

ΦΡΑΓΜΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΚΟ

I. Θανόπουλος, (Δρ. Μηχανικός, ΔΕΗ/ΔΑΥΕ/ΚΕΨΕ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, 1^ο Ελληνικό Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων)

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου είναι :

Ύψος Φράγματος	41 m
Υψόμετρο στέψης	177 m
Μήκος στέψης	145 m
Όγκος Φράγματος	294.700 m ³ με κλίση πρανών 1:1,6
Οφέλιμος όγκος λίμνης	1.620.000 m ³



Φράγμα Παναγιώτικο

Ο αγωγός εκτροπής είναι από χάλυβα διαμέτρου Φ 1600mm και μήκους 241 m. Οι δύο υδροληψίες είναι και αυτές χαλύβδινες διαμέτρου Φ 400mm και καταλήγουν στο κτίριο ελέγχου κατάντη του πόδα του φράγματος.

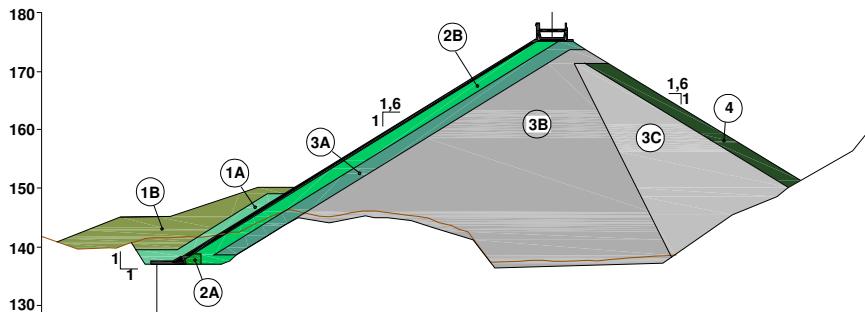
Το πρόφραγμα είναι 16 περίπου μέτρα ύψους με στέψη στο υψομ. 152 m.

Πρέπει επίσης να αναφέρουμε και στην περίπτωση του Παναγιώτικου το πρόβλημα της Υδρολογίας. Τα υδρολογικά δεδομένα ήταν υποτιμημένα αφού κατά την διάρκεια της κατασκευής το πρόφραγμα υπερπηδήθηκε δύο φορές χωρίς όμως σοβαρές επιπτώσεις λόγω του τύπου του φράγματος.

Ο Υπερχειλιστής κατασκευάσθηκε στο δεξιό αντέρεισμα και οδηγούσε σε παρακείμενο ρέμα στην κοίτη του οποίου κατασκευάσθηκε η λεκάνη αποτόνωσης. Η ευρύτερη περιοχή του δεξιού πρανούς της λεκάνης αποτόνωσης ήταν και η Συμβατική θέση του λατομείου το οποίο θα έδινε

το υλικό για την κατασκευή του Φράγματος. Οι εκσκαφές του λατομείου διευκόλυναν και την κατασκευή της λεκάνης αποτόνωσης.

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής οι φορείς του έργου βρέθηκαν μπροστά σε νέα δεδομένα, όπως περιγράφεται παρακάτω, τα οποία αναγκαστικά απαιτούσαν λύσεις.



1A	Αδιαπέρατο υλικό δανειοθαλάμου	υλικό	3A	Επιλεγμένο υλικό βράχου λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής
1B	Τυχαία βραχώδη υλικά από εκσκαφές ή αμμοχάλικα ποταμού		3B	Λιθορριπή από ελαφρά αποσαθρωμένο μέχρι υγιή βράχο λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής
2A	Ειδικό θραυστό υλικό φίλτρου από εγκεκριμένο λατομείο		3C	Λιθορριπή από ελαφρά αποσαθρωμένο μέχρι υγιή βράχο λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής
2B	Θραυστό υλικό φίλτρου από εγκεκριμένο λατομείο	4		Υπερμεγέθη υγιή τεμάχια βράχου λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής

Τομή φράγματος Παναγιώτικο και πίνακας υλικών

- **Υλικό λιθορριπής**

Το Συμβατικά προβλεπόμενο λατομείο βρισκόταν στην περιοχή των εκσκαφών της λεκάνης αποτόνωσης του εκχειλιστή και απεδείχθη ακατάληλο για την παραγωγή υλικού για το φράγμα λόγω της παραγωγής μεγάλου ποσοστού λεπτόκοκκων υλικών, άνω του προδιαγραφόμενου 5% διερχ. στο Ν. 200. Οι όγκοι γνευσίου από τους οποίους είχε γίνει η δειγματοληψία κατά την διάρκεια της μελέτης ήταν μεμονωμένοι όγκοι σε θρυμματισμένο υλικό και εντοπίζονταν κυρίως στα χαμηλότερα υψόμετρα κοντά στην λεκάνη αποτόνωσης. Τελικά μετά από εκτεταμένους καθαρισμούς, αφού η περιοχή ήταν πυκνά δασωμένη, ο χώρος του λατομείου απεδείχθη ότι ήταν οριακά κάτω από μία εκτεταμένη επώθηση ασβεστολίθων και μαρμάρων πάνω σε

μεταμορφωμένα πετρώματα. Η ανώτερη παγγίνα του λατομείου μάλιστα (ύψους 20 m) ήταν όλη μέσα στον μυλωνίτη του ρήγματος.

Για την κατασκευή του επιχώματος χρησιμοποιήθηκαν τελικά υλικά λιθορριπής από νέα θέση. Λόγω του αυξημένου ποσοστού λεπτοκόκκων της λιθορριπής, στο ανάχωμα ενσωματώθηκαν οριζόντιες στραγγιστήριες ζώνες σε θέσεις εντος του ορίου διακύμανσης της λίμνης.



Το φράγμα Παναγιώτικο στη φάση κατασκευής.

- **Εκσκαφές εκχειλιστή**

Η ανεύρεση νέας ισοδύναμης Συμβατικά θέσης λατομείου ήταν ίσως τελικά το πιο εύκολα αντιμετωπίσιμο πρόβλημα. Το δύσκολο ήταν η προσαρμογή των εκσκαφών στην θέση του Συμβατικού λατομείου και των μέτρων προστασίας έτσι ώστε να γίνει δυνατή η εκσκαφή της λεκάνης αποτόνωσης του Υπερχειλιστή λόγω των συνεχών καταπτώσεων. Οι εκσκαφές της διώρυγας αποτόνωσης απαίτησαν τελικά την εφαρμογή ενισχυμένων μέτρων προστασίας.

Αυτό δεν ήταν το μοναδικό πρόβλημα αφού και το κεκλιμένο τμήμα της διώρυγας του υπερχειλιστή διερχόταν ουσιαστικά από την ίδια διαταραγμένη ζώνη. Παρόλο ότι οι εργασίες των εκσκαφών συνεχίσθηκαν με μεγάλη προσοχή και αναπροσαρμογή των μέτρων προστασίας, ένα κανονικό ρήγμα κάθετο περίπου στο επίπεδο της επώθησης, δημιούργησε τις συνθήκες για την κατάρρευση των πρανών και του δαπέδου τμήματος της κεκλιμένης διώρυγας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι στην μελέτη προβλεπόταν η εκτέλεση μιας γεώτρησης στην θέση του έργου εισόδου του εκχειλιστή, η οποία θα εκτελείτο κατά την φάση κατασκευής του έργου.

Για την αποκατάστασή της ολίσθησης απαιτήθηκε ειδική μελέτη και σοβαρά μέτρα προστασίας των πρανών και του δαπέδου του υπερχειλιστή. Έτσι, μετά τον καθαρισμό της κατάπτωσης, τοποθετηθήκαν προεντεταμένες αγκυρώσεις στο τελικό πρανές εκσκαφής και σε συνδυασμό με πρόσθετα μέτρα, εξασφαλίσθηκε η ευστάθεια.



Εικόνες 7 και 8: Αστοχία κατά την εκσκαφή του εκχειλιστή και τελικά μέτρα προστασίας

- **Συμπεριφορά του φράγματος μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα**

Μετά την έμφραξη και κατά την πλήρωση της λίμνης εμφανίσθηκαν διαρροές νερού από το φράγμα ή και τα αντερείσματα, οι οποίες σχετίζονται αναλογικά με την στάθμη της λίμνης. Για τη μέτρηση τους, στον κατάντι πόδα κατασκευάσθηκε μικρός εκχειλιστής. Η ποσότητα του νερού δεν είναι σημαντική, μεταβάλλεται από 8 έως 17lit/sec και καλύπτει τις απαιτήσεις της οικολογικής παροχής που επιβάλλεται από τους περιβαλλοντικούς όρους, χωρίς να επηρεάζει την ασφαλή λειτουργία του έργου.



