιώδους υλικού περιορίζεται σε λίγες μόνο μέρες το χρόνο.
- δ) Υπάρχει περίπτωση μελλοντικής υπερύψωσης του φράγματος.

Άλλα πλεονεκτήματα των λιθόρριπτων φραγμάτων είναι ότι η κατασκευή τους μπορεί να συνεχίζεται και το χειμώνα, η κατασκευή των τσιμεντενέσεων είναι συνήθως ανεξάρτητη από την κατασκευή της λιθορριπής, η διήθηση μέσα από το σώμα του φράγματος (τη λιθορριπή) δεν δημιουργεί σοβαρά προβλήματα σχεδιασμού, κλπ.



Σχήμα 24 Τύποι λιθορριπτων φραγμάτων

Τα λιθορριπτα φράγματα μπορεί να χωριστούν σε 3 βασικούς τύπους, ανάλογα με τη θέση του αδιαπέρατου τμήματος σε:

- α) Φράγματα με αδιαπέρατη μεμβράνη ανάντι
- β) Φράγματα με κεκλιμένο πυρήνα
- γ) Φράγματα με κεντρικό πυρήνα ή αδιαπέρατο τοίχείο

Η κάθε θέση του αδιαπέρατου τμήματος παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, που ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο, το υλικό κατασκευής και τις συνθήκες θεμελίωσης. Ο κεντρικός ή κεκλιμένος πυρήνας θα αναφέρεται σαν εσωτερική μεμβράνη αν και κατασκευάζεται συνήθως από γαιώδες υλικό (αργιλικό).

Η ανάντι μεμβράνη κατασκευάζεται συνήθως από σκυρόδεμα ή ασφαλτοσκυρόδεμα, ενώ όταν κατασκευάζεται πυρήνας προτιμάται να είναι κεντρικός.

Η κατασκευή φράγματος με την αδιαπέραστη μεμβράνη ανάντι παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. Η κατασκευή της γίνεται μετά την κατασκευή της διατομής του σώματος του φράγματος.
2. Δυνατότητα της επιθεώρησης και επισκευής της μεμβράνης.
3. Οι τσιμεντενέσεις θεμελίωσης μπορούν να γίνουν κατά τη διάρκεια κατασκευής της λιθορριπής.
4. Το μεγαλύτερο τμήμα του φράγματος δεν παρουσιάζει προβλήματα ευστάθειας (ολίσθηση).
5. Κάνει σχετικά εύκολη την ανύψωση του φράγματος σε μεταγενέστερο στάδιο.

Η κατασκευή κεντρικής μεμβράνης παρουσιάζει το πλεονέκτημα της μη έκθεσής της στο νερό και σε εξωτερικούς παράγοντες, απαιτεί μικρότερα βάθη κουρτίνας και δεν είναι εκτεθειμένη σε διάβρωση και άλλους παράγοντες που πιθανόν να προκαλέσουν την καταστροφή της. Η λύση όμως αυτή παρουσιάζει ένα βασικό μειονέκτημα, ότι η ανύψωση της λιθορριπής ακολουθεί την ανύψωση της μεμβράνης και των φίλτρων και δεν είναι δυνατό να επιθεωρείται και να επισκευάζεται.

### 1.3 ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Η υδρόσφαιρα αποτελείται από το σύνολο των νερών των ωκεανών, θαλασσών, λιμνών, ποταμών, παγετώνων, του εδάφους και της ατμόσφαιρας. Από τη συνολική ποσότητα νερού των  $1,4 \times 10^9$  κυβικών μέτρων, το 96,5 % αποτελεί τις θάλασσες και τους ωκεανούς, το 1,8 % αποτελεί τους παγετώνες και το υπόλοιπο είναι το ποσοστό το οποίο μπορεί να έχει χρήση.

Δραστηριότητες για την εκμετάλλευση των νερών αποτελούν:

- η ηλεκτροπαραγωγή με τις υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις, οι οποίες παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από το νερό των ποταμών και των θαλασσών,
- οι μεταφορές, οι οποίες χρησιμοποιούν τα νερά των ποταμών, θαλασσών και λιμνών για τη μετακίνηση πλοίων και ξυλείας,
- οι βελτιώσεις της γης, οι οποίες περιλαμβάνουν τις αρδεύσεις, τις αποστραγγίσεις περιοχών και τη μετατροπή σε καλλιεργήσιμη γη των ξηρών περιοχών,
- οι αστικές και βιομηχανικές χρήσεις νερού, οι οποίες περιλαμβάνουν την οικιακή και κοινοτική ύδρευση, βιομηχανική χρήση, επεξεργασία νερού και αποχετεύσεις,
- οι εμπορικές χρήσεις του νερού, οι οποίες περιλαμβάνουν ιχθυοκαλλιέργειες, καλλιέργειες φυκιών, αλιεία ψαριών και αναζήτηση γούνας, παραγωγή αλατιού, επεξεργασία ορυκτών και ψύξη μηχανημάτων.

Η χρησιμοποίηση του νερού από ποταμούς, λίμνες και υπόγεια νερά μπορεί να είναι καταναλωτική, όπως η ύδρευση και η άρδευση, στις οποίες το νερό δεν επιστρέφει στην αρχική του θέση, ή μη καταναλωτική, όπως η υδροηλεκτρική παραγωγή, αλιεία και ναυσιπλοΐα, στις οποίες το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί περισσότερες από μία φορές.

Συνδυασμός της καταναλωτικής και της απλής χρησιμοποίησης του νερού δεν είναι δυνατόν να γίνεται πάντοτε. Οι καταναλωτικές χρήσεις του νερού είναι μερικές φορές μεγαλύτερες από τις διαθέσιμες ποσότητες νερού, οπότε γίνεται μεταφορά νερού από περιοχές με άφθονες διαθέσιμες ποσότητες νερού σε περιοχές με ανεπαρκείς ποσότητες νερού.

Οι υδραυλικές κατασκευές έχουν σκοπό τον έλεγχο των νερών, έτσι ώστε να προκύψει η βέλτιστη χρησιμοποίησή τους. Με τις υδραυλικές κατασκευές μετατρέπεται η φυσική ροή των νερών του ποταμού σε ρυθμιζόμενη ροή, η οποία προσαρμόζεται σε χρήσεις προσοδοφόρες για την εθνική οικονομία κάθε χώρας, σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος. Παράλληλα, επιτυγχάνεται η βέλτιστη χρησιμοποίηση του νερού με την

αποθήκευσή του σε ταμιευτήρες και με τη ρύθμιση της παροχής του ανάλογα με την ποιότητα η οποία απαιτείται για τη χρησιμοποίησή του.

Οι υδραυλικές κατασκευές, ανάλογα με τη θέση των νερών για τα οποία κατασκευάστηκαν, διακρίνονται σε κατασκευές στους ποταμούς, στις λίμνες και στις ακτές. Ανάλογα με την επίπτωση των κατασκευών στη ροή του ποταμού, οι υδραυλικές κατασκευές διακρίνονται σε έργα ανάσχεσης – εγκιβωτισμού και σε έργα μεταφοράς.

Τα έργα ανάσχεσης περιλαμβάνουν τα **φράγματα**, τα οποία δημιουργούν διακοπή της ροής και επομένως τον σχηματισμό ενός ταμιευτήρα ανάντη του φράγματος, με στάθμη νερού υψηλότερη από τη στάθμη νερού κατάντη του φράγματος. Ακόμη, περιλαμβάνουν εκτός από το κύριο φράγμα, βοηθητικά φράγματα ή αναχώματα, τοίχους αντιστήριξης πρανών και προστασία πρανών με διάφορα υλικά.

Τα έργα μεταφοράς περιλαμβάνουν διώρυγες μεταφοράς νερού, σχετούς στην επιφάνεια του εδάφους και υπόγειες σήραγγες. Ο σκοπός κατασκευής των έργων αυτών είναι η τροφοδότηση στροβίλων υδροηλεκτρικού σταθμού, αρδεύσεις καλλιεργήσιμων εκτάσεων, μεταφορά νερού σε άνυδρες περιοχές και προμήθεια νερού για αστική και βιομηχανική χρήση.

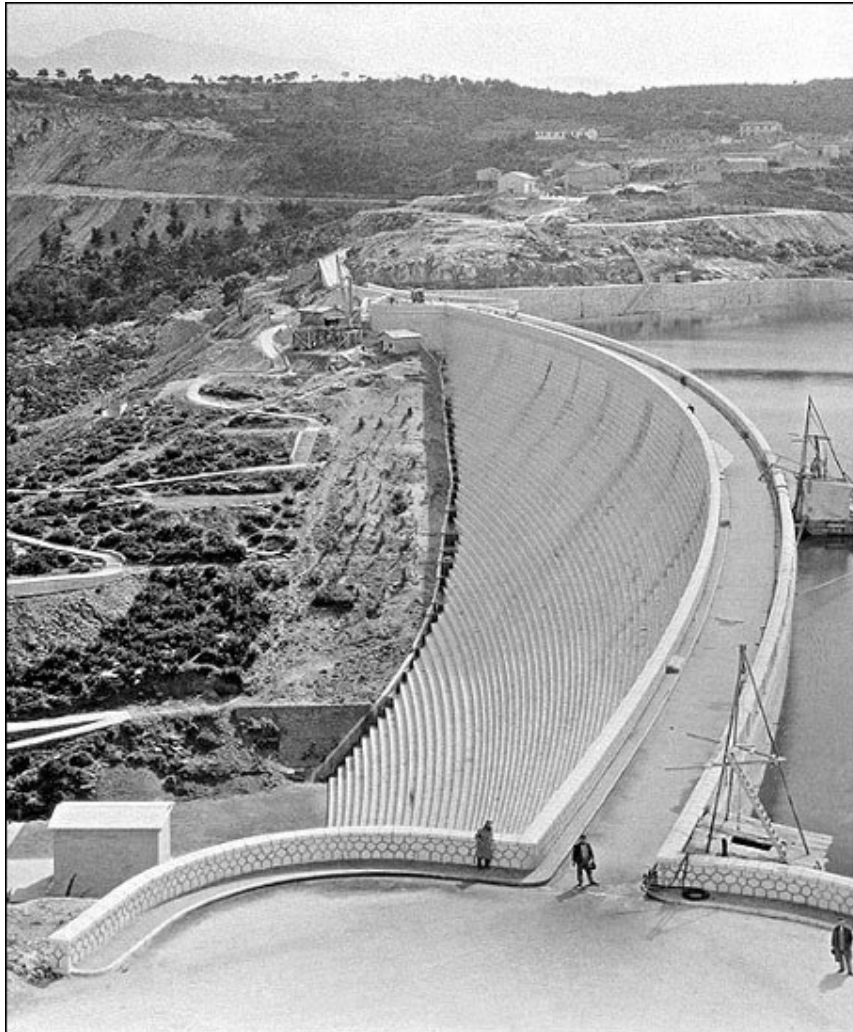
#### **1.4. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ**

Τα φράγματα είναι από τα πρώτα τεχνικά επιτεύγματα του ανθρώπου, αφού οι πρώτες κατασκευές ανάγονται στα προϊστορικά χρόνια. Από τα παλιότερα φράγματα αναφέρονται το φράγμα στον ποταμό Ιορδάνη και το φράγμα στον ποταμό Τίγρη. Στα 4.000 π.Χ. κατασκευάστηκε στην Αίγυπτο φράγμα στον ποταμό Νείλο που διατηρήθηκε περίπου 4.500 χρόνια. Στα νεότερα χρόνια σπουδαίο θεωρήθηκε το φράγμα Puentes στην Ισπανία, που έγινε στα 1753 και καταστράφηκε το 1891.

Ο άνθρωπος, από την αρχαιότητα προσπάθησε να δαμάσει το νερό για να εξυπηρετήσει τους σκοπούς και τις ανάγκες του. Αναμφισβήτητα, η υδρολογία αποτελεί ιστορικά μία από τις παλαιότερες εφαρμογές των επιστημών προς όφελος του ανθρώπου. Ήδη, από τη 2<sup>η</sup> π.Χ. χιλιετία, τα έργα ύδρευσης γνώρισαν μεγάλη ακμή σε χώρες όπως η Αίγυπτος, η Κίνα, η Μεσοποταμία και η Κρήτη. Ακόμα και εκτροπές ποταμών είναι γνωστές από τους αρχαίους μύθους. Ένα από τα βασικότερα έργα για την εκμετάλλευση του πολύτιμου αυτού αγαθού, είναι τα φράγματα.



Στην Ελλάδα, το πρώτο φράγμα κατασκευάστηκε στην αρχαία Αλυζία (μεταξύ 1<sup>ου</sup> και 5<sup>ου</sup> π.Χ. αιώνα). Το πρώτο σύγχρονο φράγμα ήταν του Μαραθώνα , το οποίο κατασκευάστηκε από την ΕΥΔΑΠ το 1931.



Φράγμα Μαραθώνα 1931

## 1.5 ΟΡΙΣΜΟΙ

### 1.5.1 Φράγμα:

Το φράγμα είναι τεχνικό έργο που κατασκευάζεται κάθετα στην κοίτη ενός φυσικού ρεύματος (ποταμού) για την αποκοπή της ροής, με σκοπό την αποθήκευση, παρωχέτευση ή ανάσχεση της πλημμυρικής παροχής του ρεύματος. Με την κατασκευή των φραγμάτων το νερό δεσμεύεται και χρησιμοποιείται για άρδευση, ύδρευση ή περικλείει ενέργεια εξ' αιτίας της διαφοράς στάθμης για την κίνηση υδροστρόβιλων και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

### 1.5.2 Υδρολογικό έτος:

Ως υδρολογικό έτος ορίζεται η χρονική διάρκεια 12 μηνών που αρχίζει και τελειώνει στην εποχή της ελάχιστης απορροής. Στην Ελλάδα και γενικότερα στο Βόρειο Ημισφαίριο το υδρολογικό έτος αρχίζει την 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου και τελειώνει την 3η Σεπτεμβρίου. Με τον τρόπο αυτό, στην αρχή κάθε υδρολογικού έτους έχουν αποφορτιστεί οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες οπότε τα υδρολογικά φαινόμενα σε ένα υδρολογικό έτος είναι κατά το δυνατόν ανεξάρτητα από αυτά του προηγούμενου.

### 1.5.3 Μέση μηνιαία παροχής:

Ως μέση μηνιαία παροχής υδατορεύματος σε συγκεκριμένη διατομή ορίζεται η μέση τιμή των ημερήσιων παροχών του εξεταζόμενου μήνα. Ως μέση μηνιαία παροχή του μέσου υδρολογικού έτους ορίζεται η μέση τιμή των μέσων μηνιαίων παροχών για όλα τα υδρολογικά έτη για τα οποία υπάρχουν παρατηρήσεις. Ως μέση ετήσια παροχή ορίζεται η μέση τιμή των 12 μέσων μηνιαίων παροχών λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό ημερών κάθε μήνα.

### 1.5.4 Μέσο υδρολογικό έτος:

Ως μέσο υδρολογικό έτος χαρακτηρίζεται το ιδεατό υδρολογικό έτος του οποίου τα υδρολογικά χαρακτηριστικά αντιστοιχούν στις μέσες τιμές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών όσο το δυνατόν περισσότερων και συνεχόμενων υδρολογικών ετών. Το πλήθος των συνεχόμενων υδρολογικών ετών από τα οποία προκύπτουν οι τιμές του μέσου υδρολογικού έτους πρέπει να σημειώνεται.

#### 1.5.5 Υδραυλικότητα:

Ως υδραυλικότητα μιας χρονικής περιόδου (π.χ. ενός υδρολογικού έτους) ορίζεται ο λόγος της επιφανειακής απορροής κατά την χρονική περίοδο προς την επιφανειακή απορροή στην αντίστοιχη χρονική περίοδο του μέσου υδρολογικού έτους.

#### 1.5.6 Εκχειλιστής:

Ως εκχειλιστής χαρακτηρίζεται η κατασκευή η οποία παρεμβάλλεται στη ροή ελεύθερης επιφανείας με αποτέλεσμα τη υπερχειλίση τη ροής από την στέψη της. Διακρίνονται σε δυο ειδών εκχειλιστών όσο αναφορά τη λειτουργία τους:

α) τους εκχειλιστές των φραγμάτων σκοπός των οποίων είναι η διοχέτευση της μέγιστη πιθανής πλημμυρικής απορροής του υδατορεύματος έτσι ώστε να αποφευχθεί η υπερχειλίση του νερού από την στέψη του φράγματος και η οποία θα είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή του φράγματος ως συνεπεία της διάβρωσης

β) τους εκχειλιστές των ΥΗΕ που κατασκευάζονται κατά τον ποταμό και οι οποίοι σκοπό έχουν είτε την δημιουργία της υδραυλικής πτώσης είτε την διαμόρφωση μιας στάθμης του νερού που να εξασφαλίζει ικανοποιητικές συνθήκες στην υδροληψία, δηλαδή την είσοδο της διώρυγας ή του αγωγού προσαγωγής.

#### 1.5.7 Ταμιευτήρας:

Αποτέλεσμα της κατασκευής ενός φράγματος είναι ο σχηματισμός ενός ταμιευτήρα, δηλαδή μιας δεξαμενής νερού, η χωρητικότητα της οποίας αποτελεί βασικό στοιχείο για την υδροηλεκτρική αξιοποίηση τη φυσικής απορροής.

#### 1.5.8 Υδροληψία:

Ως έργο υδροληψίας χαρακτηρίζεται η οδήγηση της παροχής του νερού στην διώρυγα προσαγωγής (ανοιχτός αγωγός) ή κατευθείαν στο αγωγό πτώσεως (προσαγωγή) διαμορφώνοντας τη ροή κατά το δυνατόν ομοιόμορφη, χωρίς την ανάπτυξη υπερβολικών ταχυτήτων οι οποίες προκαλούν αποκόλληση και σχηματισμό στροβιλισμών.

1.5.9 Ποτάμι: Το φυσικό φαινόμενο που προκαλεί τοπικές διαβρώσεις στο φλοιό της γης.

#### 1.5.10. Ταμιευτήρας - Ανώτατη Στάθμη Πλημμύρας (ΑΣΠ):

Ανώτατη Στάθμη Πλημμύρας (ΑΣΠ): Η στάθμη που αντιστοιχεί στη μέγιστη αναμενόμενη στάθμη της πλημμύρας μελέτης.

Επιφάνεια ΑΣΠ: Η επιφάνεια του ταμιευτήρα που περικλείεται από την ΑΣΠ.

Χωρητικότητα ΑΣΠ: Ο όγκος του ταμιευτήρα που αντιστοιχεί στην επιφάνεια της ΑΣΠ.

1.5.11 Ταμιευτήρας - Ανώτατη Στάθμη Λειτουργίας (ΑΣΛ):

Ανώτατη Στάθμη Λειτουργίας (ΑΣΛ): Η στάθμη που αντιστοιχεί στην ανώτατη στάθμη του ωφέλιμου όγκου του ταμιευτήρα.

Επιφάνεια ΑΣΛ: Η επιφάνεια του ταμιευτήρα που περικλείεται από την ΑΣΛ.

Χωρητικότητα ΑΣΛ: Ο όγκος του ταμιευτήρα που αντιστοιχεί στην επιφάνεια της ΑΣΛ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1. Παρουσίαση φράγματος Πείρου – Παραπείρου

Η εκπόνηση της «Οριστικής Μελέτης Φραγμάτων Αστεριού, Βαλμαδούρας και Μελέτης Αγωγού Προσαγωγής με Τεύχη Δημοπράτησης».

Το αντικείμενο αφορά την εκπόνηση της Οριστικής Μελέτης και των Τευχών Δημοπράτησης των υδραυλικών έργων και των Η/Μ καθώς και της Γεωλογικής Μελέτης για τα φράγματα στις θέσεις Βαλμαδούρα στον ποταμό Πείρο και Αστέρι στο ποταμό Παραπείρο καθώς και τον συνδετήριο αγωγό μεταξύ των δύο φραγμάτων (δηλ. του αγωγού προσαγωγής των υδάτων που εκτρέπονται από το φράγμα Βαλμαδούρας, στον ταμιευτήρα του φράγματος Αστεριού). Τα έργα αυτά εντάσσονται στον γενικότερο σχεδιασμό των έργων που απαιτούνται για την επίλυση σε μακροχρόνια βάση του υδρευτικού προβλήματος του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος της Πάτρας, της Βιομηχανικής Περιοχής που βρίσκεται στο πεδινό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Πείρου (στη θέση Άγιος Στέφανος) καθώς και των Κοινοτήτων της ΒΔ Αχαΐας που βρίσκονται στην ευρύτερη παραλιακή ζώνη και στην πεδινή περιοχή περί τον ποταμό Πείρο. Με τα προτεινόμενα έργα επιτυγχάνεται η σύλληψη και ταμίευση των απαιτούμενων ποσοτήτων νερού για την εξυπηρέτηση των υδρευτικών αναγκών των περιοχών που προαναφέρθηκαν.

### 2.2. Υποστηρικτικές μελέτες και εργασίες

#### 2.2.1. Μελέτες και εργασίες που έγιναν στα πλαίσια της κατασκευής του φράγματος - Γεωλογική μελέτη

Το αντικείμενο της γεωλογικής μελέτης ήταν:

**Για το φράγμα και τον ταμιευτήρα Αστεριού**, η γεωλογική χαρτογράφηση της λεκάνης κατάκλυσης σε κλίμακα 1:2.000, της θέσης θεμελίωσης του φράγματος και των συνοδών έργων σε κλίμακα 1:500, των στομίων εισόδου / εξόδου της σήραγγας εκτροπής και υδροληψίας, καθώς και των θέσεων των έργων του υπερχειλιστή σε κλίμακα 1:200. Η γεωλογική μελέτη συνοδεύεται επίσης από μία σειρά θεματικών χαρτών (υδρογεωλογικός, τεχνικογεωλογικός, δυνητικών ασταθειών, δανειοθαλάμων) και γεωλογικών μηκοτομών και

διατομών, κατά μήκος του άξονα του φράγματος και των συνοδών έργων, στις ίδιες κλίμακες με αυτές των γεωλογικών χαρτογραφήσεων. Τέλος για τον έλεγχο της ποιότητας του νερού του Παραπεύρου, προγραμματίστηκαν δειγματοληψίες νερού και χημικές αναλύσεις.

**Για τον αγωγό προσαγωγής,** η γεωλογική χαρτογράφηση μίας ζώνης εύρους 200m, κατά μήκος της συνολικής χάραξης του αγωγού σε κλίμακα 1:2.000. Η γεωλογική μελέτη συνοδεύεται επίσης από δύο θεματικούς χάρτες (τεχνικογεωλογικός και υδρογεωλογικός) σε κλίμακα 1:5000, καθώς και μία γεωλογική μηκοτομή, σε κλίμακα 1:2.000/1:400. Σκοπός της εκπόνησης της Οριστικής Γεωλογικής Μελέτης είναι, μεταξύ άλλων, η διερεύνηση των συνθηκών ευστάθειας και της εκσκαψιμότητας των γεωυλικών, κατά μήκος της χάραξης του αγωγού προσαγωγής νερού από την υδροληψία του φράγματος εκτροπής Βαλμαδούρας, στον ταμιευτήρα Αστεριού.

**Για το φράγμα εκτροπής Βαλμαδούρας,** η γεωλογική χαρτογράφηση της θέσης θεμελίωσης του φράγματος και των συνοδών έργων, σε κλίμακα 1:200, καθώς και η εκπόνηση των σχετικών θεματικών χαρτών (υδρογεωλογικός και τεχνικογεωλογικός). Επίσης περιλαμβάνει τη συναξιολόγηση των υφιστάμενων γεωτεχνικών στοιχείων και τη σύνταξη γεωλογικών μηκοτομών και διατομών, κατά μήκος του άξονα του φράγματος και των συνοδών έργων, στις ίδιες κλίμακες με αυτές των γεωλογικών χαρτογραφήσεων. Τέλος για τον έλεγχο της ποιότητας του νερού του ποταμού Πείρου, καταρτίστηκε ετήσιο πρόγραμμα δειγματοληψιών νερού και εκτέλεσης χημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων, για τον έλεγχο της καταλληλότητας του νερού για ύδρευση.

Στοιχεία και συμπεράσματα της γεωλογικής μελέτης περιλαμβάνονται στις παρουσιάσεις των επιμέρους έργων.

### **2.2.2 Μελέτη σεισμικής επικινδυνότητας**

Η ειδική αυτή σεισμολογική μελέτη εκπονήθηκε από Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Επιστημονικός Υπεύθυνος ήταν ο Δρ. Γιώργος Σταυρακάκης.

Στα πλαίσια της μελέτης αυτής υπολογίσθηκαν οι μέγιστες οριζόντιες συνιστώσες της σεισμικής επιτάχυνσης και ταχύτητας, που αναμένονται στις θέσεις των φραγμάτων Αστεριού και Βαλμαδούρας. Επίσης, υπολογίσθηκαν οι αναμενόμενες χρονικές εξελίξεις (times histories) των ισχυρών σεισμικών κινήσεων στο σεισμικό υπόβαθρο (ταχύτητα εγκάρσιων

κυμάτων 600-800 cm/sec) στη θέση ενδιαφέροντος για διαφορετικά μοντέλα σεισμών σχεδιασμού και υπολογίσθηκαν τα φάσματα σχεδιασμού κατά ΕΑΚ.

### **2.2.3 Ειδικοί εμπειρογνώμονες**

Λόγω της ιδιαίτερης σημασίας των υπό μελέτη έργων και ιδιαίτερα του φράγματος Αστεριού το οποίο κατατάσσεται στα μεγάλα φράγματα κρίθηκε σκόπιμο και έγινε αποδεκτό από την Υπηρεσία η σύσταση επιτροπής εμπειρογνομόνων. Αυτή απαρτίζεται από τους κ.κ. Victor Milligan, Roy Coxon και καθ. κ. Παύλο Μαρίνο. Οι εμπειρογνώμονες έως την υποβολή της παρούσας μελέτης πραγματοποίησαν τρεις επισκέψεις για τις ανάγκες των έργων.

### **2.3. Πρόσθετες μελέτες και εργασίες του φράγματος**

- I) Τοπογραφικές αποτυπώσεις
- II) Γεωτεχνικές έρευνες και μελέτες

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΑΣΤΕΡΙΟΥ, ΦΡΑΓΜΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΑΡΟΜΑΡΤΟΥΝΤΑ ΕΡΓΑ

#### 3.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη καθώς και τα έργα τα σχετικά με τον ταμιευτήρα και το φράγμα Αστεριού, όπως αυτά μελετήθηκαν.

#### 3.2 Περιγραφή της λειτουργίας του έργου

##### 3.2.1 Λεκάνη απορροής

Η έκταση της λεκάνης απορροής ανέρχεται σε 101,1 km<sup>2</sup>. Αποτελείται από δύο κύριες υπολεκάνες τις οποίες αποστραγγίζουν οι δύο βασικοί κλάδοι του ποταμού Παραπεύρου. Το σχήμα της λεκάνης είναι επίμηκες, με την κύρια κατεύθυνση των γραμμών απορροής από τα νοτιανατολικά προς τα βορειοδυτικά - βόρεια. Στο μεγαλύτερο τμήμα της η λεκάνη είναι ορεινή - ημιορεινή, με υψόμετρα κυμαινόμενα από το +147 m στην περιοχή του φράγματος μέχρι το +2.221 m ενώ το μέσο υψόμετρο της λεκάνης υπολογίζεται σε +600 m περίπου. Η λεκάνη συνορεύει με αυτές του ποταμού Πείρου στα Β και ΒΑ, του ποταμού Ερύμανθου στα ΝΑ, του ποταμού Πηνειού στα Ν και ΝΔ και του μικρού χειμάρρου της Σερδινής (παραποτάμου του ποταμού Πείρου) στα Δ. Οι δύο κύριοι κλάδοι του ποταμού Παραπεύρου έχουν γενική κατεύθυνση από τα Ν και ΝΑ προς τα Β και ΒΔ και συμβάλλουν σε απόσταση 500 m περίπου ανάντη της υφιστάμενης οδικής γέφυρας του Αστεριού και περίπου 1200m ανάντη του άξονα του φράγματος. Το μήκος της κύριας μισγάγγειας του ποταμού ανέρχεται σε 21,2 km και η μέση κατά μήκος κλίση σε 8,2%. Το έδαφος παρουσιάζει σημαντικές κλίσεις που στα ψηλά ορεινά σημεία φθάνουν και το 100% ενώ το υδρογραφικό δίκτυο χαρακτηρίζεται πλούσιο.

Η βλάστηση στην περιοχή που θα εκταθεί η τεχνητή λίμνη και γενικότερα στο ΒΔ τμήμα της λεκάνης είναι κυρίως θαμνώδης με σημαντικές συστάδες πεύκων αλλά και καλλιεργούμενες εκτάσεις στα πλέον επίπεδα τμήματα (καλαμπόκια, κηπευτικά κλπ.). Σύμφωνα με τις υφιστάμενες χαρτογραφήσεις η επιφάνεια της λεκάνης απορροής καλύπτεται κατά 25% από



δάση (πεύκα, οξυές, έλατα κλπ.), κατά 51% από θαμνώδη βλάστηση (πουρνάρια, σχίνιοι κλπ.) και καλλιέργειες ενώ το υπόλοιπο 24% παρουσιάζεται ως χέρσο.

Η πυκνότητα, η ποιότητα και τα είδη της βλάστησης αποτελούν ένδειξη εδαφικού στρώματος σημαντικού βάθους και αρκετά υψηλής δυνατότητας συγκράτησης υγρασίας του εδάφους (εδαφοϊκανότητας).

Οι βασικοί γεωλογικοί σχηματισμοί που επηρεάζουν την υδρολογική συμπεριφορά της λεκάνης έχουν ως εξής :

- Η λεκάνη του ποταμού Παραπεύρου δομείται στο μεγαλύτερο μέρος της από στρώματα του φλύσχη, ο οποίος αποτελείται κυρίως από ιλυόλιθους. Οι ιλυόλιθοι εναλλάσσονται τοπικώς με στρώματα κροκαλοπαγών και με αραιές ψαμμιτικές παρεμβολές. Τα στρώματα του φλύσχη κατά θέσεις καλύπτονται από ελλουβιακό μανδύα αποσάθρωσης πάχους μέχρι και 4m. Στο Α και ΝΑ τμήμα της λεκάνης, κατά μήκος της οροσειράς του Ερύμανθου, εμφανίζονται εναλλασσόμενα στρώματα πλακωδών ασβεστόλιθων και ραδιολαριτών. Κατά μήκος της ευρείας κοίτης του ποταμού αναπτύσσονται σύγχρονες αποθέσεις και ποτάμιες αναβαθμίδες αποτελούμενες τόσο από αδρόκοκκα υλικά όσο και από αργιλοϊλυώδη υλικά σε εναλλαγές.

- Οι σχηματισμοί του φλύσχη που καλύπτουν την λεκάνη κατάκλυσης χαρακτηρίζονται από μικρή διαπερατότητα με εξαίρεση τις παρεμβολές κροκαλοπαγών και τον μανδύα αποσάθρωσης. Η στεγανότητα των στρωμάτων του φλύσχη επιβεβαιώνεται από την ύπαρξη επιφανειακής ροής ακόμη και σε μικρές ρεματιές σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά από ασθενείς βροχοπτώσεις. Εκτιμάται επίσης ότι οι περιορισμένης έκτασης σύγχρονες αποθέσεις κατά μήκος των χειμάρρων αλλά και του ποταμού Παραπεύρου, αν και είναι υδατοπερατές, εν τούτοις δεν επηρεάζουν το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης δεδομένου ότι έχουν αναπτυχθεί πάνω σε αδιαπέρατους σχηματισμούς και είναι μικρού πάχους. Επιπροσθέτως, η ικανοποιητική υδατοστεγανότητα της υπό εξέταση λεκάνης οφείλεται στις ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες που δεν ευνοούν την επικοινωνία με τις παρακείμενες λεκάνες, στην ευνοϊκή τεκτονική δομή του χώρου και στις περιορισμένης κλίμακας τεκτονικές διαρρήξεις των οποίων τα διάκενα έχουν στεγανοποιηθεί με την συσσώρευση λεπτόκοκκου υλικού της αποσάθρωσης των ιλυολίθων του φλύσχη.

Με βάση τις ανωτέρω διαπιστώσεις, η λεκάνη απορροής θεωρείται πρακτικά σαν αδιαπέρατη. Συγχρόνως, όμως, η πυκνή βλάστηση στο μεγαλύτερο τμήμα της και το σημαντικό βάθος ριζικό σύστημα αποτελούν πηγή σημαντικών απωλειών σε εξατμισοδιαπνοή.

### **3.2.2 Απορροές λεκάνης Αστεριού**

Στα πλαίσια της Υδρολογικής Μελέτης που εκπονήθηκε στη φάση της Προμελέτης των έργων, έγινε λεπτομερής έρευνα για τον προσδιορισμό του υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα Αστεριού.

Από την επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων των σταθμών της περιοχής προέκυψε ότι κατά την χρονική περίοδο 1970 - 1995 το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στην περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Παραπεύρου στη θέση Αστέρι ανέρχεται σε 982 mm και ότι η κατανομή των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια του έτους είναι 39% περίπου κατά την χειμερινή περίοδο, 24% κατά την εαρινή περίοδο, 8% κατά την θερινή περίοδο και το υπόλοιπο 29% κατά το φθινόπωρο.

Οι υπολογισμοί των μέσων μηνιαίων υψών εξάτμισης στην περιοχή του ταμιευτήρα Αστεριού έδωσαν μέσο ετήσιο ύψος εξάτμισης 1141 mm.