Μέτρηση διαρροών στα κατάντη

Παρ' όλα αυτά χρειάζεται να παρακολουθείται το έργο από τον τελικό χρήστη, να γίνεται αξιολόγηση των μετρήσεων παραμορφώσεων, στάθμης φρεάτων στα αντερείσματα και ποσότητας νερού διαρροών. Επίσης στο έργο αυτό, όπως εξάλλου και σε κάθε άλλο μεγάλο φράγμα πρέπει να γίνονται οι συντηρήσεις που απαιτούνται ώστε να διατηρείται σε ασφαλή κατάσταση.

Επίσης απαιτείται η σύνταξη της μελέτης πλημμυρικού κύματος θραύσεως του φράγματος, δεδομένου ότι κατάντη του έργου βρίσκονται αρκετά ανεπτυγμένες οικιστικά περιοχές.

Το έργο Παναγιώτικο χρησιμοποιείται για την ύδρευση των Νότιο-Ανατολικών περιοχών του Πηλίου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εμφάνιση προβλημάτων για τα οποία δεν υπάρχει πρόβλεψη στην μελέτη του έργου είναι φαινόμενο που συναντάται συχνά στην φάση κατασκευής των φραγμάτων. Η ανάγκη επίλυσής των είναι πάντα επείγουσα δεδομένου ότι η κατασκευή προχωρά με ρυθμούς που δεν επιτρέπουν την σε βάθος ανάλυση των καταστάσεων.

Συχνά ο μη ικανοποιητικός συντονισμός των φορέων και παραγόντων που εμπλέκονται στις διάφορες φάσεις υλοποίησης του φράγματος, από την επιλογή της θέσης μέχρι την λειτουργία, αποτελεί την κύρια αιτία των αστοχιών, ενώ συχνά πολλές εκ των υστέρων αποφάσεις είναι αποτέλεσμα προσπάθειας διατήρησης ισορροπιών.

Το στάδιο της μελέτης είναι αναμφισβήτητα αυτό κατά το οποίο πρέπει να σχεδιαστούν σωστά όλες οι σημαντικές παράμετροι του έργου και παρουσιάζει ίσως τις μεγαλύτερες δυσκολίες και ιδιαιτερότητες. Είναι πολύ εύκολο να οδηγηθούμε σε λάθος συμπεράσματα ακόμη και από τυχαίους παράγοντες, όπως π.χ. είναι η θέση μιας γεώτρησης που αν κατασκευαζόταν λίγα μέτρα μακρύτερα θα μας έδινε άλλο αποτέλεσμα.

Η προσπάθεια οικονομίας τόσο στην φάση της μελέτης όσο και της κατασκευής, παρ' ότι δεν πρέπει ποτέ να την παραβλέπουμε, ίσως φέρνει ακριβώς τα αντίθετα αποτελέσματα. Συνήθως οι μεγαλύτερες υπερβάσεις γίνονται στην προσπάθεια να κάνουμε οικονομία, όπως π.χ. η μη εκτέλεση των αναγκαίων ερευνητικών εργασιών, η υποδιαστασιολόγηση Μέτρων Προστασίας κλπ είναι δυνατόν να οδηγήσουν τελικά σε πολύ πιο δαπανηρές κατασκευαστικές αστοχίες.

Το μέγεθος της απόκλισης που παρουσιάζουν συχνά τα υδρολογικά δεδομένα γίνεται φανερό στην φάση της πλήρωσης των ταμιευτήρων. Γενικά φαίνεται ότι υπάρχει υποεκτίμηση των πλημμυρικών παροχών και ενώ σε κανονικές συνθήκες ο ρυθμός ανόδου της στάθμης της λίμνης θα έπρεπε να είναι λίγο πολύ ο προβλεπόμενος από τα υδρολογικά δεδομένα στην πραγματικότητα για τα τρία έργα που παρουσιάζονται στο άρθρο, η εισροή υδάτων είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη με αποτέλεσμα ο χρόνος πλήρωσης της λίμνης να είναι τελικά πολύ μικρότερος από τον αναμενόμενο.

Τελικά όλα τα παραπάνω ίσως μπορούν να συνοψισθούν στην ανάγκη εμπειρίας των εμπλεκομένων φορέων, ιδιοκτήτη, μελετητών, κατασκευαστή, επίβλεψης, και χρήστη, ενώ σοβαρή είναι και η απαίτηση να παρακολουθείται και να συντηρείται το έργο στη φάση λειτουργίας του.



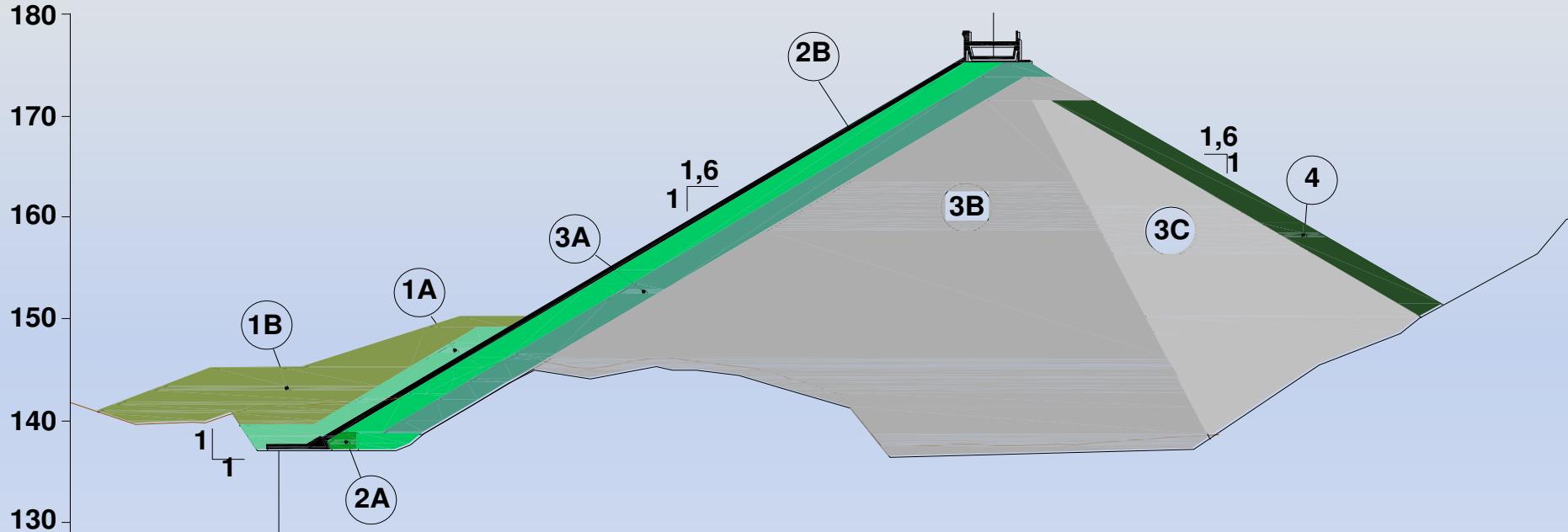
ΦΡΑΓΜΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΚΟ

Υψος Φράγματος	41 m
Υψόμετρο στέψης	177 m
Μήκος στέψης	145 m
Όγκος Φράγματος	294.700 m ³ με κλίση πρανών 1:1,6
Συφέλιμος όγκος λίμνης	1.620.000 m ³





Λιθόριπτο Επίχωμα με πλάκα Σκυροδέματος (CFRD)



1A	Αδιαπέρατο υλικό δανειοθαλάμου	3A	Επιλεγμένο υλικό βράχου λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής
1B	Τυχαία βραχώδη υλικά από εκσκαφές ή αμμοχάλικα ποταμού	3B	Λιθορριπή από ελαφρά αποσαθρωμένο μέχρι υγιή βράχο λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής
2A	Ειδικό θραυστό υλικό φίλτρου από εγκεκριμένο λατομείο	3C	Λιθορριπή από ελαφρά αποσαθρωμένο μέχρι υγιή βράχο λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής
2B	Θραυστό υλικό φίλτρου από εγκεκριμένο λατομείο	4	Υπερμεγέθη υγιή τεμάχια βράχου λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής

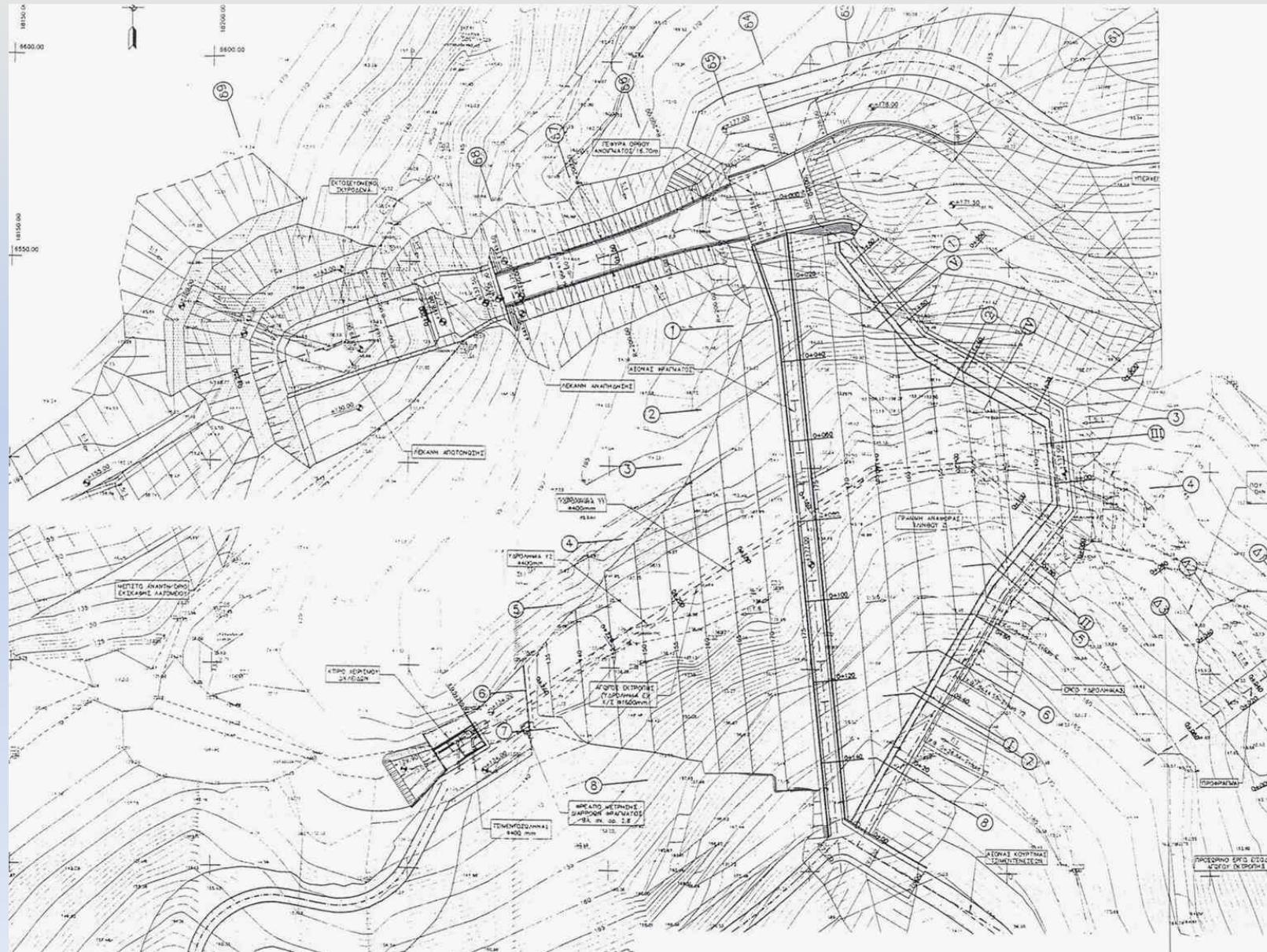


Υλικό λιθορριπής από εκσκαφές γνευσίου

- Ποσοστό λεπτόκοκκων υλικών, άνω του προδιαγραφόμενου 5% διερχ. στο Νο 200.
- Υλικά λιθορριπής από νέα θέση.
- Οριζόντιες στραγγιστήριες ζώνες σε θέσεις εντός του ορίου διακύμανσης της λίμνης.