Έγινε προσπάθεια υπολογισμού της επιφανειακής απορροής της λεκάνης του ποταμού Παραπεύρου στη θέση του φράγματος Αστεριού με βάση το υδατικό ισοζύγιο της υδρολογικής λεκάνης και όχι ρευματομετρήσεις, αφού τα υπάρχοντα στοιχεία και σποραδικά ήσαν και πλήρως, σύμφωνα με την Προμελέτη, αναξιόπιστα. Έγιναν υπολογισμοί για δύο διαφορετικές υποθέσεις μέσης εδαφοϊκανότητας της επιφανειακής στρώσης της λεκάνης: 115mm και 139mm. Σύμφωνα λοιπόν με τους υπολογισμούς που περιλαμβάνονται, αναλυτικά, στα πλαίσια της Υδρολογίας της Προμελέτης:

- Για τιμή εδαφοϊκανότητας 115 mm, η μέση τιμή των ετήσιων επιφανειακών απορροών ανέρχεται σε 54.644.600 m<sup>3</sup> και η ετήσια επιφανειακή απορροή που είναι εξασφαλισμένη με πιθανότητα 98% είναι 17.130.000 m<sup>3</sup>.

- Για τιμή εδαφοϊκανότητας 139 mm η μέση τιμή των ετήσιων επιφανειακών απορροών ανέρχεται σε 53.094.000 m<sup>3</sup> και η ετήσια επιφανειακή απορροή που είναι εξασφαλισμένη με πιθανότητα 98% είναι 15.530.000 m<sup>3</sup>

### **3.2.3. Υδατικό ισοζύγιο - λειτουργία ταμιευτήρα**

Ο ταμιευτήρας Αστεριού δέχεται τις απορροές του Παραπείρου αλλά και τις παροχές που εκτρέπονται από το φράγμα Βαλμαδούρας μέσω του αγωγού προσαγωγής.

Στα πλαίσια της Υδρολογικής Μελέτης κατά τη φάση της Προμελέτης των έργων, καταρτίστηκε μαθηματικό ομοίωμα της λειτουργίας του συστήματος των δύο ποταμών (Πείρου και Παραπείρου) και των προτεινόμενων έργων, δηλαδή του ταμιευτήρα Αστεριού, του φράγματος εκτροπής - υδροληψίας Βαλμαδούρας και του αγωγού προσαγωγής.

Το προσομοιωμένο σύστημα αποτελείται από τα κάτωθι υποσυστήματα:

- Ταμιευτήρας Αστεριού (με κεντρική μεταβλητή του ομοιώματος τον ταμιευμένο όγκο και την αντίστοιχη στάθμη νερού στον ταμιευτήρα). Η προσομοίωση των απορροών του Παραπείρου έγινε σε μηνιαία βάση.
- Έργο υδροληψίας ποταμού Πείρου στη θέση Βαλμαδούρα και αγωγός προσαγωγής. Η προσομοίωση των παροχών του Πείρου έγινε σε ημερήσια βάση.
- Έργο υδροληψίας ποταμού Γλαύκου. Υπολογίσθηκαν μέσες ημερήσιες παροχές του ποταμού με βάση μετρήσεις στο έργο υδροληψίας.
- Ζήτηση ύδατος στην πόλη Πάτρας, ΒΙ.ΠΕ. Πάτρας και στις πεδινές -παραλιακές Κοινότητες της ΒΔ. Αχαΐας. Έγινε εκτίμηση της ζήτησης σε μηνιαία βάση.

Η προσομοίωση του συστήματος εκτελέστηκε για τα έτη 1969-1989 με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία των ημερήσιων παροχών του π. Γλαύκου.

Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

1. Η ανώτατη στάθμη του νερού στον ταμιευτήρα Αστεριού δεν είναι σκόπιμο να είναι μικρότερη του +200 καθόσον προκύπτει σημαντική αύξηση του αριθμού των μηνών στους οποίους παρουσιάζεται έλλειμμα νερού, ανεξάρτητα από την διαστασιολόγηση των έργων μεταφοράς ή την παραδοχή ελάχιστης παροχέτευσης νερού προς τα κατάντη του φράγματος Αστεριού.
2. Η χρησιμότητα της κατασκευής των έργων υδροληψίας στον ποταμό Πείρο (θέση Βαλμαδούρα) και των έργων μεταφοράς (αγωγού προσαγωγής) του νερού στον ταμιευτήρα Αστεριού είναι σαφής.

### **3.3. Γεωλογία της περιοχής των έργων**

Από την αξιολόγηση των γεωλογικών χαρτογραφήσεων και των γεωτεχνικών ερευνών, που εκτελέστηκαν στην περιοχή του φράγματος Αστεριού και του ταμιευτήρα, προκύπτουν, σύμφωνα με την υποβληθείσα γεωλογική μελέτη τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Η περιοχή του φράγματος και του ταμιευτήρα, δομείται από τα στρώματα του φλύσχη της ζώνης Γαβρόβου. Ο φλύσχος της ζώνης Γαβρόβου, αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων ιλυολίθων, ψαμμιτών και πιο αραιά κροκαλοπαγών. Τα στρώματα των ιλυολίθων, είναι το κυρίαρχο πέτρωμα της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος.

Το πεδινό τμήμα της λεκάνης, καλύπτεται από τις νεότερες τεταρτογενείς ιλυοαμμώδεις και αμμοχαλικώδεις αποθέσεις. Στις κοίτες των ποταμών και των ρεμάτων, παρουσιάζονται κατά το πλείστον κροκάλες, ογκόλιθοι και αμμοχάλικα. Η πτυχογόνος τεκτονική υπήρξε έντονη στην περιοχή και σ' αυτήν οφείλεται η παρουσία των πτυχώσεων, των ρηγμάτων και των διακλάσεων, που έχουν αποτυπωθεί στα γεωλογικά.

Τα στρώματα του φλύσχη παρουσιάζουν γενικά μικρή υδροπερατότητα, με εξαίρεση περιοχές στις οποίες ο φλύσχος εμφανίζεται κατακερματισμένος και περιλαμβάνει στρώματα κροκαλοπαγούς, τα οποία απολήγουν σε ελεύθερες επιφάνειες. Με τις δοκιμές υδροπερατότητας, που εκτελέστηκαν μετρήθηκαν μικρές υδροπερατότητες, που κυμαίνονται από 10<sup>-4</sup> έως 10<sup>-7</sup> cm/sec.

Η γεωμετρία των επιφανειών στρώσης, που είναι αντίρροπες προς τα φυσικά πρανή, δεν ευνοούν τη δημιουργία σημαντικών κατολισθήσεων. Όλες οι κατολισθήσεις, που εντοπίστηκαν, χαρακτηρίστηκαν σχετικά περιορισμένες και μη επικίνδυνες για την ασφάλεια και την οικονομική ευστάθεια του έργου.

Δεν αναμένονται ιδιαίτερα τεχνικογεωλογικά προβλήματα, στη φάση της κατασκευής του υπερχειλιστή στο δεξιό αντέρεισμα.

Η σήραγγα εκτροπής και υδροληψίας, τοποθετείται στο αριστερό αντέρεισμα. Στο επίπεδο διάνοιξης της σήραγγας, τα στρώματα του φλύσχη είναι γενικά σε υγιή κατάσταση, αλλά και με δυσμενή προσανατολισμό ως προς τον άξονα της σήραγγας. Για τη διαμόρφωση των πλευρικών πρανών και του μετώπου του στομίου εισόδου θα απαιτηθούν εκτεταμένες εκσκαφές.

Στα υποκεφάλαια που ακολουθούν, στα πλαίσια των περιγραφών των επιμέρους έργων, γίνεται ειδικότερη αναφορά στα σχετικά με αντίστοιχα έργα γεωλογικά στοιχεία.

### **3.4. Φυσικά φαινόμενα — παραδοχές μελέτης**

#### **3.4.1. Πλημμυρικές παροχές**

Με βάση τις γενικές οδηγίες της National Academy of Sciences των Η.Π.Α., το φράγμα Αστεριού κατατάσσεται στα φράγματα υψηλού κινδύνου, αφού η θέση του βρίσκεται σε απόσταση 6,5 km περίπου ανάντη του χωριού Χαϊκάλι, που είναι κτισμένο κοντά στην ευρεία κοίτη του ποταμού Παραπεύρου. Επίσης, με βάση το κριτήριο του ύψους κατατάσσεται στα μεγάλα φράγματα, ενώ με βάση το κριτήριο του όγκου του ταμιευτήρα κατατάσσεται στα μεσαία φράγματα. Αντίστοιχα, με βάση τις οδηγίες του Institution of Civil Engineers της Μεγάλης Βρετανίας, το φράγμα κατατάσσεται στην (α) κατηγορία, στην οποία υπάγονται οι ταμιευτήρες των οποίων τυχόν καταστροφή θα έθετε σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές σε περιοχές οργανωμένων οικισμών.

Κατά συνέπεια θα πρέπει το φράγμα να εξασφαλίζεται έναντι πλημμυρικών παροχών που αντιστοιχούν στην Πιθανή Μέγιστη Πλημμύρα (PMF).

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που παρουσιάζονται στην Υδρολογική Μελέτη της Προμελέτης, η παροχή αιχμής του υδρογραφήματος της Πιθανής Μέγιστης Πλημμύρας είναι  $2.522 \text{ m}^3/\text{s}$  και ο όγκος της πιθανής μέγιστης πλημμυρικής απορροής της λεκάνης του ποταμού Παραπεύρου στη θέση του φράγματος Αστεριού ανέρχεται σε  $42,3 \times 10^6 \text{ m}^3$

Αντίστοιχα η παροχή αιχμής του υδρογραφήματος της πλημμύρας με περίοδο επαναφοράς δέκα χιλιάδων ετών υπολογίσθηκε σε  $1017 \text{ m}^3/\text{s}$  και ο ολικός όγκος της πλημμυρικής απορροής της λεκάνης του ποταμού Παραπεύρου σε  $10,2 \times 10^6 \text{ m}^3$

Ο υπερχειλιστής και το ελεύθερο ύψος του φράγματος σχεδιάσθηκαν ώστε να είναι δυνατή η ασφαλής διόδευση της Πιθανής Μέγιστης Πλημμύρας.

Για τον προσδιορισμό της παροχής σχεδιασμού των προσωρινών έργων εκτροπής του ποταμού Παραπεύρου κατά την διάρκεια της κατασκευής των έργων του φράγματος Αστεριού, έγινε στα πλαίσια της υδρολογικής μελέτης της Προμελέτης ο υπολογισμός της πλημμυρικής παροχής της απορροής για περιόδους επαναφοράς 10 και 20 ετών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, για περίοδο επανάλιψης του γεγονότος  $T = 10$  έτη, η παροχή αιχμής ανέρχεται σε  $294 \text{ m}^3/\text{s}$  και ο συνολικός όγκος της πλημμύρας ανέρχεται σε  $4.062.996 \text{ m}^3$ , ενώ για περίοδο επανάλιψης του γεγονότος  $T = 20$  έτη, η παροχή αιχμής ανέρχεται σε  $338 \text{ m}^3/\text{s}$  και ο συνολικός όγκος της πλημμύρας σε  $4.686.507 \text{ m}^3$ .

### **3.4.2 Σεισμικές φορτίσεις**

Η περιοχή του έργου, από άποψη σεισμικότητας και σεισμικής επικινδυνότητας κατατάσσεται στη ζώνη III (EAK 2000).

Ειδικότερα για το σώμα του φράγματος Αστεριού, οι σεισμικές φορτίσεις προέκυψαν από την ειδική μελέτη Σεισμικής Επικινδυνότητας. Στην έκθεση της Μελέτης αυτής γίνεται αναλυτικός προσδιορισμός της σεισμικής επικινδυνότητας στις θέσεις του φράγματος και υπολογίζονται οι μέγιστες τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης και ταχύτητας. Χρησιμοποιήθηκαν όλα τα διαδέσιμα σεισμοτεκτονικά στοιχεία και σεισμολογικά δεδομένα για να γίνει η μοντελοποίηση των σεισμικών πηγών με τη χρήση διαφορετικών μεθόδων που εφαρμόζονται σήμερα σε διεθνές επίπεδο. Για την εξεταζόμενη θέση προέκυψαν οι ακόλουθες τιμές στην επιφάνεια (βάση των σχέσεων απόσβεσης),

Για περίοδο επαναφοράς 475 έτη,

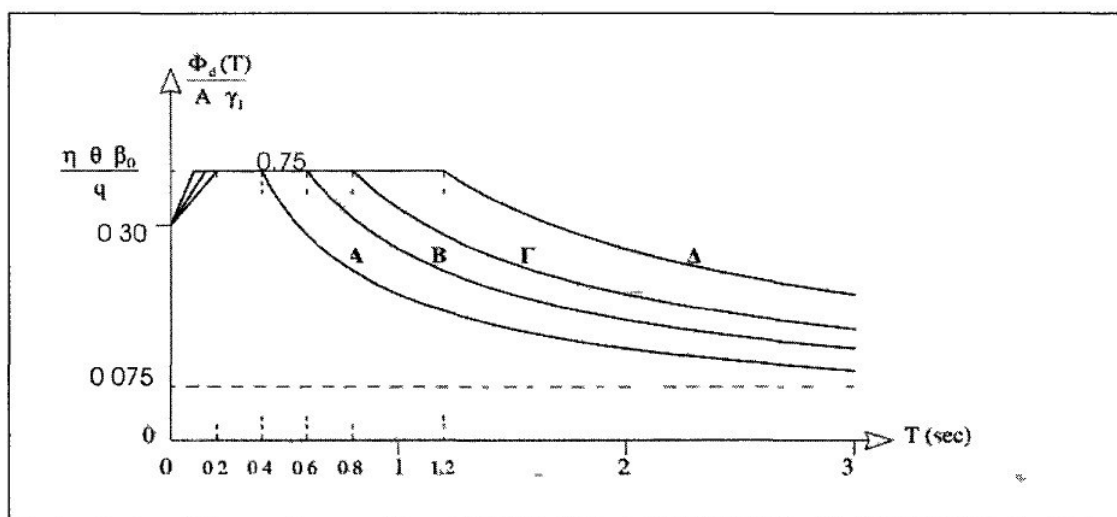
$$A_{475} = 0.30g \quad V_{475} = 25.4 \text{ cm/sec}$$

και για περίοδο επαναφοράς 949 έτη,

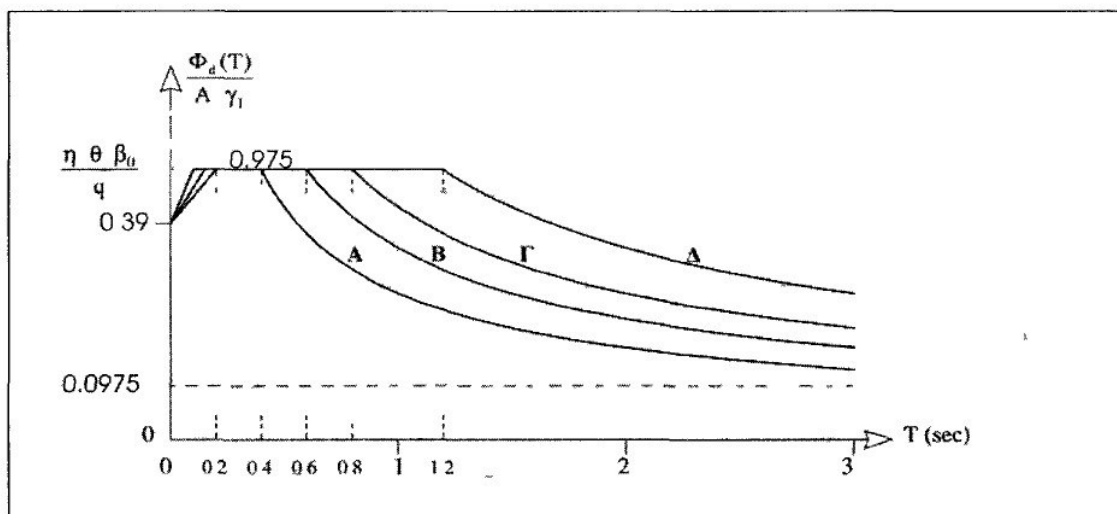
$$A_{949} = 0.39g \quad V_{949} = 31.6 \text{ cm/sec}$$

όπου A και V οι τιμές επιτάχυνσης και ταχύτητας αντίστοιχα.

Στα επόμενα γραφήματα (γραφήματα 3.1 και 3.2) παρουσιάζονται τα φάσματα σχεδιασμού για περιόδους επαναφοράς 475 και 949 ετών. Οι κατηγορίες εδάφους A, B, Γ, Δ είναι αυτές, όπως ορίζονται στον ΕΑΚ.



*Γράφημα 3.1. Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού με περίοδο επανάληψης 475χρόνια*



Γράφημα 3.2. Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού με περίοδο επανάλιψης 949 χρόνια

### 3.4.3 Στερεοπαροχή

Στην περιοχή της λεκάνης του ποταμού Παραπείρου δεν έχουν γίνει μετρήσεις φερτών υλών. Στη φάση της Προμελέτης έγινε η παραδοχή συνολικού φορτίου στερεοπαροχής (αιωρούμενα και συρόμενα στερεά) της τάξης των 700 ton/km<sup>2</sup>/έτος ή για το σύνολο της λεκάνης απορροής στη θέση του φράγματος 70.770 ton/έτος. Η παραδοχή αυτή στηρίζεται σε μετρήσεις σε άλλες λεκάνες της Δ. Ελλάδας με αντίστοιχες γεωλογικές συνθήκες.

Δεδομένου ότι κρίθηκε σκόπιμο ο χρονικός ορίζοντας του υπόψη έργου να είναι η 100ετία, το ολικό φορτίο φερτών που θα συκρατηθεί στην λεκάνη κατάκλυσης εκτιμάται από την Προμελέτη σε 7.077.000 tons ή 5.055.000 m<sup>3</sup> και ορίσθηκε σαν κατώφλι των έργων υδροληψίας και εκκένωσης το υψόμετρο +175 στο οποίο ο ταμιευτήρας, χωρίς να ληφθούν υπόψη οι εκσκαφές για τα υλικά κατασκευής, θα έχει περίπου τον απαιτούμενο όγκο. Οι παραπάνω εκσκαφές εξασφαλίζουν ένα επιπλέον περιθώριο ασφαλείας.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι με το σχεδιασμό της Οριστικής Μελέτης είναι εφικτή η μελλοντική ανύψωση του κατώφλιου υδροληψίας και εκκένωσης.



#### **3.4.4 Άνεμος και κυματισμός**

Το ύψος του κυματισμού υπολογίζεται για την εκτίμηση του απαιτούμενου ελεύθερου ύψους του φράγματος και τη διαστασιολόγηση των υλικών προστασίας του ανάντη πρανούς.

Μετρήσεις έντασης ανέμου στην περιοχή του φράγματος δεν υφίστανται. Στο μετεωρολογικό σταθμό της Πάτρας έχει μετρηθεί ένταση έως 10 Beaufort περίπου ή 60 mi/s. Η ένταση αυτή εφαρμόστηκε για τον υπολογισμό του ύψους του κυματισμού.

Αναλυτικά ο υπολογισμός των χαρακτηριστικών του κυματισμού παρουσιάζονται στο κεφάλαιο υδραυλικών υπολογισμών. Το ύψος του κύματος σχεδιασμού προσδιορίστηκε σε 0,75m.

## **3.5 Φράγμα**

### **3.5.1. Διαθέσιμα υλικά**

#### **3.5.1.1 Γενικά**

Στην περιοχή Αστεριού επικρατεί ο φλύσχος της ζώνης Γαβρόβου (Παντζαρτζής, Π., 2003), που εμφανίζεται στην περιοχή του έργου ως τεφρομέλας ιλυόλιθος με τοπικές ενστρώσεις ψαμμιτών και κροκαλοπαγών. Η κοιλάδα στην οποία προβλέπεται το φράγμα βρίσκεται στην περιοχή ενός διαβρωμένου αντικλίνου του φλύσχη, με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ.

Ο ιλυόλιθος είναι αποσαθρωμένος και συνήθως κατακερματισμένος κοντά στην επιφάνεια με καστανή συνήθως απόχρωση. Από την αποσάθρωση έχουν προκύψει κατά περιοχές και αργιλικές εδαφικές στρώσεις.

Ο υποκείμενος υγιής ιλυόλιθος παρουσιάζει κυμαινόμενο βαθμό κερματισμού στην περιοχή έρευνας και κατά βάθος. Γενικά παρατηρείται μια αύξηση αντοχής και μείωση του βαθμού κερματισμού με το βάθος - αλλά το βάθος πάνω από το οποίο παρατηρείται πολύ μικρός αριθμός κερματισμού κυμαίνεται από λίγα μέτρα έως δεκάδες μέτρα.

Στην ευρεία κοίτη του ποταμού Παραπεύρου ο φλύσχος έχει επιχωθεί από αλλουβιακές αποθέσεις αργίλων, ιλύων, άμμων, χαλίκων και κροκαλών, με μεγάλη σχετικά ανομοιομορφία διάταξης. Στα υλικά αυτά επικρατέστερη είναι η παρουσία αργίλου, με εξαίρεση την ενεργό κοίτη, όπου επικρατούν τα αμμοχάλικα.

Στις παρυφές της ευρείας κοίτης έχουν σχηματιστεί ποτάμιες αναβαθμίδες αποτελούμενες κυρίως από αργιλώδη υλικά. Επίσης συναντώνται κατά τόπους υλικά κατολισθήσεων εδαφικών στρώσεων που προέρχονται από την αποσάθρωση ιλυολίθου.

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΑΣΤΕΡΙΟΥ

<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ</b>	
Ύψος φράγματος	75,00m (από τη θεμελίωση)
Όγκος σώματος φράγματος	6.600.000 m <sup>3</sup>
Μήκος στέψης φράγματος	760,00 m
Ωφέλιμος όγκος ταμιευτήρα	40.000.000 m <sup>3</sup>
Νεκρός όγκος ταμιευτήρα	4.000.000 m <sup>3</sup>
Τύπος υπερχειλιστή	Πλευρικός με μήκος στέψης 51,00m ακολουθούμενος από διώρυγα πλάτους 20,00m
Έργο καταστροφής ενέργειας	Κάδος αναπήδησης (flip bucket) και λίμνη αποτόνωσης.
Παροχή σχεδιασμού υπερχειλιστή	1700m <sup>3</sup> /s (Πιθανή Μέγιστη Πλημμύρα - PMF)
Έργο προσωρινής εκτροπής	Σήραγγα εσωτερικού πλάτους 5,10m και ύψους 5,25m.
Έργο υδροληψίας	Αγωγός Φ900 μέσα στη σήραγγα εκτροπής.
Έργο εκκένωσης	Αγωγός Φ1300 μέσα στη σήραγγα εκτροπής.
<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ</b>	
Ονομαστική στέψη φράγματος	+215,00
Στέψη προφράγματος	+171,00
Στέψη εισόδου υπερχειλιστή	+207,00
Ανωτάτη στάθμη Πιθανής Μέγιστης Πλημμύρας	+213,10
Ανωτάτη στάθμη πλημμύρας 10.000 ετών	+210,71
Ανωτάτη στάθμη πλημμύρας 20 ετών κατά τη φάση λειτουργίας του έργου προσωρινής εκτροπής	+164,34
Κατώφλι εισόδου έργου εκκένωσης	+172,00
Κατώφλι εισόδου υδροληψιών	+172,70 +184,20 +196,20

Κατά τα ανωτέρω τα διαθέσιμα υλικά στην περιοχή του έργου είναι κυρίως:

- ιλυόλιθος, υγής και αποσαθρωμένος
- αργιλικά υλικά, και
- αμμοχάλικα.

### 3.5.1.2 Επάρκεια υλικών κατασκευής του φράγματος

Από τις εκτιμήσεις που είναι σχετικά συντηρητικές προκύπτει ότι:

1. Ο υγής ιλυόλιθος, που καταλαμβάνει πρακτικά όλη την έκταση του ταμιευτήρα, είναι διαθέσιμος σε πολύ μεγάλες ποσότητες. Μόνο από μια περιοχή ανάντη του φράγματος μεταξύ του Παραπείρου και ενός παραποτάμου του, εκτιμάται ότι περιέχει τουλάχιστον 4.000.000 m<sup>3</sup>
2. Ο αποσαθρωμένος ιλυόλιθος, που απαντάται σε μικρό βάθος σε όλη την έκταση του ταμιευτήρα είναι διαθέσιμος σε περιορισμένες ποσότητες στην άμεση περιοχή των έργων, της τάξης των 1.900.000 m<sup>3</sup>. Η απόληψη του αποσαθρωμένου ιλυολίθου θα πρέπει να γίνει σε μεγάλη έκταση, μετά από την αποψίλωση και εκχέρσωση όλης της επιφάνειας της λεκάνης κατάκλυσης, και θα απαιτήσει ανάλογο εξοπλισμό (π.χ. rippers)
3. Οι αργιλικές στρώσεις, που απαντώνται κυρίως στις αναβαθμίδες και στην ευρεία κοίτη του Παραπείρου, είναι διαθέσιμες σε περιορισμένες ποσότητες στην περιοχή των έργων, της τάξης των 1.700.000 m<sup>3</sup>. Η απόληψη των αργιλικών υλικών από την ευρεία κοίτη θα απαιτήσει, λόγω της ανομοιομορφίας των στρώσεων, υψηλής στάθμης διαχείριση και επίβλεψη των εκσκαφών - προκειμένου κατά περίπτωση τα υλικά να διαχωρίζονται, χρησιμοποιούνται ή απορρίπτονται.
4. Τα αμμοχάλικα απαντώνται σε περιορισμένες ποσότητες στην περιοχή του έργου, αμιγώς στην ενεργό κοίτη του Παραπείρου, αλλά και σε ενστρώσεις στην ευρεία του κοίτη. Οι ποσότητες στην ευρεία κοίτη του έργου εκτιμώνται ότι είναι τουλάχιστον 2.000.000 m<sup>3</sup>, αλλά η απόληψη των υλικών αυτών θα απαιτήσει, λόγω της ανομοιομορφίας των στρώσεων, υψηλής στάθμης διαχείριση και επίβλεψη των εκσκαφών - προκειμένου κατά περίπτωση τα υλικά να διαχωρίζονται, χρησιμοποιούνται ή απορρίπτονται. Αντίθετα, οι ποσότητες αμμοχάλικων στην ενεργό κοίτη, με μήκος περί τα 8Km στην περιοχή κατάληψης των έργων, είναι περί

τα 400.000 - 800.000 m<sup>3</sup>, ενώ στην κατάντη του φράγματος κοίτη εκτιμάται μακροσκοπικά ότι πρέπει να περιέχονται περί τα 200 m<sup>3</sup> αμμοχάλικων ανά τρέχον μέτρο κοίτης.

Στις παραπάνω διαθέσιμες ποσότητες μπορεί να προστεθούν οι ποσότητες που θα παραχθούν από τις εκσκαφές των λοιπών έργων του φράγματος και ειδικότερα:

- τις εκσκαφές (υγιούς ως επί το πλείστον) ιλυολίθου στην σήραγγα εκτροπής και
- τις σήραγγες αποστράγγισης, και
- τις εκσκαφές (υγιούς και αποσαθρωμένου) ιλυολίθου για την θεμελίωση του
- υπερχειλιστή.

### **3.5.2 Υλικά κατασκευής του φράγματος**

#### **3.5.2.1 Αξιολόγηση επάρκειας υλικών**

Οι ποσότητες που απαιτούνται για την κατασκευή του φράγματος είναι της τάξης των:

- 4.100.000 m<sup>3</sup> για τα σώματα στήριξης
- 1.300.000 m<sup>3</sup> για τον πυρήνα του φράγματος και προφράγματος, και
- 1.000.000 m<sup>3</sup> για τα στραγγιστήρια και φίλτρα.

Από την σύγκριση των παραπάνω με τις εκτιμήσεις για τις ποσότητες των διαθέσιμων υλικών κατασκευής στην περιοχή του έργου, προέκυψαν τα εξής:

1. Οι διαθέσιμες ποσότητες αποσαθρωμένου ιλυολίθου δεν επαρκούν για την κατασκευή των σωμάτων στήριξης του φράγματος όπως προβλέπεται στην Προμελέτη - επαρκούν όμως με σχετικά μικρά περιθώρια ασφαλείας για την κατασκευή του πυρήνα.
2. Οι διαθέσιμες ποσότητες του υγιούς ιλυολίθου επαρκούν για την κατασκευή των σωμάτων στήριξης του φράγματος.
3. Οι διαθέσιμες ποσότητες αργιλικών υλικών επαρκούν με μικρά περιθώρια ασφαλείας για την κατασκευή του πυρήνα, αλλά η απόληψη τους παρουσιάζει σημαντικές δυσχέρειες λόγω της ανομοιομορφίας των στρώσεων.

4. Οι διαθέσιμες ποσότητες αμμοχάλικων στην ευρεία κοίτη επαρκούν για την κατασκευή στραγγιστηρίων και φίλτρων, αλλά η απόληψη τους παρουσιάζει σημαντικές δυσχέρειες λόγω της ανομοιομορφίας των στρώσεων.
5. Οι διαθέσιμες ποσότητες αμμοχάλικων στην ενεργό κοίτη της περιοχής κατάληψης των έργων δεν επαρκούν για την κατασκευή των στραγγιστηρίων και φίλτρων. Έτσι, θα απαιτηθεί απόληψη υλικών από την ενεργό κοίτη κατάντη του φράγματος σε μήκος μέχρι 5 Km.

Τέλος, εκτιμάται ότι οι τρόχμολοι της κοίτης δεν θα επαρκέσουν για την κατασκευή της ζώνης θωράκισης του φράγματος.

### **3.5.2.2 Προβλεπόμενα υλικά φράγματος**

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω:

1. Είναι σαφές ότι τα σώματα στήριξης του φράγματος θα πρέπει να κατασκευαστούν από συμπακνωμένο υγιή ιλυόλιθο, που υπάρχει σε αφθονία στην περιοχή και είναι κατάλληλος για τον σκοπό αυτό. Πλέον κατάλληλη περιοχή για την απόληψη των απαιτούμενων ποσοτήτων του υλικού αυτού φαίνεται να είναι η Ζώνη VI στην ανάντη κεντρική περιοχή.
2. Τα υλικά της ευρείας κοίτης δεν είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του φράγματος λόγω της μεγάλης ανομοιομορφίας τους, που θα καταστήσει αναγκαία την κατά περίπτωση αποδοχή ή απόρριψη των εκσκαπτόμενων υλικών ή/και εκτεταμένες εργασίες διαχωρισμού π.χ. λεπτόκοκκων από αμμοχάλικα.
3. Ο πυρήνας του φράγματος προβλέπεται να κατασκευαστεί από αποσαθρωμένο ιλυόλιθο που ορίζεται ως ο σχηματισμός ιλυολίθου που έχει αλλοιωμένο χρώμα έναντι του φυσικού και είτε δεν έχει καθόλου βραχώδη δομή (είναι δηλαδή τελείως εξαλλοιωμένος σε εδαφικό υλικό) είτε παρουσιάζει μόνο υπολειμματική δομή και μεγάλο βαθμό κερματισμού. Σε περίπτωση έλλειψης υλικών, προβλέπεται η χρήση αργιλικών υλικών, ιδίως στις ανώτερες στρώσεις του πυρήνα, εφόσον αυτά πληρούν τις προδιαγραφές.
4. Τα στραγγιστήρια και φίλτρα του φράγματος προβλέπεται να κατασκευαστούν από τα αμμοχάλικα της ενεργού κοίτης της περιοχής κατάληψης των έργων και μερικών χιλιομέτρων κατάντη ή εναλλακτικά από τον Πείρο.
5. Η θωράκιση του φράγματος (girgar) προτείνεται να κατασκευαστεί από υλικά από το λατομείο Αράξου ή από άλλο ασβεστολιθικό λατομείο που μπορεί να ανοιχθεί για την

κατασκευή του έργου.

Για τα υλικά αυτά προβλέπεται ότι θα αξιοποιηθούν για την κατασκευή του σώματος φράγματος κατάλληλα προϊόντα εκσκαφής των επί μέρους έργων του φράγματος, μετά από προσωρινή αποθήκευση.

### **3.5.3 Διατομή φράγματος**

#### **3.5.3.1 Πυρήνας**

Ο πυρήνας του φράγματος προβλέπεται όπως προαναφέρθηκε να κατασκευαστεί από αποσαθρωμένο ιλυόλιθο, που ορίζεται στην σχετική προδιαγραφή ως ο σχηματισμός ιλυολίθου που έχει αλλοιωμένο χρώμα έναντι του φυσικού και είτε δεν έχει καθόλου βραχώδη δομή (είναι δηλαδή τελείως εξαλλοιωμένος σε εδαφικό υλικό) είτε παρουσιάζει μόνο υπολειμματική δομή και μεγάλο βαθμό κερματισμού.

Τα υλικά κατασκευής του πυρήνα θα διαβρέχονται στους δανειοθαλάμους ώστε να αποκτούν την απαιτούμενη υγρασία συμπίκνωσης, με περιθώρια για απώλειες κατά την φορτοεκφόρτωση, μεταφορά και διάστρωση και θα αναμοχλεύονται για την ομοιόμορφη ύγρανση των υλικών.

Η διάστρωση θα γίνεται σε στρώσεις πάχους 15 cm μετά από την συμπίκνωση και έτσι το μέγιστο μέγεθος λίθων έχει οριστεί σε 8 cm. Η υγρασία θα πρέπει να είναι ίση με την βέλτιστη, όπως προέκυψε από την Πρότυπη Δοκιμή Συμπύκνωσης, ή και μέχρι 3% πάνω από αυτήν. Τα υλικά θα αναμοχλεύονται επί τόπου με δισκόσβαρνα για την εξασφάλιση της ομοιόμορφης κατανομής της υγρασίας.

Τα υλικά προβλέπεται να συμπυκνωθούν με κυλίνδρους λειτουργικού βάρους τουλάχιστον 15t ή ισοδύναμου με αιχμές (peg foot rollers) για την θραύση των μεγαλύτερων κλασμάτων με 10 τουλάχιστον διελεύσεις, εκτός εάν άλλως συμφωνηθεί με την Υπηρεσία. Η ξηρή πυκνότητα θα πρέπει να είναι κατά μέσον όρο τουλάχιστον 95% της μέγιστης που επιτυγχάνεται με την Πρότυπη Δοκιμή Συμπύκνωσης και κατά περίπτωση τουλάχιστον 95% αυτής.

### 3.5.3.2 Σώματα στήριξης

Όπως προαναφέρθηκε, τα σώματα στήριξης του φράγματος προβλέπεται να κατασκευαστούν από υγιή φλύσχη, που ορίζεται στην σχετική προδιαγραφή ως ο φλύσχος που έχει το φυσικό χρώμα του σχηματισμού, βραχώδη υφή και περιορισμένο βαθμό κερματισμού.

Η διάστρωση των υλικών κατασκευής των σωμάτων στήριξης θα γίνεται σε στρώσεις πάχους 40 cm μετά από την συμπύκνωση και έτσι το μέγιστο μέγεθος λίθων έχει οριστεί σε 25 cm.

Τα υλικά προβλέπεται να συμπυκνωθούν προκειμένου να περιοριστούν οι μετέπειτα συνιζήσεις των σωμάτων στήριξης. Η συμπύκνωση προβλέπεται:

- ο με κυλίνδρους λειτουργικού βάρους τουλάχιστον 20 t ή ισοδυνάμου με αιχμές (spike or peg foot rollers) για την θραύση των μεγαλύτερων κλασμάτων με 8 τουλάχιστον διελεύσεις, και
- ο μετά από διαβροχή με τουλάχιστον 300 lt/m<sup>3</sup> επί τόπου - και παραπάνω κατά τους καλοκαιρινούς μήνες - ώστε να εξασφαλιστεί η θραύση των αιχμών των λίθων.

Για το προσδιορισμό του απαιτούμενου αριθμού των διελεύσεων σε συνδυασμό με τον εξοπλισμό συμπύκνωσης προβλέπεται το πρόφραγμα να κατασκευαστεί ως δοκιμαστικό επίχωμα.

Όπως παρατηρήθηκε και στις εργαστηριακές έρευνες, η συμπύκνωση του ιλυολίθου θα παράγει λεπτόκοκκο κλάσμα - το ποσοστό του οποίου αναμένεται με βάση τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών ότι θα είναι μεταξύ 10% και 50%. Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα αυτά και τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών σε υγιή ιλυόλιθο, αναμένεται ότι η διαπερατότητα των σωμάτων στήριξης μπορεί να κυμανθεί από 10<sup>-3</sup>cm/sec μέχρι 10<sup>-8</sup>cm/sec.

Η κλίση της επιφάνειας του ανάντη σώματος στήριξης προβλέπεται 1:3 με δύο παγγίνες. Η πρώτη παγγίνα, πλάτους 12 m, έχει προβλεφτεί στην στάθμη +171, όπου είναι η στέψη του προφράγματος ώστε να παρέχει την δυνατότητα κυκλοφορίας πάνω στην στέψη του προφράγματος. Η δεύτερη παγγίνα έχει προβλεφτεί για την ενίσχυση της ευστάθειας του ανάντη πρανούς στο +183 με πλάτος 10 m. Η μέση κλίση του ανάντη σώματος, με τις παγγίνες, είναι περίπου 1:3,25.



Οι στάθμες των παγγινών αυτών είναι συμβατές με τις στάθμες των αναβαθμών που διαμορφώνονται στο αριστερό αντέρεισμα για την υδροληψία.

Η κλίση της επιφάνειας του κατάντη σώματος στήριξης προβλέπεται 1:2,75 με δύο παγγίνες, πλάτους 10m στις στάθμες +192 και +170. Η μέση κλίση του κατάντη σώματος, με τις παγγίνες, είναι περίπου 1:3.

### **3.5.3.3 Στραγγιστήρια και φίλτρα**

#### **3.5.3.3.1 Γενικά**

Ανάλογα με το ποσοστό των λεπτόκοκκων που θα παραχθεί κατά την κατασκευή στα σώματα στήριξης, η διαπερατότητα των σωμάτων αυτών αναμένεται ότι μπορεί να κυμανθεί από  $10^{-3}$  έως  $10^{-8}$  cm/sec - ενώ η διαπερατότητα του πυρήνα αναμένεται με βάση τα διαθέσιμα αποτελέσματα των εργαστηριακών ερευνών να είναι της τάξης των  $10^{-5}$  έως  $10^{-8}$  cm/sec.

Για την αποφυγή ανάπτυξης σημαντικών πιέσεων πόρων στο κατάντη κέλυφος, που μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς την ευστάθεια του φράγματος, προβλέπεται στην κατάντη παρειά του πυρήνα στραγγιστήριο (chimney drain) που θα εκτονώνεται σε περίπου οριζόντιο στραγγιστικό τάπητα στην βάση του κατάντη σώματος στήριξης.

Για την εκτόνωση των πιέσεων πόρων προβλέπονται επίσης οριζόντια στραγγιστήρια στα ανάντη και κατάντη σώματα στήριξης του φράγματος. Η ανάγκη κατασκευής των φίλτρων αυτών καθώς και η τελική τους μορφή (επιφανειακά όπως έχουν προβλεφτεί ή λωρίδων) θα οριστικοποιηθεί μετά από την κατασκευή του προφράγματος με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων διαπερατότητας των σωμάτων στήριξης και λαμβάνοντας υπόψη τα νεώτερα διαθέσιμα στοιχεία για την επάρκεια των σχετικών υλικών στην περιοχή. Στην παρούσα μελέτη έχουν περιληφθεί για λόγους προστασίας του προϋπολογισμού από υπερβάσεις.

Το στραγγιστήριο στο φράγμα αποτελούνται από λεπτούς και μέσους χάλικες (ζώνη 2Α), ενώ τα σχετικά φίλτρα προβλέπονται από άμμο (ζώνη 2). Για την κατασκευή των στραγγιστηρίων και φίλτρων δεν προβλέπεται συμπίκνωση, προκειμένου να έχουν κατά το δυνατόν ανοιχτή δομή (άλλωστε κάποια συμπίκνωση θα επέλθει από την κίνηση των μηχανημάτων κατά την κατασκευή).

### **3.5.3.3.2 Στραγγιστήριο στην κατάντη παρειά του πυρήνα**

Το στραγγιστήριο αυτό έχει όπως προαναφέρθηκε σκοπό την εκτόνωση των πιέσεων πόρων ανάντη του κατάντη σώματος στήριξης.

Ανάντη του στραγγιστηρίου, δηλαδή μεταξύ πυρήνα και στραγγιστηρίου, προβλέπεται το ανάντη φίλτρο, για τον περιορισμό της δυνατότητας μεταφοράς υλικού από τον πυρήνα προς το στραγγιστήριο με την ροή μέσω του πυρήνα και ανάπτυξης διασωλήνωσης (piping).

Τόσο το στραγγιστήριο όσο και το ανάντη φίλτρο είναι κεφαλαιώδους σημασίας για την ευστάθεια και καλή λειτουργία του φράγματος και πρέπει να κατασκευαστούν με την μεγαλύτερη δυνατή επιμέλεια.

Παρ' όλο ότι δεν προβλέπεται ιδιαίτερη ροή από το κέλυφος προς το στραγγιστήριο (μόνο ίσως από κατείσδυση ομβρίων), προβλέφθηκε και κατάντη φίλτρο, μεταξύ στραγγιστηρίου και κατάντη σώματος στήριξης για την εξασφάλιση της προστασίας του στραγγιστηρίου αυτού.

Οι προαναφερθείσες στρώσεις στραγγιστηρίου και φίλτρων προβλέφθηκαν με (οριζόντιο) πλάτος 3 m εκάστη, ώστε να είναι δυνατή η κατασκευή τους σε οριζόντιες στρώσεις.

Για λόγους ασφαλείας, το στραγγιστήριο και το ανάντη φίλτρο εκτείνονται μέχρι την στέψη του φράγματος, ενώ το κατάντη φίλτρο εκτείνεται μέχρι την προστασία του κατάντη πρανούς.

### **3.5.3.3.3 Τάπητας στράγγισης κατάντη σώματος στήριξης**

Το στραγγιστήριο στην κατάντη παρειά του πυρήνα που προαναφέρθηκε εκτονώνεται στον τάπητα στράγγισης του κατάντη σώματος στήριξης με πλάτος 150 m. Ο τάπητας αυτός διαμορφώνεται κατά τόπους οριζόντιος ή με κλίση προς τα κατάντη ώστε να είναι ευχερής η αποστράγγιση των νερών.

Η απορροή μέσα από το στραγγιστήριο στην κατάντη πλευρά του πυρήνα (chimney drain) προς τον τάπητα στράγγισης προβλέπεται είναι:

- ο κατακόρυφη στην περιοχή θεμελίωσης του έργου όπου υπάρχει ο τάπητας, και
- ο τρισεδιάστατη (προς τα κάτω και προς το μέσον) στα αντερείσματα του φράγματος, όπου δεν θα υπάρχει ο τάπητας.

Το στραγγιστήριο αυτό προβλέπεται με πάχος 1 m. Κάτω από το στραγγιστήριο αυτό, προβλέπεται φίλτρο για τον περιορισμό της δυνατότητας μεταφοράς υλικού από το υλικό της θεμελίωσης προς το στραγγιστήριο. Το προβλεπόμενο πάχους του φίλτρου αυτού είναι επίσης 1 m. Τέλος, πάνω από το στραγγιστήριο αυτό προβλέπεται επίσης φίλτρο για τον περιορισμό της δυνατότητας μεταφοράς λεπτόκοκκου υλικού από το κέλυφος προς το στραγγιστήριο. Το προβλεπόμενο πάχους του φίλτρου αυτού είναι 0,5 m.

#### **3.5.3.3.4 Φίλτρο στην ανάντη παρειά του πυρήνα**

Ανάντη του πυρήνα προβλέπεται φίλτρο για την τροφοδοσία και πλήρωση ρωγμών που μπορεί να αναπτυχθούν στον πυρήνα με κοκκώδες υλικό. Το (οριζόντιο) πλάτος του φίλτρου αυτού προβλέφθηκε ίσο με 3 m για κατασκευαστικούς λόγους.

Το φίλτρο αυτό είναι κεφαλαιώδους σημασίας για την ευστάθεια και καλή λειτουργία του φράγματος και πρέπει να κατασκευαστεί με την μεγαλύτερη δυνατή επιμέλεια.

Για λόγους ασφαλείας, το φίλτρο αυτό εκτείνεται μέχρι την προστασία του ανάντη πρανούς του φράγματος.

#### **3.5.3.3.5 Στραγγιστήρια στο κατάντη κέλυφος**

Για την διευκόλυνση της εκτόνωσης των πιέσεων πόρων του φράγματος κατά την κατασκευή αλλά επικουρικά και για την διευκόλυνση της απορροής κατεισδύσεων ομβρίων και τυχόν εισροών από τα αντερείσματα κατά την λειτουργία του φράγματος, προβλέπονται στο κατάντη κέλυφος τέσσερα στραγγιστήρια στις στάθμες +158,170,+181 και+192.

Τα στραγγιστήρια αυτά προβλέπονται με πάχος 0,5 m και δεν προβλέπεται να προστατευτούν από φίλτρα λόγω της επικουρικής τους λειτουργίας μετά από την κατασκευή του φράγματος, δεδομένων και των σχετικά περιορισμένων ποσοτήτων άμμου που εκτιμάται ότι είναι διαθέσιμες στην περιοχή.

### **3.5.3.3.6 Στραγγιστήρια στο ανάντη κέλυφος**

Για την διευκόλυνση της εκτόνωσης των πιέσεων πόρων κατά την κατασκευή αλλά και σε περίπτωση απότομου καταβιβασμού της στάθμης, προβλέπονται στο ανάντη κέλυφος τέσσερα στραγγιστήρια.

Τα στραγγιστήρια αυτά έχουν προβλεφτεί στις στάθμες +171, +183, +191 και +199, ήτοι σε αποστάσεις μεταξύ τους ίσες με:

- 8 m για τα τρία πάνω στραγγιστήρια, και
- 12 m για τα δύο κάτω στραγγιστήρια.

Τα στραγγιστήρια αυτά προβλέπονται με πάχος 0,5 m και προστατεύονται στην πάνω και κάτω τους πλευρά ανάντη περιβάλλονται από φίλτρα πάχους 0,5 m προκειμένου να αποφευχθεί η εισροή σε αυτά λεπτόκοκκων υλικών από τις υπερκείμενες και υποκείμενες στρώσεις του σώματος στήριξης.

Τα στραγγιστήρια αυτά έχουν προβλεφτεί στην περιοχή όπου είναι πλέον αποδοτικά για την ευστάθεια του σώματος στήριξης, δηλαδή:

- από την στάθμη +171 και πάνω και
- στο ανάντη μέρος του πλάτους του πυρήνα.

### **3.5.3.4 Προστασία πρανών**

Η προστασία του κατάντη πρανούς του φράγματος προβλέπεται να γίνει με μια στρώση άμμου (ζώνη 2) πάχους 0,5 m και επ' αυτής μια στρώση καλά διαβαθμισμένων χαλίκων (ζώνη 2B) για την προστασία της επιφάνειας του σώματος στήριξης από διάβρωση. Σε περίπτωση που δεν κατασκευαστούν τα οριζόντια στραγγιστήρια, μπορεί να εξεταστεί και η περίπτωση της περιβαλλοντικά ηπιότερης προστασίας με γεωπάπλωμα και φύτευση.

Η προστασία του ανάντη πρανούς του φράγματος προβλέπεται με λιθορριπή μέσης διάστασης λίθων τουλάχιστον 25 cm (ζώνη 4), που είναι επαρκής για την προστασία από τους κυματισμούς που αναμένονται στον ταμιευτήρα. Κάτω από την στρώση αυτή προβλέπονται

και στο πρανές αυτό οι στρώσεις χαλίκων και άμμου όπως και στο κατάντη πρανές.

Όπως φαίνεται στην οριζοντιογραφία των έργων, προβλέπεται στο δεξιό αντέρεισμα ανάντη και κατάντη του σώματος του φράγματος η κατασκευή πλευρικών επιχώσεων από προϊόντα εκσκαφής για την ενίσχυση της ευστάθειας του στις υποκείμενες του υπερχειλιστή περιοχές.

Στις περιοχές όπου οι πλευρικές αυτές επιχώσεις προβλέπεται να καλύψουν τα πρανή του σώματος του φράγματος δεν έχει προβλεφθεί η κατά τα ανωτέρω προστασία. Προβλέπεται όμως προστασία των πρανών των πλευρικών αυτών επιχώσεων, στα ανάντη όμοια με την προστασία του ανάντη πρανούς του φράγματος και στα κατάντη με γεωπάπλωμα και φύτευση.

### **3.5.3.5 Στέψη**

Η στέψη προβλέπεται με πλάτος 14 m, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα διέλευσης της οδού Πάτρας-Τρίπολης από αυτήν μέχρις ότου κατασκευαστεί η προβλεπόμενη νέα χάραξη του κατά μήκος του αριστερού αντερείσματος.

Η ονομαστική στάθμη της στέψης προβλέπεται στο +215, προκειμένου να υπάρχουν ασφαλή περιθώρια για την προστασία της στέψης από κυματισμούς και παραμορφώσεις του φράγματος σε περιπτώσεις σεισμών.

Για την πρόληψη των παραμορφώσεων από συνιζήσεις μετά το πέρας κατασκευής προβλέπεται κατασκευή της στέψης σε υπερύψωση (camber) που στην περιοχή του μεγίστου ύψους του φράγματος είναι 2% του ύψους του από την στάθμη θεμελίωσης, δηλαδή 1,5 m. Το μέγεθος της υπερύψωσης κατά μήκος της στέψης κυμαίνεται ανάλογα με το ύψος του φράγματος.

Η στέψη του φράγματος έχει διαμορφωθεί κατάλληλα για την διέλευση της οδού Πάτρας-Τρίπολης μέχρι την κατασκευή της προβλεπόμενης νέας χάραξής της. Για τον σκοπό αυτό έχει προβλεφτεί προστασία στην ανάντη πλευρά με τοιχίο<sup>1</sup> και φωτισμός. Αντίστοιχα, στην στέψη του πλευρικού αναχώματος προβλέπεται η διέλευση της οδού πρόσβασης προς το έργο

---

<sup>1</sup> Στην κατάντη πλευρά έχει προβλεφθεί κιγκλίδωμα. Εφόσον κριθεί σκόπιμο, μπορεί να προβλεφτεί στηθαίο οδοποιίας αντ' αυτού.

εξόδου του αγωγού μεταφοράς του νερού από την Βαλμαδούρα.

### **3.5.4 Θεμελίωση φράγματος**

#### **3.5.4.1 Θεμελίωση πυρήνα**

Ο πυρήνας του φράγματος προβλέπεται για λόγους στεγάνωσης, παραμορφώσεων και αντοχής να θεμελιωθεί σε υγιή φλύσχη σε βάθος που κατά μέσον όρο είναι περίπου 8,0 m. Ο υγιής φλύσχης ορίζεται στην σχετική προδιαγραφή ως ο φλύσχης που έχει το φυσικό χρώμα του σχηματισμού, βραχώδη υφή και περιορισμένο βαθμό κερματισμού.

Το ελάχιστο βάθος εκσκαφής για την θεμελίωση του πυρήνα του φράγματος καθορίζεται στην μηκοτομή του φράγματος και έχει προσδιοριστεί με βάση τα διαθέσιμα αποτελέσματα όλων των μέχρι σήμερα γεωτεχνικών ερευνών στην περιοχή και λαμβάνοντας υπόψη τις σχετικές προτάσεις της γεωλογικής μελέτης και της γεωτεχνικής αξιολόγησης. Η τελική στάθμη εκσκαφής του πυρήνα θα διαμορφωθεί με βάση τα παραπάνω κατά την κατασκευή.

Στην συναρμογή του πυρήνα του φράγματος με τον υπερχειλιστή προβλέφθηκε διάταξη του πυρήνα τέτοια ώστε να είναι εξασφαλίζει την πλήρη και στεγανή επαφή τους.

Για την σύνθεση του σχεδίου οριζοντιογραφίας εκσκαφών θεωρήθηκε για την θεμελίωση του πυρήνα ότι το βάθος εκσκαφής του είναι σταθερό κατά μήκος της κάθε ισοϋψούς, και προβλέφθηκαν συντηρητικά μέσες κλίσεις πρανών εκσκαφής ίσης με 1:1.

Το εύρος της απαιτούμενης εκσκαφής σε κάθε διατομή του φράγματος για την θεμελίωση του πυρήνα εξαρτάται από το τελικό βάθος της σχετικής εκσκαφής. Για την διευκόλυνση της προγραμματιζόμενης εργασίας καθορίζεται ότι η εκσκαφή για την θεμελίωση του πυρήνα θα γίνει κατ' αρχήν μέσα στην προβλεπόμενη στο σχέδιο εκσκαφών περιοχή. Στην συνέχεια, ανάλογα με το τελικό βάθος εκσκαφής, μπορεί να γίνουν οι αναγκαίες πρόσθετες εκσκαφές ώστε το εύρος εκσκαφής να αντιστοιχεί στο τελικό βάθος της.

Δεν αναμένονται ιδιαίτερα προβλήματα ευστάθειας των πρανών εκσκαφής για την θεμελίωση του πυρήνα λόγω των περιορισμένων κλίσεων των πρανών αυτών και των ευνοϊκών κλίσεων των στρώσεων που είναι προς το εσωτερικό του αντερείσματος, λόγω της ύπαρξης του

αντικλίνου στην περιοχή.

#### 3.5.4.2 Θεμελίωση σωμάτων στήριξης

Τα σώματα στήριξης του φράγματος προβλέπεται για λόγους περιορισμού παραμορφώσεων και ευστάθειας να θεμελιωθούν σε αποσαθρωμένο βραχώδη φλύσχη - τόσο στην κοιλάδα όσο και στα αντερείσματα. Ως αποσαθρωμένος βραχώδης φλύσχος ορίζεται στην σχετική προδιαγραφή ο φλύσχος που έχει αλλοιωμένο χρώμα έναντι του φυσικού και μεγάλο βαθμό κερματισμού, παρουσιάζει όμως τουλάχιστον στοιχειωδώς βραχώδη υφή που χαρακτηρίζεται από υπολειμματική δομή.

Λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα αποτελέσματα όλων των μέχρι σήμερα γεωτεχνικών ερευνών στην περιοχή, εκτιμήθηκε συντηρητικά ότι το μέσο βάθος εκσκαφής για την θεμελίωση των σωμάτων στήριξης θα είναι 5 m. Τα βάθη εκσκαφής για την θεμελίωση των σωμάτων στήριξης του φράγματος καθώς και του πλευρικού αναχώματος είναι ενδεικτικά και θα οριστικοποιηθούν σε κάθε περιοχή ανάλογα με τις απαντώμενες συνθήκες.

Για την σύνθεση του σχεδίου οριζοντιογραφίας εκσκαφών:

- θεωρήθηκε για την θεμελίωση των σωμάτων στήριξης ότι το βάθος εκσκαφής
- τους είναι σταθερό κατά μήκος της κάθε ισοϋψούς και ίσο με 5 m
- ελήφθη υπόψη η παρακείμενη εκσκαφή της υδροληψίας ο ελήφθησαν υπόψη οι εκσκαφές των στομίων των σηράγγων,
- θεωρήθηκαν συντηρητικά μέσες κλίσεις πρανών εκσκαφής ίσης με 1:1 (εκτός των περιοχών των στομίων όπου έγινε ακριβέστερη εκτίμηση), και
- ελήφθη υπόψη ότι η τοπογραφία στην περιοχή του πλευρικού αναχώματος έχει τροποποιηθεί από την εκσκαφή ορύγματος για την διέλευση της εθνικής οδού Πατρών-Τριπόλεως.

Το εύρος της απαιτούμενης εκσκαφής σε κάθε διατομή του φράγματος για την θεμελίωση των σωμάτων στήριξης εξαρτάται από το τελικό βάθος της σχετικής εκσκαφής. Για την διευκόλυνση της προγραμματιζόμενης εργασίας έχει προβλεφτεί στην οριζοντιογραφία εκσκαφών μια σαφώς ορισμένη υποχρεωτική περιοχή εκσκαφής, μετά την εκσκαφή της οποίας θα προσδιοριστεί το τελικό βάθος θεμελίωσης σε κάθε θέση. Στην συνέχεια, μπορεί

να γίνουν οι αναγκαίες πρόσθετες εκσκαφές ώστε το εύρος εκσκαφής να αντιστοιχεί στο τελικό βάθος της.

Δεν αναμένονται ιδιαίτερα προβλήματα ευστάθειας των πρανών εκσκαφής για την θεμελίωση του πυρήνα λόγω των περιορισμένων κλίσεων τους, εκτός ίσως τοπικών περιπτώσεων.

#### **3.5.4.3 Επανεπιχώσεις**

Όπως φαίνεται στην τυπική διατομή του σώματος του φράγματος αλλά και στις επί μέρους διατομές του έργου, προβλέπεται επανεπίχωση του ανάντη και κατόντη πόδα του αναχώματος. Η επανεπίχωση αυτή προβλέπεται να αποτελεί συνέχεια της στάθμης του εδάφους στην περιοχή της εκσκαφής για την θεμελίωση του κάθε πόδα.

Το κάτω μέρος της επανεπίχωσης συνίσταται στην οριζόντια επέκταση της ζώνης 2Γ για λόγους εξασφάλισης της τοπικής ευστάθειας της θεμελίωσης της. Η επέκταση αυτή προφανώς θα κατασκευαστεί μαζί με την κατασκευή της στρώσης 2Γ στο πρανές στην θέση αυτή. Επίσης, η υπόλοιπη επανεπίχωση είναι σκόπιμο να κατασκευαστεί όταν ολοκληρωθεί η εκσκαφή του φράγματος στην αντίστοιχη στάθμη. Έτσι, δεν προβλέπεται να υπάρξει στάδιο κατασκευής κατά το οποίο να έχει ολοκληρωθεί το φράγμα χωρίς να έχουν συντελεστεί οι επανεπιχώσεις. Παρ' όλα αυτά, για την ενάργεια της μελέτης έχει περιληφθεί σχέδιο οριζοντιογραφίας του φράγματος προ επανεπιχώσεων.

#### **3.5.4.4 Διάθεση υλικών εκσκαφής**

Τα υλικά εκσκαφής της θεμελίωσης που δεν προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν στο φράγμα είναι της τάξης του 1.400.000 m<sup>3</sup>. Όπως προαναφέρθηκε, ένα μέρος αυτών των υλικών εκσκαφής μπορεί να κριθεί κατάλληλο για ενσωμάτωση στο φράγμα το πλευρικό ανάχωμα ή και τις πλευρικές επιχώσεις, μετά από προσωρινή αποθήκευση, αλλά το υπόλοιπο θα πρέπει να διατεθεί σε κατάλληλο χώρο.



Για την απόθεση των υλικών έχει στα πλαίσια της μελέτης εντοπιστεί μια περιοχή απόθεσης σε μισγάγγεια στο αριστερό αντέρεισμα και κατάντη του φράγματος στην οποία:

- ο δεν φαίνεται να έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερες δραστηριότητες, και
- ο η αντίστοιχη περιοχή απορροής (και κατά συνέπεια οι αναμενόμενες παροχές νερού) είναι σχετικά περιορισμένα.

Για την αποστράγγιση της περιοχής αυτής προβλέπεται αφενός ένα υπόγειο δίκτυο διάτρητων αγωγών και αφετέρου επιφανειακή τάφρος προστατευμένη με συρματοκιβώτια. Τα πρανή της περιοχής προβλέπεται να προστατευτούν με φύτευση.

Στο στάδιο της κατασκευής θα πρέπει να εξασφαλιστούν οι αναγκαίες αδειοδοτήσεις για την χρήση της περιοχής για απόθεση των υλικών και στην συνέχεια να εκπονηθούν μελέτες εφαρμογής για την αποστράγγιση της περιοχής αυτής καθώς και την διαμόρφωση και φύτευση της για την ένταξη της στο περιβάλλον.

Σε περίπτωση που δεν καταστεί δυνατή η χρήση του χώρου αυτού για την απόθεση των υλικών, θα πρέπει να βρεθεί άλλος κατάλληλος χώρος εκτός ή και εντός του ταμειυτήρα.

#### **3.5.4.5 Παραπέτασμα τσιμεντενέσεων**

Η διαπερατότητα του υγιούς ιλυολίθου στον οποίο θεμελιώνεται το φράγμα είναι γενικά περιορισμένη - οι διαπερατότητες που προέκυψαν από επί τόπου δοκιμές είναι της τάξεως των  $10^{-4}$  με  $10^{-7}$  cm/sec.

Η διεύθυνση των πτυχώσεων του αντικλίνου του φλύσχη στην περιοχή είναι παράλληλη με την διεύθυνση της κοιλάδας στην οποία προβλέπεται το έργο. Έτσι, μετά από την πλήρωση του ταμειυτήρα, μπορεί να αναμένεται τάση ροής κατά μήκος των αντερείσμάτων του φράγματος, όπου η διαπερατότητα μπορεί να είναι σχετικά αυξημένη.

Τάση ροής μπορεί να εκδηλωθεί στην θεμελίωση και στα αντερείσματα του φράγματος και σε στρώσεις τοπικά αυξημένης διαπερατότητας, όπως στρώσεις έντονου κατακερματισμού κροκαλοπαγών, ιλυολίθων ή ψαμμιτών.

Για τον περιορισμό των ροών αυτών που θα μπορούσαν να επιδράσουν και δυσμενώς στην ευστάθεια του έργου λόγω διασωληνώσεων, κρίθηκε σκόπιμη η πρόβλεψη παραπετάσματος τσιμεντενέσεων (grout curtain), που προτείνεται και στην γεωλογική μελέτη και την γεωτεχνική αξιολόγηση.

Το παραπέτασμα προβλέπεται κατά μήκος του φράγματος, του ανάντη τμήματος του υπερχειλιστή στο δεξί αντέρεισμα και κατά μήκος του πλευρικού αναχώματος, ώστε να εξασφαλίζει ένα πλήρες και ενιαίο μέτωπο στεγανοποίησης.

Το παραπέτασμα αυτό προβλέπεται γενικά περί το μέσον του πυρήνα και κατά συνέπεια ανάντη του άξονα του φράγματος. Λόγω της μείωσης του πλάτους του πυρήνα στα αντερείσματα, η απόσταση του άξονα τσιμεντενέσεων από τον άξονα του φράγματος μικραίνει στις περιοχές αυτές. Επιπλέον πρέπει να ληφθεί υπόψη η καμπυλότητα του άξονα του φράγματος στο δεξιό αντέρεισμά του. Για την απλοποίηση της γεωμετρίας κατασκευής του παραπετάσματος τσιμεντενέσεων, ο άξονας του προβλέφθηκε σε πολυγωνική γραμμή.

Το προβλεπόμενο βάθος του παραπετάσματος τσιμεντενέσεων από την στάθμη θεμελίωσης του πυρήνα προέκυψε λαμβάνοντας υπόψη τις προτάσεις της γεωλογικής μελέτης και γεωτεχνικής αξιολόγησης.

- 45 m στην περιοχή της θεμελίωσης του φράγματος
- 35m στα χαμηλά σημεία των αντερεισμάτων, και
- 30 m στα ψηλότερα σημεία των αντερεισμάτων.

Το βάθος του παραπετάσματος τσιμεντενέσεων παρουσιάζεται στην σχετική μηκοτομή του φράγματος.

Η τσιμεντένεση προβλέπεται να υλοποιηθεί με ανιόντα βήματα από το προκαθορισμένο βάθος-εκτός εάν η απορρόφηση του ενέματος στο πρώτο (βαθύτερο) τμήμα είναι υπερβολική, οπότε προβλέπεται περαιτέρω διάτρηση και τσιμεντένεση.

Το παραπέτασμα προβλέπεται να υλοποιηθεί σε μια σειρά με αποστάσεις πρωτευόντων τσιμεντενέσεων 5 m. Σε περίπτωση που η απορρόφηση σε κάποιο (καθ' ύψος) τμήμα μιας θέσης ξεπεράσει τα 40 Kg/m, προβλέπεται (μετά την ολοκλήρωση των πρωτευουσών) η

διάτρηση και τσιμεντένεση δευτερευουσών τσιμεντενέσεων σε αποστάσεις 2,5 m και εν ανάγκη με τριτευουσών σε αποστάσεις 1,25 m.

Οι τσιμεντενέσεις προβλέπονται κατακόρυφες και με πιέσεις κλιμακούμενες με το βάθος, γενικά της τάξης των 25 kPa ανά μέτρο βάθους.

#### **3.5.4.6 Προετοιμασία θεμελίωσης πυρήνα**

Η επιφάνεια του υγιούς ιλυολίθου θα καθαρίζεται μετά από την εκσκαφή της από προσμίξεις άλλων υλικών και στην συνέχεια αυτή θα καλύπτεται από σκυρόδεμα εξυγίανσης (ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα) πάχους 10 cm για λόγους προστασίας από την διάβρωση και φθορά.

Ειδικά σε μια ζώνη 3 m εκατέρωθεν του παραπετάσματος τσιμεντενέσεων προβλέπεται ενίσχυση της κάλυψης, για λόγους προστασίας από τις υπερπίεσεις των τσιμεντενέσεων, με:

- πάχος σκυροδέματος 20 cm
- ενίσχυση του σκυροδέματος με ελαφρύ πλέγμα, και
- στερέωση του πλέγματος με αγκύρια.

#### **3.5.5 Πλευρικό ανάχωμα**

##### **3.5.5.1 Γενικά**

Στο δεξί αντέρεισμα του έργου υπάρχει ανάντη της θέσης του φράγματος περιοχή με στάθμη χαμηλότερη του +215 που αποτελεί στην στάθμη της στέψης και έχει διανοιχτεί περαιτέρω για την διέλευση της οδού Πάτρας-Τρίπολης.

Στην περιοχή αυτή προβλέπεται πλευρικό ανάχωμα με την ίδια διατομή με το φράγμα, χωρίς όμως τις σχετικές παγγίνες. Στην περιοχή συναρμογής με την αρχή του υπερχειλιστή, το πλάτος του αναχώματος προβλέπεται αυξημένο για λειτουργικούς λόγους.

Στην ίδια περιοχή η διάταξη του πυρήνα προβλέπεται αυξημένο ώστε

- ο να εξασφαλίζεται η στεγανότητα της επαφής του πλευρικού αναχώματος με τον υπερχειλιστή, και
- ο να υπερκαλύπτεται η γραμμή τσιμεντενέσεων που οδεύει κατά μήκος της εισόδου του υπερχειλιστή.

### **3.5.5.2 Θεμελίωση πλευρικού αναχώματος**

Λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα αποτελέσματα όλων των μέχρι σήμερα γεωτεχνικών ερευνών στην περιοχή, εκτιμήθηκε συντηρητικά ότι το μέσο βάθος εκσκαφής για την θεμελίωση των σωμάτων στήριξης θα είναι 5 m και του πυρήνα 9 m. Στην περιοχή όπου έχει κατασκευαστεί ορύγμα για την διέλευση της εθνικής οδού Πατρών-Τριπόλεως, έχει ληφθεί υπόψη η διαφαινόμενη τοπογραφία του εδάφους προ της εκσκαφής του ορύγματος.

Τα βάθη εκσκαφής για την θεμελίωση του πυρήνα και των σωμάτων στήριξης του πλευρικού αναχώματος κατά τα ανωτέρω είναι ενδεικτικά και θα οριστικοποιηθούν ανάλογα με τις απαντώμενες συνθήκες.

Για την διευκόλυνση της προγραμματιζόμενης εργασίας εκσκαφής:

- ο καθορίζεται ότι η εκσκαφή για την θεμελίωση του πυρήνα θα γίνει κατ' αρχήν μέσα στην προβλεπόμενη στο σχέδιο εκσκαφών περιοχή, και
- ο προβλέπεται για την θεμελίωση των σωμάτων στήριξης μια υποχρεωτική περιοχή εκσκαφής στην οριζοντιογραφία εκσκαφών.

Μετά από την εκσκαφή των περιοχών αυτών θα προσδιοριστεί το τελικό βάθος της θεμελίωσης του πυρήνα και των σωμάτων στήριξης σε κάθε θέση. Στην συνέχεια μπορεί να γίνουν οι απαιτούμενες πρόσθετες εκσκαφές στις περιοχές αυτές ώστε το τελικό εύρος της εκσκαφής να αντιστοιχεί στο τελικό βάθος της, τόσο για τον πυρήνα όσο και για τα σώματα στήριξης.