Γενική κάτοψη





Εκσκαφές Εκχειλιστή - Αστάθεια



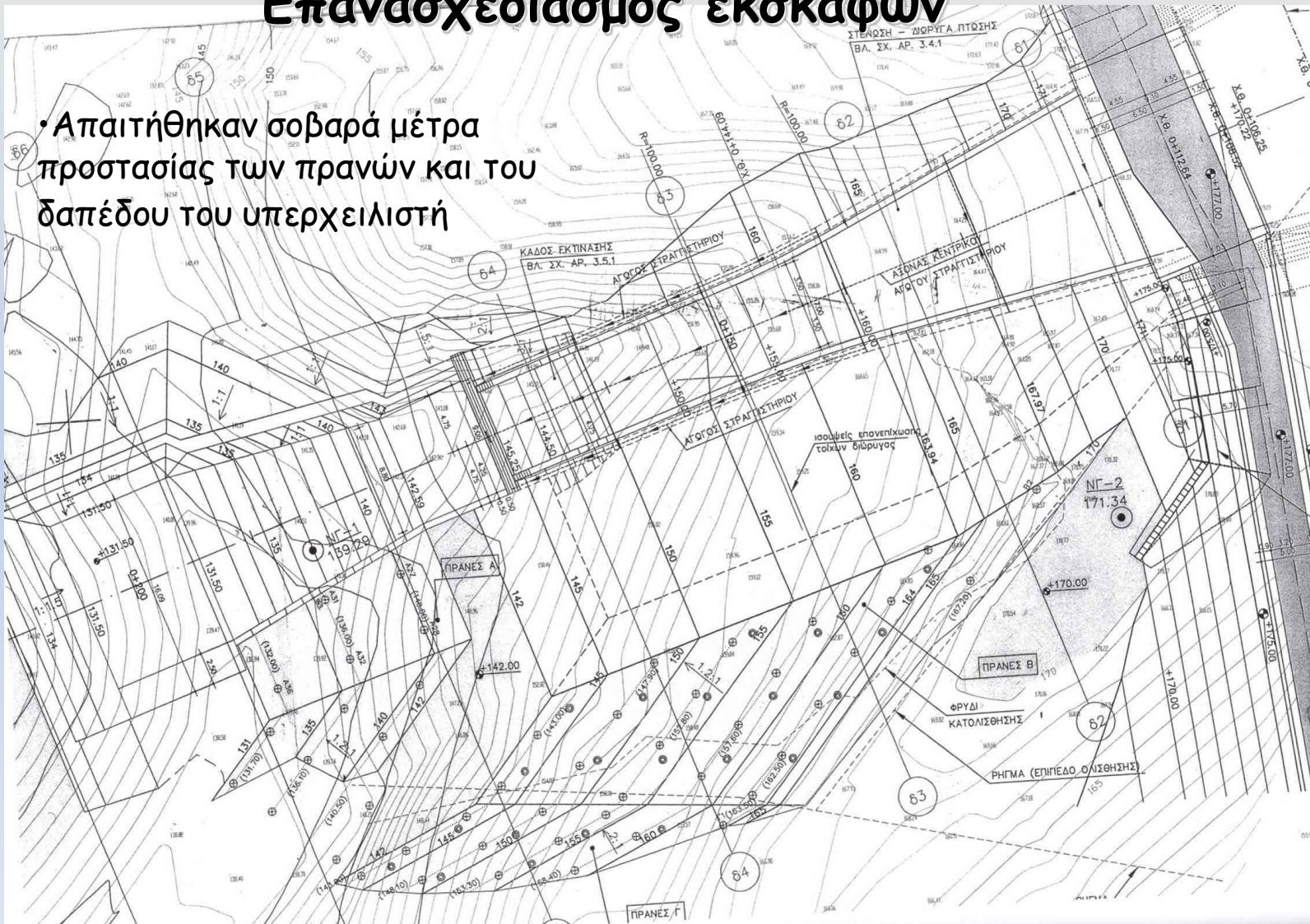
Αστάθεια

Ένα κανονικό ρήγμα κάθετο περίπου στο επίπεδο της επώθησης, δημιούργησε τις συνθήκες για την κατάρρευση των πρανών και του δαπέδου τμήματος της κεκλιμένης διώρυγας.

Αστάθεια Εκχειλιστή

Επανασχεδιασμός εκσκαφών

- Απαιτήθηκαν σοβαρά μέτρα προστασίας των πρανών και του δαπέδου του υπερχειλιστή





Εκσκαφές Εκχειλιστή



Εκσκαφές Εκχειλιστή - Αστάθεια



- Μελέτη ευστάθειας
- Αντιστήριξη με προεντεταμένες αγκυρώσεις



Ιλυοσαμμώδες Υλικό κάλυψης της πλάκας





Συμπεριφορά του φράγματος μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα

- Διαρροές νερού από το φράγμα ή και τα αντερείσματα
- Η ποσότητα του νερού μεταβάλλεται από 8 έως 17 lit/sec



Μετακίνηση του τοίχου στέψεως