### 3.5.6 Διατάξεις αποστράγγισης

#### 3.5.6.1 Γενικά

Όπως προαναφέρθηκε, η διαπερατότητα του υγιούς ιλυολίθου στον οποίο θεμελιώνεται το φράγμα είναι γενικά περιορισμένη. Μπορεί όμως να εκδηλωθούν τάσεις ροής στην θεμελίωση και στα αντερείσματα του φράγματος λόγω:

- ο της διεύθυνσης των πτυχώσεων του αντικλίνου του φλύσχη που είναι παράλληλη με την διεύθυνση της κοιλάδας στην οποία προβλέπεται το έργο
- ο σε στρώσεις τοπικά αυξημένης διαπερατότητας, όπως στρώσεις έντονου κατακερματισμού κροκαλοπαγών, ιλυολίθων ή ψαμμιτών.

Για τον περιορισμό των ροών αυτών που θα μπορούσαν να επιδράσουν και δυσμενώς στην ευστάθεια του έργου λόγω διασωληνώσεων, κρίθηκε σκόπιμη η πρόβλεψη παραπετάσματος τσιμεντενέσεων για την ανάσχεση ροής, και, κατάντη αυτής:

- ο αποστραγγιστικών σηράγγων στα αντερείσματα, και
- ο φρεάτων εκτόνωσης των πιέσεων στον κατάντη πόδα του φράγματος για την ελεγχόμενη παραλαβή τυχόν διαρροών και την μείωση των πιέσεων πόρων.

Τα φρέατα εκτόνωσης μπορεί να κατασκευαστούν σε οποιονδήποτε χρόνο. Για τον σκοπό αυτό προβλέπεται ότι θα κατασκευαστούν εφόσον οι μετρούμενες πιέσεις πόρων στην θεμελίωση του φράγματος είναι σχετικά μεγάλες.

Τέλος, για την ελεγχόμενη αποστράγγιση των διαρροών μέσα από το σώμα του φράγματος έχει προβλεφτεί η συγκέντρωσή τους σε διάτρητο διαμήκη σωλήνα με φρεάτια επίσκεψης που στο χαμηλότερο του σημείο διοχετεύει τα συγκεντρωμένα νερά σε φρεάτιο μέτρησης της παροχής και στην συνέχεια μέσω κλειστού αγωγού στην κατάντη κοίτη κατάντη του υπερχειλιστή.

Η περιοχή διάθεσης των παροχών στράγγισης θα προβλέπεται ότι θα υπόκειται σε ισχυρές διαβρώσεις, τουλάχιστον για τα 10 πρώτα χρόνια λειτουργίας του έργου, λόγω της λειτουργίας του υπερχειλιστή. Έτσι, θα πρέπει να προβλεφτεί έλεγχος και συντήρηση της

θέσης διάθεσης των νερών στράγγισης του φράγματος μετά από φορά που ο υπερχειλιστής τίθεται σε λειτουργία.

### 3.5.6.2 Διάταξη των σηράγγων

Οι αποστραγγιστικές σήραγγες έχουν διαταχθεί στα αντερείσματα κατάντη του φράγματος. Αποτελούνται από δύο τμήματα.

- ο ένα τμήμα προσπέλασης από τα κατάντη του φράγματος, και
- ο ένα τμήμα κάθετο στην διεύθυνση των πτυχώσεων του αντικλίνου του φλύσχη.

Οι σήραγγες προβλέπεται να υλοποιηθούν σε στάθμη περίπου +170, που αντιστοιχεί περίπου στο 35% του ύψους του φράγματος. Συγκεκριμένα:

- ο η είσοδος τους προβλέπεται από την παγγίνα του κατάντη σώματος στήριξης στο +170
- ο η κατά μήκος κλίση τους προς την είσοδο προβλέπεται 0,5% για την ευχερή αποστράγγιση των νερών.

Το ύψος των υπερκειμένων γαιών φτάνει μέχρι 30-35 m.

Τα στόμια των σηράγγων έχουν προβλεφθεί κατά μήκος της χάραξής τους σε θέσεις όπου το ύψος των υπερκειμένων βραχωδών σχηματισμών είναι ίσο με το ύψος της σήραγγας, για λόγους ευστάθειας κατά την έναρξη της κατασκευής. Για την χωροθέτηση των στομίων έχει ληφθεί υπόψη στην παρούσα μελέτη ότι το πάχος των υπερκειμένων εδαφών είναι της τάξης των 4 m. Η ακριβής θέση των στομίων θα προσδιοριστεί κατά την κατασκευή, ανάλογα με την διάταξη των απαντώμενων σχηματισμών.

Στο δεξί αντέρεισμα το μήκος της εκσκαφής κατάντη του στομίου της σήραγγας αποστράγγισης προβλέπεται λόγω των ήπιων κλίσεων εδάφους να είναι σχετικά μεγάλο. Λαμβάνοντας υπόψη τον υπερκείμενο υπερχειλιστή προβλέφθηκε για λόγους ασφαλείας να κατασκευαστεί στο μήκος αυτό σήραγγα με το σύστημα εκσκαφής και επανεπίχωσης (cut & cover), με την πλευρική επανεπίχωση να είναι συμπυκνωμένο αμμοχάλικο (υλικό ζώνης 2Γ).

### 3.5.6.3 Διατομή των σήραγγων

Οι σήραγγες αποστράγγισης προβλέπονται με πλάτος, μετά από τις κατά περίπτωση απαιτούμενες αντιστηρίξεις, 4,10 m. Η διάμετρος αυτή επελέγη για κατασκευαστικούς λόγους, προκειμένου να διευκολύνεται η διέλευση των σύγχρονων οχημάτων μεταφοράς υλικών εκσκαφής.

Η κατασκευή της σήραγγας δεν αναμένεται να παρουσιάσει ιδιαίτερες δυσκολίες, εκτός ίσως τοπικών προβλημάτων, δεδομένου ότι ο ιλυόλιθος αποτελεί μαλακό βράχο, με περιορισμένη διαπερατότητα. Κατά συνέπεια:

- η εκσκαφή της σήραγγας αναμένεται να επιτευχθεί με σχετικά γρήγορους ρυθμούς, με εξαίρεση πιθανές κροκαλοπαγείς ενστρώσεις μεγάλης αντοχής, που θα είναι όμως περιορισμένου πλάτους
- η ευστάθεια της σήραγγας δεν αναμένεται να παρουσιάσει ιδιαίτερα προβλήματα, με ενδεχόμενη εξαίρεση σε ζώνες σχετικά μεγάλου κερματισμού
- δεν αναμένονται ιδιαίτερα προβλήματα εισροής νερού κατά την κατασκευή, με ενδεχόμενη εξαίρεση σε κερματισμένες ζώνες.

Κατά την κατασκευή της σήραγγας θα πρέπει όμως να αναμένεται τοπικά ή ακόμα και σε διακριτά τμήματα της σήραγγας να συναντηθούν:

- διαφορετικοί σχηματισμοί του φλύσχη (π.χ. ψαμμίτες, κροκαλοπαγή) και
- οι απαντώμενοι σχηματισμοί να παρουσιάζουν μεταβαλλόμενο βαθμό χαλάρωσης κατά τη διάνοιξη της σήραγγας.

Η διάνοιξη των σήραγγων προβλέπεται να γίνει με μεθόδους ήπιων ανατινάξεων και σε ορισμένες περιπτώσεις της πιο αποσαθρωμένης και κερματισμένης βραχώμαζας με μηχανικά μέσα (π.χ. εκσκαπτικό πτύο) και με υποβοήθηση με εκρηκτικά.

Για την προσωρινή αντιστήριξη της σήραγγας προβλέπονται, ανάλογα με τις απαντώμενες συνθήκες, δύο εναλλακτικές αντιστηρίξεις μια με δικτυωτά πλαίσια σε αποστάσεις 1,2 έως 1,5 m και μια χωρίς αυτά. Σε κάθε περίπτωση προβλέπεται αντιστήριξη με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 8-10 cm ανάλογα με τις απαντώμενες συνθήκες, οπλισμένο με πλέγμα και

αγκύρια μήκους 2 m. Για την απορροή των νερών και την μείωση των πιέσεων πόρων στην περιβάλλουσα την σήραγγα βραχώμαζα κατά την κατασκευή, προβλέπεται κατασκευή ανακουφιστικών οπών μήκους 1-1,5 m όπου κρίνεται σκόπιμο. Τέλος, προβλέπεται κατασκευή δαπέδου κυκλοφορίας οχημάτων πάχους 15 cm, με τάφρο στο μέσον για την απορροή των νερών.

Η μόνιμη επένδυση των σιηράγγων στο μεν δάπεδο θα είναι σκυρόδεμα ελαφρά οπλισμένο, ενώ στο θόλο και στις παρειές προβλέπεται να είναι εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ενισχυμένο με διπλό δομικό πλέγμα. Η μόνιμη επένδυση της σήραγγας περιλαμβάνει συγκεκριμένα:

- σκυρόδεμα ελαφρά οπλισμένο στο δάπεδο της σήραγγας και
- το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα της προσωρινής αντιστήριξης, με δεύτερη στρώση πάχους 10 cm και οπλισμό με άλλο ένα πλέγμα.

Στην περιοχή του cut & cover η επένδυση των σιηράγγων είναι βαρύτερη, λόγω της χαλαρότητας των υπερκειμένων γαιών καθώς και της έκκεντρης φόρτισής τους.

Οι σήραγγες συναντούν στο κύριο τους τμήμα κάθετα την στρωματογραφία του αντικλίνου του φλύσχη. Για την δυνατότητα αποστράγγισης όλων των τυχόν απαντώμενων υδροφόρων στρώσεων κατά μήκος της σήραγγας, προβλέπεται διάταξη των οπών των αποστραγγίσεων με γωνιά 45° προς τον άξονα της σήραγγας σε οριζοντιογραφική διάταξη. Έτσι, με μήκος οπών 7,5 m και αποστάσεις μεταξύ τους 5 m, εξασφαλίζεται κάλυψη όλου του μήκους της σήραγγας από τις οπές. Για την ασφαλή αποστράγγιση των νερών στην περιοχή της σήραγγας προβλέπονται δύο γραμμές οπών στην ανάντη πλευρά της σήραγγας, μία στην παρειά και μια στην οροφή.

### **3.5.7 Ευστάθεια και καθιζήσεις φράγματος**

#### **3.5.7.1 Γενικά**

Η ευστάθεια του φράγματος ελέγχθηκε για τις περιπτώσεις:

- τέλους κατασκευής
- λειτουργίας με στάθμη νερού στην Α.Σ. Υ. +207, και
- ταχέως καταβιβασμού της στάθμης από το +207 στο +173.



Οι ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση βασίστηκαν στα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών σε συμπυκνωμένα σύνθετα δείγματα αντίστοιχων υλικών. Για την πληρότητα των αναλύσεων έγιναν και παραμετρικές αναλύσεις για τις σημαντικές παραμέτρους ευστάθειας.

Για την πληρότητα των ελέγχων εξετάστηκαν τόσο κυκλικές όσο και πολυγωνικές επιφάνειες ολίσθησης μέσω του γεωτεχνικού προγράμματος ανάλυσης ευστάθειας Galena.

### **3.5.7.2 Κατάσταση μετά την κατασκευή**

Στην περίπτωση αυτή η κατασκευή του φράγματος έχει συντελεστεί και ο ταμιευτήρας δεν έχει ακόμα γεμίσει με νερό. Έτσι, το ειδικό βάρος των γαιών είναι το υγρό ειδικό βάρος ενώ στον πυρήνα και εν μέρει στα σώματα στήριξης έχουν αναπτυχθεί υπερπίεσεις πόρων λόγω του βάρους των υπερκειμένων γαιών.

Οι αναλύσεις για την περίπτωση αυτή έγιναν τόσο με ολικές όσο και με ενεργές τάσεις, για το κατάντη πρηνές του φράγματος που είναι δυσμενέστερο λόγω των πλέον απότομων κλίσεων του.

Το μέγεθος των υπερπίεσεων πόρων που θα αναπτυχθούν κατά την κατασκευή εξαρτώνται κυρίως από την διαπερατότητα των σωμάτων στήριξης και την ταχύτητα της κατασκευής. Όπως προαναφέρθηκε, η διαπερατότητα των σωμάτων στήριξης αναμένεται οπ μπορεί να κυμανθεί από  $10^{-3}$  cm/sec μέχρι  $10^{-8}$  cm/sec, ανάλογα με το ποσοστό των λεπτοκόκκων που θα παραχθεί κατά την συμπύκνωση.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω:

- έγιναν συντηρητικές εκτιμήσεις για τις παραμένουσες υπερπίεσεις πόρων μετά την κατασκευή, και
- έγινε έλεγχος και με πιέσεις πόρων αυξημένες κατά 50% έναντι των εκτιμώμενων.

Ο ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας που προέκυψε για την περίπτωση αυτή είναι 1,4.

Η παραπάνω προσέγγιση δεν λαμβάνει ουσιαστικά υπόψη την ευνοϊκή δράση των

στραγγιστηρίων που έχουν προβλεφτεί για την εκτόνωση των υπερπιέσεων πόρων, που προσδίδει ένα πρόσθετο περιθώριο ασφαλείας.

Κατά την κατασκευή του προφράγματος προβλέπεται να τοποθετηθούν πιεζόμετρα για την συστηματική μέτρηση των υπερπιέσεων πόρων που θα αναπτυχθούν κατά την κατασκευή. Έτσι, οι εκτιμήσεις για τις υπερπιέσεις των πόρων θα είναι δυνατόν να ελεγχθούν με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

### **3.5.7.3 Κατάσταση κανονικής λειτουργίας**

Στην περίπτωση αυτή η κατασκευή του φράγματος ο ταμιευτήρας είναι πλήρης, με την στάθμη νερού στην Α.Σ.Υ. +207, οπότε μέσα από το φράγμα υπάρχει βραδεία ροή. Έτσι, το ειδικό βάρος των γαιών είναι υπό άνωση και οι πιέσεις πόρων μέσα στο φράγμα είναι αυτές που αντιστοιχούν στις συνθήκες ροής.

Η κρίσιμη πλευρά του φράγματος που εξετάζεται από πλευράς ευστάθειας σ' αυτή την περίπτωση, είναι και πάλι η κατάντη, διότι αφενός η μέση κλίση των πρανών είναι μεγαλύτερη και αφετέρου διότι το κατάντη σώμα, που αποτελεί κινητήριο δύναμη για την ολίσθηση, δεν είναι υπό άνωση όπως το ανάντη, ενώ οι αναπτυσσόμενες πιέσεις πόρων στην βάση του μειώνουν την τριβή που αντίστασης στην ολίσθηση.

Η ανάλυση ευστάθειας σ' αυτή την περίπτωση γίνεται μόνο με ενεργές τάσεις, με πιέσεις πόρων που αντιστοιχούν στη φρεατική γραμμή που θα δημιουργήσει η ροή του νερού μέσα από το σώμα του φράγματος.

Στην περίπτωση αυτή έγιναν παραμετρικές αναλύσεις για ένα εύρος τιμών αντοχής των υλικών. Ο ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας για την περίπτωση αυτή είναι 1,9.

### **3.5.7.4 Ταχύς καταβιβασμός στάθμης**

Στην περίπτωση αυτή θεωρείται ότι ο ταμιευτήρας εκκενώνεται από την ανωτάτη μέχρι την κατάντη στάθμη νερού σε πολύ μικρό χρόνο. Έτσι, το ειδικό βάρος των γαιών είναι το υγρό ειδικό βάρος, ενώ οι πιέσεις πόρων είναι περίπου αυτές που αντιστοιχούν στην κατάσταση λειτουργίας.

Η ανάλυση ευστάθειας σ' αυτή την περίπτωση γίνεται μόνο με ενεργές τάσεις. Η κρίσιμη πλευρά του φράγματος, που εξετάζεται από πλευράς ευστάθειας σ' αυτή την περίπτωση, είναι η ανάντη, λόγω των πιέσεων πόρων που δημιουργούνται από την παραμένουσα στάθμη του νερού εντός του ανάντη τμήματος του φράγματος, χωρίς την παρουσία νερού εξωτερικά των πρανών.

Η παραπάνω προσέγγιση δεν λαμβάνει ουσιαστικά υπόψη την ευνοϊκή δράση των στραγγιστηρίων που έχουν προβλεφτεί στο ανάντη πρανές για την εκτόνωση των υπερπιέσεων στην περίπτωση του ταχέως καταβιβασμού της στάθμης του ταμιευτήρα, που προσδίδει ένα πρόσθετο περιθώριο ασφαλείας.

Στην περίπτωση αυτή οι αναλύσεις έχουν γίνει και πάλι για όλες τις εναλλακτικές περιπτώσεις παραμέτρων διατμητικής αντοχής των σωμάτων στήριξης και ο ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας είναι 1,4.

#### **3.5.7.5 Καθιζήσεις φράγματος**

Ο υπολογισμός των καθιζήσεων γίνεται στον πυρήνα του φράγματος όπου και λόγω του σχετικά μεγάλου πλάτους του αναχώματος και της σχετικά συμμετρικής του διάταξης θεωρείται ότι επικρατούν συνθήκες μονοδιάστατης στερεοποίησης.

Με την συμπύκνωση του πυρήνα κατά στρώσεις επέρχεται μια προστερεοποίηση των εδαφών με ενεργό τάση που εκτιμήθηκε, με βάση τα χαρακτηριστικά αντιπροσωπευτικού κυλινδρουσμπιεστή, ότι είναι της τάξης των 250 kPa. Κατά συνέπεια, για τον υπολογισμό των καθιζήσεων θεωρείται, μέχρι τουλάχιστον την τάση αυτή, ότι λαμβάνει χώρα επαναφόρτιση του υλικού.

Με βάση τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη τα αντίστοιχα μέτρα στραγγισμένης μονοδιάστατης συμπίεσης, εκτιμάται ότι οι καθιζήσεις που θα λάβουν χώρα μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του φράγματος θα είναι της τάξης του 1,5% του ύψους του. Έτσι, η προβλεφθείσα υπερύψωση που είναι ίση με 2% του ύψους του είναι επαρκής.

### **3.5.8 Πρόφραγμα και προσωρινά έργα**

#### **3.5.8.1 Διατομή προφράγματος**

Το πρόφραγμα προβλέπεται να κατασκευαστεί μέχρι την στάθμη +170,25 ώστε να παρέχεται επαρκές περιθώριο για την ανάσχεση πλημμυρικών φαινομένων με περίοδο επαναφοράς σημαντικά μεγαλύτερη των 25 ετών κατά την διάρκεια της κατασκευής του έργου.

Η διατομή του αποτελεί μια απλοποιημένη μορφή της διατομής του κυρίως φράγματος, με σώματα στήριξης από υγιά ιλυόλιθο και πυρήνα από αποσαθρωμένο ιλυόλιθο, φίλτρο στην κατάντη πλευρά του πυρήνα και προστασία στην ανάντη πλευρά με λιθορριπή.

#### **3.5.8.2 Ευστάθεια προ φράγματος**

Λόγω του μικρού του ύψους και των σχετικά μικρών κλίσεων των πρανών του, η ευστάθεια του προφράγματος θα είναι μεγαλύτερη αυτής του φράγματος.

### **3.5.9 Όργανα παρακολούθησης**

#### **3.5.9.1 Όργανα προφράγματος**

Για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του προφράγματος, κυρίως κατά τη διάρκεια της κατασκευής του, προβλέπεται η τοποθέτηση, σε καθορισμένες θέσεις, οργάνων και κατασκευών για τη διεξαγωγή μετρήσεων:

- των πιέσεων του νερού των πόρων, στον πυρήνα, στα σώματα στήριξης αλλά και στο υπέδαφος θεμελιώσεως του, και
- των επιφανειακών παραμορφώσεων του προφράγματος.

Τα όργανα που προβλέπεται να εγκατασταθούν είναι:

1. Πιεζόμετρα δονούμενης χορδής για τις μετρήσεις των πιέσεων πόρων, με φορητή συσκευή ανάγνωσης των μετρήσεων. Τα πιεζόμετρα αυτά που δεν βασίζονται σε εισροή ή εκροή νερού, χαρακτηρίζονται από ταχεία απόκριση σε μεταβαλλόμενες πιέσεις πόρων και παρουσιάζουν αρκετά καλή αντοχή στον χρόνο.
2. Βάθρα ελέγχου των επιφανειακών παραμορφώσεων στην στέψη του προφράγματος.

Προβλέπεται η διεξαγωγή των μετρήσεων σε 2 πλήρεις διατομές του προφράγματος.

### 3.5.9.2 Όργανα φράγματος

Για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του αναχώματος, τόσο κατά τη διάρκεια της κατασκευής όσο και κατά την μετέπειτα λειτουργία του έργου, προβλέπεται η τοποθέτηση, σε καθορισμένες θέσεις, οργάνων και κατασκευών για τη διεξαγωγή μετρήσεων:

- των πιέσεων του νερού των πόρων, στον πυρήνα, στα σώματα στήριξης καθώς και στο υπέδαφος θεμελιώσεως κατάντη του παραπετάσματος τσιμεντενέσεων.
- των καθιζήσεων και αποκλίσεων του αναχώματος
- των επιφανειακών παραμορφώσεων του αναχώματος
- ενδεχομένων διηθήσεων κατάντη του φράγματος, και
- της σεισμικής δραστηριότητας της θέσης του έργου.

Τα όργανα που προβλέπεται να εγκατασταθούν είναι:

1. Πιεζόμετρα δονούμενης χορδής για τις μετρήσεις των πιέσεων πόρων στο σώμα του φράγματος και το υπέδαφος θεμελίωσης του. Κατά την κατασκευή, τα αποτελέσματα θα καταγράφονται από φορητή συσκευή, ενώ μετά από την ολοκλήρωση της κατασκευής θα μεταδίδονται στο κτίριο διοίκησης.
2. Κύτταρα πίεσης για την μέτρηση των ολικών τάσεων στον πυρήνα. Τα κύτταρα πίεσης προβλέπονται δίπλα στα πιεζόμετρα και είναι και αυτά τύπου δονούμενης χορδής. Κατά την κατασκευή, τα αποτελέσματα θα καταγράφονται από φορητή συσκευή, ενώ μετά από την ολοκλήρωση της κατασκευής θα μεταδίδονται στο κτίριο διοίκησης.
3. Πιεζόμετρα Casagrande για τις μετρήσεις πιέσεων πόρων κατάντη του κατάντη πόδα του φράγματος, για λόγους μακροχρόνιας αξιοπιστίας. Οι μετρήσεις σε αυτά θα γίνονται με ηλεκτρικό σταθμήμετρο.
4. Σωλήνες μετρήσεως των πλευρικών αποκλίσεων και καθιζήσεων. Οι σωλήνες κλισιομέτρων θα φέρουν στην εξωτερική τους επιφάνεια ολισθαίνοντες μαγνητικούς δακτυλίους που θα παρακολουθούν τις καθιζήσεις του αναχώματος. Οι μετρήσεις των οριζόντων και κατακόρυφων μετακινήσεων θα εκτελούνται με κατάλληλες μαγνητικές τορπίλες που θα εισάγονται προς τούτο στον σωλήνα και θα

- καταγράφονται σε φορητή συσκευή.
5. Βάθρα ελέγχου των επιφανειακών παραμορφώσεων σε διάφορες θέσεις στην επιφάνεια του φράγματος αλλά και στα αντρείσματα για παρακολούθηση της απόκρισης τους στην φόρτιση του νερού. Για την εξάρτηση των μετρήσεων θα εγκατασταθούν κατάλληλα τριγωνομετρικά σημεία.
  6. Διάταξη τριγωνικού εκχειλιστή στο φρεάτιο μέτρησης παροχών διηθήσεως μέσα από το φράγμα, με ηλεκτρική μέτρηση της (ανάντη) στάθμης του νερού που θα ανάγεται σε ισοδύναμη παροχή στο κτίριο διοίκησης.
  7. Σύστημα επιταχυνσιογράφων με δύο συσκευές, μια στην στέψη του φράγματος και μια στο αριστερό αντρείσμα, για την καταγραφή της σεισμικής δραστηριότητας στη θέση του έργου.

Προβλέπεται η διεξαγωγή των μετρήσεων σε 3 πλήρεις διατομές του αναχώματος, που φαίνονται στο σχετικό σχέδιο και δύο πλευρικές, όπου θα μετρώνται μόνο πιέσεις πόρων και ολικές πιέσεις στον πυρήνα καθώς και επιφανειακές παραμορφώσεις.

Παράλληλα, προβλέπεται σε κάθε μια από τις πλήρεις διατομές η εγκατάσταση ενός πιεζομέτρου δονούμενης χορδής μέσα στο φίλτρο του ανάντη πρανούς, ουσιαστικά για την μέτρηση της στάθμης νερού στον ταμιευτήρα, για συσχέτισμό με τις υπόλοιπες μετρήσεις μετά από την πλήρωση του ταμιευτήρα.

### **3.6 Έργα εκτροπής, υδροληψίας και εκκένωσης**

#### **3.6.1 Γενική παρουσίαση**

Βασικό κριτήριο για το σχεδιασμό των έργων υπήρξε η ελαχιστοποίηση του κρίσιμου χρόνου, κατά τη φάση της κατάκλυσης του ταμιευτήρα, κατά τον οποίο, λόγω μη ολοκλήρωσης του έργου εκκένωσης, δεν θα είναι δυνατός ο οποιοσδήποτε έλεγχος της στάθμης του ταμιευμένου νερού. Αυτό επιτυγχάνεται με σχεδιασμό ο οποίος επιτρέπει την ολοκλήρωση του μεγαλύτερου μέρους του έργου εκκένωσης πριν την έμφραξη της σήραγγας εκτροπής και την έναρξη της κατάκλυσης.

Το συνδυασμένο έργο εκτροπής, υδροληψίας και εκκένωσης κατασκευάζεται στο αριστερό αντρείσμα. Αποτελείται από:

- Σήραγγα η οποία κατά τη φάση κατασκευής του φράγματος, μαζί με τα σχετικά έργα εισόδου και εξόδου καθώς και το πρόφραγμα, θα αποτελούν τη διάταξη εκτροπής του ποταμού. Μετά το πέρας της κατασκευής του φράγματος τοποθετούνται δοκοί έμφραξης στην εισόδο της σήραγγας και κατασκευάζεται πώμα από σκυρόδεμα. Το τμήμα της σήραγγας ανάντη του πώματος κατακλύζεται μόνιμα, ενώ το αντίστοιχο στα κατόντη του πώματος θα διατρέχεται από τους αγωγούς υδροληψίας και εκκένωσης. Το τμήμα αυτό της σήραγγας θα είναι μόνιμα επισκέψιμο.
- Τρία φρέατα και αγωγό υδροληψίας ο οποίος τοποθετείται στην σήραγγα κατόντη του πώματος. Τα φρέατα επιτρέπουν την επιλογή μεταξύ τριών διαφορετικών σταθμών για την πραγματοποίηση της υδροληψίας.
- Φρέαρ, αγωγό και έργο εκβολής για την εκκένωση του ταμιευτήρα και για την παροχέτευση περιβαλλοντικής ροής στα κατόντη. Ο αγωγός εκκένωσης τοποθετείται και αυτός κατά μήκος της σήραγγας, στα κατόντη του πώματος.
- Κτίριο δικλίδων το οποίο αφ' ενός θα στεγάσει τα έργα ελέγχου της ροής του αγωγού υδροληψίας και του αγωγού εκκένωσης και αφ' ετέρου θα εξασφαλίσει ορισμένους αναγκαίους χώρους εργασίας.

### 3.6.2 Έργο προσωρινής εκτροπής

#### Περιγραφή

Από τα ανάντη στα κατόντη, το έργο προσωρινής εκτροπής αποτελείται από:

**1. Ανεπένδυτη τάφρο** τραπεζοειδούς διατομής μήκους 350 περίπου μέτρων για την καθοδήγηση της ροής του ποταμού προς τη σήραγγα εκτροπής. Η τάφρος έχει πλάτος πυθμένα 15m και κλίση πρανών 2 (οριζ.) προς 1 (κατακ.). Αμέσως ανάντη του έργου εισόδου της σήραγγας εκτροπής και σε μήκος 15m η τάφρος επενδύεται με λιθορριπή προστασίας.

**2. Έργο εισόδου** της σήραγγας εκτροπής. Το έργο εισόδου κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25 και αποτελείται με τη σειρά του από ανοικτό ανάντη τμήμα μήκους

18,60m και κλειστό τμήμα μήκους 54,60m.

**3. Σήραγγα εκτροπής** επενδεδυμένη με οπλισμένο σκυρόδεμα C25/30 μήκους 672,00m. Η σήραγγα έχει τροποποιημένη πεταλοειδή διατομή καθαρού πλάτους 5,10m και ύψους 5,25m. Στα ανάντη 41,00m περίπου, η διατομή της σήραγγας είναι ελεύθερη οιασδήποτε άλλης κατασκευής. Από τη Χ.Θ. 0+160,00 και για τα υπόλοιπα 658,50m περίπου, στη διατομή περιλαμβάνεται και ο αγωγός Φ1300 της εκκένωσης, εγκιβωτισμένος σε σκυρόδεμα.

**4. Έργο εξόδου** από οπλισμένο σκυρόδεμα C25/30. Το ανάντη τμήμα του έργου εξόδου έχει ίδια διατομή με την σήραγγα. Σε μήκος 10,00m κατασκευάζεται συναρμογή προς ορθογωνική διατομή. Το κατάντη, ανοικτό τμήμα του έργου εξόδου διαμορφώνεται σε συναρμογή προς τραπεζοειδή διατομή μήκους 15,00m. Το τμήμα αυτό είναι σχεδιασμένο για να δέχεται και την εκροή των δικλίδων εκκένωσης και περιβαλλοντικής παροχής. Για την προστασία του έργου από την από τα κατάντη υποσκαφή, διαμορφώνεται στο άκρο του χαλινός από αλληλοτεμνόμενους πασσάλους διαμέτρου 1,20m και βάθους 8,00m.

**5. Ανοικτή τάφρο** καθοδήγησης της ροής προς την κοίτη του ποταμού.

### **Υδραυλική λειτουργία**

Μετά την κατασκευή των έργων που αναφέρθηκαν παραπάνω, η ροή του ποταμού εκτρέπεται και αρχίζει η κατασκευή του προφράγματος. Με την κατασκευή και του προφράγματος ολοκληρώνεται το σύστημα προσωρινής εκτροπής του ποταμού το οποίο θα λειτουργήσει για όλο το χρονικό διάστημα κατασκευής των έργων του φράγματος Αστεριού. Μετά το πέρας των εργασιών κατασκευής του φράγματος και προκειμένου να αρχίσει η κατάκλυση του ταμιευτήρα τοποθετούνται οι δοκοί έμφραξης στις αναφερόμενες παραπάνω ειδικές υποδοχές του έργου εισόδου και ακολουθεί η σκυροδέτηση πάματος στη Χ.Θ. 0+142,00.

Οι συνθήκες ροής στο έργο εκτροπής παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο των υδραυλικών υπολογισμών. Συνοπτικά, υφίστανται δύο σαφώς διακριτές περιπτώσεις για τη ροή κατά μήκος της σήραγγας. Ροή με ελεύθερη επιφάνεια για παροχές έως περίπου τα  $150\text{m}^3/\text{s}$  και ροή υπό πίεση για παροχές άνω των  $160\text{m}^3/\text{s}$  περίπου. Για ενδιάμεσες παροχές παρουσιάζονται μεταβατικές συνθήκες με τμήμα μόνο της σήραγγας υπό πίεση και πιθανώς, σε κάποιο τμήμα, διαλείπουσα ροή.



Η μαθηματική προσομοίωση που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο των υδραυλικών υπολογισμών δείχνει ότι με τη συνδυασμένη συμβολή του έργου εκτροπής και του προφράγματος υπερκαλύπτεται η δυνατότητα διόδευσης της πλημμύρας 20ετίας. Στην Προμελέτη το έργο είχε σχεδιασθεί ώστε να καλύπτεται οριακά η πλημμύρα αυτή. Η αύξηση του ορίου ασφαλείας έγινε με ανύψωση της στέγης του προφράγματος από το υψόμετρο +165,00 της Προμελέτης στο υψόμετρο +171,00.

### **3.6.3 Έργο υδροληψίας**

#### **Εισαγωγή**

Με το έργο υδροληψίας επιτυγχάνεται η παροχέτευση των αναγκαίων ποσοτήτων νερού και από τις επιθυμητές κάθε φορά στιβάδες νερού του ταμιευτήρα προς την κεφαλή των δύο υδραγωγείων, που έχουν την αφετηρία τους στα κατάντη του φράγματος, δηλαδή του υδραγωγείου προς τα διυλιστήρια Ριγανόκαμπου στην Πάτρα και του υδραγωγείου προς το νέο διυλιστήριο που πρέπει να κατασκευασθεί στην περιοχή των έργων, και στη συνέχεια προς τη ΒΙ.ΠΕ. Πάτρας και τους Δήμους της περιοχής. Σημειώνεται ότι τα παραπάνω υδραγωγεία ευρίσκονται εκτός του αντικειμένου της μελέτης.

Το έργο υδροληψίας αποτελείται από τα τρία φρέατα με τα αντίστοιχα έργα εισόδου, από τον αγωγό μεταφοράς μέσα στη σήραγγα, από το κτίριο δικλίδων και από τη σύνδεση με τα δύο υδραγωγεία.

#### **Έργα εισόδου και φρέατα υδροληψίας**

Η απόληψη του νερού πραγματοποιείται από τρία εναλλακτικά φρέατα υδροληψίας τα οποία καταλήγουν σε τρεις διαφορετικά υψόμετρα στην επιφάνεια του εδάφους. Η διάταξη αυτή παρέχει τη δυνατότητα επιλογής για υδροληψία της στάθμης η οποία κρίνεται κάθε φορά η πλέον επιθυμητή από πλευράς ποιότητας νερού.

Στην κεφαλή του κάθε φρέατος κατασκευάζεται έργο εισόδου το οποίο έχει τη μορφή φρεατίου συνολικού ύψους 3,00m, μεγίστου πλάτους 2,60m και με σχήμα, σε κάτοψη, εξαγώνου. Σε κάθε πλευρά του εξαγώνου υπάρχουν ανοίγματα 0,84X1,00 με εσχάρες για την ειροή του νερού. Στις εσχάρες έχει δοθεί κατάλληλη κλίση ώστε να ευνοείται η αποκόλληση

επιπλέοντων φερτών υλικών όταν η ελεύθερη επιφάνεια του νερού του ταμιευτήρα χαμηλώνει.

Τα τρία έργα εισόδου (No1, No2 και No3) κατασκευάζονται σε αντίστοιχα επίπεδα (ταμπάνια) που διαμορφώνονται με εκσκαφές στις στάθμες +171,00, +183,00 και +195,00. Οι αντίστοιχες ελάχιστες στάθμες υδροληψίας (δηλαδή οι στάθμες των στέψεων των ανοιγμάτων των φρεατίων) είναι +172,70, +184,20 και +196,20. Οι οδοί πρόσβασης προς αυτά έχουν σχεδιασθεί μονοκλινείς ώστε να εξασφαλίζεται η πρόσβαση στο κάθε ένα από τα έργα εισόδου όταν η στάθμη του ταμιευτήρα είναι χαμηλότερα από το υψόμετρο του αντίστοιχου επιπέδου.

Τα φρέατα υδροληψίας έχουν διάμετρο Φ1500 και επενδύονται με χαλύβδινο αγωγό Φ900.

### **Αγωγός**

Η μεταφορά του νερού ύδρευσης από την περιοχή των φρεατών υδροληψίας προς την κεφαλή των υδραγωγείων στα κατάντη της σήραγγας εκτροπής γίνεται μέσω χαλύβδινου αγωγού διαμέτρου 900 mm τοποθετημένου στο εσωτερικό της σήραγγας μέχρι το θάλαμο δικλίδων. Στο τμήμα αυτό κινείται παράλληλα με τον αγωγό εκκένωσης. Για λόγους που σχετίζονται με τη διευθέτηση του διατιθέμενου χώρου στο εσωτερικό της σήραγγας, ο αγωγός υδροληψίας τοποθετείται πάνω από τον αγωγό εκκένωσης στηριζόμενος σε μεταλλικές βάσεις ανά ορισμένες αποστάσεις.

Το φρέαρ της υδροληψίας No1 καταλήγει στον κύριο αγωγό Φ900 μετά από κατακόρυφη καμπύλη 90°. Τοποθετούνται δύο δικλίδες τύπου πεταλούδας Φ900. Μία χειροκίνητη εφεδρική και μία ηλεκτροκίνητη λειτουργίας. Το φρέαρ της υδροληψίας No2 καταλήγει σε δευτερεύοντα αγωγό Φ900 ο οποίος τοποθετείται υψηλότερα από τον κύριο. Στον αγωγό αυτό τοποθετούνται δύο αντίστοιχες με τις παραπάνω δικλίδες και κατάντη των δικλίδων ο δευτερεύων αγωγός συμβάλλει υπό γωνία με τον κύριο. Όμοια είναι και η διάταξη που αφορά την υδροληψία No3.

### **3.6.4 Έργο εκκένωσης**

#### **Εισαγωγή**

Το έργο εκκένωσης, ή εκκενωτής πυθμένα, επιτρέπει τον καταβιβασμό, ή τον έλεγχο της ανόδου, της στάθμης του ταμιευτήρα. Αποτελεί συνεπώς έργο ασφαλείας πολύ μεγάλης σημασίας. Συγχρόνως, το έργο αυτό θα εξασφαλίζει την περιβαλλοντική παροχή στα κατάντη του φράγματος.

#### **Περιγραφή**

Στο ανάντη άκρο του εκκενωτή κατασκευάζεται έργο εισόδου στην κεφαλή φρέατος. Το έργο εισόδου είναι αντίστοιχο με τα εξαγωνακά φρεάτια υδροληψίας που περιγράφονται παραπάνω αλλά έχει μεγαλύτερες διαστάσεις με το μέγιστο πλάτος να φθάνει τα 4,40m. Η κατώτατη στάθμη υδροληψίας είναι +172,00.

Το έργο εισόδου κατασκευάζεται στο ίδιο επίπεδο (+171,00) με το χαμηλότερο από τα έργα υδροληψίας.

Το φρέαρ εκκένωσης έχει διάμετρο Φ1500 και επενδύεται με χαλύβδινο αγωγό Φ1300. Το φρέαρ εκκένωσης (όπως και τα φρεάτια των υδροληψιών) κατασκευάζεται και ολοκληρώνεται προς της έναρξης λειτουργίας της σήραγγας εκτροπής.

Κατά μήκος της σήραγγας τοποθετείται χαλύβδινος αγωγός εκκένωσης Φ1300. Ο αγωγός αυτός κατασκευάζεται συγχρόνως με τη σήραγγα και εγκιβωτίζεται σε σκυρόδεμα αντίστοιχης ποιότητας με του πυθμένα της σήραγγας για προστασία από τη διάβρωση κατά τη λειτουργία του έργου εκτροπής. Αμέσως κατάντη του φρέατος τοποθετείται δικλίδα τύπου πεταλούδας, η οποία επιτρέπει την απομόνωση του ανάντη αυτής τμήματος των έργων εκκένωσης, στις περιπτώσεις που απαιτείται να γίνουν εργασίες στον αγωγό.

Μετά την είσοδο του αγωγού εκκένωσης στον υπόγειο χώρο του κτιρίου δικλίδων, η διάμετρος του μειώνεται σε 1100 mm με τη μεσολάβηση συστολικού Φ 1300/1100. Στην απόληξη του μικρού αυτού τμήματος του αγωγού τοποθετείται η δικλίδα εκκένωσης. Πρόκειται για δικλίδα τύπου hollow - cone (Howell Bunger), διαμέτρου 1100 mm. Η δέσμη

του νερού που απελευθερώνεται από τη δικλίδα κατευθύνεται σε λεκάνη κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Στο τμήμα του αγωγού εκκένωσης διαμέτρου 1100 mm υπάρχει διακλάδωση με χαλύβδινο αγωγό διαμέτρου 500 mm, η οποία καταλήγει σε δεύτερη δικλίδα τύπου hollow - cone, διαμέτρου 500 mm. Η διακλάδωση αυτή εξυπηρετεί την αποδέσμευση προς τα κατόπι μιας συνεχούς παροχής ίσης με 200 lt/sec περίπου για λόγους περιβαλλοντικούς. Η εκβολή του νερού από τη δικλίδα γίνεται προς την ίδια λεκάνη με τον αγωγό εκκένωσης.

### **3.6.5 Διάνοιξη και επένδυση φρέατων**

Για τις ανάγκες των έργων υδροληψίας και εκκένωσης διανοίγονται 4 φρέατα διαμέτρου 1,50m με μηχανήματα Raised Borer. Το μοναδικό φρέαρ εκκένωσης επενδύεται με χαλύβδινο αγωγό Φ1300 ενώ τα τρία φρέατα υδροληψίας με χαλύβδινο αγωγό Φ900. Το διάκενο πληρώνεται με σκυρόδεμα με αδρανή μικρού κόκκου.

### **3.6.6 Λειτουργία και έμφραξη της σήραγγας εκτροπής - χρονική αλληλουχία εργασιών**

Η χρονική αλληλουχία των εργασιών θα πρέπει να έχει σαν στόχο την ελαχιστοποίηση του κρίσιμου χρόνου μεταξύ της έμφραξης της σήραγγας και της πλήρους ολοκλήρωσης της διάταξης εκκένωσης. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση του χρόνου κατά τον οποίο η στάθμη στον ταμιευτήρα δεν θα είναι ελεγχόμενη. Επίσης είναι επιθυμητή και η ταχύτερη κατά το δυνατόν ολοκλήρωση των τμημάτων του αγωγού Φ900 υδροληψίας ανάντη των χειροκίνητων δικλίδων τύπου πεταλούδας καθώς και η εγκατάσταση των δικλίδων ώστε να είναι δυνατή η απομόνωση του αγωγού Φ900 από τον ταμιευτήρα.

Για να επιτευχθούν τα παραπάνω θα πρέπει το μεγαλύτερο τμήμα του έργου εκκένωσης να έχει ολοκληρωθεί προ της έναρξης λειτουργίας της σήραγγας εκτροπής. Το ίδιο ισχύει και για τα φρέατα υδροληψίας. Συγκεκριμένα, η εκτροπή του ποταμού δια μέσου της σήραγγας δεν θα πραγματοποιηθεί πριν ολοκληρωθούν πλήρως:

- Όλες οι εργασίες οι σχετικές με τη σήραγγα εκτροπής συμπεριλαμβανομένης της σκυροδέτησης της τελικής επένδυσης, της εκτέλεσης όλων των τσιμεντενέσεων, των αποστραγγίσεων κλπ.
- Όλες οι εργασίες οι σχετικές με τα έργα εισόδου και εξόδου της σήραγγας εκτροπής.
- Όλες οι εργασίες οι σχετικές με τον εγκιβωτισμένο αγωγό εκκένωσης και το φρέαρ εκκένωσης εκτός του τμήματος εγκατάστασης της δικλίδας πεταλούδας και της σύνδεσης με τα φρέαρ.
- Όλες οι εργασίες οι σχετικές με τα φρέατα υδροληψίας.
- Όλες οι εργασίες οι σχετικές με το κτίριο δικλίδων οι οποίες δεν είναι δυνατόν να εκτελεστούν παράλληλα με τη λειτουργία της σήραγγας εκτροπής και οι οποίες είναι απαραίτητες για τη λειτουργία του έργου εκκένωσης αμέσως μετά την έμφραξη της σήραγγας εκτροπής.

Η διακοπή λειτουργίας της σήραγγας επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση των δοκών έμφραξης στο έργο εισόδου. Η έμφραξη θα πρέπει να γίνει κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όταν η παροχή του ποταμού είναι πολύ χαμηλή. Οι δοκοί έμφραξης δεν θα τοποθετηθούν πριν:

Ολοκληρωθούν το έργο εισόδου του εκκενωτή και οι τρεις υδροληψίες στο αριστερό αντέρεισμα συμπεριλαμβανομένης και της εγκατάστασης όλων των εσχαρών κλπ.

Ολοκληρωθούν όλες οι εργασίες στο κτίριο δικλίδων, συμπεριλαμβανομένης και της τοποθέτησης όλων των δικλίδων και άλλου εξοπλισμού, οι σχετικές με τη λειτουργία του εκκενωτή.

Παραληφθούν στο εργοτάξιο, έτοιμα προς τοποθέτηση εντός της σήραγγας όλες οι δικλίδες και τα τμήματα του αγωγού Φ900.

Μετά την τοποθέτηση των δοκών έμφραξης, συνδέεται, κατά προτεραιότητα το φρέαρ του έργου εκκένωσης με τον ήδη κατασκευασμένο αγωγό Φ1 300 και τοποθετείται η δικλίδα Φ1300. Αμέσως μετά τοποθετούνται οι τρεις χειροκίνητες δικλίδες Φ900 τύπου πεταλούδας του αγωγού υδροληψίας και συνδέονται με τα αντίστοιχα φρέατα. Οι παραπάνω εργασίες οι οποίες ολοκληρώνονται μέσα σε λίγες ημέρες εξασφαλίζουν τόσο τη λειτουργία του εκκενωτή όσο και την απομόνωση του αγωγού υδροληψίας από τον ταμιευτήρα.

Στη συνέχεια σκυροδετείται το πώμα έμφραξης ανάντη του έργου εκκένωσης και μετά από παρέλευση ικανού χρόνου πραγματοποιείται η απαγωγή αέρα και πλήρωση με νερό του ανάντη του πώματος τμήματος της σήραγγας με χρήση των ειδικών διατάξεων που θα εγκιβωτισθούν στο σκυρόδεμα της επένδυσης της σήραγγας σύμφωνα με Μελέτη Εφαρμογή.

Με την ολοκλήρωση των εργασιών σκυροδέτησης του πώματος, ξεκινούν οι εργασίες τοποθέτησης του αγωγού υδροληψίας Φ900 και των ηλεκτροκίνητων δικλίδων.

### **3.7 Έργα απαγωγής πλημμύρας**

#### **3.7.1 Γεωλογικά και Γεωτεχνικά στοιχεία**

Βασικά γεωλογικά και γεωτεχνικά στοιχεία σχετικά με τον υπερχειλιστή, παρατίθενται αναλυτικά στις σχετικές γεωλογικές και γεωτεχνικές μελέτες.

Συνοπτικά αναφέρουμε τα ακόλουθα:

- Το τμήμα του δεξιού αντερείσματος, όπου τοποθετείται ο υπερχειλιστής, δομείται από την ιζηματογενή σειρά της ζώνης Τριπόλεως-Γαβρόβου και ειδικότερα από τα ιζήματα του φλύσχη, στα οποία κυριαρχούν ιλυόλιθοι, ενώ συμμετέχουν σε μικρότερη έκταση ψαμμίτες και κροκαλοπαγή.
- Στο δεξιό αντέρεισμα, όπου πρόκειται να κατασκευαστεί ο υπερχειλιστής, δεν έχουν παρατηρηθεί μεγάλα ρήγματα, τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη συμπεριφορά της βραχώμαζας από άποψη φέρουσας ικανότητας και ευστάθειας των πρικών εκσκαφής. Ωστόσο, δεν μπορεί να αποκλειστεί η παρουσία μικρότερων ρηγμάτων στην εν λόγω περιοχή, τα οποία, λόγω της επικάλυψης των μητρικών πετρωμάτων από χαλαρά υλικά, δεν κατέστη δυνατόν να εντοπισθούν και να αποτυπωθούν στη φάση αυτή. Αντίθετα έχουν αποτυπωθεί δύο (2) κύριες οικογένειες διακλάσεων και η κυρίαρχη οικογένεια επιφανειών ασυνεχειών στρώσης, με γενικά καλή συσχέτιση των γεωμετρικών στοιχείων των ασυνεχειών.
- Η γενική διεύθυνση κλίσης των στρωμάτων είναι ΒΑ με μέση γωνία κλίσης 45°-50°. Γενικά κατά μήκος του υπερχειλιστή, τα στρώματα κλίνουν προς το εσωτερικό της δεξιάς κλιτύς, γεγονός που ενισχύει την ευστάθεια. Τα αντιπροσωπευτικά συστήματα ασυνεχειών, που κυριαρχούν στην περιοχή του υπερχειλιστή, είναι γενικά περιορισμένης εμφάνισης, λόγω της πλαστικής παραμορφωσιμότητας των ιλυολίθων

και παρουσιάζονται καλύτερα εκπεφρασμένα στους σχηματισμούς των ψαμμιτών και των κροκαλοπαγών (όπου αυτοί εμφανίζονται στο δεξιό αντέρεισμα).

- Οι αποστάσεις μεταξύ των ασυνεχειών είναι της τάξης των 20 έως 30 cm, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις είναι ακόμα μικρότερες. Σε ορισμένες μόνο θέσεις, κυρίως κοντά στην είσοδο του υπερχειλιστή, παρατηρούνται σαφώς μικρότερες αποστάσεις μεταξύ των ασυνεχειών, της τάξης των 10 έως 20 cm. Οι περισσότερες διακλάσεις εμφανίζονται πληρωμένες με αργιλικό υλικό. Το υλικό αυτό επηρεάζει την γεωμηχανική συμπεριφορά της βραχόμαζας. Οι διακλάσεις παρουσιάζονται τραχιές στους ψαμμίτες και λείες στους ιλυολίθους.

Στη διάρυγα προσαγωγής του υπερχειλιστή και στον άξονα της διάρυγας, έχουν εκτελεστεί στο παρόν στάδιο της μελέτης, έξι (6) ερευνητικές γεωτρήσεις. Από την αξιολόγηση των γεωλογικών χαρτογραφήσεων και των γεωτεχνικών ερευνών, προέκυψε ότι κατά την κατασκευή της διάρυγας του υπερχειλιστή, δεν θα παρουσιαστούν ιδιαίτερα γεωλογικά/γεωτεχνικά προβλήματα. Προβλέπονται σημαντικές εκσκαφές μέσα στους χαλαρούς σχηματισμούς του φλύσχη, καθώς και στους υποκείμενους εναλασσόμενους υγιείς σχηματισμούς, για λόγους κυρίως υδραυλικούς. Στο επίπεδο των προτεινόμενων εκσκαφών τα πετρώματα του υποβάθρου, εμφανίζονται από την διεξαχθείσα (εντός του πλαισίου της εγκριθείσης δαπάνης) έρευνα ότι έχουν ικανοποιητική φέρουσα ικανότητα για να παραλάβουν τα επιβαλλόμενα φορτία. Στη φάση της κατασκευής, θα πρέπει να εφαρμοστούν ήπιες κλίσεις τεχνητών πρανών εκσκαφής, ιδιαίτερα στο αριστερό πρανές εκσκαφής της διάρυγας, όπου θα εμφανιστούν πυκνές επιφάνειες ασυνεχειών στρώσης, με δυσμενή γεωμετρικά στοιχεία ως προς τον άξονα του υπερχειλιστή. Οι κλίσεις των τεχνητών πρανών εκσκαφής, προτείνεται να είναι παράλληλες προς τις κλίσεις των επιφανειών στρώσης. Τα μέσα επίπεδα των επιφανειών ασυνεχειών στρώσης έχουν κλίση περίπου 50° Ανατολικά.

Στο δεξιό τεχνητό πρανές εκσκαφής της διάρυγας, προτείνεται να εφαρμοστούν κλίσεις 2(κ):1(ο). Για να αποτραπούν οι δομικές αστάθειες, θα εφαρμοστούν μέτρα υποστήριξης, και σταθεροποίησης όπου απαιτηθούν (εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δομικό πλέγμα και αγκυρώσεις). Εάν οι εκσκαφές για τον ανοικτό υπερχειλιστή, προγραμματισθούν να συνδυαστούν με την κατασκευή του φράγματος, τότε τα χρησιμοποιήσιμα προϊόντα εκσκαφής, θα είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στο φράγμα χωρίς προσωρινή μεταφορά και αποθήκευση.

### 3.7.2 Περιγραφή των έργων

Το συνολικό έργο του υπερχειλιστή, που τοποθετείται στο δεξιό αντρείσμα του φράγματος, περιλαμβάνει τον (χωρίς θυροφράγματα) πλευρικό ρουφράκτη (ogee), τον συλλέκτη, τη διώρυγα μεταφοράς, τη διώρυγα πτώσεως, τον κάδο αναπήδησης και εκτόξευσης (flip bucket) και αμέσως κατάντη αυτού για την αποτόνωση της ενέργειας προβλέπεται λεκάνη αποτόνωσης (plunge pool) στην κοίτη του ποτ. Παραπείρου που θα δημιουργηθεί με περιορισμένη θωρακισμένη εκσκαφή ενώ πιο κατάντη, όπου και η περίπτωση της μεγίστης πλημμυρικής εκτόξευσης η εκσκαφή θα αφηθεί να δημιουργηθεί μελλοντικά από την δράση της εκτοξευόμενης υδραυλικής σινδόνης.

Για την εξασφάλιση απαιτούμενου υδάτινου προσκεφαλαίου για μείωση του βάθους αποτόνωσης προβλέπεται, σε στενωπό κατάντη και των έργων εκτροπής -υδροληψίας - εκκένωσης, η κατασκευή ρουφράκτη στον ποταμό, που εξασφαλίζει αντίστοιχη υπερυψωμένη στάθμη συναρτήσει της εκάστοτε παροχής. Επειδή η στέψη του ρουφράκτη προβλέπεται σε υψόμετρο ίσο περίπου με εκείνο της κοίτης του π. Παραπείρου, προτείνεται ελεγχόμενη εκβάθυνση της κοίτης κατάντη του ρουφράκτη σε μήκος 670 μ., περίπου.

Η διαστασιολόγηση του υπερχειλιστή και των συστατικών του έργων έγινε για την μέγιστη πιθανή πλημμύρα (PMF  $Q = 1700 \text{ m}^3/\text{sec}$ ).

Ηδη από την προμελέτη είχε επιλεγεί ο τύπος του πλευρικού υπερχειλιστή σαν ο καταλληλότερος από απόψεως προσαρμογής προς την γεωμορφολογία του δεξιού αντρείσματος, όπου τοποθετείται.

Μετά από εξέταση ορισμένων παραλλαγών υιοθετήθηκε άξονας λίγο διαφοροποιημένος με εκείνον, που εμφανίζεται στην προμελέτη. Συγκεκριμένα με στροφή του άξονα μετατοπίστηκε προς την κοίτη το κατάντη άκρο του υπερχειλιστή, ενώ ο συλλέκτης μετατέθηκε προς τα ανάντη και αυξήθηκε το μήκος του για εξασφάλιση ασφαλέστερου ελεύθερου ύψους φράγματος για την μέγιστη πιθανή πλημμύρα.

Με τον άξονα που υιοθετήθηκε εξασφαλίζεται η έδραση του ρουφράκτη σε ανθεκτικό βράχο και μάλιστα με κάποιο περιθώριο ασφαλείας τόσο στην περιοχή του συλλέκτης όσο και του κάδου εκτίναξης, ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται η τοποθέτηση του νέου άξονα του



φράγματος ανάντη της κατολίσθησης του δεξιού ακροβάθρου (που προβλέπεται να εκσκαφεί).

Υστερα από πρόταση του συμβουλίου εμπειρογνομώνων εξετάστηκε και η περίπτωση καμπύλης σε οριζοντιογραφία χάραξης με στόχο την τοποθέτηση του συλλέκτη σε άξονα παράλληλο με τις ισοϋψείς καμπύλες. Συγκεκριμένα στο ανάντη άκρο του τοίχου επαφής του πυρήνα και φίλτρων του σώματος, του φράγματος (XΘ 0+174,00) εφαρμόζεται τόξο κύκλου ακτίνας  $R=80$  μ. (η ελάχιστη υδραυλικά απαιτούμενη). Η συγκεκριμένη διάταξη πέρα από το ότι υστερεί υδραυλικά σε σχέση με την προτεινόμενη (δημιουργία κυματισμών σε συνθήκες υποκρίσιμης ροής μεν αλλά κοντά στην κρίσιμη με μεγάλο εύρος παροχών λειτουργίας) οδηγεί σε αύξηση του μήκους του υπερχειλιστή κατά 40 μ. με συνέπεια την αύξηση τόσο των εκσκαφών όσο και των σκυροδεμάτων. Για τους παραπάνω λόγους εγκαταλήφθηκε.

Σε περιορισμένο μήκος περί την XΘ 0+300, όπου η διώρυγα εδράζεται (για υδραυλικούς λόγους) σε μικρό βάθος, προβλέπεται η κατασκευή θεμελίου του αριστερού τοίχου μέχρι το αναγκαίο βάθος για την έδρασή του σε ανθεκτικό βράχο με παράλληλη χρησιμοποίηση αντιστοιχών μέτρων σταθεροποίησης.

Η διατομή του ρουφράκτου είναι υδραυλικά διαμορφωμένης στέψης και εξωραχίου (τύπου ogee crest) για λόγους αυξημένης παροχεταιυτικότητας και ελαχιστοποίησης των φαινομένων σπηλαιώσης. Το μήκος υπερχείλισης του ρουφράκτου λαμβάνεται ίσο με 50,99 μ. , αυξημένο από εκείνο της προμελέτης (40 μ.) για εξασφάλιση επαρκούς περιθωρίου ασφαλείας στην μέγιστη πιθανή πλημμύρα.

Η στάθμη της μέγιστης πιθανής πλημμύρας (PMF) στον ταμιευτήρα υπολογίστηκε σε +213,10 και η αιχμή του υδρογραφήματος εκροής σε 1.700 μ<sup>3</sup>/δλ. Αντίστοιχα για τη συχνότητα  $T=10.000$  ετών η στάθμη πλημμύρας υπολογίστηκε σε +210,71 και η παροχή σε 765 μ<sup>3</sup>/δλ.

Αμέσως κατάντη του ρουφράκτη τοποθετείται ο συλλέκτης που συγκεντρώνει και οδηγεί τα υπερχειλίζοντα νερά στη διώρυγα μεταφοράς. Ο συλλέκτης είναι μεταβλητού πλάτους πυθμένα από 10,00 έως 20,00 μ. και μήκους 50,0 μ. με κατά μήκος κλίση 10 %ο.

**Η δεξιά παρειά του συλλέκτη προτείνεται με τοίχο κλίσης πρανούς 1 (οριζ.) προς 3 (κατακ.)**

Αμέσως μετά το συλλέκτη ακολουθεί συναρμογή μήκους 15 μ. από την τραπεζοειδή προς ορθογωνική διατομή πλάτους 20μ. με κ.μ. κλίση 0,5%. Κατόπιν ακολουθεί η διώρυγα μεταφοράς μήκους 185,90 μ. και η διώρυγα πτώσης, μήκους 174,00 μ. δηλαδή συνολικού μήκους 359,90 μ. Οι διώρυγες μεταφοράς και πτώσεως προβλέπονται από ολόσωμο σκυρόδεμα ορθογωνικής διατομής με καθαρό πλάτος 20 μ. και με κατάλληλα μέτρα αγκυρώσεως και αποστραγγίσεως.

Η διαφοροποίηση της ονομασίας οφείλεται στη διαφορά των κατά μήκος κλίσεων του πυθμένα και αντίστοιχα της ροής (υποκρίσιμη-υπερκρίσιμη). Η διώρυγα μεταφοράς έχει κ.μ. κλίση 0,5% ενώ η διώρυγα πτώσεως μεταβλητή από 100 έως 470%.

Στη ΧΘ 0+350,00 καθώς και στις ΧΘ 0+413,33 και 0+478,50, όπου μεταβάλλεται η κατά μήκος κλίση, προβλέπονται κατακόρυφες συναρμογές ενώ στη θέση αλλαγής διατομής του συλλέκτη από τραπεζοειδή σε ορθογωνική (στο τέλος του συλλέκτη μεταξύ των ΧΘ 0+149,10 και 0+164,10) προβλέπεται οριζόντια συναρμογή μήκους 15 μ.

Στη ΧΘ 0+481,50 προβλέπεται η εγκατάσταση διάταξης αερισμού με ταυτόχρονη πτώση του πυθμένα κατά 1,0 μ.

Στο τέλος της διώρυγας πτώσης κατασκευάζεται το έργο του κάδου αναπήδησης διαμορφωμένο με σκοπό την εκτίναξη της υδάτινης φλέβας μακριά από το αντίστοιχο πρανές.

Ο κάδος διαμορφώνεται με ενιαίο τόξο ακτίνας 25 μ. και γωνία εκτόξευσης 25° με στόχο να οδηγή την υδάτινη φλέβα σε επαρκή απόσταση.

Στον πόδα του κάδου κατασκευάζεται ποδιά από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχ. 1,00 μ. μέχρι τη στάθμη +130,00 όπου προβλέπεται για μικρότερες πλημμυρικές παροχές με μικρότερη απόσταση εκτόξευσης η εκσκαφή περιορισμένων διαστάσεων (25,0 X 30,0) κατάλληλα θωρακισμένης λεκάνης αποτόνωσης. Η στάθμη του αναγκαίου υδάτινου προσκεφαλαίου (υψ.+144,0) στη λεκάνη αποτόνωσης εξασφαλίζεται με την κατασκευή κατάντη της εξόδου της σήραγγας εκτροπής ρουφράκτη από οπλισμένο σκυρόδεμα με στέψη στο υψόμε. +139,00.

Επειδή το αναμενόμενο βάθος διάβρωσης εκτιμάται ότι θα είναι της τάξεως των 30 μ., οπότε

ο πυθμένας της λεκάνης αναμένεται να φθάσει στη στάθμη +114,00 (=144,00-30,00), προβλέπεται η εξασφάλιση τόσο της ποδιάς όσο και των εκατέρωθεν του κάδου τερματικών τοίχων μέσω της θεμελιώσεώς τους σε μεγαλύτερα βάθη με κουρτίνα αλληλοτεμνομένων πασσάλων ( $\Phi = 1,20 \text{ m}$ ).

Η λεκάνη αποτόνωσης ιδίως για την μέγιστη πλημμύρα ( $Q=1700 \text{ m}^3\text{sec}$ ) αφήνεται να δημιουργηθεί μελλοντικά από τη διάβρωση λόγω της λειτουργίας του υπερχειλιστή, ενώ για την ελεγχόμενη απορροή της πλημμυρικής παροχής προβλέπεται να εκσκαφεί διώρυγα προς τον κατάντη ρουφράκτη με πλάτος πυθμένα 10 μ. πυθμένα στη στάθμη +136,0 κ.μ. κλίση 5‰ και κλίσεις πρανών 2,5 (ο): 1(κ).

Για τους ίδιους λόγους διώρυγα με τις ίδιες διαστάσεις προβλέπεται ακόμα να εκσκαφεί κατάντη του ρουφράκτη με κ.μ. κλίση 5‰ (μειωμένη σε σχέση με την υφιστάμενη 10‰) σε μήκος 670 μ. περίπου.

Η επιλογή του τύπου των έργων είναι μονοσήμαντη, λαμβανομένου υπόψη του κόστους κατασκευής των έργων και του ύψους της ενέργειας, που απαιτείται να καταστραφεί για την ασφαλή διέλευση και όδευση των πλημμυρικών παροχών κατάντη του φράγματος.

### **3.7.3 Μέτρα σταθεροποιήσεως και επενδύσεως**

Κάτω από την έδραση της πλάκας του συλλέκτη εκκινούν δύο παράλληλα διαμήκη στραγγιστήρια (με εγκάρσιες εκατέρωθεν συνδέσεις ανά 20,0 μ. περίπου), τα οποία ακολουθούν παράλληλη πορεία με τη διώρυγα μεταφοράς και τη διώρυγα πτώσεως για να εκβάλουν στην αντίστοιχη μισγάγγεια (XΘ0+270,00) και πιο κατάντη στην λεκάνη εκτονώσεως. Προβλέπονται ακόμα δύο παράλληλα αντιστοίχως εκβάλλοντα διαμήκη στραγγιστήρια εξωτερικά σε όλο το μήκος του δεξιού κατακόρυφου τοίχου της διώρυγας μεταφοράς και πτώσεως και του αριστερού κατακόρυφου τοίχου της διώρυγας μεταφοράς (κατάντη της XΘ 0+222) και πτώσεως. Στο τμήμα της διώρυγας μεταφοράς και πτώσεως οι εγκάρσιες συνδέσεις γίνονται επίσης ανά 20,0 μ. περίπου. Η τοποθέτηση των διαμηκών στραγγιστηρίων γίνεται κάτω από την πλάκα δαπέδου. Τα στραγγιστήρια αποτελούνται από διάτρητους σιμεντοσωλήνες, οι οποίοι εγκιβωτίζονται σε αμμοχάλικο φίλτρο, το οποίον επικαλύπτεται με στεγανό φύλλο (π.χ. νάιλον ή ασφαλτόπανο), για να αποφευχθούν διεισδύσεις σιμεντοκονίας κατά την σκυροδέτηση του υπερκείμενου σκυροδέματος. Σε

περίπτωση ανάγκης τοποθέτησης τους σε βαθύ όρυγμα το ανώτερο τμήμα του ορύγματος γεμίζει με σκυρόδεμα.

Όλο το έργο υπερχείλισης ευρίσκεται σε βαθύ όρυγμα και λαμβάνονται μέτρα σταθεροποίησης των πρηνών όπως περιγράφονται παρακάτω.

Η διατομή μορφώνεται ως εξής:

α) Στο συλλέκτη ο ρουφράκτης μορφώνεται σε στατικά ενιαία ολόσωμη κατασκευή με το δάπεδο και τον απέναντι δεξιό τοίχο. Ο ρουφράκτης υπερχείλισης αποτελεί και τον αριστερό τοίχο. Ο δεξιός τοίχος διαμορφώνεται εσωτερικά με κλίση 1(ο):3(κ) ενώ εξωτερικά κατακόρυφος. Οι δύο τοίχοι συνδέονται άκαμπτα με την πλάκα δαπέδου.

Προβλέπονται αρμοί με ταινίες στεγάνωσης ανά 17 μ. περίπου.

β) Στη διώρυγα μεταφοράς ο δεξιός τοίχος μορφώνεται σε στατικά ενιαία ολόσωμη κατασκευή με το δάπεδο και τον αριστερό τοίχο. Ειδικά στη θέση επαφής πυρήνα και μεταβατικών ζωνών η εξωτερική παρειά του αριστερού τοίχου έχει ήπια κλίση 1 (ο):2 (κ) για την ασφαλή έδραση του πυρήνα και των μεταβατικών ζωνών. Προβλέπονται αρμοί στεγάνωσης τόσο στην πλάκα όσο και στους τοίχους ανά 20 μ. περίπου με εξαίρεση το τμήμα επαφής πυρήνα και φίλτρων με τον τοίχο όπου δεν προβλέπονται αρμοί (σε μήκος 48 μ.).

γ) Στη διώρυγα πτώσεως και στον κάδο αναπήδησης μορφώνεται διατομή ολόσωμη ενιαία στατικώς (τοιχώματα και δάπεδο) όπως πιο πάνω.

δ) Οι παρειές των αντιστοιχών ορυγμάτων (κλίση 1:1 στο αριστερό και 2 κατ:1 οριζ. στο δεξιό πρηνές) σταθεροποιούνται με αγκύρια βάθους 5,0 - 8,00 μ. περίπου πεσσοειδώς διατεταγμένα ανά 3,0-4,0 μ. σε συνδυασμό με επιφανειακή επικάλυψη με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 4-5 εκ. Το υπεράνω της διατομής από σκυρόδεμα τμήμα της διατομής σταθεροποιείται με αγκύρια μήκους 5,0 μ. ανά 4 μ. και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχ. 8 εκ. με δομικό πλέγμα ή συρματοπλέγμα (chain link fabric).

ε) Στην ανάντη κεφαλή του ο συλλέκτης κλείνει με την εγκατάσταση τοίχου αντιστηρίξεως του εξωτερικού επιχώματος με κλίση πρηνών 1(ο):3(κ), ο οποίος αντιστηρίζεται από το σώμα του ρουφράκτη (ogee), την πλάκα δαπέδου και τον δεξιό τοίχο του συλλέκτη.

στ) Η σταθεροποίηση του πυθμένα των διατομών γενικώς πραγματοποιείται με την τοποθέτηση σε πεσσοειδή διάταξη ανά αποστάσεις 3,0 μ. ράβδων αγκύρωσης διαμ. 25 χλσ βάθους 4,0 μ., μέχρι την ΧΘ 0+413, ενώ του μέχρι την ΧΘ 0+470 και μεταξύ των ΧΘ 0+517,88 και 0+548 μήκους της διώρυγας πτώσεως για την σταθεροποίηση θα απαιτηθούν ράβδοι διαμ. 25 χλσ μεγαλύτερου βάθους 10 μ. υπό κλίση 55° ως προς τον πυθμένα

θεμελιώσεως τέλος για το υπόλοιπο μέχρι τον κάδο αναπηδήσεως (XΘ 0+517,88) μήκος θα απαιτηθούν ράβδοι αγκυρώσεως διαμ. 28 χλσ. βάθους 13,5 μ με κλίση 26° ως προς την οριζόντιο πυθμένα σε κάρναβο ανά 2,0 μ.

Πέραν των ράβδων αγκυρώσεως στον πυθμένα η σταθεροποίηση του κάδου εκτίναξης, της ποδιάς του και των παρειών γύρω από αυτόν θα πραγματοποιηθεί με προεντεταμένες αγκυρώσεις μήκους 35 μ. σε κάρναβο ανά 3,10 μ. υπό γωνία 36° ως προς την οριζόντιο και παραμένουσας ικανότητας 60 t Από τις σχετικές αναλύσεις ευσταθείας προέκυψε η ανάγκη τοποθέτησης αγκυρώσεων με δύναμη προεντάσεως 60 t για κάθε μία. Αν όμως αυξηθεί η δύναμη προεντάσεως κάθε αγκυρώσεως μπορεί να μειωθεί ο αριθμός τους με την προϋπόθεση εξασφάλισης της απαιτούμενης ολικής δυνάμεως σταθεροποίησης.

ζ) Για την αντιμετώπιση και μείωση των συνεπειών από την καταστροφή της ενεργείας της υδάτινης φλέβας που εκτινάσσεται από τον κάδο αναπηδήσεως εθεωρήθησαν αναγκαία τα παρακάτω μέτρα:

1) Η προστασία του πρανούς αμέσως κατάντη του κάδου εκτίναξης και μέχρι τον πυθμένα της λεκάνης αποτόνωσης με επένδυση του με πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχ. 1,00 μ. αγκυρωμένης με προεντεταμένες αγκυρώσεις παραμένουσας ικανότητας 60 t μήκους 35 μ. σε κάρναβο ανά 3,10 μ. υπό γωνία 36° ως προς την οριζόντιο στο υποκείμενο βραχώδες υπόβαθρο που ικανοποιεί την ανάλυση ευσταθείας.

2) Ο πυθμένας της λεκάνης αποτόνωσης επενδύεται με πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχ. 1,0 μ., εδραζόμενη σε αμμοχάλικο πάχ. 0,5 μ, αγκυρωμένης με ράβδους μήκους 7,0 μ. στο υποκείμενο βραχώδες υπόβαθρο.

3) Τέλος, λόγω της διαβρωσιμότητας του φλύσχη (ιλυόλιθος), προστατεύονται οι τερματικοί τοίχοι, οι πλάκες κατάντη του κάδου εκτίναξης και η πλάκα του πυθμένα της λεκάνης αποτόνωσης με πέτασμα αλληλοτεμνομένων πασσάλων διαμέτρου 1,20 μ. που φθάνουν σε μέγιστο βάθος μέχρι τη στάθμη +105 και οι κεφαλές τους συνδέονται με ωπλισμένο κεφαλόδεσμο και αγκυρώνονται με δύο (2) προεντεταμένες αγκυρώσεις μήκους 25 μ. και παραμένουσας ικανότητας 60t.

Τέλος για την σταθεροποίηση των κλιτύων στη θέση του υπερχειλιστή ανάντη και κατάντη του φράγματος προτείνονται αντίστοιχες βαθμίδες που θα δημιουργηθούν με απόθεση προϊόντων εκσκαφής.

Η ανάντη έχει στέψη στο υψόμετρο +183 και κλίσεις πρανών 3 (ο): 1(κ).

Η κατάντη έχει στέψη στο υψόμετρο +170 κλίσεις πρανών 2,5 (ο):1(κ), ενώ εκεί προβλέπεται ο ίδιος τύπος επιφανειακής προστασίας όπως και του κατάντη πρανούς του φράγματος.

### 3.7.4 Μέτρα στεγανοποιήσεως και στραγγίσεως

Τα μέτρα στεγανοποιήσεως και στραγγίσεως κατά μήκος του έργου υπερχειλίσεως έχουν συνοπτικώς ως εξής:

Στο δεξιό αντέρεισμα σε συνέχεια του διαφράγματοςτσιμεντενέσεων, που κατασκευάζεται κάτω από τον πυρήνα του φράγματος, διατάσσεται διάφραγμασιμεντενέσεων αναλόγου βάθους υπό γωνία 90° σε σχέση με τον άξονα του φράγματος, το οποίο συνεχίζεται κάτω από τον άξονα του ρουφράκτη και συνδέεται με εκείνο του βοηθητικού φράγματος με στόχο τη στεγανοποίηση και τη μείωση διηθήσεων και τυχόν πιέσεων ανώσεως των τμημάτων του υπερχειλιστή που βρίσκονται κάτω από τον πυθμένα κατάντη του ρουφράκτη και του ανάντη τερματικού τοίχου. Στο εσωτερικό της διατομής του ρουφράκτη (ogee) διαμορφώνεται αποστραγγιστική στοά διαστάσεων 2,50 X 3,30 μ., κατά μήκος της κατάντη πλευράς της οποίας διατάσσεται διάφραγμα αποστραγγίσεως για τον έλεγχο των διηθήσεων και τη μείωση των πιέσεων ανώσεως κάτω από τον κατάντη του ρουφράκτη πυθμένα του υπερχειλιστή. Η απορροή με βαρύτητα των τυχόν διηθήσεων από τη στοά πραγματοποιείται με σωλήνα Φ 0,30 μ. που εκβάλλει κατάντη εντός της διώρυγας του υπερχειλιστή. Σε περιπτώσεις λειτουργίας του υπερχειλιστή, θα εισέρχεται το νερό στη στοά μέσω του σωλήνα, αυξάνοντας την ασφάλεια έναντι ανατροπής. Η προσπέλαση προς τη στοά για τυχόν συμπληρωματικές εργασίες (σιμεντενέσεις, αποστραγγίσεις) θα γίνεται από φρέαρ στο κατάντη άκρο του ρουφράκτη, προς το οποίο προβλέπεται προσπέλαση από τη στέψη του φράγματος. Άλλα μέτρα αποστραγγίσεως στα διάφορα τμήματα του έργου περιγράφηκαν σε προηγούμενη παράγραφο.

Στην έδραση του ανάντη τερματικού τοίχου (του συλλέκτη), του ρουφράκτη σε όλο το μήκος του και στον κατάντη αριστερό τοίχο μέχρι τη ΧΘ 0+222 κατασκευάζεται τάπηταςσιμεντενέσεων ανάλογης διάταξης με εκείνης έδρασης του πυρήνα του φράγματος.

Στο διάφραγμα αποστράγγισης, που βρίσκεται σε όλο το μήκος της κατάντη πλευράς της στοάς του ρουφράκτη, θα διατηρηθούν οπές σε διάταξη ανά 6,0 μ. μέσου βάθους 7,0-12,0 μ.

Στο ρουφράκτη (κατάντη της λεκάνης αποτόνωσης) προβλέπεται περιμετρικά διάφραγμα με τριπλή σειρά εκτοξευομένωνσιμεντενέσεων (jet grouting) βάθους 10,0 μ. καθώς και τάπηταςσιμεντενέσεων (βάθους 5,0 μ).

Στον πυθμένα της λεκάνης καταστροφής ενέργειας (που εδράζεται σε αμμοχάλικο και ανάστροφο φίλτρο) προβλέπονται οπές αποστράγγισης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΦΡΑΓΜΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΒΑΛΜΑΔΟΥΡΑΣ

#### 4.1 Θέση - Τύπος Φράγματος

Το φράγμα Βαλμαδούρας προτείνεται να κατασκευασθεί επί της κοίτης του ποταμού Πείρου. Η ακριβής θέση του φράγματος και η γενική διάταξη μετά των συμπαρομαρτούντων έργων παρουσιάζονται στα σχέδια της μελέτης.

Η θέση του φράγματος, επιλεγείσα με κριτήρια κυρίως υδραυλικά και τοπογραφικά βρίσκονται αμέσως κατάντη αντιστοίχου στενωπού και θεωρείται ότι είναι ευνοϊκή για την κατασκευή ενός χαμηλού φράγματος (ρουφράκτου) τόσο από πλευράς μορφολογίας, καθώς η στενή και σαφώς διαμορφωμένη κοίτη του ποταμού στην περιοχή αυτή δημιουργεί τις προϋποθέσεις ενός οικονομικού και αποδοτικού έργου, όσο και από υδρολογικής πλευράς, αφού η παροχή του ποταμού στο σημείο αυτό είναι συνεχής και αξιόλογη, γεγονός που οφείλεται και στην μερική αναρρύθμιση της απορροής, την οποία επιτελεί ο υπόγειος υδροφορέας της λεκάνης. Εξάλλου, όπως αναπτύσσεται λεπτομερέστερα σε επόμενα κεφάλαια, και οι γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες στην περιοχή κρίνονται επαρκώς ικανοποιητικές για τη θεμελίωση ενός χαμηλού φράγματος.

Όσον αφορά στον τύπο του φράγματος, προτείνεται η συνήθης στις περιπτώσεις αυτές λύση του υπερπηδητού φράγματος (ρουφράκτου) από σκυρόδεμα, το οποίο συνοδεύεται από λεκάνη υδραυλικού πηδήματος για καταστροφή ενέργειας του νερού στα κατάντη. Το φράγμα θα είναι εξοπλισμένο με ειδικά θυροφράγματα, με το άνοιγμα των οποίων θα γίνεται η έκπλυση μέρους του όγκου των φερτών υλικών που θα παγιδεύονται ανάντη αυτού, ώστε να απελευθερώνεται από αυτά η ζώνη, στην περιοχή της οποίας προβλέπονται τα έργα υδροληψίας και έτσι να αποφεύγεται η έμφραξη και αχρήστευσή τους.

Η υδροληψία θα είναι πλευρική. Μέσω αυτής και της εν συνεχεία κατάντη διώρυγας το νερό θα καθοδηγείται σε ειδικό έργο εξάμμωσης, το οποίο θα τροφοδοτεί το φρεάτιο φόρτισης του αγωγού εκτροπής προς τον ταμιευτήρα Αστεριού, ο οποίος αναπτυσσόμενος εντός στεγανού γεωλογικού σχηματισμού (φλύσχης) αποτελεί τον κύριο αποθηκευτικό χώρο ύδατος.



#### 4.2 Γεωλογικές - Υδρογεωλογικές - Γεωτεχνικές Συνθήκες Περιοχής Φράγματος

Στο πλαίσιο των συμπληρωματικών μελετών και ερευνών, που έγιναν εν όψει της εκπόνησης των οριστικών μελετών τόσο του φράγματος Αστεριού, όσο και του φράγματος Βαλμαδούρας και του συνδεδημένου αγωγού, εκπονήθηκε Γεωλογική-Υδρογεωλογική Μελέτη για την περιοχή του φράγματος Βαλμαδούρας.

Παράλληλα με τις γεωλογικές χαρτογραφήσεις, εκτελέστηκε πρόγραμμα γεωφυσικών ερευνών. Η εκτέλεση των προγραμματισθεισών γεωτεχνικών ερευνών (γεωτρήσεις, ερευνητικά φρέατα) δειγματοληψίες, εργαστηριακές δοκιμές, δεν πραγματοποιήθηκε λόγω αντιδράσεων των ιδιοκτητών των αγροκτημάτων της περιοχής, και έτσι δεν κατέστη δυνατή η αποσαφήνιση των γεωτεχνικών συνθηκών στο υπόβαθρο και στην θεμελίωση των έργων. Το πρόγραμμα αυτό θα πρέπει να διεξαχθεί σε εύλογο χρόνο πριν από την έναρξη κατασκευής του έργου.

Επίσης εκπονήθηκε μελέτη Σεισμικότητας και Σεισμικής Επικινδυνότητας της ευρύτερης περιοχής του έργου, από το Δ/ντή του Αστεροσκοπείου Αθηνών, Δρ. Γ. Σταυρακάκη.

Τα αποτελέσματα της μέχρι σήμερα σχετικής διερεύνησης μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Η περιοχή αποτελεί τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Πείρου και παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο. Η κοίτη του ποταμού διασχίζει φαράγγι με μεγάλες κλίσεις και βάθος περί τα 200 μ.
- Η ευρύτερη περιοχή καλύπτεται από τα αλπικά ιζήματα της ζώνης Ωλονού - Πίνδου (ασβεστόλιθοι, ραδιολαρίτες, φλύσχης), από συνεκτικά κροκαλοπαγή του νεογενούς και σύγχρονες τεταρτογενείς αποθέσεις.
- Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της περιοχής αποτελούν οι διαδοχικές επιπτώσεις των σχηματισμών της ζώνης Ωλονού - Πίνδου γενικής διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ.
- Η περιοχή του έργου από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας κατατάσσεται στη ζώνη ΙΙΙ (NEAK1995).
- Η ιδιαίτερη τεκτονική της ζώνης Ωλονού - Πίνδου δεν επιτρέπει την ανάπτυξη εκτεταμένων ενιαίων υδρογεωλογικών λεκανών. Αναπτύσσονται μικρές επιμήκεις

υδρογεωλογικές λεκάνες με κίνηση του υπόγειου νερού συνήθως παράλληλη προς τις κύριες τεκτονικές γραμμές των επιπεύσεων. Αποτέλεσμα της υδρογεωλογικής αυτής δομής είναι η εμφάνιση διακριτών καρστικών πηγών σε διαφορετικά υψόμετρα. Λόγω της καρστικότητας στην λεκάνη του Πείρου απεφασίσθη η εκεί κατασκευή χαμηλού φράγματος εκτροπής των υδάτων του προς τον ταμιευτήρα Αστεριού που βρίσκεται στον Παραπείρο εντός στεγανού σχηματισμού φλύσχη.

- Η κίνηση του υπογείου νερού στους ασβεστόλιθους ενιαιοποιείται, τις περισσότερες φορές, με αυτή των συνεκτικών κροκαλοπαγών του νεογενούς, σχηματίζοντας ενιαίες υδρογεωλογικές λεκάνες.
- Για τη θέση του φράγματος εκτροπής δεν αναμένονται σημαντικές υπόγειες διαφυγές εκτός των ορίων της υδρολογικής λεκάνης του Πείρου.
- Κάτω από τις επιφανειακές αποθέσεις στις εκατέρωθεν του ποταμού βαθμίδες και στην κοίτη (αμμοχάλικα, κροκάλες, τρόχμαλοι) εμφανίζονται στην θέση του φράγματος εκτροπής εναλλαγές λεπτοπλακωδών ασβεστόλιθων και κερατολίθων. Δεν αναμένονται ιδιαίτερα προβλήματα διαφυγών κάτω από το φράγμα μετά την εκτέλεση των μέτρων θεμελιώσεως και στεγανοποίησεως, όπως τα εκτιθέμενα σε επόμενη παράγραφο.
- Οι κλίσεις των γεωλογικών σχηματισμών και των φυσικών πρανών στη θέση θεμελίωσης δεν είναι ευνοϊκές για εκδηλώσεις σημαντικών ολισθήσεων.

Από τα ανωτέρω συμπεράσματα επιβεβαιώνεται η καταλληλότητα της επιλεγείσας θέσης για την κατασκευή χαμηλού φράγματος υδροληψίας και εκτροπής από πλευράς γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών, καθώς:

1. Με τα προτεινόμενα (σε επόμενη παράγραφο) μέτρα θεμελιώσεως, βάσει των μέχρι σήμερα διαθέσιμων ερευνών και γεωτεχνικών στοιχείων, σε ότι αφορά φέρουσα ικανότητα για το προτεινόμενο χαμηλό φράγμα η θεμελίωση κρίνεται ασφαλής. Για τη συγκεκριμένη θέση του άξονα γίνεται η παραδοχή ότι το φράγμα θα εδρασθεί επί των χειμαρρωδών αποθέσεων (αμμοχάλικα., κροκάλες, τρόχμαλοι) καταλλήλως σταθεροποιούμενων (τάπης σιμεντενέσεως) κάτωθι των οποίων αναπτύσσονται στρώματα ασβεστόλιθου ο οποίος εμφανίζεται επιφανειακά στο δεξιό αντέρεισμα. Των στρωμάτων,, αυτών, υπόκεινται οι κερατόλιθοι, οι οποίοι αναδύονται στο αριστερό αντέρεισμα κάτω από τον ελουβιακό μανδύα.

2. Η στεγανότητα, η οποία θα επιτευχθεί με διαφράγματα από τριπλή σειρά σιμεντενέσεων εκτοξεύσεως (jet grouting) για την κατασκευή μιας επαρκούς βάθους κουρτίνας στεγανοποίησης, θεωρείται ικανοποιητική σε συνδυασμό με τάπητα σιμεντενέσεων jet grouting), λαμβανομένου υπ' όψη ότι το υδροστατικό φορτίο θα είναι μικρό αλλά και του γεγονότος ότι η λειτουργία ενός φράγματος εκτροπής δεν θέτει πολύ υψηλές απαιτήσεις στεγανότητας.
3. Εξυπνοείται ότι τα τελικά μέτρα θεμελιώσεως θα αποφασιστούν μετά την διεξαγωγή του προγράμματος γεωτεχνικής έρευνας που διεξήχθη μέχρι σήμερα.
4. Δεν αναμένονται αξιόλογες ολισθήσεις των φυσικών πρανών των αντρερισμάτων.

### **4.3 Υδρολογικές Συνθήκες**

#### **4.3.1 Λεκάνη Απορροής**

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Πείρου στη θέση του υπό μελέτη φράγματος υδροληψίας στη θέση Βαλμαδούρα έχει επιφάνεια 62 χλμ<sup>2</sup>. Η θέση του προτεινόμενου φράγματος εντοπίζεται στην έξοδο της στενής κοιλάδας διαμέσου των ορεινών ασβεστολιθικών όγκων, σε μικρή απόσταση ανάντη της περιοχής, όπου αρχίζει η σημαντική διεύρυνση της κοίτης του Πείρου και πριν από τη συμβολή του ρέματος Βορίλα.

Πρόκειται για ορεινή ως επί το πλείστον λεκάνη, με υψόμετρα κυμαινόμενα από το +251,50μ. στην περιοχή του φράγματος μέχρι το +2221μ. στην κορυφή Γρανίτης του Ερύμανθου. Συνορεύει με τις λεκάνες του ποταμού Γλαύκου στα ΒΑ, του ποταμού Σελινούντα στα Α και ΝΑ και του ποταμού Παραπείρου στα ΝΔ. Ο κύριος κλάδος του Πείρου έχει γενική κατεύθυνση από τα ΝΑ προς τα ΒΔ. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι στο +825μ. ενώ η μέγιστη συχνότης επιφάνειας βρίσκεται μεταξύ των υψομέτρων +800μ. και +900μ. Το μήκος της κύριας μισγάγγειας του ποταμού είναι 17,4 χλμ. και η μέση κατά μήκος κλίση 8,4%.

Στη λεκάνη απορροής υπάρχει σημαντικός αριθμός οικισμών, πολλοί από τους οποίους αποτελούν και έδρα κοινότητας: Τσαπουρνιά, Αγ. Γεώργιος, Μίχας, Κομπηγάδι, Λακκώματα, Χρυσοπηγή, Κάλανος, Καλανίστρα. Ροδιά.

#### 4.3.2 Επιφανειακή Απορροή

Στο τεύχος της Έκθεσης της Υδρολογικής Μελέτης της Προμελέτης παρουσιάζεται λεπτομερής ανάλυση για τον προσδιορισμό της επιφανειακής απορροής του ποταμού Πείρου στη θέση Βαλμαδούρα. Η έρευνα αυτή βασίζεται στα διαθέσιμα στοιχεία των βροχομετρικών και μετεωρολογικών σταθμών, που είναι εγκατεστημένοι στην ευρύτερη περιοχή του έργου. Ειδικότερα, τα βροχομετρικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του φράγματος εκτροπής Βαλμαδούρας περιγράφονται από τους σταθμούς Αστεριού, Κάτω Βλασίας και Λεοντίου, όπως προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου των πολυγώνων Thiessen. Για τον έλεγχο και την συμπλήρωση των στοιχείων των παραπάνω σταθμών χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των σταθμών των Πορτών και της Πάτρας.

Σύμφωνα λοιπόν με τους υπολογισμούς που περιλαμβάνονται, αναλυτικά, στα τεύχη της Υδρολογικής Μελέτης:

1. Κατά την τροποποιημένη εμπειρική σχέση του TURC, η μέση τιμή των ετήσιων επιφανειακών απορροών του ποταμού Πείρου στη θέση του φράγματος Βαλμαδούρας ανέρχεται σε  $36.099,821\mu^3$  ενώ η ετήσια επιφανειακή απορροή του ποταμού, που είναι εξασφαλισμένη με πιθανότητα 98%, είναι  $5.220.000\mu^3$
2. Κατά την μέθοδο υπολογισμού των απορροών κατά THORNTHWAITE έγινε κατ' αρχήν εκτίμηση της τιμής της ολικής διαθέσιμης υγρασίας του εδάφους για το σύνολο της περιοχής της λεκάνης απορροής του φράγματος εκτροπής Βαλμαδούρας. Προσδιορίστηκαν δύο τομές: η τιμή των 97 χλσ, που αντιστοιχεί σε μια μέση κατάσταση από πλευράς φυσικών ιδιοτήτων των εδαφών, και η τιμή των 118 χλσ, που εκφράζει περισσότερο το άνω όριο των τιμών ολικής διαθέσιμης υγρασίας. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών έδωσαν:
  - 2.1 Για τιμή ολικής διαθέσιμης υγρασίας 97 χλσ, η μέση τιμή των ετήσιων επιφανειακών απορροών ανέρχεται σε  $46.389,045\mu^3$  και η ετήσια επιφανειακή απορροή, που είναι εξασφαλισμένη με πιθανότητα 98%, είναι  $14.180.000\mu^3$
  - 2.2 Για τιμή ολικής διαθέσιμης υγρασίας 118 χλσ, η μέση τιμή των ετήσιων επιφανειακών απορροών ανέρχεται σε  $45.564.562\mu^3$  και η ετήσια επιφανειακή απορροή, που είναι εξασφαλισμένη με πιθανότητα 98%, είναι  $13.370.000\mu^3$

### 4.3.3 Πλημμυρικές Παροχές

Το προτεινόμενο φράγμα εκτροπής Βαλμαδούρας και τα συναφή αυτού έργα είχαν σχεδιασθεί στη φάση της Προμελέτης με βάση τους υπολογισμούς πλημμύρας περιόδου επαναφοράς  $T=25$  έτη.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς, η παροχή αιχμής του πλημμυρικού υδρογραφήματος ανέρχεται σε  $260 \text{ μ}^3/\delta\lambda$  και ο συνολικός όγκος της πλημμυρικής απορροής φθάνει τα  $3.265.540 \text{ μ}^3$ . Ήδη με την προσθήκη των δύο (2) θυροφραγμάτων πλάτους 4μ. (πέραν εκείνων ανοίγματος 2,0μ.) η παροχή σχεδιασμού του έργου συνολικά φθάνει τα  $650 \text{ μ}^3/\delta\lambda$  (για παραδοχή μέγιστης πλημμυρικής στάθμης στον ταμιευτήρα +259,50) που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς μεγαλύτερης της 1.000ετίας (περίπου 1.500 ετών). Εφόσον η Υπηρεσία κρίνει ότι επιβάλλεται σχεδιασμός του έργου για σπανιότερες πλημμύρες (π.χ. 10.000 ετών) αυτό μπορεί να γίνει με υπερύψωση των τοίχων ανάντη του ρουφράκτη κατά 1,0μ. η οποία συνεπάγεται μικρή αύξηση του κόστους.

### 4.4 Περιγραφή έργων εκτροπής Βαλμαδούρας

Τα έργα εκτροπής στη θέση Βαλμαδούρα συντίθενται από τα εξής επί μέρους τμήματα:

#### 4.4.1 Ρουφράκτης Βαλμαδούρας

Αποτελείται από δύο επί μέρους έργα ήτοι:

- α. Σε επαφή με τα έργα υδροληψίας στην δεξιά όχθη θα κατασκευαστεί ρουφράκτης με χαμηλό υψόμετρο στέψης (+251,73) εφοδιασμένος με δύο (2) τοξωτά θυροφράγματα πλάτους τεσσάρων (4,0) μέτρων το καθένα. Τα θυροφράγματα αυτά θα επιτρέπουν την έκπλυση των ανάντη αποτιθέμενων φερτών στον ταμιευτήρα πριν αυτά φθάσουν σε υψόμετρο (+255,0) οπότε θα επηρεάσουν (αχρηστεύσουν) τα έργα ρύθμισης και υδροληψίας. Το συνολικό μήκος του ρουφράκτη αυτού (μαζί με το μεσόβαθρο πλ. 1,60 μ.) είναι 9,60 μ. Οριοθετείται πλευρικά από τοίχους, εκ των οποίων ο δεξιός είναι ο διαχωριστικός τοίχος από το τοξωτό θυροφράγμα πλ. 2,0 μ., ενώ ο αριστερός από τον παρακείμενο ρουφράκτη. Το πλάτος των υπόψη έργων φθάνει τα 42,66 μ.
- β. Στο υπόλοιπο τμήμα προβλέπεται η κατασκευή ενός ρουφράκτη από σκυρόδεμα C20/25 (ελευθέρα υπερπηδητού χωρίς θυροφράγματα) με υψόμετρο

στέψης +257,00 (αυξημένο κατά 1,0μ. σε σχέση με εκείνο της προμελέτης) με σκοπό την ανύψωση της στάθμης των νερών του ποταμού πάνω από την στάθμη των φερτών, ούτως ώστε να εισέρχεται νερό απαλλαγμένο από χονδρόκοκκα ιζήματα (χάλικες, κροκάλες κλπ.) στα έργα ρύθμισης παροχής, εξάμμωσης και υδροληψίας προς τον αγωγό μεταφοράς. Το μήκος του φράγματος είναι 30,00m και η στάθμη της στέψης του στο 257,00μ. Το συνολικό πλάτος είναι 42,66μ., ώστε να εγκιβωτίζεται το υδραυλικό άλμα και να αποφευχθούν εκτεταμένες διαβρώσεις της κοίτης κατάντη. Η στάθμη αυτή προέκυψε με βάση τις υδραυλικές απαιτήσεις φόρτισης του αγωγού μεταφοράς προς τον ταμιευτήρα Αστεριού και την ανάγκη εξασφάλισης επαρκούς όγκου για καθίζηση φερτών. Η διατομή του φράγματος στα κατάντη της στέψης έχει στο πρώτο τμήμα της τη μορφή της κάτω παρειάς υπερχειλίζουσας φλέβας (ogee crest) και στη συνέχεια ένα κυκλικό τόξο με τα κοίλα προς τα άνω για την επίτευξη ομαλής συναρμογής προς τη λεκάνη καταστροφής ενέργειας στα κατάντη μήκους 26,02 μ. Ανάντη της στέψης η διατομή έχει κλίση 45°. Ο σκοπός της επιλογής του κεκλιμένου τμήματος είναι αφ' ενός η αύξηση της επιφάνειας έδρασης του έργου και αφ' ετέρου η δημιουργία ευνοϊκών προϋποθέσεων για την παράσυρση σε περιόδους πλημμύρων τμήματος των φερτών υλών που θα παγιδεύονται στα ανάντη του φράγματος.

Το φράγμα οριοθετείται πλευρικά από τοίχους, εκ των οποίων η διώρυγα εκτροπής παίζει ρόλο αριστερού τοίχου αντιστήριξης των γαιών του αντερείσματος, ο δε δεξιός ο διαχωριστικός τοίχος από τον ρουφράκτη εγκατάστασης των θυροφραγμάτων πλ. 4,0μ.

Ο σχεδιασμός της μορφής και των διαστάσεων τόσο του σώματος υπερχειλίσης όσο και των τοίχων και της λεκάνης καταστροφής ενεργείας έχει βασισθεί σε πλημμυρική παροχή ίση με 260 μ<sup>3</sup>/δλ, που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς 25 ετών ενώ το έργο συνολικά σχεδιάζεται για παροχή 650 μ/δλ που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς πέραν της 1.000ετίας.

Αμέσως ανάντη και σε συνέχεια των παραπάνω έργων, στην κοίτη του ποταμού προβλέπεται η κατασκευή πλάκας από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχ. 0,5μ. και πλάτους 11,39μ. που συνδέεται με στεγανωτικούς αρμούς με τις υπόλοιπες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα για την αποφυγή υποσκαφής από διερχόμενη πλημμύρα.

#### **4.4.2 Τοξωτό θυρόφραγμα (πλάτους 2,0μ.)**

Το κατώφλι του (+254,39) είναι συμβατό με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω και ιδιαίτερα την στάθμη νερού που δημιουργείται από τον ρουφράκτη (+257,00).

Με κατάλληλο άνοιγμα ή κλείσιμο θα ελέγχεται η παροχή, που θα εισέρχεται στην υδροληψία και τα κατάντη αυτής έργα.

Για την θραύση της ενέργειας προβλέπεται λεκάνη επαρκών διαστάσεων (μήκους 24,80 μ.)

Οριοθετείται πλευρικά από τοίχους, εκ των οποίων ο μεν αριστερός είναι ο διαχωριστικός από τα θυροφράγματα πλ. 4,0μ., ο δε δεξιός ο διαχωριστικός τοίχος από την διώρυγα υδροληψίας.

#### **4.4.3 Μέτρα θεμελίωσης και προστασίας**

Οι πιο πάνω κατασκευές θεμελιώνονται σε ενιαία στάθμη (+248,10) και διαχωρίζονται οι κατασκευές των θυροφραγμάτων από τις υπόλοιπες με διαμήκη (προς τη ροή του ποταμού) αρμό. Οι πυθμένες των λεκανών που δημιουργούνται βρίσκονται σε διαφορετικά υψόμετρα (από +249,40 έως +250,90) ανάλογα με τις υδραυλικές απαιτήσεις. Προβλέπεται ακόμα εγκάρσιος προς τον προηγούμενο αρμός σε απόσταση 12,23μ. κατάντη της στέψης του ρουφράκτη και έδρασης των θυροφραγμάτων.

Κατάντη του αρμού αυτού τοποθετείται, κάτω από την θεμελίωση, διαβαθμισμένο αμμοχάλικο πάχ. 0,40μ και ανάστροφο φίλτρο πάχ. 0,20μ, ενώ στην πλάκα έδρασης θα προβλεφθούν αποστραγγιστικές οπές διαμέτρου 100 χλσ. σε πεσοειδή διάταξη ανά 2,5μ.

Κατάντη των έργων προτείνεται σε μήκος 43,0μ. η τοποθέτηση πλακών από σκυρόδεμα πάχους 0,5μ. διαστάσεων 5,0X5,0μ. (εδραζόμενων επίσης σε διαβαθμισμένο αμμοχάλικο και ανάστροφο φίλτρο) για την αποφυγή διάβρωσης και υποσκαφής των έργων κατά την διάρκεια διερχόμενης ή απερχόμενης πλημμύρας.

Επειδή η διεξαγωγή της προγραμματισθείσης γεωτεχνικής έρευνας δεν κατέστη δυνατή πριν από την απαλλοτρίωση της αντίστοιχης έκτασης, μετά την ολοκλήρωσή της θα πρέπει να διεξαχθεί γεωτεχνική έρευνα (γεωτρήσεις, ορύγματα, δειγματοληψίες, εργαστηριακές δοκιμές κλπ.) για την συγκεκριμενοποίηση των συνθηκών θεμελίωσης και των αντιστοίχων μέτρων.

Τα δεικνύμενα στα σχέδια της μελέτης μέτρα θεμελίωσης (διαφράγματα jet grouting, τάπητες jet grouting, ανεστραμμένα φίλτρα, οπές αποστραγγίσεως κλπ.) είναι ενδεικτικά και θα πρέπει να οριστικοποιηθούν μετά την διεξαγωγή της γεωτεχνικής έρευνας.

Τα δεκνύμενα επίσης διαφράγματα (jet grouting) και τάπητες σιμεντενέσεων (jet grouting) θα πρέπει να ολοκληρωθούν και να ελεγχθούν (χιαστί γεωτρήσεις μετά δοκιμών εισπιέσεων - Lugeon και πυρηνοληψίας) προ της τοποθέτησεως των ανεστραμμένων φίλτρων και στραγγιστηρίων και της ανωδομής από σκυρόδεμα.

Με τις επιφυλάξεις, που διατυπώθηκαν παραπάνω, προτείνονται ενδεικτικά στη φάση αυτή για μείωση των διηθήσεων και βελτίωση και σταθεροποίηση των συνθηκών έδρασης των κατασκευών από σκυρόδεμα τα παρακάτω:

- α. Διάφραγμα με τριπλή σειρά εκτοξευομένων τσιμεντενέσεων (jet grouting) βάθους 20μ. στο ανάντη πέρασ των ρουφρακτών. Το διάφραγμα συνεχίζεται κατά μήκος των έργων υδροληψίας στην δεξιά όχθη και αγκυρώνεται στα δύο αντερείσματα.
- β. Τριπλή σειρά jet grouting βάθους 15μ. στο πέρασ της ανάντη των ρουφρακτών πλάκας από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- γ. Τριπλή σειρά jet grouting βάθους 20μ. κατά μήκος των διαμηκών (προς τη ροή) τοίχων των θυροφραγμάτων και του ρουφράκτη καθώς και του πέρατος της λεκάνης καταστροφής ενεργείας.
- δ. Κατάντη των πιο πάνω τριπλή σειρά jet grouting βάθους 15μ. σε μήκος 43μ. στην διώρυγα εκτροπής, στον δεξιό τοίχο και εγκάρσια στην περιοχή προστασίας της κοίτης με πλάκες από σκυρόδεμα (διαστάσεων 5,0X5,0X0,5μ.).

#### **4.4.4 Έργα υδροληψίας και εξάμμωσης**

Το κατώφλι υδροληψίας τοποθετείται σε επαρκές υψόμετρο (+255,43) πάνω από το κατώφλι του τοξωτού θυροφράγματος πλ. 2,0 μ. Το νερό οδηγείται σε διώρυγα με παγίδα για την απομάκρυνση των πιο χονδρόκοκκων υλικών και στη συνέχεια καταλήγει στον εξαμμοτή όπου καθιζάνουν και πιο λεπτόκοκκα αιωρούμενα υλικά.

Αυτά οδηγούνται στην κοίτη του π. Πείρου με κατάλληλο χειρισμό τοξωτού θυροφράγματος τοποθετημένου στο κατάντη πέρασ του εξαμμοτή. Η είσοδος του νερού προς τα έργα υδροληψίας και εξάμμωσης γίνεται μέσω τριών ορθογωνικών ανοιγμάτων, διαστάσεων



2,00X0,60μ το καθένα, τα οποία διατάσσονται εν σειρά κατά μήκος του δεξιού πλευρικού τοίχου της διώρυγας υδροληψίας, σε μικρή απόσταση ανάντη του θυροφράγματος πλ. 2,0μ. Προβλέπεται η εγκατάσταση σιδηρών εσχάρων, μπροστά από τα ανοίγματα για τη συγκράτηση μεγάλων αντικειμένων και την αποτροπή της εισόδου των στα κατάντη έργα και επιπέδων θυροφραγμάτων για την απομόνωση των κατάντη έργων.

Αμέσως κατάντη των ανοιγμάτων κατασκευάζεται η διώρυγα προσαγωγής του νερού προς τον εξαμμωτή. Αποτελείται από δύο τμήματα. Το πρώτο τμήμα περιλαμβάνει τη συναρμογή προς τη διατομή της διώρυγας και στη συνέχεια το τμήμα αυτής μέχρι τη θέση του θυροφράγματος ελέγχου της ροής προς τον εξαμμωτή. Αμέσως ανάντη του θυροφράγματος έχει προβλεφθεί διακλάδωση της διώρυγας, που καταλήγει στη διώρυγα έκπλυσης των φερτών. Η εν λόγω διακλάδωση είναι εξοπλισμένη με θυρόφραγμα, το οποίο στις κανονικές συνθήκες λειτουργίας του έργου διατηρείται μονίμως ελεγχόμενα ανοικτό. Ο σκοπός της κατασκευής της διακλάδωσης είναι διπλός. Αφ' ενός μεν μέσω της διώρυγας προσαγωγής και ακολούθως της διακλάδωσης, των οποίων ο πυθμένας έχει μια σημαντική κατά μήκος κλίση απομακρύνονται τα σχετικά μεγαλύτερης κοκκομετρικής διαβάθμισης φερτά, όπως π.χ. χαλίκια, τα οποία διέρχονται από τις εσχάρες των ανοιγμάτων υδροληψίας. Αφ' ετέρου μέσω του ελεγχόμενου ανοικτού θυροφράγματος αποδεσμεύεται προς τα κατάντη η παροχή «περιβαλλοντικού νερού» των 300 λ/δλ, όπως έχει προδιαγραφεί.

Σημειώνεται ότι το σύνολο του έργου υδροληψίας από την περιοχή των ανοιγμάτων στον τοίχο της διώρυγας υδροληψίας και σε όλο το μήκος της διώρυγας προσαγωγής μέχρι τις θέσεις των δύο θυροφραγμάτων θα είναι καλυμμένο με πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Το δεύτερο τμήμα της διώρυγας προσαγωγής, το οποίο αρχίζει από τη θέση του θυροφράγματος και φθάνει μέχρι την είσοδο του εξαμμωτή είναι ένα ανοικτό κανάλι ορθογωνικής διατομής, πλάτους 1,00μ. Ο αριστερός τοίχος στο τμήμα αυτό είναι χαμηλότερος του δεξιού και μάλιστα η στέψη του είναι σε τέτοια στάθμη, ώστε να αρχίζει να υπάρχει υπερχειλίση του νερού προς το κατασκευαζόμενο σε επαφή με το εν λόγω τμήμα της διώρυγας κανάλι απαγωγής των υπερχειλιζόντων υδάτων, όταν η παροχή του νερού στη διώρυγα ξεπεράσει το 1,5 μ<sup>3</sup>/δλ, που είναι η μέγιστη παροχетеυτικότητα του συνδετήριου αγωγού προς το φράγμα Αστερίου. Η υπερχειλίση αυτή επιδιώκεται, ώστε να μην αυξάνεται σημαντικά η παροχή του νερού στον εξαμμωτή και να εξασφαλίζεται έτσι η σωστή λειτουργία του.

Ο εξαμμωτής έχει τη μορφή μιας βαθιάς λεκάνης τραπεζοειδούς διατομής, με έργα συναρμογής προς τη διώρυγα στα ανάντη και έργα έκπλυσης των φερτών και τροφοδοσίας του αγωγού μεταφοράς στα κατάντη. Στις παραδοχές σχεδιασμού του και στη διαστασιολόγησή του γίνεται ειδική αναφορά στο Τεύχος Υδραυλικών Υπολογισμών. Εν συντομία αναφέρεται εδώ ότι έχει σχεδιασθεί για παροχές μέχρι 1,3-1,5 μ<sup>3</sup>/δλ και ότι έχει τη δυνατότητα κατακράτησης φερτών ελάχιστης διαμέτρου κόκκου 0,3 χλσ. Ο καθαρισμός του εξαμμωτή επιτυγχάνεται με το άνοιγμα τοξωτού θυροφράγματος στο κατάντη άκρο αυτού, όταν λόγω του υδραυλικού φορτίου του νερού στη λεκάνη παρασύρονται τα υλικά που έχουν καθιζάνει. Τα υλικά αυτά οδηγούνται μέσω ορθογωνικής διώρυγας από σκυρόδεμα προς τη διευθετούμενη κοίτη του Πείρου στα κατάντη του φράγματος.

Η τροφοδοσία του φρεατίου φόρτισης του αγωγού μεταφοράς του νερού προς τον ταμιευτήρα Αστερίου γίνεται με υπερχειλίση από τον εξαμμωτή και με την παρεμβολή φρεατίου απόσβεσης των διαταραχών στη μάζα του νερού λόγω της πτώσης του. Κατάντη του φρεατίου φόρτισης προβλέπεται η κατασκευή φρεατίου για την εγκατάσταση και τον χειρισμό δικλείδας τύπου πεταλούδας στην κεφαλή του αγωγού.

Σημειώνεται ότι παράλληλα με τον εξαμμωτή κατασκευάζεται κανάλι για την απαγωγή των υδάτων που υπερχειλίζουν είτε από τη διώρυγα προσαγωγής είτε από τον εξαμμωτή και την καθοδήγησή τους προς την κοίτη του ποταμού.

#### **4.4.5 Έργο υδροληψίας του χαλύβδινου αγωγού μεταφοράς**

Κατάντη των έργων εξάμμωσης προβλέπεται υπερχειλιστής με στέψη στο υψόμ. +255,85, μέσω του οποίου το νερό καταλήγει σε φρεάτιο ηρεμίας. Κατάντη προβλέπεται η κατασκευή φρεατίου για την εγκατάσταση και τον χειρισμό δικλείδας τ. πεταλούδας στην κεφαλή του αγωγού μεταφοράς.

#### **4.4.6 Προσπέλαση καθαρισμού θαλάμου φερτών**

Στην δεξιά όχθη αμέσως ανάντη των έργων υδροληψίας προβλέπεται η κατασκευή κεκλιμένου επίπεδου (ράμπας) καθόδου στην κοίτη του ταμιευτήρα για την δυνατότητα απομάκρυνσης όσων φερτών δεν παρασύρονται από το άνοιγμα των θυροφραγμάτων πλάτους 4,00 μ. (το καθένα).

#### **4.4.7 Διώρυγα εκτροπής κατά την διάρκεια της κατασκευής**

Στην αριστερή όχθη του ποταμού Πείρου προβλέπεται η κατασκευή διώρυγας ορθογωνικής διατομής για την εκτροπή των νερών του ποταμού κατά την διάρκεια κατασκευής των πιο πάνω έργων.

#### **4.4.8 Οικίσκος επιτήρησης**

Στην δεξιά όχθη του ποτ. Πείρου τοποθετείται οικίσκος επιτήρησης εξωτερικών διαστάσεων 5,0X10,0 μ. στον οποίο προβλέπεται η εγκατάσταση των οργάνων ελέγχου και αυτοματισμού καθώς ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους. Ο οικίσκος διαθέτει χώρους γραφείου, αποθήκη και W.C.

#### **4.4.9 Ρυθμιστική Λειτουργία της Υδροληψίας**

**4.4.9.1 Το τοξωτό θυρόφραγμα πλ. 2,0 μ.** έχει ένα καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία των έργων υδροληψίας και εξάμμωσης, καθώς ρυθμίζει την στάθμη στον ταμιευτήρα και συνεπώς έχει τη δυνατότητα να ρυθμίζει το μέγεθος της παροχής προς τον εξάμμοτή. Από την άποψη αυτή και δεδομένου ότι είναι επιθυμητό το μέγεθος αυτό να μην υπερβαίνει το 1,5 μ<sup>3</sup>/δλ ανεξαρτήτως της στάθμης του νερού στην περιοχή της διώρυγας υδροληψίας στο ανάντη του φράγματος (η οποία σε φάσεις σημαντικών πλημμυρικών απορροών ανεβαίνει σημαντικά), προβλέπεται η εγκατάσταση κατάλληλου αυτοματισμού στη διώρυγα προσαγωγής ανάντη του θυροφράγματος, δια του οποίου θα ρυθμίζεται το ύψος του ανοίγματος του θυροφράγματος σε συνάρτηση με τη στάθμη του νερού στα ανάντη αυτού, ώστε κάθε φορά να απελευθερώνεται μια παροχή που δεν θα υπερβαίνει τα τεθέντα όρια. Ο αυτοματισμός αυτός αποτελεί αντικείμενο της ηλεκτρομηχανολογικής μελέτης, όπως επίσης και ο λεπτομερής σχεδιασμός των απαιτούμενων θυροφραγμάτων.

#### 4.4.9.2 Έλεγχος λειτουργίας υδροληψίας

Από τους σχετικούς υδραυλικούς υπολογισμούς προκύπτει ότι:

1. Απαιτείται στάθμη ταμιευτήρα +256,61 για την εξασφάλιση της ονομαστικής παροχής (1,30 μ<sup>3</sup>/δλ) προς τον αγωγό μεταφοράς ή +256,74 για την εξασφάλιση της μέγιστης παροχетеυτικότητάς του (1,50 μ<sup>3</sup>/δλ) με παραδοχή καθαρών εσχαρών χωρίς ιζήματα στη διώρυγα.
2. Αντίστοιχα οι στάθμες είναι για την ακραία περίπτωση έμφραξης των εσχαρών κεφαλής κατά 50% και ιζημάτων 0,5 μ. +257,01 και 257,15 αντιστοίχως.
3. Η στέψη του ρουφράκτη στο υψόμ. +257,00 εξασφαλίζει την ονομαστική παροχή (1,30 μ<sup>3</sup>/δλ).
4. Για παροχές εισροής στην διώρυγα υδροληψίας μεγαλύτερες από 1,80 μ<sup>3</sup>/δλ εξασφαλίζεται η τροφοδότηση του αγωγού μεταφοράς με παροχή 1,50 μ<sup>3</sup>/δλ ενώ η υπόλοιπη παροχή υπερχειλίζει από τον υπερχειλιστή της διώρυγας προσαγωγής, (με υψόμ. στέψης ~ 256,90) μέχρις ότου η στάθμη στα κατάντη του εξαμμοτή ξεπεράσει το +257,10 οπότε τίθεται σε λειτουργία και ο υπερχειλιστής του εξαμμοτή.
5. Στις περιπτώσεις αυτές η παροχή εισροής στην διώρυγα προσαγωγής φθάνει μέχρι 7,70 μ<sup>3</sup>/δλ (από την οποία 0,3 μ<sup>3</sup>/δλ χρησιμοποιούνται για την έκπλυση των χαλικιών) από τα οποία μέχρι 5,90 μ<sup>3</sup>/δλ υπερχειλίζουν από την διώρυγα προσαγωγής, ενώ εισέρχεται παροχή από 1,50 μέχρι 2,25 μ<sup>3</sup>/δλ στον εξαμμοτή από την οποία 1,50 μ<sup>3</sup>/δλ οδηγείται στο φράγμα Αστεριού μέσω του αγωγού μεταφοράς ενώ η υπόλοιπη υπερχειλίζει από τον υπερχειλιστή του εξαμμοτή. Η στάθμη του ταμιευτήρα απαιτείται τότε να είναι περίπου σταθερή στο ~ +259,00 και είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την πλημμυρική στάθμη +257,88 που προβλέπουν οι κανόνες λειτουργίας των θυροφραγμάτων (άνοιγμα 2 θυροφραγμάτων πλ. 4,0μ. για παροχή του π. Πείρου 260 μ<sup>3</sup>/δλ).

Συνέπεια των παραπάνω είναι ότι και για υψηλές στάθμες στον ταμιευτήρα, λόγω των προβλέψεων υπερχειλίσης, δεν φορτίζεται σημαντικά ο αμμοσυλλέκτης ( $Q_{max} = 2,25 \mu^3/\delta\lambda$ ) με παροχές μεγαλύτερες εκείνων σχεδιασμού του ( $Q_{σχ} = 1,30 \mu^3/\delta\lambda$ ) οπότε δεν απαιτείται το κλείσιμο των θυροφραγμάτων κεφαλής πλ. 2,0μ. για όλο το φάσμα σταθμών του ταμιευτήρα. Παρόλα αυτά για λόγους ασφαλείας προβλέπεται από τους κανόνες λειτουργίας το κλείσιμο των τριών (3) θυροφραγμάτων κεφαλής της υδροληψίας για παροχές του π. Πείρου μεγαλύτερες των 15 μ<sup>3</sup>/δλ.

Με βάση τους υδραυλικούς υπολογισμούς προτείνονται κατ' αρχήν οι παρακάτω κανόνες λειτουργίας θυροφραγμάτων:

1. Για χαμηλή στάθμη ιζημάτων στον ταμιευτήρα ( $\leq +244,00$ ) τα θυροφράγματα πλ. 4,0μ. μένουν κλειστά.
  - 1.1 Για παροχές του π. Πείρου μέχρι  $1,60\text{μ}^3/\delta\lambda$  το θυρόφραγμα πλ. 2,0μ. μένει κλειστό ενώ τα 3 θυροφράγματα κεφαλής υδροληψίας (3X2,0X0,6) είναι ανοικτά.
  - 1.2 Για παροχές του π. Πείρου μέχρι  $15,00\text{ μ}^3/\delta\lambda$  το θυρόφραγμα πλ. 2,0μ. μένει μερικώς ανοικτό ώστε να εξασφαλίζει σταθερή στάθμη  $+257,00$  στον ταμιευτήρα ενώ τα 3 θυροφράγματα κεφαλής υδροληψίας είναι ανοικτά.
  - 1.3 Για μεγαλύτερες παροχές των  $15\text{ μ}^3/\delta\lambda$  και μέχρι  $260\text{ μ}^3/\delta\lambda$  (στάθμη ταμιευτήρων μικρότερη της  $+259,50$ ) όλα τα θυροφράγματα είναι κλειστά. Υπάρχει δυνατότητα ανοίγματος των 3 θυροφραγμάτων υδροληψίας δεδομένου ότι δεν φορτίζεται σημαντικά ο εξαμμωτής.
  - 1.4 Για παροχές μεγαλύτερες του  $260\text{ μ}^3/\delta\lambda$  ανοίγουν τα θυροφράγματα (πλ. 4,0 και 2,0 μ.) με στόχο η πλημμυρική στάθμη στον ταμιευτήρα να μην ξεπεράσει το υψόμετρο  $+259,50$ .
2. Για υψηλή στάθμη ιζημάτων ( $> +254,00$ ) όλα τα θυροφράγματα εκτός από εκείνα πλ. 4,0μ. είναι κλειστά.
  - 2.1 Για παροχές του ποταμού μέχρι  $150\text{ μ}^3/\delta\lambda$  ανοίγει το θυρόφραγμα πλ. 4,0μ. που βρίσκεται σε επαφή με το θυρόφραγμα πλ. 2,0μ.
  - 2.2 Για μεγαλύτερες παροχές από  $150\text{ μ}^3/\delta\lambda$  (δηλ. όταν η στάθμη στον ταμιευτήρα ξεπεράσει το  $+257,80$ ) ανοίγουν και τα δύο θυροφράγματα πλ. 4,0μ.

Αναλυτικά οι κανόνες λειτουργίας δίνονται στον επόμενο πίνακα 4.1

Εξυπακούεται ότι οι χειριστάι των έργων υδροληψίας, με βάση και την εμπειρία τους από την εκμετάλλευση του έργου, έχουν την δυνατότητα να καθορίσουν στο μέλλον διαφοροποιημένους κανόνες που να προσεγγίζουν καλύτερα τις εκάστοτε απαιτήσεις.

**Πίν. 4.1 Κανόνες λειτουργίας υδροληψίας**

Παροχή ποταμού μ <sup>3</sup> /δλ	Επίπεδα θυροφράγματα  υδροληψίας 3X2,00X0,60	Τοξωτά θυροφράγματα			Στάθμη  ταμειωτήρα	Παρατηρήσεις
		B - 2,00 μ.	B = 4,00 μ. N=1	B = 4,00 N = 2		
<b>A Για χαμηλή στάθμη ιζημάτων (≤ 254,00)</b>						
0						
	Ανοικτά	Κλειστό	Κλειστό	Κλειστό	≤ 257,00	
1,60						
	Ανοικτά	Μερικώς ανοικτό μέχρι h=1,50μ	Κλειστό	Κλειστό	257,00	Παροχή υδροληψίας Q = 1,60 μ <sup>3</sup> /δλ
14,80						
	Κλειστά ή ανοικτά	Κλειστό	Κλειστό	Κλειστό	>257,00 έως 259,50	
260,00						
	Κλειστά	Ανοικτό	Ανοικτό	Ανοικτό	<259,50	
650,00						

<b>B Για υψηλή στάθμη ιζημάτων &gt;254</b>					
0					
	Κλειστά	Κλειστό	Ανοικτό	Κλειστό	≤ 257,80
105,00					
	Κλειστά	Κλειστό	Ανοικτό	Ανοικτό	>257,80
260,00					
	Κλειστά	Ανοικτό	Ανοικτό	Ανοικτό	
650,00					

#### **4.4.10 Διώρυγα εκτροπής κατά την διάρκεια κατασκευής**

Η διώρυγα έχει ορθογωνική διατομή B/H = 3,0X4,0 μ. μήκος 207μ. και κ.μ. κλίση 14,5‰. Η διερχόμενη παροχή είναι ίση με 87μ<sup>3</sup>/δλ και εκτιμάται ότι αντιστοιχεί σε παροχή 5ετίας περίπου.

Στην περιοχή του διαφράγματος του ρουφράκτη θα κατασκευαστεί (στη β' φάση λειτουργίας) ύστερα από το πέρας κατασκευής των έργων πώμα από σκυρόδεμα μέχρι τη στάθμη +260,50.

Η διώρυγα θα επιχωθεί στη β' φάση (λειτουργίας των έργων).

#### **4.5 Έργα ανάντη του φράγματος**

Τα έργα στην κοίτη του ποταμού ανάντη του φράγματος περιλαμβάνουν εκσκαφή της ευρείας κοίτης σύμφωνα με τη στάθμη που φαίνεται στα σχέδια.

Στο ανάντη πέρας του ταμιευτήρα καθώς και σε δύο (2) ακόμα θέσεις ανάντη προβλέπεται η κατασκευή τριών (3) αναβαθμών ύψους 2,0μ. με σκοπό την μείωση της κ.μ. κλίσης του ποταμού και κατά συνέπεια της κατά το δυνατόν μείωσης της μεταφοράς χονδρόκοκκων φερτών προς τον ταμιευτήρα.

#### **4.6 Τα έργα κατάντη του φράγματος**

Κατάντη της λεκάνης καταστροφής ενέργειας προβλέπονται έργα διευθέτησης, που θα εξασφαλίζουν την ομαλή επαναφορά των μεγάλων απορροών προς τη φυσική κοίτη, μετά την υπερπήδηση του φράγματος. Σε ένα πρώτο τμήμα έργων αμέσως κατάντη της λεκάνης η διαμορφωμένη τραπεζοειδούς διατομής κοίτη θα είναι επενδεδυμένη με σκυρόδεμα τόσο στην πυθμένα, όσο και στα πρανή. Στο επόμενο τμήμα η κοίτη επενδύεται σε λιθοπλήρωτα συρματοκιβώτια και συναρμόζεται προς την κατάντη φυσική κοίτη.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΑΓΩΓΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

#### 5.1 Γενικά

Από την υδραυλική μελέτη του αγωγού προκύπτει ότι για τις μεγάλες παροχές ( $1,30 \text{ m}^3/\text{s}$  και άνω) μόνο λειτουργεί με πλήρη πίεση, σ' όλο το μήκος του. Για τις μικρότερες παροχές λειτουργεί κατά τμήματα με μερική πλήρωση. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο σχεδιασμός του πρέπει να έχει ως βασικό κριτήριο την κατά το δυνατόν διατήρηση χάραξης που να επιτρέπει μεγαλύτερο εύρος παροχών που η λειτουργία του αγωγού θα είναι υπό πίεση. Η μικτή λειτουργία με τμήματα αγωγού υπό πίεση και άλλα με ελεύθερη ροή έχει τα συνήθη προβλήματα που δημιουργεί η εξαγωγή ή εισρόφηση του αέρα, και απαιτεί, ιδιαίτερη φροντίδα ώστε να γίνεται τούτο κατά το δυνατόν απρόσκοπτα.

Για τους παραπάνω λόγους, και κυρίως για να μην τέμνεται η πιεζομετρική γραμμή από τις μεγαλύτερες παροχές επιλέχθηκε η τοποθέτηση του έργου εξόδου κάπως υψηλότερα από την Προμελέτη στο με ΑΣΥ+226 ( αντί του +221). Τούτο σε συνδυασμό με την χρήση μόνο δύο διαμέτρων (Φ1100 και Φ1000) όχι μόνο δεν μείωσε την συνολική μέγιστη παροχή αλλά την αύξησε, αυξάνοντας ταυτόχρονα και το εύρος των παροχών λειτουργίας με πλήρη πίεση.

Στο παραπάνω αποτέλεσμα συνετέλεσε και η χρήση αντί των πιεζοθραυστικών φρεατίων που δημιουργούσαν απώλεια φορτίου, μεγάλων σωλήνων εισαγωγής - εξαγωγής αέρα (Φουγάρα) που έχουν μηδενική σχεδόν απώλεια φορτίου και επιτρέπουν με κατάλληλη χρήση συσκευών μεγαλύτερη παροχευτικότητα στο μέλλον.

Τούτο βεβαίως καθίσταται δυνατόν και με την κατάργηση του μικρού τμήματος του αγωγού Φ900 που προέβλεπε η Προμελέτη, και που περιόριζε την παροχευτικότητα λόγω ανάπτυξης ταχυτήτων εκτός των επιτρεπομένων ορίων.

Το συνολικό μήκος του αγωγού είναι  $10250 \text{ m}$ , κατά  $250 \text{ m}$  μικρότερο της Προμελέτης λόγω πιο τεταμένης χάραξης.

## 5.2 Τύποι Σωλήνων

Διάμετροι και πάχη ελασμάτων

Οι χρησιμοποιηθέντες σωλήνες είναι από χάλυβα, και κατά την τυποποίηση της AWWA.

Για την ονομαστική διάμετρο Φ1100 διατηρείται σταθερά η εσωτερική διάμετρος (45 ίντσες = 1143.0 mm) και είναι ίδια για τα χρησιμοποιούμενα ελάσματα 12,7 και 14,3 mm.

Για τον Φ1000 διατηρείται σταθερά η εξωτερική διάμετρος και είναι:

- Για έλασμα 11,1 mm η εσωτερική διάμετρος = 1041 mm και
- Για έλασμα 12,7 mm η εσωτερική διάμετρος = 1045 mm

Τα πάχη των ελασμάτων προέκυψαν από τους σχετικούς στατικούς υπολογισμούς και διαστασιολογήθηκαν για κινητά φορτία SLW60 με επιχώσεις 0,80, 1,2, και 3,50 m.

### 5.2.1 Προστασία

Οι αγωγοί προβλέπεται να έχουν εσωτερική και εξωτερική προστασία. Η εσωτερική προστασία θα συνίσταται σε επικάλυψη του χάλυβα με εποξεικό υλικό δύο συστατικών σε υγρή μορφή ενώ η εξωτερική προστασία του αγωγού θα αποτελείται από τρεις στρώσεις ως ακολούθως:

Η πρώτη στρώση από εποξεικό υλικό συνίσταται σε στρώση εποξεικής σκόνης η οποία υγροποιημένη ψεκάζεται ηλεκροστατικά στον θερμό σωλήνα.

Η δεύτερη στρώση αποτελείται από συγκολλητικό ελαστομερές φιλμ, και η

Τρίτη στρώση αποτελείται από πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο το οποίο διαστρώνεται σε όσες στρώσεις απαιτούνται από τις εκάστοτε προδιαγραφές.

Η επένδυση αυτή προστατεύει τον αγωγό έναντι της διάβρωσης από τα καθοδικά ρεύματα.

## 5.2.2 Υπολογισμοί υδραυλικών απωλειών

Για τις ανάγκες των υδραυλικών υπολογισμών αριθμήθηκαν οι καμπύλες και τα άλλα ειδικά τεμάχια, και μετά την εκτίμηση των τοπικών απωλειών, επιλύθηκε ο αγωγός για τις παρακάτω περιπτώσεις:

A) Με τον τύπο Darcy-Weisbach με διαμέτρους κατά AWWA με τραχύτητα καινούργιων που είναι σύμφωνα με την Βιβλιογραφία  $e = 0,0046 \text{ mm}$  (και το πρόγραμμα επίλυσης WATERCAD.), παλαιότητα 20ετίας  $e = 1.00 \text{ mm}$ , και παλαιότητα 40ετίας με  $e = 1.5 \text{ mm}$ .

B) Με τον τύπο του Manning με τις ως άνω διαμέτρους και τραχύτητες  $n = 0.011, 0.012, 0.013$ .

Γ) Με τον τύπο Darcy-Weisbach με εσωτερικές διαμέτρους 1100, και 1000 mm και τις τραχύτητες της Α περίπτωσης.

Δ) Με τον τύπο του Manning και διαμέτρους ως ανωτέρω και τραχύτητες ως της περιπτώσεως Β.

Για την περίπτωση Α οι παροχές υπολογίσθηκαν σε 1700, 1450, και 1400 l/s. Για την περίπτωση Β οι παροχές υπολογίσθηκαν σε 1600, 1500, και 1430 l/s. Για την περίπτωση Γ οι παροχές υπολογίσθηκαν σε 1550, 1310, και 1270 l/s. Τέλος, για την περίπτωση Δ οι παροχές υπολογίσθηκαν σε 1450, 1370, και 1290 l/s.

## 5.3 Προτεινόμενη χάραξη του αγωγού

### 5.3.1 Γενικά

Ο αγωγός ξεκινάει αμέσως κατάντη του έργου Υδροληψίας, και ειδικότερα του έργου εξάμμωσης, και του φρεατίου φόρτισης.

Ο αγωγός με βάση τα χαρακτηριστικά σημεία που σηματοδοτούν την πορεία του μπορεί να χωρισθεί σε 5 τμήματα, που το κάθε ενός το κατάντη άκρο αποτελεί υψηλό σημείο, ενώ στο ενδιάμεσο του μήκους του υπάρχει κάποιο χαμηλό σημείο.

Παρακάτω δίδεται η περιγραφή των τμημάτων αυτών.

### 5.3.2 Τμήμα P1-P2 ( ΧΘ. 10+251- 9+417 )

Το τμήμα αυτό είναι το ανώτερο ανάντη και ξεκινά από την υδροληψία του Πείρου στη Βαλμαδούρα. Έχει μήκος 834 m περίπου, και ο αγωγός Φ1100 ακολουθεί την δεξιά όχθη του Πείρου, ευρισκόμενος κάτω από προτεινόμενο νέο ασφαλτοστρωμένο δρόμο πλάτους 7,00 m, απέχοντας 2,0m από τον άξονα αυτού, προς την πλευρά των υψηλών υψομέτρων.

Ο δρόμος αυτός είναι απαραίτητος για την συντήρηση της Υδροληψίας και του αγωγού και λόγω της Γέφυρας στον Πείρο που προβλέπεται παρακάτω θα αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία και κυκλοφορία συνδέοντας την άσφαλτο του οικισμού Λαλιώτα με τον ασφαλτόδρομο προς Χαλανδρίτσα και το έργο της Υδροληψίας.

Στη συνέχεια ο αγωγός αποκλίνει από τον δρόμο και διασχίζει το ρέμα του Βορίλα, κάτω από την κοίτη του ρέματος με εγκιβωτισμό σε σκυρόδεμα και προστασία με 0,40m λιθορριπής.

Το Ρέμμα Βορίλα που διαθέτει αξιόλογη παροχή  $75 \text{ m}^3/\text{s}$  (50ετίας), διασταυρώνεται με την νέα άσφαλτο με γεφυρίδιο διαστάσεων 7,00X2,60m. Οι διαστάσεις της γέφυρας είναι καταλληλότερες από της Προμελέτης (5,00X3,50) για την παροχέτευση της παροχής του ρέματος, λόγω του μεγαλύτερου πλάτους, η δε μείωση του ύψους περιβαλλοντικά είναι περισσότερο αποδεκτή, και το συνολικό εύρος κατάληψης του έργου είναι σημαντικά μικρότερο.

Η διέλευση του αγωγού πάντως δεν ήταν τεχνικά ορθή ούτε πάνω από την πλάκα της γέφυρας (διότι θα προκαλείτο μεγάλη υπερύψωση και ο αγωγός θα ευρίσκετο με πολύ μικρή επίχωση ,ούτε στο κούτελο της πλάκας ( για τον ίδιο λόγο) , και η διέλευση του κάτω από την κοίτη και παράλληλα με το τεχνικό της διάβασης είναι μονοσήμαντη.

Μετά την διασταύρωση με τον Βορίλα θα τοποθετηθεί μελλοντικά σε παράλληλη πορεία και ο αγωγός Φ500 της Λιμνοδεξαμενής Χαλανδρίτσας, που προγραμματίζει η Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας. Για τον παραπάνω λόγο η απόσταση του Φ1100 από τον άξονα του δρόμου γίνεται 1,50m και τούτο τηρείται εφεξής όποτε η πορεία των δύο αγωγών είναι παράλληλη.

Στη συνέχεια ο αγωγός επανατοποθετείται στην νέα ασφαλτοστρωμένη οδό, που η χάραξη της ακολουθεί ένα ορεινό τμήμα πάνω στον υφιστάμενο κακής ποιότητας στενό

χωματόδρομο, που τον αντικαθιστά.

Προς το τέλος του τμήματος υπάρχουν δύο υψηλά σημείο όπου κατασκευάζονται δύο φουγάρα αερισμού.

Κατά την πορεία ο αγωγός και η οδός διασταυρώνονται με μικρά ρέματα, και στις θέσεις αυτές προβλέπονται μικρέ τεχνικά κυκλικών κυρίως αγωγών όπως στα σχετικά σχέδια.

Το μέσο βάθος επίχωσης στο τμήμα αυτό είναι 1,2-1,5 m.

### **5.3.3 Τμήμα P4-P5.(X.Θ. 8+847- 3+484)**

Το τμήμα έχει μήκος 5363 m. Ο αγωγός εγκαταλείπει την υφιστάμενη άσφαλο και ακολουθεί πορεία παράλληλη με την δεξιά όχθη του Πείρου κάτω από νέα προτεινόμενη ασφαλτοστρωμένη οδό.

Στο αρχικό τμήμα του οδός και αγωγός έχουν απότομη κλίση, λόγω μεγάλης υψομετρικής διαφοράς του εδάφους (περί τα 6,00 m). Στο σημείο αυτό προβλέπεται και οχετός διαστάσεων 2,00X3,00 m. (Ρέμα P2).

Ο αγωγός εκτρέπεται από τον άξονα της οδού και στηρίζεται αυτοφερόμενος επί πασσάλων Φ1000 ανά 6,0 m. Οι πάσσαλοι έχουν βάθος 18,00 m, περίπου. Επίσης, λόγω της απότομης κλίσης, προβλέπονται δύο σώματα αγκύρωσης.

Στη συνέχεια αγωγός και ασφαλτόδρομος διέρχονται στον ακάλυπτο χώρο ενός τυροκομείου χωρίς να παρενοχλούν τις εγκαταστάσεις του.

Στην πορεία αγωγού και οδού απαντώνται ρέματα μικρά και μεγαλύτερα, για τα οποία έχουν σχεδιαστεί τεχνικά έργα. Τα μικρά ρέματα διασταυρώνονται με κυκλικούς αγωγούς μονούς ή πολλαπλούς, και τα μεγαλύτερα με ορθογωνικούς διαστάσεων 2,00X1,50 και 4,00X2,00 (Ρέμα P6).

Στη X.Θ. 6673 η οδός διασταυρώνει τον ποταμό Πείρο με γέφυρα καθαρού ανοίγματος 30 m, και διαθέτει ελεύθερο ύψος 4.80 m ( Η κοίτη έχει πλάτος περί τα 60μ.).

Ο λόγος στένωσης της κοίτης σε σύγκριση με το προτεινόμενο άνοιγμα 18 m της Προμελέτης είναι βελτιωμένος. Η παροχή των 418 m<sup>3</sup>/s της 100ετίας (που επανελέγχθηκε στους Υδραυλικούς Υπολογισμούς) περνά με ένα κρίσιμο βάθος 2,70 m και πλημμυρίζει πολύ μικρότερη έκταση από την αρχική πρόταση.

Εκατέρωθεν της Γέφυρας (περί τα 80 m) η οδός αποκτά πλάτος 9,00 m και έχει νησίδα με New Jersey.

Ο αγωγός τίθεται στην νησίδα τόσο στη γέφυρα όσο και στην οδό, στο προαναφερθέν μήκος. Στη γέφυρα προστατεύεται με κιγκλίδωμα ασφαλείας και στο υψηλό σημείο έχει ένα ειδικό εξαεριστικό διπλής λειτουργίας. Η αποχέτευση των ομβρίων στον δρόμο με την νησίδα γίνεται με ρείθρο σχισμής στην μονοκλινή πλευρά προς την νησίδα, και στη συνέχεια με οχετό Φ600.

Μετά την γέφυρα ο αγωγός τοποθετείται στην άλλη πλευρά του άξονα παραμένοντας πάντα στα ανάντη της διατομής.

Στην ΧΘ 5+811 συναντάται το χαμηλότερο σημείο της χάραξης και γίνεται διασταύρωση με το ρέμα Πουρναρολάγκαδου, και αμέσως μετά με το Ρέμα Τρανολάγκαδου.

Η διέλευση του αγωγού γίνεται υπόγεια κάτω από τα ρέματα και έχει σχεδιασθεί ειδικό τεχνικό εκκένωσης με πρόσθετη τάπα καθαρισμού καθώς και σώματα αγκύρωσης στα πολύ επικλινή τμήματα. Ο αγωγός είναι εγκιβωτισμένος σε συνολικό μήκος 54,0 m και στα δύο ρέματα.

Στη θέση του υφιστάμενου τεχνικού με το ρέμα Πουρναρολάγκαδου τερματίζεται η προτεινόμενη νέα ασφαλτοστρωμένη οδός και από το σημείο αυτό ο αγωγός τοποθετείται ή σε υφιστάμενη άσφαλτο ή σε νέο χωματόδρομο.

Ο αγωγός ακολουθεί σε μικρό τμήμα νέο χωματόδρομο και έπειτα τοποθετείται στην υφιστάμενη άσφαλτο (περιοχή οικισμού Λαλιώτα). Ακολουθεί για 400 m περίπου την άσφαλτο και έπειτα στρίβει δεξιά και ακολουθεί χωματόδρομο (που βελτιώνεται και γίνεται πλάτους 7,00 m).

Στη Χ.Θ. 3+484 που αποτελεί υψηλό σημείο της χάραξης και το τέρμα του τμήματος, καθώς και του αγωγού Φ1100, τοποθετείται διπλό φουγάρο αερισμού 2Φ800. Λόγω της σημασίας της θέσης αυτής τοποθετείται πρόσθετη σωλήνα εξαερισμού Φ300 που συνδέεται με την κατάντη σωλήνα Φ800. Αμέσως κατάντη ο αγωγός γίνεται Φ1000.

#### **5.3.4 Τμήμα P7-P8 (Χ.Θ. 3+484 --1+293).**

Το τμήμα έχει μήκος 2191 m., και είναι η αρχή του αγωγού Φ1000, που διατηρείται μέχρι το τέλος της χάραξής του.

Για την παράκαμψη του οικισμού Ζώγα κατασκευάζεται νέος χωματόδρομος που ακολουθεί τεταμένη χάραξη και διασταυρώνεται με δύο σημαντικά ρέματα, το ρέμα Ζώγα, και το ρέμα Σταροχωρίου.

Η διέλευση του αγωγού γίνεται πάνω από τα ρέματα, καθόσον η διατιθέμενη επίχωση είναι επαρκής. Οι διατομές των οχετών είναι 3,00X3,00 και 2,00X2,00 αντίστοιχα για τα ρέματα Ζώγα και Σταροχωρίου αντίστοιχα.

Στη συνέχεια ο αγωγός (και ο χωματόδρομος) διασταυρώνονται με το ρέμα Ασημοκένου με οχετό 2,00X2,00.

Μετά την διασταύρωση αυτή ο αγωγός τοποθετείται στην Εθνική Οδό 111 και καταλαμβάνει το προς τα ανάντη τμήμα του καταστρώματος.

Στη Χ.Θ.1+293 που είναι και το τέρμα του τμήματος υπάρχει υψηλό σημείο που αντιμετωπίζεται ως το προηγούμενο με διπλά φουγάρα από σωλήνες Φ800.

## 5.4 Έργο Εξόδου

Το έργο εξόδου στο τέλος του σωληνωτού αγωγού μεταφοράς.

Πρόκειται για ανοικτό έργο από οπλισμένο Σκυρόδεμα το οποίο αποτελείται από δύο τμήματα τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους από τοίχειο στη στέψη του οποίου προβλέπεται υπερχειλιστής λεπτής στέψης.

Στο πρώτο τμήμα καταλήγει ο αγωγός και η εκροή του νερού είναι ελεύθερη και βυθισμένη (αφού ή η στάθμη του υπερχειλιστή είναι ψηλότερα από τον αγωγό).

Από το πρώτο διαμέρισμα το νερό εκρέει προς τα κατάντη και προς την Διώρυγα φυγής μέσω του παραπάνω υπερχειλιστή.

Κατάντη, η λεκάνη που υπάρχει έχει συνολικό μήκος 7,0 mμ ώστε το νερό να ηρεμεί πριν αρχίσει να απορρέει προς τον Ταμιευτήρα μέσω της τάφρου απαγωγής.

Η τάφρος απαγωγής έχει πλάτος πυθμένα 2,50μ και κλίση πρανών οριζόντια 2 προς 1 κατακόρυφο. Η τάφρος είναι επενδεδυμένη με συρματοκιβώτια τα οποία στη συνέχεια επιστρώνονται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε δύο στρώσεις των 5 cm ώστε η ροή του νερού να γίνεται επ' αυτού.

Στο σημείο που η τάφρος απαγωγής συναντά την μισγάγγεια διαμορφώνεται κατάλληλο έργο καταστροφής ενέργειας από σκυρόδεμα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Σε τιμές Β' τριμήνου 2003, ο συνολικός προϋπολογισμός των έργων της μελέτης, χωρίς Γενικά Έξοδα και Όφελος Εργολάβου και ΦΠΑ, ανέρχεται σε 122.529.825 Ευρώ. Από αυτά, τα 97.473.851 Ευρώ αφορούν το έργο του φράγματος και ταμιευτήρα Αστεριού ενώ τα υπόλοιπα αφορούν το φράγμα εκτροπής Βαλμαδούρας και τον αγωγό προσαγωγής.

Η συνολική δαπάνη για τα έργα, συμπεριλαμβανομένων και των μελετών Δυναμικής Ανάλυσης του Φράγματος Αστεριού, Φυσικού Ομοιώματος του υπερχειλιστή του Φράγματος Αστεριού, της γεωτεχνικής έρευνας στο φράγμα Βαλμαδούρας και της μελέτης και κατασκευής των έργων οδοποιίας για την αποκατάσταση της Ε.Ο. Πατρών-Τρίπολης με Γενικά Έξοδα και Όφελος Εργολάβου και ΦΠΑ εκτιμήθηκε σε 190.000.0000 Ευρώ.

Οι προϋπολογισμοί των επιμέρους έργων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

**ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ**

	<b>ΤΜΗΜΑ ΕΡΓΟΥ</b>	<b>ΔΑΠΑΝΗ €</b>
1	ΦΡΑΓΜΑ ΑΣΤΕΡΙΟΥ	49.970.598
2	ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗΣ	36.451.094
3	ΣΗΡΑΓΓΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ	11.052.159
4	ΑΓΩΓΟΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ	11.818.302
5	ΦΡΑΓΜΑ ΒΑΛΜΑΔΟΥΡΑΣ	13.237.673
	ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΩΝ	122.529.825
	Γ.Ε&Ο.Ε. 18%	22.055.368
	Μελέτη Δυναμικής Ανάλυσης Φράγματος	60.000
	Μελέτες Οδοποιίας	60.000
	Μελέτη φυσικού ομοιώματος υπερχειλιστή Φράγματος Αστερίου	80.000
	Γεωτεχνική Έρευνα Φρ.Βαλμαδούρας	50.000
	Κατασκευή έργων οδοποιίας για την αποκατάσταση της Ε.Ο Πατρών - Τρίπολης	2.000.000
	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	146.835.193
	ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 9%	13.215.167
	ΣΤΡΟΓΓΥΛΕΥΣΗ	966.588
	ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	161.016.949
	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΟ ΠΟΣΟ ΓΙΑ ΦΠΑ 18%	28.983.051
	ΠΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΗΣ ΕΡΓΩΝ	190.000.000

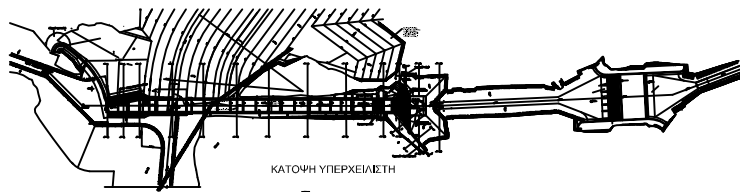
## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Υδροδυναμικά Έργα – Φράγματα, Χρήστου Τσόγκας, Ελισσάβητ Χ. Τσόγκα
2. Χρήστος Τσόγκας Μηχανική των ποταμών
3. Υδρεύσεις Χρήστου – Ερ. Τσόγκα – Υδρεύσεις
4. Χρ. Μαραγκός – Τεχνικά Έργα Υποδομής
5. Κ. Δημητρακόπουλος, Χ. Χατζηθεοδώρου Πανεπιστήμιο Πατρών Τμήμα Πολιτ. Μηχανικών – Στοιχεία Υδραυλικής
6. Τεχνική Έκθεση έργου

## **INTERNET**

1. Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδος
2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε. – Εταιρία Γενικών Κατασκευών
3. Φωτογραφίες φραγμάτων

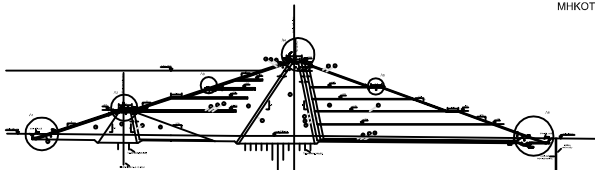
ΥΔΡΕΥΣΗ ΠΑΤΡΑΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΟΤΑΜΟΥΣ ΠΕΙΡΟ ΚΑΙ ΠΑΡΑΠΕΙΡΟ  
 ΕΡΓΟ : ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΠΕΙΡΟΥ-ΠΑΡΑΠΕΙΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ  
 ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΩΝ



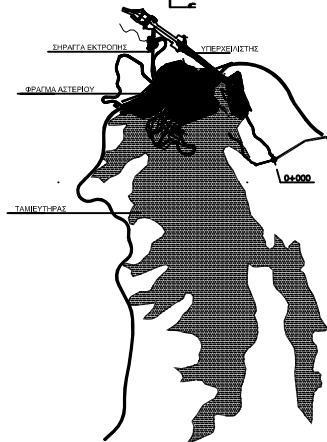
ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗ



ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗ



ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΑΣΤΕΡΙΟΥ

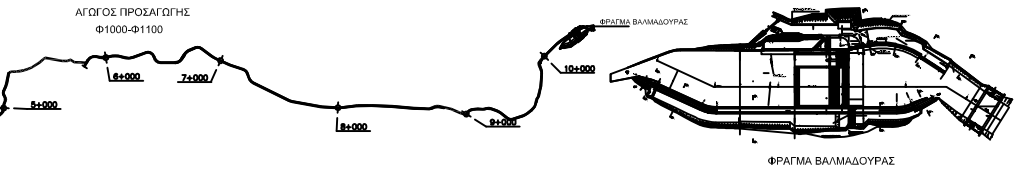


ΣΗΡΑΓΓΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ

ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗΣ

ΦΡΑΓΜΑ ΑΣΤΕΡΙΟΥ

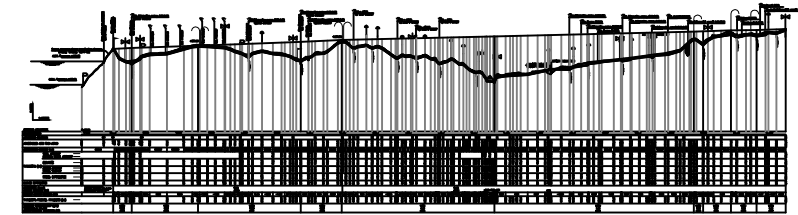
ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ



ΑΓΓΟΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ  
 Φ1000-Φ1100

ΦΡΑΓΜΑ ΒΑΛΛΑΔΟΥΡΑΣ

ΦΡΑΓΜΑ ΒΑΛΛΑΔΟΥΡΑΣ



ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΑΓΓΟΥ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ

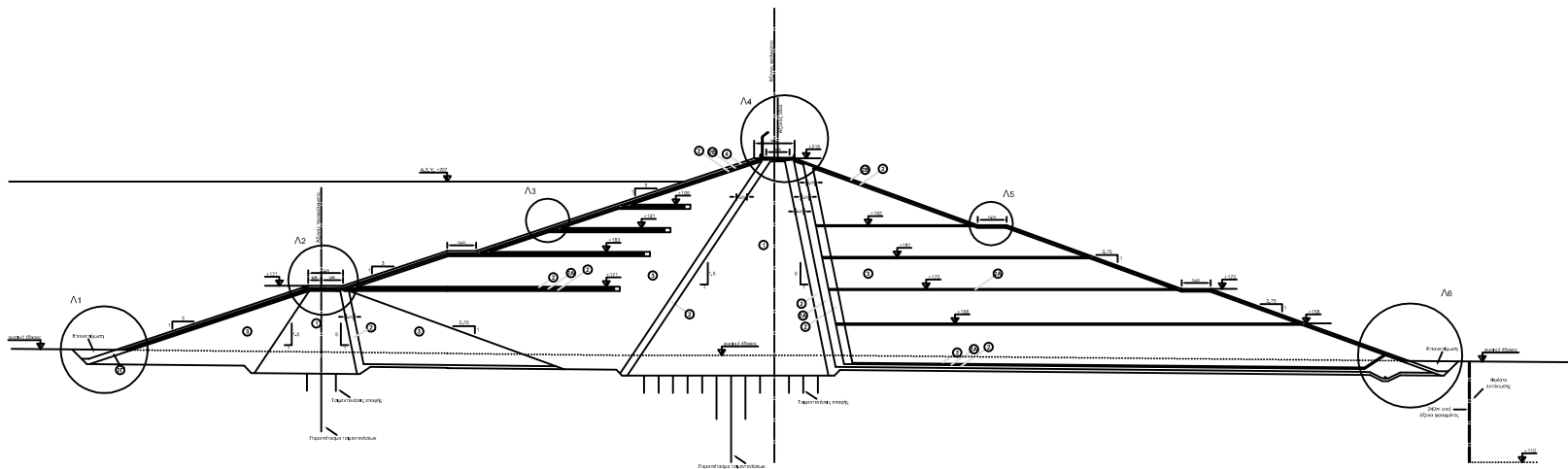


ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ

ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ  
 ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ



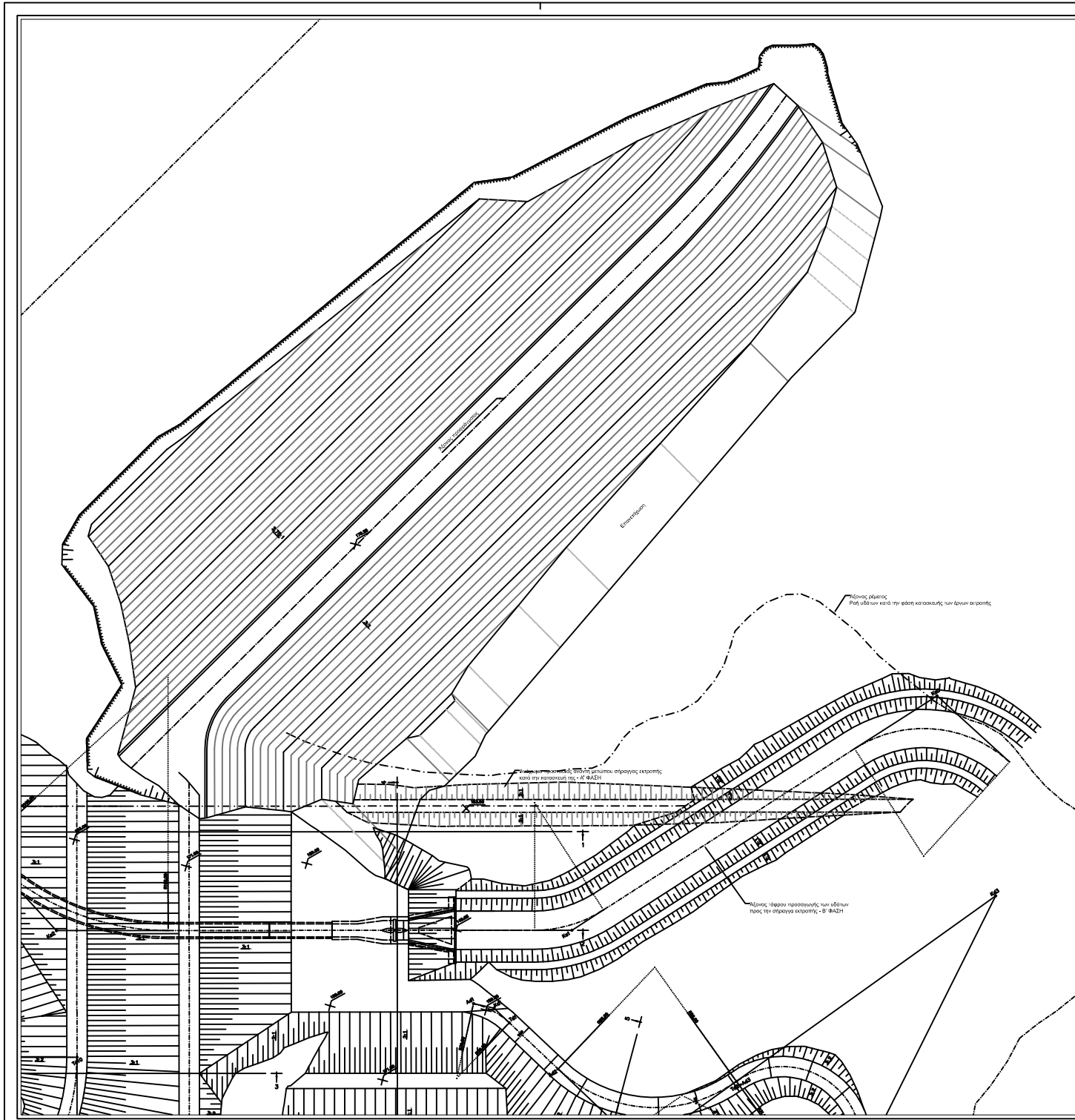
ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΔΡΩΜΟ ΠΑΤΡΑΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΤΕΧΝΙΚΑ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΑΪΟΣ 2011	
ΘΕΜΑ: "ΜΕΛΕΤΗ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΠΕΙΡΟΥ - ΠΑΡΑΠΕΙΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ"	ΑΡΙΘ. ΣΧΕΔΙΟΥ: 1
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΣΥΝΤΑΞΟΥ: ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΩΝ	ΚΑΛΩΝΙΑ:
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: • ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ • ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΚΟΡΜΠΑΚΗ • ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΠΟΥΚΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ	



- ΥΠΟΜΗΝΙΑ**
- Ζώνη 1. Πρώτος όροφος κεντρικός (αποφραγμένος) τοίχος
  - Ζώνη 2. Ηρώας/Μόμος
  - Ζώνη 2Α. Στοιχείο/Στοιχεία Αποκλιμακωτικής
  - Ζώνη 2Β. Πρώτος προνοήσιμος πάτος
  - Ζώνη 2'. Μεταίχμιος Αμφοτέρω
  - Ζώνη 3. Σκάλες σιδηρές Υψηλόμετρο
  - Ζώνη 4. Πρώτος προνοήσιμος γέφυρα

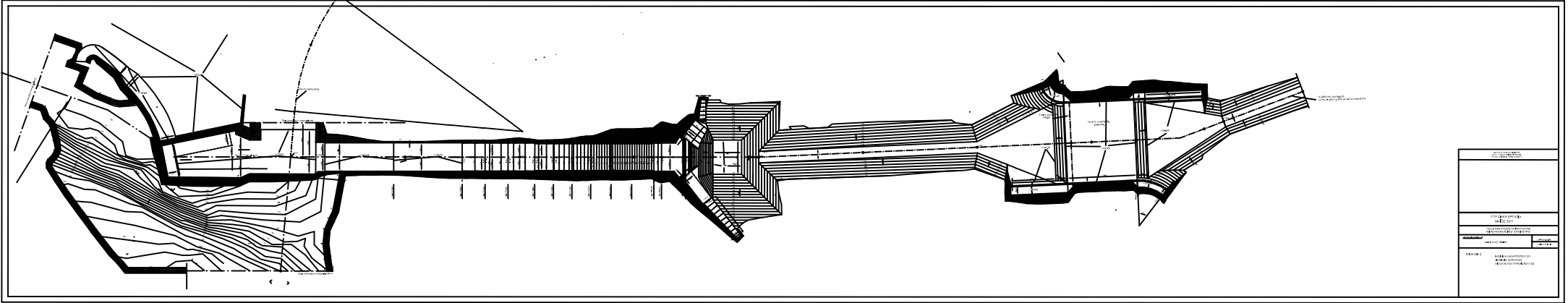
- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**
- Όλες οι λεπτομέρειες να φέρουν και κάλυψη του φορέα/της αναχώρησης από κάλυψη του φορέα με λαβωμένους, σιδηρούς, σπασμένους.
  - Τα υδροπλάκια να τοποθετούνται στο βέλτιστο του προφίλ/μολύβου στη στέγη, ώστε από την έκτασή τους να μην προκύπτει κίνδυνος για την υδρορροή.
  - Η τάξη στέγης να είναι αποκαθαρωμένη, να καθαρίζεται από τα υαλοκίτματα της στέγης/καμάρια, του φορέα/της κάλυψης, του πλάτους του κελύφους τραπεζί.
  - Η απόσταση των όρων να μην είναι μικρότερη από τα όρια του φορέα/της φραγματοποίησης. Οι συνιστώσες που είναι κλειστές/επικουρικές στις Στάθες ΟΜΑ-2/100 και 101, ΟΜΑ-2/140.
  - Η αναγκαία κλίση των οριζόντιων στοιχείων, π.χ. στέγης, 10% - 10% - 10% και 15% για κλίση οριζόντιων στοιχείων, να είναι στο στέγος 1%11 στο κελύφος στέγης, να επιβεβαιώνεται μετά από τον κελύφος του προφίλ/μολύβου, λαμβάνοντας υπόψη το ύψος των λαβών/αδελφών. Προβλέπεται να καθαρίζεται από την τραπεζία, στα επόμενα, όπως από προφίλ/μολύβου. Είναι, σε περίπτωση κίνδυνος και αποκαθαρωμένη από κελύφος στέγης, η πρόταση να αποκαθαρωθεί από κελύφος τραπεζί, να καθαριστεί με γυαλιστερό καθαριστή.

ΕΡΓΟΝΟΜΟΣ ΕΡΓΟΝΟΜΟΣ ΕΡΓΟΝΟΜΟΣ	
<b>ΠΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ</b> <b>ΜΑΪΟΣ 2011</b>	
<b>ΜΕΛΕΤΗ/ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ/ΕΡΓΑΤΩΝ</b> <b>ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΡΧΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ</b>	
ΟΡΘΟΓΡΑΦΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΟΡΘΟΓΡΑΦΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
<b>ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:</b> ΒΑΣΙΛΗ ΔΗΜ. ΠΡΟΠΟΥΛΟΥ ΔΕΝΥΣΙΑ ΚΟΡΜΥΔΑΚΗ ΜΕΛΑΝΙΣ ΠΟΥΛΧΡΟΠΟΥΛΟΣ	

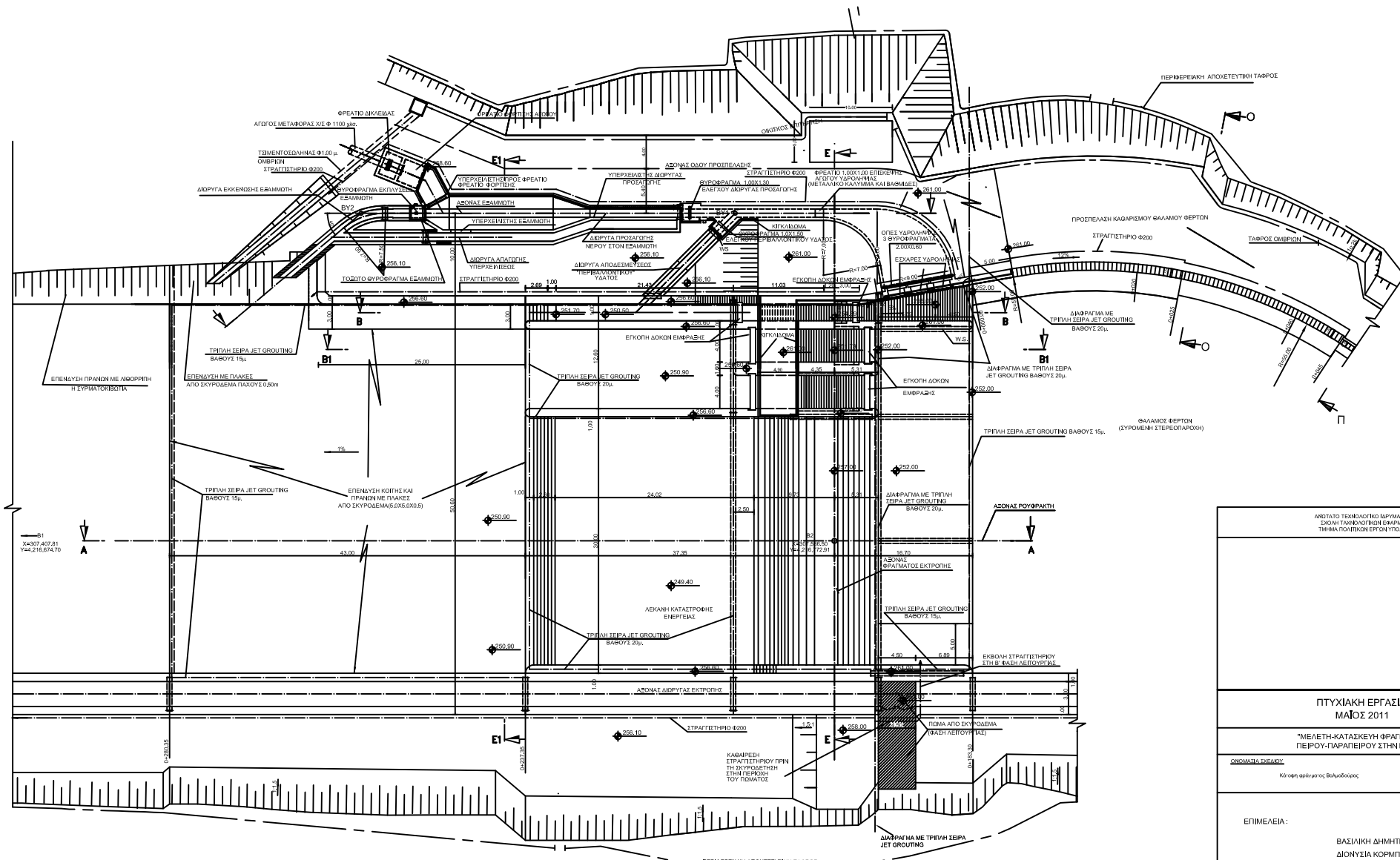


ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΙΟ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ	
<b>ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ</b> <b>ΜΑΪΟΣ 2011</b>	
ΜΕΛΕΤΗ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΟΥ - ΠΑΡΑΛΙΠΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ	
ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΟΥ: ΠΑΡΑΛΙΠΕΡΙΟΥ - ΠΕΡΙΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΡΓΩΝ ΑΠΟΧΡΗΣΗΣ ΑΡ. ΠΡΩΤ. 13
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:  ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ ΔΕΚΟΥΣΙΑ ΚΟΡΜΠΑΚΗ ΜΙΧΑΗΛ ΠΟΥΛΧΡΟΠΟΥΛΟΣ	









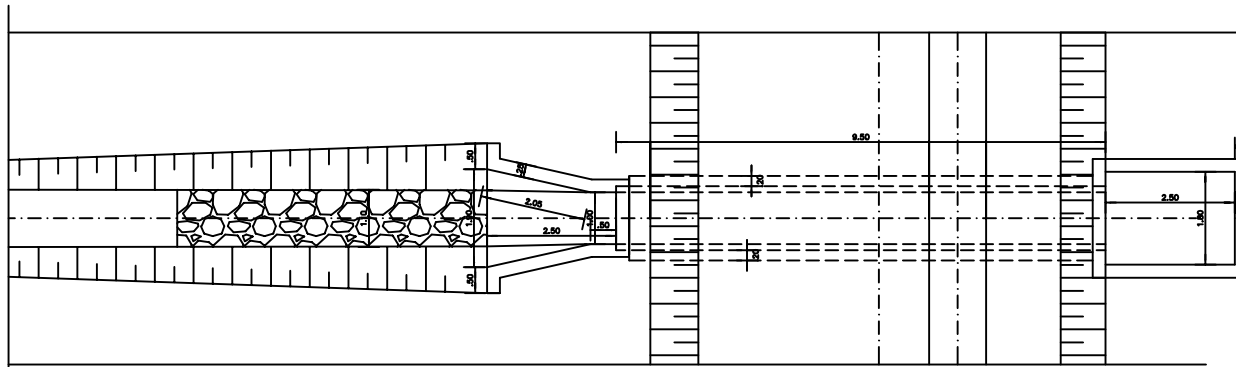
ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΧΟΝΗ ΤΑΧΥΔΡΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ	
<b>ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ</b> <b>ΜΑΪΟΣ 2011</b>	
"ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΟΥ-ΠΑΡΑΛΙΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ"	
ΟΝΟΜΑΤΑ ΣΤΕΛΕΩΣ Κωνσταντίνος Βαλαβάνης	ΚΙΒΩΜΑΤΟΣ : 1:200 ΑΡΙΘ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ : 6
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ : ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΚΟΡΜΠΑΚΗ ΜΙΧΑΗΛΗΣ ΠΟΥΛΧΡΟΠΟΥΛΟΣ	



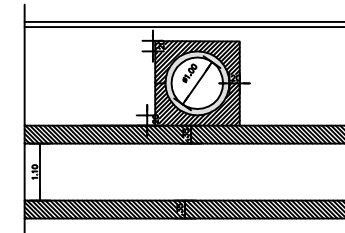




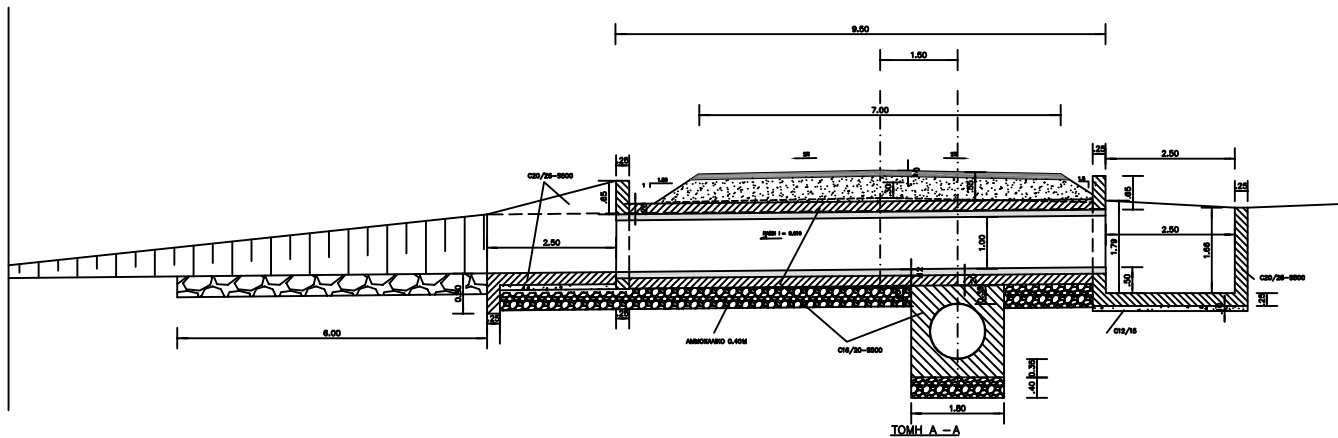
ΤΥΠΙΚΟΣ ΟΧΕΤΟΣ Φ1000 (ΣΙΜΕΝΤΟΣΩΛΗΝΕΣ ΣΕΙΡΑΣ 150)



ΚΑΤΟΥΗ



ΤΟΜΗ Β-Β



ΤΟΜΗ Α-Α

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΑΪΟΣ 2011	
*ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΠΕΙΡΟΥ-ΠΑΡΑΠΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ	
ΟΝΟΜΑΤΕΛΕΓΧΕΛΟΥΣ: Οχετός Φ1000 Κόπηση Τομή Α-Α, Τομή Β-Β	ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:50 ΑΡΙΘ. ΣΧΕΔΙΟΥ: 10
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΚΟΡΜΠΑΚΗ ΜΙΚΑΛΗΣ ΠΟΛΥΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ	